Η Βιολογική Επιστήμη



Μοριακή Προσέγγιση

Ι Δ Ρ Υ Μ Α Ε Υ Γ Ε Ν Ι Δ Ο Υ

Η ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ

ΜΟΡΙΑΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Απόδοση στα ελληνικά:
ΧΡΙΣΤΙΝΑ ΖΙΟΥΔΡΟΥ
Καθηγήτρια Βιοχημείας Ιατρικής Σχολής
Πανεπιστημίου Κρήτης, Ηράκλειο

ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ ΣΙΔΕΡΗΣ
Γενετιστής - Ερευνητής Ινστιτούτου Βιολογίας
Εθνικού Κέντρου Ερευνών «Δημόκριτος», Αθήνα

ΑΘΗΝΑ
1995

Επιτροπή Αναθεωρήσεως Επιτελείου BSCS
Don E. Meyer, Επόπτης
Norris M. Ross
Richard R. Tolman
William V. Mayer
Joseph D. McInerney

Betty D. Allamong, Biology Department, Ball State University, Muncie, Indiana
Walter Auffenberg, Department of Natural Sciences, Florida State Museum, University of Florida, Gainesville, Florida.
H. Bentley Glass, Department of Biology, State University of New York, Stony Brook, New York
Werner G. Heim, Department of Biology, The Colorado College, Colorado Springs, Colorado
John A. Moore, Department of Biology, University of California, Riverside, California.
Keith Morrill, Biology Department, South Dakota State University, Brookings, South Dakota
Jerry Wagner, Biology Department, Anoka Senior High School, Anoka, Minnesota

Καλλιτεχνικό Επιτελείο BSCS
Jane Larson, Art Director

Bill border — Larry Strand
Eileen Burke — Roy Udo
Mary Garner — Holland Victory

Συγγραφείς προηγουμένων εκδόσεων της Κυανής Εκδόσεως BSCS και διευθύνσεις τους την περίοδο συνεργασίας:
Daniel I. Arnon, University of California, Berkeley, Calif. Charles R. Botticelli, Boston University, Boston, Mass. Harold M. Cochran, Northern High School, Flint, Mich. Frank C. Erk, State University of New York, Stony Brook, N.Y. Jack Fishleder, West Phoenix High School, Phoenix, Ariz. Sister Marian Catherine McGrann, Mary Star of the Sea High School, San Pedro, Calif. Ingrith Deyrup Olsen, Barnard College, Columbia University, New York, N.Y. Gordon E. Peterson, San Marino High School, San Marino, Calif. Sister Mary Pius, Maria High School, Chicago, Ill. S. Arthur Reed, University of Hawaii, Honolulu, Ha. John R. Shaver, Michigan State University, East Lansing, Mich. Frank W. Smith, Jr., Los Altos High School, Los Altos, Calif. Dennis W. Strawbridge, Michigan State University, East Lansing, Mich. Richard W. Van Norman, University of Utah, Salt Lake City, Utah. Claude A. Welch, Macalester College, St. Paul, Minn.

Πρόλογος Ιδρύματος Ευγενίδου

Το Ίδρυμα Ευγενίδου από πολύ νωρίς υιοθέτησε τη μετάφραση ή προσαρμογή στα ελληνικά καταξιωμένων διεθνώς διδακτικών και άλλων εγχειριδίων.

Χαρακτηριστικό είναι ότι το πρώτο βιβλίο, από τα υπερτριακόσια που έχει ήδη συγγράψει και εκδόσει μέχρι σήμερα, ήταν το 1957 η προσαρμογή στα ελληνικά του βιβλίου του R. Cluzel «Les Mathématiques en 1re Année d ' apprentissage», από τον αείμνηστο καθηγητή των μαθηματικών του ΕΜΠ Νικ. Κριτικό. Με το βιβλίο εκείνο προσήγγισαν τη μαθηματική σκέψη και αντελήφθησαν τη σημασία των μαθηματικών για τα τεχνικά μαθήματα γενιές ολόκληρες μαθητών των τότε κατωτέρων Τεχνικών Σχολών.

Ακολούθησε η μετάφραση των βιβλίων: Ιατρικός οδηγός για πλοία, Οδηγός ασφάλειας δεξαμενοπλοίων, Πυρόσβεση-Πυροπροστασία και Πυρασφάλεια στα πλοία, Πρόληψη ατυχημάτων επί του πλοίου «εν πλω» και «εν όρμω» και Ωκεανογραφία, εγχειρίδια μη καθαρώς διδακτικά αλλά απαραίτητα για τους ναυτιλλομένους.

Το Ίδρυμα Ευγενίδου προχωρεί τώρα και στην έκδοση ενός εγχειριδίου με γνωστικό αντικείμενο τη Βιολογία. Η Βιολογία βρίσκεται στο κέντρο του ενδιαφέροντος όχι μόνο των επιστημόνων αλλά και του ευρύτερου κοινωνικού συνόλου. Η ορθολογική αντιμετώπιση συγχρόνων προβλημάτων που σχετίζονται για παράδειγμα με την Οικολογία, την Ανοσοβιολογία ή τη Βιοτεχνολογία απαιτούν την εξάπλωση και κατανόηση των στοιχειωδών τουλάχιστον γνώσεων Βιολογίας και ιδίως Μοριακής Βιολογίας μεταξύ του ευρύτερου κοινού.

Η μακρόχρονη εκδοτική πείρα του Ιδρύματος επέτρεψε την επιλογή του παρουσιαζόμενου βιβλίου Βιολογίας, διεθνούς ακτινοβολίας, του οποίου οι συνεχείς βελτιώσεις από τη χρήση του στην πράξη, εγγυώνται την ποιότητά του. Βασικό προτέρημα του βιβλίου είναι ότι η γραπτή έκθεση της ύλης γίνεται σε ύφος ζωντανό που διεγείρει το ενδιαφέρον και ευχαριστεί το μαθητή, σαν ένας ζωηρός προφορικός λόγος ταιριαστός με την ηλικία του. Εξάλλου η προσέγγιση, η ξεκάθαρη και κυριολεκτούσα γλωσσική διατύπωση διδάσκουν σιγά-σιγά το μαθητή να εκφράζει τη σκέψη του με τη γλώσσα της επιστήμης και προάγουν τη διανοητική του μόρφωση.

Το Ι.Ε. πιστεύει ότι η χρησιμότητα του βιβλίου αυτού δεν περιορίζεται μόνο στους μαθητές και σπουδαστές, αλλά επεκτείνεται και σε όσους διδάσκουν το σχετικό μάθημα, παρά το γεγονός ότι τα περιεχόμενά του δεν συμπίπτουν με το επίσημο αναλυτικό πρόγραμμα διδακτέας ύλης του μαθήματος στα σχολεία μας.

Το Ίδρυμα ευχαριστεί τον εκδοτικό οίκο D.C. HEATH AND COMPANY για την παραχώρηση των δικαιωμάτων μεταφράσεως, καθώς και τους κ. Χ. Ζιούδρου (καθηγήτρια) και Ε. Γ. Σιδέρη (Δρα) για τη μετάφραση και την επιστημονική επιμέλεια της εκδόσεως στα ελληνικά.

Πρόλογος

Η κατανόηση της επιστήμης είναι απαραίτητη, για να έχουν οι πολίτες την ικανότητα ορθολογικών αποφάσεων για το σύγχρονο τρόπο ζωής τους και, γιατί όχι, για το μελλοντικό. Από όλες τις επιστήμες μόνο η βιολογία αγγίζει κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα και είναι η πιο άμεσα συνδεδεμένη με την καθημερινή μας ζωή. Η βιολογία εξετάζει όλες τις όψεις της ανθρώπινης ζωής – την εξελικτική μας ιστορία, τη δομή, τη λειτουργία, τη συμπεριφορά, τη σχέση μας με το περιβάλλον και τις ικανότητές μας. Δεν είναι δυνατό να κατανοήσομε την ανθρώπινη ζωή στα πλαίσια της κοινωνίας μελετώντας μόνο ένα γνωστικό πεδίο και γι' αυτό η βιολογία προεκτείνεται και πέρα από τη γνώση της βιολογίας. Η βιολογία πρέπει να πάρει τη θέση της μέσα στον κοινωνικό ιστό, ώστε η μεγάλη της εποικοδομητική χρησιμότητα να αξιολογηθεί μαζί με τους αναγκαίους περιορισμούς της. Η αλληλοεξάρτηση των διαφόρων γνωστικών πεδίων πρέπει να κατανοηθεί, αν πρόκειται η γνώση να χρησιμοποιηθεί για το καλό των εμβίων όντων του πλανήτη μας.

Η Επιτροπή Biological Sciences Curriculum Study, για να δώσει τη δυνατότητα ενός ευέλικτου εκπαιδευτικού προγράμματος, έχει προετοιμάσει πολλά συμπληρωματικά και βοηθητικά προγράμματα, σχεδιασμένα για μαθητές διαφόρων ικανοτήτων και διαφόρων τοπικών κοινωνικών αναγκών. Αυτό το ευρύ πρόγραμμα ύλης είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για τη δόμηση εκπαιδευτικών προγραμμάτων, που να αποσκοπούν σε μία μεγάλη ποικιλία ικανοτήτων και αναγκών. «*Η Επιστήμη της Βιολογίας, Μία Μοριακή Προσέγγιση*» γεννήθηκε μετά από προσεκτική ανάλυση των απαιτήσεων και της μελέτης της βιολογίας, όπως παρουσιάζονται στην αμερικανική δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Η γενική δομή του βιβλίου οφείλεται κυρίως στη Δρ. Ίγκριθ Ντεϋρούρ Όλσεν του Πανεπιστημίου της Ουάσιγκτον, η οποία επιμελήθηκε την πρώτη πειραματική έκδοση. Ο τόμος αυτός αντιπροσωπεύει μία εξισορροπημένη προσέγγιση στη βιολογία και εξυπηρετεί εξίσου καλά ένα τελικό μάθημα βιολογίας γενικής εκπαιδεύσεως ή ένα προκαταρκτικό μάθημα βιολογίας Κολεγίου. Η οργάνωση της ύλης αρχίζει από τη μοριακή και κυτταρική δομή και κυτταρικές λειτουργίες ζωής και προχωρεί βαθμιαία προς ανώτερα και πλέον γενικά επίπεδα οργανώσεως. Παρά το ότι αυτή η προσέγγιση είναι μία από τις πολλές δυνατές προσεγγίσεις του γνωστικού πεδίου της βιολογίας, έχει αποδειχθεί με την πάροδο του χρόνου ότι είναι γοητευτική για μεγάλο αριθμό καθηγητών και μαθητών. Η εργασία ξεκίνησε αρχικά από τη Δρ. Όλσεν και τους συνεργάτες της και συνεχίσθηκε από τον Δρ. Κλωντ Α. Ουέλς, του Κολλεγίου Μακάλεστερ και από άλλα μέλη του συγγραφικού επιτελείου κατά τη διάρκεια τριών εμπορικώς επιτυχημένων εκδόσεων. Η τέταρτη αυτή έκδοση συνεχίζει την υψηλή ποιότητα κειμένου και παρουσιάσεως του αντικειμένου, όπως τη συνέλαβε αρχικά η Δρ. Όλσεν και την προώθησε ο Δρ. Ουέλς και πολλοί άλλοι. Ο τόμος αυτός είναι προϊόν μεγάλου αριθμού ατόμων. Και καθηγητές και μαθητές έχουν ανταποκριθεί στο αίτημά μας για σχολιασμό και συμβουλές και πολλοί θα αναγνωρίσουν τη συνεισφορά τους σε διάφορα σημεία. Όπως είναι πάντοτε αναγκαίο, η εργασία της αρχικής μεγάλης ομάδας συνεργατών συστηματοποιήθηκε και τελειοποιήθηκε από διαδοχικά μικρότερες ομάδες με τελική κατάληξη τη συγγραφική ομάδα που αναφέρεται στην πρώτη σελίδα. Κάθε πολιτεία των Ηνωμένων Πολιτειών και εκπρόσωποι κάθε μειοψηφίας και πλειοψηφίας εκπροσωπήθηκαν με τη συμβολή τους στην έκδοση αυτή. Επαγγελματίες καθηγητές και βιολόγοι συνεργάσθηκαν στενά για την επιτυχία της.

Η νέα αυτή έκδοση παρουσιάζει τις πιο σύγχρονες ανακαλύψεις στα πιο σύγχρονα προβλήματα της βιολογίας. Όπως φαίνεται από τις εκατοντάδες πρόσωπα, των οποίων η προσφορά αναγνωρίζεται, η έκδοση βασίζεται σε έτη επιτυχημένης εφαρμογής μέσα στην τάξη. Είμαστε υπερήφανοι από το σύνδεσμό μας με το νέο εκδότη D.C. Χηθ και την εξαιρετική του παραγωγή επιστημονικών βιβλίων δευτεροβάθμιας εκπαιδεύσεως, που βασίζονται στην εργασία ομάδων εκπαιδευτικού προγραμματισμού, οι οποίες ενισχύθηκαν οικονομικά από το Εθνικό Ίδρυμα Επιστημών.

Η Επιτροπή BSCS προσβλέπει προς τους καθηγητές και τους μαθητές των Ηνωμένων Πολιτειών για συνεχή κριτική, ανάλυση και σχολιασμό. Εξακολουθούμε να ενθαρρύνομε την επικοινωνία και θα αναγνωρίσομε την προσφορά μέσω ερωτήσεων και σχολίων που θα μας αποσταλούν. Όλα αυτά θα πρέπει να προωθούνται προς το Διευθυντή στην ακόλουθη διεύθυνση:

William V. Mayer
Director
Biological Sciences Curriculum Study
P.O. Box 930
Boulder, Colorado 80306

Jay Barton II
Chairman of the Board

Biological Sciences Curriculum Study
University of Alaska
Fairbanks, Alaska 99701

Περιεχόμενα

Μέρος Πρώτο: Αλληλοεπίδραση

Κεφάλαιο 1	Η επιστήμη της ζωής	1
Κεφάλαιο 2	Έμβια όντα	18
Κεφάλαιο 3	Θεωρίες εξελίξεως	46

Μέρος Δεύτερο: Εξέλιξη των λειτουργιών της ζωής

Κεφάλαιο 4	Οι πρόδρομοι της ζωής	68
Κεφάλαιο 5	Χημική ενέργεια για τη ζωή	94
Κεφάλαιο 6	Το φως ενέργεια για τη ζωή	114
Κεφάλαιο 7	Η ζωής με το οξυγόνο	136

Μέρος Τρίτο: Νέα ζωή

Κεφάλαιο 8	Βασικά βυομόρια	152
Κεφάλαιο 9	Ο γενετικός κώδικας	170
Κεφάλαιο 10	Η θεωρία του κυττάρου	194
Κεφάλαιο 11	Αναπαραγωγή	218
Κεφάλαιο 12	Ανάπτυξη	244

Μέρος Τέταρτο: Γενετική συνέχεια

Κεφάλαιο 13	Πρότυπος κληρονομικότητα	268
Κεφάλαιο 14	Γονίδια και χρωματοσώματα	292
Κεφάλαιο 15	Η καταγωγή νέων ειδών	314
Κεφάλαιο 16	Το ανθρώπινο είδος	340

Μέρος Πέμπτο: Λειτουργίες απαραίτητες για τη ζωή I: Χρησιμοποίηση ενέργειας

Κεφάλαιο 17	Συστήματα κυκλοφορίας	362
Κεφάλαιο 18	Αναπνευστικά συστήματα	386
Κεφάλαιο 19	Πεπτικά συστήματα	400
Κεφάλαιο 20	Απεκκριτικά συστήματα	418

Μέρος Έκτο: Λειτουργίες απαραίτητες για τη ζωή II: Ρύθμιση και συντονισμός

Κεφάλαιο 21	Ορμόνες και ενδοκρινικό σύστημα	436
Κεφάλαιο 22	Το νευρικό σύστημα και οι μηχανισμοί αισθήσεως	452
Κεφάλαιο 23	Ερειστικό και μυικό σύστημα	470

Μέρος Έβδομο: Ανώτερα συστήματα οργανώσεως

Κεφάλαιο 24	Ο οργανισμός και η συμπεριφορά	496
Κεφάλαιο 25	Πληθυσμοί και κοινωνίες ζώων	516
Κεφάλαιο 26	Αμοιβαίες σχέσεις	536

Εισαγωγή στην εργασία του εργαστηρίου 565

Παραρτήματα 681

Ένα λεξικό βιολογικών όρων χρησιμοποιουμένων στο βιβλίο αυτό 741

Ευρετήριο 774

Αναγνώριση συνεισφοράς

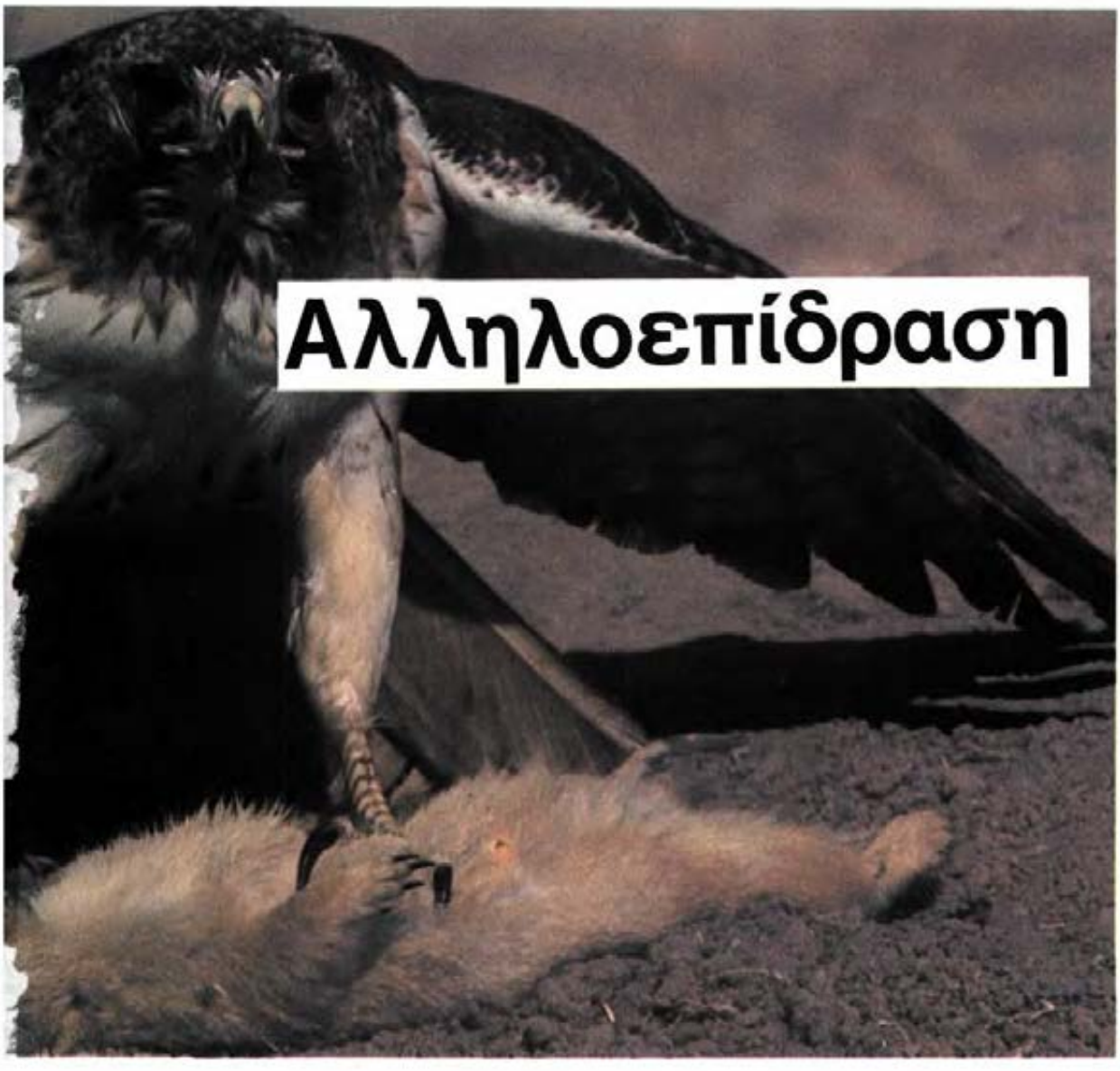
Θερμές ευχαριστίες εκφράζονται στις εκατοντάδες ανθρώπων που μας έστειλαν κριτικές επισκοπήσεις για ολόκληρο το βιβλίο ή για ειδικά κεφάλαια ή ειδικές εργαστηριακές ασκήσεις, και σε όσους μετείχαν σε οργανωμένες συσκέψεις και αποστολή απόψεων, καθώς και σε όλους εκείνους που έστειλαν δεδομένα συγκεντρωμένα από την τάξη, για να χρησιμοποιηθούν από τα μέλη της επιτροπής αναθεωρήσεως. Μεταξύ αυτών των καθηγητών και των βιολόγων κολλεγίων και βιολόγων ερευνητών είναι και οι ακόλουθοι:

Jane Abbott, Waterville, Maine. Evelyn Albright, Fayetteville, Ark. Dorothea Allen, Boonton, N.J. Bill Ames, Belmont, Calif. Mary Ames, Seattle, Wash. Captola Amrein, Moore, Okla. Don Anderson, Oak Ridge, Tenn. Robert P. Anderson, Palo Alto, Calif. William C. Anderson, Jr., West Grove, Pa. Anthony de Angelis, Wilmington, Del. Albert V. Aranita, Fairfield, Calif. Fred Arnesen, Van Nuys, Calif. C. Warren Arnold, Lompoc, Calif. Jack D. Arnold, Crockett, Calif. Daniel I. Arnon, University of Calif. Berkeley. Otis Autry, Tulsa, Okla. William A. Baker, Ozark, Ala. Kathy Barbieri, Metuchen, N.J. Robert W. Beares, Hampstead, Md. Joel Beller, Flushing, N.Y. Warren R. Bennett, Hampton, Va. Shirley G. Beym, Palos Verdes Estates, Calif. Carmen A. Bianco, Wilmington, Del. Philip A. Bonafiglia, Camden, N.J. Frank G. Bordenick, Pittsburgh, Pa. Richard C. Boyum, Highland Park, Ill. Allen Brandt, Versailles, Ohio. Allan Bray, Birtle, Manitoba, Canada. Jack Brookhart, Englewood, Colo. Debra A. Buckman, Philadelphia, Pa. Helen M. Burke, Dalzall, S.C. James D. Butler, Bartow, Fla. Sister Mathilde Campbell, Stamford, Conn. William Carbone, Glen Rock, N.J. Alison R. Carleton, Miami, Fla. Gene Cattermole, Gardena, Calif. Michael Charney, Colorado State University. Merle Chorba, Convent Station, N.J. Arnold R. Christian, Davenport, Iowa. James W. Ciaglo, Hartford, Conn. Dick Clark, Lancaster, O. Mary Clark, San Diego State College. Thomas L. Clausen, Rapid City, S.D. Kirk Clements, Sacramento, Calif. Harold Cochran, Flint, Mich. Christini M. Cody, Ellwood City, Pa. Martin A. Cohen, Hicksville, N.Y. Shari Cohen, Flossmoor, Ill. G. Kennedy Cohoe, Boissevain, Manitoba, Canada. Judith Cooper, Norwell, Maine. Eugenia K. Corina, Birmingham, Ala. Angelo J. Cortopassi, Palo Alto, Calif. Kenneth Costenson, Aurora, Ill. Darla G. Cox, La Jolla, Calif. Virginia A. Curry, Thornwood, N.Y. Mary L. Daggett, Marcellus, N.Y. Emile S. Daglio, Bloomfield, Conn. Margaret F. Daniel, Richmond, Va. Steve De Gusta, Sacramento, Calif. Frank G. Diaz, Saugus, Calif. Richard A. Dilley, Purdue University. Harry J. Dillner, Newark, Del. Patrick J. Doctor, Eastern Illinois University. Jack W. Dorminey, West Springfield, Va. Normand G. Dubois, Providence, R.I. Robert H. Duffey, Longwood, Fla. Patricia Dung, Los Angeles, Calif. Stewart W. Eastman, San Jose, Calif. J. D. Edwards, Grosse Pointe Woods, Mich. David R. Elliott, Wayne, Pa. Carol J. Ellis, Newark, Del. William H. Elvidge, Norristown, Pa. Bruce Faitsch, Guilford, Conn. Frederick J. Fisher, San Jose, Calif. Stephanie Fitzgerald, Memphis, Tenn. Larry Flammer, San Jose, Calif Bernadette Flockie, Wash., D.C. Rocco Formica, Hazleton, Pa. Sister Mary Frances, Holland, Pa. Ruth Freudenthal, Allendale, N.J. Vincent A. Frick, Dumont, N.J. Gerald Friday, Milwaukee, Wisc. Joan M. Giardina, Ansonia, Conn. Howard Gielow, Reseda, Calif. John Gilmore, Neenah, Wisc. Toni Giorgio, Johnston, R.I. Sister Gloria, Philadelphia, Pa. Anne W. Goldsby, New Haven, Conn. Dan van Gorp, Englewood, Colo. Dallas E. Goss, Plymouth, Mich. Joseph Gotelli, San Jose, Calif. George H. Gould, Akron, Ohio. Robert E. Graham, Tilton, N. H. Thomas J. Grgurich, Cherry Hill, N.J. Barbara Grosz, Fort Lauderdale, Fla. Mabel Gunsallus, Miami, Fla. George Gunzelman, Somerville, N.J. George A. Guy, Woodside, Calif. Deborah J. Guyer, Marshfield, Mass. Sister Ursula Gyurik, Manhasset, N.Y. Ronald A. Harrison, Chicago, Ill. Frank H. Hartung, Seattle, Wash. Aletha A. Harvey, San Jose, Calif. Don S. Hatcher, Winter Park, Fla. Nicholas J. Hejaily, Lackawanna, N.Y. Wally Hennessy, Castro Valley, Calif. Sister Madeline Henry, Hamden, Conn. Sondra A. Holtzendorff, Woodland Hills, Calif. Elsie Hornbacher, Lansing, Mich. William Houser, North Caldwell, N.J. Edmund Howard, Grosse Pointe Woods, Mich. Tao-Chiuh Hsu, University of Texas. Pat Huwa, Englewood, Colo. James E. Huggett, Oconomowoc, Wisc. Rhys Hutchison, Dubuque, Iowa. Robert P. Jacobson, St. Clair Shores, Mich. Lionel R. Jaffe, Purdue University. Richard B. James, Marqsville, Calif. Virginia Jolley, Memphis, Tenn. George L. Jones, San Diego, Calif. Susan Kabat, Portland, Oreg. John C. Kay, Honolulu, Hawaii. Dolores Keller, Cornell University Medical College. Michael F. Keller, Cherry Hill, N.J. P. Joseph Keller, Lewisburg, Pa. Joann M. Kelley, Cleveland, O. Alice M. Kells, East Northfield, Mass. Susan Kelsey, Seattle, Wash. Elliott E. Kigner, St. James, N.Y. Richard C. Kline, Abington, Pa. B. Klock, Los Angeles, Calif. Patricia Knopick, Davenport, Iowa. Carol B. Knox, Mt. Herman, Mass. Roberta Kresch, Westfield, N.J. Jack Koch, Des Moines, Iowa. P. A. Kolisnyk, Winnipeg, Manitoba, Canada. Edward J. Kormondy, Evergreen State College. Kay Kotowski, East Lyme, Conn. D. Kruse, Englewood, N.J. Gary L. Kubik, Omaha, Neb. Ray Kuchinskas, Pennsauken, N.J. Sister M. Consolata Kuhn, Hamilton, Ohio. Ronald J. Ladd, Boulder, Colo. David E. LaDuke, Grosse Pointe, Mich. Clarence T. Lange, Clayton, Mo. William E. Lavinghousez, Jr., Melbourne, Fla. Louis R. Lebel, Worcester, Mass. James W. Lennox, Tewksbury, Mass. Ernest P. Lewis, Jr., Manchester, Conn. Sister Denise Anne Lipsett, Levittown, Pa. Robert Lomprey, Neenah, Wisc. Mike Lowney, San Jose, Calif. Richard C. LaManna, Paramus, N.J. Cleis E. MacKenzie, New Orleans, La. Anthony M. Marcucci, Conshohocken, Pa. John Marinelli, Bedford, Ohio. John G. Marshall, Bethesda, Md. Phil McCall, Tampa, Fla. James McCarthy, Jackson, N.J. Elizabeth McCoy, Nyack, N.Y. Jean McCulloch, Shingle Springs, Calif. Camy

McGowan, Johnston, R.I. Sonia McLeod, Atlanta, Ga. Mary Ann McNamara, Titusville, Fla. John R. McNeilly, Omaha, Neb. Brother Thomas McPhillips, Philadelphia, Pa. Ronald J. Merritt, Longmeadow, Mass. Andrew Meyerriecks, University of South Florida, Tampa. Penelope E. Miller, New Haven, Conn. Florence Moog, Washington University, St. Louis, Mo. L. Mendes Moore, Coalinga, Calif. Marzina C. Morin, Arlington, Mass. Mickey Morris, Dunwoody, Ga. Robert Morris, Los Altos, Calif. Joseph J. Motyl, Highland Park, Ill. Jeanne Mudd, St. Louis, Mo. Anthony J. Mullins, Christiansburg, Va. Patricia F. Murphy, Skokie, Ill. Sister Carol Anne Murray, Providence, R.I. Carl R. Nebelsky, Bloomfield, Conn. Ken Nelson Western Springs, Ill. Llewellyn R. Nelson, Bedford, N.Y. Barbara Newman, Roslyn Heights, N.Y. Velma Nile, Mt. Shasta, Calif. Leland M. O'Brien, Dover, Del. Stan V. Ogren, Atherton, Calif. Arne S. Olsen, Ridgewood, N.J. Mel Olsen, Tacoma, Wash. Oscar Olson, Whittier, Calif. Donald E. Osmun, Kensington, Md. Frank L. Ott, Perkasie, Pa. Raylene Owen, Englewood, Colo. Muriel M. Paananen, Fostoria, Ohio. Louis Palmeri, II, Bethpage, N.Y. Loretta H. Pancione, Wyncote, Pa. David Paulus, Neenah, Wisc. Lois Peterson, El Cerrito, Calif. Charles B. Phillips, San Diego, Calif. Mary Pobletts, Pikesville, Md. S.N. Postlethwait, Purdue University. John L. Powell, Dearborn Heights, Mich. Mrs. Terrell B. Putnam, Miami, Fla. Dorothy Reardon, Fair Oaks, Calif. Bob Reeder, Lincoln, Neb. Sally Reid, Sun Valley, Calif. Paul Ribar, Jr., Bell Acres, R. Br. Sewickley, Pa. Elmer M. Rice, Salinas, Calif. Linda Rice, Hampton, Va. Ronald G. Rich, Succasunna, N.J. Barbara M. Rinton, Berkeley, Calif. William R.M. Ritter, Fort Washington, Pa. Joan Robertson, Livingston, N.J. Roy C. Rosendahl, Sunnyvale, Calif. Dorothy Rosenthal, Henrietta, N.Y. Sue Rosenthal, St. Louis, Mo. Katheryn Rowsey, Mt. Herman, Mass. George K. Royce, Omaha, Neb. Jonetta M. Russell, Gaithersburg, Md. Chris Ryan, South Pasadena, Calif. James Van de Sande, Neenah, Wisc. George H. Sarandos, Granada Hills, Calif. Sister Elizabeth Scanlon, Lansdale, Pa. Charles E. Schmidt, Miami, Fla. H. Edwin Schneck, Bethesda, Md. Phyllis W. Schultz, University of Colorado at Denver. William Segal, University of Colorado at Boulder. Warren H. Searfoss, Jr., Marshfield, Mass. Jack Seroogy, Green Bay, Wisc. Joseph E. Sevenich, Toledo, Ohio. Jack Shouba, Western Springs, Ill. Louis E. Shrode, Oak Park, Ill. Floyd Siders, Reseda, Calif. William R. Sistrom, University of Oregon. Eugene F. Smith, Sylmar, Calif. J. Foster Smith, Miami, Fla. Richard S. Smith, Newtown Square, Pa. W. Robert Stamper, Wyncote, Pa. Paul M. Stofcheck, Des Plaines, Ill. Byron E. Stout, San Rafael, Calif. James E. Strnad, Skokie, Ill. Donald C. Stubbs, North Scituate, R.I. E.J. Sudol, Wayne, N.J. David A. Swartz, Moses Lake, Wash. David Swin, Aurora, Ill. Phyllis Swin, St. Charles, Ill. Nancy Thatcher, Whitehall, Pa. Robert M. Thompson, Sandwich, Mass. John Thornton, Oklahoma State University. Leonard F. Tlusty, McLean, Va. Bill Townsend, Escondido, Calif. Eleanor M. Tremblay, Southbridge, Mass. Robert Troutman, East Longmeadow, Mass. Father Thomas J. Tucker, Philadelphia, Pa. Bill Twiddy, Grosse Point Woods, Mich. Michael J. Tylausky, Jr., Hampton, Va. William J. Utley, Yuba City, Calif. Ernest Vereb, Gary, Ind. Sister Jean Vianney, Everett, Mass. Mary Vilas, Chatsworth, Calif. Harold Visner, Jamaica, N.Y. E. Peter Volpe, Tulane University. Sister Marcele Wald, Allentown, Pa. Al Walker, Fallbrook, Calif. Gabriel Walker, Jr., Portland, Maine. Bruce Wallace, Cornell University. Brother Brian M. Walsh, Rochester, N.Y. James C. Wedel, Bradenton, Fla. Mel Weisenberg, San Diego, Calif. Mack Welford, Salem, Va. Carol Weston, New Castle, Del. Carmen Whitaker, Aurora, Ill. Marilyn J. Williams, Highland Park, N.J. Shippen Willing, Seattle, Wash. Gary T. Wise, Fallbrook, Calif. Darrell M. Woods, Pasadena, Calif. William R. Yates, Lompoc, Calif. Renate Zilberstein, Brockton, Mass.

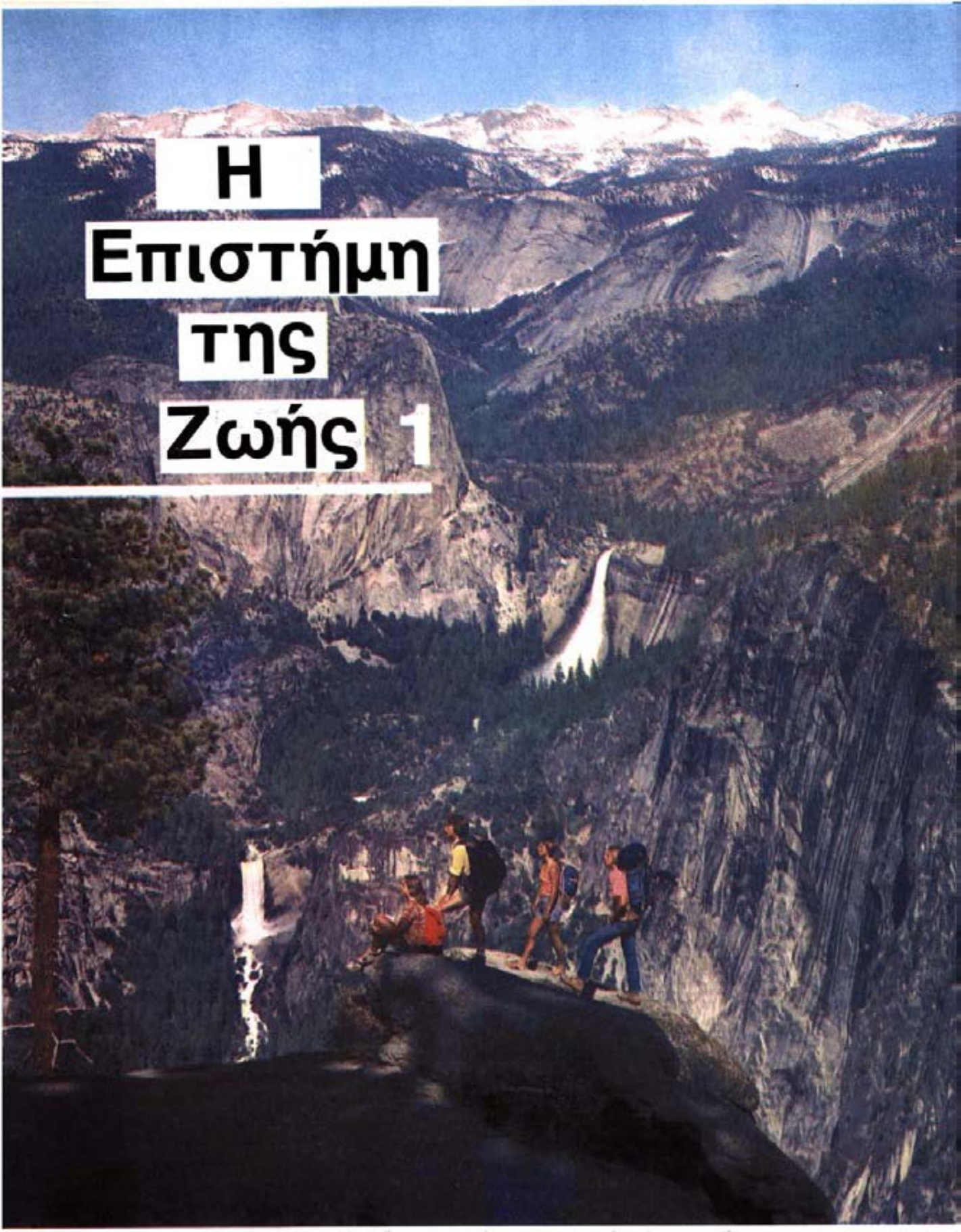


ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ



Αλληλοεπίδραση

Η παραμονή σε κατάσταση συναγερμού και η χρήση της οράσεως και των άλλων αισθήσεων προς παρατήρηση του περιβάλλοντος είναι πολύ σπουδαία για την επιβίωση. Για το γεράκι και τον αρουραίο σημαίνει τη διαφορά μεταξύ νικητού και ηττημένου όσον αφορά στην πρόσκτηση τροφής και στην επιβίωση. Ο εφοδιασμός των ανθρώπων με είδη διατροφής ρυθμίζεται από το εμπόριο, τη γεωργία και τη κτηνοτροφία. Παρόλα αυτά η τροφή μας εξαρτάται πάντα από άλλα έμβια όντα. Η μελέτη της αλληλοεπιδράσεως αυτού ή άλλου τύπου με τα υπόλοιπα έμβια όντα είναι εξαιρετικά ενδιαφέρουσα. Πώς συνδέονται οι παρατηρήσεις αυτές με την ύπαρξη ποικιλότητας μεταξύ των διαφόρων ειδών εμβίων όντων;



Η Επιστήμη της Ζωής 1

Ανάπτυξη ζωής πάνω σε ένα βράχο; Η ζωή αντιμετωπίζει τα πιο αντίξοα περιβάλλοντα. Βιολογικά ερωτήματα για έρευνα βρίσκονται οπουδήποτε. Πως μπορείς να είσαι έτοιμος να τα αναγνωρίσεις;

Φωτογραφία εξωφύλλου: Ένα κυανοφύκος του γένους *Κοσμάριον*. Τα φύκη αυτά ζουν στο έδαφος και στα γλυκά νερά. Μια περίσφιξη στο μέσο διαιρεί το κύτταρο σε δυο ημικύτταρα. Κάθε ημικύτταρο της φωτογραφίας έχει δυο πράσινους χλωροπλάστες. Τη φωτογραφία αυτή τράβηξε με μικροσκόπιο διαφοράς φάσεως ο Έριχ Γραβέ.

Απόδοση στα ελληνικά από την αγγλική έκδοση του βιβλίου Biological Science A Molecular Approach (τέταρτη έκδοση) του εκδοτικού οίκου D.C. Heath and Company Lexington, Massachusetts Toronto.

Copyright© 1986 by D.C. Heath and Company, Lexington, Massachusetts, U.S.A. All Rights Reserved. Authorized translation from the original English edition copyright© 1985 by D.C. Heath and Company. No part of the material covered by this copyright may be reproduced in any form without written permission of D.C. Heath and Company.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Αλέξανδρος Σταυρόπουλος, καθηγητής Α.Β.Σ. Πειραιώς, Πρόεδρος.
Μιχαήλ Γ. Αγγελόπουλος, καθηγητής ΕΜΠ.
Κωνστ. Α. Μανόφης, καθηγητής Φιλοσοφικής Σχολής Παν/μίου Αθηνών.
Γραμματέας της Επιτροπής, **Γεώργιος Σ. Ανδρεάκος**.

Ζεις! Το να είσαι μέρος του έμβιου κόσμου είναι ένα θαυμαστό συνάμα και περίπλοκο πράγμα. ***Βιολογία*** είναι η επιστήμη που ασχολείται με τα έμβια όντα [βίος = ζωή, λόγος (εδώ) = επιστήμη ή σπουδή]. Αν είσαι ενθουσιασμένος από το ότι ζεις και από τη διερεύνηση της θέσεώς σου στον έμβιο κόσμο, τότε έχεις πολλά κοινά σημεία με τους βιολόγους. Αν ενδιαφέρεσαι να παρατηρείς προσεκτικά τα πράγματα και να αναρωτιέσαι για τη δημιουργία τους ή τη λειτουργία τους, τότε έχεις ακόμη πιο πολλά κοινά σημεία με τους βιολόγους. Ακόμη και αν δεν σκέπτεσαι συχνά για τα έμβια όντα, τα συναντάς όπου κι αν πηγαίνεις.

Οι βιολόγοι, όταν διαλέγουν το θέμα που θα μελετήσουν, έχουν στη διάθεσή τους για επιλογή μια τεράστια ποικιλία από έμβια όντα και δραστηριότητες ζωής. Κατά τη διάρκεια της εργασίας τους μοιάζουν με τους αστυνομικούς που προσπαθούν να λύσουν ένα μυστήριο. Προσπαθούν να είναι παρατηρητικοί και έτοιμοι να αντιμετωπίσουν νέους τρόπους, για να εξηγούν τα πράγματα. Στο κεφάλαιο αυτό θα αρχίσεις να γνωρίζεις τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται από τους βιολόγους για την έρευνα των μυστηρίων της ζωής. Στα κεφάλαια που θα ακολουθήσουν θα μπορείς να χρησιμοποιήσεις τις μεθόδους αυτές για να ερευνήσεις ο ίδιος πολλά από τα μυστήρια αυτά.

Πώς γεννιώνται τα επιστημονικά ερωτήματα;

1-1
Όντας οξυδερκής παρατηρητής

Ο Αλέξανδρος Φλέμμινγκ ήταν απορροφημένος με μια έρευνα και είχε αφήσει για αργότερα μια στοίβα από βρώμικα τρυβλία εργαστηρίου. Στα τρυβλία υπήρχαν βακτήρια και σύντομα είχαν αρχίσει να αναπτύσσονται σε αυτά και μούχλες. Ακόμη και μέσα στη δίνη της έρευνάς του ο Φλέμμινγκ παρατήρησε ότι τα βακτήρια φαίνονταν να μην αναπτύσσονται και τόσο καλά κοντά σε κάποια από τις μούχλες. Αυτό το ακατανόητο γεγονός επανερχόταν διαρκώς στη σκέψη του Φλέμμινγκ. Γιατί δεν αναπτύσσονταν τα βακτήρια κοντά στη μούχλα; Ο Φλέμμινγκ διέκοψε απότομα την προηγούμενη έρευνα και άρχισε νέα. Η οξυδερκής παρατήρηση των γεγονότων στα βρώμικα τρυβλία οδήγησε στην ανακάλυψη της πενικιλλίνης, που τη δημιουργούσε μια από τις μούχλες! Από την ανακάλυψη αυτή έχομε ευεργετηθεί όλοι πάρα πολύ. Αυτή και άλλες σπουδαίες ανακαλύψεις ξεκίνησαν από μια απλή οξυδερκή παρατήρηση.

Αλλά το να είναι κανείς οξυδερκής παρατηρητής, έτοιμος να εξετάσει τα πράγματα με νέους τρόπους, είναι συνήθως μόνο η αρχή (εικόνα 1-1). Οι λύσεις των προβλημάτων δεν έρχονται συνήθως εύκολα. Χρειάζονται εκτε-

Εικόνα 1-1 *Οι πιθανότητες είναι ότι έχεις ανακαλύψει την ίδια μούχλα που βρήκε ο Φλέμμινγκ. Είναι μία κοινή μούχλα των φρούτων. Στο πορτοκάλι αυτό δεν υπάρχουν βακτήρια που να έχουν δημιουργήσει μία ορατή κηλίδα κοντά στη μούχλα. Εξάλλου δεν θα κοίταζες για βακτήρια. Ο Φλέμμινγκ μελετούσε τα βακτήρια και όχι τις μούχλες. Τα βακτήρια υπήρχαν ήδη στα εργαστηριακά τρυβλία όταν ξαπλώθηκε η μούχλα. Γιατί ο Φλέμμινγκ ήταν προετοιμασμένος να σημειώσει ότι ίσως να έπαθαν κάτι τα βακτήρια;*



ταμένη εκπαίδευση και πείρα για να ανοίξουν τα μάτια του ερευνητή, προκειμένου να αντιμετωπίσει το πρόβλημα και την πιθανή λύση του. Ο Φλέμμινγκ ερευνούσε τα βακτήρια για χρόνια, προτού ανακαλύψει την πενικιλλίνη που παράγεται από μούχλες. Ο Φλέμμινγκ δεν ξεκίνησε να ανακαλύψει την πενικιλλίνη. Η ανάπτυξη της μούχλας στα εργαστηριακά τρυβλία ήταν ένα είδος ατυχήματος. Αλλά τα βακτήρια δεν ήταν ατύχημα. Χωρίς τα βακτήρια το τρυβλίο με τις μούχλες δεν θα έδειχνε ασυνήθιστο.



Ήταν σημαντικό πράγμα ότι ο Φλέμμινγκ ήταν καλά προετοιμασμένος και έτοιμος όταν ήρθε η ώρα. Λίγοι άνθρωποι θυμούνται σήμερα το αρχικό πρόβλημα πάνω στο οποίο εργαζόταν ο Φλέμμινγκ εκείνο τον καιρό.

Για να είναι κανείς προσεκτικός ερευνητής χρειάζεται κάτι περισσότερο από το να κρατά τα μάτια του ανοικτά. Πρέπει και το μυαλό του να είναι ανοικτό. Και ακόμη η μύτη πρέπει να είναι ευαίσθητη, καθώς τα αυτιά και τα άλλα αισθητήρια όργανα (βλέπε εικόνα 1-2).

Αν κανείς συλλογισθεί όλα αυτά, γίνεται φανερό ότι δεν είναι πάντα εύκολο πράγμα η οξυδερκής παρατήρηση. Αυτό μπορείς να το βεβαιώσεις μόνος σου με ένα εκλεκτό φιστίκι.

1-2
Προσπαθώντας να γίνεις οξυδερκής παρατηρητής

Δεν θα είχες κανένα πρόβλημα να αναγνωρίσεις το σκύλο σου ή τη γάτα σου· τι θα έλεγες όμως για το φιστίκι σου; Τα φιστίκια είναι αρκετά διαφορετικά μεταξύ τους αν τα

Εικόνα 1-2 *Κάθε κατάσταση μπορεί να δημιουργήσει ερωτήματα. Εάν είσαι οξυδερκής παρατηρητής, μπορείς να βρεις και ερωτήματα και απαντήσεις στη μία από τις δύο αυτές φωτογραφίες. Αλλά σε ποια από τις δύο; Ποια αισθητήρια θα έπρεπε να χρησιμοποιήσεις περισσότερο στην άλλη περίπτωση, αν ήσουν εκεί;* *(Βλέπε σελίδα 17).*



παρατηρήσεις το καθένα ξεχωριστά. Μάλιστα, τα περισσότερα έμβια όντα του ίδιου «τύπου» δεν είναι τόσο όμοια μεταξύ τους όσο φαίνεται με την πρώτη ματιά. Όλες οι ακρίδες μπορεί να σου φαίνονται όμοιες, αλλά σε μια εργαστηριακή έρευνα, που θα γίνει αργότερα, θα βρεις ότι οι ακρίδες είναι επίσης εξατομικευμένες ως προς την εμφάνιση.

ΥΛΙΚΑ

6 κούπες με αράπικα φιστίκια (με το κέλυφος)
μολύβι και χαρτί
κλωστή
ζυγαριά
ποτήρια ζέσεως
υποδεκάμετρα (Βλ. παράρτημα 1-Α. Μετρήσεις στην επιστήμη, σελίδα 683).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Σε σένα ή στην ομάδα σου θα δοθεί ένα κύπελλο με φιστίκια. Χωρίς να κοιτάζεις μέσα στο κύπελλο πάρε ένα φιστίκι. Πάρε ένα, χωρίς να προσπαθείς να διαλέξεις με την αφή σου το μεγαλύτερο ή εκείνο που έχει πιο τραχύ ή πιο λείο κέλυφος. Πάρε το φιστίκι σου στο μέρος που εργάζεσαι και προσπάθησε να το γνωρίσεις (ξεκίνα παρατηρώντας το). Προσπάθησε να το γνωρίσεις αρκετά καλά, τόσο ώστε να μπορείς να το ξεχωρίσεις μέσα από ένα πλήθος. Αυτό είναι εκείνο που θα έχεις να κάνεις αργότερα.

Παρατήρησε το φιστίκι σου όσο μπορείς πιο προσεκτικά και κατάγραψε όλες τις παρατηρήσεις σου σε ένα κομμάτι χαρτί. Μέτρησέ το, περιέγραψε το σχήμα του και κάνε κάθε τι εκτός από το να το σημαδέψεις ή να το παραμορφώσεις κατά οποιονδήποτε τρόπο. Κατάγραψε τις παρατηρήσεις όλων των αισθήσεών σου (εκτός από τη γεύση). Μυρίζει; Κάνει θόρυβο όταν το κουνάς; Πώς είναι στην αφή; Χρησιμοποίησε σχέδια, αν έχεις πρόβλημα, για να βρεις τις σωστές λέξεις.

Όταν θα έχεις καταγράψει όσες παρατηρήσεις μπορείς, βάλε ξανά το φιστίκι μέσα στο αρχικό κύπελλο. Ζήτησε από ένα συνάδελφό σου να αναμίξει τα φιστίκια στο κύπελλο. Κατόπιν χρησιμοποίησε τις παρατηρήσεις σου για να βρεις το φιστίκι σου.

Ήταν δύσκολο να βρεις το φιστίκι σου; Ποια από τις παρατηρήσεις σου σε βοήθησε περισσότερο; Αν είχες κάποια δυσκολία να



βρεις το φιστίκι σου, ξανάρχισε πάλι με ένα καινούργιο φιστίκι ή κράτησε πιο προσεκτικές σημειώσεις των παρατηρήσεών σου ώστε να μην έχεις δυσκολία την επόμενη φορά.

Όταν θα έχεις ετοιμάσει τις σημειώσεις των παρατηρήσεών σου όσο είναι δυνατόν πλήρεις και ακριβείς, ο καθηγητής σου θα σου δώσει οδηγίες για ένα άλλο μέρος αυτής της ασκήσεως για παρατήρηση.

Αυτό το τελευταίο μέρος θα προσδιορίσει πόσο οξυδερκής είσαι στις παρατηρήσεις σου και πόσο προσεκτικά τις καταγράφεις.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Ποιοι ήταν οι διάφοροι τρόποι που βρήκες για να ξεχωρίζεις το ένα φιστίκι από το άλλο;
2. Ποιο είδος παρατηρήσεων αποδείχθηκε ως το πιο χρήσιμο, όταν είχες να βρεις ένα συγκεκριμένο φιστίκι;
3. Πόσο σπουδαία ήταν η προσεκτική καταγραφή των παρατηρήσεών σου για τον προσδιορισμό του φιστικού σου την τελευταία φορά; (Πώς μπορούν προσεκτικές παρατηρήσεις να βοηθήσουν ανθρώπους να λύσουν προβλήματα;)
4. Οι άνθρωποι δυσκολεύονται συχνά να ξεχωρίζουν ***παρατηρήσεις*** από ***συμπεράσματα.*** Όταν κάποιος κάνει μια παρατήρηση, συλλέγει κάποια πληροφορία που μπορεί να μετρηθεί ή να εξακριβωθεί απευθείας με μία από τις αισθήσεις. Για παράδειγμα: το φιστίκι είναι καστανωπό ως προς το χρώμα. Το συμπέρασμα επηρεάζεται από την κρίση ή την πείρα. Για παράδειγμα: «το φιστίκι θα έχει καλή γεύση». Αυτό είναι συμπέρασμα κι όχι παρατήρηση.

Έβγαλες κάποια συμπεράσματα για το φιστίκι σου και τα κατέγραψες ως παρατηρήσεις: Ποια ήταν; Σημείωσέ τα ως συμπεράσματα στις σημειώσεις σου. Ποια από τα επόμενα είναι παρατηρήσεις και ποια συμπεράσματα;

Το κέλυφος θα σπάσει εύκολα.

Το κέλυφος είναι τραχύ στην επιφάνεια.
Το κέλυφος είναι ομοιόμορφα χρωματισμένο.
Το φιστίκι έχει 15 mm μήκος.
Τα φιστίκια έχουν δέρμα γύρω τους.
Υπάρχουν τρία φιστίκια μέσα στο κέλυφος.
Τα φιστίκια είναι ψημένα.
Τα φιστίκια είναι ξινά.
Το κέλυφος έχει σχήμα σαν τον αριθμό 8.

1-3
Αντιμετωπίζοντας προβλήματα

Ένας βιολόγος που εργάζεται είναι ένας προβληματιζόμενος άνθρωπος. Οι βιολόγοι αναζητούν προβλήματα τα οποία και ελπίζουν να λύσουν. Σε πρώτη φάση προβλήματα φαίνεται να υπάρχουν παντού. Αυτό μπορεί να είναι αλήθεια, αλλά δεν είναι πάντα εύκολο να αναγνωρίσεις ένα από αυτά όταν το δεις (εικόνα 1-3). Είναι δύσκολο, φυσικά, να βρει κανείς σωστές απαντήσεις. Αλλά πολλοί βιολόγοι έχουν ανακαλύψει ότι συχνά είναι πιο δύσκολο να υποβάλεις τις ορθές ***ερωτήσεις.*** Η δυνατότητα να υποβάλεις την ορθή ερώτηση προϋποθέτει την ικανότητα να προσδιορίσεις ***το εξειδικευμένο*** πρόβλημα. Είναι στιγμές που δεν καταλαβαίνεις κάτι, και όμως έχεις δυσκολία να εκφράσεις το πρόβλημα καθαρά. Αυτή η δυσκολία είναι κοινή για όλους. Ένας επιστήμοντας όμως πρέπει να προσδιορίσει καθαρά το πρόβλημα προτού το λύσει.

Ο Αλβέρτος Αϊνστάιν, ένας κορυφαίος επιστήμονας, είπε:

> «Η σχηματοποίηση ενός προβλήματος είναι συχνά πιο ουσιαστική από τη λύση του, η οποία μπορεί να είναι κυρίως θέμα ικανότητας στα μαθηματικά ή την πειραματική μεθοδολογία. Η δημιουργία νέων ερωτήσεων, νέων δυνατοτήτων, η θεώρηση παλαιών προβλημάτων από άλλη γωνία, απαιτεί δημιουργική φαντασία και σημαδεύει την πραγματική πρόοδο στην επιστήμη[1]».

Το πρώτο πρόβλημα, λοιπόν, είναι να ανακαλύψομε το πρόβλημα. Αλλά, όπως γνωρίζεις, υπάρχουν διαφόρων ειδών προβλήματα! Δεν χρειάζεται να είσαι μεγαλοφυής για







Εικόνα 1-3 *Ποιο βιολογικό πρόβλημα μπορείς να εντοπίσεις σε κάθε μία από τις τρεις αυτές περιπτώσεις; Το δένδρο με το περίεργο σχήμα αναπτύσσεται ψηλά πάνω σε ένα βουνό. Τα πουλιά στη δεύτερη φωτογραφία είναι γύπες. Οι ρίζες ανήκουν σε ένα μπάνυαν (είδος ινδικής συκιάς).*

να λύσεις ένα πρόβλημα. Υπάρχουν προβλήματα διαφόρων μεγεθών. Το πρώτο βήμα είναι να δεις την ύπαρξη ενός προβλήματος και να το διατυπώσεις με καθαρότητα και ακρίβεια. Σκέψου τις παρακάτω προτάσεις. Ποιος έχει περισσότερες πιθανότητες να λύσει το πρόβλημα;

«Το μικροσκόπιό μου δεν εργάζεται».

«Μπορώ να δω κάτι στο μικροσκόπιό μου αλλά είναι πολύ σκοτεινό και θαμπό για να πω τι είναι».

«Οι φακοί του μικροσκοπίου μου είναι καθαροί, γι' αυτό χρειάζεται να ελέγξω το φως και την εστίαση».

1-4
Η λύση των προβλημάτων είναι δημιουργική

Οι επιστήμονες μοιάζουν με τους αστυνομικούς. Αυτό είναι απαραίτητο χαρακτηριστικό τους. Το πνεύμα που χαρακτηρίζει τη βιολογία και το κίνητρο του κάθε βιολόγου είναι η δημιουργικότητα που απαιτείται για τη λύση ενός μυστηρίου.

Προβλήματα; Φυσικά υπάρχουν. Και οι επιστήμονες έχουν, και οι αστυνομικοί έχουν. Και τα δύο είδη των ερευνητών αντιμετωπίζουν προβλήματα όλων των μεγεθών. Μερικοί αστυνομικοί χρησιμοποιούν τις ικανότητές τους μόνο για τις πιο δύσκολες περιπτώσεις. Αλλά η επιτυχία τους για τη «λύση» μιας δύσκολης περιπτώσεως εξαρτάται από την ικανότητά τους να επιλύσουν με επιτυχία διάφορα σχετικά μικροπροβλήματα. Γι' αυτόν το λόγο το αποτέλεσμα της εργασίας του προϊστάμενου αστυνομικού εξαρτάται από την εργασία πολλών άλλων ανθρώπων που συγκεντρώνουν στοιχεία, βεβαιώνουν δεδομένα κλπ. Κατά παρόμοιο τρόπο ο επιστήμονας στην προσπάθειά του να λύσει προβλήματα και να επιβεβαιώσει λύσεις προβλημάτων εξαρτάται από την εργασία πολλών άλλων ανθρώπων.

Αλλά το πρόβλημα και η τελική λύση του είναι μέρος μόνο της ιστορίας. Συχνά το πλέον δημιουργικό και ενδιαφέρον μέρος είναι αυτό που παρεμβάλλεται μεταξύ της διατυπώσεως του προβλήματος και της τελικής του λύσεως.

Ας υποθέσομε ότι ήσουν έτοιμος να αγοράσεις ένα αστυνομικό μυθιστόρημα (με ένα πολύ ενδιαφέρον εξώφυλλο) και καθώς άνοιγες το βιβλίο έβρισκες μόνο άσπρες σελίδες, εκτός από την τελευταία, που έλεγε: «το έκανε ο υπηρέτης». Γνωρίζοντας μόνο τη λύση, χάνει κανείς όλη τη διέγερση και τις περιπλοκές της έρευνας. Η επιστήμη μοιάζει σ' αυτό. Η γνώση των αποτελεσμάτων και των συμπερασμάτων στην επιστήμη (από το διάβασμα των δεδομένων και της θεωρίας) χωρίς κατανόηση του τρόπου έρευνας είναι το ίδιο σαν το «το έκανε ο υπηρέτης» ή «ο Αλέξανδρος Φλέμμινγκ ανακάλυψε την πενικιλλίνη το 1938». Τα δεδομένα και τα συμπεράσματα της επιστήμης είναι σπουδαία και ενδιαφέροντα. Αλλά η γνώση της επιστήμης απαιτεί γνώση πολύ περισσοτέρων πραγμάτων από αυτά.

Το πιο δημιουργικό μέρος της εργασίας ενός επιστήμονα έρχεται την ώρα που συλλαμβάνει μια δοκιμαστική λύση για ένα πρόβλημα. Αυτή η δοκιμαστική λύση ονομάζεται ***υπόθεση.*** Με την υπόθεση ο επιστήμονας προσπαθεί να εξηγήσει όλα τα γεγονότα και τα αποτελέσματα. Η υπόθεση μπορεί να είναι σωστή ή λάθος, αλλά είναι πετυχημένη και στις δύο περιπτώσεις αν αυτές μπορούν να ελεγχούν. Νέα στοιχεία θα συλλεχθούν και στη μία και στην άλλη περίπτωση. Ως ***γεγονός*** μπορεί να ορισθεί κάθε παρατήρηση για την οποία συμφωνούν όλοι οι παρατηρητές ή ερευνητές. Με τον τρόπο αυτό διακρίνονται τα γεγονότα από τις απόψεις.

Όλα τα γεγονότα που συνδέονται με ένα εξειδικευμένο πρόβλημα ονομάζονται ***δεδομένα.*** Βασισμένος σε προηγούμενα δεδομένα ένας επιστήμονας μπορεί να κάνει ορισμένες προβλέψεις από μία δοκιμαστική λύση. Επομένως οι υποθέσεις χρησιμεύουν με δύο τρόπους: Πρώτον, προσφέρουν μια δοκιμαστική «εξήγηση» του προβλήματος. Γι' αυτόν το σκοπό πρέπει να λάβουν υπόψη τους όλα τα προηγούμενα γνωστά δεδομένα που σχετίζονται με το πρόβλημα. Δεύτερον, πρέπει να προβλέπουν καινούργια στοιχεία. Αν ένας επιστήμονας μπορεί να προβλέψει με επιτυχία μερικά καινούργια στοιχεία, τα οποία είναι βέβαια επακόλουθα της υποθέσεως, τότε η ειδική αυτή υπόθεση κερδίζει έδαφος. Ένας αστυνομικός μπορεί να υποθέσει, στην περίπτωση ενός θύματος από πυροβολισμό, ότι, αν «το έκανε ο υπηρέτης», τότε οι σφαίρες που κτύπησαν το θύμα θα πρέπει να ταιριάζουν με τις βαλλιστικές ιδιότητες του όπλου

που ανήκε στον υπηρέτη. Όταν ελεγχθούν οι βαλλιστικές ιδιότητες και αποδειχθεί ότι ταιριάζουν, τότε η υπόθεση του αστυνομικού αποκτά βάση.

Χρησιμοποιώντας την υπόθεση ως οδηγό, ο επιστήμονας αναζητεί περισσότερες ενδείξεις ή παρατηρήσεις. Ο Κάρολος Δαρβίνος, ο περίφημος βιολόγος, για τον οποίο θα ακούσεις πιο πολλά αργότερα, έλεγε: «Κάθε παρατήρηση πρέπει να είναι υπέρ ή κατά κάποιας απόψεως αν πρόκειται να έχει κάποια χρησιμότητα».

Η άποψη ή η υπόθεση ισχυροποιείται, αν φανεί ότι νέες παρατηρήσεις την υποστηρίζουν. Αν είχαν δει τον υπηρέτη να τρέχει από τη σκηνή του εγκλήματος, τότε ο αστυνομικός θα είχε περισσότερη εμπιστοσύνη στην υπόθεση.

Αν αντιθέτως φανεί ότι νέα δεδομένα (αν π.χ. είχε δηλωθεί ότι το όπλο του υπηρέτη είχε κλαπεί πριν από το φόνο) αντιστρατεύονται την υπόθεση, τότε αυτή πρέπει να αλλαχθεί ή ακόμη και να απορριφθεί και μία νέα υπόθεση να σχεδιασθεί.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα επιστημονικά προβλήματα πηγάζουν από περιέργεια, οξυδερκείς παρατηρήσεις και προσεκτική σκέψη. Στην προσπάθειά τους να λύσουν προβλήματα, οι επιστήμονες κάνουν παρατηρήσεις, υποβάλλουν κρίσιμες ερωτήσεις και διαμορφώνουν υποθέσεις. Κατόπιν δοκιμάζουν τις υποθέσεις τους και προσδιορίζουν αν οι δοκιμές τους ισχυροποιούν τις υποθέσεις τους ή τους υποχρεώνουν να αναθεωρήσουν τις υποθέσεις.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Τι κάνουν οι επιστήμονες με τα γεγονότα;
2. Γιατί ένας επιστήμονας σχηματίζει μια υπόθεση και ποιος είναι ο σκοπός της;
3. Πώς συνδέονται η περιέργεια και η επιστήμη;
4. Πώς θα μπορούσες να ερευνήσεις αν μια παρατήρηση που έκανες είναι γεγονός;
5. Συζήτησε τις ομοιότητες μεταξύ της εργασίας του αστυνομικού και του επιστήμονα.

Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη λύση των προβλημάτων

1-5
Περισσότερα δεδομένα και υποθέσεις

Έχομε προσδιορίσει τα γεγονότα ως παρατηρήσεις που μπορούν να επιβεβαιωθούν από όλους τους παρατηρητές ή τους ερευνητές. Ένας επιστήμονας πρέπει να έχει τη δυνατότητα να επαναλαμβάνει παρατηρήσεις ή πειράματα, τα οποία ακολούθως πρέπει να είναι επαναλήψιμα από άλλους επιστήμονες. Γενικά οι επιστήμονες δεν έχουν πρόβλημα στο να συμφωνήσουν με γεγονότα ή παρατηρήσεις. Εκείνο που οδηγεί σε αντίθεση ή διαφορές απόψεων είναι η ερμηνεία, η έννοια που δίνεται στα γεγονότα (εικόνα 1-4). Δύο επιστήμονες συχνά παρατηρούν τα ίδια γεγονότα (και οι δύο συμφωνούν ως προς τα γεγονότα), δίνουν όμως στα γεγονότα αυτά διαφορετική έννοια ή ερμηνεία.

Το ίδιο πράγμα συμβαίνει στα δικαστήρια κάθε μέρα. Δύο πρόσωπα είναι μάρτυρες του ίδιου ατυχήματος και όμως έχουν δύο διαφορετικές εξηγήσεις για το τι έγινε. Οι ένορκοι ακούν τα «ίδια» γεγονότα με δύο διαφορετικές εξηγήσεις και δεν μπορούν να συμφωνήσουν στην ετυμηγορία.

Το σπουδαίο πράγμα στην επιστήμη είναι ότι οι διαφορετικές ερμηνείες πρέπει να



Εικόνα 1-4 *Ηλιακές προεξοχές; Παροχή αίματος στη λέκιθο αυγού κότας που επωάζεται; Πόσες δυνατές εξηγήσεις μπορείς να προσφέρεις; Είναι οι παρατηρήσεις σου δεδομένα; (Βλέπε σελίδα 17).*

προσφερθούν ως υποθέσεις προς έλεγχο. Η μία ή η άλλη ερμηνεία μπορεί να μην υποστηρίζονται. Μπορεί και καμιά από τις δύο να μην υποστηρίζεται και να πρέπει να προωθηθούν καινούργιες υποθέσεις. Συχνά ένας επιστήμονας διαισθάνεται (από τα γεγονότα) τη μία ή τις δύο υποθέσεις που είναι πιο πιθανόν να είναι αληθινές.

Πάρα πολλοί επιστήμονες έχουν δηλώσει ότι οι υποθέσεις τους ήσαν «τυχερές προβλέψεις» ή «εμπνευσμένες διαισθήσεις». Οι ίδιοι δεν θα μπορούσαν να ανακαλέσουν με ακρίβεια τα βήματα που τους οδήγησαν στις επιτυχημένες υποθέσεις τους. Είναι εύκολο να περιγράψει κανείς μία υπόθεση μετά τη διατύπωσή της και είναι εύκολο να περιγράψει πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί μετά τη διαμόρφωσή της· η περιγραφή όμως του τρόπου δημιουργίας της είναι κάτι το τελείως διαφορετικό. Το ξάφνιασμα που προκαλεί μία τέτοια εμπνευσμένη διαίσθηση φαίνεται στις σημειώσεις ενός επιστήμονα.

> Όταν για πρώτη φορά πριν δέκα χρόνια διαπίστωσα τη σπουδαιότητα αυτού του συμπεράσματος, αισθάνθηκα σαν τον τυφλό που βρήκε το φως του. Ξαφνικά η συμπεριφορά των ζώων σε σχέση με την τροφή έπαιρνε νέα έννοια. Μία ολόκληρη σειρά από άσχετα φυσικά φαινόμενα βρήκαν τη θέση τους μέσα σε ένα πλέγμα αμοιβαίας αλληλοεξαρτήσεως[2].

Η ιστορία σημειώνει ότι ο Αρχιμήδης κατέληξε στην εξήγηση ενός προβλήματος εντελώς απρόσμενα. Όταν ο βασιλιάς Ιέρων τον διέταξε να προσδιορίσει, αν το βασιλικό στέμμα, που μόλις είχε ετοιμασθεί για το βασιλιά, ήταν από καθαρό χρυσό, δεν ήξερε από πού να αρχίσει για να λύσει το πρόβλημα.

Πώς μπορούσε να αποδειχθεί ότι το στέμμα ήταν από καθαρό χρυσό; Καθώς ο Αρχιμήδης μία μέρα πλενόταν, γλίστρησε κάτω από το νερό και παρατήρησε ότι η επιφάνεια του νερού ανέβαινε. Πήδηξε ξαφνικά έξω από το λουτήρα και έτρεχε στους δρόμους φωνάζοντας: «Εύρηκα» (το βρήκα).

Τι είχε βρει ο Αρχιμήδης; Η γνωστή εμπειρία που έχομε στο λουτήρα του υπέδειξε ένα νέο τρόπο μετρήσεως και συγκρίσεως πραγμάτων. Ο Αρχιμήδης συμπέρανε ότι: Αν ίσες ποσότητες του ίδιου υλικού βυθίζονται σε ίσες ποσότητες νερού μέσα σε πανομοιόμορφα δοχεία, τότε η επιφάνεια του νερού θα έπρεπε να ανεβεί ακριβώς το ίδιο σε κάθε δοχείο. Με βάση αυτή την προσωρινή λύση και συλλογιστική ο Αρχιμήδης δανείστηκε μία ποσότητα καθαρού χρυσού ίσης μάζας με το στέμμα και πραγματοποίησε το πείραμα. Τα επίπεδα του νερού μετά από το βύθισμα των δύο ποσοτήτων του μετάλλου δεν ήσαν ίδια. Μετά από αυτό ο Αρχιμήδης έβγαλε το συμπέρασμα, ότι το στέμμα δεν θα μπορούσε να είναι κατασκευασμένο από καθαρό χρυσό. Δεν υπάρχει λόγος να πούμε ότι ο βασιλιάς ευχαριστήθηκε πολύ από την εργασία του Αρχιμήδη, αλλά δυσαρεστήθηκε από την αποκάλυψη της απάτης. Η υπόθεση του Αρχιμήδη έχει επιβεβαιωθεί πειραματικά πολλές φορές και αποτελεί ακλόνητη βάση της επιστήμης.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 1-Α. Πώς επηρεάζεται το μέγεθος κομματιών πατάτας από διαφορετικές συγκεντρώσεις ζάχαρης - νερού (σελίδα 567). Παρατηρήστε πώς το εκτοπιζόμενο νερό μπορεί να χρησιμεύσει για να λύσει ένα άλλο πρόβλημα.

Μία υπόθεση συνήθως αποτελείται από μία - δύο υπό αίρεση αποδοχές, που διατυπώνονται ή ερμηνεύονται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να δίνουν μία πιθανή λύση σε ένα πρόβλημα. Οι υποθέσεις είναι υπό αίρεση αποδοχές, γιατί ο επιστήμονας μπορεί μόνο να υποθέσει ότι είναι αληθινές· πολύ συχνά δεν μπορούν να ελεχθούν άμεσα. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η υπόθεση για ποιο λόγο οι άνθρωποι έχουν ανάγκη να κοιμούνται ορισμένες ώρες κάθε βράδυ.

Ορισμένες υποθέσεις δημιουργούν ένα σύνθετο πλέγμα από αποδοχές. Μία σύγχρονη υπόθεση για τα φυτά μεγάλης καλλιέργειας που έχει εκτεταμένη πρακτική εφαρμογή θα χρησιμοποιηθεί σαν παράδειγμα. Σύμφωνα με την υπόθεση αυτή πρέπει να αναπτυχθούν νέα φυτά μεγάλης καλλιέργειας, τα οποία θα μπορούν να παραλαμβάνουν το άζωτο που τους χρειάζεται από τον αέρα (είτε απευθείας, είτε μέσω βακτηρίων, που η ανάπτυξη τους εξαρτάται από το φυτό). Η υπόθεση αυτή βασίζεται σε τέσσερις τουλάχιστον αποδοχές:

α. Τα φυσικά αζωτούχα λιπάσματα του εδάφους είναι ανεπαρκή σε ποσότητα.

β. Τα τεχνητά αζωτούχα λιπάσματα απαιτούν τεράστιες βιομηχανίες που εξαντλούν τις ανεπαρκείς πηγές ενέργειας. (Το φυσικό αέριο είναι η κύρια πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται για την κατασκευή λιπασμάτων).

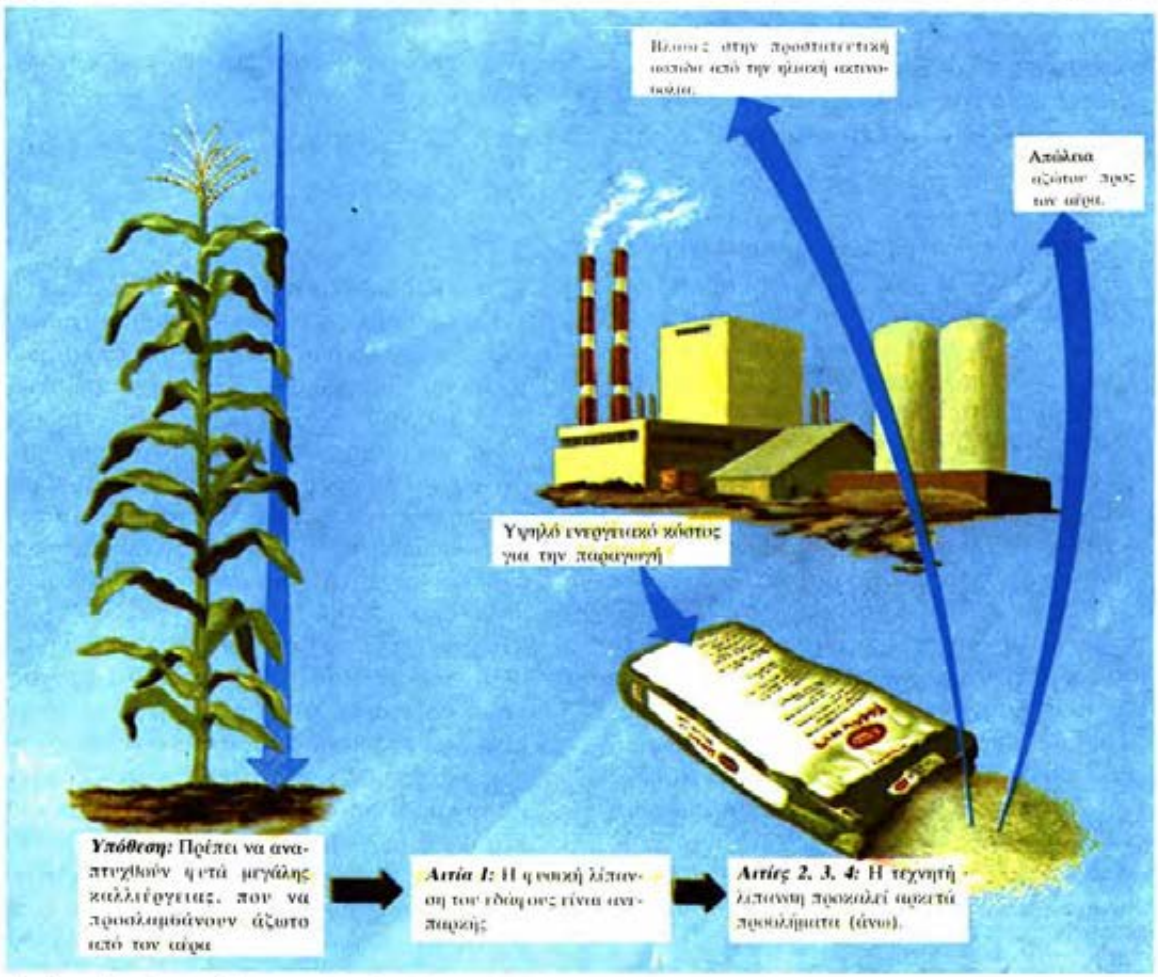
γ. Τα τεχνητά αζωτούχα λιπάσματα χάνουν στον αέρα μεγάλο μέρος του αζώτου που περιέχουν (περίπου το 40% ή περισσότερο).

δ. Οι αλλαγές που προκαλούνται στην ατμόσφαιρα από τεχνητά λιπάσματα μπορεί να ελαττώνουν τη φυσική ασπίδα που μας προστατεύει από την πιο επικίνδυνη ηλιακή ακτινοβολία.

Η κατάσταση παρουσιάζεται στην εικόνα 1-5.

Αν οι επιστήμονες μπορούν να επιβεβαιώσουν μία πρόβλεψη, που βασίζεται σε μία από τις υποθέσεις τους, γνωρίζουν ότι βρίσκονται στο σωστό δρόμο. Ενώ αρκετές υποθέσεις μπορεί να εξηγούν τα γνωστά γεγονότα, μόνο μία ίσως μπορεί να προβλέψει νέα στοιχεία. Μία πρόβλεψη που επιβεβαιώνεται δίνει στον επιστήμονα μία βάση για να επιλέξει ανάμεσα σε αρκετές υποθέσεις. Επιπλέον, τα νέα στοιχεία μπορούν ακόμη να οδηγήσουν σε μεγαλύτερες αναλύψεις. Η εικόνα 1-6 παρουσιάζει μία τέτοια εξέλιξη γεγονότων.

Η υπόθεση είναι ο όρος που χρησιμοποιείται συνήθως για να περιγράψει κανείς τις πρώτες προσπάθειες για την επίλυση ενός προβλήματος. Εάν μία υπόθεση αντέξει σε επανειλημμένους πειραματικούς ελέγχους για



Εικόνα 1-5 *Το πρόβλημα του αζωτούχου λιπάσματος. Οι βιολόγοι προσπαθούν να αναπτύξουν περισσότερα φυτά μεγάλης καλλιέργειας, τα οποία προσελκύουν ορισμένα ριζόβια βακτήρια. Τα βακτήρια περιλαμβάνουν άζωτο απευθείας από τον αέρα και το μετατρέπουν σε ενώσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τα φυτά.*



1. Έστω ότι Α, Β, Γ συμβολίζουν τα αρχικά γεγονότα ενός προβλήματος.
2. Οι διακοπτόμενες γραμμές δείχνουν ότι τα γεγονότα βοηθούν στην υπόδειξη μιας υποθέσεως.
3. Οι συνεχείς γραμμές δείχνουν ότι η υπόθεση εξηγεί τα αρχικά γεγονότα και φανερώνει πώς συσχετίζονται το ένα με το άλλο.
4. Η υπόθεση μπορεί να προβλέπει νέα στοιχεία, τα οποία μπορούν να συσχετίζονται με τα αρχικά γεγονότα του προβλήματος.

Εικόνα 1-6 *Αν υπάρχουν ορισμένα γεγονότα, ένας επιστήμονας προσπαθεί να διαμορφώσει μία υπόθεση. Η υπόθεση μπορεί να προτείνει πειράματα που να οδηγούν σε νέα στοιχεία.*

πολλά χρόνια και εξηγεί ένα ευρύ φάσμα γεγονότων, τότε μπορεί να γίνει αποδεκτή ως ***θεωρία.*** Οι θεωρίες είναι πολύ χρήσιμες για την οργάνωση των γνώσεων των επιστημόνων. Το μεγαλύτερο μέρος των γνώσεων μιας επιστήμης μπορεί να οργανωθεί κάτω από τις θεωρίες της. Κάθε θεωρία αντιπροσωπεύει συνήθως την εργασία πολλών ανθρώπων για πολλά χρόνια. Όπως όμως θα αντιληφθείς, οι θεωρίες δεν είναι στατιστικές. Αντίθετα μπορούν να αλλάζουν καθώς συλλέγονται νέες πληροφορίες. Οι θεωρίες έχουν συνήθως τεράστιες εφαρμογές. Τρεις βιολογικές θεωρίες – η θεωρία του κυττάρου, η θεωρία του γονιδίου και η θεωρία της εξελίξεως – αναπτύσσονται ιδιαιτέρως σ' αυτό το βιβλίο.

1-6
Οι υποθέσεις ελέγχονται με πειράματα

Ο επιστημονικός πειραματισμός είναι χρήσιμος για τον έλεγχο των υποθέσεων. Μετά από την πρόβλεψη νέων στοιχείων, τα στοιχεία αυτά πρέπει να ελεγχθούν με παρατήρηση και πειραματισμό. Ο σωστός πειραματισμός, ή η έρευνα, σχεδιάζεται για τη λύση ενός εξειδικευμένου προβλήματος. Μπορεί να είναι τόσο δημιουργικός όσο και η σύλληψη μιας υποθέσεως. Κάποιοι βιολόγοι έσφιξαν ανθρώπινες τρίχες γύρω από το λαιμό μιας μύγας, προσπαθώντας να ελέγξουν τις υποθέσεις τους για τον τρόπο λειτουργίας της προβοσκίδας της. Συχνά τους επιστήμονες τους θυμούνται όχι για τις υποθέσεις τους, αλλά για κάποιο έξυπνο πείραμα που σχεδίασαν για να ελέγξουν μία υπόθεση.

Σπουδαίο μέρος της εργαστηριακής έρευνας αποτελεί το ***ελεγχόμενο πείραμα.*** Ένα ελεγχόμενο πείραμα προσπαθεί να δημιουργήσει συνθήκες που να επιτρέπουν τον έλεγχο ενός μόνο μέρους ενός προβλήματος κάθε φορά. Για παράδειγμα, η υπόθεση ότι οι περισσότεροι πονοκέφαλοι είναι ψυχολογικοί (προκαλούνται από τον ίδιο τον άνθρωπο), μπορεί να ελεγχθεί με ένα έξυπνο πείραμα. Μερικές εκατοντάδες άνθρωποι, που συνήθως έχουν πονοκεφάλους, μπορούν να χωρισθούν σε δύο ομάδες στις οποίες να δοθούν χάπια για τον πονοκέφαλο. Τα χάπια όμως της μιας ομάδας περιέχουν αλεύρι επεξεργασμένο και συμπιεσμένο, ώστε να έχει την όψη και τη γεύση που έχουν τα χάπια για τον

πονοκέφαλο. Η ομάδα αυτή ονομάζεται ***ομάδα πειραματικής επεμβάσεως.*** Αν υπάρξει βελτίωση όσον αφορά τους πονοκεφάλους τους, τότε η υπόθεση έχει έρεισμα. Η άλλη ομάδα ανθρώπων ονομάζεται ***μάρτυρας.*** Αν υπάρξει βελτίωση μόνο στους δικούς τους πονοκεφάλους (με τα πραγματικά χάπια για τον πονοκέφαλο), τότε ή η υπόθεση είναι λάθος ή πρέπει να δοκιμάσομε να κάνομε κάποιο άλλο πείραμα.

Ο μάρτυρας έχει μεγάλη σημασία για κάθε πείραμα. Χωρίς αυτόν δεν υπάρχει τρόπος να σταθμίσει κανείς τα αποτελέσματα ενός πειράματος. Όταν ελέγχεις μία υπόθεση, συγκρίνεις τα αποτελέσματα του μάρτυρα (καμιά μεταβολή) με τα αποτελέσματα της πειραματικής ομάδας (όπου μεταβάλλεται μόνο ένας παράγοντας). Στην πειραματική ομάδα μόνο ένα μέρος του προβλήματος πρέπει να μεταβάλλεται· γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιήθηκαν τα ψεύτικα χάπια. Αν αφαιρούσαμε συγχρόνως και τα πραγματικά χάπια για τον πονοκέφαλο και την ψυχολογική ανακούφιση, που προκαλείται όταν κανείς παίρνει ένα χάπι, τα αποτελέσματα του πειράματος θα έμεναν ανεξήγητα.

Ένα άλλο παράδειγμα. Ας υποθέσομε ότι ένας αστροναύτης έχει αρχίσει να ζαλίζεται κατά τη διάρκεια των ελέγχων που αποσκοπούν στον προσδιορισμό της ικανότητάς του να αντέχει στην έλλειψη βάρους, που προκαλεί η μηδενική βαρύτητα (εικόνα 1-7), η τεχνητή ατμόσφαιρα καθαρού οξυγόνου και μία νέα μορφή συμπυκνωμένης τροφής. Ποιο από τα τρία προκαλεί τη ζαλάδα; Ή μήπως είναι περισσότερα από ένα τα αίτια; Ο επιστήμονας μπορεί να υποψιασθεί ότι το πρόβλημα είναι η έλλειψη βαρύτητας (υπόθεση). Γι' αυτό το λόγο, προκειμένου να μετρήσει την επίδραση μόνο της βαρύτητας, θα επαναφέρει τον αστροναύτη στην προηγούμενη τροφή του και σε κανονικό αέρα (μάρτυρας), ώστε να ελέγξει την επίδραση της ελλείψεως βαρύτητας (πειραματική επέμβαση) στο σώμα του αστροναύτη. Αν ο αστροναύτης εξακολουθεί να αισθάνεται ζαλάδα, τότε ο επιστήμονας θα γνωρίζει ότι η έλλειψη βαρύτητας είναι η αιτία του προβλήματος. Πάντως και οι δύο άλλοι παράγοντες θα ελεγχθούν, καθένας ξεχωριστά, για να εξακριβωθεί αν συνεισφέρουν στην εμφάνιση της ζαλάδας.

Με τη δημιουργία στα πειράματα καταστάσεων μάρτυρα, ο επιστήμονας δημιουργεί τη βάση για σύγκριση και με αυτόν τον τρόπο μπορεί να προσδιορίσει με μεγαλύτερη βεβαιότητα την αιτία ή τη λύση ενός προβλήματος. Το εργαστηριακό μέρος αυτού του μαθήματος θα σου επιτρέψει τη συμμετοχή στην επιστημονική πειραματική εργασία. Θα μπορέσεις να κάνεις τις δικές σου παρατηρήσεις και τις δικές σου υποθέσεις. Θα μπορείς να συλλέξεις τα δικά σου δεδομένα, να δημιουργήσεις τις δικές σου υποθέσεις και να τις ελέγξεις. Με τις εμπειρίες αυτές μπορείς να συμμετέχεις σε όλη τη διαδικασία της λύσεως του μυστηρίου και όχι μόνο στη φάση: «το έκανε ο υπηρέτης».

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 1-Β. Τα έμβια όντα εκλύουν μια κοινή για όλα ουσία; Σελίδα 569.

1-7
Αν όλα τα άλλα αποτυχαίνουν;

Αν όλα τα άλλα αποτυχαίνουν, διάβασε τις οδηγίες! Το να πειραματίζεσαι δεν είναι δυστυχώς τόσο απλό. Οι οδηγίες για το τι θα κάνεις κάθε φορά δεν είναι πάντοτε τόσο ξεκάθαρες και συνήθως δεν είναι γραμμένες πουθενά. Τι κάνουν οι επιστήμονες όταν βρεθούν σε αδιέξοδο; Ακριβώς όπως ο αστυνομικός δεν εγκαταλείπει ποτέ, εξακολουθούν να δοκιμάζουν, να ψάχνουν, να ανιχνεύουν, να κάνουν ερωτήσεις. Επιμονή και εγρήγορση είναι χαρακτηριστικά, που συχνά έχει ένας καλός επιστήμονας και ένας καλός αστυνομικός.

Μερικές φορές η πειραματική εργασία του επιστήμονα καταλήγει σε διαδικασία του τύπου: «δοκίμασε κι ας είναι λάθος». Κλασικό παράδειγμα είναι η εργασία των αλχημιστών του μεσαίωνα. Οι αλχημιστές ήταν «πειραματιστές» που προσπαθούσαν να δημιουργήσουν χρυσό από ανάμιξη κοινών συστατικών. Η μέθοδός τους ήταν να δοκιμάζουν το ένα μίγμα μετά το άλλο με τρόπο που λίγο - πολύ ήταν τυχαίος. Δεν είχαν πραγματικό σχέδιο. Είχαν σκεφθεί λίγες υποθέσεις ή δεν είχαν σκεφθεί καμιά υπόθεση και δεν είχαν ελεγχόμενα πειράματα. Αυτή η μέθοδος του τύπου «δοκίμασε κι ας είναι λάθος» μόνο συμπτωματικά έφθανε κάπου και βασιζόταν πολύ στην

ελπίδα. Και φυσικά κανείς ποτέ δεν είχε επιτυχία.

Όπως γνωρίζεις, στην εποχή μας γίνεται εντατική έρευνα με στόχο το πρόβλημα του καρκίνου. Ένα παράδειγμα πειραματισμού του τύπου «δοκίμασε κι ας είναι λάθος» θα



Εικόνα 1-7 *Έλλειψη βαρύτητας είναι μία νέα εμπειρία για τα ανθρώπινα όντα. Ο τρόπος που μας επηρεάζει βρίσκεται ακόμη υπό λεπτομερή μελέτη.*

μπορεί να το φαντασθεί κανείς κάπως έτσι: Υπόθεσε ότι δείγματα καρκινικού ιστού και φυσιολογικού ιστού ήταν τοποθετημένα σε δοκιμαστικούς σωλήνες στη σειρά. Κατόπιν υπόθεσε ότι μία ειδική χημική ουσία προσθέτονταν σε κάθε δοκιμαστικό σωλήνα κατά σχεδόν τυχαίο τρόπο, με την ελπίδα ότι θα μπορούσε να βρεθεί μία χημική ουσία που θα σκότωνε τα καρκινικά κύτταρα χωρίς να βλάψει τα φυσιολογικά. Η διαδικασία αυτή χαρακτηρίζεται από εκτεταμένο πειραματισμό του τύπου «δοκίμασε κι ας είναι λάθος» και από περιορισμένη θεωρία. Χωρίς ένα καλοσχεδιασμένο σχέδιο πειράματος, βασισμένο σε προηγούμενα πειράματα και δεδομένα, η πιθανότητα να ανακαλυφθεί με τον τρόπο αυτό μία θεραπεία για τον καρκίνο είναι πάρα πολύ μικρή. Οι άνθρωποι που εργάζονται για τη θεραπεία του καρκίνου δεν εργάζονται πλέον ακολουθώντας τη μέθοδο του «δοκίμασε κι ας είναι λάθος»· δεν έχει αποτέλεσμα. Ένα μεγάλο μέρος χρόνου και ενέργειας χρησιμοποιείται για το συντονισμό των προσπαθειών των επιστημόνων για την έρευνα του καρκίνου.

Σήμερα, καμιά φορά, οι επιστήμονες καταφεύγουν στον πειραματισμό του τύπου «δοκίμασε κι ας είναι λάθος», αλλά συνήθως μόνο όταν δεν έχουν άλλη εκλογή. Χωρίς εξαιρέσεις αποδεικνύεται ότι είναι πολύ αργή και στις περισσότερες περιπτώσεις ανεπιτυχής διαδικασία.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα γεγονότα της επιστήμης είναι οι παρατηρήσεις (που γίνονται με ή χωρίς πειράματα), τα οποία μπορούν να επιβεβαιωθούν από όλους τους παρατηρητές και ερευνητές. Περιέργεια για τα γεγονότα της επιστήμης είναι ουσιώδες μέρος της ανακαλύψεως επιστημονικών προβλημάτων.

Μία ξεκάθαρη, επακριβής διατύπωση του προβλήματος είναι ουσιώδης για το καλό της επιστήμης. Ένα ελεγχόμενο πείραμα, όπου είναι δυνατό, έχει μεγάλη σημασία για τον έλεγχο μιας υποθέσεως. Οι υποθέσεις είναι χρήσιμες για την εξήγηση των γεγονότων και την πρόβλεψη νέας πληροφορίας. Υποθέσεις που εξηγούν ένα μεγάλο πλήθος γεγονότων και έχουν αντέξει σε μακροχρόνιο έλεγχο σχηματίζουν θεωρίες που χρησιμεύουν σε μεγάλο βαθμό για την οργάνωση της επιστήμης.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Ποιες είναι οι δύο κύριες λειτουργίες μιας υποθέσεως;
2. Πώς συνδυάζονται οι υποθέσεις και τα πειράματα;
3. Τι είναι ελεγχόμενο πείραμα;
4. Μπορεί ποτέ μία υπόθεση να αποδειχθεί σωστή; Εξήγησε την απάντησή σου.

Προβλήματα προβλημάτων

1-8
Το πρόβλημα της εκρήξεως της γνώσεως

Οι ημέρες μας είναι μοναδικές στην ιστορία της επιστήμης. Ποτέ πριν από τον καιρό μας δεν υπήρξαν ημέρες σαν κι αυτές. Οι ημέρες που ζούμε είναι παράξενες και γεμάτες ενδιαφέρον. Ποτέ στην ιστορία δεν υπήρξε άλλη περίοδος τόσο γρήγορης αναπτύξεως της γνώσεως, όσο η περίοδος των τελευταίων δέκα χρόνων. Τον προηγούμενο αιώνα συνήθιζαν να λένε ότι η γνώση διπλασιάζεται κάθε πενήντα χρόνια. Πενήντα χρόνια, εκείνη την εποχή, ήταν ο μέσος χρόνος ζωής του ανθρώπου. Σήμερα ο μέσος όρος ζωής είναι 72 χρόνια και η γνώση πιθανόν διπλασιάζεται κάθε δέκα χρόνια ή λιγότερο.

Ποιες είναι οι επιπτώσεις αυτής της εκρήξεως; Αυτή η τεράστια σε όγκο νέα γνώση δημιουργεί νέες επιλογές και εναλλακτικές λύσεις που ποτέ δεν είχε στη διάθεσή του ο άνθρωπος.

Τι θα κάνομε; Προς τα πού θα βαδίσομε; Η νέα γνώση δημιουργείται σχεδόν ταχύτερα από ό,τι μπορούμε να τη χειριστούμε. Κάθε νέα πληροφορία φαίνεται ότι δημιουργεί καινούργια αναπάντητα ερωτήματα και από αυτά πηγάζουν καινούργια προβλήματα. Η ανεύρεση προβλημάτων προς λύση ή διερεύνηση δεν είναι πλέον τόσο δύσκολη για τους ανθρώπους της επιστήμης. Δυσκολία υπάρχει



Εικόνα 1-8 *Με αυτό το πληκτρολόγιο και με μία οθόνη «απευθείας» αναγνώσεως ένας χειριστής ηλεκτρονικού υπολογιστή μπορεί να χρησιμοποιήσει την αποθηκευμένη μνήμη του υπολογιστή. Ο υπολογιστής μπορεί να είναι πλάι, όπως είναι εδώ, ή μπορεί να είναι κάπου αλλού και να συνδέεται με τηλεφωνική γραμμή. Οι μεταλλικές θήκες ταινιών στα ράφια στο βάθος περιέχουν προγραμματισμένες πληροφορίες για τον υπολογιστή.*

στην προσπάθεια να επιλέξει κανείς ένα μόνο πρόβλημα από τα πολλά που βρίσκονται στη διάθεσή του. Ποια προβλήματα είναι τα πιο σπουδαία; Ποια έχουν προτεραιότητα; Αυτό που έχει εμφανισθεί στον κόσμο είναι ένα τεράστιο πρόβλημα. Ποιο από τα προβλήματα που υπάρχουν μέσα σ᾽ αυτό πρέπει να λύσομε και με ποια σειρά;

Η επιστημονική γνώση χρησιμοποιείται σε μία προσπάθεια να μειώσομε τον όγκο των πληροφοριών που πλεονάζουν, ώστε να μπορούν να αξιοποιηθούν. Γνώση από τη φυσική και τη χημεία χρησιμοποιείται, με τη βοήθεια της μηχανολογίας και της ηλεκτρονικής, για την ανάπτυξη τεραστίων συστημάτων αποθηκεύσεως και ανακτήσεως πληροφοριών. Αυτά τα συστήματα πληροφοριών λειτουργούν με τη βοήθεια ηλεκτρονικών υπολογιστών (εικόνα 1-8). Πολλά άλλα μηχανήματα έχουν αναπτυχθεί για να βοηθήσουν τους επιστήμονες. Αυτή η «εφαρμοσμένη επιστήμη» – η χρησιμοποίηση της επιστημονικής γνώσεως για την ανάπτυξη πρακτικών και χρησίμων μηχανημάτων – αναφέρεται συχνά σαν ***τεχνολογία.*** Η τεχνολογία που έχει αναπτυχθεί από τις αρχές του αιώνα έχει μάλλον προλάβει την έκρηξη των προβλημάτων της επιστήμης. Για την ακρίβεια η έκρηξη της γνώσεως και η τεχνολογική μας ανάπτυξη είναι τόσο στενά συνδεδεμένες, ώστε είναι δύσκολο να προσδιορίσει κανείς ποια βοήθησε πιο πολύ την άλλη.

Καθώς προχωρεί η έρευνα των προβλημάτων, φαίνεται ότι εμφανίζονται ορισμένα ενδιαφέροντα πρότυπα. Συνήθως ο επιστήμονας αρχίζει με ένα πρόβλημα στο μυαλό του. Διάφορες μορφές στρατηγικής αναπτύσσονται για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Καμιά φορά, προτού αρχίσει κανείς, εμφανίζονται ξαφνικά νέα προβλήματα. Ένα νέο μηχάνημα ή μία νέα τεχνική χρειάζονται για τη λύση του προβλήματος. Άλλες φορές άλλα προβλήματα πρέπει να λυθούν προτού γίνει δυνατό να ερευνηθεί το βασικό πρόβλημα. Έτσι ένα πρόβλημα συχνά μεταβάλλεται σε πολλά προβλήματα πριν ακόμη αρχίσει η λύση του βασικού προβλήματος.

Άλλες φορές νέα προβλήματα αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια μιας έρευνας. Απρόβλεπτες και ανεξήγητες δυσκολίες προβάλλουν και μία νέα σειρά προβλημάτων γεννιέται. Είτε πρόκειται για την αρχή είτε για τη μέση είτε για το τέλος μια ερευνητικής προσπάθειας, το πρότυπο που προβάλλει είναι το εξής: Για κάθε πρόβλημα που αρχίζει, δέκα άλλα προβλήματα αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια της λύσεώς του. Μερικά λύνονται,

άλλα μένουν αναπάντητα. Εν συντομία, η λύση των προβλημάτων συνήθως οδηγεί σε νέα προβλήματα.

Άλλες φορές οι λύσεις προβλημάτων είναι μόνο προσωρινές. Μπορεί να οδηγούν στη δημιουργία μακροχρονίων προβλημάτων, τα οποία ήταν τελείως απρόβλεπτα. Η ιστορία αναφέρει πολλά παραδείγματα τέτοιων περιπτώσεων. Σήμερα το αυτοκίνητο είναι πρόβλημα λόγω της ρυπάνσεως του περιβάλλοντος. Αλλά αντικατέστησε το άλογο, που ήταν ένα πρόβλημα ρυπάνσεως! Η μυρωδιά των αλόγων, ο ιδρώτας τους και η κοπριά τους κάποτε ρύπαιναν τον αέρα των πόλεων. Οι άνθρωποι δεν μπορούσαν να κρατήσουν τα παπούτσια τους καθαρά. Πατούσαν πάνω σε κοπριά αλόγων, όπου κι αν πήγαιναν. (Μπορείς να φαντασθείς πώς θα ήταν οι δρόμοι μας, αν ο καθένας είχε ένα άλογο σήμερα!). Όταν το αυτοκίνητο εφευρέθηκε για πρώτη φορά χαιρετίσθηκε ως η λύση στα προβλήματα της ρυπάνσεως της ατμόσφαιρας και της καθαριότητας των δρόμων. Μόλις τώρα έχομε αντιληφθεί ότι η λύση δημιούργησε ένα ακόμη μεγαλύτερο πρόβλημα, πιο σύνθετη ρύπανση του αέρα και ένα πρόβλημα ελλείμματος ενέργειας.

Η χρήση του ντι-ντι-τι (DDT), μιας χημικής ουσίας που κατασκευάστηκε για την αντιμετώπιση των εντόμων, ήταν ένα άλλο κλασικό παράδειγμα του πώς μία προφανής λύση δημιούργησε αρκετά προβλήματα. Όταν το ντι-ντι-τι πρωτοχρησιμοποιήθηκε είχε τρομερή επιτυχία. Φαινόταν ότι τα προβλήματα της μύγας και του κουνουπιού θα είχαν εκλείψει για πάντα. Η ικανότητα του ντι-ντι-τι για την εξολόθρευση των εντόμων φαινόταν ότι δεν είχε όρια. Πολλοί παρατηρητές πίστευαν ότι τα ανθρώπινα όντα είχαν επιτέλους νικήσει τα έντομα! Εκτεταμένα προγράμματα ψεκασμού εφαρμόστηκαν σε όλον τον κόσμο. Στην αρχή τα άμεσα αποτελέσματα έδειχναν ανυπέρβλητα θετικά. Μετά από αρκετά χρόνια ψεκασμού με ντι-ντι-τι μερικά απρόβλεπτα πράγματα άρχισαν να εμφανίζονται. Το πρώτο και το πιο απογοητευτικό για τους πολλούς ήταν ότι το ντι-ντι-τι άρχισε να χάνει την αποτελεσματικότητά του. Φαινόταν ότι δεν σκότωνε πια τις μύγες. Κατά κάποιο τρόπο οι μύγες στις περιοχές, όπου είχαν γίνει επανειλημμένοι ψεκασμοί, ήταν τώρα «ανθεκτικές» στο ντι-ντι-τι. Μία νέα ποικιλία από μύγες (και μετά μία νέα ποικιλία από κουνούπια) κατέλαβε τις περιοχές όπου είχε εφαρμοσθεί ο ψεκασμός. Πώς έγινε αυτό; Σε ένα άλλο κεφάλαιο αργότερα θα μάθεις πώς εμφανίστηκε το νέο είδος πληθυσμού μυγών.

Μαζί με την επιστροφή του προβλήματος της μύγας και του κουνουπιού, οι άνθρωποι άρχισαν να σημειώνουν και άλλες επιπτώσεις από τον ψεκασμό με ντι-ντι-τι. Αυτό το εντομοκτόνο, όπως και πολλά άλλα για τα οποία μάθαμε αργότερα, έχει επιπτώσεις και στα ζώα που έτρωγαν τα ψεκασμένα έντονα. Πολλά από αυτά τα ζώα δεν μπορούσαν πλέον να ζουν φυσιολογικά· άρχισαν να αδυνατίζουν ή έγιναν ανάπηρα. Πολλά πουλιά που έτρωγαν έντομα δεν μπορούσαν πλέον να σχηματίσουν ένα γερό κέλυφος γύρω από τα αυγά τους. Οι απόγονοί τους δεν προστατεύονταν αρκετά και πέθαιναν.

Σαν αποτέλεσμα όλων αυτών των ευρημάτων η χρήση του ντι-ντι-τι περιορίστηκε από νέους πολιτειακούς και κρατικούς κανονισμούς. Άλλα εντομοκτόνα που δεν δημιουργούν περισσότερα προβλήματα από όσα λύνουν, χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο. Καθώς τα χρόνια περνούν και μαθαίνομε περισσότερα, διαρκώς βρίσκομε ότι η λύση ενός προβλήματος μπορεί να δημιουργήσει

Εικόνα 1-9 *Οι βιολόγοι εργάζονται αντιμετωπίζοντας μια εκπληκτική ποικιλία θεμάτων. Σε πολλές περιοχές της έρευνάς τους συνεργάζονται με βιοχημικούς και βιοφυσικούς.* ***Άνω σειρά*** *(αριστερά). Η μελέτη μιας σταγόνας υγρού φαίνεται άσχετη με την εργασία ενός αξιωματούχου που ασχολείται με τον εκ νέου εμπλουτισμό ενός μικρού ποταμού με ιχθείς (κέντρο). Κι όμως μια σταγόνα ενός υλικού για ένα βιοφυσικό που σπουδάζει τη «συμπεριφορά» (μαγνητικό συντονισμό) των πυρήνων ατόμων (δεξιά) φαίνεται μεγαλύτερη κι από ένα ποτάμι ακόμη.* ***Μεσαία σειρά*** *(αριστερά). Η διατροφή υδροβίων ζώων και (δεξιά) ο εμβολιασμός κατοικίδιων ζώων είναι θέματα βιολογίας που εύκολα αντιλαμβάνεσαι.* ***Κάτω σειρά*** *(αριστερά). Περιοδικά σχεδόν κάθε βιολόγος θα χρησιμοποιήσει μικροσκόπιο για την σπουδή της ζωής. Μέρος της πιο αξιόλογης σύγχρονης έρευνας είναι για τον καρκίνο (κέντρο) και το γενετικό υλικό του ανθρώπου. Για τις μελέτες αυτές είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται αποστειρωμένα γάντια και ειδικές τεχνικές (δεξιά) κατά την προετοιμασία μη μολυσμένων δειγμάτων προς παρατήρηση.*

















ένα νέο πρόβλημα ή ακόμη και μία σειρά από νέα προβλήματα.

1-9
Ο κόσμος των προβλημάτων του βιολόγου

Η βιολογία είναι μία επιστήμη. Οι βιολόγοι προσπαθούν να ερευνήσουν προβλήματα και να απαντήσουν σε ερωτήσεις που σχετίζονται με έμβια όντα. Αλλά η ποικιλία και ο αριθμός των εμβίων όντων στον κόσμο είναι πέρα από ό,τι μπορεί να συλλάβει το μυαλό του ανθρώπου. Οι περιοχές που μελετούν οι βιολόγοι είναι εκτεταμένες, ώστε δεν είναι δυνατόν να περιγράψει κανείς τι κάνει ένας «τυπικός» βιολόγος. Ένας βιολόγος μπορεί να μελετά τη συμπεριφορά των λύκων, ενώ ένας άλλος να ερευνά τη χημεία των διαφόρων ειδών λίπους του διαιτολογίου του ανθρώπου. Άλλοι ενδιαφέρονται για ποταμούς που παρουσιάζουν ρύπανση, ζωή στον Άρη, βελτίωση φυτών μεγάλης καλλιέργειας ή για τη θεραπεία του καρκίνου. Οι εμπειρίες σου από το μάθημα αυτό θα σου δώσουν ένα δείγμα από τα διάφορα αντικείμενα για τα οποία ενδιαφέρονται οι βιολόγοι και τις μεθόδους και τα όργανα που χρησιμοποιούν στην εργασία τους (εικόνα 1-9).

Ένα από τα απαραίτητα και συχνά χρησιμοποιούμενα όργανα του βιολόγου είναι το μικροσκόπιο. Θα δεις, κατά τη διάρκεια αυτού του μαθήματος, πόσο χρήσιμο είναι.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 1-Γ. Το σύνθετο μικροσκόπιο, στη σελίδα 572.

Η ποικιλία των εμβίων όντων στον κόσμο είναι καταπληκτική. Ο αριθμός των ερωτημάτων γύρω από τα έμβια όντα, στα οποία πρέπει να δοθούν απαντήσεις, είναι ακόμη πιο καταπληκτικός. Αλλά πιο καταπληκτικός είναι ίσως ο αριθμός των ερωτημάτων που έχουν δημιουργηθεί και τα οποία δεν έχουν πάρει ακόμη μία οριστική απάντηση. Μία ερώτηση τόσο απλή όσο «τι είναι ζωή» παίρνει μια πολυσύνθετη και κάπως ασαφή απάντηση. Τι είναι ζωή; Από πού προήλθε η ζωή; Από πού προέρχονται τα έμβια όντα; Τι είναι αυτό που δίνει ζωή στα έμβια όντα; Ποιο είναι το μέλλον της ζωής; Αυτά είναι λίγα από τα ερωτήματα στα οποία το μάθημα αυτό προσπαθεί να απαντήσει. Ίσως πιο σπουδαίο από τις απαντήσεις στα ερωτήματα αυτά (όπως ακριβώς και στη λύση του μυστηρίου που περιγράφηκε προηγουμένως) θα είναι η κατανόηση της ζωής που μπορείς να ζήσεις, καθώς θα εξερευνάς τρόπους για να απαντήσεις στα ερωτήματα. Στο κεφάλαιο 2 θα αρχίσεις την εξερεύνηση του έμβιου κόσμου· απόλαυσέ την.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑ ΣΗΜΕΙΑ

Η επιστήμη είναι κάτι περισσότερο από μία συλλογή γεγονότων. Είναι γεγονότα μαζί με μία σειρά από υποθέσεις και θεωρίες και μεθοδολογίες και διαδικασίες που συνδέουν τα γεγονότα προς τις υποθέσεις και καθοδηγούν τις έρευνες.

Η επιστήμη συχνά αρχίζει με προσεκτικές παρατηρήσεις. Παρατηρήσεις και μία προδιάθεση για ερωτήσεις βοηθούν στην ανακάλυψη και σχηματοποίηση επιστημονικών προβλημάτων. Οι υποθέσεις που προκύπτουν είναι χρήσιμες, εάν εξηγούν ένα πρόβλημα, προτείνουν μία νέα ιδέα και κάνουν προβλέψεις που μπορούν να ελεγχθούν. Όταν μία υπόθεση μπορεί να εξηγήσει πολλά και διάφορα γεγονότα και υποστηρίζεται για αρκετά χρόνια από προσεκτικές παρατηρήσεις και προβλέψεις, τότε μπορεί να ονομασθεί θεωρία.

Προσεκτική παρατήρηση είναι επίσης ουσιώδης για τον έλεγχο μιας υποθέσεως και την ανακάλυψη περισσοτέρων νέων προβλημάτων. Ελεγχόμενα πειράματα είναι επίσης εξαιρετικά πολύτιμα για τον έλεγχο των υποθέσεων. Τεχνολογικές συσκευές, όπως τα μικροσκόπια, είναι πολύτιμες για την επέκταση των παρατηρήσεών μας και τη δοκιμή ορισμένων υποθέσεων.

Η επιστήμη της βιολογίας εστιάζεται στα προβλήματα και στις ερωτήσεις που σχετίζονται προς τον έμβιο κόσμο. Αυτό το πεδίο της μελέτης είναι τεράστιο και προσφέρει στον καθένα τις ευκαιρίες να απασχοληθεί με ένα οποιοδήποτε τρόπο με τα έμβια όντα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Γιατί είναι δύσκολο να περιγραφεί η δημιουργία μιας υποθέσεως;
2. Γιατί ένας επιστήμονας πρέπει να κάνει προσεκτικές παρατηρήσεις;
3. Σε τι διαφέρει ένα συμπέρασμα από μία παρατήρηση; Δώσε ένα παράδειγμα.
4. Τι είναι ελεγχόμενο πείραμα;
5. Βρες τη διαφορά ανάμεσα στην πειραματική επέμβαση και το μάρτυρα.
6. Ποιο σκοπό εξυπηρετεί μία υπόθεση; Δώσε παραδείγματα.
7. Σε τι διαφέρουν οι εξηγήσεις από τις προβλέψεις;
8. Ποια είναι η διαφορά ανάμεσα σε μία υπόθεση και σε μία θεωρία;
9. Συσχέτισε την παραπομπή «η τύχη βοηθάει το προετοιμασμένο μυαλό» με την περίπτωση του Αλεξάνδρου Φλέμμινγκ.
10. Χρησιμοποίησε μία από τις έρευνες που περιγράφονται στο κεφάλαιο αυτό για να παρουσιάσεις τις ιδέες: παρατήρηση, γεγονότα, μάρτυρας και υπόθεση.

ΑΡΘΡΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΒΑΣΜΑ

Coleman, W., and C. Limoges. *Studies in the History of Biology*, Vol. II. Baltimore, Johns Hopkins, 1978.

Goldstein, M., and I. Goldstein. *How We Know*. New York, Plenum Press, 1978.

Guerlac, H. *Essays and Papers in the History of Modern Science*. Baltimore, Johns Hopkins, 1977.

Klemm, W. R., ed. *Discovery Processes in Modern Biology: People and Processes in Biological Discovery*. Huntington, New York, Krieger, 1976.

Lanham, U. *Origins of Modern Biology*. New York, Columbia University Press, 1971.

Scientific American, September, 1958 (entire issue, entitled "Innovation in Science").

Suppe, F., ed. *The Structure of Scientific Theories*. 2nd ed. Urbana, University of Illinois Press, 1977.

Ziman, J. *The Force of Knowledge: The Scientific Dimension of Society*. New York, Cambridge University Press, 1976.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

1. A. Einstein and I. Infeld, *The Evolution of Physics*. New York, Simon & Schuster, 1952, p. 95.
2. V. C. Wynne-Edwards, "Self-Regulating Systems in Populations of Animals." *Science*, Vol. 147, No. 26, March, 1965.

Απαντήσεις στις ερωτήσεις των εικόνων 1-2, 1-3 και 1-4:

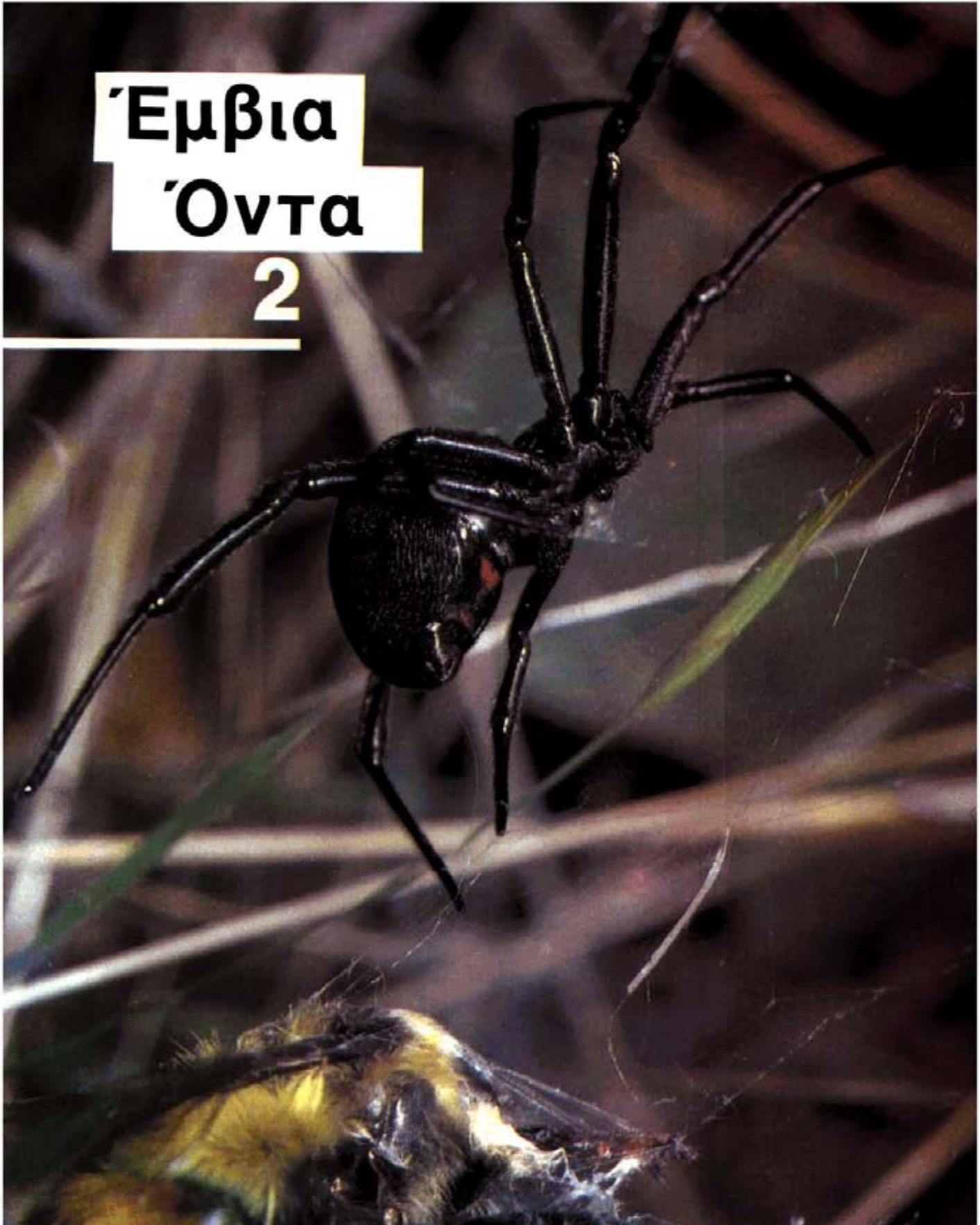
Εικόνα 1-2 *Η φωτογραφία του τζιτζικιού περιέχει τις περισσότερες πληροφορίες που θα έβρισκες εκεί που τραβήχτηκε η φωτογραφία. Μία ερώτηση προέρχεται από το γεγονός ότι το τζιτζίκι φαίνεται υγρό και λαμπερό αντί για σκουρόχρωμο και ξερό όπως τα περισσότερα τζιτζίκια. Η εξήγηση βρίσκεται κάτω από το τζιτζίκι, όπου, αν κοιτάξεις προσεκτικά, μπορείς να δεις πόδια και κεραίες με χρώμα φαιό επιπλέον των πρασίνων ποδιών και κεραιών του τζιτζικιού. Το έντομο είναι ένα νέο ώριμο άτομο, υγρό και με τα νεύρα των πτερύγων γεμάτα υγρά του σώματος. Μόλις έχει αναδυθεί από τη φαιά χρυσαλίδα του.*

Η δεύτερη φωτογραφία δημιουργεί ερωτήσεις, στις οποίες θα μπορούσες να απαντήσεις μόνο αν βρισκόσουν επί τόπου. Τι είναι π.χ. ο άσπρος αφρός στα ποτάμι; Είναι ρύπανση; Ή είναι φυσική κατάσταση; Η όραση, η όσφρηση και η αφή είναι αισθήσεις που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν. Θα χρειασθούν επίσης εργαστηριακοί έλεγχοι.

Εικόνα 1-3 *Ένα πρόβλημα είναι γιατί τα κλαδιά αναπτύσσονται μόνο στη μία πλευρά του δέντρου αυτού ψηλά στο βουνό. Άγριοι χειμερινοί άνεμοι που μεταφέρουν παγοκρυστάλλους έχουν διαβρώσει και νεκρώσει τα προσήνεμα κλαδιά, δίνοντας έτσι στο δένδρο εμφάνιση σημαίας που κυματίζει. Ένα δεύτερο πρόβλημα είνοι πιο δύσκολο να προσδιορισθεί: Τι έχει προκαλέσει τη συγκέντρωση των γυπών; Δεν φαίνεται πουθενά τροφή, αλλά ίσως μπορείς να πρασφέρεις μία σχετική υπόθεση. Ένα τρίτο πρόβλημα είναι πώς ο θράχας βρέθηκε ανάμεσα στις ρίζες του δένδρου. Μπορεί να ενδιαφέρεσαι να προτείνεις μία υπόθεση.*

Εικόνα 1-4 *Η φωτογραφία προτείνει πολλές εξηγήσεις, αλλά μόνο ένα γεγονός υπάρχει. Η εναέρια φωτογραφία είναι από την περιοχή του Δέλτα του παταμού Κολοράντο. Το σύμπλεγμα που φαίνεται αφείλεται στα υδότινο ρεύματα που διασχίζουν τις αποθέσεις του ποτάμιου δέλτα.*

Έμβια Όντα 2



Δηλητηριώδης μαύρη αράχνη κλώθει μία ίνα από το δίχτυ της κοντά σε μία αγριομέλισσα, που έχει συλλάβει για τροφή.

Ο αριθμός των ειδών των εμβίων όντων με τα οποία μοιραζόμαστε τη γη είναι απίστευτα μεγάλος. Ακόμη και κάτω από τις πιο ακραίες συνθήκες τόσο στην ξηρά όσο και στα γλυκά ή αλμυρά νερά υπάρχει κάποια μορφή ζωής. Όλα τα έμβια όντα, για να διατηρηθούν ζωντανά, χρειάζονται κάποια πηγή ενέργειας ή τροφής. Ορισμένοι ζωντανοί οργανισμοί, και συγκεκριμένα τα φυτά, μπορούν να παράγουν την τροφή τους μέσα στα κύτταρά τους. Οι άνθρωποι και τα ζώα δεν μπορούν να κάνουν το ίδιο. Τα ζώα επιβιώνουν τρώγοντας φυτά ή άλλα ζώα. Αυτή η ανάγκη για τροφή δημιουργεί ένα διαρκή αγώνα για ενέργεια μεταξύ των εμβίων όντων. Ο αγώνας αυτός δημιουργεί με τη σειρά του αλληλοεπιδράσεις, οι οποίες έχουν επιπτώσεις σε κάθε έμβιο ον πάνω στη γη. Τόσο ο πληθυσμός όσο και ο τρόπος ζωής κάθε είδους οργανισμού βρίσκεται σε ισορροπία με τα άλλα είδη.

Ποικιλία εμβίων όντων

2-1
Σχετικά με την κατάταξη των εμβίων όντων

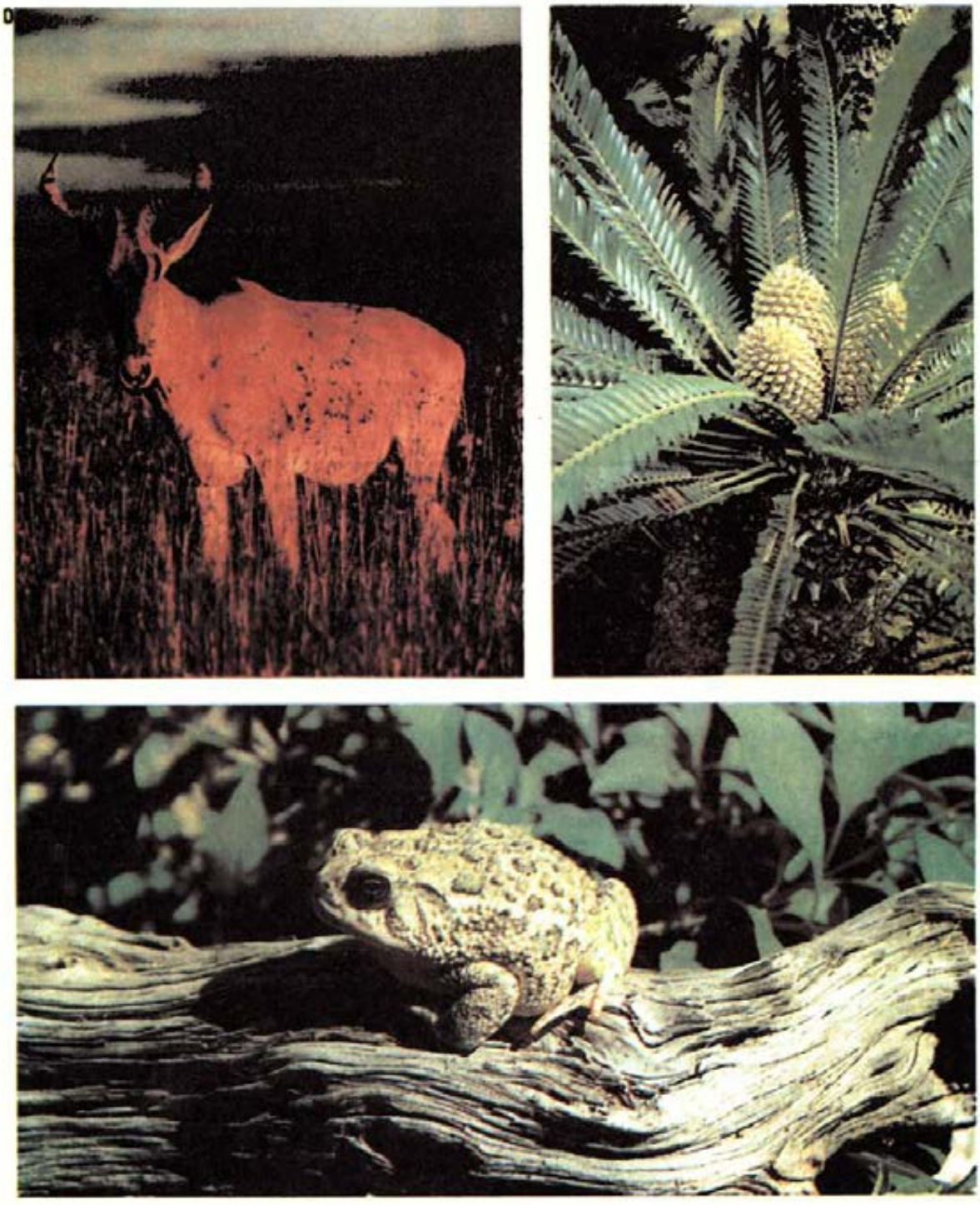
Οι βιολόγοι υπολογίζουν ότι υπάρχουν σήμερα περίπου δύο εκατομμύρια είδη ζωντανών οργανισμών στον πλανήτη γη. Νέα επιπλέον είδη, ιδίως από τους μικρότερους οργανισμούς, ανακαλύπτονται ακόμη. Υπάρχει τόσο μεγάλη ποικιλία, ώστε μόνο με ένα μικρό μέρος της είσαι πιθανόν εξοικειωμένος (βλ. εικόνα 2-1).

Υπάρχει ένας τόσο υπερβολικά μεγάλος αριθμός ειδών οργανισμών, ώστε να μην είναι δυνατόν να τα αντιληφθείς αμέσως όλα. Για να μπορέσεις να προχωρήσεις μέσα στη θαυμαστή ποικιλία, που υπάρχει στη ζωή, πρέπει να βρεις κάποιο τρόπο να ομαδοποιήσεις τους οργανισμούς με βάση τις ομοιότητές τους, αλλά συγχρόνως να διακρίνεις τον ένα από τον άλλο από τις διαφορές τους. Η κατάταξη με αυτόν τον τρόπο των όντων σε ομάδες ονομάζεται ταξινόμηση.

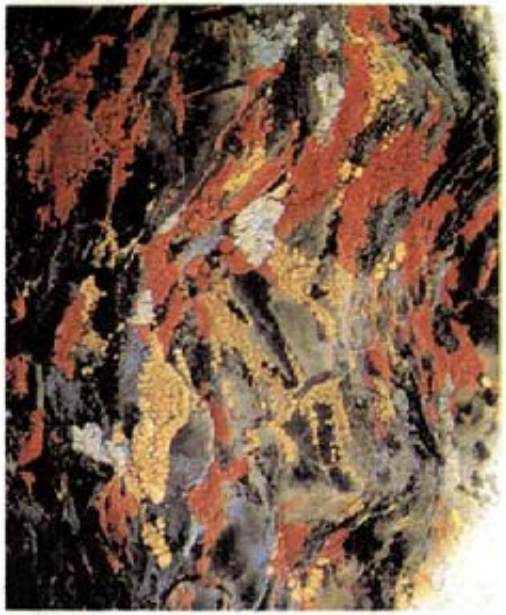
Οι άνθρωποι πάντα ομαδοποιούν όλων των ειδών τα αντικείμενα. Τα συρτάρια του γραφείου, ο κατάλογος του τηλεφώνου, το παντοπωλείο και το σχολείο αποτελούν πολύ καλά παραδείγματα τρόπων ομαδοποιήσεων στην καθημερινή ζωή. Αν συλλέγεις γραμματόσημα, μπορείς να τα κατατάσσεις κατά χώρες. Άλλοι συλλέκτες γραμματοσήμων τα ομαδοποιούν κατά θέματα, όπως περίφημα κτίρια ή ζώα. Και τα δύο αυτά συστήματα ταξινομήσεως γραμματοσήμων βασίζονται αποκλειστικά στην παρατήρηση.

Υπόθεσε ότι σου παραδίνουν ένα κιβώτιο με πετρώματα και σου ζητούν να τα κατατάξεις. Μπορείς να ξεχωρίσεις τα πετρώματα κατά χρώμα. Μπορείς να χρησιμοποιήσεις το βάρος ως βάση της ομαδοποιήσεως ή ακόμη μπορείς να ομαδοποιήσεις τα πετρώματα χαράσσοντας κάθε ένα με ένα ατσάλινο εργαλείο ώστε να συγκρίνεις τη σκληρότητά τους. Κάθε μία από τις μεθόδους αυτές για την ταξινόμηση των πετρωμάτων βασίζεται στην παρατήρηση. Ταξινομήσεις που βασίζονται μόνο στην παρατήρηση και το πείραμα ονομάζονται παρατηρησιακές ταξινομήσεις.

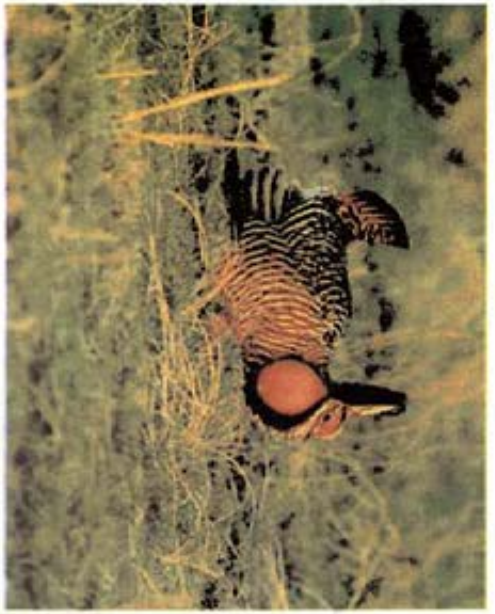
Οι γεωλόγοι – επιστήμονες που μελετούν την ιστορία και τη δομή της γης – θα προχωρούσαν μάλλον πιο πέρα από αυτές τις μεθόδους αν είχαν το ίδιο κιβώτιο με τα πετρώματα. Οι γεωλόγοι θα βάσιζαν τη δική τους ταξινόμηση για τα πετρώματα όχι μόνο σε ό,τι θα παρατηρούσαν, αλλά επίσης στις υποθέσεις τους σχετικά με τον τρόπο δημιουργίας των πετρωμάτων. Θα μπορούσε κανείς, για παράδειγμα, να υποθέσει, με βάση τις παρατηρήσεις, ότι ορισμένα από τα πετρώματα σχηματίστηκαν με την επίδραση της θερμότητας και της πιέσεως μέσα σε ηφαίστεια. Αυτά τα πετρώματα θα τα έβαζαν σε ξεχωριστή κατηγορία. Καθώς οι γεωλόγοι δεν θα μπορούσαν να είχαν παρατηρήσει τον τρόπο, με τον οποίο δημιουργήθηκαν τα πετρώματα, θα



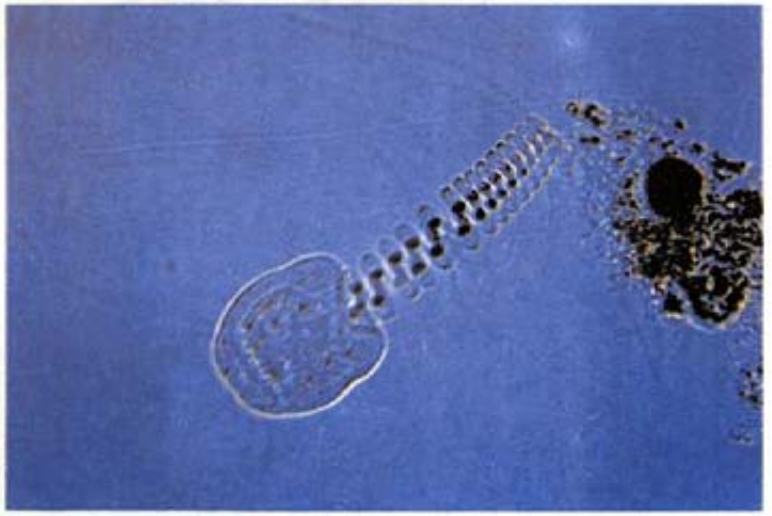
Εικόνα 2-1 *Πόσους από αυτούς τους οργανισμούς μπορείς να προσδιορίσεις; Όλοι εκτός από δύο είναι γηγενείς των Η.Π.Α.* *(βλ. σελίδα 36).*











Προσφορά από την Carolina Biological Supply Company

χρησιμοποιούσαν μία υπόθεση για την εξακρίβωση συσχετισμών προκειμένου να γίνει η ταξινόμηση. Δηλαδή οι γεωλόγοι θα χρησιμοποιούσαν μία θεωρητική ταξινόμηση αντί για μία παρατηρησιακή.

Τα έμβια όντα περιλαμβάνουν και μικροσκοπικά που ζουν στο έδαφος και το νερό, φυτά, ζώα και οργανισμούς (μικροσκοπικούς και μεγαλύτερους από μικροσκοπικούς), που έχουν μερικά χαρακτηριστικά φυτών και μερικά χαρακτηριστικά ζώων. Η τεράστια αυτή ποικιλία εκτείνεται στα βάθη των ωκεανών (εικόνα 2-2), στις εκτάσεις της ξηράς (ακόμη στους πάγους των πόλων είτε πάνω από ξηρά είτε πάνω από νερό) και ακόμη στον αέρα. Όσον αφορά στο μέγεθος, η ζωή ποικίλλει από μικρές μορφές, που δεν μπορείς να τις δεις χωρίς μικροσκόπιο, έως τις φάλαινες και τα γιγάντια δέντρα σεκόια. Όλη αυτή η τεράστια ποικιλία προσφέρει στους βιολόγους πάρα πολλά μυστήρια προς λύση και ίχνη για να ακολουθήσομε.

Από τα παλιά χρόνια οι βιολόγοι έχουν χρησιμοποιήσει την παρατήρηση για να ταξινομήσουν τα έμβια όντα. Σήμερα το μεγαλύτερο μέρος της βιολογικής ταξινομήσεως είναι παρατηρησιακό, αν και οι βιολόγοι έχουν προσπαθήσει να προχωρήσουν πιο πέρα από την ταξινόμηση που βασίζεται αποκλειστικά στην παρατήρηση. Σύγχρονες μέθοδοι χρησιμοποιούν υποθέσεις για να διερευνήσουν συγγένειες μεταξύ των εμβίων όντων.

2-2
Παλαιά συστήματα ταξινομήσεως

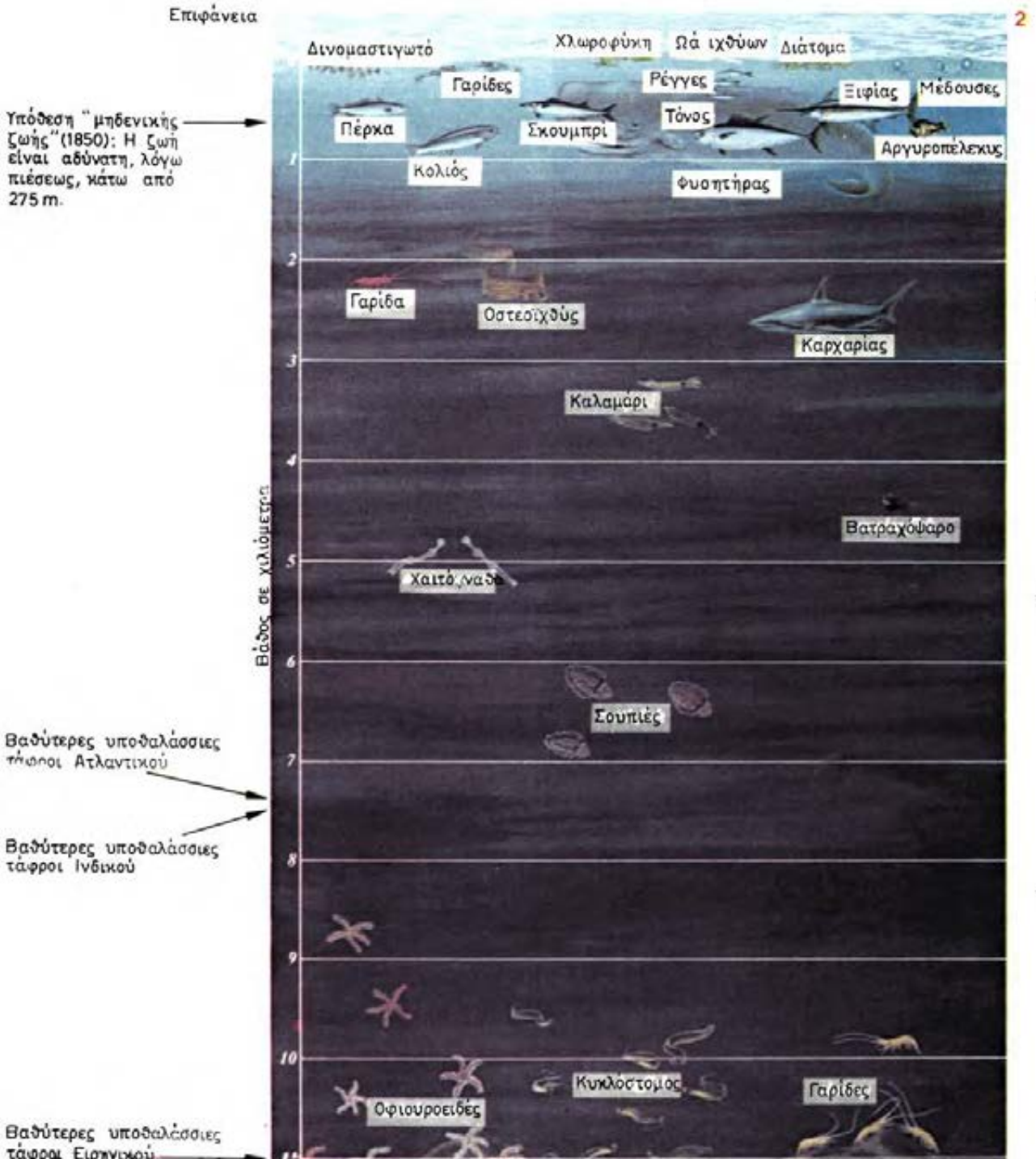
Ο Έλληνας φιλόσοφος και βιολόγος Αριστοτέλης, που έζησε το 350 π.Χ. περίπου, γνώριζε μόνο λίγες εκατοντάδες ζώα και φυτά. Κι όμως, ακόμη και ο Αριστοτέλης αντιμετώπιζε τα ίδια προβλήματα με την ταξινόμηση που αντιμετωπίζει ένας βιολόγος σήμερα. Τι είναι προτιμότερο, να τονίσει κανείς τα κοινά χαρακτηριστικά μιας ομάδας ή να ασχοληθεί ξεχωριστά με κάθε είδος ζώου ή φυτού;

Ο Αριστοτέλης προσπάθησε να ταξινομήσει το μικρό αριθμό των ειδών των φυτών και των ζώων που ήσαν γνωστά. Το σύστημά του ταξινομούσε τα φυτά ως πόες, θάμνους ή δέντρα. Τα ζώα εξάλλου ομαδοποιήθηκαν αναλόγως του πού ζούσαν: νερό, ξηρά, αέρας. Ένας άλλος φιλόσοφος ταξινόμησε τα ζώα σε ωφέλιμα, βλαβερά και μη αναγκαία. Πολλά άλλα συστήματα χρησιμοποιήθηκαν από άλλους σπουδαστές της φύσεως, αλλά κάθε σύστημα βασιζόταν στην παρατήρηση μόνο.

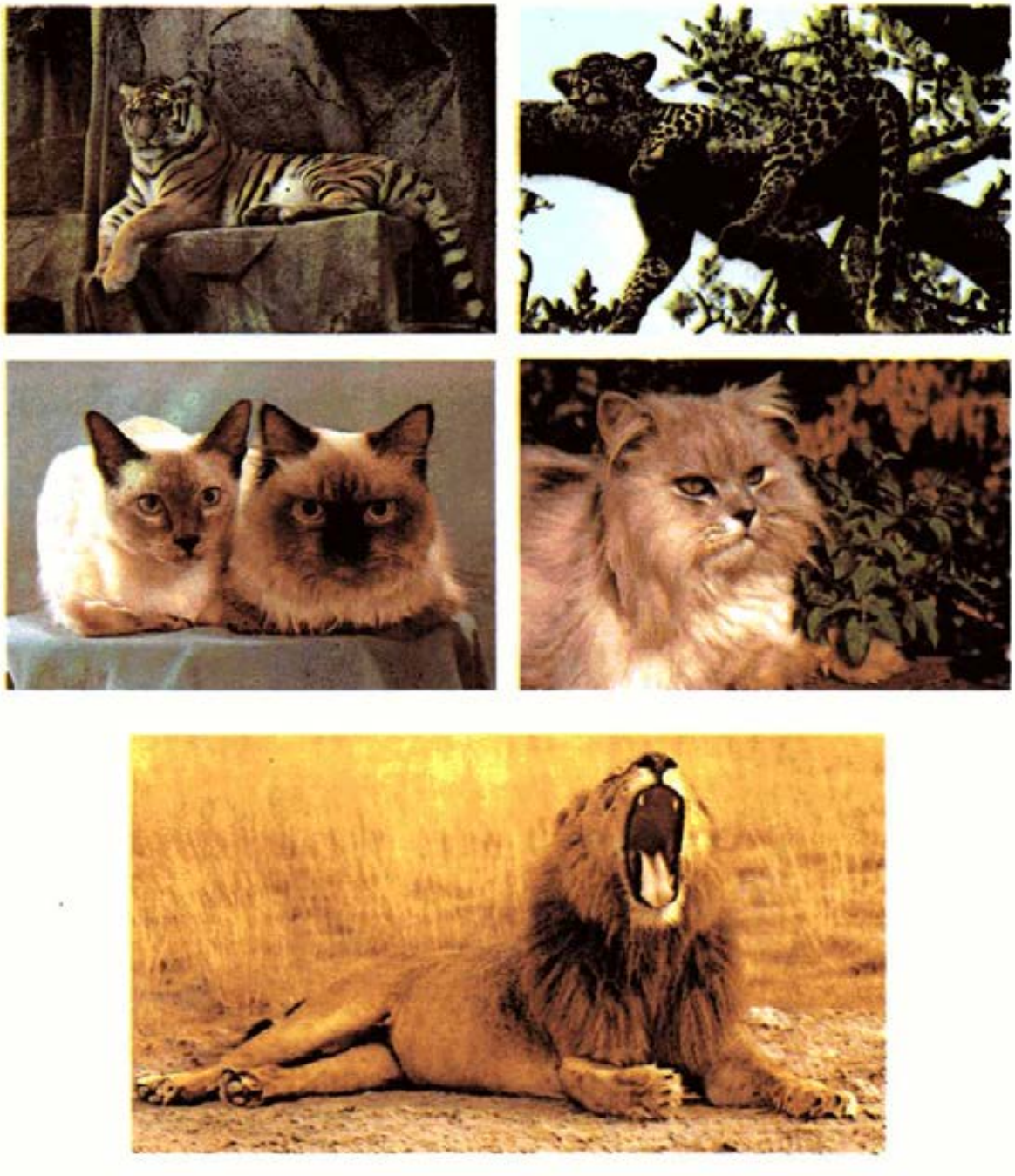
Ο Σουηδός φυσιοδίφης Κάρολος φον Λιννέ, συνήθως γνωστός ως Λινναίος, διαισθάνθηκε ότι ο κύριος σκοπός της επιστήμης είναι να αποκαλύψει την τάξη που υπάρχει στη φύση. Κάθε οργανισμός φαινόταν ότι είχε τη δική του θέση μέσα στο σχέδιο της ζωής. Ο Λινναίος φιλοδοξούσε να ταξινομήσει κάθε είδος σύμφωνα με τη θέση που του αρμόζει μέσα σ' αυτό το σχέδιο. Ο Λινναίος πέρασε όλη του τη ζωή κάνοντας αλλαγές και προσθήκες στο σύστημα ταξινομήσεως. Τις βάσεις του συστήματος που χρησιμοποιούμε σήμερα μπορεί να τις βρει κανείς στην εργασία του Λινναίου Systema Naturae (10η έκδοση, 1758).

Το σύστημα ταξινομήσεως του Λινναίου βασιζότανε σε μία ιδέα σχετικά με τη φύση των εμβίων όντων. Η υπόθεση περιελάμβανε δύο αποδοχές: (1) Ότι κάθε είδος έχει ένα ιδανικό τύπο, ένα είδος πρότυπου δείγματος, προς το οποίο κάθε οργανισμός μπορεί να συγκριθεί και (2) ότι ο αριθμός και η ποικιλία των ειδών είναι σταθερά και δεν μεταβάλλονται. Η μέθοδος του Λινναίου ήταν να ομαδοποιεί κάθε οργανισμό μαζί με τον ιδανικό τύπο στον οποίο μοιάζει πιο πολύ. Το γεγονός ότι οι οργανισμοί συχνά διαφέρουν και μοιάζουν εξίσου με το πρότυπο δεν προσπάθησε να το λύσει ο Λινναίος. Παρά το ότι το σύστημα ταξινομήσεως φαινόταν ότι ήταν το καλύτερο από οποιοδήποτε προηγούμενο, δεν εξηγούσε ικανοποιητικά τη μεγάλη ποικιλότητα μεταξύ των οργανισμών κάθε είδους.

Στο σύστημα του Λινναίου κάθε ομάδα παρομοίων ειδών συμπεριλαμβανόταν σε μία μεγαλύτερη κατηγορία, που ονομαζόταν ***γένος.*** Ένα λατινικό όνομα δινόταν σε κάθε γένος και είδος, έτσι ώστε το ίδιο όνομα θα μπορούσε να χρησιμοποιείται και να αναγνωρίζεται σε όλον τον κόσμο. Αρκετά από αυτά τα ονόματα χρησιμοποιούνται ακόμη. Για παράδειγμα, ο Λινναίος έδωσε το όνομα *Κύων ο κατοικίδιος* στο σκύλο και *Κύων ο λύκος* στο λύκο. *Κύων* είναι το όνομα της μεγαλύτερης κατηγορίας, του γένους. *Κύων ο*



Εικόνα 2-2 *Δείγματα ωκεάνειας ζωής από την επιφάνεια ως τον πυθμένα. Το βάθος δίνεται σε χιλιόμετρα (βλ. παράρτημα 1-Α σελίδα 683 για πληροφορίες για το μετρικό σύστημα).*



Εικόνα 2-3 *Παρά τη μεγάλη ποικιλία που υπάρχει στην οικογένεια των αιλουρίδων, όλοι οι αντιπρόσωποί της έχουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά. Πόσα άλλα είδη αιλουρίδων εκτός από αυτό γνωρίζεις; Ποια είναι κατοικίδια; Ποια είναι άγρια;*

	αμοιβάδα	λευκή δρυς	σκύλος	λύκος	άνθρωπος
ΒΑΣΙΛΕΙΟ	Πρώτιστα	Φυτά	Ζώα	Ζώα	Ζώα
ΦΥΛΟ	Σαρκοδίνια	Τραχειόφυτα	Χορδωτά	Χορδωτά	Χορδωτά
ΟΜΟΤΑΞΙΑ	Λωβώδη	Αγγειόσπερμα	Θηλαστικά	Θηλαστικά	Θηλαστικά
ΤΑΞΗ	Αμοιβαδώδη	Φηγώδη	Σαρκοφάγα	Σαρκοφάγα	Πρωτεύοντα
ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ	Αμοιβαδίδες	Φηγίδες	Κυνίδες	Κυνίδες	Ανθρωπίδες
ΓΕΝΟΣ	*Αμοιβάς*	*Δρυς*	*Κύων*	*Κύων*	*Άνθρωπος*
ΕΙΔΟΣ	*Α. Πρωτεύς*	*Δ. λευκή*	*Κ. κατοικίδιος*	*Κ. λύκος*	*Α. έμφρων*

Πίνακας 2-1 Η ταξινόμηση πέντε διαφορετικών οργανισμών.

κατοικίδιος και *Κύων ο λύκος* είναι και τα δύο ονόματα ειδών. Ο Λινναίος τοποθέτησε παρόμοια είδη όπως το σκύλο και το λύκο στο ίδιος γένος. Κατά τον ίδιο τρόπο *Αίλουρος ο λέων*, το λιοντάρι, και *Αίλουρος ο κατοικίδιος*, η γάτα, ανήκουν στο ίδιο γένος. Η εικόνα 2-3 δείχνει τη μεγάλη έκταση ποικιλότητας που υπάρχει στην οικογένεια των *Αιλουρίδων*.

Από την εποχή του Λινναίου πολλοί βιολόγοι έχουν μελετήσει τους οργανισμούς σε μία προσπάθεια να βρουν ένα πιο ακριβές σύστημα ομαδοποιήσεως. Η ομοιότητα της δομής έχει παραμείνει ως η κύρια βάση της ταξινομήσεως.

Μερικοί επιστήμονες προτιμούν την ομαδοποίηση και προσπαθούν να κατατάξουν όλους τους οργανισμούς σε λίγες μεγάλες κατηγορίες, ενώ σε άλλους επιστήμονες αρέσει η κατάτμηση. Οι τελευταίοι προσπαθούν να χρησιμοποιούν πολλές μικρές ομάδες. Παρόλες αυτές τις διαφορές οι επιστήμονες χρησιμοποιούν σήμερα τις βασικές κατηγορίες του συστήματος ταξινομήσεως του Λινναίου.

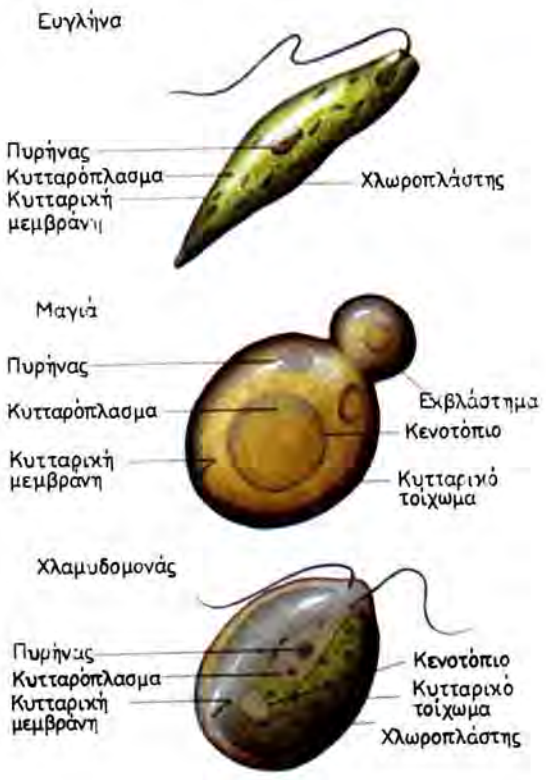
Η λέξη είδος χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει ζώα ή φυτά, τα οποία είναι τόσο όμοια μεταξύ τους, ώστε να μπορούν να ζευγαρώνουν και να αποκτούν γόνιμους απογόνους. Έτσι όλοι οι άνθρωποι ανήκουν σε ένα είδος, το *Άνθρωπος ο έμφρων*. Όλες οι κατοικίδιες γάτες σχηματίζουν ένα είδος, το *Αίλουρος ο κατοικίδιος*, αν και διαφέρουν πολύ όσον αφορά στο μέγεθος, το χρώμα και το σχήμα. Όλες οι διαφορετικές ποικιλίες των ρόδων ανήκουν σε ένα είδος.

Σήμερα, όπως και στα χρόνια του Λινναίου, παρόμοια είδη τοποθετούνται μαζί σε μία μεγαλύτερη ομάδα, που ονομάζεται γένος. Έτσι τα είδη του λύκου και τα είδη του σκύλου τοποθετούνται στο ίδιο γένος, ***κύων***. Όπως και στο σύστημα του Λινναίου, παρόμοια γένη τοποθετούνται σε ακόμη μεγαλύτερες ομάδες κ.ο.κ.

Κοντά στην κορυφή αυτού του συστήματος αλλεπαλλήλων ομάδων υπάρχει μία πολύ μεγάλη ομάδα που ονομάζεται φύλο. Όλα τα ζώα του κόσμου εντάσσονται σε περίπου είκοσι διαφορετικά φύλα. Η ταξινόμηση πέντε διαφορετικών οργανισμών παρέχεται στον πίνακα 2-1.

2-3
Μερικοί οργανισμοί είναι δύσκολο να ταξινομηθούν

Συχνά είναι δύσκολο να τοποθετήσει κανείς ένα δεδομένο οργανισμό σε μία από τις καθιερωμένες κατηγορίες. Ο οργανισμός μπορεί να έχει ορισμένες ιδιότητες μιας σμάδας και ορισμένες ιδιότητες μιας άλλης. Για παράδειγμα, ένας μικροσκοπικός οργανισμός όπως η *Ευγλήνα*, που απεικονίζεται στην εικόνα 2-4, διεκδικείται ως ζώο από τους ζωολόγους (βιολόγοι των ζώων) και ως φυτό από τους βοτανικούς (βιολόγοι των φυτών). Οι ζωολόγοι ισχυρίζονται ότι η *Ευγλήνα* κινείται γρήγορα, όπως ένα ζώο, αλλά οι βοτανικοί τονίζουν ότι η *Ευγλήνα* εμφανίζει ιδιότητες φυτών ως προς την παραγωγή της τροφής. Εάν η *Ευγλήνα* ήταν το μόνο πρόβλημα, οι βιολόγοι θα μπορούσαν να το αγνοήσουν σαν μία ιδιομορφία. Αλλά υπάρχουν και άλλα. Τα βακτήρια, τα πρωτόγονα και ορισμένοι απλοί οργανισμοί, που μοιάζουν με φυτά, θεωρούνται από μερικούς βιολόγους ως ιδιόμορφοι οργανισμοί – ούτε φυτά ούτε ζώα.



Εικόνα 2-4 *Τρία κοινά πρώτιστα.*

Με την πάροδο του χρόνου έχουν προταθεί διάφοροι τρόποι για την υποδιαίρεση του έμβιου κόσμου. Ορισμένοι εμφανίζονται στην εικόνα 2-5. Το πρόβλημα της ομάδας «ούτε φυτά - ούτε ζώα» έχει μερικώς λυθεί με τη συγκρότηση βασιλείων επιπλέον εκείνων των φυτών και των ζώων. Τα βακτήρια και ορισμένοι οργανισμοί, που μοιάζουν με φυτά, συχνά τοποθετούνται σε μία ομάδα που ονομάζεται μονήρη. Πρωτόζωα, όπως η αμοιβάδα, τοποθετούνται σε μία άλλη ομάδα που ονομάζεται πρώτιστα. Τα σχήματα στις σελίδες 36 έως 45 δείχνουν τη μεγάλη ποικιλία των οργανισμών, που περιλαμβάνονται στις ομάδες των μονήρων, των πρωτίστων, των φυτών και των ζώων.

Παρά την ποικιλία αυτά τα μέλη κάθε ομάδας έχουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά. Τρία πρώτιστα εμφανίζονται στην εικόνα 2-4. Μπορείς να πεις ποια χαρακτηριστικά είναι κοινά και στα τρία αυτά πρώτιστα;

Μπορείς να σημειώσεις, για παράδειγμα, ότι κάθε οργανισμός περιέχει ένα υλικό που ονομάζεται κυτταρόπλασμα. Το κυτταρόπλασμα περιβάλλεται από ένα λεπτό περίβλημα που ονομάζεται κυτταρική μεμβράνη. Θα πρέπει να σημειώσεις επίσης ότι μέσα σε κάθε κύτταρο υπάρχει ένα μικρό σωματίδιο, που ονομάζεται πυρήνας. Το κυτταρόπλασμα, η μεμβράνη και η περιοχή του πυρήνα είναι τα τρία βασικά μέρη του κυττάρου. Το κύτταρο θεωρείται ως η βασική μονάδα των εμβίων όντων.

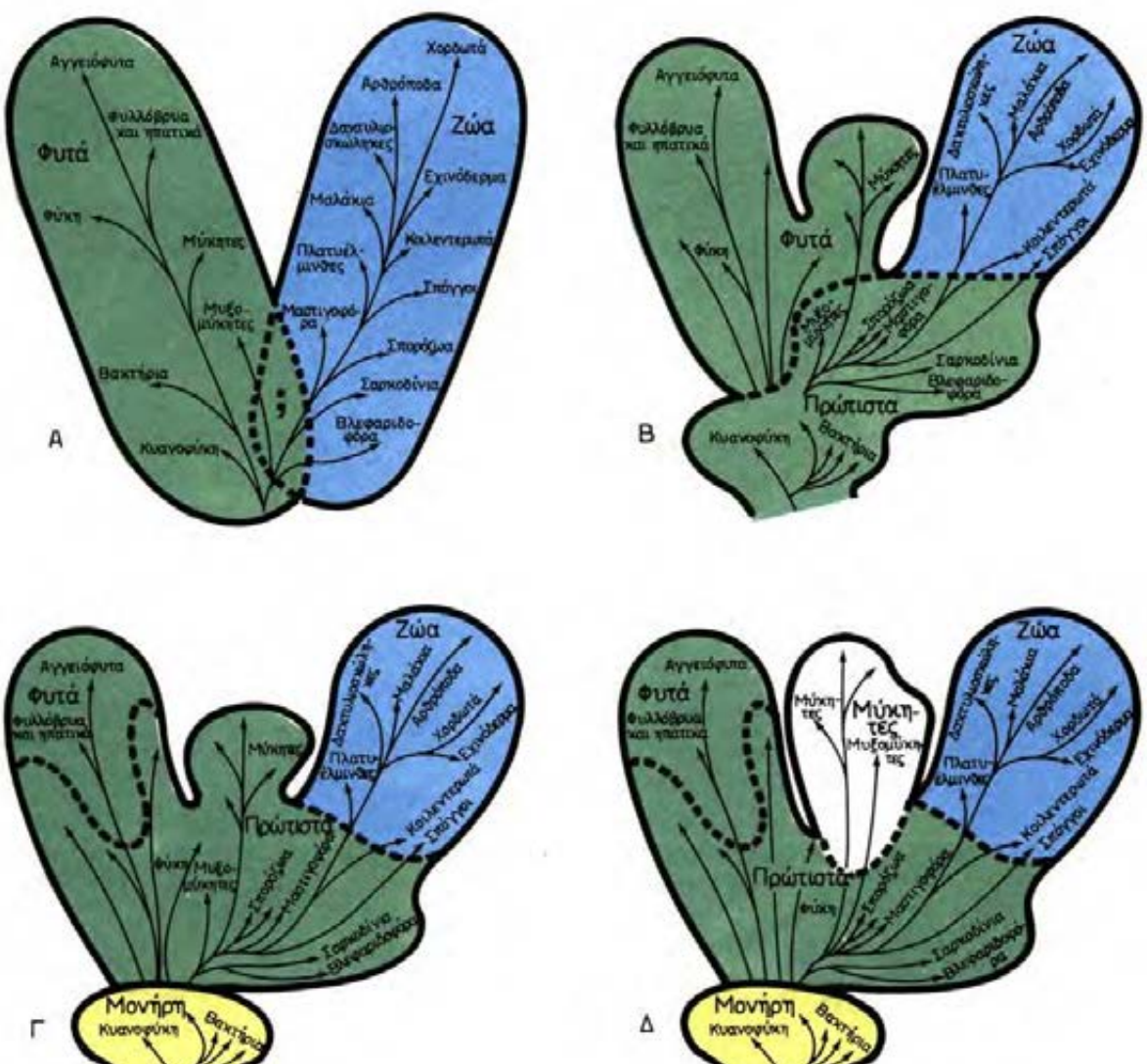
Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 2-Α. Δομή κυττάρου, σελίδα 576.

Ορισμένοι οργανισμοί, όπως τα τρία πρώτιστα στην εικόνα 2-4, αποτελούνται μόνο από ένα κύτταρο. Αυτοί ονομάζονται μονοκύτταροι οργανισμοί. Περίπου τα μισά από τα φύλα που περιλαμβάνονται στην ομάδα των πρωτίστων είναι μονοκύτταρα. Τα μονήρη εξάλλου περιέχουν μία εξαιρετικά ιδιαίτερη ομάδα μονοκυττάρων οργανισμών, οι οποίοι δεν έχουν πυρήνα. Όταν θα μελετήσεις τα πρώτα στάδια της εξελίξεως της ζωής, τότε θα φανεί η εξαιρετική σημασία των μονήρων.

Τα πρώτιστα, αν και δείχνουν να έχουν μεγάλη ποικιλία, περιέχουν όλα την ίδια βασική κυτταρική δομή. Η ίδια δομή ανευρίσκεται επίσης σε κάθε ένα κοινό κυτταρικό πρότυπο. Η εικόνα 2-6 δείχνει τις ομοιότητες ανάμεσα σε ένα μονοκύττατο πρώτιστο, ένα κύτταρο φυτού, και ένα κύτταρο ζώου. Μία από τις μεγάλες επιτυχίες της βιολογίας είναι ο συνεπής συσχετισμός του βασικού κυτταρικού προτύπου και της ποικιλίας των μορφών που εμφανίζονται στον έμβιο κόσμο.

2-4
Υπάρχει μεγάλη ποικιλία στα πρώτιστα και τα μονήρη

Τα πρώτιστα και τα μονήρη από μία άποψη είναι ομάδες απλών οργανισμών. Συγχρόνως όμως είναι και πολυσύνθετα. Έχουν σχετικά απλή κατασκευή, αλλά μπορούν να πραγματώνουν σύνθετες δραστηριότητες. Η *Ευγλήνα* πραγματώνει τις περισσότερες από τις σύνθετες δραστηριότητες που εμφανίζονται σε πολλά ανώτερα ζώα και φυτά. Η *Ευγλήνα* προσλαμβάνει υλικά, τα μετατρέπει σε τροφή και καταβολίζει την τροφή για να αποκτήσει ενέργεια. Κινείται, αντιδρά, αναπαράγεται. Τα βακτήρια πραγματώνουν επίσης όλες ή τις



Εικόνα 2-5 *Διάφορα συστήματα ταξινομήσεως του έμβιου κόσμου. (Α) Σύστημα δυο βασιλείων· το αρχαιότερο από όσα έχουν προταθεί. (Β) Σύστημα τριών βασιλείων· παρουσιάστηκε το δέκατο ένατο αιώνα. (Γ) Σύστημα τεσσάρων βασιλείων. (Δ) σύστημα πέντε βασιλείων που προτάθηκε στη δεκαετία του 1960-1970. Ένα σύστημα έξι βασιλείων έχει πρόσφατα προταθεί.*

περισσότερες από αυτές τις δραστηριότητες. Θα τις διερευνήσεις σε επόμενα κεφάλαια.

Τα βακτήρια αποτελούν ανάμεσα στα μονήρη μία αρκετά ξεχωριστή ομάδα, γιατί δεν έχουν πολλές από τις ορατές δομές στο κυτταρόπλασμά τους. Η ομάδα των μονήρων περιλαμβάνει τα βακτήρια και τα κυανοφύκη. Η περιληπτική ταξινόμηση των οργανισμών, που αρχίζει στη σελίδα 36 ομαδοποιεί τα έμβια όντα σε τέσσερα μεγάλα βασίλεια: μονήρη, πρώτιστα, ζώα, φυτά. Οι αιτίες για την επιλογή τεσσάρων ομάδων θα γίνουν περισσότερο εμφανείς καθώς θα μελετάς τα επόμενα κεφάλαια. Εάν ήμαστε συγκεντρωτικοί, θα μπορούσαμε να παραμείνομε σε δύο ομάδες: Ζώα και φυτά. Κάτι τέτοιο όμως δεν λύνει όλα τα προβλήματα. Κανένα σύστημα, όπως σύντομα θα δεις, δεν είναι τέλειο, αλλά οι τέσσερις ομάδες είναι πολύ καλύτερες από τις δύο. Η προσθήκη μιας πέμπτης ομάδας είναι προαιρετική κατά τη διάρκεια της μελέτης αυτού του βιβλίου.

Τα βακτήρια, κάτω από το μικροσκόπιο, εμφανίζονται συνήθως σαν σφαίρες, ευθύ-



Εικόνα 2-6 *Τα κύτταρα των πρωτίστων έχουν κοινά χαρακτηριστικά με τα κύτταρα ανωτέρων φυτών και ζώων.*

γραμμα ή καμπυλόγραμμα ραβδιά, όπως φαίνεται στην εικόνα 2-7. Ένα μεσαίου μεγέθους βακτηριακό κύτταρο έχει μήκος περίπου 5 μικρομέτρων. Δηλαδή μία αλυσίδα 50 βακτηριακών κυττάρων θα είχε μήκος που μόλις θα έφθανε το μήκος της διαμέτρου της τελείας στο τέλος αυτής της παραγράφου. Τα μεγέθη διαφόρων κυττάρων και άλλων συστημάτων, συγκρίνονται στην εικόνα 2-8. Σημείωσε πώς συγκρίνεται το μέγεθος του βακτηρίου προς το μέγεθος της αμοιβάδας και του ιού της πολιομυελίτιδας.

Αν δεν έχεις δοκιμάσει να κάνεις το πείραμα 1-Δ στη σελίδα 574 τώρα είναι η κατάλληλη ώρα να το κάνεις.

Αν και τα βακτήρια υπάρχουν σε ποικιλία σχημάτων και μεγεθών, ποικίλλουν ακόμη περισσότερο ως προς το τι κάνουν, τι είδους τροφή καταναλώνουν και ως προς τον τρόπο που την προσλαμβάνουν. Είδατε ότι μπορούν



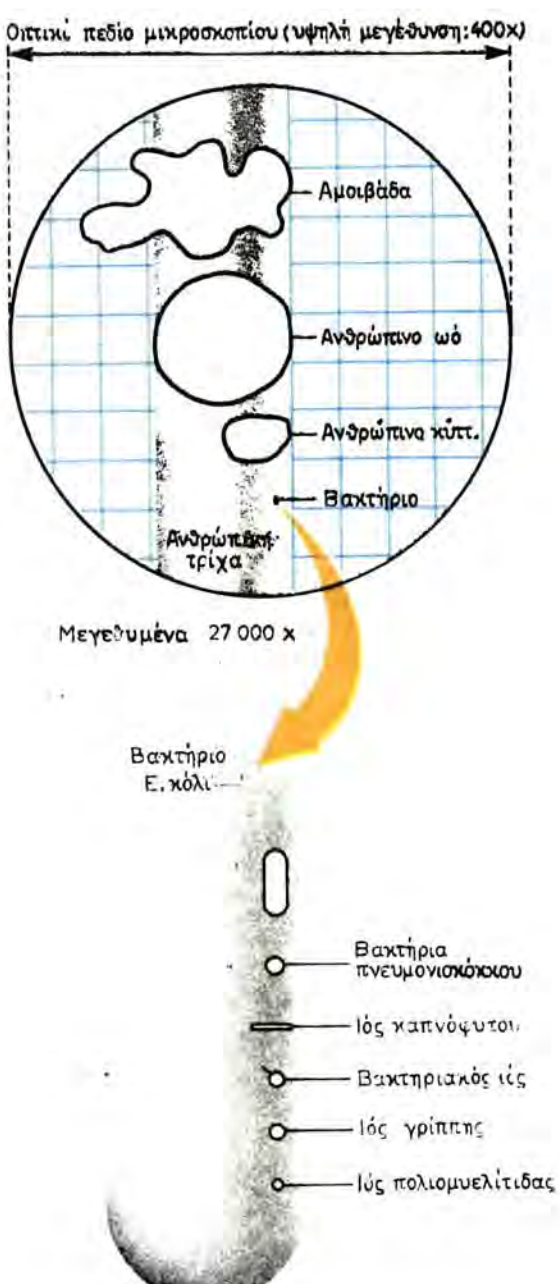
Εικόνα 2-7 *Τα τρία γενικά σχήματα βακτηριακών κυττάρων. Αριστερά: σφαιρικά, ονομαζόμενα κόκκοι. Κέντρο: βακτηριόμορφα, ονομαζόμενα βάκιλλοι. Δεξιά: σπειρόμορφα, ονομαζόμενα σπειρίλια.*

να χρησιμοποιηθούν διάφορες μέθοδοι για την ταξινόμηση μιας οποιασδήποτε συλλογής πραγμάτων. Τα βακτήρια μπορούν να ταξινομηθούν ως σφαίρες, ευθύγραμμα ή καμπυλόγραμμα ραβδιά αναλόγως του σχήματός τους. Είναι επίσης δυνατόν τα βακτήρια να περιγραφούν ως αερόβια, που χρησιμοποιούν αέρα, και ως αναερόβια, που δεν χρησιμοποιούν αέρα. Μερικά από τα βακτήρια που δεν χρησιμοποιούν αέρα δηλητηριάζονται από αυτόν. Άλλα βακτήρια μπορούν να ζουν είτε στον αέρα, είτε χωρίς αέρα. Κατά τον τρόπο αυτό τα βακτήρια σχηματίζουν τρεις κύριες κατηγορίες. Αυτά που πρέπει να έχουν αέρα για να ζήσουν, αυτά που μπορούν να ζήσουν με αέρα ή χωρίς αέρα και αυτά που δεν μπορούν να ζήσουν στον αέρα. Γρήγορα θα δεις ότι η ποικιλομορφία στο σημείο αυτό συνδέεται με προβλήματα που αφορούν στην καταγωγή της ζωής.

Τα βακτήρια έχουν μελετηθεί προσεκτικά, γιατί μερικά από αυτά είναι οι μεγάλοι πρόξενοι ασθενειών. Οι φοβεροί λοιμοί του Μεσαίωνα, που εξόντωσαν το μισό περίπου πληθυσμό της Ευρώπης, είχαν ως αιτία ορισμένα βακτήρια.

Η ομάδα των πρωτίστων περιλαμβάνει τα πρωτόζωα και ορισμένα φύκη που έχουν πυρήνα στο κυτταρόπλασμά τους. Τα πρώτιστα φαίνεται ότι μοιάζουν περισσότερο από τα μονήρη προς τα ζωικά και φυτικά κύτταρα. Τα πρωτόζωα περιλαμβάνουν επίσης πολλά, που είναι μεγάλοι πρόξενοι ασθενειών. Η ελονοσία μεταφέρεται από τα κουνούπια, αλλά αιτία της είναι ένα πρωτόζωο που εισβάλει στα κύτταρα του αίματος του ανθρώπου.

Κάθε σύστημα για την ταξινόμηση των εμβίων όντων δημιουργεί προβλήματα. Ακόμη και σήμερα υπάρχουν μεταξύ των βιολόγων διαφωνίες ως προς την ταξινόμηση ορισμένων οργανισμών. Πάντως ορισμένες από τις δυσκολίες που βρήκε ο Λινναίος όταν ταξινομούσε τα έμβια όντα, μπορούν τουλάχιστον να γίνουν κατανοητές εάν γίνει μία νέα αποδοχή, συγκεκριμένα, εάν αποδεχθούμε ότι τα έμβια όντα αλλάζουν κατά τη διάρκεια μεγάλων χρονικών περιόδων. Γι' αυτό, ιδανικοί τύποι, όπως τους συνέλαβε ο Λινναίος, δεν είναι ο κανόνας. Αντιθέτως κανόνας είναι η διαρκώς αυξανόμενη ποικιλότητα.



Εικόνα 2-8 *Σύγκρινε το μέγεθος του βακτηρίου Ε. κόλι με τα μεγέθη των άλλων κυττάρων και των άλλων πραγμάτων που απεικονίζονται. Μία τελεία μέσα στην Αμοιβάδα θα αντιπροσώπευε υπό κλίμακα ένα ιό;*

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Υπάρχουν περίπου δύο εκατομμύρια είδη οργανισμών πάνω στη γη. Για τη μελέτη της μεγάλης αυτής ποικιλομορφίας της ζωής είναι απαραίτηση μία μέθοδος ταξινομήσεως. Μέχρι και 300 χρόνια πριν ταξινομούσαν τους ζωντανούς οργανισμούς με βάση την παρατήρηση. Η ταξινόμηση των οργανισμών γινόταν με βάση τις διάφορες ομοιότητες. Η εργασία του Λινναίου προσέφερε ένα σύστημα ταξινομήσεως που βασιζόταν στην ομοιότητα της δομής. Αυτό το σύστημα θεμελιώθηκε στην αποδοχή ότι τα είδη ήταν σταθερά και δεν μεταβάλλονταν. Γι' αυτό η ταξινόμηση άρχισε α χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό παρατηρήσεως και υποθέσεως. Το σύστημα του Λινναίου οδήγησε σε ορισμένες δυσκολίες, καθώς αρκετά δείγματα διέφεραν από τους ιδανικούς τύπους. Η ποικιλότητα μέσα σε κάθε είδος ήταν ο κύριος παράγοντας που οδήγησε στα σημερινά συστήματα ταξινομήσεως τα οποία χρησιμοποιούν ακόμη τις παρατηρήσεις, αλλά βασίζονται σταθερά στη θεωρία.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Πώς εννοείς την ταξινόμηση;
2. Γιατί δεν υπάρχει ένας μοναδικός τρόπος ταξινομήσεως πραγμάτων;
3. Ποια βάση χρησιμοποίησε ο Αριστοτέλης για να ταξινομήσει τα φυτά και τα ζώα;
4. Ποια βασική αποδοχή έκανε ο Λινναίος σχετικά με τα είδη;
5. Η ονομασία ενός αντικειμένου σχετίζεται με την ταξινόμηση; Εξήγησε.
6. Τι εννοούν σήμερα οι βιολόγοι με τον όρο είδος;

Ποικιλία και αλληλοεπίδραση

2-5
Οι οργανισμοί έχουν ανάγκη ο ένας τον άλλο

Τα συστήματα μιας ταξινομήσεως αντανακλούν το βαθμό που κατανοούμε τα πράγματα. Τα πρωτόγονα ανθρώπινα όντα αναμφισβήτητα διαχώρισαν τα φυτά σε κατάλληλα και σε ακατάλληλα για τροφή. Είναι πιθανόν ότι και τα ζώα τα ξεχωρίζουν με τον ίδιο τρόπο. Η ομαδοποίηση των οργανισμών σε φυτά και ζώα έδωσε ένα κάπως πιο προχωρημένο σύστημα, που όμως δεν πρόσφερε τίποτε περισσότερο όσον αφορά στη σχέση μεταξύ των οργανισμών.

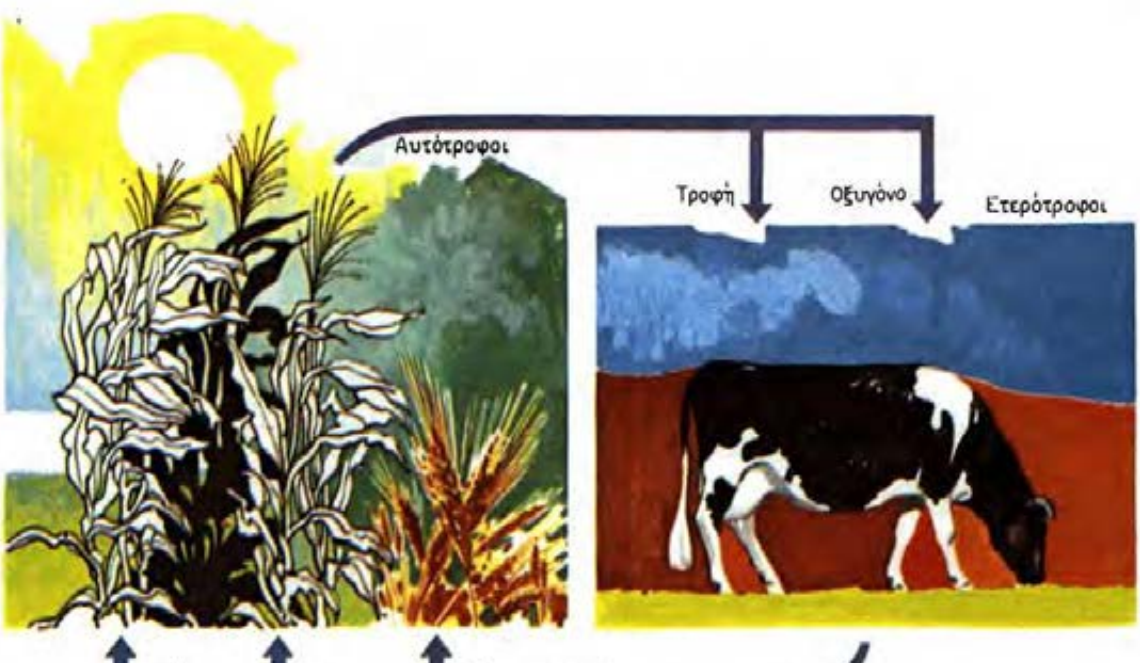
Ακριβώς πριν 200 χρόνια περίπου οι επιστήμονες κάνοντας πειράματα με φυτά άρχισαν να αντιλαμβάνονται ένα καταπληκτικό πράγμα: τα φυτά μπορούν να παράγουν τη δική τους τροφή. Η ανακάλυψη αυτή έριξε καινούργιο φως στην αλληλοεξάρτηση των οργανισμών και οδήγησε σε νέο τύπο ταξινομήσεως.

Το νέο σύστημα τοποθετεί όλους τους οργανισμούς σε δύο κατηγορίες: παραγωγούς και καταναλωτές. Οι παραγωγοί ή αυτότροφοι είναι ικανοί να παράγουν και να αποθηκεύσουν τροφή. Οι καταναλωτές ή ετερότροφοι είναι ανίκανοι να αποθηκεύσουν τροφή. Για το λόγο αυτό οι ετερότροφοι εξαρτώνται από τους αυτότροφους για την τροφή τους, άμεσα ή έμμεσα.

Σε πρώτη θεώρηση η ταξινόμηση αυτή θυμίζει την παλιά προσέγγιση φυτών και ζώων. Τα περισσότερα φυτά είναι αυτότροφα, ικανά να κατασκευάζουν την τροφή τους. Αλλά μερικά «φυτά», όπως τα εδώδιμα και τα δηλητηριώδη μανιτάρια, είναι ετερότροφα. Τα περισσότερα βακτήρια είναι ετερότροφα, αλλά εκτός από μερικά είναι αυτότροφα, δηλαδή παράγουν την τροφή τους χρησιμοποιώντας ηλιακό φως ως πηγή ενέργειας.

Είπαμε παραπάνω ότι οι οργανισμοί έχουν ανάγκη ο ένας τον άλλο. Είναι εμφανές ότι οι ετερότροφοι έχουν ανάγκη τους αυτότροφους. Αλλά οι αυτότροφοι έχουν ανάγκη τους ετερότροφους; Οι αυτότροφοι είναι παραγωγοί και οι ετερότροφοι είναι καταναλωτές.

Η εικόνα 2-9 απεικονίζει με πολύ απλό τρόπο την αμοιβαία σχέση των παραγωγών και των καταναλωτών. Έχεις ακούσει για τη σπουδαιότητα της ανακυκλώσεως των αγα-



Εικόνα 2-9 *Παραγωγοί (αυτότροφοι) και καταναλωτές (ετερότροφοι) τρέφονται ο ένας από τον άλλο με τη διαφορά ότι οι πρώτοι προμηθεύουν ενέργεια στους άλλους. Με ποιο τρόπο το ηλιακό φως προμηθεύει ενέργεια και στους δύο;*

θών στην κοινωνία μας. Στη φύση η ανακύκλωση βρίσκεται στην καρδιά της σχέσεως παραγωγός - καταναλωτής.

Υπάρχουν πολλοί σπουδαίοι κύκλοι που λειτουργούν στη φύση. Η καλή κατανόηση των κύκλων αυτών εξαρτάται από την κατανόηση προηγουμένως μερικών βασικών βιολογικών ενεργειακών αντιδράσεων. Υπάρχουν κύκλοι αζώτου, οξυγόνου και άλλων ανοργάνων υλικών. Θα εμβαθύνομε στους κύκλους αυτούς, αφού προηγουμένως θα έχεις μάθει, για παράδειγμα, πώς χρησιμοποιείται το άζωτο από τα βιολογικά συστήματα.

Το σύστημα παραγωγού - καταναλωτή είναι το κύριο σύστημα διαμέσου του οποίου οι διάφοροι οργανισμοί αλληλοεπιδρούν ο ένας με τον άλλο. Οι αλληλοεπιδράσεις αυτές τελικά επιδρούν στην ποικιλότητα των οργανισμών. Το κεφάλαιο 3 θα διερευνήσει σε μεγαλύτερη λεπτομέρεια πώς οι αλληλοεπιδράσεις αυτές επιδρούν στη φύση και στον αριθμό των εμβίων όντων του κόσμου.

2-6
Παραλλαγές σε ένα θέμα

Την άνοιξη η ζωή ξεκινά και αναπτύσσεται. Η νέα ζωή υπάρχει παντού και μία μικρή λίμνη είναι ένας γοητευτικός τόπος για να ανακαλύψετε τη νέα ζωή. Μία απλή σταγόνα νερού από τη λίμνη περιέχει εκατοντάδες μικροσκοπικούς οργανισμούς (βλ. εικόνα 2-10).

Τη λίμνη μπορεί να θεωρήσει κανείς ως μία αυτοδύναμη μονάδα στην οποία το αυτότροφο - ετερότροφο σύστημα βρίσκεται σε πλήρη λειτουργία. Οι βιολόγοι ονομάζουν συχνά μία τέτοια μονάδα οικοσύστημα. Είναι περίπου αυτάρκης, εκτός από το πλούσιο ηλιακό φως που κατακλύζει το σύστημα κάθε μέρα. Υπάρχουν πολλοί τύποι οικοσυστημάτων, όπως δάση, λειβάδια και έρημοι. Και σε όλα υπάρχουν συστήματα παραγωγών - καταναλωτών σε λειτουργία, καθώς και αλληλοεπιδράσεις που επιδρούν στα ίδια τα όντα που επιβιώνουν στο οικοσύστημα. Όταν μελετάς ένα οικοσύστημα, αρχίζεις να βρίσκεις μερι-

Βιολογία Περιληπτικά



Βιολογία του Σαββατοκύριακου

Η διδασκαλία της βιολογίας απαιτεί πλήρη απασχόληση, αλλά η δρ. Τζόυς Γρην βρίσκει καιρό για τις μελέτες της ως βοτανικού. Κατά τα Σαββατοκύριακα προσδιορίζει και ταξινομεί φυτά των βουνών και ερευνά πώς επιβιώνουν στις σκληρές συνθήκες του μεγάλου υψομέτρου.

Οι λεύκες των βουνών του Κολοράντο είναι από τα πιο ανθεκτικά είδη δένδρων. Οι άνθρωποι τις φαντάζονται μέσα σε πολύχρωμα δάση μέσου υψομέτρου (φωτογραφία άνω). Η δρ. Γρην τις βρήκε να αναπτύσσονται νάνες και στρεβλωμένες εκεί όπου δυνατοί άνεμοι και εξαιρετικό κρύο σαρώνουν τις υψηλότερες βουνοπλαγιές (αριστερή φωτογραφία απέναντι σελίδας). Πρέπει να κοιτάξεις πολύ προσεκτικά για να δεις λίγα φύλλα στην παραμορφωμένη μικρή λεύκα της φωτογραφίας. Επιβιώνει σε υψόμετρο 3350 μέτρων.

Οι λεύκες, σε όλα τα υψόμετρα, αντιμετωπίζουν πολλούς κινδύνους. Τα υψηλότερα δένδρα δεν μπορούν να ανθίσουν την άνοιξη. Σε όλα τα δένδρα η παγωνιά νεκρώνει πολλά φύλλα την άνοιξη. Τα έντομα επιτίθενται στα δένδρα το καλοκαίρι. Χιονοθύελλες φυλακίζουν μερικά δένδρα όλο το

κές ενδιαφέρουσες σχέσεις μεταξύ της τεράστιας ποικιλίας των οργανισμών που αντιδρούν ο ένας με τον άλλο μέσα σε αυτό το σύστημα.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 2-Β. Μικροοργανισμοί σε μία λιμνούλα, σελίδα 577.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αλληλοεπίδραση των διαφόρων οργανισμών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη θεμελιώδη σχέση παραγωγού - καταναλωτή. Η ζωή εξαρτάται από τους αυτότροφους: τους παραγωγούς ενέργειας. Καθώς οι ετερότροφοι εξαρτώνται από τους αυτότροφους και οι αυτότροφοι εξαρτώνται από τον ήλιο, η





χειμώνα παραμορφώνοντας σε μεγάλο βαθμό τα πιο μικρά με τη δύναμη της χιονοστιβάδας. Κάθε καλοκαίρι αυτά τα νεαρά δένδρα αναπτύσσονται πάλι σε σιγμοειδείς «στάσεις», που εξιστορούν τις εποχιακές αντιξοότητες με το σιγμοειδές σχήμα των κορμών τους. Ένας πρόσθετος κίνδυνος του χειμώνα είναι το φάγωμα του φλοιού από τον πεινασμένο τάρανδο. Η δρ. Γρην φαίνεται στη φωτογραφία καθώς εξετάζει δένδρο που έχει πάθει ζημιές από τάρανδο (άνω, δεξιά) και που μένει εκτεθειμένο στο μέλλον για ακόμη μεγαλύτερες βλάβες από έντομα.

Συχνά τα νεαρά φυτώρια της λεύκας δεν ξεκινούν τη ζωή τους εύκολα. Ένα καλύτερο ριζικά σύστημα για τα νεαρά δένδρα δημιουργείται με κλώνους (παραφυάδες). Νέοι βλαστοί από τις ρίζες των παλιών δένδρων παράγουν νεαρά δένδρα γενετικώς όμοια προς τα παλιά. Οι ρίζες παραμένουν συνδεδεμένες υπόγεια. Δένδρα από διαφορετικούς κλώνους δημιουργούν χαρακτηριστικές αντιθέσεις το φθινόπωρο. Το δάσος που φαίνεται στην εικόνα άνω αριστερά περιλαμβάνει δύο κλώνους· τα φύλλα του ενός, όχι όμως και του άλλου, έχουν πάρει το φθινοπωρινό τους χρώμα.

Η *λεύκη η τρέμουσα* είναι περισσότερο από μια ταξινομική υποδιαίρεση. Είναι ένας τρόπος ζωής.

ενέργεια για όλη τη ζωή προέρχεται τελικά από τον ήλιο.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Ποιες είναι οι βασικές λειτουργίες των αυτοτρόφων και των ετεροτρόφων μέσα στο οικοσύστημα;
2. Δώσε παραδείγματα ενός παραγωγού, ενός καταναλωτή, ενός αυτότροφου και ενός ετερότροφου στο οικοσύστημα μιας μικρής λίμνης.
3. Γιατί το σύστημα ταξινομήσεως αυτότροφος/ετερότροφος διαφέρει από το σύστημα ταξινομήσεως φυτό/ζώο;



Εικόνα 2-10 *Μερικοί από τους συνηθισμένους οργανισμούς μικρών λιμνών. (μ = μικρόν, ένα εκατομμυριοστό του μέτρου)*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑ ΣΗΜΕΙΑ

Τα συστήματα ταξινομήσεως έχουν αναπτυχθεί για να βοηθήσουν τους βιολόγους να οργανώσουν τη μεγάλη ποικιλία που βρίσκεται στη φύση. Τα συστήματα αυτά ταξινομήσεως έχουν βασισθεί στην παρατήρηση των ομοιοτήτων στη δομή των ζώων και των φυτών. Τα παρατηρησιακά συστήματα ταξινομήσεως βρίσκονται πάντα υπό αναθεώρηση.

Διάφοροι τύποι αλληλοεπιδράσεων υπάρχουν μέσα στη μεγάλη ποικιλία των εμβίων όντων. Αυτές οι αλληλοεπιδράσεις εξαρτώνται από τη βασική σχέση στην οποία ένας παραγωγός (αυτότροφος) παράγει τροφή για τον εαυτό του και ένας καταναλωτής εξαρτάται από αυτότροφους για την ενέργειά του. Η ενέργεια δεν ανακυκλώνεται διαρκώς μέσα σε ένα σύστημα και γι' αυτό ένα οικοσύστημα εξαρτάται από εισαγωγή ενέργειας (τον ήλιο) για να διατηρείται το σύστημα σε λειτουργία.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Γιατί ταξινομούμε τα διάφορα πράγματα;
2. Τι είναι παρατηρησιακή ταξινόμηση;
3. Τι είναι θεωρητική ταξινόμηση;
4. Γιατί μερικοί οργανισμοί είναι δύσκολο να ταξινομηθούν;
5. Ποιος είναι ο υπεύθυνος για την εμφάνιση των συγχρόνων συστημάτων βιολογικής ταξινομήσεως;
6. Δώσε περιγραφή μερικών τύπων οικοσυστημάτων.
7. Από τις γνώσεις σου για το σχήμα των φύλων δώσε μία απλή παρατηρησιακή ταξινόμηση που θα οργάνωνε μερικούς γνωστούς τύπους φύλων.
8. Γιατί τα ανθρώπινα όντα και οι αγελάδες δεν ανήκουν στο ίδιο φύλο και τάξη;
9. Τι είναι είδος;
10. Από ποια βασική μονάδα ζωής αποτελούνται ή είναι φτιαγμένοι οι οργανισμοί;

ΑΡΘΡΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΒΑΣΜΑ

Gośz, J. R., R. T. Holmes, G. E. Likens, and F. H. Bormann. "The Flow of Energy in a Forest Ecosystem." *Scientific American*, March, 1978.

Janick, J., C. H. Noller, and C. L. Rhykerd. "The Cycles of Plant and Animal Nutrition." *Scientific American*, September, 1976.

Jannasch, H. W., and C. O. Weisen. "Microbial Life in the Deep Sea." *Scientific American*, June, 1977.

Mabry, T. J., R. E. Alston, and B. L. Turner. "The Biochemical Basis of Taxonomy." *The Science Teacher*, December, 1965.

McCosker, J. E. "Flashlight Fishes." *Scientific American*, March, 1977.

Odum, E. P. *Fundamentals of Ecology*, 3rd ed. Philadelphia, W. B. Saunders Co., 1971.

Smith, R. L. *Elements of Ecology and Field Biology*. New York, Harper & Row, 1977.

White, M. *Modes of Speciation*. San Francisco, W. H. Freeman & Co., 1978.

Woodwell, G. M. "The Carbon Dioxide Question." *Scientific American*, January, 1978.

Η ταυτότητα των οργανισμών της εικόνας 2-1.

Σελίδα 20: άνω αριστερά, αγριοβούβαλος κοκ (Αφρική)· άνω δεξιά, κυκάδα (Νότιος Αφρική)· κάτω, φρύνος (Καλιφόρνια).

Σελίδα 21: άνω αριστερά: αγριόκοτα (Κολοράντο)· άνω δεξιά, μικροσκοπική *Βορτιτσέλλα* (Νότια Καρολίνα)· κέντρο αριστερά, κολεόπτερα (Αριζόνα)· κάτω αριστερά, λειχήνες σε βράχο (Καλιφόρνια)· κάτω δεξιά, μπαμπού (Χαβάη).

μια περιληπτική ταξινόμηση των οργανισμών

Οι οργανισμοί στον πίνακα αυτό διακρίνονται σε τέσσερα μεγάλα σύνολα: μονήρη, πρώτιστα, φυτά και ζώα. Κάθε μεγάλο σύνολο διαιρείται σε μικρότερα σύνολα που ονομάζονται φύλα (ενικός φύλο). Μερικά από τα μεγάλα φύλα διαιρούνται σε ομοταξίες. Το κοινό όνομα αλλά και το όνομα του φύλου δίνονται για κάθε σύνολο. Σε μερικές περιπτώσεις αναφέρεται και το όνομα της ομοταξίας. Αναγράφονται επίσης τα κύρια χαρακτηριστικά κάθε συνόλου. Τα δύο διαγράμματα που ακολουθούν θα σας βοηθήσουν να καταλάβετε τον πίνακα.



κύτταρο: κυτταρική μονάδα των εμβίων όντων, συνήθως το κυτταρόπλασμα, που περιέχει ένα πυρήνα . περιβαλλόμενο από μεμβράνη

πυρήνας: «το κέντρο ελέγχου» του κυττάρου

χλωροπλάστες: μικρές δομές που περιέχουν χλωροφύλλη, μια πράσινη χρωστική που χρησιμοποιεί ηλιακή ενέργεια για το σχηματισμό τροφής

μονοκύτταρο: αποτελούμενο από ένα κύτταρο

πολυκύτταρο: αποτελούμενο από πολλά κύτταρα

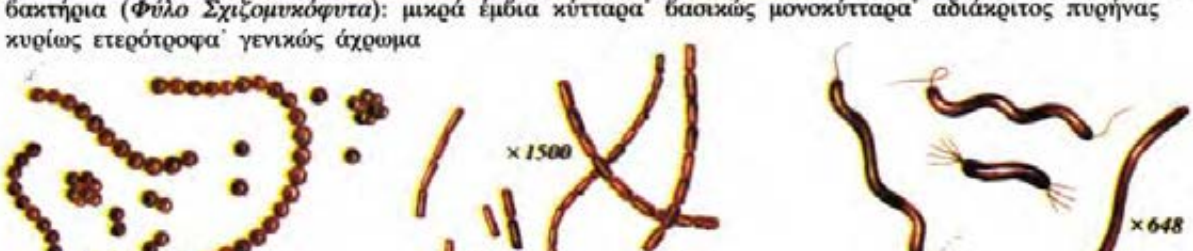
αυτότροφος οργανισμός: οργανισμός που παρασκευάζει την τροφή του

ετερότροφος οργανισμός: οργανισμός που δεν παρασκευάζει την τροφή του

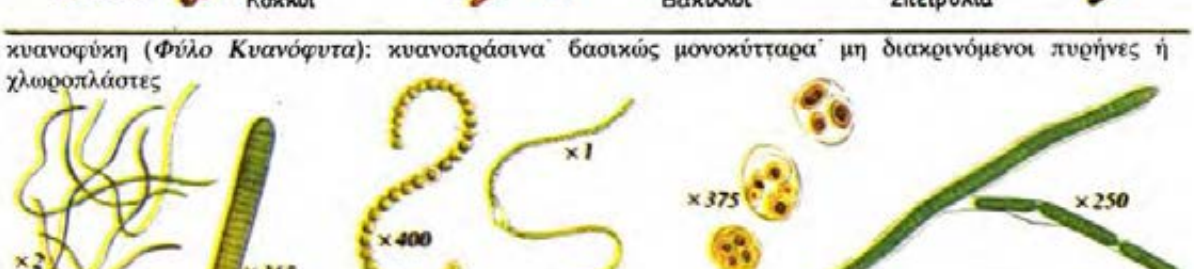
σπόρος: είδος αναπαραγωγικού κυττάρου

μονήρη: απλή δομή: πολλά είναι μονοκύτταρα· και ετερότροφα και αυτότροφα

βακτήρια (*Φύλο Σχιζομυκόφυτα*): μικρά έμβια κύτταρα· βασικώς μονοκύτταρα· αδιάκριτος πυρήνας κυρίως ετερότροφα· γενικώς άχρωμα

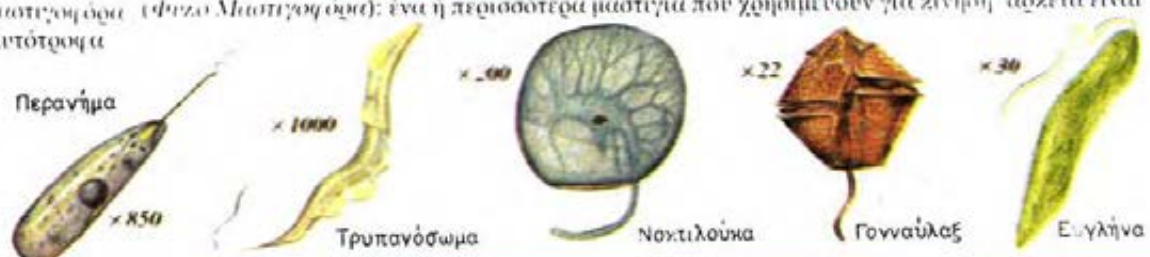


κυανοφύκη (*Φύλο Κυανόφυτα*): κυανοπράσινα· βασικώς μονοκύτταρα· μη διακρινόμενοι πυρήνες ή χλωροπλάστες



πρωτίστα: τα περισσότερα μονοκύτταρα· διάκριτος πυρήνας· πολλά κινούνται· και ετερότροφα και αυτότροφα

μαστιγοφόρα (*Φύλο Μαστιγοφόρα*): ένα ή περισσότερα μαστίγια που χρησιμεύουν για κίνηση· αρκετά είναι αυτότροφα



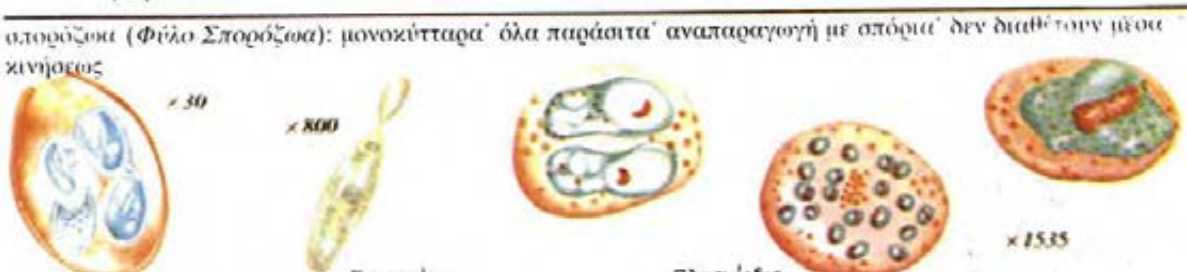
βλεφαριδοφόρα (*Φύλο Βλεφαριδοφόρα*): μονοκύτταρα· μικρές τριχοειδείς βλεφαρίδες που χρησιμεύουν για μετακίνηση και συλλογή τροφής



ριζόποδα (*Φύλο Σαρκοδίνα*): μονοκύτταρα· προσωρινά ψευδοπόδια που χρησιμοποιούνται για μετακίνηση και συλλογή τροφής



απορόζωα (*Φύλο Σπορόζωα*): μονοκύτταρα· όλα παράσιτα· αναπαραγωγή με σπόρια· δεν διαθέτουν μέσα κινήσεως

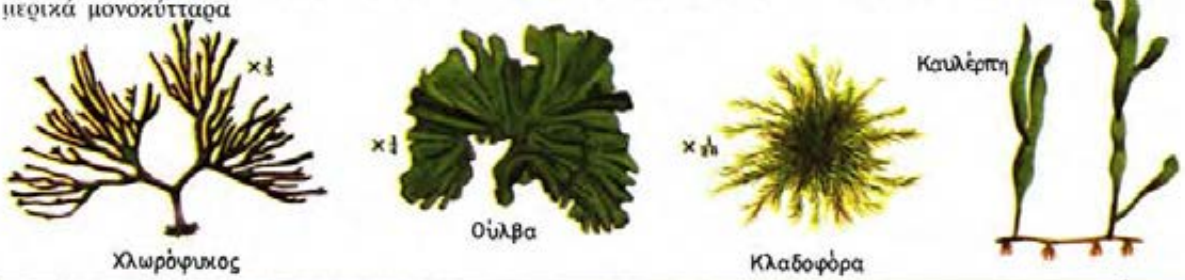


μυξομύκητες (*Φύλο Μυξομύκητες*): αμοιβαδοειδείς αποικίες· αναπαράγονται με σπόρια που σχηματίζονται σε μίσχους



πρώτιστα (συνέχεια)

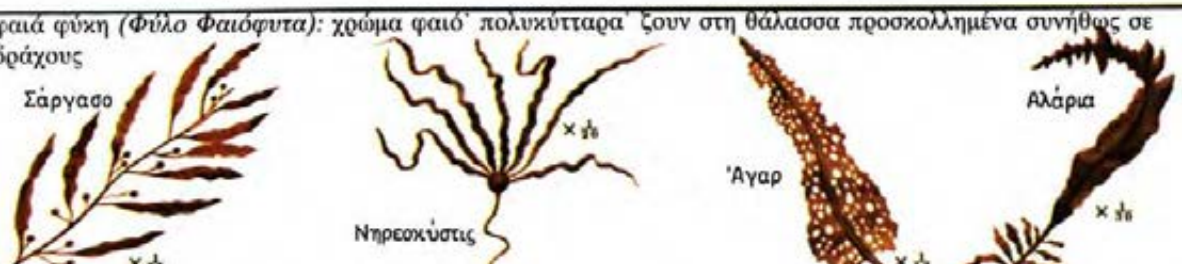
πράσινα φύκη (*Φύλο Χλωρόφυτα*): πράσινα· διάκριτος πυρήνας, χλωροπλάστες και κυτταρικά τοιχώματα· μερικά μονοκύτταρα



χρυσοφύκη (*Φύλο Χρυσόφυτα*): κιτρινόφαια· κυτταρικά τοιχώματα, όταν υπάρχουν, σχηματίζουν αλληλοκαλυπτόμενα ήμισυ



φαιά φύκη (*Φύλο Φαιόφυτα*): χρώμα φαιό· πολυκύτταρα· ζουν στη θάλασσα προσκολλημένα συνήθως σε βράχους



ερυθρά φύκη (*Φύλο Ροδόφυτα*) ερυθρωπά· πολυκύτταρα· ζουν στη βαθιά θάλασσα

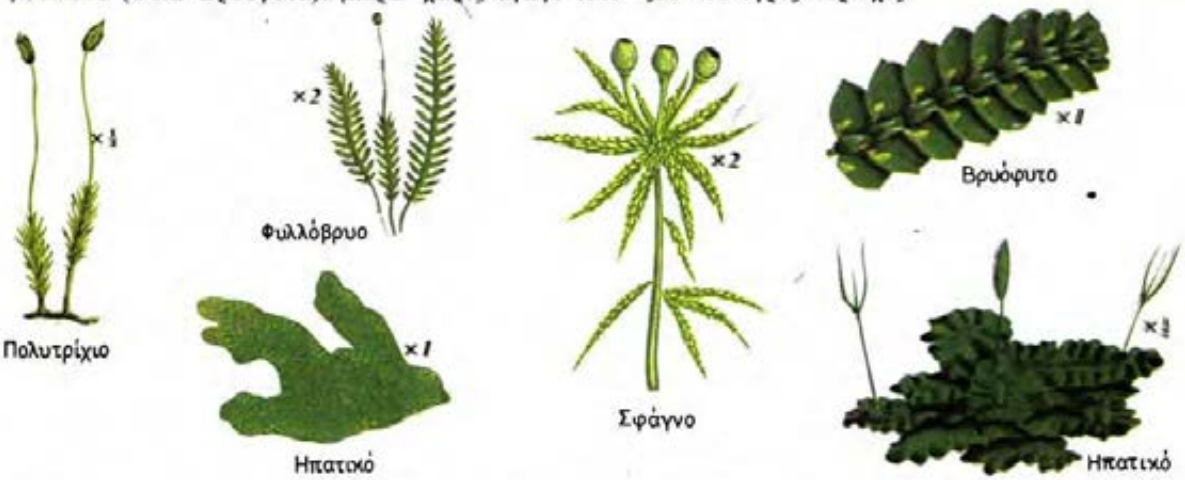


μύκητες (*Φύλο Μυκόφυτα*): τα περισσότερα πολυκύτταρα· ετερότροφα· αναπαραγωγή με σπόρους· συνήθως περισσότεροι από ένας πυρήνας ανά κύτταρο

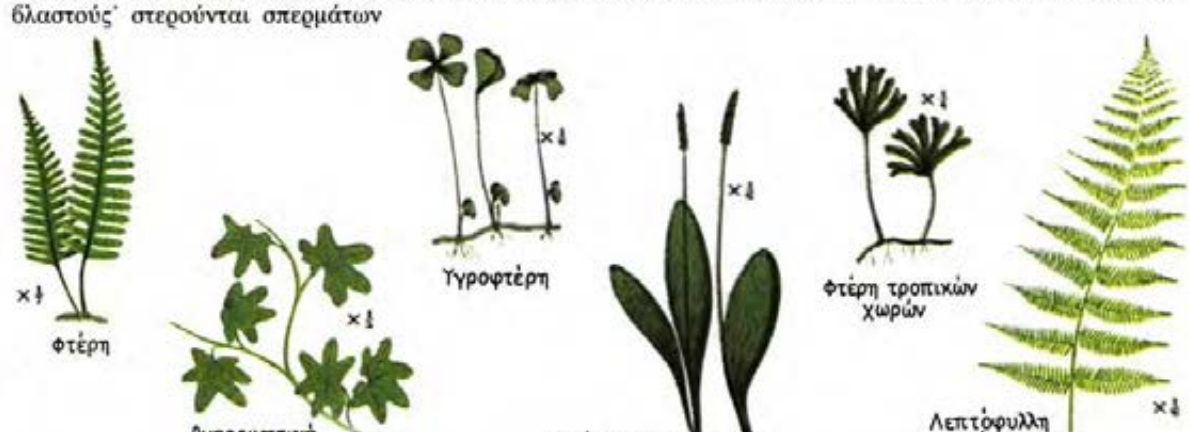


φυτά: αυτότροφα· πολυκύτταρα· χλωροφύλλη σε χλωροπλάστες· περίπλοκη οργάνωση

μούσκλια (*Φύλο Βρυόφυτα*): μικρά· χωρίς αγωγό ιστό· ζουν σε υγρές περιοχές



φτέρες (*Φύλο Τραχειόφυτα, Ομοταξία Πτερίδικα*): αγωγά αγγεία· φύλλα αναπτύσσονται από υπόγειους βλαστούς· στερούνται σπερμάτων

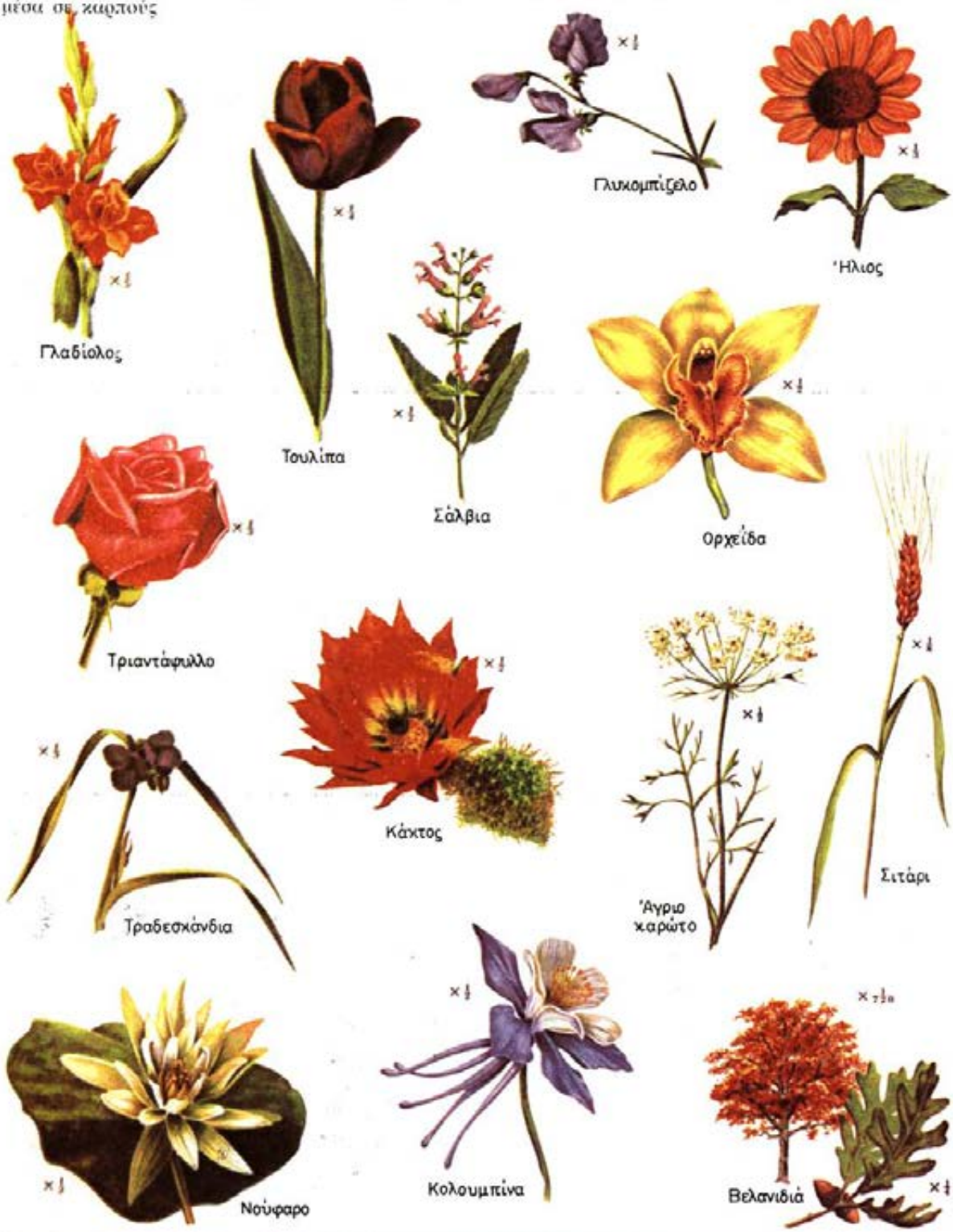


κωνοφόρα (*Φύλο Τραχειόφυτα, Ομοταξία Γυμνόσπερμα*): αγωγά αγγεία· παράγουν σπέρματα σε κώνους· πολλά έχουν βελονόμορφα φύλλα· πολλά είναι αειθαλή



φυτά (συνέχεια)

ανθοφόρα φυτά (*Φύλο Τραχειόφυτα. Ομοταξία Αγγειόσπερμα*): αγωγά αγγεία· πλατιά φύλλα· σπέρματα μέσα σε καρπούς



ζώα: ετερότροφα˙ πολυκύτταρα˙ τα περισσότερα μετακινούνται˙ νευρικά κύτταρα συντονίζουν τα τμήματα του σώματος (εκτός των σπόγγων)

σπόγγοι (*Φύλο Πορυφόρα*): δεν μετακινούνται˙ το σώμα φέρει αυλούς (κανάλια)˙ σκελετός από ινώδη υλικά ή άλατα



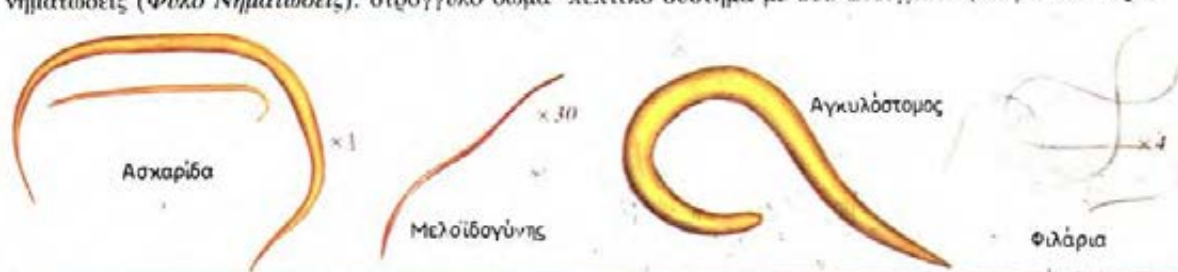
κοιλεντερωτά (*Φύλο Κοιλεντερωτά*): σώμα με κεραίες και κνιδοκύτταρα˙ μοναδικό άνοιγμα σώματος για την εισαγωγή τροφής και εξαγωγή απορριμματικών ουσιών



πλατυέλμινθες (*Φύλο Πλατυέλμινθες*): πεπλατυσμένο σώμα˙ πολλοί είναι παράσιτα



νηματώδεις (*Φύλο Νηματώδεις*): στρογγυλό σώμα˙ πεπτικό σύστημα με δύο ανοίγματα (στόμα και έδρα)



δακτυλιοσκώληκες (*Φύλο Αννελίδες Δακτυλιοσκώληκες*): σώμα διαιρούμενο σε πολλά όμοια τμήματα

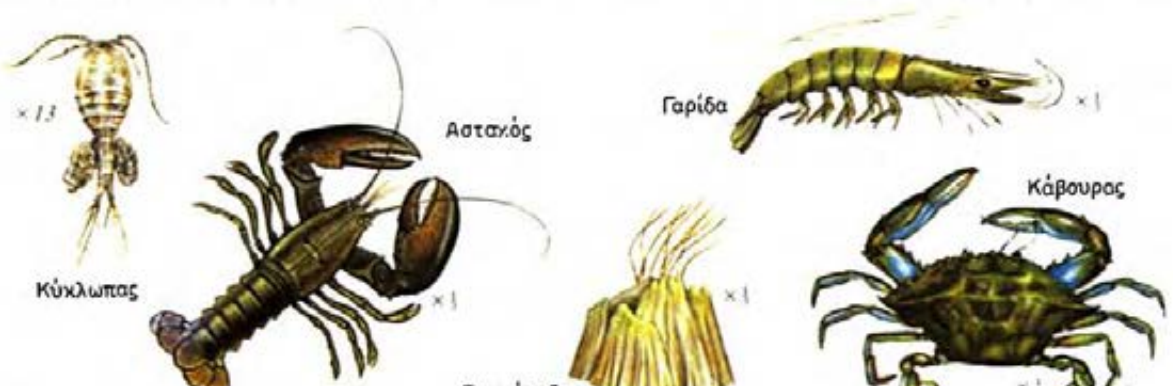


ζώα (συνέχεια)

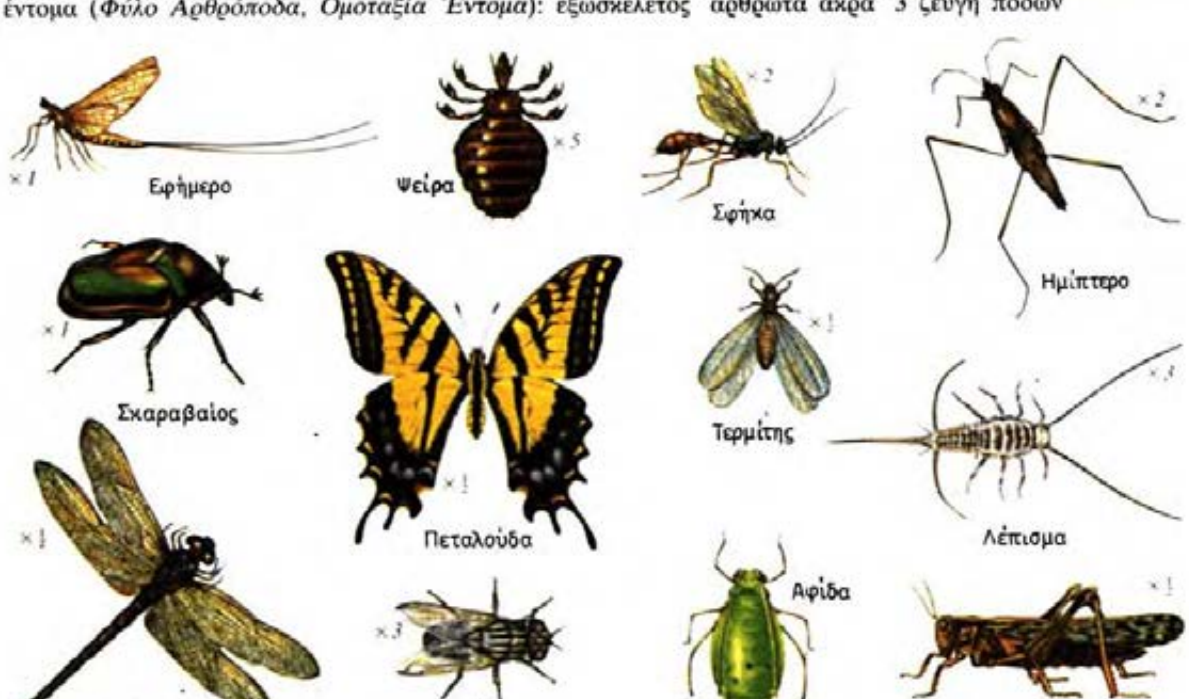
μαλάκια (Φύλο Μαλάκια): συνήθως έχουν κέλυφος· στο σώμα τους κυκλοφορεί υγρό



καρκινοειδή (*Φύλο Αρθρόποδα, Ομοταξία Καρκινοειδή*): εξωσκελετός· αρθρωτά άκρα, βράγχια



έντομα (*Φύλο Αρθρόποδα, Ομοταξία Έντομα*): εξωσκελετός· αρθρωτά άκρα· 3 ζεύγη ποδών



ζώα (συνέχεια)

αράχνες (*Φύλο Αρθρόποδα, Ομοταξία Αραχνίδια*): εξωσκελετός· αρθρωτά εξαρτήματα· 4 ζεύγη άκρων











εκατοντάποδα (*Φύλο Αρθρόποδα, Ομοταξία Χειλόποδα*): ένα ζεύγος ποδών ανά τμήμα



μυριάποδα (*Φύλο Αρθρόποδα, Ομοταξία Διπλόποδα*): 2 ζεύγη ποδών ανά τμήμα

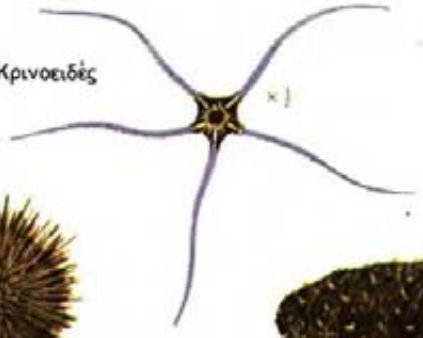


περίπατος (*Φύλο Αρθρόποδα, Ομοταξία Ονυχοφόρα*): μοιάζει προς δακτύλιο σκώληκα



εχινόδερμα (*Φύλο Εχινοδέρματα*): σώμα συνήθως με βελόνες· σώμα συχνά σε πέντε όμοιες «ακτίνες»











ζώα (συνέχεια)

κατώτερα χορδωτά (*Φύλο Χορδωτά*): Φάρυγγας για την αναπνοή· ραχιαία νευρική χορδή και ναυτοχορδή ως προσωρινό υποστήριγμα σε τμήμα τουλάχιστον του βιολογικού κύκλου



ιχθείς (*Φύλο Χορδωτά, Ομοταξία Ιχθύες*): εσωτερικός σκελετός από οστά ή χόνδρους· συνήθως έχουν πτερύγια και λέπια· αναπνέουν με βράγχια



αμφίσια (*Φύλο Χορδωτά, Ομοταξία Αμφίβια*): δέρμα συνήθως υγρό· συνήθως ενήλικες στα ώριμα άτομα· ζουν στο νερό και στην ξηρά



ερπετά (*Φύλο Χορδωτά, Ομοταξία Ερπετά*): ξηρό δέρμα· σώμα καλύπτεται από φολίδες

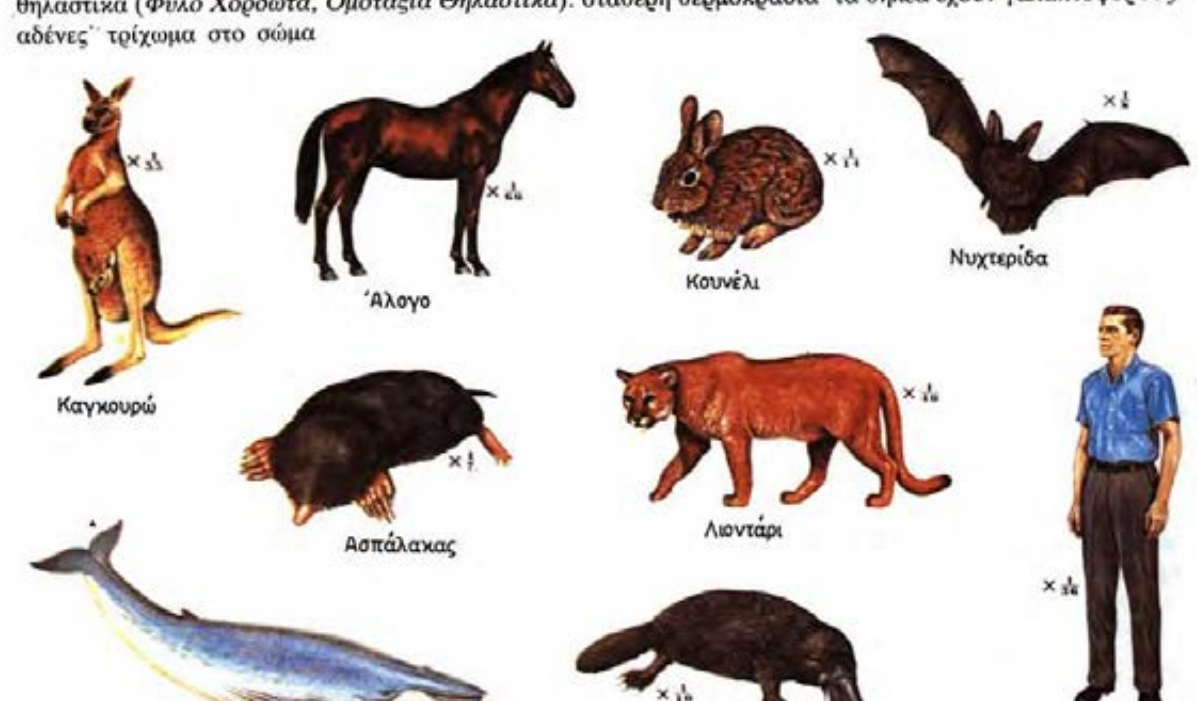


ζώα (συνέχεια)

πτηνά (*Φύλο Χορδωτά, Ομοταξία Πτηνά*): σταθερή θερμοκρασία, πτερά

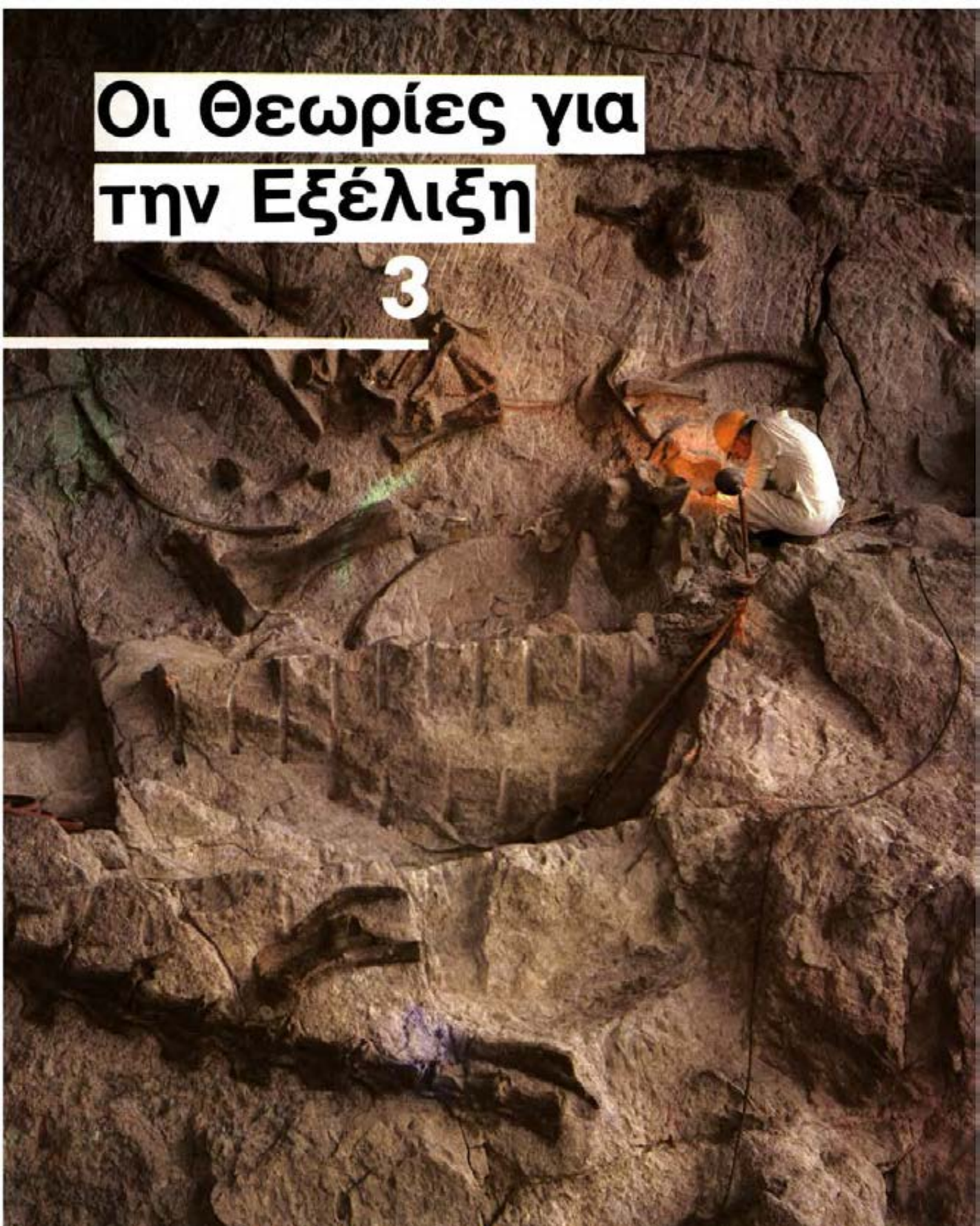


θηλαστικά (*Φύλο Χορδωτά, Ομοταξία Θηλαστικά*): σταθερή θερμοκρασία· τα θήλεα έχουν γαλακτοφόρους αδένες· τρίχωμα στο σώμα



Οι Θεωρίες για την Εξέλιξη

3



Αποκάλυψη και καθαρισμός απολιθωμάτων στο Εθνικό Μνημείο Δεινοσαύρων στο Κολοράντο (Η.Π.Α.).

Ο πλούτος της ζωής σε παγκόσμια κλίμακα δημιουργεί πολλές ερωτήσεις. Μερικές μορφές εμβίων όντων είναι φανερό ότι είναι συγγενείς. Η θεωρία της εξελίξεως υποστηρίζει ότι τα είδη δεν έχουν παραμείνει σταθερά και χωρίς μεταβολές. Σημερινές συγγένειες υποδηλώνουν κοινούς προγόνους στο παρελθόν.

Αλλά πώς πραγματοποιείται η εξέλιξη; Με ποιο τρόπο τα είδη μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια του χρόνου; Στο κεφάλαιο αυτό θα αναζητηθούν δύο υποθέσεις που απαντούν στην ερώτηση αυτή. Η πρώτη υπόθεση προτάθηκε από τον Ιωάννη Βαπτιστή Λαμάρκ, ένα Γάλλο βιολόγο, και η δεύτερη από τον Κάρολο Δαρβίνο. Οι ενδείξεις, οι προϋποθέσεις και ο τρόπος με τον οποίο οι δύο επιστήμονες πρότειναν τις θεωρίες τους για το μηχανισμό της εξελίξεως, δείχνουν το ρόλο της έρευνας στη βιολογία.

Η έννοια και οι ενδείξεις για την εξέλιξη

3-1
Η εξέλιξη βοηθά στην εξήγηση της ποικιλότητας της ζωής

Όταν οι βιολόγοι υποστηρίζουν ότι τα έμβια όντα εξελίσσονται, εννοούν ότι οι οργανισμοί μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου. Νέα είδη ζωντανών φυτών και ζώων έχουν εμφανισθεί ως αποτέλεσμα μεταβολών σε παλαιότερα είδη. Τα παλαιά είδη μπορεί να έχουν πεθάνει – να έχουν εκλείψει – ή μπορεί να συνεχίζουν να υπάρχουν μέχρι σήμερα. Οι μόνες ενδείξεις που έχομε ότι κάποτε υπήρχαν οργανισμοί στη γη που σήμερα δεν υπάρχουν, είναι τα θαμμένα υπολείμματά τους που ονομάζονται απολιθώματα. Η ύπαρξη και φύση των απολιθωμάτων έχει αναγνωρισθεί από τους μελετητές σε όλη τη διάρκεια της γνωστής ιστορίας.

Η θεωρία της εξελίξεως προσπαθεί να απαντήσει στην ερώτηση: Πώς εμφανίστηκαν τα τόσα πολλά είδη φυτών και ζώων;

Μία επιστημονική θεωρία είναι πάντοτε επιδεκτική ερωτήσεων και ελέγχου. Υπόκειται σε αλλαγές, εάν νέα γεγονότα απαιτούν αλλαγές. Μερικοί άνθρωποι έχουν δικές τους απόψεις για τον τρόπο που προέκυψε η ποικιλότητα της ζωής. Οι βιολόγοι συμμερίζονται μία άποψη που υπόκειται σε διαρκή διερεύνηση, με πολλά κοινά κύρια σημεία και μερικές διαφορές σε λεπτομέρειες. Συνήθως οι διαφορές αυτές δημιουργούν την ανάγκη για περισσότερες ενδείξεις πάνω σε συγκεκριμένα συμβάντα του παρελθόντος ή πάνω σε συγκεκριμένα έμβια όντα της ίδιας χρονικής περιόδου. Ήδη ένα μεγάλο μέρος των ενδείξεων έχει ήδη ξεκαθαρίσει την ιστορία πολλών ειδών εμβίων όντων.

Για το λόγο αυτό η θεωρία της εξελίξεως δίνει στους βιολόγους ένα λογικότερο τρόπο για να ταξινομήσουν τους οργανισμούς. Μία νέα ομαδοποίηση του φυτού γιούκα και του δένδρου Ιωσήφ δείχνει μία αλλαγή στην ταξινόμηση που προήλθε από τη εφαρμογή της θεωρίας της εξελίξεως. Μία παλιότερη ταξινόμηση τοποθετούσε τα φυτά αυτά σε τελείως διαφορετικές κατηγορίες, γιατί φαινότανε ότι είχαν τελείως διαφορετική δομή. Η μελέτη των ανθέων τους όμως έπεισε τους βοτανικούς ότι τα δύο αυτά φυτά είχαν κοινούς προγόνους. Γι' αυτό, με βάση τη θεωρία της





Εικόνα 3-1 *Η μελέτη των ανθέων του έπεισε τους βιολόγους ότι το δέντρο Ιωσήφ (αριστερά) έπρεπε να ταξινομηθεί μαζί με το φυτό Γιούκα (δεξιά).*

εξελίξεως, το σύγχρονο σύστημα ταξινομήσεως τα τοποθετεί στην ίδια κατηγορία, στο γένος *Γιούκα*. Τα φυτά αυτά παρουσιάζονται στην εικόνα 3-1.

Ένα δεύτερο παράδειγμα αλλαγής στην ταξινόμηση αναφέρεται στο πεταλόμορφο καβούρι *Λίμουλος* (βλ. εικόνα 3-2). Μέχρι πριν από λίγο καιρό το πεταλόμορφο καβούρι το ομαδοποιούσαν μαζί με τα άλλα καβούρια στην τάξη *Καρκινοειδή*, γιατί φαινόταν να μοιάζει με τα άλλα καβούρια. Μελέτες όμως του χημισμού του αίματός του έδειξαν ότι το πεταλόμορφο καβούρι δεν ήταν καθόλου καβούρι. Από εξελικτικής απόψεως το πεταλόμορφο καβούρι συγγενεύει πιο πολύ με τις αράχνες και ομαδοποιείται σήμερα μαζί με αυτές στην τάξη *Αραχνίδια*.

Το σύστημα ταξινομήσεως του Λινναίου χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα κάτω από το φως της σύγχρονης εξελικτικής σκέψεως. Ένας λόγος είναι ότι η θεωρία της εξελίξεως υποθέτει ότι οργανισμοί με παρόμοια δομή έχουν παρόμοια καταγωγή και έχουν στενή συγγένεια. Η θεωρία υποθέτει επίσης ότι οργανισμοί με πολύ διαφορετικές δομές έχουν συγκεντρώσει αυτές τις διαφορές σε μεγάλα χρονικά διαστήματα και ως εκ τούτου έχουν μακρινή μόνο συγγένεια. Κατ' αυτό τον τρόπο, η ομοιότητα της δομής μπορεί ακόμη να χρησιμοποιείται ως βάση της ομαδοποιήσεως όπως και στον καιρό του Λινναίου. Σήμερα όμως τις ομοιότητες οι επιστήμονες τις εξηγούν με βάση τη θεωρία της εξελίξεως.

3-2
Τα απολιθώματα παρέχουν ενδείξεις για εξέλιξη

Απολιθώματα είναι υπολείμματα οργανισμών τα οποία άντεξαν στην πάροδο του χρόνου. Τα απολιθώματα μπορεί να είναι οστά ή δόντια ή ακόμη και αποτυπώματα φυτών ή ζώων σε βράχους από τους προϊστορικούς χρόνους. Η παρουσία απολιθωμάτων σε βράχους ήταν πάντα, επί εκατονταετίες, πηγή θαυμασμού και γοητείας για τους ανθρώπους. Ένα απολίθωμα ενός παλαιού θαλάσσιου ζώου βρέθηκε ακόμη και μεταξύ των υπαρχόντων ενός προϊστορικού ανθρώπινου όντος. Πολλοί έχουν προσπαθήσει να εξηγήσουν τα απολιθώματα. Ο Αριστοτέλης πίστευε ότι τα απολιθώματα ήταν υπολείμματα ζωντανών πλασμάτων, αλλά νόμιζε ότι τα πλάσματα αυτά αναπτύσσονταν στους βράχους. Μερικοί πίστευαν ότι τα απολιθώματα τοποθετήθηκαν στους βράχους από κακά πνεύματα. Άλλες εξηγήσεις ήταν καταπληκτικά σύγχρονες. Για παράδειγμα, ο Ηρόδο-

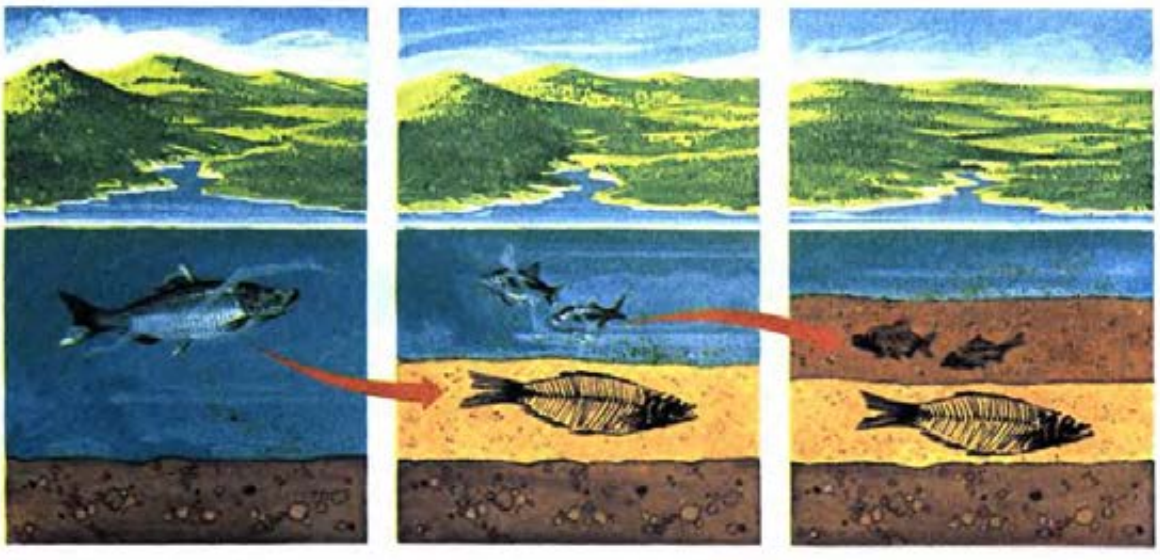


Εικόνα 3-2 *Αν και ο Λίμουλος, το πεταλόμορφο καβούρι, μοιάζει με καβούρι, το αίμα του μοιάζει περισσότερο με το αίμα των αραχνών παρά με το αίμα των καβουριών. Γι' αυτό ο Λίμουλος κατατάσσεται μαζί με τις αράχνες.*

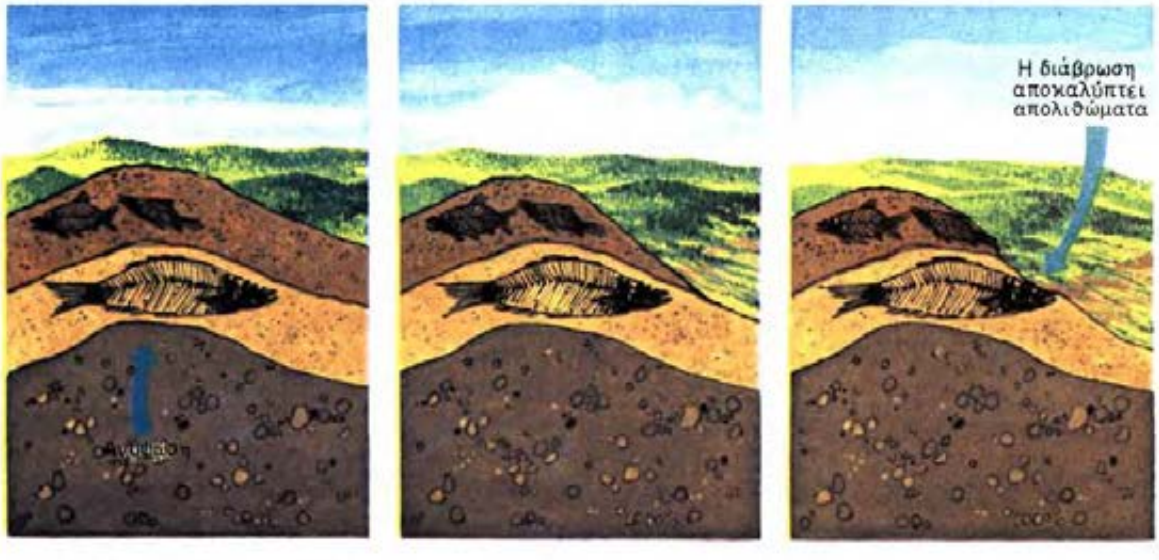
τος, ένας περίφημος Έλληνας ιστορικός, παρατήρησε απολιθωμένα θαλάσσια όστρακα στην έρημο της Λιβύης το 450 π.Χ. και υπέθεσε ότι η Μεσόγειος θάλασσα ξαπλωνόταν κάποτε πολύ πιο νότια από όσο σήμερα.

Τα απολιθώματα διατηρήθηκαν στους βράχους χάρις σε μία σειρά τυχαίων συμβάντων. Οι νεκροί οργανισμοί εξαφανίζονται γρήγορα, εκτός αν υπάρχουν ειδικές συνθήκες. Ένα νεκρό φυτό ή ζώο συνήθως αρχίζει να αποσυντίθεται αμέσως. Ευτυχώς τα ανόργανα υλικά των οργανισμών ανακυκλώνονται πολύ γρήγορα. Η φύση υπό τη μορφή βακτηρίων και άλλων οργανισμών επιστρέφει τα χημικά υλικά των νεκρών οργανισμών πίσω στη γη, το νερό και τον αέρα. Ακόμη και τα οστά αποσυντίθενται, εκτός αν κατά κάποιο τρόπο συντηρηθούν. Σε σπάνιες περιπτώσεις και τοποθεσίες οι οργανισμοί μπορούν να διατηρηθούν ως απολιθώματα. Στις πολικές περιοχές και τις κορυφές των υψηλών βουνών λίγοι οργανισμοί καθαριστές ή αρπακτικοί υπάρχουν για να καταναλώσουν τους νεκρούς ιστούς. Οι χαμηλές θερμοκρασίες αναστέλλουν επίσης την αποσύνθεση. Ενταφιασμός στο νερό μπορεί να οδηγήσει επίσης στη διατήρηση ενός νεκρού οργανισμού (εικόνα 3-3). Εάν ένα ζώο ή φυτό νεκρωθεί κοντά σε ένα ποταμό, ωκεανό ή θάλασσα, μπορεί να ταφεί γρήγορα από ιζήματα και άμμο που κατακάθεται από το νερό. Το νερό βοηθά στην πρόληψη της αρπαγής και της αποσυνθέσεως. Με την πάροδο του χρόνου ανόργανα υλικά εισχωρούν στα οστά του ζώου και τα διατηρούν. Οι πυθμένες των ωκεανών και των αβαθών θαλασσών έχουν συχνά αποδειχθεί ότι είναι οι πλουσιότερες πηγές απολιθωμάτων.

Η έκρηξη ενός ηφαιστείου μπορεί να δημιουργήσει απολιθώματα με τον ενταφιασμό όλων των ζώων και φυτών, που βρίσκονται κοντά, μέσα σε στάχτη αρκετών μέτρων πάχους. Προφυλαγμένα από τον αέρα και από τα άλλα ζώα οι οργανισμοί αυτοί μπορούν να διατηρηθούν ως απολιθώματα. Ακόμη, άλλα απολιθώματα, όπως αυτά που εξορύσσονται στο ράντσο Λα Μπρέα στην πόλη του Λος Άντζελες (Η.Π.Α), προήλθαν από οργανισμούς που παγιδεύτηκαν και διατηρήθηκαν σε λακκούβες πίσσας. Με την πάροδο του χρόνου τα στρώματα της λάσπης, της άμμου, της στάχτης και των άλλων ιζημάτων που περιέχουν τα απολιθώματα, καλύπτονται από περισσότερα ιζηματογενή στρώματα. Το βάρος των νέων ιζημάτων συμπιέζει τα ιζήματα που περιέχουν τα απολιθώματα και σκληραίνει τα στρώματα αυτά μεταβάλλοντάς τα σε πέτρωμα. Τα στρώματα των πετρωμάτων συσ-



Εικόνα 3-3 *Σχηματισμός απολιθώματος. Υποθαλάσσια ιζήματα είναι φτωχά σε οξυγόνο και γι' αυτό αποθαρρύνουν την παρουσία μικροοργανισμών που απαιτούν οξυγόνο και οι οποίοι καταναλώνουν (αποσαθρώνουν) υπολείμματα φυτών και ζώων. Νεκρά ψάρια, ή οι σκελετοί τους, μπορεί να παραμένουν άθικτα σ' αυτά τα ιζήματα για μεγάλες χρονικές περιόδους. Βαθμιαία, ανόργανα άλατα που υπάρχουν στα υπόγεια νερά, υποκαθιστούν τα υλικά των οστών που αποτελούν τους σκελετούς των ψαριών. Τα εμποτισμένα με άλατα υποκατάστατα των σκελετών αποτελούν τα απολιθώματα.*



Εικόνα 3-4 *Θαμμένα απολιθώματα μπορούν να εμφανισθούν από δυνάμεις που ανυψώνουν τεμάχια του φλοιού της γης και τα εκθέτουν στη διάβρωση.*

σωρεύονται και τα απολιθώματα θάβονται βαθιά στη γη. Πολύ αργότερα μπορούν να έλθουν πάλι στο φως από αλλαγές στην επιφάνεια της γης. Ορογενετικές κινήσεις μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα άνοδο του φλοιού της γης. Η ολόκληρες ήπειροι μπορεί να ολισθήσουν και τεράστια τεμάχια της επιφάνειας της γης να συντριβούν μεταξύ

τους ενταφιάζοντας επιφανειακά χερσαία στρώματα σε ένα σημείο και ανυψώνοντας ενταφιασμένα πετρώματα αλλού. Κατόπιν οι ποταμοί διανοίγουν χαράδρες και φαράγγια μέσα από τα ανυψωμένα στρώματα πετρωμάτων που περιέχουν τα απολιθώματα. Ή, ο άνεμος και η βροχή κατατρώγουν την επιφάνεια και αποκαλύπτουν απολιθώματα, όπως φαίνεται στην εικόνα 3-4.

Ένας επιστήμονας μπορεί να βρει πόσο παλιό είναι ένα απολίθωμα, παρατηρώντας τη θέση των στρωμάτων των πετρωμάτων στα οποία βρέθηκε. Τα κατώτερα στρώματα είναι συνήθως τα αρχαιότερα, με τα παλιότερα απολιθώματα. Με νέες τεχνικές μπορεί να προσδιορισθεί η ηλικία των βράχων και των απολιθωμάτων με ακόμη μεγαλύτερη ακρίβεια. Οι τεχνικές αυτές είναι εξαιρετικά χρήσιμες όταν τα στρώματα των πετρωμάτων έχουν διαταραχθεί.

3-3
Η γνώση των απολιθωμάτων και η ιστορία της ζωής

Τα απολιθώματα, διατηρούμενα σε αλλεπάλληλα κάθετα στρώματα, υποδεικνύουν την ακολουθία με την οποία τα ζώα και τα φυτά εξελίχθηκαν. Τα αρχαιότερα πετρώματα περιέχουν απολιθώματα απλών μορφών ζωής. Οι περισσότερες από τις μορφές αυτές έχουν πλέον εξαλειφθεί. Τα στρώματα νεότερης ηλικίας έχουν απολιθώματα πιο περιπλόκων μορφών οργανισμών. Τα απολιθώματα αποτελούν πληροφορίες, καταγραμμένες πάνω στα πετρώματα, που υποστηρίζουν την ιδέα ότι η ζωή έχει εξελιχθεί κατά τη διάρκεια μεγάλων χρονικών περιόδων από απλές σε πιο περίπλοκες μορφές. Μερικές μορφές ζωής μπορεί να εξακολουθούν να υπάρχουν, άλλες μπορεί να εξαφανίζονται και άλλες να δίνουν γέννηση σε άλλες μορφές ζωής. Η ποικιλότητα της ζωής, που κάποτε πίστευαν ότι ήταν σταθερή και αμετάβλητη, αποδεικνύεται ότι είναι δυναμική και ότι μεταβάλλεται διαρκώς.

Το απολίθωμα ενός μικρού τετράποδου ζώου, περίπου του μεγέθους ενός σκύλου ποικιλίας φοξ-τεριέ, βρέθηκε διατηρημένο μέσα σε στρώματα πετρωμάτων. Σύγχρονες τεχνικές προσδιορισμού της ηλικίας των πετρωμάτων έδειξαν ότι τα πετρώματα και το απολίθωμα ήταν ηλικίας περίπου 60 εκατομμυρίων ετών. Η ανακάλυψη και ο προσδιορισμός της ηλικίας άλλων απολιθωμάτων επέτρεψε στους επιστήμονες να ιχνηθετήσουν τη διακλαδιζόμενη γραμμή καταγωγής που δείχνει αλλαγές από το μεγέθους σκύλου ζώο μέχρι το σύγχρονο άλογο. Τα στάδια αυτά της εξελίξεως απεικονίζονται στην εικόνα 3-5. Ένας ζωγραφικός πίνακας του αρχαίου αυτού «αλόγου» φαίνεται στην εικόνα 3-6. Τα σύγχρονα άλογα δεν ήταν οι μόνοι απόγονοι του μεγέθους σκύλου προγόνου. Άλλοι εξελικτικοί κλάδοι οδήγησαν σε συγγενή ζώα που έζησαν για μεγάλες χρονικές περιόδους και κατόπιν εξαφανίστηκαν. Τα γενεολογικά δένδρα είναι συνήθως πολυκλαδικά.

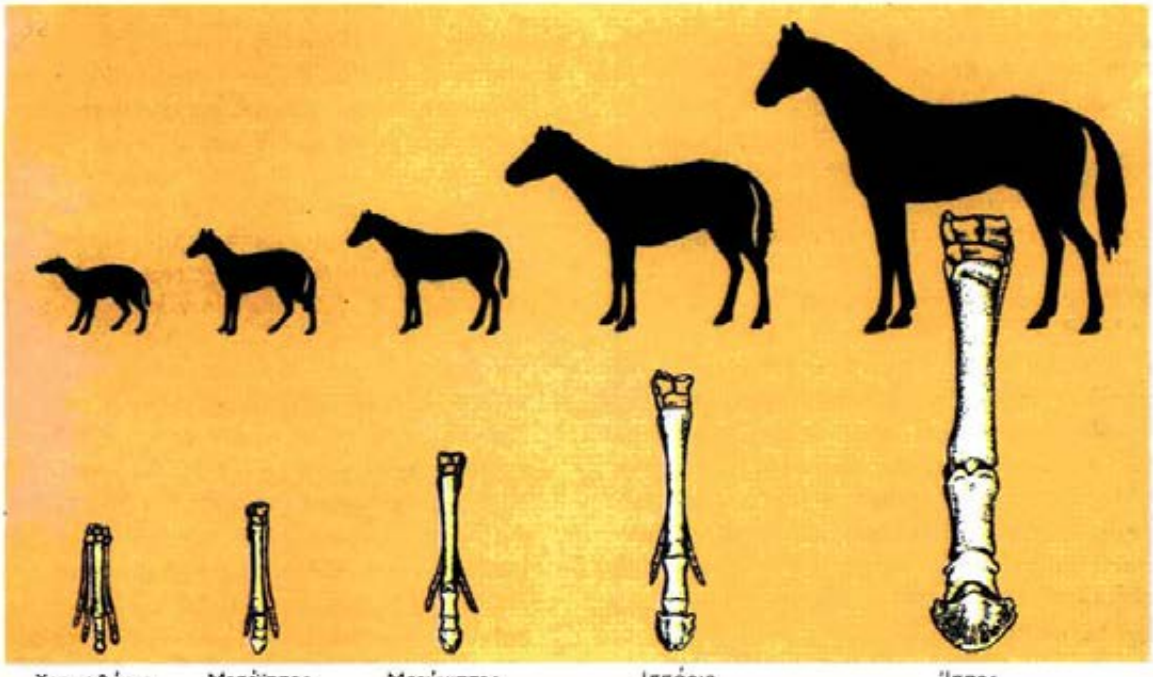
Παρόμοια γενεολογικά δένδρα έχουν ιχνηγετευθεί για τους ελέφαντες, καμηλοπαρδάλεις, καμήλες και πολλά άλλα ζώα. Οι ενδείξεις που προέρχονται από τα απολιθώματα υποδηλώνουν ότι η ζωή μεταβάλλεται σταδιακά από τη μία μορφή στην άλλη κατά τη διάρκεια εκατομμυρίων ετών.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η θεωρία της εξελίξεως εισήγαγε την ιδέα ότι τα είδη μεταβάλλονται και ότι νέα είδη προέρχονται από αρχαιότερα είδη κατά την πάροδο μεγάλων χρονικών περιόδων. Η θεωρία αυτή θα μπορούσε να εξηγήσει τις μορφές που έχουν εξαλειφθεί και είναι γνωστές μόνο ως απολιθώματα, ως πρόγονοι των συγχρόνων οργανισμών. Οι βιολόγοι, αν και ενδιαφέρονται ακόμη για τις ομοιότητες της δομής, προσπαθούν τώρα να ταξινομήσουν τους οργανισμούς σύμφωνα με τον τρόπο με τον οποίο εξελίχθηκαν τα έμβια όντα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Ποια είναι η θεωρία της εξελίξεως;
2. Σε ποια αποδοχή βασίζεται η σύγχρονη ταξινόμηση;
3. Τα απολιθώματα είναι πολυάριθμα ή σπανίζουν; Εξήγησε.
4. Πώς σχηματίζονται τα απολιθώματα; Γιατί η δημιουργία ενός απολιθώματος είναι ένα σπάνιο συμβάν;
5. Ποιες τοποθεσίες είναι πιο πιθανό να περιέχουν απολιθώματα;



Εικόνα 3-5 *Στάδια της εξελίξεως του αλόγου. Από τα τέσσερα δάκτυλα που υπήρχαν στο Υρακοθήριον μόνο ένα εξελίχθηκε ως οπλή στον Ίππο.*



Εικόνα 3-6 *Αναπαράσταση της πιθανής όψεως του Υρακοθηρίου, όχι μεγαλύτερου από ένα σκύλο. Είναι ο αρχαιότερος γνωστός πρόγονος του αλόγου.*

3-4
Ο Λαμάρκ εξηγεί την εξέλιξη

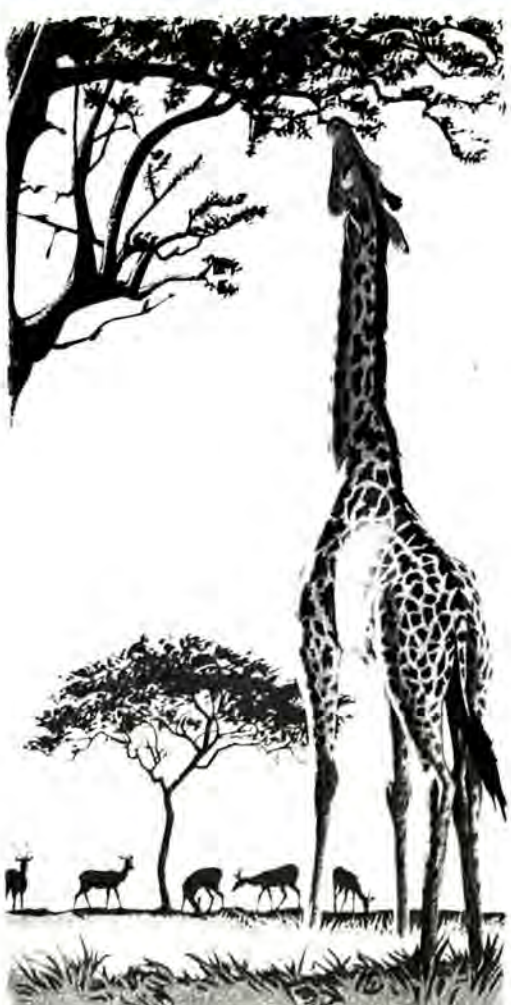
Η ιδέα της εξελίξεως εμφανίστηκε σχεδόν ταυτόχρονα με την εμφάνιση της σύγχρονης βιολογίας κατά τον 16ο και 17ο αιώνα. Προηγουμένως πολλοί μορφωμένοι άνθρωποι απέρριπταν την ιδέα της εξελίξεως, προτιμώντας την άποψη της σταθερότητας των ειδών και της ελλείψεως μεταβολών.

Κατά τη διάρκεια του $18_{ου}$ αιώνα πολλοί βιολόγοι άρχισαν να ενδιαφέρονται για την ιδέα της εξελίξεως. Το 1794 ο Έρασμος Δαρβίνος, ο πάππος του Καρόλου Δαρβίνου, δημοσίευσε ένα μακρύ ποίημα με τον τίτλο ***Ζωονομία,*** που περιείχε την άποψη ότι εξέλιξη ήταν πιθανό να παρατηρείται στα φυτά και στα ζώα. Ο Δαρβίνος ο πρεσβύτερος αποδεχόταν την ιδέα της εξελίξεως, αλλά δεν πρότεινε καμιά υπόθεση για τον τρόπο που πραγματώνεται. Κατ' αυτόν τον τρόπο μία σπουδαία ερώτηση έμενε χωρίς απάντηση: Πώς πραγματοποιείται η εξέλιξη; Η απάντηση σε αυτή την ερώτηση απασχόλησε αργότερα τόσο τον Ιωάννη Λαμάρκ όσο και τον Κάρολο Δαρβίνο.

Το 1809, τον ίδιο χρόνο που γεννήθηκε ο Κάρολος Δαρβίνος, ο Γάλλος βιολόγος Ιωάννης Βαπτιστής Λαμάρκ δημοσίευσε ένα βιβλίο με τίτλο ***Φιλοσοφία της Ζωολογίας.*** Το βιβλίο αυτό παρουσίαζε τις ιδέες του για την εξέλιξη. Ο Λαμάρκ, ήταν ο πρώτος που παρουσίασε ολοκληρωμένη θεωρία για να εξηγήσει πώς τα φυτά και τα ζώα εξελίσσονται.

Ο Λαμάρκ οδηγήθηκε στο συμπέρασμα ότι μία μεγάλη μεταβολή στο περιβάλλον ενός είδους ζώου θα οδηγούσε στην ανάγκη μιας αντίστοιχης μεταβολής στο ίδιο το είδος. Αυτή η ανάγκη της μεταβολής, που προωθείται από τα εσωτερικά αισθήματα του ζώου, μπορεί να προκαλέσει στο ζώο την εμφάνιση νέων συνηθειών που το προσαρμόζουν στο νέο περιβάλλον του.

Ο Λαμάρκ διατύπωσε δύο κύριες αποδοχές που βασίζονταν στη μελέτη της φύσεως και στην ιδέα της ανάγκης κάθε οργανισμού για μεταβολή. Η πρώτη αποδοχή είναι γνωστή ως ο νόμος της χρήσεως και της αχρησίας. Ο Λαμάρκ αποδεχόταν ότι όσο περισσότερο



Εικόνα 3-7 *Η θεωρία του Λαμάρκ ισχυριζόταν ότι η καμηλοπάρδαλη ανέπτυξε το μακρύ λαιμό της και έκανε τα μπροστινά της πόδια μακρύτερα από τα πίσω καθώς τεντωνόταν, κατά τη διάρκεια αναριθμήτων γενιών, να φθάσει τα φύλλα. Τι είναι εκείνο που κάνει τη θεωρία αυτή μη αποδεκτή;*

χρησιμοποιείται ένα οποιοδήποτε τμήμα του σώματος, τόσο αναπτύσσεται και μεγαλώνει. Τα τμήματα που δεν χρησιμοποιούνται αδυνατίζουν σιγά-σιγά, γίνονται μικρότερα ή και εξαφανίζονται. Η δεύτερη αποδοχή του Λαμάρκ ονομάζεται νόμος της κληρονομικότητας των επικτήτων χαρακτηριστικών. Αυτό σημαίνει ότι ένα ζώο θα μπορούσε να μεταβιβάσει στους απογόνους του τα χαρακτηριστι-

Βιολογία Περιληπτικά





Ήπειροι που επιπλέουν

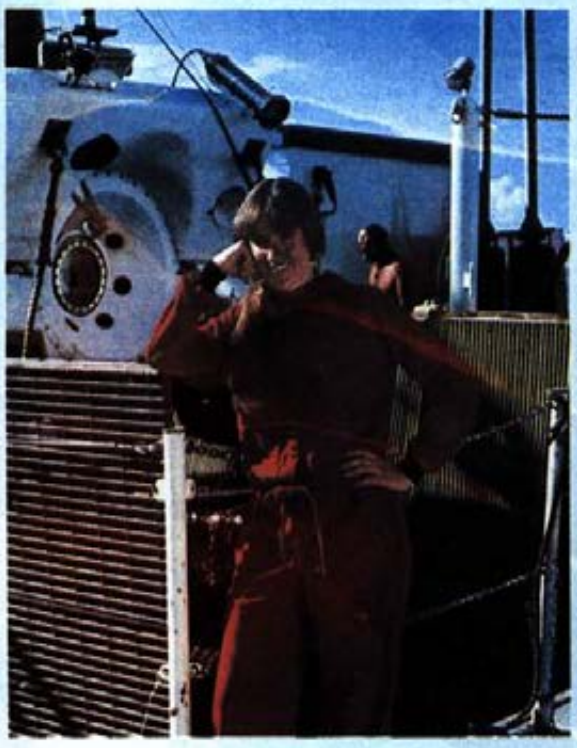
Θα σου άρεσε να ξεκινήσεις ένα ταξίδι γύρω από τον κόσμο; Τότε στάσου όπου βρίσκεσαι· η ήπειρος που βρίσκεσαι πλέει. Η ταχύτητά της είναι μόνο λίγα εκατοστά το χρόνο, αλλά κατά τη διάρκεια της ζωής σου μπορείς να ταξιδέψεις περισσότερο από δύο μέτρα. Δεν είναι καταπληκτικό;

Η υπερήπειρος Πανγαία κάποτε ήταν ενιαία λόγω της συνενώσεως των ηπειρωτικών υφαλοκρηπίδων. Κοίταξε πού ήταν η Ινδία. Όταν η Ινδία σταδιακά παρασύρθηκε και συντρίφτηκε πάνω στη νότια Ασία, έγινε αιτία να αναδυθεί η υψηλότερη οροσειρά του κόσμου. Το όρος Έβερεστ, το υψηλότερο όρος στον κόσμο, έγινε από τη σύγκρουση μεταξύ της Ασίας και της Ινδίας.

Στην πραγματικότητα οι ήπειροι δεν αντιστοιχούν από μόνες τους στα μετακινούμενα τεμάχια του φλοιού της γης. Κινούνται ενωμένες σε μεγαλύτερα τεμάχια και περιλαμβάνουν ηπείρους και ωκεανούς. Κάθε τεμάχιο κινείται κάπως διαφορετικά, προκαλώντας αλλαγές στο σχήμα των ηπείρων και των ωκεανών κατά τη διάρκεια εκατομμυρίων ετών. Η μελέτη αυτών των επιφανειακών πλακών και της κινήσεώς τους ονομάζεται τεκτονική των τεμαχών. Μπορεί να έχεις ήδη ακούσει για δύο από τα

κά που έχει αναπτύξει ή αποκτήσει κατά τη διάρκεια της ζωής του. Έτσι κάθε απόγονος θα μπορούσε να κληρονομήσει εκείνα τα χαρακτηριστικά που έχουν μεγαλώσει από τη χρήση ή αυτά που έχουν μικρύνει από την αχρησία. Ο Λαμάρκ βάσισε σε αυτές τις δύο αποδοχές την υπόθεση για τη διαδικασία της εξελίξεως. Οι δύο αποδοχές υποδεικνύουν ότι νέα είδη παρουσιάζονται μετά από πολλές γενιές λόγω της προσκτήσεως νέων χαρακτηριστικών ή απώλειας παλαιών χαρακτηριστικών.

Ο Λαμάρκ νόμιζε ότι πτηνά, όπως ο ερωδιός, ανάπτυξαν μακριά πόδια, καθώς τα τέντωναν για να κρατήσουν το σώμα τους έξω από το νερό. Κατά τον ίδιο τρόπο ο Λαμάρκ οδηγήθηκε στο συμπέρασμα ότι τα πόδια με τις νηκτικές μεμβράνες, που έχουν οι πάπιες και οι χήνες, αναπτύχθηκαν σαν αποτέλεσμα της χρήσεώς τους στην κολύμβηση. Ένα παράδειγμα του τρόπου σκέψεως του Λαμάρκ, που αναφέρεται συχνά, είναι η εξήγηση του τρόπου με τον οποίο ο λαιμός της καμηλοπάρδαλης έγινε τόσο μακρύς (βλ. εικόνα 3-7).





τεμάχη αυτά που γλιστρούν το ένα πάνω στο άλλο στην Καλιφόρνια. Κατά μήκος της ακτής, όπου αυτά τα τεμάχη καθώς προχωρούν τρίβονται και συντρίβονται, γίνονται σεισμοί. Το ένα τέμαχος κατά το μεγαλύτερο τμήμα του βρίσκεται κάτω από τον Ειρηνικό Ωκεανό. Το άλλο περιλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα της Βόρειας Αμερικής.

Στο μακρινό παρελθόν τα έμβια όντα μπορούσαν να κινούνται ελεύθερα μεταξύ των ηπείρων. Ακόμη και σήμερα η συνεχής απομάκρυνση και κίνηση των τεμαχών εξακολουθούν να έχουν επιπτώσεις στη ζωή. Επιστήμονες, όπως η δρ. Τάνυα Ατβάρερ (άνω), έχουν μελετήσει τις κινήσεις των τεμαχών στην Καλιφόρνια και αλλού και ακόμα αναλαμβάνουν την πραγματοποίηση υποβρυχίων εξερευνήσεων για τη μελέτη της επεκτάσεως του πυθμένα του ωκεανού στα σημεία όπου τα τεμάχη της επιφάνειας της γης απομακρύνονται το ένα από το άλλο.

Η καμηλοπάρδαλη ζει σε τοποθεσίες όπου το έδαφος είναι σχεδόν πάντοτε ξηρό και χωρίς χόρτα. Υποχρεωμένη να παίρνει την τροφή της από δέντρα εξωθείται διαρκώς να τεντώνεται προς τα πάνω. Αυτή η συνήθεια, καθώς συντηρείται για μεγάλες χρονικές περιόδους από κάθε άτομο της φυλής, έχει ως αποτέλεσμα τα μπροστινά πόδια να είναι μακρύτερα από τα πίσω και ο λαιμός να είναι τόσο μακρύς, ώστε, όταν η καμηλοπάρδαλη σηκώνει το κεφάλι της, να έχει ύψος περίπου έξι μέτρα, χωρίς να σηκώνει τα μπροστινά άκρα από το έδαφος[1].

Αυτός ο τρόπος σκέψεως φαίνεται εξαιρετικά πειστικός, γιατί η πρώτη κύρια αποδοχή του Λαμάρκ είναι σωστή: μέρη του ζώου αλλάζουν ανάλογα με τη χρήση ή την αχρησία τους. Και συ ο ίδιος θα έχεις πιθανότατα δει πολλά παραδείγματα. Οι αθλητές, για παράδειγμα, αναπτύσσουν με τη χρήση μεγαλύτερους και δυνατότερους μύες.

Η δεύτερη υπόθεση του Λαμάρκ αποδείχθηκε λανθασμένη. Πολυάριθμες παρατηρήσεις και πειράματα απέτυχαν να αποδείξουν



Εικόνα 3-8 *Ο εξαφανισμένος Γλυπτόδων ήταν πολλές φορές μεγαλύτερος από το σύγχρονο αρμαδίλλο (που εμφανίζεται σε κλίμακα στο μικρότερο σχέδιο) αλλά παρόλα αυτά μοιάζουν σε πάρα πολλά σημεία.*

ότι τα επίκτητα χαρακτηριστικά είναι δυνατόν να κληρονομηθούν στους απογόνους.

Έστω και αν ήταν λανθασμένη η υπόθεση του Λαμάρκ για τον τρόπο εξελίξεως, η σπουδαιότητά της ως μιας λογικής προσεγγίσεως του θέματος δεν ξεχάστηκε. Ο Λαμάρκ κατέγραψε σε μία σειρά από ενδιαφέροντα βιβλία πολλές προσεκτικές παρατηρήσεις για τη φύση. Η ιδέα της εξελίξεως απέτυχε να προκαλέσει τη φαντασία των ανθρώπων εκείνη την εποχή. Και όμως, ακριβώς πενήντα χρόνια αργότερα, ο Κάρολος Δαρβίνος κίνησε το ενδιαφέρον του δυτικού κόσμου με τις νέες ενδείξεις για τη θεωρία της εξελίξεως και μία άλλη εξήγηση για τον τρόπο με τον οποίο πραγματώνεται η εξέλιξη.

3-5
Το ταξίδι του Δαρβίνου με το πλοίο της Α.Μ., Μπηγκλ

Το 1831, σε ηλικία 22 ετών, ο Δαρβίνος απέπλευσε από την Αγγλία ως φυσιοδίφης του πλοίου, της Α.Μ., *Μπηγκλ*. Το πλήρωμα του *Μπηγκλ* είχε εντολή να χαρτογραφήσει, για τη Μεγάλη Βρετανία, τις μακρινές ακτές της Νότιας Αμερικής και των νησιών του Ειρηνικού. Ο Δαρβίνος, ως φυσιοδίφης του πλοίου, συνέλεξε δείγματα ζώων και φυτών και κατέγραψε βιολογικές και γεωγραφικές παρατηρήσεις.

Ο Δαρβίνος ξέθαψε, επίσης, απολιθωμένα υπολείμματα μεγάλων ζώων, διαφορετικών από αυτά που ζουν σήμερα. Στην Αργεντινή ο Δαρβίνος βρήκε ένα γιγαντιαίο εξαφανισμένο ζώο που θύμιζε το ζώο αρμαδίλλος, το οποίο ζει σήμερα. Όμως αυτά τα τέρατα, μήκους 4 μέτρων, πολύ δύσκολα θα μπορούσαν να ενταχθούν στο ίδιο είδος με το σύγχρονο αρμαδίλλο. Η εικόνα 3-8 δείχνει ορισμένες από τις διαφορές μεταξύ των δύο.

Περίπου 600 μίλια μακριά από τις δυτικές ακτές της Νότιας Αμερικής το *Μπηγκλ* έφθασε στα νησιά Γκαλαπάγκος που φαίνονται στο χάρτη της εικόνας 3-9. Ο Δαρβίνος βρήκε διαφορετικούς σπίνους και χελώνες σε κάθε ένα από τα νησιά που επισκέφθηκε. Ο Δαρβίνος έγραψε:

> «Κατά τη διάρκεια του ταξιδιού του Μπηγκλ εντυπωσιάστηκα βαθιά από την ανακάλυψη στις εκτάσεις (πεδιάδες) της Πάμπας μεγάλων απολιθωμένων ζώων, καλυμμένων από ένα είδος θώρακα παρόμοιου με αυτόν που έχουν οι σύγχρονοι αρμαδίλλοι. Δεύτερος λόγος (που εντυπωσιάστηκα βαθιά) ήταν ο τρόπος με τον οποίο ζώα συγγενή μεταξύ τους υποκαθιστούν το ένα το άλλο, καθώς προχωρεί κανείς προς νότο κατά μήκος της ηπείρου. Τρίτος λόγος ήταν τα νοτιοαμερικανικά χαρακτηριστικά των περισσοτέρων πραγμάτων που

υπάρχουν στα νησιά Γκαλαπάγκος και ειδικότερα από τον τρόπο που διαφέρουν ελάχιστα σε κάθε νησί του συμπλέγματος· κανένα από τα νησιά δεν φαίνεται πολύ παλαιό από γεωγραφικής απόψεως.

Ήταν φανερό ότι γεγονότα σαν και αυτά, όπως και πολλά άλλα, θα μπορούσαν να εξηγηθούν, αν υποθέσει κανείς ότι τα είδη βαθμιαία μεταβάλλονται. Και αυτό το θέμα στοίχειωσε μέσα μου[2]».

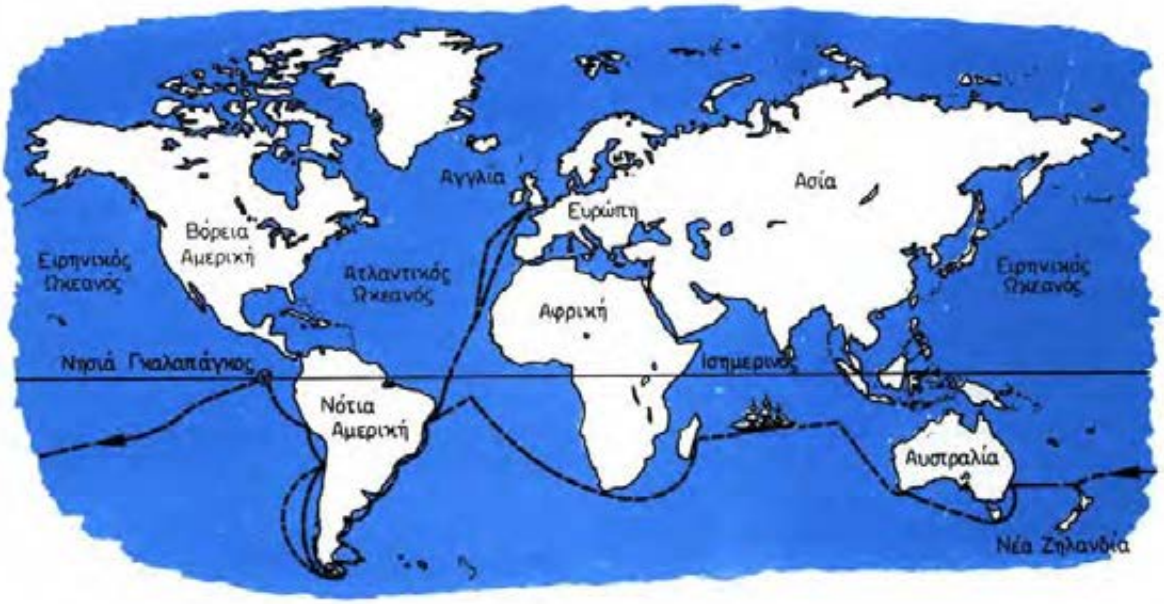
Η ποικιλότητα που παρατήρησε ο Δαρβίνος μεταξύ των ειδών, ήταν φανερό ότι επιζητούσε κάποια εξήγηση. Γιατί θα έπρεπε τα άτομα ενός είδους να είναι όμοια μεταξύ τους όπου και αν βρίσκονταν; Κατά τη διάρκεια του ταξιδιού ο Δαρβίνος διάβαζε το βιβλίο, ***Οι Αρχές της Βιολογίας,*** γραμμένο από το στενό του φίλο Κάρολο Λυέλλ. Ένας από τους καθηγητές του Δαρβίνου τον είχε συμβουλεύσει να διαβάσει αυτό το βιβλίο υπό την προϋπόθεση όμως «να μην αποδεχθεί για κανένα λόγο την άποψη που υποστήριζε». Το βιβλίο του Λυέλλ προωθούσε την υπόθεση ότι οι δυνάμεις της φύσεως που δρούσαν στο παρελθόν δρουν και σήμερα. Ο Λυέλλ υποστήριζε ότι αυτές οι δυνάμεις εξηγούν τη διαμόρφωση της όψεως της γήινης επιφάνειας διαμέσου του χρόνου. Ο Δαρβίνος άρχισε να διαμορφώνει τις απόψεις του για τις διάφορες μορφές της ζωής ακολουθώντας τις ιδέες του Λυέλλ.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 3-Α. Ποικιλότητα εντός των ειδών, σελίδα 578.

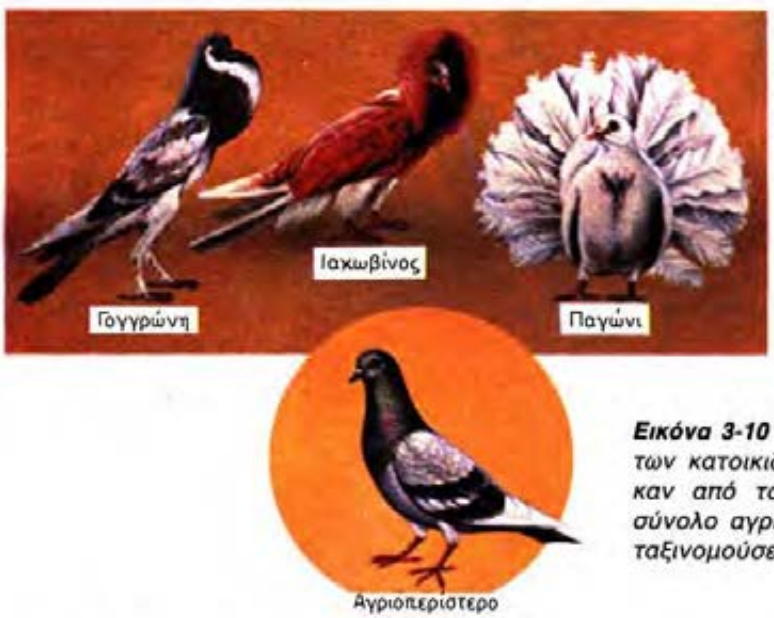
3-6
Ο Μάλθους δίνει στον Δαρβίνο άλλο ένα στοιχείο

Ο Δαρβίνος επέστρεψε στην Αγγλία μετά από πέντε χρόνια πάνω στο Μπιγκλ. Τα χρόνια που ακολούθησαν τα αφιέρωσε στη μελέτη και σε σκέψεις γύρω από την ποικιλότητα που υπάρχει μέσα σε κάθε είδος. Κάποτε διάβασε τυχαία μία πραγματεία του Θωμά Μάλθους. Ο Δαρβίνος έγραψε:

«Τον Οκτώβριο του 1838, δηλαδή δεκαπέντε μήνες από τότε που άρχισα τη συστηματική μου έρευνα, έτυχε να διαβάσω, για να περάσω ευχάριστα τον καιρό μου, τις απόψεις του Μάλθους για τον πληθυσμό και, καθώς ήμουν καλά προετοιμασμένος από τις μακρο-



Εικόνα 3-9 *Η διαδρομή του Μπιγκλ. Ο Δαρβίνος βρήκε στη Νότια Αμερική και τα νησιά Γκαλαπάγκος μερικές από τις πιο σημαντικές ενδείξεις για τη θεωρία της εξελίξεως.*



Εικόνα 3-10 *Εάν οι τεράστιες διαφορές αυτών των κατοικιδίων περιστεριών πο ι αναπτύχθηκαν από τον άνθρωπο, βρίσκονταν σε ένα σύνολο αγρίων ζώων, ένας φυσιοδίφης θα τα ταξινομούσε σε διαφορετικά είδη.*

χρόνιες παρατηρήσεις γύρω από τον τρόπο ζωής των ζώων και των φυτών, να αποδεχθώ τον αγώνα περί υπάρξεως, που λαμβάνει χώρα παντού, κατάλαβα ξαφνικά ότι, κάτω από τις συνθήκες αυτές, ευνοϊκές αποκλίσεις θα έτειναν να διασωθούν και δυσμενείς θα έτειναν να απωλεσθούν. Το αποτέλεσμα θα ήταν η δημιουργία ενός νέου είδους. Εδώ λοιπόν είχα επιτέλους μία θεωρία, με την οποία μπορούσα να εργασθώ· αλλά ανησυχούσα τόσο πολύ, για να αποφύγω κάθε προκατάληψη, ώστε αποφάσισα να μη γράψω, για αρκετό καιρό, ούτε την πιο σύντομη περιγραφή της[3]».

3-7
Ο Δαρβίνος βρίσκει στοιχεία από την παρατήρηση και την εμπειρία

Οι παρατηρήσεις του Δαρβίνου για τη φύση μαζί με την έρευνα άλλων επιστημόνων οδηγούσαν όλες μαζί σε ένα σημείο· ότι τα είδη μεταβάλλονται. Ο Δαρβίνος αποδέχθηκε αυτό ως μία επιστημονική υπόθεση: Τα είδη, σε αντίθεση με ό,τι ήταν σχεδόν κοινή πίστη, δεν είναι σταθερά και αναλλοίωτα αλλά στην πραγματικότητα μεταβάλλονται με την πάροδο μεγάλων χρονικών περιόδων.

Πρόσθετα στοιχεία για την υπόθεση προέκυψαν από τη μελέτη της ποικιλότητας μεταξύ οργανισμών οικιακών (εξημερωμένων) ζώων. Όταν ο Δαρβίνος επέστρεψε στην Αγγλία, μελέτησε την εργασία εκείνων που εργάζονταν για τη βελτίωση των ζώων και των φυτών. Στα οικιακά ζώα και φυτά είχε αναπτυχθεί πολύ μεγαλύτερη ποικιλότητα από ό,τι ο Δαρβίνος είχε παρατηρήσει στα άγρια ζώα και φυτά. Ο Δαρβίνος πειραματίστηκε με την ανατροφή και βελτίωση οικιακών ποικιλιών περιστεριών. Σχεδιασμένες διασταυρώσεις περιστεριών με διαφορετικά χαρακτηριστικά οδήγησαν μετά από μερικές γενιές σε τελείως νέες ποικιλίες περιστεριών. Αυτές οι νέες ποικιλίες θύμιζαν τα αγριοπερίστερα, αν και διέφεραν από αυτά από πολλές απόψεις. Η εικόνα 3-10 δείχνει το αγριοπερίστερο και τις ασυνήθιστες ποικιλίες που προέκυψαν από αυτό.

Ο Δαρβίνος ανακάλυψε ότι όσοι καταγίνονταν με τη βελτίωση των ζώων και των φυτών ήταν σε θέση να αναπτύξουν τέτοια ασυνήθιστη ποικιλότητα μεταξύ των ζώων και των φυτών με τη χρήση της επιλογής. Επέλεγαν με προσοχή για ζευγάρωμα εκείνα τα ζώα και τα φυτά που είχαν τα χαρακτηριστικά που ήθελαν.

Το ερώτημα που απασχολούσε πλέον τον Δαρβίνο ήταν:

Αν οι άνθρωποι επιλέγουν προκειμένου να δημιουργήσουν νέους τύπους οικιακών ζώων και φυτών, τι οδηγεί στη δημιουργία νέων τύπων στη φύση; Εάν έδειχνε κανείς σε ένα κάτοικο των Γκαλαπάγκος μία χελώνα των

νησιών Γκαλαπάγκος, θα μπορούσε ο ίδιος να πει από πιο νησί προερχόταν η χελώνα με βάση τις ανεπαίσθητες αλλά ξεκάθαρες διαφορές στο κέλυφός της. Αυτή η ποικιλότητα που παρουσιάζεται στις χελώνες των νησιών είναι ένδειξη μιας διαδικασίας μεταβολής προς νέους τύπους; Εάν αυτό ισχύει, τότε, σκέφτηκε ο Δαρβίνος, δεν είναι επιλογή, που κατευθύνεται από τους ανθρώπους, αλλά είναι επιλογή που κατευθύνεται από την ίδια τη φύση. Ο Δαρβίνος κατάλαβε ότι η προσεκτική επιλογή από τους ανθρώπους μπορεί να οδηγήσει σε νέους τύπους σε σχετικά σύντομο χρόνο, ενώ η επιλογή από τη φύση ίσως να προχωρεί πιο αργά.

3-8
Ο Δαρβίνος διαμορφώνει μία θεωρία για φυσική επιλογή

Οι παρατηρήσεις και οι εμπειρίες του ίδιου του Δαρβίνου, το βιβλίο του Καρόλου Λυέλλ και η πραγματεία του Μάλθους για τον πληθυσμό τον βοήθησαν να διαμορφώσει τη θεωρία της εξελίξεως. Ο Δαρβίνος υπέθεσε ότι νέα είδη προέρχονται από μία διαδικασία φυσικής επιλογής. Η πρώτη αποδοχή του Δαρβίνου ήταν ότι όλα τα είδη έχουν τάση να αναπαράγονται κατά γεωμετρική πρόοδο από γενιά σε γενιά. Αυτό διαφέρει από την αριθμητική πρόοδο 1, 2, 3, 4 ή 1, 3, 5, 7 κ.ο.κ. Όταν κάτι αυξάνει με βήματα γεωμετρικής προόδου, σε κάθε βήμα πολλαπλασιάζεται επί τον ίδιο αριθμό. Για παράδειγμα, αν 1 αμοιβάδα διαιρείται για να δώσει 2 αμοιβάδες, τότε οι 2 θα διαιρεθούν για να δώσουν 4. Στις γενιές που ακολουθούν θα παραχθούν 8, 16, 32, 64, 128 κ.ο.κ.

Αλλά σε όλες τις μελέτες του Δαρβίνου σε πληθυσμούς ζώων και φυτών δεν υπήρχαν κατά κανόνα τέτοιες γιγαντιαίες αυξήσεις. Πολλοί απόγονοι πέθαιναν ή τους σκότωναν και τους έτρωγαν. Η δεύτερη αποδοχή του Δαρβίνου, ήταν ότι ο συνολικός αριθμός σε κάθε είδος συνήθως παραμένει ο ίδιος, ακριβώς για τον παραπάνω λόγο, αν και οι οργανισμοί αναπαράγονται σε μεγαλύτερους αριθμούς.

Η τρίτη αποδοχή του Δαρβίνου ήταν ότι η ποικιλότητα παρατηρείται σε όλα τα είδη. Ορισμένες παραλλαγές θα βοηθούσαν τα μέλη ενός είδους να επιβιώσουν και άλλες όχι.

Ο Δαρβίνος έφθασε στο συμπέρασμα ότι, κατά κανόνα, εκείνοι οι οργανισμοί που είχαν ευνοϊκές παραλλαγές είχαν περισσότερες πιθανότητες να επιβιώσουν και να αναπαραχθούν. Πολλοί από τους οργανισμούς με δυσμενείς παραλλαγές θα πέθαιναν. Οι επιζώντες θα περνούσαν τις παραλλαγές τους στους απογόνους τους. Οι ευνοϊκές παραλλαγές θα συσσωρεύονταν με την πάροδο του χρόνου. Καθώς αυτές οι παραλλαγές συσσωρεύονται, οι οργανισμοί γίνονται τόσο διαφορετικοί από τα μέλη του αρχικού είδους, ώστε τελικά προκύπτει ένα νέος είδος.

Οι λέξεις του ίδιου του Δαρβίνου δείχνουν την αποδεικτική διαδικασία πίσω από την αρχή της φυσικής επιλογής:

> «Αν κάτω από μεταβαλλόμενες συνθήκες ζωής τα οργανικά όντα αντιπροσώπευαν εξατομικευμένες διαφορές σε κάθε σχεδόν τμήμα της δομής των· και αυτό δεν μπορεί να αμφισβητηθεί· αν λόγω του γεωμετρικού ρυθμού αυξήσεως παρουσιασθεί ένας σοβαρός αγώνας για ζωή μέχρι κάποια ηλικία, εποχή ή έτος· και αυτό δεν μπορεί να αμφισβητηθεί. Αλλά αν παρατηρηθούν ποτέ χρήσιμες παραλλαγές σε οποιοδήποτε οργανικό ον, είναι βέβαιο ότι τα άτομα που χαρακτηρίζονται από αυτές θα έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να διατηρηθούν κατά τη διάρκεια του αγώνα για ζωή· και εξαιτίας της ισχυρής αρχής της κληρονομικότητας αυτοί θα τείνουν να παράγουν απογόνους που θα έχουν παρόμοιους χαρακτήρες. Αυτή την αρχή της διατηρήσεως ή της επιβιώσεως του πιο προσαρμοσμένου την ονόμασα φυσική επιλογή[4]».

Η υπόθεση της φυσικής επιλογής του Δαρβίνου προσπαθεί να εξηγήσει πώς νέα είδη θα μπορούσαν να προέλθουν από τα παλιά είδη και πώς προήλθε η τεράστια ποικιλομορφία της ζωής στη γη. Ακολουθεί μία περίληψη των ιδεών υπό μορφή καταλόγου:

1. Όλοι οι οργανισμοί τείνουν να αυξάνουν σε αριθμό κατά γεωμετρική πρόοδο.
2. Παρόλα αυτά σε κάθε γενιά ο αριθμός των ατόμων σε ένα είδος παραμένει σχεδόν σταθερός.
3. Έτσι πρέπει να υπάρχει ένας αγώνας για επιβίωση.

4. Παραλλαγές (που μπορούν να κληρονομηθούν) βρίσκονται μεταξύ των ατόμων σε κάθε είδος.
5. Μερικές παραλλαγές είναι ευνοϊκές για ένα οργανισμό σε ένα ειδικό περιβάλλον και τον βοηθούν να επιβιώσει και να αναπαραχθεί σε μεγάλη έκταση. Οι οργανισμοί που επιβιώνουν μεταβιβάζουν τις κληρονομήσιμες παραλλαγές τους στους απογόνους τους.
6. Με την πάροδο του χρόνου εμφανίζονται διαφορές, έως ότου ένα νέο είδος εμφανίζεται από το παλιό είδος.

3-9
Ο Δαρβίνος παρουσιάζει τη νέα υπόθεση

Ο Δαρβίνος δίσταζε να δημοσιεύσει τη νέα του υπόθεση, έως ότου θα ήταν δυνατόν να συγκεντρωθούν πάρα πολλές ενδείξεις που να την υποστηρίζουν. Για περισσότερο από 20 χρόνια ο Δαρβίνος συνέχισε να συγκεντρώνει δεδομένα που θα βοηθούσαν στην παραγωγή μιας τελείως αξιόπιστης εργασίας.

Το 1858 ο Δαρβίνος πήρε ένα γράμμα από τον Αλφρέντο Ράσσελ Ουάλλας, ένα συνάδελφο φυσιοδίφη που ζούσε στη Μαλαισία. Εσώκλειστη στο γράμμα ήταν μία πραγματεία που είχε γράψει ο Ουάλλας. Ο Ουάλλας ζητούσε από το Δαρβίνο να τη διαβάσει και να τη δώσει στον Κάρολο Λυέλλ. Μέσα στην πραγματεία αυτή ο Δαρβίνος βρήκε την υπόθεση της φυσικής επιλογής, όπως την είχε ανακαλύψει ανεξάρτητα ο Ουάλλας. Ο Δαρβίνος ήταν έτοιμος να κάνει την τιμή στον Ουάλλας, να είναι αυτός το πρώτο πρόσωπο που θα παρουσίαζε την υπόθεση. Παρόλα αυτά ένας φίλος του Δαρβίνου κανόνισε έτσι τα πράγματα, ώστε να παρουσιασθούν σύντομα άρθρα και των δύο επιστημόνων με κοινό τίτλο και με τα δύο ονόματά τους μαζί. Παραδόξως τα άρθρα έγιναν αποδεκτά χωρίς ενθουσιασμό. Αργότερα ο Δαρβίνος ολοκλήρωσε ένα βιβλίο που έγινε περίφημο: ***Περί της καταγωγής των ειδών.*** Το βιβλίο αυτό προκάλεσε καταιγίδα αμφισβητήσεων. Οργανώθηκαν συναντήσεις για τη συζήτηση της υποθέσεως στις οποίες όμως ο Δαρβίνος σπανίως έλαβε μέρος.

Ο Δαρβίνος δεν αναφέρθηκε ευθέως στην καταγωγή των ανθρωπίνων όντων στο βιβλίο ***Περί της καταγωγής των ειδών.*** Δώδεκα χρόνια αργότερα στο βιβλίο ***Η καταγωγή του ανθρώπου*** ο Δαρβίνος έγραψε για την εξέλιξη του ανθρώπου.

Η ανάπτυξη της θεωρίας της εξελίξεως με βάση τη φυσική επιλογή ήταν ένα αξιομνημόνευτο κατόρθωμα του 19ου αιώνα. Μεγάλα κεφάλαια γνώσεως που θα βοηθούσαν το Δαρβίνο δεν ήταν ακόμη γνωστά. Τα βασικά ερωτήματα του Γκρέγκορ Μέντελ στη μελέτη της κληρονομικότητας, που σήμερα ονομάζεται Γενετική, ήταν άγνωστα στο Δαρβίνο και τους περισσότερους επιστήμονες της εποχής αυτής. Η κυτταρολογία, η μελέτη δηλαδή των κυττάρων, δεν είχε ακόμη αποκαλύψει τον τρόπο με τον οποίο διαιρούνται τα κύτταρα. Η μελέτη των απολιθωμάτων, η παλαιοντολογία, είχε προσκομίσει πολύ λίγα απολιθώματα σε σύγκριση με όσα υπάρχουν σήμερα. Και ούτε τα μαθηματικά είχαν ακόμη επηρεάσει τη σκέψη των βιολόγων.

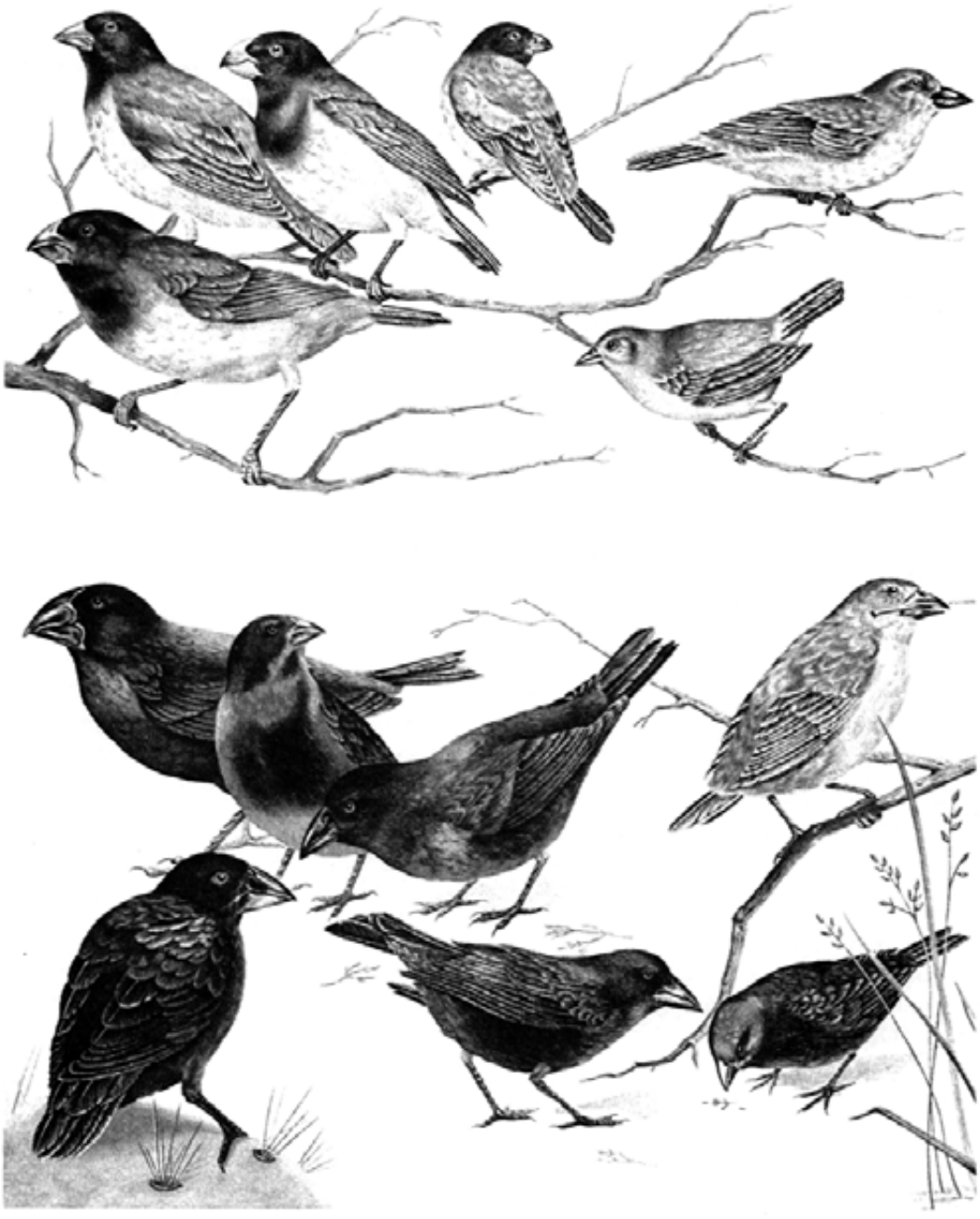
Στο τέλος του βιβλίου ***Περί της καταγωγής των ειδών*** ο Δαρβίνος υποστηρίζει:

> «Υπάρχει ένα μεγαλείο στον τρόπο αυτόν ενατενίσεως της ζωής, με τις διάφορες δυνάμεις που εμφύσησε από την αρχή ο Δημιουργός σε λίγες μορφές ή σε μία. Και ενώ ο πλανήτης αυτός περιστρέφεται ακολουθώντας τους νόμους της βαρύτητας, από την τόσο απλή αρχή έχουν προέλθει τόσο όμορφες και τόσο θαυμαστές αναρίθμητες μορφές».

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ιδέες του Λαμάρκ και του Δαρβίνου συνδέονται αλλά είναι διαφορετικές. Και οι δύο αποδέχθηκαν την εξέλιξη. Και οι δύο αναρωτήθηκαν πώς πραγματώνεται. Ο Λαμάρκ σημείωσε ότι τμήματα του σώματος των οργανισμών αναπτύσσονταν περισσότερο με τη χρήση. Μπορούσε αυτή η ανάπτυξη να κληρονομηθεί και να οδηγήσει στην εξέλιξη; Αυτός ήταν ο τρόπος με τον οποίο, σύμφωνα με τις απόψεις του Λαμάρκ, προχωρούσε η εξέλιξη.

Ο Δαρβίνος απέρριψε την άποψη του Λαμάρκ ότι τα επίκτητα χαρακτηριστικά μπορούν να κληρονομηθούν. Ήταν φανερό ότι υπήρχε πληθώρα αμιγών κληρονομικών χαρακτηριστικών, από τα οποία για όσους εργάζονταν για τη βελτίωση των ζώων και των φυτών θα μπορούσαν να «δημιουργηθούν» νέοι τύποι οργανισμών με την επιλογή



Εικόνα 3-11 *Οι σπίνοι των Γκαλαπάγκος ήταν ικανοί να προσαρμοσθούν σε διάφορες πηγές τροφής, γιατί νέα είδη συναγωνίζονταν μαζί τους. Σημείωσε τις ποικιλότητες στο μέγεθος και σχήμα που έχουν τα ράμφη.*

απλώς των χαρακτηριστικών που ήσαν επιθυμητά. Η φυσική επιλογή θα μπορούσε, με τη σταθεροποίηση νέων πλεονεκτικών, έναντι άλλων, χαρακτηριστικών (όπως αυτά που μελέτησε ο Λαμάρκ), να εξηγήσει την εξέλιξη.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Ποιες ήταν οι δύο κύριες αποδοχές που έκανε ο Λαμάρκ;
2. Ποια ήταν η υπόθεση του Καρόλου Λυέλλ; Τι επίδραση είχε στη σκέψη του Δαρβίνου;
3. Σε ποιο σπουδαίο σημείο διαφέρουν οι αποδοχές του Δαρβίνου από τις αποδοχές του Λαμάρκ;
4. Παρέθεσε τις βασικές αποδοχές της θεωρίας της φυσικής εξελίξεως του Δαρβίνου.

3-10
Οι σπίνοι του Δαρβίνου

Τα Γκαλαπάγκος είναι ηφαιστειογενή νησιά που αναδύθηκαν από τον ωκεανό περίπου πριν από ένα εκατομμύριο χρόνια. Τα νησιά δεν ήταν ποτέ ενωμένα με την ήπειρο της Νότιας Αμερικής. Γι' αυτό, μόνο ζώα που έφθασαν τυχαία στα νησιά θα μπορούσαν να τα αποικίσουν. Πάρα πολύ λίγα είδη χερσοβίων ζώων ζουν σ' αυτά, μόνο δύο είδη θηλαστικών, πέντε είδη ερπετών και μία δωδεκάδα περίπου χερσοβίων πτηνών.

Κατά τη διάρκεια της επισκέψεως του *Μπηγκλ* στα νησιά Γκαλαπάγκος ο Δαρβίνος συνέλεξε πολλά δείγματα από ένα ασήμαντο πτηνό με άψυχα χρώματα, το σπίνο. Υπήρχαν 13 διαφορετικά είδη σπίνων: έξι εδαφόβιοι, έξι δενδρόβιοι και ένα είδος ωδικού σπίνου που έβρισκε την τροφή του σε θάμνους. Εάν κοιτάξεις τα σχέδια αυτών των σπίνων (εικόνα 3-11), μπορείς να δεις τι παρατήρησε ο Δαρβίνος. Αν και τα σώματα των σπίνων είναι αρκετά όμοια τα ράμφη τους διαφέρουν σε μέγεθος και σε σχήμα. Ο Δαρβίνος υποστήριξε ότι τα ράμφη ήταν προσαρμοσμένα σε διαφορετικά είδη τροφής. Ο Δαρβίνος πίστευε ότι όλοι αυτοί οι σπίνοι, με τα διαφορετικά ράμφη και τα διαφορετικά είδη τροφής, είχαν όλοι ένα κοινό πρόγονο. Το προγονικό είδος μπορεί να ζούσε στην ήπειρο της Νότιας Αμερικής. Ορισμένοι, από αυτές τις αρχικές μορφές, έφθασαν στα νησιά και με την πάροδο του χρόνου και την εξέλιξη οδήγησαν στην εμφάνιση της ποικιλότητας των σπίνων στα διάφορα νησιά. Οι σπίνοι της ηπείρου δεν παρουσιάζουν τέτοια ποικιλότητα. Φαίνεται ότι οι σπίνοι, όντας απομονωμένοι από την ήπειρο, έπρεπε να ανταγωνίζονται, για τροφή, μεταξύ τους και μόνο με λίγα άλλα είδη πτηνών. Αργότερα τα πτηνά εισχώρησαν σε διαφορετικές περιβαλλοντολογικά μικροπεριοχές και προσαρμόστηκαν με τη φυσική επιλογή σε διαφορετικό είδος τροφής. Ενώ οι σπίνοι των νησιών άλλαζαν λόγω της προσαρμογής, οι σπίνοι της ηπείρου ανταγωνίζονταν άλλα πτηνά, όπως τον τρυποκάρυδο και τον κορυδαλλό. Τα διαφορετικά ράμφη των σπίνων ήταν προσαρμογές. Μία προσαρμογή είναι μία κληρονομούμενη ποικιλότητα ή ένας συνδυασμός κληρονομουμένων χαρακτηριστικών, ο οποίος βελτιώνει την πιθανότητα του οργανισμού για επιβίωση και αναπαραγωγή σε ένα εξειδικευμένο περιβάλλον.

3-11
Νέες παρατηρήσεις και πειράματα υποστηρίζουν τη φυσική επιλογή

Ο βιολόγος που μελετά την εξέλιξη στο εργαστήριο τρέπει να προσπαθήσει να αναπαράγει τις συνθήκες της φύσεως, προκειμένου να παρατηρήσει την πρόοδο της φυσικής επιλογής. Για παράδειγμα, σε ένα πείραμα αυτού του τύπου χρησιμοποιήθηκαν ποντικοί. Στο ειδικό είδος ποντικών που χρησιμοποιήθηκε υπάρχουν δύο χρωματικές ποικιλίες, η μία ασπροκίτρινη και η άλλη φαιά, όπως φαίνεται στην εικόνα 3-12. Κάτω από πλήρως ελεγχόμενες συνθήκες σε ένα εργαστήριο του πανεπιστημίου του Μίτσιγκαν τοποθετήθηκαν και οι δύο ποικιλίες των ποντικών σε ένα δωμάτιο με μία κουκουβάγια. Μία «ζούγκλα» από κλαδιά που συμπλέκονταν μεταξύ τους παρείχαν στους ποντικούς μερικά μέρη για να κρύβονται. Το δωμάτιο ήταν σχεδόν σκοτεινό, ώστε η κουκουβάγια μόλις μπορούσε να δει τα θύματά της. Τη μία μέρα το πάτωμα το σκέπαζαν με ένα ανοικτόχρωμο χώμα που ταίριαζε με τους ασπροκίτρινους ποντικούς και την επόμενη μέρα με ένα σκουρότερο χώμα που ταίριαζε με τους φαιούς ποντικούς.

Τέσσερις ποντικοί από κάθε χρώμα ελευθερώνονταν κάθε μέρα και παρέμεναν εκτεθειμένοι στην κουκουβάγια για 15 λεπτά. Σύμφωνα με το χρώμα του χώματος που χρησιμοποιούσαν κάθε φορά, η μία ομάδα ποντικών ήταν πιο ευδιάκριτη πάνω στο υπόβαθρο και η άλλη διακρίνονταν πιο δύσκολα. Σε 44 δοκιμές, με κάθε είδος χώματος, σχεδόν διπλάσιοι ποντικοί από αυτούς που διακρίνονταν πιο εύκολα συλλαμβάνονταν από την κουκουβάγια (107 προς 65). Άλλα πειράματα όπως αυτό, δείχνουν τον τρόπο με τον οποίο παραλλαγές μέσα σε ένα είδος μπορούν να αποτελούν πλεονέκτημα ή μειονέκτημα.

Θα έχεις ίσως ακούσει ότι ορισμένα βακτήρια έχουν «αναπτύξει αντίσταση» στην πενικιλλίνη. Αυτή η διατύπωση δημιουργεί την

εντύπωση ότι τα βακτήρια αντέδρασαν σύμφωνα με τις θεωρίες του Λαμάρκ (παράγρ. 3-4). Η συζήτηση, που ακολουθεί, γύρω από ένα πείραμα στο οποίο χρησιμοποιήθηκε το βακτήριο *Σταφυλόκοκκος ο χρυσίζων* μπορεί να σε βοηθήσει να αποφασίσεις αν η διαδικασία είναι ή όχι λαμαρκιανή.

Όταν 100 περίπου εκατομμύρια βακτηριακά κύτταρα, μέσα σε ένα τρυβλίο, εκτέθηκαν σε μία ασθενή δόση πενικιλλίνης, επιβίωσαν λιγότερο από 10 κύτταρα. Οι απόγονοι αυτών των 10 κυττάρων επιβίωσαν και πολλαπλασιάστηκαν στην ασθενή δόση, αλλά νεκρώθηκαν σχεδόν όλοι όταν διπλασιάστηκε η δόση της πενικιλλίνης. Και πάλι τα λίγα κύτταρα που επιβίωσαν, τα άφησαν να πολλαπλασιασθούν και τα εξέθεσαν σε μία ακόμη πιο ισχυρή δόση πενικιλλίνης. Τελικά απομονώθηκε μία ποικιλία βακτηριδίων που μπορούσε να αντέξει μία δόση 2.500 φορές μεγαλύτερη από τη δόση που νέκρωσε σχεδόν όλα τα κύτταρα στην αρχική καλλιέργεια. Θυμήσου ότι τα βακτήρια αυτά δεν «ανέπτυξαν αντίσταση» ατομικά το καθένα στην πενικιλλίνη. Αντίθετα, ήταν οι απόγονοι αυτών των λίγων βακτηριδίων που είχαν κληρονομήσει ένα ευνοϊκό πλεονέκτημα.

Τον τελευταίο καιρό έχομε δει πολλά παραδείγματα φυσικής επιλογής σε οργανισμούς που αντιμετωπίσθηκαν με εντομοκτόνα και φάρμακα. Όταν το ντι-ντι-τι πρωτοχρησιμοποιήθηκε για τις οικιακές μύγες, τις σκότωνε με επιτυχία. Τώρα, αρκετά χρόνια αργότερα, οι οικιακές μύγες παρουσιάζουν αντίσταση στο ντι-ντι-τι. Κατά τον πρώτο χρόνο που χρησιμοποιήθηκε το ντι-ντι-τι σε μία περιοχή σκότωνε όλες σχεδόν τις μύγες. Λίγες, όμως, επιβίωναν, γιατί είχαν κληρονομήσει μία παραλλαγή. Καθώς αυτές οι μύγες που είχαν την ικανότητα αντιστάσεως, επιβίωναν προς αναπαραγωγή, γρήγορα ξεπερνούσαν σε πληθυσμό εκείνες που είχαν μικρότερη αντίσταση. Βαθμιαία, όπου το ντι-ντι-τι χρησιμοποιήθηκε για πολλά χρόνια, μόνο μύγες που είχαν αντίσταση στο ντι-ντι-τι επιβίωναν. Το ντι-ντι-τι παρέχει ένα παράγοντα στο περιβάλλον που οδηγεί σε φυσική επιλογή. Δεν προσδίνει αντίσταση στις μύγες.

Η επιλογή μπορεί να θεωρηθεί ότι καθορίζει την κατεύθυνση της εξελίξεως. Η φυσική επιλογή είναι η αιτία της προσαρμογής των οργανισμών στο περιβάλλον τους. Η εξέλιξη είναι το αποτέλεσμα μιας σειράς μικρών προσαρμογών, καθεμιά από τις οποίες προστίθεται ή απορρίπτεται από ένα συγκεκριμένο είδος κατά τη διάρκεια μεγάλων χρονικών περιόδων.

Το κέρδος ή η απώλεια που κληρονομούνται δεν θα δημιουργούσε άμεσα ένα νέο είδος. Προτού ένα σύνολο οργανισμών θεωρηθεί ως νέο είδος, πρέπει να παρατηρηθούν πολλές διακριτές διαφορές. Τα συγκεκριμένα άτομα του συνόλου μπορεί σταδιακά να γίνουν τόσο διαφορετικά από τα άλλα άτομα του είδους τους, ώστε να μην μπορούν να συζευχθούν μαζί τους και να παράγουν απογόνους. Τότε τα άτομα αυτά θεωρούνται μέλη ενός νέου είδους.



Εικόνα 3-12 *Το χρώμα του τριχώματος των ποντικών πρέπει να ταιριάζει με το υπόβαθρο για να έχουν οι ποντικοί πιθανότητα επιβιώσεως.*

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 3-Β. Φυσική επιλογή, σελίδα 580.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα παραδείγματα δείχνουν πώς είναι δυνατόν να προκύψουν προσαρμογές από τη φυσική επιλογή. Προσαρμογή δεν σημαίνει προσαρμογή ατόμου στο περιβάλλον του. Μία προσαρμογή συνίσταται από χαρακτηριστικά που κληρονομούνται. Ένας οργανισμός παίρνει αυτά τα χαρακτηριστικά από τους προγόνους του και τα μεταβιβάζει στους απογόνους του. Όταν αλλάξουν οι συνθήκες, ορισμένα χαρακτηριστικά θα προσδίνουν πλεονεκτήματα. Τα άτομα που επιβιώνουν και αναπαράγονται τείνουν να είναι άτομα που έχουν ευνοϊκά χαρακτηριστικά.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Τι είναι προσαρμογή; Δώσε ένα παράδειγμα με φυτό και ένα με ζώο.
2. Γιατί οι βιολόγοι εξηγούν την προσαρμογή σύμφωνα με τη θεωρία του Δαρβίνου και όχι με τη θεωρία του Λαμάρκ;
3. Τι εννοούμε όταν ισχυριζόμαστε ότι ένα ζώο προσαρμόζεται σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑ ΣΗΜΕΙΑ

Από όλες τις θεωρίες που μπορείς να μελετήσεις στη βιολογία η θεωρία της εξελίξεως καταλαμβάνει ξεχωριστή θέση. Είναι εκείνη που ενοποιεί τα μεγάλα γενικευμένα αξιώματα της βιολογίας. Αποτελεί τόσο σημαντικό τμήμα των θεμελίων της βιολογίας, ώστε δύσκολα η επιστήμη αυτή θα μπορούσε να γίνει κατανοητή χωρίς αυτή. Ο Λαμάρκ πρότεινε μία υπόθεση για τον τρόπο με τον οποίο παρατηρείται η εξέλιξη. Εξηγούσε την αλλαγή των χαρακτηριστικών ως αποτέλεσμα της χρήσεως ή της αχρησίας των επικτήτων χαρακτηριστικών που μπορούν να κληρονομηθούν. Η ερευνητική όμως εργασία του Καρόλου Δαρβίνου ήταν αναγκαία για τη γενική αποδοχή της εξελίξεως ως θεωρίας και την ανακάλυψη της φυσικής επιλογής ως του τρόπου με τον οποίο πραγματώνεται η εξέλιξη.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιες είναι οι δύο αποδοχές της υποθέσεως του Λαμάρκ;
2. Ποιες είναι μερικές από τις παρατηρήσεις που έπεισαν το Δαρβίνο ότι τα είδη μεταβάλλονται;
3. Πώς εξηγεί η θεωρία της εξελίξεως την ποικιλότητα εντός κάθε είδους;
4. Γιατί ορισμένοι οργανισμοί έχουν ταξινομηθεί σε νέες θέσεις μετά την εισαγωγή της εξελίξεως ως της θεωρητικής βάσεως της ταξινομήσεως;
5. Γιατί το πεταλόμορφο καβούρι ομαδοποιείται με τις αράχνες;
6. Ανοικτόχρωμα ζώα έχουν προσαρμοσθεί στο περιβάλλον της άσπρης άμμου, γύρω από το Εθνικό Μνημείο (των Η.Π.Α.). Άσπρα έντομα, άσπρες σαύρες και άσπρα θηλαστικά είναι εκείνα που συναντά κανείς συνήθως στην περιοχή. Εξήγησε πρώτα αυτό σύμφωνα με την υπόθεση του Λαμάρκ. Κατόπιν εξήγησέ το χρησιμοποιώντας τη θεωρία της φυσικής επιλογής του Δαρβίνου.
7. Ποιες είναι οι τρεις αποδοχές που βοήθησαν το Δαρβίνο να οδηγηθεί στη θεωρία της φυσικής επιλογής;
8. Σε ποια συμπεράσματα οδηγήθηκε ο Δαρβίνος όσον αφορά στον τρόπο εξελίξεως;

ΑΡΘΡΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΒΑΣΜΑ

Ayala, F. J. "The Mechanisms of Evolution." *Scientific American*, September, 1978. (This entire issue is on evolution.)

Calder, N. *The Life Game*. New York, Dell Publishing Company, 1975. (paperback)

Eiseley, L. "Charles Darwin." *Scientific American* Offprint #108 (February 1956). San Francisco, W. H. Freeman & Co.

Darwin, C. *On the Origin of Species*. Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1975 (paperback). New York, Penguin Books, 1968 (paperback). New York, Mentor Books, 1958 (paperback).

Darwin, C., and A. R. Wallace. "Evolution by

Natural Selection." New York, Johnson Reprint Corporation, 1971.

Gastonguay, P. R. *Evolution for Everyone.* Pegasus, Indianapolis, Bobbs-Merrill, 1974.

Hallam, A. "Alfred Wegener and the Hypothesis of Continental Drift." *Scientific American*, February, 1975.

McKenzie, A. E. E. *The Major Achievements of Science.* New York, Simon & Schuster, 1973. (paperback)

Rhodes, F. H. *The Evolution of Life.* New York, Penguin Books, 1976. (paperback)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

1. J. B. Lamarck, as quoted in A. E. E. McKenzie, *The Major Achievements of Science.* Cambridge, England, Cambridge University Press, 1960, p. 116; also New York, Simon & Schuster, 1973.
2. C. Darwin, *The Autobiography of Charles Darwin*, ed. F. Darwin (1892). New York, Dover Publications, Inc., 1958, pp. 41–42.
3. C. Darwin, *op. cit.*, pp. 42–43.
4. C. Darwin, *On the Origin of Species* (1859). New York, Mentor Books, 1958, p. 128.
5. *Ibid.*, p. 450.



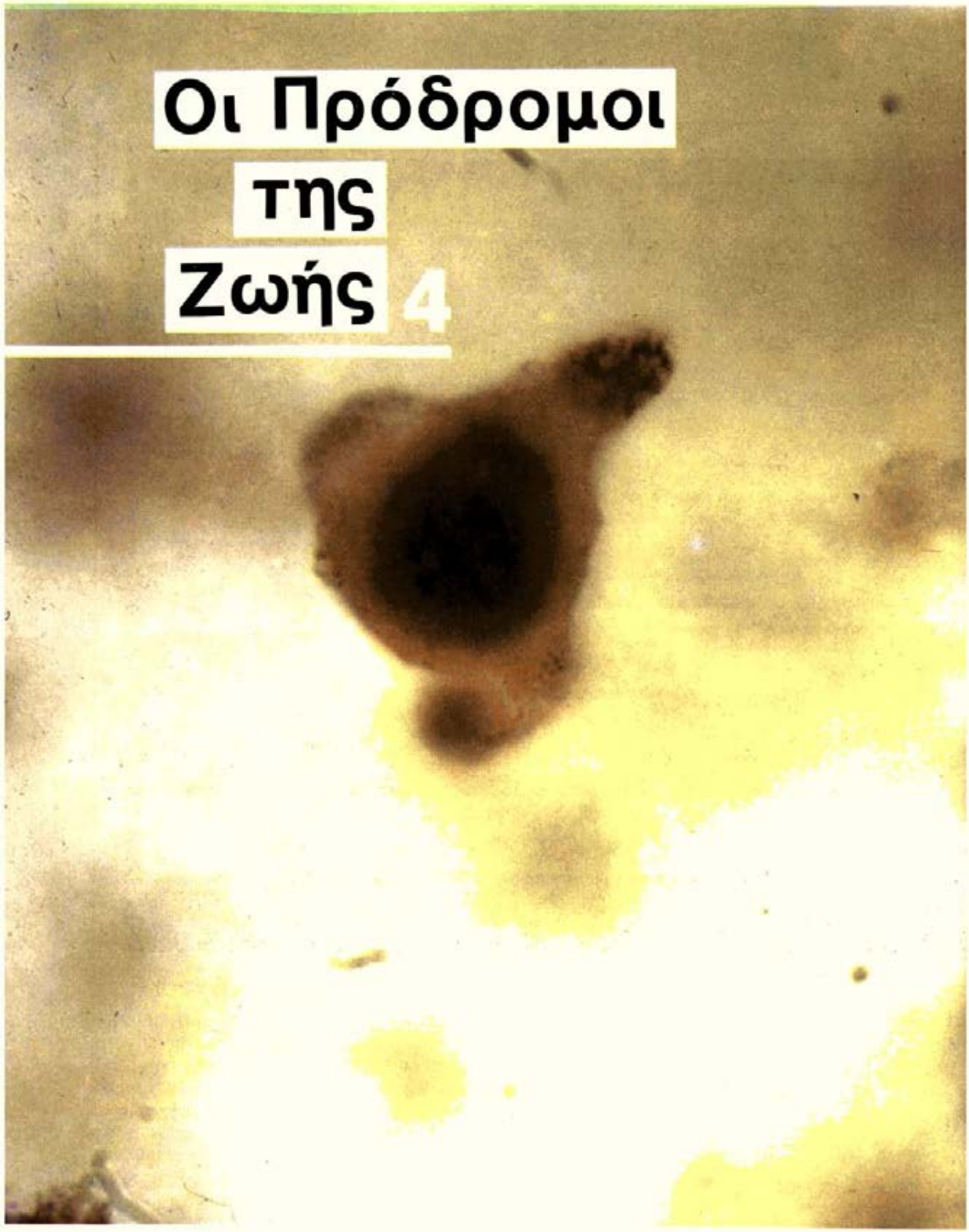
ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ



Η Εξέλιξη των Λειτουργιών της Ζωής

Η κατάσταση της γης όταν πρωτοεμφανίστηκε η ζωή είναι κάτι που έχει κινήσει το ενδιαφέρον των επιστημόνων για αιώνες. Σήμερα είμαστε πλησιέστερα, όσο ποτέ άλλοτε, στη διαλεύκανση του ερωτήματος αυτού, αν και οι απαντήσεις που παίρνομε κρύβουν εκπλήξεις. Δεν υπήρχε οξυγόνο στην πρωτογενή ατμόσφαιρα· επομένως η ζωή άρχισε χωρίς να απαιτείται ελεύθερο οξυγόνο. Οι περισσότεροι βιολόγοι συμφωνούν ότι ένας ζωμός οργανικών ουσιών στα νερά που κάλυπταν τη γη ήταν πιθανώς η πηγή των υλικών για τις πρώτες μορφές ζωής, και ακολούθως η πρώτη τους τροφή. Ορισμένες σύγχρονες μορφές ζωής αντικατοπτρίζουν τις πρώτες αυτές καταστάσεις.

Οι Πρόδρομοι της Ζωής 4



Αυτό μοιάζει με ζωντανό κύτταρο; Ναι, μία φορά και ένα καιρό, βρισκόταν πάνω στο νεαρό μας πλανήτη. Το απολίθωμά του έχει ηλικία δυο δισεκατομμυρίων χρόνων.

Ένας βιολόγος, παρατηρώντας τη φωτογραφία που βλέπετε, θα έλεγε: δεν υπάρχει αμφιβολία, αυτό είναι ένα κύτταρο. Τα φυτά και τα ζώα της γης αποτελούνται από κύτταρα. Πιθανόν αυτό το κύτταρο να έζησε σαν ένας μονοκύτταρος μικροοργανισμός. Έχει μεγάλη σημασία για τη βιολογία, γιατί η ηλικία του είναι το μισό της ηλικίας της γης, δηλαδή ένα πολύ παλαιό απολίθωμα. Από το κύτταρο αυτό και από άλλα ακόμα παλαιότερα απολιθώματα, η προέλευση της ζωής υπολογίζεται σε δισεκατομμύρια χρόνια και όχι σε εκατομμύρια.

Όταν ο Δαρβίνος πρότεινε την εξέλιξη με τη φυσική επιλογή, τέτοια απολιθώματα ήταν ακόμη άγνωστα. Όμως, όλος ο κόσμος είχε αρχίσει να ασχολείται με διάφορες θεωρίες για την προέλευση της ζωής. Αν οι σημερινοί οργανισμοί εξελίχθηκαν από τους προγόνους τους και αυτοί πάλι με τη σειρά τους από τους δικούς τους προγόνους, τότε πώς άρχισε η ζωή; Ποιες ήταν οι πρώτες μορφές της ζωής; Σήμερα υπάρχουν αποδείξεις ότι η ζωή άρχισε να εξελίσσεται όταν ακόμη η γη βρισκόταν σε νεαρή ηλικία και ότι στην αρχή εμφανίστηκαν πληθυσμοί μικροοργανισμών που σιγά-σιγά πλήθαιναν.

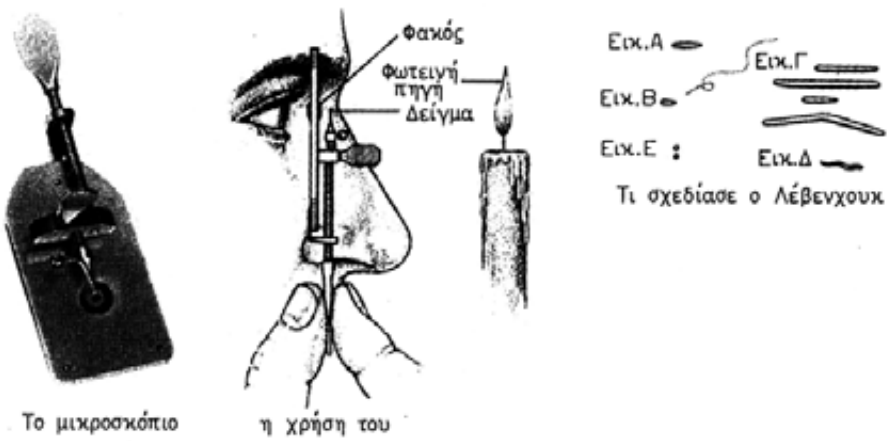
Το ερώτημα της προελεύσεως της ζωής

4-1
Ζωή από τη νεκρή ύλη (άβια)

Οι επιστήμονες πρέπει πάντοτε να γνωρίζουν ότι οι αρχικές τους υποθέσεις επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίζουν και εξηγούν τα δεδομένα. Κάποτε, όμως, υποθέσεις και δεδομένα κράτησαν στο σκοτάδι ένα επιστημονικό θέμα για 22 αιώνες. Είναι δυνατόν να προέλθει ζωή από τη νεκρή ύλη;

Οι Έλληνες φιλόσοφοι από πολύ νωρίς είχαν πυροδοτήσει αυτή τη συζήτηση. Όταν ακόμα οι πειραματικές επιστήμες ήταν άγνωστες, οι φιλόσοφοι αυτοί παρατηρούσαν τα φαινόμενα στη φύση. Οι υποθέσεις έγιναν θεωρία, χωρίς να περάσουν από το στάδιο της πειραματικής επιβεβαιώσεως (μόνο με την παρατήρηση). Αναλογισθείτε τις συνέπειες. Οι Έλληνες φιλόσοφοι παρατηρούσαν, για παράδειγμα, τη ζωή στις λίμνες να εμφανίζεται, όταν οι λίμνες ξεραίνονταν, αλλά να επανεμφανίζεται όταν οι λίμνες γέμιζαν πάλι με νερό της βροχής! Κανείς ποτέ δεν μπόρεσε να παρατηρήσει μέσα στις σταγόνες της βροχής ψάρια, χέλια και άλλους οργανισμούς που άρχιζαν μία νέα ζωή στις λίμνες. Έτσι, οι Έλληνες υπέθεσαν ότι οι οργανισμοί προέρχονταν από τη λάσπη στον πάτο της λίμνης. Αυτά και παρόμοια γεγονότα καταγράφηκαν και περιγράφηκαν προσεκτικά, με την παρατήρηση ότι η «ζωή μπορεί να ανανεωθεί από την ίδια τη γη».

Ήταν δύσκολο να παρατηρεί κανείς τα μικρά αυγά των περισσοτέρων από τους οργανισμούς των λιμνών. Τα μικροσκόπια ήταν άγνωστα. Επίσης, ήταν άγνωστες οι εργαστηριακές μέθοδοι συλλογής οργανισμών και παρατηρήσεως της αναπαραγωγής και αναπτύξεώς τους. Οι Έλληνες γνώριζαν την αναπαραγωγή των οργανισμών, αλλά δεν είχαν λόγο να πιστεύουν ότι ήταν ο μοναδικός τρόπος της δημιουργίας των οργανισμών. Για τους Έλληνες η αναπαραγωγή δεν εξηγούσε



Εικόνα 4-1 *Ο Λέβενχουκ χρησιμοποίησε ένα μικροσκόπιο με ένα φακό για να παρατηρήσει μικρά αντικείμενα με λεπτομέρεια. Συγκρίνετε τις εικόνες των βακτηρίων Α μέχρι Η στο πάνω μέρος με την εικόνα 2-7. Ο Λέβενχουκ ανακάλυψε βακτήρια και πολλούς άλλους μικροοργανισμούς.*

ούτε την προέλευση της ζωής (όπως και σήμερα) ούτε και την επανεμφάνισή της ύστερα από φωτιά, ξηρασία ή άλλες φυσικές καταστροφές. Πίστευαν ότι η ζωή γεννιέται αυθόρμητα από τη γη ή άλλα υλικά. Αυτή η πίστη ήταν μία αδιαμφισβήτητη παρατήρηση που ο καθένας μπορούσε να κάνει. Πολλοί άνθρωποι έκαναν αυτή την παρατήρηση.

Από τον 4ο αιώνα π.Χ. μέχρι τον 17ο μ.Χ. η αυτόματη γένεση της ζωής ήταν ευρύτατα παραδεκτή. Παρόλα αυτά, με την εισαγωγή του πειράματος στη βιολογία εμφανίστηκαν οι πρώτες αμφιβολίες. Μερικοί βιολόγοι εξέφρασαν ανοικτά το σκεπτικισμό τους. Ακόμη και όταν σχεδίαζαν νέα πειράματα, για να ελέγξουν παραδεδεγμένες παρατηρήσεις, καινούργια πειράματα για την αυτόματη γένεση της ζωής ανακοινώνονταν. Μέχρι και το 1652, που ένας Βέλγος γιατρός περιέγραψε την αυτόματη γένεση ποντικού. Η ανακοίνωση ανέφερε ότι νεογνά ποντίκια εμφανίστηκαν μετά από 21 μέρες σε ένα δοχείο που περιείχε μόνο ένα ιδρωμένο πουκάμισο και κόκκους σιταριού. Η ανακοίνωση ανέφερε ότι ο ιδρώτας του πουκαμίσου ήταν το σημαντικό συστατικό (οι Έλληνες επίσης πίστευαν ότι κάποιο «ενεργό στοιχείο» επηρέαζε την αυτόματη γένεση). Από ό,τι ξέρετε σήμερα, ποια άλλη υπόθεση θα προτείνατε για να εξηγήσετε την εμφάνισή του ποντικού; Θα μπορούσατε να σχεδιάσετε ένα ελεγχόμενο πείραμα για να ελέγξετε την υπόθεσή σας;

Η αυτόματη γένεση σκουληκιών σε χαλασμένο κρέας ήταν ακόμη μια παρατήρηση που υποστήριζε την πίστη τόσων αιώνων. (Οι προνύμφες αναπτύσσονται από τα αυγά των μυγών και ωριμάζουν σε νύμφες, που με τη σειρά τους παράγουν νέες μύγες). Σ' ένα πείραμα, όταν το κρέας καλύφθηκε προσεκτικά και αποκλείστηκαν οι μύγες, δεν εμφανίστηκαν προνύμφες στο κρέας. Η διάψευση της αυτόματης γενέσεως δεν ήταν τόσο απλή. Οι επικριτές του πειράματος υποστήριζαν ότι η κάλυψη του κρέατος κρατούσε μακριά το απαιτούμενο «ενεργό στοιχείο» που βρισκόταν στον αέρα. Το πείραμα επαναλήφθηκε με ένα ύφασμα με πολύ μικρές τρύπες, που κρατούσε αποτελεσματικά τις μύγες μακριά από το κρέας. Ο αέρας κυκλοφορούσε ελεύθερα μέσα από τις τρύπες, αλλά πάλι δεν εμφανίστηκαν σκουλήκια.

Ακόμη και με αυτό τον τρόπο και με άλλες προσεκτικές έρευνες ήταν δύσκολο να αποκλεισθεί για μερικούς οργανισμούς η αυτόματη γένεση. Το ένα μετά το άλλο τα παραδείγματα απορρίπτονταν και τελικά έμειναν μόνο οι μικροοργανισμοί. Ο Άντον Βαν Λέβενχουκ, ένας Ολλανδός βιολόγος, χρησιμοποίησε πρώτος το μικροσκόπιο, που ανακαλύφθηκε το 1600, για να παρατηρήσει μικροοργανισμούς. Πριν απ' αυτόν κανείς δεν υποψιαζόταν την ύπαρξη μικροοργανισμών. Ο Λέβενχουκ ανακάλυψε τους μικροοργανισμούς λίγα χρόνια μετά την εκτέλεση του πειράματος με τα σκουλήκια και ανακοίνωσε την ύπαρξη μικροοργανισμών στη Βασιλική Εταιρεία στο

Λονδίνο το 1695. Η ανακάλυψη των μικροοργανισμών τη στιγμή εκείνη πρόσθεσε ένα αιώνα ή και περισσότερο με διαφωνίες και συζητήσεις στην αμφισβήτηση της αυτόματης γενέσεως. Το μικροσκόπιο του Λέβενχουκ και εικόνες των βακτηρίων φαίνονται στην εικόνα 4-1.

Από τη στιγμή που ανακαλύφθηκαν οι μικροοργανισμοί, τους έβρισκαν παντού. Το τύλιγμα ή η στεγανοποίηση των τροφών αποδείχθηκαν άχρηστα. Η τροφή χαλούσε, όπως και πριν γνωρίσομε τους μικροοργανισμούς. Διάφορα είδη μικροοργανισμών αποτελούσαν μεταβλητούς παράγοντες σε πολλές μεθόδους και πειράματα, ώστε πολλοί άνθρωποι, ακόμη και βιολόγοι, δέχθηκαν ότι η μικροσκοπική ζωή δημιουργείται αυτόματα.

Σε μερικά πειράματα οι ερευνητές έφτασαν ακόμη στο σημείο και να βράσουν υγρά παρασκευάσματα (σανό και νερό ή ζάχαρη και νερό) για να σκοτώσουν τους μικροοργανισμούς. Ο πίνακας 4-1 εξηγεί γιατί αυτό δεν πέτυχε όλες τις φορές. Η διαμάχη για την αυτόματη γένεση μεγάλωνε, καθώς αποικίες μικροοργανισμών συνέχισαν να εμφανίζονται σε υποτιθέμενα αποστειρωμένα διαλύματα.

Πίνακας 4-1 Μέσος χρόνος κατά τον οποίο διάφοροι οργανισμοί ή οι σπόροι τους επιβιώνουν μετά από βρασμό

Οργανισμοί	Χρόνος επιβιώσεως (σε λεπτά)
Πρωτόζωα	0
Βακτήρια (πλειοψηφία ειδών)	1
Bacillus subtilis	14
Clostridium perfringens	20
Clostridium botulinum	360

Η μακροχρόνια αυτή αμφισβήτηση έφθασε στο τέλος της μόλις πριν από ένα αιώνα. Ένας παράγοντας που έπαιξε ρόλο ήταν η καλύτερη γνώση της αποστειρώσεως. Η ***αυτόματη*** γένεση δεν μπόρεσε να συμβεί σε επόμενα πειράματα. Οι βιολόγοι επιτέλους παραδέχθηκαν την αρχή ότι: «Όλοι οι οργανισμοί γεννιούνται μόνο από άλλους του ίδιου είδους».

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 4-Α. Από πού έρχονται τα βακτήρια και οι μικροοργανισμοί; Σελίδα 583.

4-2
Το ερώτημα ζωή από την άβια ύλη επανέρχεται

Ο Δαρβίνος επεξεργάστηκε μία διαφορετική άποψη της αρχής, ότι οι οργανισμοί γεννιούνται μόνον από άλλους του ίδιου είδους. Ακόμη και ένα μόνο είδος παρουσιάζει ποικιλία στα κληρονομικά χαρακτηριστικά. Οι βιολόγοι που δυσπιστούσαν στην αυτόματη γένεση ενδιαφέρονταν μόνο να αποδείξουν ότι οι οργανισμοί συνδέονταν με τους γονείς του ίδιου είδους και προσπαθούσαν να αποδείξουν ότι οι γονείς (ή τα αυγά τους, ή οι σπόροι) υπήρχαν. Ο Δαρβίνος είχε ήδη εμβαθύνει με μεγαλύτερη λεπτομέρεια σε καθένα είδος μελετώντας την ποικιλότητα και τις επιδράσεις της πάνω στους απογόνους.

Η φυσική επιλογή, όπως την είδε ο Δαρβίνος, αύξησε τους αριθμούς και την ποικιλότητα των ειδών γιατί μελέτησε την ποικιλότητα σε κάθε ξεχωριστό είδος. Οι σπίνοι των νησιών Γκαλαπάγκος (σελίδα 61) ήταν ένα παράδειγμα. Πιθανόν όλοι οι σπίνοι προέρχονταν από τους ίδιους προγόνους. Ακόμη, τα πειράματα του Δαρβίνου για την αναπαραγωγή περιστεριών υπέδειξαν τη δυνατότητα της ποικιλότητας μέσα σε ένα είδος. Εάν η άποψη του Δαρβίνου για τη φυσική επιλογή και εξέλιξη ήταν σωστή, θα περίμενε κανείς να εξελίσσονται περισσότερα είδη οργανισμών σε σχέση με τον αριθμό των προγόνων.

Αυτό ήταν πολύ ενδιαφέρον, γιατί θα σήμαινε ότι έπρεπε να υπάρχουν λιγότερα είδη στο μακρινό παρελθόν, έτσι ώστε όλα τα είδη θα έπρεπε να προέρχονται από τον ίδιο πρόγονο που ζούσε την εποχή που πρωτοεμφανίστηκε η ζωή. Τα συμπεράσματα του Δαρβίνου περιλαμβάνονται στο έργο του ***Η προέλευση των ειδών*** όπως έχετε διαβάσει στη σελίδα 60 του κεφαλαίου 3.

Η πίστη των αρχαίων Ελλήνων στην αυτόματη γένεση μπορούσε να συσχετισθεί με την προέλευση της ζωής όχι μόνον ενός ή λίγων ειδών αλλά και εκείνων που δεν υπήρχαν πια. Έτσι ο Δαρβίνος είχε επαναφέρει με ένα διαφορετικό τρόπο το ερώτημα του πώς ξεκίνησε η ζωή.



Εικόνα 4-2 *Η χρυσή περίοδος των ερπετών, που παρήγαγε δεκάδες χιλιάδες είδη, από μικρές σαύρες μέχρι ερπετά που πετούσαν και γιγάντιους δεινόσαυρους. Χελώνες, κροκόδειλοι, σαύρες και φίδια είναι τα μόνα είδη που επιζούν σήμερα.*

Οι μελέτες των απολιθωμάτων δεν ήταν αντίθετες στην υπόθεση του ενός ή των λίγων πρώτων μορφών της ζωής. Πράγματι, οι πιο παλαιοί γνωστοί σε μας ζωντανοί οργανισμοί άφησαν καταγραφές απολιθωμάτων ελαχίστων ειδών. Πιθανή αιτία είναι η διάβρωση, οι καιρικές συνθήκες ή η αναδιάταξη των απολιθωμάτων των παλαιοτέρων βράχων. Παρόλα αυτά κανένας από τους υπάρχοντες παλαιότερους βράχους δεν παρέχει μεγάλη ποικιλία ειδών. Τα μόνα που έχουν βρεθεί είναι λεπτά απολιθώματα μικροσκοπικών οργανισμών.

Θεαματικές απεικονίσεις του επιχειρήματος του Δαρβίνου «λίγα ή πολλά απολιθώματα» βρέθηκαν τα τελευταία χρόνια. Η εξέλιξη διακλαδώθηκε συχνά, για να παράγει τη «χρυσή εποχή» ενός συγκεκριμένου είδους οργανισμών. Η «χρυσή εποχή των ερπετών» περιλάμβανε μία πολύ μεγαλύτερη ποικιλία ειδών απ' αυτή που έχομε σήμερα. Οι δεινόσαυροι και τα ιπτάμενα ερπετά αποτελούν τα γνωστότερα παραδείγματα αυτής της εποχής. Εντούτοις αποτελούν μειοψηφία ενός πλήθους ειδών (εικόνα 4-2). Η «χρυσή εποχή των θηλαστικών» αποτελεί το τελευταίο παράδειγμα. Είσθε μέλος αυτής της ομάδας, της οποίας η μεγάλη ποικιλομορφία έχει αρχίσει να εκλείπει.

Όταν ζούσαν περισσότερα ερπετά, τα θηλαστικά ήταν λιγότερα και δεν υπήρχαν σχεδόν καθόλου πτηνά. Όταν τα θηλαστικά άρχισαν να αυξάνονται, τα ερπετά άρχισαν να μειώνονται και τα πτηνά να εξελίσσονται σε περισσότερα είδη. Έτσι, κάθε εποχή εμφανίζεται στην καταγραφή των απολιθωμάτων. Αν σκεφθούμε όλες τις ομάδες (τα είδη) μαζί, τότε η άποψη του Δαρβίνου «λίγα-πολλά» είδη ισχύει. Πολύ περισσότερα είδη οργανισμών εξελίχθηκαν από λιγότερα είδη, που προϋπήρχαν. Αν κάθε ομάδα εξετασθεί ξεχωριστά, αυτό αληθεύει μέχρι τη στιγμή («η χρυσή εποχή») που οι αλλαγές στο περιβάλλον και ο ανταγωνισμός με άλλες ομάδες είχε ως αποτέλεσμα να δημιουργηθεί μεγαλύτερη ποικιλία αυτών των ομάδων.

Η όλη διαδικασία είναι περισσότερο πολύπλοκη από όσο νόμιζε ο Δαρβίνος, αλλά παρόλα αυτά προβλέπει σε γενικές γραμμές την εξέλιξη μέσα στο χρόνο. Υπήρξε μία

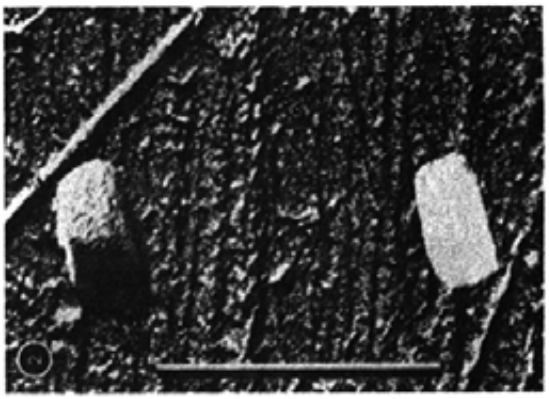
μακρινή εποχή πριν από τις γνωστές «χρυσές εποχές» των μεγάλων οργανισμών, που υπήρχαν μόνο πολύ λίγα είδη οργανισμών.

Ήταν οι οργανισμοί αυτοί πρόδρομοι όλων των επομένων; Απείχαν αυτοί οι ίδιοι οργανισμοί πολύ από την αρχή της ζωής; Πώς εμφανίσθηκαν οι πρώτοι οργανισμοί; Είναι δύσκολο να αντιληφθεί κανείς αυτές τις ερωτήσεις και έτσι οι βιολόγοι αντιμετωπίζουν και πάλι τη διερεύνηση της δημιουργίας της ζωής από άβια ύλη.

4-3
Προσεγγίσεις για τη διερεύνηση της προελεύσεως της ζωής

Η έρευνα δεν ήταν τόσο απλή, όσο το να ψάχνει κανείς για παλαιότερες πέτρες με αρχαιότερα απολιθώματα. Ο καθηγητής Ε. Σ. Μπάγρουμ του Πανεπιστημίου του Χάρβαρτ ανακάλυψε το απολίθωμα ενός κυττάρου 2 δισ. ετών της σελίδας 68 και ακόμη το απολίθωμα του βακτηριοειδούς της εικόνας 4-3 ηλικίας πάνω από 3 δισ. ετών. Πιστεύεται ακόμη ότι και αρχαιότερες πέτρες έχουν αναδιαταχθεί με φυσικές διαδικασίες. Γι' αυτό το λόγο δεν βρέθηκαν αποτυπώματα των απολιθωμάτων σε μακρινές εποχές, όταν δημιουργήθηκαν οι πρώτες μορφές ζωής. Η μόνη δυνατότητα είναι να βρεθούν άλλες μέθοδοι έρευνας. Στο κεφάλαιο 1 διαβάσατε ότι η θεωρία είναι αυτή που οργανώνει την επιστήμη. Η ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσεως θα ήταν διάσπαρτη χωρίς τις θεωρίες. Τα γεγονότα θα συσχετίζονταν με χιλιάδες ξεχωριστά πεδία γνώσεως. Οι θεωρίες κάνουν κάτι ακόμη: βοηθούν στην οργάνωση καινούργιας έρευνας και υποδεικνύουν ποια από την ήδη υπάρχουσα γνώση μπορεί να βοηθήσει στην απόκτηση καινούργιας γνώσεως.

Η έρευνα για την υπόθεση της πρώτης μορφής της ζωής δεν αποτελεί εξαίρεση. Η θεωρία της εξελίξεως οργάνωσε τη γνώση που ήταν σχετική. Η θεωρία βοήθησε ακόμη στο να προσδιορισθεί το πρόβλημα (υποδεικνύοντας μόνο ένα ή ελάχιστους προγόνους και εξηγώντας τους λόγους). Δεδομένα από τα ευρήματα των απολιθωμάτων άρχισαν να υποστηρίζουν την υπόθεση. Αναμφίβολα υπάρχει λόγος που μας οδηγεί να θεωρήσομε την προέλευση της πρώτης μορφής της ζωής



Εικόνα 4-3 *Αυτό το παλιό απολίθωμα βακτηρίου και το αποτύπωμά του βρέθηκε σε βράχους ηλικίας πάνω από 3 δισεκατομμυρίων χρόνων. Η κλίμακα είναι 1 μικρόμετρο.*

ως μέρος της εξελίξεως – δηλαδή ότι η ίδια η ζωή μπορεί να προήλθε από την εξέλιξη. (Το να προτείνει κανείς μία «ενεργό αρχή» και αυτόματη γένεση θα αποτελούσε ένα ***απροσδόκητο ξεκίνημα,*** που θα απαιτούσε νέα στοιχεία για να εξηγηθεί το πώς εμφανίστηκε κάθε είδος ξεχωριστά ανάμεσα στα 2 εκατομμύρια είδη).

Για τους λόγους αυτούς η εξέλιξη μελετήθηκε ως η διαδικασία μέσω της οποίας η ζωή όχι μόνο διαφοροποιήθηκε αλλά και πρωτοεμφανίστηκε. Αυτό το θεωρητικό βήμα μας δίνει τη δυνατότητα να προβλέψομε πώς έμοιαζε η πρώτη μορφή ζωής: ήταν πολύ απλή και χωρίς δομή. Ο λόγος για τον οποίο δεν θα πρέπει να περιλάμβανε μεγάλους οργανισμούς με ειδικευμένα σωματικά μέρη, είναι ότι η εξέλιξη δεν κατασκεύασε πολύπλοκες δομές με την πρώτη. Θα έπρεπε να δείτε την εξέλιξη ως μία διαδικασία «ανακαινίσεως» και όχι ως διαδικασία «αρχιτεκτονικής». Η εξέλιξη μπορεί να επεξεργασθεί κάτι που ήδη υπάρχει. Θα μπορούσε μόνο να «διευκολύνει» μερικά συμπλέγματα από σωματίδια να πάρουν μέρος στη ζωή.

Οι καταγραφές των απολιθωμάτων υποστηρίζουν αυτήν την πρόβλεψη. Απολιθώματα της παλαιότερης ζωής που γνωρίζομε είναι όλα μικροσκοπικού μεγέθους. Όπως θα διαβάσετε σ' αυτό και στα επόμενα κεφάλαια, η έρευνα προχωράει με μία σειρά από τέτοια υποθετικά βήματα. Οι βιολόγοι μελετούν ακόμη και την εξέλιξη αυτής της ίδιας της γης,

των άλλων πλανητών και του ηλίου, για να καταλήξουν σε διάφορα συμπεράσματα. Οι εξερευνήσεις στο διάστημα βοηθούν στη συλλογή στοιχείων και θα συνεχίσουν τη βιολογική έρευνα, ερευνώντας και τους άλλους πλανήτες του ηλιακού συστήματος. Ανάμεσα στις μελέτες είναι και το αν η ζωή θα μπορούσε να είχε αρχίσει οπουδήποτε και όχι μόνο πάνω στη γη. Οι πρώτες ερωτήσεις σε μία τέτοιου είδους πλατιά έρευνα είναι πολλές και αβέβαιες.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πίστη στην αυτόματη γένεση έδωσε απαντήσεις σε ερωτήματα 22 αιώνων σχετικά με την προέλευση της ζωής και την περιοδική της ανανέωση. Παρόλα αυτά, μόνο η παρατήρηση χωρίς πειραματική απόδειξη δεν ήταν δυνατόν να καταρρίψει αυτή την πίστη. Ακόμη και τα πειράματα έπρεπε να βελτιωθούν, για να υποστηρίξουν την άποψη ότι όλοι οι οργανισμοί προέρχονται μόνο από προηγούμενους του ίδιου είδους.

Η εξέλιξη επανέφερε το ερώτημα της προελεύσεως της ζωής από τη νεκρή ύλη. Προβλέψεις, που βασίζονταν στη θεωρία της εξελίξεως και σε ευρήματα απολιθωμάτων, αποδείκνυαν ότι ένας πολύ μικρός αριθμός ειδών προϋπήρξε με τη μορφή μικροσκοπικών οργανισμών.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Τι διαφορές υπάρχουν μεταξύ των υποθέσεων της αυτόματης γενέσεως και της εξελίξεως στα πρώτα στάδια της ζωής;
2. Στις έρευνες για την αυτόματη γένεση τι ήταν αυτό που προκαλούσε μεταβολές στους μικροοργανισμούς;
3. Ποια είναι η διαφορά ανάμεσα στην παρατήρηση, όπως εσείς την αντιλαμβάνεσθε, και στην έννοια που έδιναν στην παρατήρηση οι Έλληνες φιλόσοφοι;
4. Ποιες βασικές υποθέσεις έκαναν οι βιολόγοι για την εμφάνιση της ζωής;
5. Γιατί πρέπει οι επιστήμονες να θυμούνται και να χρησιμοποιούν τις υποθέσεις που κάνουν όταν ερμηνεύουν τα πειραματικά δεδομένα;

Η βαθμιαία ανάπτυξη της γης όταν ξεκίνησε η ζωή

4-4
Η γη και οι άλλοι πλανήτες

Πολύ λίγα είναι γνωστά με βεβαιότητα για την εξέλιξη της γης και των άλλων πλανητών. Πρώτα υπήρξε ο ήλιος. Αυτό είναι το πρώτο πράγμα που παραδεχόμαστε. Ο ήλιος είναι ένα αστέρι και οι μελέτες για τη γένεση των άλλων αστεριών στο διάστημα μας διαφωτίζουν για το πώς μπορεί να σχηματίστηκε ο ήλιος. Η πιθανή απάντηση είναι ένα περιστρεφόμενο νέφος από σκόνη και αέρα. Το κυριότερο στοιχείο των αερίων είναι πάντα το υδρογόνο. Σήμερα γνωρίζομε ότι το υδρογόνο είναι το κυριότερο στοιχείο του ηλίου και πυρηνικό καύσιμο.

Καθώς το σύννεφο των αερίων του ηλιακού μας συστήματος περιστρεφόταν, σχηματίζονταν πιθανόν ουρές και δέσμες αερίων στα γύρω άκρα του. Παρόμοιες δέσμες και ουρές παρατηρούνται όταν γιγάντια σύννεφα αερίων περιστρέφονται στο διάστημα.

Όταν ο ήλιος συμπυκνώθηκε από τα αέρια, πιθανόν δεν μπόρεσε να συμμαζέψει όλες τις δέσμες και ουρές των αερίων που σέρνονταν γύρω του. Είναι πιθανόν τέσσερις από αυτές τις ουρές των αερίων να συμπυκνώθηκαν ξεχωριστά και να σχημάτισαν τους γιγάντιους πλανήτες, τον Άρη, τον Κρόνο, τον Ουρανό και τον Ποσειδώνα. Άλλα υπολείμματα του αερίου παρέμειναν σε αέρια κατάσταση και άλλα συμπυκνώθηκαν σε πολύ μικρότερα σώματα. Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι πολύ αργότερα μπορεί αυτά τα μικρότερα σώματα να συγκρούσθηκαν, να συγκεντρώθηκαν και να σχημάτισαν τους μικρότερους πλανήτες, συμπεριλαμβανόμενης και της γης.

Όλα αυτά τα γεγονότα άρχισαν περίπου 15 δισεκατομμύρια χρόνια πριν (για τον ήλιο) και τελείωσαν για τη γη πριν περίπου 4,7 δισ. χρόνια.

Αν η γη κατά το σχηματισμό της πήρε αέριο υδρογόνο από το σύννεφο (ως ατμόσφαιρα), αυτό αργότερα διέφυγε. Το υδρογόνο είναι το πιο ελαφρό στοιχείο και απαιτεί μεγαλύτερη δύναμη βαρύτητας από αυτήν της γης για να κρατηθεί μόνιμα στην ατμόσφαιρα. Τα βαρύτερα αέρια συγκρατούνται ευκολότερα. Στα πρώτα στάδια η γη, χωρίς ατμόσφαιρα, πιθανόν θερμαινόταν και εν μέρει είχε τηχθεί. Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι η αιτία γι' αυτό δεν ήταν η θερμότητα του ηλίου πάνω στο γυμνό πλανήτη, τη γη, αλλά τα ραδιενεργά στοιχεία που υπήρχαν στη γη. Τελικά, όταν οι περισσότερες αντιδράσεις σταμάτησαν, η γη ξανάρχισε να παγώνει. Σ' αυτό ακριβώς το σημείο τα γεγονότα γίνονται πολύ σημαντικά για την προέλευση της ζωής.

Η δεύτερη ατμόσφαιρα της γης (δεν είναι βέβαιο, αν υπήρξε πρώτη) προήλθε από τον ίδιο τον πλανήτη, καθώς ψυχόταν, κατά τη διάρκεια εκατομμυρίων ετών. Από ηφαίστεια και γιγάντιες ρωγμές στις ψυχόμενες επιφάνειες ξεχύθηκαν αέρια με ρυθμούς που είναι αδύνατο να τους φαντασθεί κανείς σήμερα. (Σήμερα τα ηφαίστεια απελευθερώνουν ακόμη τέτοια αέρια). Υδρογόνο και άλλα αέρια βαρύτερα από αυτό απελευθερώθηκαν μέσα από τη γη. Ένα μέρος του υδρογόνου συνδέθηκε με άλλα αέρια και κατακρατήθηκε στην ατμόσφαιρα.

Ανάμεσα σ' αυτά τα αέρια δεν υπήρχε ελεύθερο οξυγόνο. Επειδή το οξυγόνο είναι απαραίτητο σε όλα τα είδη οργανισμών σήμερα, με λίγες εξαιρέσεις, η έλλειψη αυτή του οξυγόνου στην αρχική ατμόσφαιρα υπήρξε σοβαρό θέμα για μελέτη. Έχει γίνει εκτεταμένη έρευνα σε αυτά τα θέματα μέχρι σήμερα. Τα αέρια που απευλευθερώνουν τα ηφαίστεια σήμερα έχουν μελετηθεί σε όλη τη γη. Δεν έχουν βρεθεί στοιχεία που να επιβεβαιώνουν την ύπαρξη ελεύθερου οξυγόνου στην αρχική ατμόσφαιρα. Στην πραγματικότητα, τώρα πια πιστεύεται ότι τα πράσινα φυτά και οι πρόγονοί τους πρόσθεσαν το οξυγόνο στην ατμόσφαιρα.

4-5
Η αρχική ατμόσφαιρα

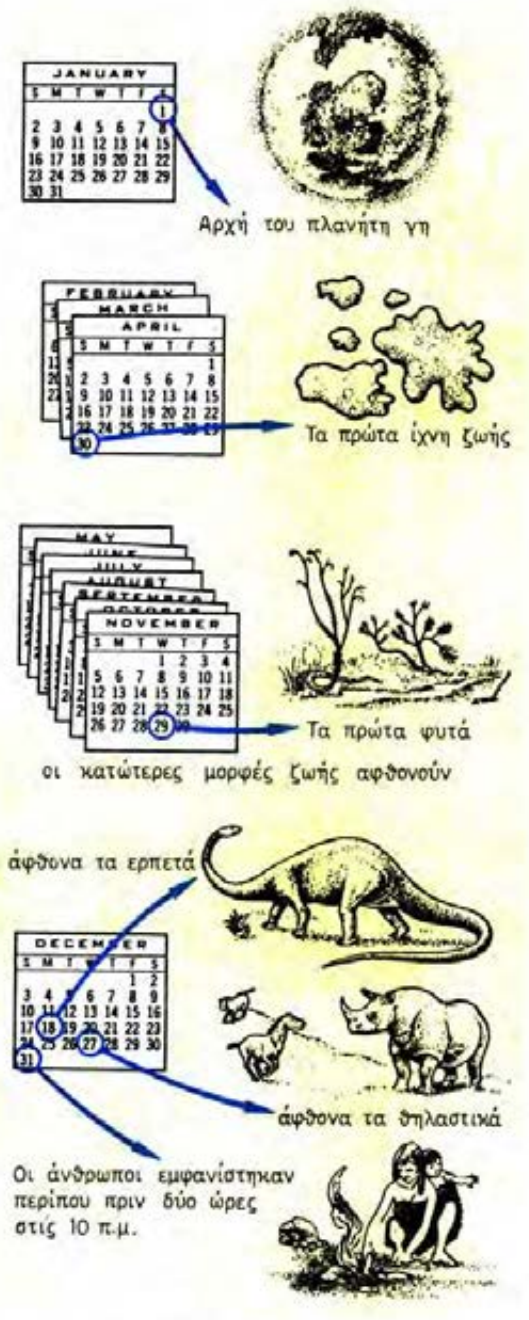
Σήμερα, το 80% περίπου της ατμόσφαιράς μας αποτελείται από αέριο άζωτο και περίπου 21% από αέριο οξυγόνο. Το υπόλοιπο 1% αποτελείται από μικρές ποσότητες άλλων αερίων, από τα οποία το CO_2 είναι το πιο σημαντικό για τη ζωή. Η αρχέγονη ατμόσφαιρα εντούτοις δεν θα μπορούσε να είναι η ίδια, αν σχηματίσθηκε από αέρια που απελευθερώθηκαν από το εσωτερικό της γης με την ηφαιστειακή δραστηριότητα. Θα πρέπει να περιείχε υδρατμούς, διοξείδιο του άνθρακα, μονοξείδιο του άνθρακα, άζωτο και υδρογόνο. Ένα μέρος του αζώτου και του υδρογόνου αντέδρασαν για το σχηματισμό αμμωνίας (που χρησιμοποιείται σήμερα από τους μικροοργανισμούς και τα φυτά και για λιπάσματα). Επίσης μία ποσότητα υδρογόνου αντέδρασε με αέριες ενώσεις του άνθρακα, για να σχηματισθεί μεθάνιο (αυτό που σήμερα χρησιμοποιείται σαν «φυσικό αέριο») και υδρατμός. Καθώς οι υδρατμοί συλλέγονταν και η γη συνέχιζε να κρυώνει, θα πρέπει να άρχισαν καταρρακτώδεις βροχές. Θα πρέπει να άρχισαν να σχηματίζονται τα ποτάμια, οι λίμνες και οι ωκεανοί.

Η έλλειψη οξυγόνου στην αρχική ατμόσφαιρα οδηγεί σε ένα σημαντικό συμπέρασμα: οι πρώτες μορφές ζωής (όπως μερικά είδη βακτηρίων σήμερα) θα έπρεπε να ζούσαν χωρίς οξυγόνο. Ακόμη ένα σημαντικότερο συμπέρασμα έχει επιβεβαιωθεί σήμερα με τη χημική έρευνα: το οξυγόνο είναι ένα χημικά ενεργό αέριο. Αν ήταν παρόν στην αρχική ατμόσφαιρα, οι φυσικές οργανικές ενώσεις μπορεί να μην είχαν σχηματισθεί ή μπορεί και να είχαν καταστραφεί. Οι οργανικές ενώσεις είναι βασικά δομικά και τροφικά υλικά για τη ζωή. Ξαφνιάζεται πάντως κανείς όταν σκεφθεί ότι μία πλούσια σε οξυγόνο ατμόσφαιρα, όπως η σημερινή, θα μπορούσε να είχε εμποδίσει την εξέλιξη της ζωής.

Θα μάθετε αργότερα ότι όλα τα πλάσματα, συμπεριλαμβανόμενου και του ανθρώπου, έχουν διατηρήσει ορισμένες βιοχημικές διεργασίες, οι οποίες άρχισαν στα αρχέγονα κύτταρα που ζούσαν χωρίς ελεύθερο οξυγόνο.

4-6
Η υπόθεση για την αρχή της ζωής

Ο Ρώσος επιστήμονας Α.Ι. Οπαρίν δημοσίευσε την πρώτη λεπτομερή υπόθεση για την αρχή της ζωής. Έχετε ήδη διαβάσει μερικές προβλέψεις για τη δημιουργία της πρώτης ζωής. Ένας Άγγλος βιολόγος, ο Ι. Μπ. Σ.



Εικόνα 4-4 *Σ' αυτό το ημερολόγιο τα 4,7 δισεκατομμύρια χρόνια της ιστορίας της γης, συμπιέζονται σε ένα χρόνο. Κάθε μία μέρα είναι ίση με 13 εκατομμύρια χρόνια.*

Χάλνταν, βοήθησε επίσης στη διατύπωση των πρώτων υποθέσεων για την πρωταρχική ζωή ή τη χημική εξέλιξη. Σήμερα δε είναι όλα υποθέσεις. Υπάρχουν πολλά συμπεράσματα και αποδείξεις, που θα διαβάσετε, ότι πολλές οργανικές ενώσεις, ακόμη και ορισμένες που χρησιμοποιούνται από τους σημερινούς οργανισμούς, σχηματίσθηκαν με φυσικό τρόπο και βρίσκονται ακόμη και σε μετεωρίτες που πέφτουν από το διάστημα (σελίδα 87). Ο Οπαρίν και ο Χάλνταν υποστήριξαν ότι η χημική εξέλιξη με τον τρόπο που αυτή συνέβη σε ολόκληρο το σύμπαν, παρήγαγε οργανικές ενώσεις. Ωστόσο οι πιο ενδιαφέρουσες συζητήσεις αφορούν την ίδια την αρχή της ζωής.

Η πρώτη ζωή ήταν μικροσκοπική (έχετε ήδη διαβάσει γι' αυτήν την πρόβλεψη και την αιτία της). Τι χρησιμοποιούσαν για τροφή εκείνα τα πρώτα ζώντα πλάσματα; Μία τέτοια ερώτηση προκάλεσε τους βιολόγους να προτείνουν ότι η πρώτη ζωή κατασκεύαζε την τροφή από μόνη της. Τα πράσινα φυτά και άλλοι τέτοιοι οργανισμοί κάνουν το ίδιο σήμερα· είναι τα αυτότροφα ή οι παραγωγοί. Ωστόσο, καθώς χρησιμοποιούν CO_2 και H_2O για να παράγουν τροφές, αποβάλλουν οξυγόνο. Επίσης χρειάζονται οξυγόνο για να χρησιμοποιήσουν την ίδια τους την τροφή. Ανάμεσα σε όλους τους σημερινούς ζωντανούς οργανισμούς μόνο λίγα είδη βακτηριδίων φτιάχνουν την τροφή τους με μία διαφορετική διαδικασία χωρίς να χρησιμοποιούν ούτε να αποβάλλουν οξυγόνο. Όταν θυμηθείτε ότι ανάμεσα στα παλαιότερα απολιθώματα που βρέθηκαν στη γη υπάρχουν απολιθώματα με βακτηριακό αποτύπωμα, τότε ίσως σκεφτείτε ότι πιθανόν η εξέλιξη ακολούθησε αυτόν το δρόμο. Πιθανόν να είναι έτσι· όμως ο μηχανισμός παρασκευής της τροφής είναι κάτι πολύπλοκο ανάμεσα στις άλλες πολύπλοκες διαδικασίες που υπάρχουν για τη διατήρηση της ζωής. Εάν η εξέλιξη προχώρησε με μικρά βήματα, η πρώτη ζωή δεν θα απαιτούσε τόσα πολλά στάδια αν ήταν σε θέση να είχε χρησιμοποιήσει για τροφή τις οργανικές ενώσεις που σχηματίζονταν με φυσικό τρόπο. Οι βιολόγοι σήμερα προτιμούν την ***ετερότροφη υπόθεση.*** Πιστεύουν ότι η πρώτη ζωή πιθανόν τρεφόταν από τις ίδιες οργανικές ενώσεις από τις οποίες προήλθε. Αυτό θα πρέπει να ανάγκασε τους πρώτους οργανισμούς να γίνουν καταναλωτές. Δεν μπορούσαν να συνθέσουν όλες τις οργανικές ενώσεις που χρειάζονταν για τροφή. Επιπλέον οι ετερότροφοι αυτοί οργανισμοί θα απαιτούσαν λιγότερα

στάδια για την εξέλιξή τους από τους πιο σύνθετους αυτότροφους οργανισμούς. Η εξέλιξη θα μπορούσε να προχωρήσει και αργότερα θα κατέληγε με μικρά βήματα στους μηχανισμούς κατασκευής τροφής. Αλλιώς η ζωή των ετεροτρόφων, αφού θα είχε εξελιχθεί, θα έφθανε σε νεκρό σημείο, όταν τα αποθέματα των οργανικών ενώσεων για τροφή θα είχαν εξαντληθεί. Ένας αυτότροφος οργανισμός θα μπορούσε να είχε επιζήσει σε πολύ απλούστερο περιβάλλον από έναν ετερότροφο, αλλά θα απαιτούσε ένα πολύ πολυπλοκότερο περιβάλλον για να εξελιχθεί. Μπορείτε να το σκεφθείτε σαν βιολόγοι. Οι βιολόγοι πιστεύουν ότι ίσως έχουν δίκιο, εκτός και αν κατά κάποιο τρόπο η εξέλιξη έγινε με πολλά πολύπλοκα βήματα συγχρόνως. Στην εικόνα 4-4 παρατηρήστε πώς οι βιολόγοι πιστεύουν ότι η πρώτη ζωή εμφανίστηκε, όταν η γη ήταν μόνο κατά 1/4 νεότερη από τη σημερινή της ηλικία.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Επιστημονικά στοιχεία δείχνουν ότι η γη έχει ηλικία περίπου 4,7 δισ. ετών. Εάν υπήρχε μία αρχική ατμόσφαιρα (κυρίως υδρογόνο), αυτή χάθηκε. Ο πλανήτης μας απόκτησε τη δεύτερή του ατμόσφαιρα, καθώς κρύωνε, και αέρια διέφευγαν από τις εκρήξεις των ηφαιστείων. Ανάμεσα σ' αυτά τα αέρια ήταν πιθανόν υδρατμοί, διοξείδιο του άνθρακα, μονοξείδιο του άνθρακα, άζωτο και υδρογόνο. Το μεθάνιο και η αμμωνία σχηματίσθηκαν μετά από αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα.

Η αρχική ατμόσφαιρα δεν περιείχε ελεύθερο οξυγόνο. Αν αυτό συνέβαινε, θα είχαν καταστραφεί οι φυσικές οργανικές ενώσεις από τις οποίες πιστεύεται ότι εξελίχθηκε η ζωή. Οι πρώτοι οργανισμοί θα έπρεπε να είχαν την ικανότητα να ζήσουν χωρίς ελεύθερο οξυγόνο. Ένας αριθμός τέτοιων ειδών οργανισμών υπάρχει ακόμη και σήμερα. Οι βιολόγοι πιστεύουν ότι οι ετερότροφοι (καταναλωτές) εξελίχθηκαν πρώτοι και χρησιμοποίησαν τα αποθέματα φυσικών οργανικών ενώσεων ως τροφή.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Πόσο πιο παλαιά είναι η γη από το παλαιότερο γνωστό απολίθωμα; (Σελίδα 73)
2. Τι αέρια περιείχε η δεύτερη ατμόσφαιρα της γης;
3. Πώς σχηματίσθηκαν στη γη οι ποταμοί, οι λίμνες και οι ωκεανοί;
4. Γιατί οι βιολόγοι πιστεύουν ότι οι ετερότροφοι οργανισμοί (καταναλωτές) εξελίχθηκαν πρώτοι;
5. Εξηγήστε γιατί η απουσία οξυγόνου στην αρχική ατμόσφαιρα της γης δημιούργησε πρόβλημα στους βιολόγους και γιατί αργότερα η απουσία οξυγόνου τους βοήθησε να λύσουν ένα άλλο πρόβλημα;

Η χημεία της αρχέγονης ατμόσφαιρας

4-7
Άτομα και μόρια παρέχουν τη λύση για τη χημεία της ύλης

Για να καταλάβομε πώς κατόρθωσαν να υπάρξουν οι ουσίες, που είναι απαραίτητες τόσο για τη δομή των οργανισμών όσο και για την τροφή τους, πρέπει να γνωρίσομε μερικά πράγματα σχετικά με τη χημική φύση της ύλης. Εδώ μπορούν να συζητηθούν μόνο μερικές βασικές αρχές, αλλά οι αρχές αυτές θα σας βοηθήσουν να καταλάβετε πώς λειτουργούν τα ζωντανά κύτταρα και ποιες είναι οι υποθέσεις που κάνουν οι βιολόγοι για την προέλευση της ζωής.

Το πιο γνωστό σε σας από όλα τα αέρια της αρχικής ατμόσφαιρας είναι οι υδρατμοί. Σήμερα το νερό είναι άφθονο πάνω στη γη σαν αέριο, υγρό και στερεό. Η φυσική κατάσταση στην οποία βρίσκεται το νερό εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Εάν η θερμοκρασία είναι αρκετά υψηλή, το νερό μετατρέπεται σε υδρατμό. Εάν η θερμοκρασία είναι αρκετά χαμηλή, το νερό μετατρέπεται σε πάγο. Παρά το γεγονός όμως της αλλαγής της φυσικής καταστάσεώς του, η χημική του σύσταση παραμένει η ίδια. Το νερό έχει ορισμένες ασυνήθιστες

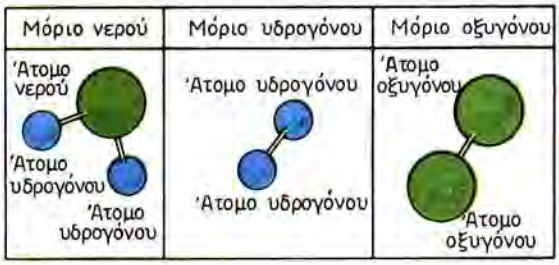
φυσικές και χημικές ιδιότητες, που είχαν ισχυρή επίδραση στην εξέλιξη της ζωής. Εάν μελετήσετε προσεκτικά τη χημεία του νερού, θα φανούν καθαρά ορισμένες γενικές απόψεις σχετικά με τη χημική φύση της ύλης.

Υποθέστε ότι με ένα τρόπο υποδιαιρείτε μία σταγόνα νερού σε όλο και μικρότερα σταγονίδια, μέχρι που να μη μπορείτε να τα δείτε τελικά ούτε κάτω από το μικροσκόπιο. Όσο μικρό και αν είναι το σταγονίδιο του νερού, θα πρέπει να αποτελείται από όμοιες μονάδες, που ονομάζονται ***μόρια.*** Τα μόρια του νερού αποτελούν τις μικρότερες μονάδες, στις οποίες θα μπορούσε να υποδιαιρεθεί το νερό και να διατηρεί ακόμη τις ιδιότητές του. Κάθε άλλη καθαρή ουσία είναι επίσης κατασκευασμένη από το δικό της ειδικό μόριο. Έτσι τα μόρια αποτελούν τις μικρότερες μονάδες μιας οποιασδήποτε καθαρής ουσίας, που όμως εξακολουθούν να έχουν τις ιδιότητες αυτής της ουσίας.

Όταν περάσει ηλεκτρικό ρεύμα μέσα από κάποια ποσότητα νερού, γίνεται μία αξιοσημείωτη αλλαγή. Το νερό μετατρέπεται σε δύο αέρια. Το ένα, το ελαφρότερο αέριο, είναι το υδρογόνο, και καίγεται στον αέρα, που περιέχει οξυγόνο με μία πολύ καυτή φλόγα. Το άλλο αέριο είναι το οξυγόνο. Οποιοδήποτε αντικείμενο που καίγεται έλθει σε επαφή με το οξυγόνο, θα συνεχίσει να καίγεται με πολύ λαμπερή φλόγα.

Δηλαδή, όταν ηλεκτρικό ρεύμα περνά μέσα από το νερό, τα μόρια της ουσίας εξαφανίζονται. Μετατρέπονται σε δύο νέες ουσίες, τα αέρια υδρογόνο και οξυγόνο. Ούτε το υδρογόνο ούτε το οξυγόνο μοιάζουν ή συμπεριφέρονται σαν το νερό. Όπως όλες οι άλλες ουσίες, τα δύο νέα αέρια αποτελούνται από μόρια. Το αέριο υδρογόνο αποτελείται από μόρια υδρογόνου και το αέριο οξυγόνο αποτελείται από μόρια οξυγόνου.

Από τι αποτελούνται τα μόρια; Η ερώτηση αυτή οδηγεί στην πιο σημαντική από όλες τις χημικές θεωρίες: την ***ατομική θεωρία.*** Το 1805 ο Άγγλος φυσικοχημικός Τζ. Ντάλτον ανακοίνωσε ότι η ύλη αποτελείται από μικρά σωματίδια, που θα μπορούσαν να ονομασθούν ***άτομα.*** Η θεωρία του Ντάλτον βοήθησε να ξεκαθαρισθούν πολλές διαφορετικές παρατηρήσεις που είχαν κάνει προηγουμένως οι επιστήμονες. Η θεωρία υποστηρίχθηκε και αργότερα μεταβλήθηκε από άλλους επιστήμονες, αλλά παρέμεινε βασική για την κατανόηση της χημείας και της βιολογίας.



Εικόνα 4-5 *Τα μοντέλα αυτά των μορίων του νερού, του υδρογόνου και του οξυγόνου δείχνουν ότι τα μόρια αποτελούνται από άτομα.*

Τα μόρια είναι συμπλέγματα ατόμων. Δύο τύποι είναι δυνατοί. Στον ένα τύπο όλα τα άτομα του μορίου είναι του ίδιου είδους. Στο δεύτερο τύπο τα μόρια περιέχουν 2 ή περισσότερα είδη ατόμων. Μία καθαρή ουσία που αποτελείται από μόρια, τα οποία περιέχουν μόνο ένα είδος ατόμου, ονομάζεται ***στοιχείο.*** Μία καθαρή ουσία που αποτελείται από μόρια, τα οποία περιέχουν 2 ή περισσότερα είδη ατόμων, ονομάζεται ***ένωση.*** Έτσι το νερό είναι ένωση, αφού τα μόριά του περιέχουν άτομα οξυγόνου και υδρογόνου. Η ζάχαρη είναι ένωση της οποίας τα μόρια αποτελούνται από άτομα άνθρακα, υδρογόνου και οξυγόνου. Αλλά το αέριο οξυγόνο (ή υδρογόνο) είναι στοιχείο, αφού τα μόριά του περιέχουν μόνο άτομα οξυγόνου (ή υδρογόνου) (βλέπε εικόνα 4-5). Σημειώστε ότι μία ένωση είναι μία ουσία με ιδιότητες πολύ διαφορετικές από τις ιδιότητες των στοιχείων από τα οποία αποτελείται.

Σήμερα είναι γνωστά περίπου 100 διαφορετικά στοιχεία. Έτσι υπάρχουν περίπου 100 διαφορετικά είδη ατόμων. Αυτά συνδυάζονται με διαφορετικούς τρόπους, για να σχηματίσουν εκατομμύρια μόρια διαφορετικών ενώσεων ακριβώς όπως τα 24 γράμματα της αλφαβήτου συνδυάζονται για να σχηματίσουν χιλιάδες διαφορετικές λέξεις.

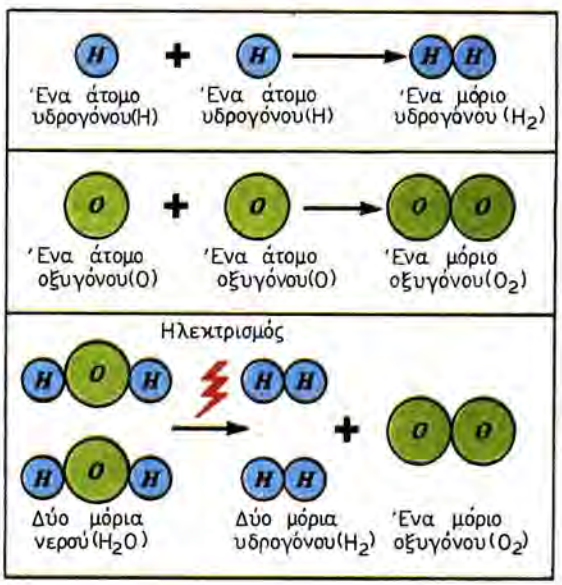
Όλη η ύλη πάνω στη γη, ζωντανή ή νεκρή, αποτελείται από χημικά στοιχεία. Όμως όλα τα χημικά στοιχεία δεν είναι απαραίτητα για τη ζωή. Το σύνολο της ζωντανής ύλης, πάνω από 96%, αποτελείται μόνο από 5 στοιχεία: οξυγόνο, υδρογόνο, άνθρακα, άζωτο και φώσφορο. Το υπόλοιπο 4% αποτελείται από άλλα στοχεία, που είναι απαραίτητα μόνο σε

μικροποσότητες. Να θυμάσθε ότι ένας ζωντανός οργανισμός χρειάζεται όλα τα απαραίτητα στοιχεία του. Δεν μπορεί να μεγαλώσει ή να αναπτυχθεί, ακόμη και αν ένα από τα απαραίτητα ιχνοστοιχεία του λείπει. Είναι τα απαραίτητα για τη ζωή στοιχεία εκείνα που υπάρχουν σε αφθονία στο περιβάλλον; Πράγματι το οξυγόνο και το υδρογόνο αφθονούν στους ωκεανούς και στη γη, αλλά δεν συμβαίνει το ίδιο με τον άνθρακα, το άζωτο και το φώσφορο. [Παράρτημα 4-Α. Τα στοιχεία της γης, (σελίδα 686). Αναφέρονται τα στοιχεία που είναι απαραίτητα για τη ζωή και η σχετική αφθονία τους στη γη]. Τα ζωντανά πράγματα αποτελούνται από στοιχεία που έχουν επιλεγεί για τις χημικές τους ιδιότητες και όχι γιατί είναι άφθονα. Βέβαια οι οργανισμοί επηρεάζονται από το χημικό περιβάλλον μέσα στο οποίο ζουν. Για παράδειγμα, η χημική σύσταση του αίματος των θαλασσίων ζώων μοιάζει πολύ με αυτήν του θαλάσσιου νερού.

Πριν από 100 χρόνια περίπου μία διεθνής συμφωνία ανάμεσα στους χημικούς χαρακτήρισε για ευκολία με ένα σύμβολο κάθε γνωστό στοιχείο. Τα σύμβολα είναι ένα ή δύο γράμματα, παρμένα από το ελληνικό ή το λατινικό όνομα του στοιχείου. Για παράδειγμα, Η είναι το σύμβολο του υδρογόνου (Hydrogen), Ο το σύμβολο του οξυγόνου (Oxygen), C το σύμβολο του άνθρακα (Carbon), Ν του αζώτου (Nitrogen), Fe του σιδήρου (Ferum) κ.ο.κ.

4-8
Το νερό σχηματίζεται από οξυγόνο και υδρογόνο

Η ατομική θεωρία, όπως κάθε επιτυχημένη θεωρία, επιχειρεί να εξηγήσει γνωστά γεγονότα και να προαναγγείλει καινούργια. Για παράδειγμα, σε ένα πείραμα διασπάσεως του νερού με ηλεκτρικό ρεύμα (γνωστό σαν ηλεκτρόλυση) θα βλέπατε ότι παράγεται πάντα διπλάσιο αέριο υδρογόνο από αέριο οξυγόνο. Η ερμηνεία του αποτελέσματος αυτού είναι ότι το μόριο του νερού περιέχει δύο άτομα υδρογόνου για κάθε άτομο οξυγόνου. Τα άτομα στο μόριο μιας συγκεκριμένης ενώσεως υπάρχουν πάντα με τις ίδιες αναλογίες. Ο μηχανισμός της ηλεκτρολύσεως του νερού μπορεί να γραφεί με αυτόν τον τρόπο:



Εικόνα 4-6 *Στην ηλεκτρόλυση του νερού, κάθε μόριο νερού αποσυντίθεται και ελευθερώνονται μόρια υδρογόνου και οξυγόνου.*

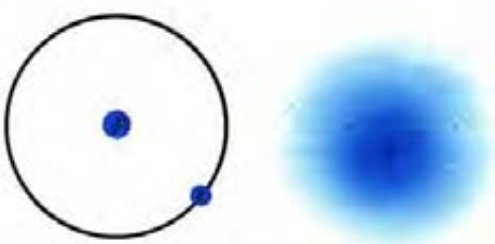
H–O–H	⟶	H–H	+	O
1 μόριο νερού		2 άτομα υδρογόνου		1 άτομο οξυγόνου

Γνωρίζετε ότι 2 άτομα υδρογόνου συνδυάζονται για να σχηματίσουν ένα μόριο αερίου υδρογόνου και 2 άτομα οξυγόνου συνδυάζονται για να σχηματίσουν ένα μόριο αερίου οξυγόνου. Αν αυτό είναι αλήθεια, τότε κατά τη διάρκεια της ηλεκτρολύσεως πρέπει να διασπασθούν 2 μόρια νερού για κάθε ένα μόριο αερίου οξυγόνου, που παράγεται (βλέπε εικόνα 4-6). Όλα αυτά μπορούμε να τα δείξομε με μία σύντομη χημική καταγραφή, που ονομάζεται χημική εξίσωση.

$2H_2O$	⟶	$2H_2$	+	O_2
2 μόρια νερού		2 μόρια υδρογόνου		1 μόριο οξυγόνου

Μπορείτε να απαντήσετε γιατί ήταν απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν 2 μόρια νερού στην εξίσωση;

Προσέξτε τους τύπους στην παραπάνω χημική εξίσωση. Απεικονίζουν τον τρόπο με τον οποίο γράφονται όλοι οι χημικοί τύποι. Τα αντιδρώντα γράφονται αριστερά, τα προϊόντα στα δεξιά. Ο μικρός αριθμός μετά το σύμβολο του ατόμου δείχνει πόσα άτομα από



Εικόνα 4-7 *Δύο τρόποι αναπαραστάσεως του ατόμου του υδρογόνου. Αριστερά, το ηλεκτρόνιο (e) περιστρέφεται γύρω από τον πυρήνα, που αποτελείται από ένα πρωτόνιο (p). Δεξιά το ηλεκτρόνιο περιστρέφεται σαν νέφος γύρω από τον πυρήνα.*

αυτό το στοιχείο περιέχονται στο μόριο αυτής της συγκεκριμένη ενώσεως. Για παράδειγμα, ο τύπος του διοξειδίου του άνθρακα CO_2 σημαίνει ότι ένα μόριο αυτού του αερίου περιέχει ένα άτομο άνθρακα (ο αριθμός «1» εννοείται πάντα χωρίς να γράφεται) και δύο άτομα οξυγόνου.

4-9
Τα άτομα σχηματίζονται από μικρότερα σωματίδια

Η λέξη «άτομο» είναι ελληνική και σημαίνει αδιαίρετο. Εντούτοις, στην εποχή μας οι επιστήμονες βρήκαν ότι τα άτομα δεν είναι αδιαίρετα. Όλα τα άτομα απαρτίζονται από διαφορετικούς συνδυασμούς τριών μικροτέρων σωματιδίων: Τα ***ηλεκτρόνια,*** τα ***πρωτόνια,*** τα ***νετρόνια.*** Μπορεί να μην τα ξέρετε όλα αυτά, αλλά ήδη γνωρίζετε τα ηλεκτρόνια. Τα ηλεκτρόνια είναι οι βασικές μονάδες στον ηλεκτρισμό. Μεταφέρουν αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο (–). Τα πρωτόνια μεταφέρουν θετικό ηλεκτρικό φορτίο (+) και τα νετρόνια είναι ουδέτερα. Δεν μεταφέρουν ηλεκτρικό φορτίο.

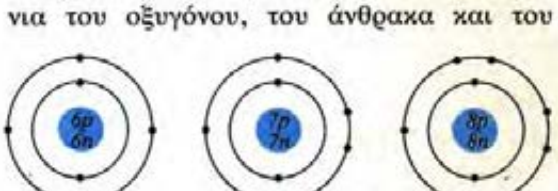
Πώς είναι η διάταξη αυτών των σωματιδίων μέσα στο άτομο; Μαζί πρωτόνια και νετρόνια σχηματίζουν τον ***πυρήνα*** του ατόμου. Ο πυρήνας βρίσκεται στο κέντρο και καταλαμβάνει ένα πολύ μικρό μέρος του συνολικού χώρου του ατόμου, περίπου όσο χώρο καταλαμβάνει μία μύγα σε ένα στάδιο! Όλος ο υπόλοιπος χώρος του ατόμου χρησιμοποιείται από τα ταχύτατα κινούμενα ηλεκτρόνια. Τα ηλεκτρόνια κινούνται τόσο γρήγορα, ώστε σχηματίζουν ένα «ηλεκτρικό νέφος» γύρω από τον πυρήνα – μοιάζουν να είναι παντού κάθε στιγμή. Ο αριθμός των ηλεκτρονίων (με φορτίο πλην) έξω από τον πυρήνα είναι ίσος με τον αριθμό των πρωτονίων (με φορτίο συν) μέσα στον πυρήνα. Έτσι το άτομο είναι ηλεκτρικά εξισορροπημένο ή ουδέτερο. Για παράδειγμα, το άτομο του άνθρακα έχει 6 πρωτόνια και 6 ηλεκτρόνια.

6 πρωτόνια + 6 ηλεκτρόνια = καθόλου φορτίο
(6+) (6–) 0

Το απλούστερο από όλα είναι το υδρογόνο. Ο πυρήνας του έχει ένα μοναδικό πρωτόνιο και καθόλου νετρόνια. Γύρω από αυτόν τον απλό πυρήνα κινείται ένα μοναδικό ηλεκτρόνιο (βλέπε εικόνα 4-7). Όταν το ηλεκτρόνιο του υδρογόνου απομακρυνθεί, ό,τι απομείνει είναι ένας θετικά φορτισμένος πυρήνας, που περιέχει μόνο ένα πρωτόνιο. Σ' αυτή την περίπτωση ο πυρήνας του υδρογόνου συμβολίζεται H^+.

Η δομή άλλων στοιχείων είναι πιο σύνθετη (βλέπε εικόνα 4-8). Για παράδειγμα, ένα άτομο αζώτου έχει 7 πρωτόνια και 7 νετρόνια στον πυρήνα και 7 ηλεκτρόνια έξω από τον πυρήνα. Ένα άτομο οξυγόνου έχει 8 πρωτόνια και 8 νετρόνια στον πυρήνα και 8 ηλεκτρόνια έξω από τον πυρήνα. Το υδρογόνο, το οξυγόνο, ο άνθρακας και το άζωτο είναι τα βασικά στοιχεία που βρίσκομε σε όλα τα ζωντανά πλάσματα.

Σημειώστε ότι στην εικόνα 4-8 τα ηλεκτρόνια του οξυγόνου, του άνθρακα και του



Εικόνα 4-8 *Τα μοντέλα που παριστάνουν τα ηλεκτρόνια ως περιστρεφόμενα νέφη γύρω από τον πυρήνα (όπως της εικόνας 4-7, δεξιά), θεωρούνται πιο αντιπροσωπευτικά. Εντούτοις άλλα διαγράμματα, όπως τα παραπάνω, δείχνουν πόσα πρωτόνια (p), πόσα νετρόνια (n) και πόσα ηλεκτρόνια (μαύρες τελείες) περιέχει το κάθε άτομο. Τα ηλεκτρόνια σε κάθε στοιβάδα ακολουθούν τροχιές μέσα στο ηλεκτρονικό νέφος του ατόμου, που είναι διαφορετικές για κάθε στοιβάδα. Ο αριθμός των ηλεκτρονίων στην εξωτερική στοιβάδα καθορίζει τη χημική δραστικότητα του ατόμου.*

αξώτου σχεδιάζονται σε 2 δακτυλίδια ή ***στοιβάδες,*** όπως αποκαλούνται από τους επιστήμονες. Υπάρχουν αποδείξεις σύμφωνα με τις οποίες όλα τα ηλεκτρόνια ενός ατόμου δεν συγκρατούνται με τον ίδιο τρόπο. Τα ηλεκτρόνια στην εσωτερική στοιβάδα (2 τον αριθμό) συγκρατούνται πολύ σφικτά. Τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στοιβάδας ενός ατόμου συγκρατούνται λιγότερο σφικτά και μπορούν να αλληλεπιδράσουν με τα εξωτερικά ηλεκτρόνια άλλων ατόμων για να σχηματίσουν ενώσεις. Αυτά που εμπλέκονται σε όλες τις χημικές αντιδράσεις είναι μόνο τα ηλεκτρόνια. Ο πυρήνας των στοιχείων δεν αλλάζει σε καμιά χημική αντίδραση. Ο πυρήνας αλλάζει μόνο στις πυρηνικές αντιδράσεις, που συμβαίνουν, για παράδειγμα, στο εσωτερικό των αστέρων, στα ραδιενεργά ορυκτά και στους ατομικούς αντιδραστήρες.

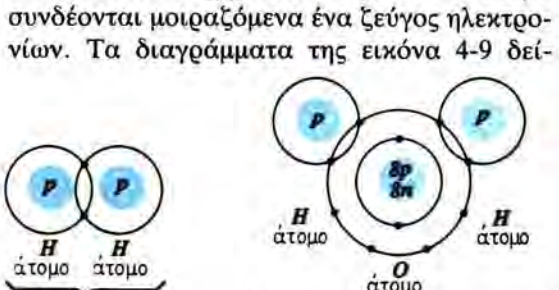
Τα άτομα των διαφόρων στοιχείων διαφέρουν μεταξύ τους στον αριθμό των πρωτονίων, των ηλεκτρονίων και των νετρονίων. Για καθένα στοιχείο ο αριθμός πρωτονίων και ηλεκτρονίων είναι πάντα ο ίδιος, αλλά ο αριθμός των νετρονίων μπορεί να ποικίλλει. Άτομα του ίδιου στοιχείου που διαφέρουν στον αριθμό νετρονίων καλούνται ***ισότοπα.*** Για παράδειγμα, πάνω από το 99% των ατόμων του οξυγόνου στη φύση αποτελούνται από 8 πρωτόνια, 8 νετρόνια και 8 ηλεκτρόνια. Αυτό είναι γνωστό ως το ισότοπο του οξυγόνου-16. 16 είναι το άθροισμα του αριθμού των πρωτονίων και του αριθμού των νετρονίων (ο αριθμός των ηλεκτρονίων δεν περιλαμβάνεται σ' αυτόν τον αριθμό γιατί είναι ο ίδιος με τον αριθμό των πρωτονίων). Εντούτοις, μπορούμε να βρούμε και ένα μικρό ποσοστό του ισοτόπου του οξυγόνου-18, τα άτομα του οποίου περιέχουν 8 πρωτόνια και 10 νετρόνια. Τα ισότοπα είναι πολύ σημαντικά για τη βιολογία, γιατί μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ιχνηθέτες, για να παρακολουθήσομε πολλές διαδικασίες στα ζωντανά κύτταρα. Ακόμη πιο χρήσιμα για το σκοπό αυτό είναι τα ραδιενεργά ισότοπα. Οι πυρήνες των ραδιενεργών ισοτόπων δεν είναι σταθεροί. Εκπέμπουν ακτινοβολία και τελικά διασπώνται. Η ακτινοβολία μπορεί να ανιχνευθεί με ευαίσθητα όργανα. Για παράδειγμα, η συνηθισμένη μορφή του στοιχείου άνθρακα, είναι άνθρακας-12 (6 πρωτόνια, 6 νετρόνια, 6 ηλεκτρόνια). Εντούτοις, το ραδιενεργό ισότοπο του άνθρακα, ο άνθρακας-14 (6 πρωτόνια, 8 νετρόνια, 6 ηλεκτρόνια) βοήθησε τους βιολόγους να ακολουθήσουν τη διαδρομή του άνθρακα σε πολλές πολύπλοκες αντιδράσεις μέσα στα ζωντανά κύτταρα.

4-10
Τα άτομα μπορούν να συνδυασθούν για να σχηματίσουν μόρια

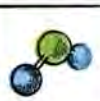
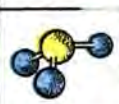
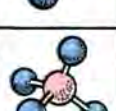
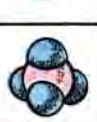
Έχετε ήδη μάθει πως στις περισσότερες περιπτώσεις τα άτομα δεν υπάρχουν μόνα τους. Δύο ή περισσότερα άτομα συνήθως συνδυάζονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν μόρια.

Χημικοί δεσμοί σχηματίζονται ανάμεσα στα άτομα με έλξη, μοίρασμα ή ανταλλαγή των ηλεκτρονίων της εξωτερικής στοιβάδας τους. Συνήθως χρησιμοποιούμε απλά τη λέξη «δεσμοί». Οι δεσμοί ανάμεσα στα άτομα μπορούν να σπάσουν, να γίνει ανακατάταξη των ατόμων και να σχηματισθούν νέοι δεσμοί. Μία χημική αντίδραση είναι στην πραγματικότητα η κατασκευή και το σπάσιμο των χημικών δεσμών. Χημικές αντιδράσεις γίνονται συνεχώς στους ζωντανούς οργανισμούς. Οι ζωντανοί οργανισμοί συγκρίνονται συχνά με χημικά εργοστάσια, αλλά ο αριθμός και η πολυπλοκότητα των χημικών αντιδράσεων που γίνονται στους ζωντανούς οργανισμούς είναι απείρως μεγαλύτερες από αυτές του εργοστασίου.

Όταν τα άτομα αλληλεπιδρούν, σχηματίζουν κυρίως δύο τύπους χημικών δεσμών. Στον ένα τύπο χημικών δεσμών δύο άτομα συνδέονται μοιραζόμενα ένα ζεύγος ηλεκτρονίων. Τα διαγράμματα της εικόνα 4-9 δεί-



Εικόνα 4-9 *Σε ένα μόριο υδρογόνου (αριστερά) δύο άτομα υδρογόνου σχηματίζουν ένα (ομοιοπολικό) δεσμό προσφέροντας το καθένα το ηλεκτρόνιό του. Σε ένα μόριο νερού (δεξιά), το άτομο του οξυγόνου σχηματίζει ομοιοπολικό δεσμό με κάθε ένα από τα δύο άτομα του υδρογόνου.*

Όνομα	Μοριακός τύπος	Δομικός τύπος	Μοντέλα	
			Σφαιρίδια και ραβδάκια	Μοντέλα χώρου
Υδρογόνο	H_2	H–H		
Νερό	H_2O	H–O–H		
Αμμωνία	NH_3			
Μεθάνιο	CH_4			

Εικόνα 4-10 *Ποικιλία συμβόλων και μοντέλων χρησιμοποιούνται για να απεικονίσομε χημικά μόρια. Ένα ακόμη μοντέλο είναι το διάγραμμα με τις τελείες, όπου το H:H παριστάνει ένα μόριο υδρογόνου και το H:O:H παριστάνει ένα μόριο νερού. Κάθε ζεύγος από τελείες παριστάνει το ζεύγος των ηλεκτρονίων που μοιράζονται τα δύο άτομα για να σχηματίσουν ομοιοπολικό δεσμό.*

χνουν δύο παραδείγματα μοιράσματος ηλεκτρονίων ή αλλιώς το σχηματισμό ***ομοιοπολικών δεσμών.*** Δύο άτομα υδρογόνου ενώνονται για να σχηματίσουν το μόριο αερίου υδρογόνου, μοιραζόμενα ένα ζεύγος ηλεκτρονίων. Στο μόριο του νερού το καθένα από τα δύο άτομα υδρογόνου μοιράζεται ένα ζεύγος ηλεκτρονίων με το ίδιο άτομο του οξυγόνου.

Οι χημικοί τύποι συνήθως γράφονται έτσι, ώστε να φαίνεται και ο αριθμός και η διάταξη των ατόμων στα μόρια. Οι τύποι αυτοί λέγονται ***συντακτικοί τύποι.***

Στην απεικόνιση του συντακτικού τύπου μιας ενώσεως ο ομοιοπολικός δεσμός παριστάνεται με μία παύλα. Για παράδειγμα, ο συντακτικός τύπος του νερού γράφεται H-O-H. Μερικές φορές δύο άτομα μοιράζονται δύο ζεύγη ηλεκτρονίων και θα έχουν διπλούς δεσμούς, οι οποίοι σημειώνονται με διπλή παύλα (=). Όταν δύο άτομα μοιράζονται τρία ζεύγη ηλεκτρονίων, έχομε τριπλό δεσμό, που σημειώνεται με τριπλή παύλα (≡). Η εικόνα 4-10 δείχνει τύπους και μοντέλα διαφόρων μορίων της αρχικής ατμόσφαιρας πάνω στη γη.

Ο δεύτερος κύριος τύπος χημικού δεσμού σχηματίζεται όταν ηλεκτρόνια μεταφέρονται από το ένα άτομο στο άλλο. Για παράδειγμα, αυτό το είδος χημικού δεσμού το βρίσκομε στο μαγειρικό αλάτι, γνωστό χημικά ως χλωριούχο νάτριο (NaCl). Όπως φαίνεται και από το όνομα, το μαγειρικό αλάτι αποτελείται από δύο στοιχεία, νάτριο (Na) και χλώριο (Cl). Όταν αυτά τα δύο στοιχεία πλησιάσουν, ένα ηλεκτρόνιο περνά από το άτομο του νατρίου στο άτομο του χλωρίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το άτομο του νατρίου να χάνει ένα αρνητικό φορτίο (το ηλεκτρόνιο) και να παύει να είναι ουδέτερο. Αρχικά είχε 11 πρωτόνια και 11 ηλεκτρόνια. Μετά την απώλεια του ενός ηλεκτρονίου έχει ακόμη 11 πρωτόνια αλλά 10 ηλεκτρόνια. Έτσι το άτομο του νατρίου έχει τώρα ένα επιπλέον θετικό φορτίο. Αυτό λέγεται ***ιόν*** του νατρίου και γράφεται Na^+. Το ιόν είναι ένα άτομο ή μία ομάδα ατόμων, που φέρουν ένα θετικό ή αρνητικό φορτίο αφού έχουν χάσει ή κερδίσει αντίστοιχα ένα ή περισσότερα ηλεκτρόνια. Το ουδέτερο άτομο του χλωρίου είχε αρχικά 17 πρωτόνια και 17 ηλεκτρόνια. Κερδίζοντας



Εικόνα 4-11 *Μικρά, θετικά φορτισμένα ιόντα νατρίου έλκουν μεγάλα αρνητικά φορτισμένα ιόντα χλωρίου, για να σχηματίσουν κρυστάλλους σαν αυτούς που φαίνονται στο μοντέλο. Οι δεσμοί δεν μοιράζονται ηλεκτρόνια, δεν είναι ομοιοπολικοί. Τι είδους δεσμοί είναι;*



Εικόνα 4-12 *Η κλίμακα pH (πεχά) χρησιμεύει για να καθορίζει τα όξινα και βασικά διαλύματα.*

ένα ηλεκτρόνιο από το νάτριο, το χλώριο έχει 17 πρωτόνια και 18 ηλεκτρόνια. Έχει δηλαδή τώρα ένα επιπλέον αρνητικό φορτίο και γίνεται ιόν χλωρίου, Cl^-. Τα σωματίδια του μαγειρικού άλατος γίνονται από θετικά φορτισμένα ιόντα του νατρίου (Na^+), που έλκουν δυνατά τα αρνητικά φορτισμένα ιόντα του χλωρίου (Cl^-). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα κάθε ιόν Na^+ να περιβάλλεται από ιόντα Cl^- και κάθε ιόν Cl^- να περιβάλλεται από ιόντα Na^+. Τα ιόντα συγκρατούνται σε μία διάταξη, που φαίνεται στην εικόνα 4-11. Αυτός ο τύπος έλξεως αντίθετα φορτισμένων σωματιδίων ονομάζεται ***ιονικός δεσμός.*** Σημειώστε ότι δεν υπάρχει μοίρασμα ηλεκτρονίων στον ιονικό δεσμό.

4-11
Τα ιόντα σε διάλυμα επηρεάζουν τα ζωντανά κύτταρα

Όταν το μαγειρικό αλάτι διαλύεται στο νερό, οι ιονικοί δεσμοί σπάζουν. Τα ιόντα Na^+ και Cl^- διαχωρίζονται και παραμένουν σαν ιόντα στο διάλυμα. Η αντίδραση κατά την οποία μία ουσία διαχωρίζεται σε ιόντα καλείται ***ιονισμός.***

Μία από τις πιο σημαντικές αντιδράσεις ιονισμού για τα ζωντανά κύτταρα είναι ο ιονισμός του νερού. Ένα μόριο νερού (H_2O) διασπάται ή ιονίζεται σε ιόν υδρογόνου (H^+) και ιόν υδροξυλίου (OH^-). Σημειώστε ότι το ιόν του υδρογόνου (H^+) είναι ένα άτομο υδρογόνου που έχει χάσει το μοναδικό του ηλεκτρόνιο. Με άλλα λόγια το ιόν του υδρογόνου μοιάζει με ένα πρωτόνιο. Το ηλεκτρόνιο που χάνεται κατακρατείται από το ιόν του υδροξυλίου OH^- που αποτελείται από ένα άτομο οξυγόνου και ένα άτομο υδρογόνου.

Οι υπολογισμοί δείχνουν ότι μόνο ένα σε κάθε δέκα εκατομμύρια μόρια νερού διασπάται σε ιόντα. Και όμως όλες οι διαδικασίες της ζωής εξαρτώνται από αυτήν την απειροελάχιστη ποσότητα ιονισμένου νερού. Τα ζωντανά κύτταρα ρυθμίζουν τα επίπεδα των ιόντων H^+ και OH^- μέσα σε πολύ στενά όρια. Μικρές αλλαγές των ποσοτήτων αυτών των ιόντων μπορεί να επηρεάσουν σημαντικές κυτταρικές αντιδράσεις.

Οι χημικοί και οι βιολόγοι χρησιμοποιούν την κλίμακα pH (Πεχά), για να περιγράψουν τις συγκεντρώσεις των ιόντων H^+ και OH^- σε ένα διάλυμα. Η κλίμακα αρχίζει από το 0 μέχρι το 14. Ένα διάλυμα που έχει τον ίδιο αριθμό ιόντων H^+ και OH^- ονομάζεται ουδέτερο και έχει pH 7. Το καθαρό νερό έχει pH 7. Ένα διάλυμα με περισσότερα ιόντα H^+ από ιόντα OH^- ονομάζεται ***όξινο*** και θα έχει pH λιγότερο από 7 (χαμηλό pH). Ένα τέτοιο διάλυμα είναι ξινό στη γεύση. Ένα διάλυμα με περισσότερα ιόντα OH^- από ιόντα H^+ λέγεται ***βασικό*** (ή αλκαλικό) και θα έχει pH μεγαλύτερο από 7 (υψηλό pH). Έτσι, ένα διάλυμα με pH 2 είναι ισχυρά όξινο και ένα διάλυμα με pH 10 είναι ισχυρά βασικό (εικόνα 4-12).

Η κλίμακα του pH είναι βασική στη βιολογία, γιατί οι οργανισμοί ποικίλλουν στον τρόπο ανταποκρίσεώς τους στην αλλαγή του pH. Ορισμένοι μύκητες και βακτήρια αναπτύσσονται σε όξινα διαλύματα αλλά όχι σε βασικά διαλύματα. Από την άλλη μεριά ορισμένοι θαλάσσιοι οργανισμοί έχουν τόσο προσαρμοσθεί στο ελαφρά αλκαλικό pH (7,8 ως 8,6) του θαλασσινού νερού, που δεν μπορούν να ζήσουν σε όξινα διαλύματα. Το ανθρώπινο αίμα παραμένει σε σταθερό pH 7,4. Ο θάνατος επέρχεται όταν το pH του αίματος πέφτει κάτω από το 7,0 ή υψώνεται πάνω από το 7,8.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 4-Β. Ποια είναι τα όξινα ή βασικά χαρακτηριστικά μερικών κοινών βιολογικών ουσιών; Σελίδα 584.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το νερό είναι μία ένωση που μπορεί να διασπασθεί με τη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος στα μόρια των στοιχείων υδρογόνου και οξυγόνου. Αυτά τα μόρια αποτελούνται από ακόμη μικρότερα σωματίδια, που ονομάζονται ***άτομα,*** καθένα από τα οποία έχει ένα σύστημα (πρωτόνια και ηλεκτρόνια) ηλεκτρικών φορτίων. Ποικίλα άτομα συνδυάζονται για το σχηματισμό μορίων εκατομμυρίων διαφορετικών ενώσεων. Το μοίρασμα των ηλεκτρονίων ή η έλξη που συγκρατεί μαζί τα άτομα σε μόρια καλούνται ***χημικοί δεσμοί.***

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ ατόμων και μορίων;
2. Τι είναι χημική ένωση;
3. Ποια είναι η απόδειξη ότι το μόριο του νερού περιέχει δύο φορές περισσότερο υδρογόνο από οξυγόνο;
4. Ποια στοιχεία περιείχαν τα αέρια της αρχέγονης ατμόσφαιρας;
5. Τι είναι χημικός δεσμός;
6. Τι είναι ιόν; Πώς σχηματίζονται τα ιόντα;

Ο σχηματισμός οργανικών ενώσεων

4-12
Οι οργανικές ενώσεις πριν από την εμφάνιση της ζωής

Πολλές χημικές ενώσεις, εκτός από το νερό, είναι απαραίτητες για την ύπαρξη της ζωής. Οι πιο σημαντικές είναι οι ***οργανικές ενώσεις*** των οποίων το όνομα έχετε ήδη συναντήσει. Το όνομα «οργανικός» είναι γνωστό από πολύ παλιά, όταν πιστευόταν ότι οι ενώσεις αυτές σχηματίζονται μόνο από τα ζωντανά κύτταρα. Στη γλώσσα της χημείας οι οργανικές ενώσεις είναι ενώσεις άνθρακα, στις οποίες τα άτομα του άνθρακα συνδυάζονται με υδρογόνο, οξυγόνο και συχνά με άζωτο, θείο και φωσφόρο. Ελάχιστες ενώσεις του άνθρακα δεν συμπεριλαμβάνονται στις οργανικές ενώσεις: το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και το ανθρακικό οξύ (H_2CO_3).

Η ιδέα ότι μόνο τα ζωντανά κύτταρα μπορούν να σχηματίσουν οργανικές ενώσεις αποδείχθηκε λανθασμένη, όταν το 1828 ο Γερμανός χημικός Φ. Ουώλερ κατόρθωσε να συνθέσει στο εργαστήριο μία οργανική ένωση, την ***ουρία.*** Ήταν γνωστό ότι η ουρία σχηματιζόταν μόνο από τα ζώα και εκκρινόταν στα ούρα. Από τότε χιλιάδες διαφορετικές οργανικές ενώσεις έχουν συντεθεί από τους χημικούς στο εργαστήριο. Δεν υπήρχε πια λόγος να ονομάζονται αυτές οι ενώσεις «οργανικές», αλλά το όνομα είχε πια καθιερωθεί και χρησιμοποιείται ακόμη για να περιγράψει τις ενώσεις του άνθρακα που είναι απαραίτητες για τη ζωή.

Διαβάσατε προηγουμένως ότι δύο επιστήμονες, ο Α. Ι. Οπαρίν και ο Ι. Μπ. Σ. Χάλνταν, ξεχωριστά ο καθένας, συνέλαβαν την ιδέα ότι οι οργανικές ενώσεις πιθανόν είχαν σχηματισθεί κάτω από τις πρωτογενείς γήινες συνθήκες πριν από την εμφάνιση της ζωής. Σκέφθηκαν ότι, όταν η γη ήταν ακόμη νεαρής ηλικίας, υπήρχαν σε αφθονία πολύ ισχυρές πηγές ενέργειας, όπως υπεριώδης ακτινοβολία από τον ήλιο, ηλεκτρική ενέργεια από τις αστραπές, ραδιενεργός ακτινοβολία από ραδιενεργά πετρώματα και θερμότητα από τα ηφαίστεια. (Σήμερα, πολύ λίγη από την υπεριώδη ακτινοβολία του ηλίου διαπερνά την πλούσια σε οξυγόνο ατμόσφαιρα και φθάνει στη γη). Η ενέργεια αυτών των πηγών θα πρέπει να διέσπασε τα μόρια των αερίων της αρχικής ατμόσφαιρας, εξαναγκάζοντάς τα να ξανασχηματίσουν οργανικές ενώσεις από τον άνθρακα, τα άλλα στοιχεία και τα ιόντα που απελευθερώθηκαν. [Για περισσότερα πάνω στην ενέργεια δείτε το Παράρτημα 4-Β, Ενέργεια, (σελίδα 687)]. Καταρρακτώδεις βροχές θα πρέπει να παρέσυραν τις οργανικές ενώσεις στους ωκεανούς και τις λίμνες. Αφού δεν υπήρχαν ζωντανοί οργανισμοί, για να τις καταναλώσουν και ελεύθερο οξυγόνο, για να τις καταστρέψει, οι οργανικές ενώσεις, οι απαραίτητες για τη ζωή, θα πρέπει να συσσωρεύτηκαν στα νερά

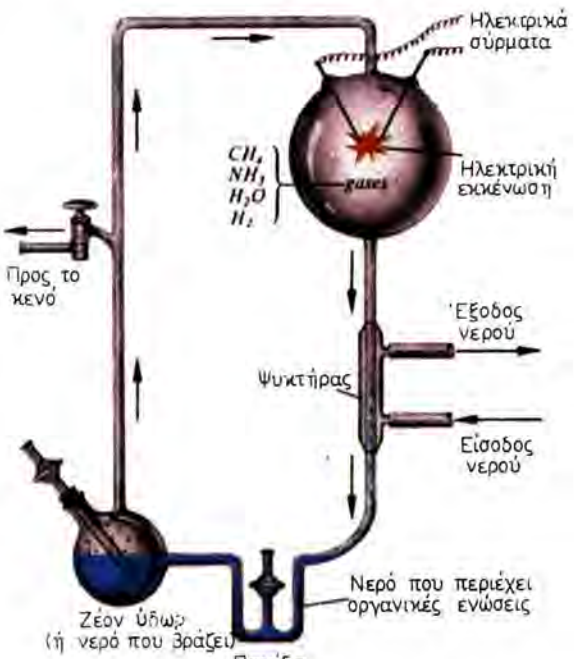
της γης. Έτσι τα πανάρχαια νερά έγιναν διαλύματα με τροφές, που θα μπορούσαν να χρησιμεύσουν ως τροφή ζωντανών οργανισμών σε περίπτωση που θα εμφανίζονταν.

4-13
Πρωτόγονες γήινες συνθήκες στο εργαστήριο

Ποιες ήταν οι οργανικές ενώσεις που σχηματίσθηκαν πριν από την εμφάνιση της ζωής; Οι Χ. Ντρέυ και Σ. Μίλλερ εργάσθηκαν πάνω σ' αυτό το πρόβλημα στο Πανεπιστήμιο του Σικάγου. Σκέφθηκαν, με ένα εργαστηριακό πείραμα, να μιμηθούν τις συνθήκες που πιθανόν υπήρχαν στην πρωτόγονη γη. Ο Μίλλερ, που είναι σήμερα στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας, έφτιαξε μία αεροστεγή συσκευή, που φαίνεται στο σχέδιο 4-13. Αέρια, μεθάνιο, υδρογόνο και αμμωνία τοποθετήθηκαν στη συσκευή και κυκλοφορούσαν γύρω από ένα ηλεκτρικό τόξο υψηλής ενέργειας. Ένα δοχείο με νερό που έβραζε ήταν συνδεδεμένο με τη συσκευή και προμήθευε θερμότητα και υδρατμούς. Καθώς οι υδρατμοί κυκλοφορούσαν, ψύχονταν και συμπυκνώνονταν σαν «βροχή». Έτσι, ο Μίλλερ δημιούργησε κάποιες συνθήκες, που μπορεί να επικρατούσαν στην αρχική ατμόσφαιρα. Αυτές οι συνθήκες ήταν αέρια, θερμότητα, βροχή και αστραπές.

Αφού άφησε τα αέρια να κυκλοφορούν για μία εβδομάδα, ο Μίλλερ εξέτασε το υγρό της συσκευής. Η μόνη ορατή διαφορά ήταν ότι το υγρό, που ήταν άχρωμο στην αρχή του πειράματος, τώρα ήταν κόκκινο. Χημικές αναλύσεις στη συνέχεια έδειξαν ότι το υγρό περιείχε αρκετές ενώσεις που δεν υπήρχαν στην αρχή του πειράματος. Τα άτομα μερικών από τα μόρια των αερίων ανασυνδυάσθηκαν για να σχηματίσουν νέα πιο σύνθετα μόρια.

Όταν πιστοποιήθηκαν οι ουσίες που ήταν διαλυμένες στο υγρό, ο Μίλλερ βρήκε ότι είχαν σχηματισθεί οργανικές ενώσεις, γνωστές ως ***αμινοξέα.*** Αυτή ήταν μία εξαιρετική ανακάλυψη, γιατί τα αμινοξέα είναι οι δομικές μονάδες των πρωτεϊνών που υπάρχουν σε αφθονία σε κάθε ζωντανό κύτταρο. Καμιά μορφή ζωής δεν είναι δυνατόν να υπάρξει χωρίς πρωτεΐνες. Το πείραμα του Μίλλερ δεν απέδειξε ότι τα αμινοξέα σχηματίσθηκαν με αυτό τον τρόπο κάτω από τις πρωτόγονες γήινες συνθήκες. Αλλά το πείραμα έδειξε ότι



Εικόνα 4-13 *Ένα σχέδιο της συσκευής του Μίλλερ. Στη συσκευή αυτή ο Μίλλερ μιμήθηκε στο εργαστήριο τις συνθήκες που πίστευαν ότι επικρατούσαν στην πρωτόγονη ατμόσφαιρα. Τι προσπαθούσε να βρει ο Μίλλερ;*

παρόμοια διαδικασία θα μπορούσε να είχε συμβεί στην ατμόσφαιρα της νεαρής γης.

Πιο πρόσφατα, άλλοι επιστήμονες έκαναν παρόμοια πειράματα χρησιμοποιώντας διαφορετικές πηγές ενέργειας, ακόμη και υπεριώδη ακτινοβολία και διαφορετικούς συνδυασμούς αερίων, που πιθανόν υπήρξαν στην αρχική ατμόσφαιρα. Και αυτά τα πειράματα πέτυχαν. Έδειξαν ότι και άλλες ενώσεις, βασικές για τη ζωή, θα μπορούσαν να είχαν σχηματισθεί κάτω από τις πρωτογενείς γήινες συνθήκες. Είναι τώρα πια σαφές ότι ένα από τα κυριότερα αξιώματα της ετερότροφης υποθέσεως, ο σχηματισμός των οργανικών ενώσεων πριν από την εμφάνιση της ζωής, δεν είναι απλή εικασία.

Νέα και πιο ενδιαφέρουσα απόδειξη για το σχηματισμό των οργανικών ενώσεων στη γη πριν από την ύπαρξη της ζωής ανακοινώθηκε από τον Σύριλ Πονάμπερούμα και τους συνεργάτες του στο Κέντρο Ερευνών Έιμς στην Καλιφόρνια. Οι επιστήμονες αυτοί βρήκαν

αμινοξέα και άλλες οργανικές ενώσεις σε μετεωρίτη, που έπεσε από το διάστημα κοντά στο Μούρτσισον της Αυστραλίας στις 25/9/1969. Αμινοξέα είχαν βρεθεί και σε άλλους μετεωρίτες, αλλά σ' αυτές τις περιπτώσεις οι μετεωρίτες μπορεί να είχαν μολυνθεί από γήινες πρωτεΐνες όταν έπεσαν στο έδαφος. Τα στοιχεία που βρέθηκαν από την ανάλυση του μετεωρίτη του Μούρτσισον απέκλεισαν ότι είχε γίνει μόλυνση από το γήινο περιβάλλον. Βρέθηκαν 7 αμινοξέα, δύο από τα οποία δεν υπάρχουν σε πρωτεΐνες της γης. Ένα τέτοιο μίγμα δεν θα μπορούσε να έχει προέλθει από ζωντανό οργανισμό, αλλά θα μπορούσε να δημιουργηθεί, αν τα αμινοξέα είχαν σχηματισθεί με τυχαίους συνδυασμούς σε ένα χωρίς ζωή περιβάλλον. Όσο και αν αυτό το στοιχείο είναι εντυπωσιακό, δεν θα πρέπει να φθάσετε στο συμπέρασμα ότι όλα τα ερωτήματα για την αρχή της ζωής έχουν διευκρινισθεί μια για πάντα. Η ετερότροφη υπόθεση είναι η καλύτερη υπόθεση που μπορεί η επιστήμη να προσφέρει προς το παρόν για να εξηγήσει αυτό το αίνιγμα. Υπάρχουν ακόμη πολλά που πρέπει να μάθομε, κυρίως για τη μετάβαση από τις οργανικές ενώσεις στο πρώτο ζωντανό κύτταρο.

4-14
Δομικές πρωτεΐνες

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, χωρίς πρωτεΐνες η ζωή θα ήταν αδύνατη. Κάθε ζωντανό κύτταρο περιέχει ένα αριθμό διαφορετικών πρωτεϊνών, βασικών για τη λειτουργία του κυττάρου. Κάθε κύτταρο κατασκευάζει τις πρωτεΐνες του, συνδέοντας σε μακρές αλυσίδες περίπου 20 διαφορετικά ***αμινοξέα.*** Καθένα από τα διαφορετικά αμινοξέα μπορεί να υπάρχει σε πολλές θέσεις της αλυσίδας, έτσι ώστε διαφορετικά μόρια πρωτεϊνών να περιέχουν από 50 ως 3000 αμινοξέα.

Επειδή καινούργιες πρωτεΐνες σχηματίζονται κατά τη διάρκεια της ζωής ενός οργανισμού, κάθε ζωντανό κύτταρο χρειάζεται μία συνεχή προμήθεια αμινοξέων. Ορισμένα κύτταρα, όπως των πρασίνων φυτών και μερικών βακτηρίων, μπορούν να φτιάξουν όλα τα αμινοξέα που χρειάζονται. Άλλα κύτταρα, όπως αυτά του ανθρώπινου οργανισμού, μπορούν να φτιάξουν μόνο μερικά από τα 20 αμινοξέα και γι' αυτό πρέπει να προμηθεύονται τα υπόλοιπα από τις πρωτεΐνες των τροφών. Τα αμινοξέα που ο άνθρωπος δεν μπορεί να συνθέσει ο ίδιος ονομάζονται ***απαραίτητα αμινοξέα.*** Στην πραγματικότητα όλα τα αμινοξέα των πρωτεϊνών είναι απαραίτητα για τη ζωή, αλλά τα «απαραίτητα» αμινοξέα πρέπει να περιέχονται στη δίαιτά σας. Στο Παράρτημα 4-Γ, σελίδα 688. Τα αμινοξέα, υπάρχει κατάλογος των 20 αμινοξέων που υπάρχουν στις πρωτεΐνες, όπου σημειώνονται και τα λεγόμενα «απαραίτητα» αμινοξέα. Οι περισσότερες πρωτεΐνες περιέχουν και τα 20 αμινοξέα και μία πρωτεΐνη μπορεί να περιέχει περισσότερα ή λιγότερα από τα αμινοξέα μιας άλλης πρωτεΐνης. (Βλ. Παράρτημα 4-Δ, σελίδα 690). Αλληλουχία των αμινοξέων της φερεδοξίνης). Η πιο ενδιαφέρουσα διαφορά ανάμεσα στις πρωτεΐνες είναι η αλληλουχία με την οποία είναι τοποθετημένα τα αμινοξέα μέσα στο μόριο της πρωτεΐνης. Η αλληλουχία των αμινοξέων μιας πρωτεΐνης, που έχει μία ορισμένη λειτουργία σε ένα είδος, θα μοιάζει πολύ με την αλληλουχία των αμινοξέων μιας πρωτεΐνης με την ίδια λειτουργία σε ένα άλλο είδος. Όσο πιο κοντινή είναι η σχέση διαφορετικών ειδών μεταξύ τους, τόσο πιο μικρές είναι οι διαφορές στην αλληλουχία των αμινοξέων τους. Το παράδειγμα του Παραρτήματος 4-Ε «Ομοιότητες στην αλληλουχία των αμινοξέων του κυτοχρώματος C του αλόγου, του ανθρώπου, του χοίρου, του κουνελιού, της κότας και του τόνου», σελίδα 690, δείχνει τις ομοιότητες της συνθέσεως των αμινοξέων της πρωτεΐνης που παίρνει μέρος στη λειτουργία της αναπνοής των 6 αυτών ζώων.

Από τι είναι φτιαγμένα τα αμινοξέα; Όλα τα αμινοξέα περιέχουν άτομα άνθρακα, υδρογόνου, οξυγόνου και αζώτου. Η βασική δομή ενός αμινοξέος περιλαμβάνει ένα κεντρικό άτομο άνθρακα (C), στο οποίο είναι συνδεδεμένα ένα άτομο υδρογόνου (H), μία αμινοομάδα ($-NH_2$) και μία καρβοξυλομάδα (–COOH) και μία ποικιλία ατόμων ή ομάδων ατόμων που συμβολίζεται με R. Στην εικόνα 4-14 φαίνεται ο γενικός συντακτικός τύπος των αμινοξέων και δίνεται ο συντακτικός τύπος δύο αμινοξέων. Παρατηρήστε ότι στο αμινοξύ αλανίνη το R είναι η ομάδα CH_3 και στη γλυκίνη το R είναι ένα άτομο H.

Μία πρωτεΐνη είναι ένα παράδειγμα μεγάλου και σύνθετου μορίου, που είναι κατα-





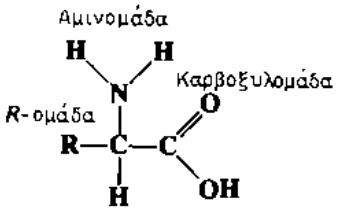
Πέτρες από τον ουρανό

Στις 7 Δεκεμβρίου του 1807 μία πύρινη μπάλα με μία φωτεινή ουρα εμφανίστηκε στον ουρανό πάνω από την πόλη Ουέστον της Κοννεκτικούτης. Οι άνθρωποι που βρίσκονταν εκεί άκουσαν ένα παταγώδη θόρυβο σαν από κανόνι και είδαν την πύρινη μπάλα να πλησιάζει στη γη. Ανάμεσα σ' αυτούς που είδαν αυτό το γεγονός ήταν δύο καθηγητές, που παρατήρησαν ότι ξαφνικά η πύρινη μπάλα εξαφανίστηκε και στη συνέχεια είδαν ένα βράχο να πέφτει στη γη.

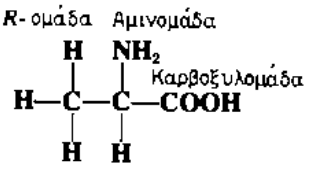
Το γεγονός ήταν τόσο ασυνήθιστο, που ο πρόεδρος των Ηνωμένων Πολιτειών Θωμάς Τζέφερσον ακούστηκε να λέει: «Θα προτιμούσα να πιστέψω ότι οι δύο καθηγητές λένε ψέματα, παρά ότι πέτρες πέφτουν απ' τον ουρανό». Και η Γαλλική Ακαδημία των Επιστημών στο Παρίσι έβγαλε μία ανακοίνωση, που έλεγε ότι «είναι φυσικά αδύνατο να πέφτουν πέτρες από τον ουρανό» και ότι αυτό που είδαν οι μάρτυρες δεν ήταν παρά γήινοι βράχοι που κτυπήθηκαν από κεραυνό. Οι πέτρες από τον ουρανό σήμερα λέγονται μετεωρίτες. Ο μετεωρίτης του Ουέστον ήταν ο τελευταίος που αμφισβητήθηκε. Εκτός από βράχους της σελήνης, οι μετεωρίτες είναι τα μόνα θραύσματα που φθάνουν στη γη από άλλα μέρη του ηλιακού μας συστήματος. Αν πράγματι υπάρχει ζωή ή συνθήκες για την ύπαρξη ζωής σε άλλους πλανήτες, τότε οι μετεωρίτες θα μπορούσαν να μας το αποδείξουν. Το σημαντικό ερώτημα ήταν, αν οι μετεωρίτες περιείχαν οργανικές ενώσεις, που χωρίς αυτές η ζωή είναι αδύνατη.

Αποδείξεις ότι οι μετεωρίτες περιέχουν οργανικές ενώσεις έχουν αναφερθεί πριν από ένα αιώνα από πολλούς επιστήμονες. Αλλά υπήρχαν αμφιβολίες, γιατί οι περισσότεροι μετεωρίτες που εξετάσθηκαν είχαν μολυνθεί από γήινες ουσίες. Για παράδειγμα, αμινοξέα σε πολύ μικρές ποσότητες βρέθηκαν σε μετεωρίτες, όμοια μ' αυτά που βρίσκομε στα ανθρώπινα αποτυπώματα των δακτύλων. Μήπως τα αμινοξέα προήλθαν από τα δάχτυλα που χειρίστηκαν τα δείγματα του μετεωρίτη;

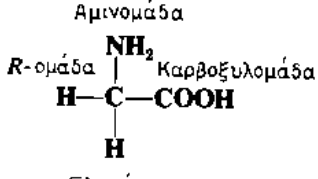
Τελικά ο μετεωρίτης που έπεσε στις 25 Σεπτεμβρίου του 1969 στο Μούρτσισον της Αυστραλίας μας απάντησε θετικά στο ερώτημα: Σχηματίζονται οι οργανικές ενώσεις και έξω από τη γη; Ο μετεωρίτης φαίνεται στην εικόνα σε φυσικό μέγεθος πάνω στο γραφείο του Δρ. Πονανπερούμα, ο οποίος διηύθυνε την έρευνα.



Γενικός τύπος



Αλανίνη



Γλυκίνη

Εικόνα 14-14 *Όλα τα αμινοξέα έχουν ένα κεντρικό άτομο άνθρακα που συνδέεται με ένα άτομο υδρογόνου, μία αμινομάδα, μία όξινη ομάδα και μία R-ομάδα.*

σκευασμένο από απλούστερες οργανικές ενώσεις, οι οποίες σ' αυτή την περίπτωση είναι αμινοξέα. Δύο οποιαδήποτε μόρια αμινοξέων μπορούν να συνδυασθούν σχηματίζοντας δεσμό ανάμεσα στην καρβοξυλομάδα του ενός και την αμινομάδα του άλλου. Αυτός ο δεσμός, που ονομάζεται ***πεπτιδικός δεσμός,*** σχηματίζεται με μία διαδικασία κατά την οποία αποσπάται ένα μόριο νερού. Ο σχηματισμός του πεπτιδικού δεσμού περιγράφεται στο Παράρτημα 4-ΣΤ, σελίδα 691. Σχηματισμός του πεπτιδικού δεσμού.

Όταν δύο μόρια αμινοξέων ενωθούν με πεπτιδικό δεσμό, το νέο μεγαλύτερο μόριο εξακολουθεί να έχει μία αμινομάδα στο ένα του άκρο και μία καρβοξυλομάδα στο άλλο (Βλ. Παράρτημα 4-ΣΤ). Τότε άλλα μόρια αμινοξέων μπορούν να συνδεθούν με το νέο μόριο, σχηματίζοντας πεπτιδικούς δεσμούς σε οποιοδήποτε από τα δύο άκρα. Μία τέτοια αλυσίδα αμινοξέων ονομάζεται ***πολυπεπτίδιο.*** Και άλλα μόρια αμινοξέων μπορούν να προστεθούν, ίσως και μέχρι και χιλιάδες, σε ένα μόριο πρωτεΐνης.

Μία ορισμένη πρωτεΐνη ξεχωρίζει από όλες τις άλλες από τον αριθμό και τη σειρά με την οποία τα διαφορετικά της αμινοξέα έχουν συνδυασθεί. Έχει υπολογισθεί ότι ένα ζωικό κύτταρο μπορεί να περιέχει περίπου 2000 διαφορετικά είδη πρωτεϊνών. Μερικές από αυτές τις πρωτεΐνες βρίσκονται μόνο σε ένα είδος.

Πώς συνδέθηκαν τα αμινοξέα κάτω από τις πρωτόγονες γήινες συνθήκες για να σχηματίσουν τις πρώτες πρωτεΐνες; Σ' αυτή την ερώτηση είναι δύσκολο να δοθεί απάντηση. Σε όλα τα ζωντανά κύτταρα τα αμινοξέα συνδέονται με πεπτιδικούς δεσμούς σταδιακά. Κάθε στάδιο ελέγχεται από ένα ρυθμιστή που είναι κι αυτός μία πρωτεΐνη. Αυτή η διαδικασία απαιτεί ενέργεια. Πώς όμως οι πρωτεΐνες έγιναν, πριν ακόμη υπάρξουν οι ζωντανοί οργανισμοί, που μπορούν να τις παράγουν; Για να λύσουν αυτό το μυστήριο οι επιστήμονες, προσπάθησαν να επινοήσουν τρόπους να συνδέσουν αμινοξέα σε μόρια που να μοιάζουν με πρωτεΐνες. Ο Σ. Φοξ του Πανεπιστημίου της Φλόριδας θέρμανε ένα ξηρό μίγμα αμινοξέων σε θερμοκρασίες πάνω από το σημείο βρασμού του νερού. Το νερό που αποσπάσθηκε κατά τη διάρκεια σχηματισμού του πεπτιδικού δεσμού εξατμίσθηκε. Όταν η μάζα κρύωσε, ο Φοξ βρήκε πολλά αμινοξέα συνδεδεμένα σε σύνθετα μόρια, που είχαν όμως και ορισμένες ιδιότητες των πρωτεϊνών.

Τα πειράματα του Φοξ δεν απέδειξαν ότι η θερμότητα συνέδεσε τα απλά αμινοξέα σε πρωτεΐνες κάτω από τις πρωτόγονες γήινες συνθήκες. Εντούτοις υποστηρίζουν την ετερότροφη υπόθεση και δείχνουν πώς σύνθετα μόρια θα μπορούσαν να είχαν σχηματισθεί από απλούστερες οργανικές ενώσεις χωρίς τη βοήθεια ζωντανών οργανισμών.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Έχει διατυπωθεί η υπόθεση ότι οι χημικοί δεσμοί των μορίων των απλών αερίων της αρχικής ατμόσφαιρας θα μπορούσαν να σπάσουν και ότι τα μόριά τους θα μπορούσαν να επανασυνδεθούν με μόρια που περιέχουν άνθρακα, όπως τα αμινοξέα. Στη συνέχεια αυτά τα μόρια μπορεί να σχημάτισαν πεπτιδικούς δεσμούς με άλλα αμινοξέα, για να παράγουν πρωτεΐνες. Η υπόθεση αυτή αποτελεί πιθανόν την αρχή της χρονικά παρατεταμένης και αργής εξελίξεως της ζωής.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Ποιες πηγές ενέργειας μπόρεσαν να προκαλέσουν μεταβολές στους χημικούς δεσμούς των μορίων των αερίων της αρχικής ατμόσφαιρας;
2. Ονομάστε μερικές οργανικές ενώσεις.
3. Περιγράψτε τη δομή των αμινοξέων.
4. Πώς τα μόρια των αμινοξέων συνδέονται μεταξύ τους για να φτιάξουν πρωτεΐνες;
5. Σε ποια σημεία τα αποτελέσματα των πειραμάτων του Φοξ και του Μίλλερ μοιάζουν;
6. Αν αυτά τα πειράματα δεν υποστήριζαν την ετερότροφη υπόθεση, τι αξία θα είχαν;

Εμφάνιση της ζωής στις αρχέγονες θάλασσες

4-15
Από τα συσσωματώματα των οργανικών ενώσεων στο αρχικό κύτταρο

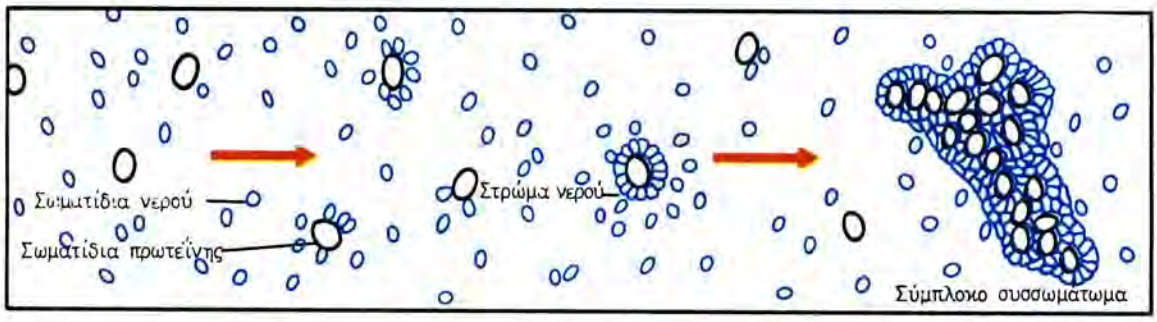
Όσο και αν τα αμινοξέα και οι πρωτεΐνες είναι σημαντικά, θα πρέπει και άλλες πολύπλοκες οργανικές ενώσεις να είχαν σχηματισθεί κάτω από τις πρωτόγονες συνθήκες, ώστε να γίνει δυνατή η ύπαρξη ζωής. Η πρώτη δομή ενός αρχικού κυττάρου θα πρέπει να ήταν απλούστερη και από τα στοιχειώδη βακτηριακά κύτταρα που υπάρχουν σήμερα. Αυτά τα αρχικά κύτταρα θα έπρεπε να είχαν τη δυνατότητα να αναπαραχθούν και να αυξηθούν. Αν όμως τα κύτταρα μπορούσαν να αναπαράγουν τον εαυτό τους, θα χρειάζονταν ειδικές οργανικές ενώσεις για τον έλεγχο της αναπαραγωγής. Η ετερότροφη υπόθεση υποστηρίζει ότι οι οργανικές ενώσεις, που είναι απαραίτητες για την αναπαραγωγή, σχηματίσθηκαν επίσης από μη-βιολογικές αντιδράσεις. Και αυτές οι ενώσεις μαζί με άλλες πολύπλοκες παρασύρθηκαν πιθανόν με τη βροχή στις λίμνες, τα ποτάμια και τους ωκεανούς. Οι αρχέγονες θάλασσες της πρωτόγονης γης αποτέλεσαν έτσι μία «λεπτόρευστη σούπα» ή το θρεπτικό ζωμό όλων των απαραιτήτων ενώσεων για το πρωτόγονο κύτταρο.

Χωρίς να υπάρχουν ζωντανοί οργανισμοί για να τις χρησιμοποιήσουν, οι οργανικές αυτές ενώσεις θα πρέπει να συσσωρεύθηκαν στις θάλασσες. Ο καλύτερος χώρος για τη συσσώρευση αυτών των ενώσεων δεν ήταν οι απέραντοι ωκεανοί αλλά μικρότερες λίμνες, ίσως ακόμη και λασπώδεις πεδιάδες. Σωματίδια λάσπης και πηλού και χαμηλότερες θερμοκρασίες θα πρέπει να χρησίμευαν στη συμπύκνωση των διαφόρων μορίων. Γι' αυτό το λόγο μερικοί επιστήμονες πιστεύουν ότι η πρώτη ζωή εμφανίσθηκε σε λασπώδεις πεδιάδες ή στις όχθες των ωκεανών μετά από παλίρροια ή ακόμη σε μικρότερες υδάτινες περιοχές.

Καθώς περνούσε ο καιρός, μερικά αμινοξέα από το θρεπτικό ζωμό σχημάτισαν πολυπεπτίδια και πρωτεΐνες. Επίσης άλλα απλά οργανικά μόρια σχημάτισαν μεγαλύτερα, πιο σύνθετα μόρια. Στη συνέχεια μερικά από τα μεγάλα μόρια σχημάτισαν ένα συσσωμάτωμα, από το οποίο προήλθε το αρχικό κύτταρο.

Αυτή είναι μία υπόθεση που πάει πολύ μακριά. Ο σχηματισμός των αρχικών κυττάρων από συσσωματώματα οργανικών ενώσεων είναι πιο δύσκολος να εξηγηθεί από το σχηματισμό των ιδίων των οργανικών ενώσεων κάτω από τις πρωτόγονες γήινες συνθήκες.

Η υπόθεση προτείνει ότι αρχικά μεγάλες οργανικές ενώσεις στο θρεπτικό ζωμό ομαδο-



Εικόνα 4-15 *Αυτό το σχέδιο δείχνει πώς ένα πολύπλοκο συσσωμάτωμα σχηματίζεται, όταν ένα στρώμα νερού περιβάλλει ένα άθροισμα πρωτεϊνικών μορίων.*

ποιήθηκαν τυχαία, σχηματίζοντας πολλές μορφές συμπλεγμάτων. Αυτές οι διάφορες μορφές συμπλεγμάτων πρέπει να συναγωνίσθηκαν μεταξύ τους για τα οργανικά μόρια του ζωμού, που ήταν απαραίτητα για την ανάπτυξη και αναπαραγωγή τους. Σ' αυτόν το συναγωνισμό κάποια συμπλέγματα είχαν σύνθεση και οργάνωση τέτοια που τα έκανε επιτυχέστερα από κάποια άλλα. Στη συνέχεια η διαδικασία της φυσικής επιλογής απομάκρυνε τα λιγότερο επιτυχή. Τα συμπλέγματα συνέχισαν να γίνονται πολυπλοκότερα, μέχρι που έφθασαν να μοιάζουν με ένα ετερότροφο κύτταρο.

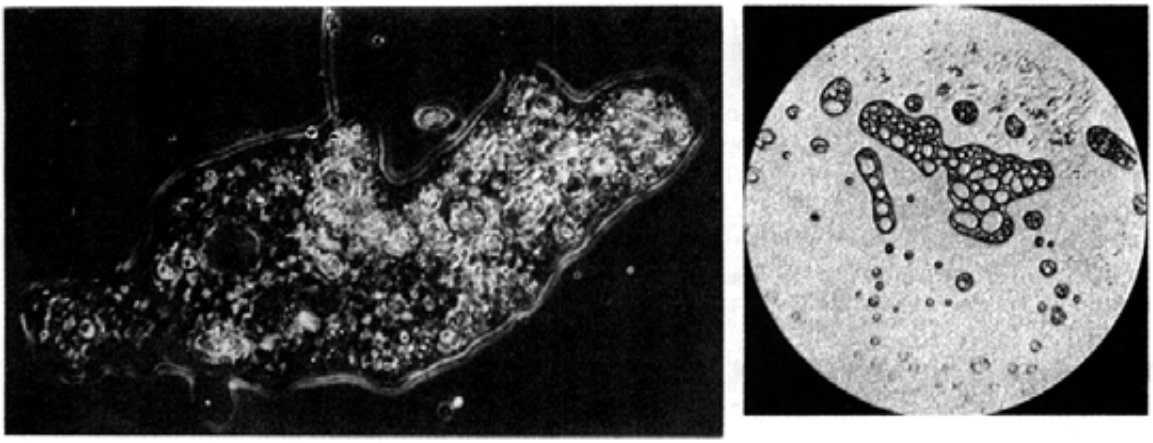
Ο Χάλταν πρόσφατα πρότεινε ότι οι πρόγονοι των αρχικών κυττάρων πρέπει να έμοιαζαν με σωματίδια ιών, συνδεδεμένα με πρωτεΐνες. Ο Οπαρίν πρότεινε ένα μοντέλο για το προ-κύτταρο, μία ειδική ομάδα σταγόνων που ονομάζονται «συσσωρεύματα» από λατινική λέξη. Τα «συσσωρεύματα» είναι ένας σωρός από πρωτεΐνες ή ουσίες που μοιάζουν με πρωτεΐνες που συγκρατούνται μεταξύ τους σαν μικρές σταγόνες μέσα σε ένα υγρό που τα περιβάλλει. Όταν οι πρωτεΐνες διαλύονται στο νερό, ένα μέρος από τα μόρια των πρωτεϊνών αποκτά ηλεκτρικό φορτίο. Αυτά τα μόρια των ηλεκτρικά φορτισμένων πρωτεϊνών έλκουν μόρια νερού με τέτοιο τρόπο, ώστε να σχηματισθεί μία στοιβάδα μορίων νερού γύρω από το μεγάλο πρωτεϊνικό μόριο. Ένα σύνθετο «συσσώρευμα» σχηματίζεται από ένα συσσωμάτωμα μορίων πρωτεΐνης, που περιβάλλεται από μία στοιβάδα νερού (βλ. εικόνα 4-15). Εάν οι πρόγονοι των πρωτογόνων κυττάρων ήταν «συσσωρεύματα» ή κάποιες ειδικές μορφές, πιθανόν ανέπτυξαν παρόμοια χαρακτηριστικά με αυτά που βλέπομε σήμερα στα πολύ απλά ετερότροφα βακτήρια. Σχημάτισαν δηλαδή ένα περίβλημα, μία μεμβράνη, που τα χώριζε από τον εξωτερικό κόσμο. Συνέχισαν να αναπτύσσονται χρησιμοποιώντας ενώσεις από το περιβάλλον για ενέργεια. Τελειοποίησαν μία διαδικασία αναπαραγωγής, παράγοντας απογόνους ικανούς να συνεχίσουν την ίδια διαδικασία της ζωής.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 4-Γ. Δημιουργία «συσσωμάτων», σελίδα 585.

4-16
Τι είναι ζωή;

Ο βιολόγος βρίσκεται σε αμηχανία όταν του ζητούν να δώσει ένα απλό ορισμό της ζωής. Φυσικά είναι εύκολο να πούμε πως μία αγελάδα είναι ζωντανή και μία πέτρα άβια. Επίσης μπορούμε να πούμε πως μία αμοιβάδα είναι ζωντανή και ένα «συσσωμάτωμα» όχι. Αλλά, όταν ο βιολόγος προσπαθεί να ορίσει ένα ακριβές σύστημα ταξινομήσεως για τα ζωντανά και τα άβια πράγματα, τότε παρουσιάζονται προβλήματα.

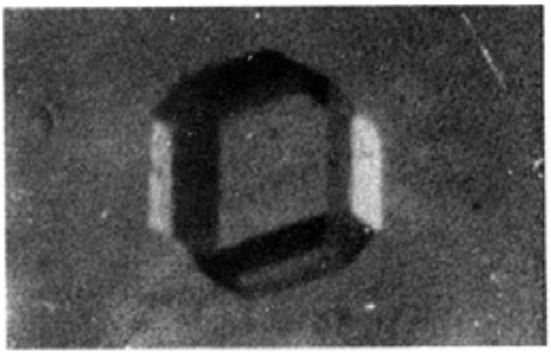
Ίσως θυμόσαστε από το κεφάλαιο 2 ότι ορισμένοι οργανισμοί είναι δύσκολο να ταξινομηθούν ως φυτά ή ως ζώα. Μοιάζουν να έχουν μερικές ιδιότητες από κάθε ομάδα. Τώρα μπορείτε να δείτε πώς η θεωρία της εξελίξεως βοηθά να εξηγήσομε γιατί υπάρχουν οργανισμοί, που βρίσκονται ανάμεσα σε ζώα και φυτά.



Εικόνα 4-16 *Μία ζωντανή αμοιβάδα (αριστερά) είναι πιο πολύπλοκη από ένα συσσώρευμα σταγονιδίων (δεξιά) που είναι άψυχο. Παρόλα αυτά, οι δύο εικόνες μοιάζουν.*

Με παρόμοιο τρόπο η ετερότροφη υπόθεση μας βοηθά να καταλάβομε γιατί είναι τόσο δύσκολο να βρούμε σαφείς διαφορές ανάμεσα στα ζωντανά και τα άβια. Όλα τα ζωντανά πράγματα έχουν ένα περίβλημα, που τα χωρίζει από το περιβάλλον. Είναι ικανά να αναπαραχθούν και να προσλάβουν χημική ενέργεια απορροφώντας μόρια από το περιβάλλον. Εντούτοις κάποιες παρόμοιες ιδιότητες βρέθηκαν επίσης σε άβια συστήματα. Για παράδειγμα, ένας κρύσταλλος αλατιού, όταν προστεθεί σε ένα πυκνό διάλυμα αλατιού, αυξάνεται και αρχίζει το σχηματισμό και άλλων κρυστάλλων. Οι ιοί παρέχουν ένα ενδιαφέρον πρόβλημα σ' αυτή τη σχέση. Μερικοί ιοί μπορούν να κρυσταλλωθούν (εικόνα 4-17) και να διατηρηθούν αιώνια στο εργαστήριο, χωρίς να χάσουν την ικανότητα αναπαραγωγής τους όταν τοποθετηθούν μέσα στο κύτταρο. Εντούτοις ένας ιός δεν μπορεί να προσλάβει χημική ενέργεια από μόρια που είναι έξω από το ζωντανό κύτταρο. Είναι ο ιός ζωντανός; Να τι έχει να πει πάνω στο πρόβλημα ο Ν. Β. Πίρι, ένας Άγγλος βιοχημικός.

> «...έχουν ανακαλυφθεί και μελετηθεί συσσωματώματα που δεν είναι ούτε προφανώς ζωντανά ούτε προφανώς άβια και είναι απαραίτητο να ορίσομε αυτές τις λέξεις ή αλλιώς να τις εγκαταλείψομε και να τις αντικαταστήσομε. Όταν κάποιος ερωτηθεί για το αν ένας ιός είναι ζωντανός ή άβιος η μόνη λογική απάντηση είναι "δεν ξέρω". Γνωρίζομε ένα αριθμό πραγμάτων, που μπορεί να κάνει και ένα αριθμό πραγμάτων που δεν μπορεί να κάνει, και αν κάποια επιτροπή ορίσει τη λέξη "ζωντανός", θα προσπαθήσω να δω πώς ταιριάζει ο ιός σ' αυτόν τον ορισμό».



Εικόνα 4-17 *Ο κρύσταλλος αυτός του ιού της πολιομυελίτιδας, που έχει μεγεθυνθεί 600 φορές, μοιάζει να είναι άβειος, γιατί είναι διαφανής. Αυτός ο κρύσταλλος περιέχει περίπου 200 εκατομμύρια ιούς.*

Αυτή η απάντηση δεν ικανοποιεί κατά κανόνα αυτόν που ρωτά, γιατί έχει ισχυρές αλλά αβάσιμες απόψεις για τις λέξεις «ζωντανό» και «άβιο».

Το απόσπασμα αυτό δίνει πιθανόν μία καλή περιγραφή της καταστάσεως στην οποία

βρίσκονται οι βιολόγοι. Δεν υπάρχει επιτροπή για να δώσει τον ορισμό της ζωής. Προς το παρόν δεν μπορούμε να αποφασίσομε πόσο πολύπλοκο πρέπει να είναι ένα σύστημα πριν το ονομάσομε ζωντανό. Η διαφορά ανάμεσα σε μία πέτρα και μία αγελάδα είναι προφανής. Η διαφορά ανάμεσα στον απλούστερο ζωντανό οργανισμό και το πολυπλοκότερο μη-ζωντανό σύστημα δεν είναι τόσο προφανής.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ένας «θρεπτικός ζωμός» ήταν πιθανώς το αποτέλεσμα της συσσωρεύσεως οργανικών ενώσεων στις αρχέγονες θάλασσες. Με το πέρασμα του χρόνου πιθανώς τα απλούστερα μόρια του ζωμού σχημάτισαν πολυπλοκότερα μόρια και τα πολυπλοκότερα μόρια σχημάτισαν το αρχικό κύτταρο. Το αρχικό κύτταρο απορρόφησε τις απαραίτητες ενώσεις για την αναπαραγωγή του και την ανάπτυξή του από την περιβάλλουσα σούπα. Διαδοχικά το αρχικό κύτταρο έγινε πολυπλοκότερο, μέχρι να μοιάσει στο ετερότροφο κύτταρο. Ανέκαθεν οι βιολόγοι θεωρούσαν δύσκολο να δώσουν τον ορισμό της «ζωής». Η δυσκολία αυτή εξηγείται από την υπόθεση ότι μόνο μία λεπτή γραμμή διαχωρίσει τα πιο περίπλοκα συσσωρεύματα μορίων από τους απλούστερους οργανισμούς.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Περιγράψτε τι υποστηρίζουν οι επιστήμονες για το σχηματισμό των πρωτογόνων κυττάρων.
2. Πού βρήκαν τα πρωτόγονα κύτταρα την ενέργεια που χρειάζονται;
3. Τι είναι «συσσώρευμα»;
4. Γιατί είναι δύσκολο να χωρίσομε τη ζωή από την άβια κατάσταση;
5. Σύμφωνα με την ετερότροφη υπόθεση μπορείτε να συμπεράνετε ότι είναι δύσκολο να κάνομε διάκριση ανάμεσα στη ζωή και την άβια κατάσταση; Γιατί;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑ ΣΗΜΕΙΑ

Η αυτόματη γένεση, μία κοινή παραδοχή 22 αιώνων, δεν μπόρεσε να δώσει ευλογοφανή εξήγηση της προελεύσεως της ζωής. Η θεωρία της εξελίξεως, παρόλα αυτά οδήγησε σε πολλές προβλέψεις για το πώς έμοιαζε η πρωτόγονη ζωή. Βασιζόμενοι σ' αυτές τις προβλέψεις, οι επιστήμονες άρχισαν να μελετούν την εξέλιξη της ίδιας της γης.

Οι επιστήμονες πιστεύουν σήμερα ότι η γη έχει ηλικία 4,7 δισ. ετών και ότι η πρώτη ατμόσφαιρά της αποτελούνταν πιθανόν από αέρια, που διέφυγαν από το εσωτερικό της από τα ηφαίστεια και τις θερμές πηγές. Τα αέρια αυτά δεν περιείχαν ελεύθερο οξυγόνο, αλλά υδρατμούς, διοξείδιο του άνθρακα, μονοξείδιο του άνθρακα, άζωτο και υδρογόνο. Οι πρώτες αντιδράσεις παρήγαγαν μεθάνιο και αμμωνία. Σύμφωνα με την ετερότροφη υπόθεση, οι δεσμοί των μορίων των αερίων θραύσθηκαν από το υπεριώδες φως και από άλλες λιγότερο άφθονες μορφές ενέργειας. Τα άτομα συνδυάστηκαν, για να σχηματίσουν απλά οργανικά μόρια, όπως είναι τα αμινοξέα. Οι ενώσεις αυτές παρασύρθηκαν από τις βροχές στα ποτάμια, τις λίμνες και τους ωκεανούς της πρωτόγονης γης. Ύστερα από εκατομμύρια χρόνια οι αρχέγονες θάλασσες έγιναν ο θρεπτικός ζωμός, που περιείχε ποικιλία ενώσεων, απαραιτήτων για τη ζωή.

Μερικά από τα μικρά μόρια που περιείχαν άνθρακα μέσα στις αρχέγονες θάλασσες άρχισαν να σχηματίζουν πιο πολύπλοκα μόρια. Για παράδειγμα, αμινοξέα αντέδρασαν μεταξύ τους και σχημάτισαν πρωτεΐνες. Αργότερα μερικά από τα πολύπλοκα μόρια ενώθηκαν για να σχηματίσουν συσσωρεύματα πολυπλόκων μορίων. Τα συσσωματώματα αυτά απορροφώντας άλλα μόρια από το περιβάλλον αυξήθηκαν σε μέγεθος. Τα «συσσωρεύματα» «αναπαράχθηκαν» με διαίρεση. Τα διάφορα «συσσωρεύματα» που σχηματίστηκαν πιθανόν ήταν αποτέλεσμα του συναγωνισμού για την πρόσληψη χρησίμων οργανικών ενώσεων. Ορισμένα συσσωματώματα με καλύτερη σύνθεση και οργάνωση προσαρμόσθηκαν στο περιβάλλον, αυξήθηκαν σε βάρος των άλλων και έγιναν τα αρχικά κύτταρα, που κατέληξαν στα ζωντανά κύτταρα που γνωρίζομε σήμερα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Γιατί οι βιολόγοι πιστεύουν ότι οι πρώτες μορφές ζωής δεν πρέπει να ήταν μεγάλοι

οργανισμοί με εξειδικευμένα σωματικά μέρη;

2. Τι σημαίνει η έκφραση, ότι η εξέλιξη είναι «μεταποιητής» και όχι «αρχιτέκτονας»;
3. Ποιες από τις παρακάτω υποθέσεις υποστήριζε το περίφημο πείραμα του Μίλλερ;
   (Α) Πολύπλοκα οργανικά μόρια σχηματίσθηκαν στην πρώτη ατμόσφαιρα της γης.
   (Β) Οργανικά μόρια μπορούν να συντεθούν στο εργαστήριο.
   (Γ) Τα αμινοξέα συνδέονται μεταξύ τους και σχηματίζουν πρωτεΐνες.
   (Δ) Τα οργανικά μόρια αποτελούνται από άνθρακα και υδρογόνο.
4. Η κύρια υπόθεση του πειράματος που έκανε ο Φοξ ήταν:
   (Α) Ένα μόριο πρωτεΐνης αποτελείται από μόρια αμινοξέων.
   (Β) Πιθανόν η υπεριώδης ακτινοβολία ήταν η πηγή ενέργειας για το σχηματισμό των πρωτεϊνών.
   (Γ) Τα αμινοξέα μπορούν να συνθεθούν με χημικό τρόπο όταν τα θερμάνομε.
5. Γιατί απεικονίζομε την αρχέγονη ατμόσφαιρα σαν κατακλυσμό, με καταρρακτώδεις βροχές και αστραπές;
6. Γιατί τα ιόντα είναι φορτισμένα;
7. Γιατί η αρχέγονη ατμόσφαιρα περιείχε περισσότερους υδρατμούς από τη σημερινή ατμόσφαιρα;
8. Το πείραμα του Μίλλερ υποστήριξε την ετερότροφη υπόθεση, όμως δεν την απέδειξε, γιατί:
   (Α) Έδειξε μόνο ότι η παραγωγή των οργανικών ενώσεων από ανόργανα υλικά σχετίζεται με το σχηματισμό ζωντανών πραγμάτων.
   (Β) Παρήγαγε μόνο αμινοξέα από απλά αέρια της αρχέγονης ατμόσφαιρας.
   (Γ) Το πείραμα του Μίλλερ πετυχαίνει μόνο όταν οι πειραματικές συνθήκες είναι παρόμοιες με τις συνθήκες που επικρατούσαν στην αρχέγονη ατμόσφαιρα.
   (Δ) Ο Μίλλερ είχε προεξαγγείλει ότι και άλλα πράγματα θα συνέβαιναν, που όμως δεν συνέβησαν.
9. Εξηγήστε πώς η θεωρία της ηλεκτρικής φύσεως της ύλης υποστηρίζει την υπόθεση του Ντάλτον, ότι τα άτομα ενός χημικού στοιχείου διαφέρουν από τα άτομα όλων των άλλων στοιχείων.
10. Γιατί η σύσταση της αρχέγονης ατμόσφαιρας και η χημεία της αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την ετερότροφη υπόθεση;
11. Ποια σχέση υπάρχει μεταξύ ενός ιόντος και του ατόμου του;
12. Εξηγήστε, αν ένα ισότοπο σχετίζεται με ένα ιόν.

ΑΡΘΡΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΒΑΣΜΑ

Dickerson, R. E. "Chemical Evolution and the Origin of Life." *Scientific American*, September, 1978.

Farley, J. *The Spontaneous Generation Controversy from Descartes to Oparin*. Baltimore, Johns Hopkins, 1977.

Frieden, E. "The Chemical Elements of Life." *Scientific American*, July, 1972.

Horowitz, N. H. "The Search for Life on Mars." *Scientific American*, November, 1977.

Miller, S. L., and L. E. Orgel. *The Origins of Life on the Earth*. Concepts of Modern Biology Series. Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, 1974.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

1. N. W. Pirie, "The Meaninglessness of the Terms Life and Living," in *Perspectives in Biochemistry*, ed. Joseph Needham and David E. Green. New York, Cambridge University Press, 1937, p. 12.

Χημική Ενέργεια για τη Ζωή

5



Οι πρώτες διεργασίες που απελευθέρωσαν ενέργεια για τη ζωή πιθανόν άρχισαν μέσα στους αρχέγονους ωκεανούς.

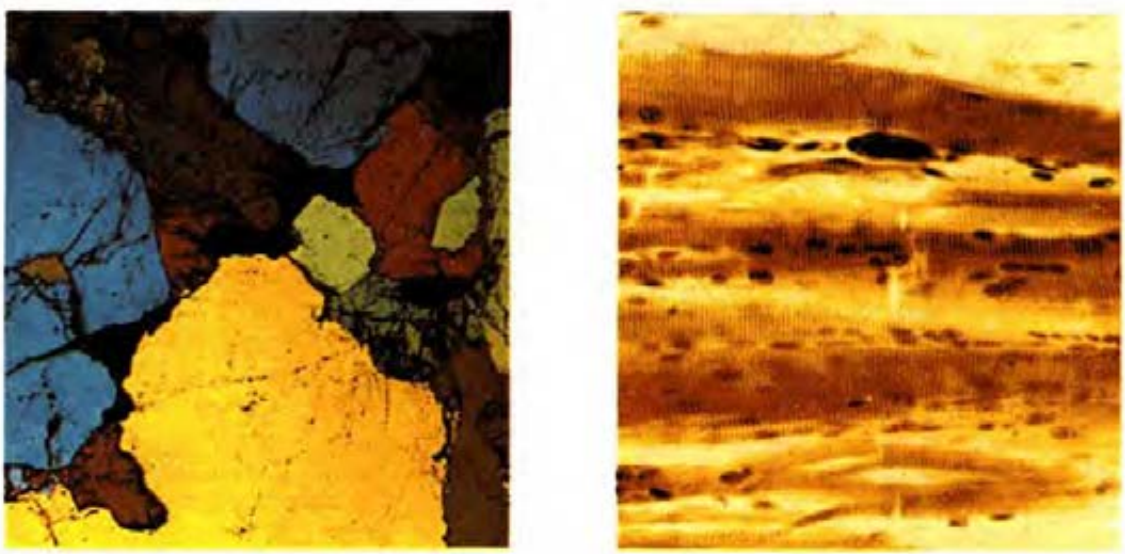
Σύμφωνα με την υπόθεση για τους ετερότροφους οργανισμούς, τα πρώτα εξελισσόμενα κύτταρα άρχισαν βαθμιαία να μοιάζουν με τους ετερότροφους μονοκύτταρους οργανισμούς που γνωρίζομε σήμερα. Ένα περίβλημα ή μία μεμβράνη διαχώριζε τα κύτταρα από το υδάτινο περιβάλλον τους. Μόνο μερικά οργανικά μόρια από τα θρεπτικά υλικά που υπήρχαν στο περιβάλλον μπορούσαν να διαπεράσουν τη μεμβράνη. Αυτά τα μόρια προμήθευαν την ενέργεια και τα δομικά υλικά που χρειάζονται τα κύτταρα για να διατηρούν τη δομή τους και να αυξηθούν. Στο κεφάλαιο αυτό θα δούμε πώς τα οργανικά μόρια παρέχουν ενέργεια στα ζωντανά κύτταρα χωρίς οξυγόνο, όπως και τα πρώτα ετερότροφα κάτω από τις πρωτόγονες συνθήκες που επικρατούσαν στη γη. Τα τελευταία πενήντα χρόνια με την επιστημονική πρόοδο ανακαλύφθηκε ότι ορισμένοι χημικοί μηχανισμοί, που χρησιμοποιούσαν τα πρωτόγονα κύτταρα για να προσλάβουν ενέργεια από τα θρεπτικά υλικά, ισχύουν ακόμη και σήμερα για τους ζωντανούς οργανισμούς και τον άνθρωπο.

Κύτταρα και ενέργεια

5-1
Η κυτταρική οργάνωση χρειάζεται ενέργεια

Τα μόρια των πρωτογόνων μονοκυττάρων οργανισμών μοιάζουν με τα μόρια των σημερινών ζωντανών κυττάρων σε ένα βασικό σημείο. Δεν έπλεαν ελεύθερα στο υδάτινο περιβάλλον, αλλά περικλύονταν σε ένα περιορισμένο χώρο, που τον περιέβαλε η κυτταρική μεμβράνη. Η διευθέτηση αυτή απαιτεί οργάνωση και η οργάνωση χρειάζεται ενέργεια.

Αν ο καθένας από σας έχει το δικό του δωμάτιο στο σπιτικό του, πρέπει να γνωρίζετε πάρα πολλά για την τακτοποίηση του δωματίου σας και την ενέργεια που απαιτείται. Κάθε χώρος και δωμάτιο έχει την τάση να αποδιοργανώνεται. Όταν γδύνεστε, τα ρούχα σας δεν τοποθετούνται στη ντουλάπα σας μόνα τους. Τα κρεβάτια δεν στρώνονται μόνα



Εικόνα 5-1 *Η διάταξη των κρυστάλλων ενός βράχου από γρανίτη (αριστερά) παρουσιάζει μικρή οργάνωση σε σχέση με τη δομή του σκελετικού μυ (δεξιά) των ανωτέρων ζώων, που έχει οργανωμένη διάταξη. Οι δύο εικόνες είναι μεγεθυμένες.*

ένα ακριβές πρότυπο. Όσο πιο οργανωμένο είναι ένα σύστημα, τόσο περισσότερη ενέργεια περιέχει. Τα ζωντανά κύτταρα είναι καλά οργανωμένα μόρια. Ενέργεια απαιτείται για να διατηρηθούν «σε τάξη», ώστε να αναπτυχθούν και να δημιουργήσουν καινούργια κύτταρα.

Η κυριότερη ιδιότητα της ζωής είναι ο μεγάλος βαθμός της οργανώσεως όταν συγκριθεί με τα άβια αντικείμενα. Η εικόνα 5-1 συγκρίνει τη σχετικά άτακτη δομή μιας μηζωντανής (άβιας) ύλης με την οργανωμένη δομή μιας ζωντανής. Γενικά, όσο πιο προηγμένη είναι η μορφή της ζωής, τόσο περισσότερο οργανωμένη είναι. Ο καθένας σας είναι ένα παράδειγμα ενός εξαιρετικά πολύπλοκου οργανωμένου συστήματος μορίων.

Ένα ζωνταντό κύτταρο χρειάζεται μία ελεγχόμενη και συνεχή πηγή ενέργειας, ώστε: (1) Να συνθέσει μεγάλα πολύπλοκα μόρια, (2) να οργανώσει τα μόρια αυτά σε δομικά πρότυπα, (3) να συντηρήσει την οργάνωση και (4) να αναπαράγει την ίδια οργάνωση σε νεότερες γενιές. Ποια όμως ήταν η πηγή ενέργειας στην αρχή της ζωής; Οι αστραπές και η υπεριώδης ακτινοβολία του ηλίου περιέχουν τεράστιες ποσότητες ενέργειας. Όμως τέτοιες μεγάλες ποσότητες ενέργειας θα ήταν αχαλίνωτες. Θα μπορούσαν να διαλύσουν και να καταστρέψουν τα πρώτα κύτταρα, παρά να βοηθήσουν στην αύξηση της οργανώσεώς τους. Για να υπάρξουν ζωντανά κύτταρα, θα έπρεπε να ήταν διαθέσιμη μία σταθερή και ήπια πηγή ενέργειας.

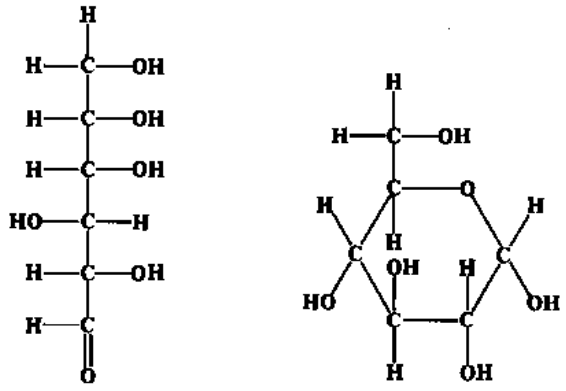
Υποθέσαμε ότι στη διάρκεια εκατομμυρίων ετών πριν από την εμφάνιση της ζωής, ένας πολύ μεγάλος αριθμός οργανικών μορίων συναθροίστηκε στις αρχέγονες υδάτινες μάζες. Τα μόρια αυτά προφανώς σχηματίσθηκαν κατά τη διάρκεια μεγάλων χρονικών περιόδων με τη βοήθεια ενέργειας, από την υπεριώδη ακτινοβολία του ηλίου, από τις αστραπές ή τη θερμότητα. Τι έγινε όμως αυτή η ενέργεια; Ένα μέρος της μετατράπηκε σε χημική ενέργεια και αποθηκεύτηκε στους χημικούς δεσμούς που συγκρατούν τα άτομα μεταξύ τους μέσα στα μόρια. Τα οργανικά μόρια μέσα στις υδάτινες μάζες (υδάτινη σούπα) αποτέλεσαν μία τρομακτική αποθήκη ενέργειας με τη μορφή χημικής ενέργειας.

5-2
Οργανικές ενώσεις χρησιμοποιούνται ως πηγές ενέργειας

Ποιες οργανικές ενώσεις προμήθευαν ενέργεια στα πρώτα κύτταρα; Κανείς δεν το ξέρει με βεβαιότητα, όμως, πολύ πιθανόν να ήταν τα ίδια τα οργανικά μόρια που προμήθευαν ενέργεια στα ζωντανά κύτταρα των σημερινών οργανισμών. Οι πιο σημαντικές πηγές ενέργειας των ζωντανών οργανισμών είναι οι υδατάνθρακες (ύδωρ και άνθρακας). Βρίσκονται σε όλα τα κύτταρα. Εκτός από τα άτομα του άνθρακα περιέχουν υδρογόνο και οξυγόνο στην ίδια αναλογία όπως και στο νερό, δηλαδή δύο προς ένα. Οι απλοί υδατάνθρακες λέγονται ***σάκχαρα.*** Το πιο σημαντικό σάκχαρο, η γλυκόζη, χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας σχεδόν από όλους τους οργανισμούς. Η γλυκόζη είναι γνωστή και σαν δεξτρόζη ή σταφυλοσάκχαρο. Είναι το σάκχαρο που μεταφέρεται με την κυκλοφορία του αίματος σε όλα τα κύτταρα του ανθρώπινου σώματος. Η γλυκόζη περιέχει έξι άτομα άνθρακα. Η εικόνα 5-2 δείχνει δύο δομικούς τύπους, που παριστάνουν τις δύο μορφές της γλυκόζης σε διάλυμα. Η μορφή όπου πέντε άτομα άνθρακα και ένα οξυγόνο σχηματίζουν ένα κλειστό δακτύλιο υπάρχει σε μεγαλύτερη αφθονία. Ένα μικρό ποσό γλυκόζης σε διάλυμα υπάρχει με τη μορφή ανοικτής αλυσίδας.

Άλλα απλά σάκχαρα περιέχουν τρία, τέσσερα, πέντε ή και περισσότερα άτομα άνθρακα. Το πιο γνωστό μας σάκχαρο είναι το καλαμοσάκχαρο. Το καλαμοσάκχαρο είναι ένα διπλό σάκχαρο και αποτελείται από ένα μόριο γλυκόζης και ένα μόριο ενός άλλου σακχάρου με έξι άτομα άνθρακα, τη φρουκτόζη, που υπάρχει στα ώριμα φρούτα και το μέλι.

Απλά σάκχαρα συνδέονται μεταξύ τους και σχηματίζουν πολύπλοκους υδατάνθρακες, όπως τα αμινοξέα, που, όταν συνδέονται μεταξύ τους σχηματίζουν τις πρωτεΐνες. Οι πολύπλοκοι υδατάνθρακες που συντίθενται κυρίως στα φυτά είναι το άμυλο και η κυτταρίνη. Το άμυλο είναι το κυριότερο απόθεμα ενέργειας για τα περισσότερα φυτά, όπως οι πατάτες, το σιτάρι και το ρύζι, που είναι σπουδαίες πηγές ενέργειας για τον άνθρωπο.



Εικόνα 5-2 *Η γλυκόζη, ένα σάκχαρο με έξι άτομα άνθρακα, μπορεί να υπάρχει σε δύο μορφές: Μία ευθεία αλυσίδα και μία μορφή δακτυλίου.*

Το ήπαρ και οι μύες του ανθρώπου αποθηκεύουν υδατάνθρακες με τη μορφή γλυκογόνου. Το γλυκογόνο είναι γνωστό και ως «ζωικό άμυλο». Η κυτταρίνη αποτελεί ένα σημαντικό μέρος του ξύλου και του βαμβακιού. Είναι ο πιο άφθονος υδατάνθρακας στη φύση. Το άμυλο, η κυτταρίνη και το γλυκογόνο αποτελούνται μόνο από μόρια γλυκόζης. Οι πολύπλοκοι αυτοί υδατάνθρακες δεν έχουν καθορισμένο μέγεθος. Πολλές φορές περιέχουν και μέχρι 10.000 μόρια γλυκόζης.

Μία άλλη σπουδαία πηγή ενέργειας για τη ζωή είναι τα λίπη. Όπως οι υδατάνθρακες και οι πρωτεΐνες, έτσι και τα λίπη αποτελούνται από απλούστερα μόρια, τη γλυκερόλη και τα λιπαρά οξέα. Αν δεν υπάρχει απόθεμα από υδατάνθρακες και λίπη, τότε τα κύτταρα μπορούν να πάρουν ενέργεια από τα αμινοξέα των πρωτεϊνών, αν και τα αμινοξέα πιο συχνά χρησιμοποιούνται για τη σύνθεση νέων κυτταρικών πρωτεϊνών.

Τα κύτταρα έχουν αναπτύξει ειδικούς μηχανισμούς για την απελευθέρωση και χρήση της χημικής ενέργειας, που είναι αποθηκευμένη στους υδατάνθρακες, τα λίπη και άλλα οργανικά μόρια. Η ενέργεια αυτή χρησιμοποιείται για να δημιουργηθούν συνδυασμοί άλλων μορίων. Π.χ. να συνδεθούν αμινοξέα για το σχηματισμό πρωτεϊνών. Έτσι μερικά οργανικά μόρια παρέχουν ενέργεια και άλλα προσφέρουν δομικά κομμάτια για τη σύνθεση νέων μορίων. Με τον τρόπο αυτό τα ζωντανά κύτταρα σχηματίζουν συνεχώς μεγαλύτερα και πολυπλοκότερα μόρια.

Βιολογία
Περιληπτικά



Δεξιόστροφα και αριστερόστροφα μόρια

Έχετε γυαλιά ηλίου Πολαρόιντ; Το φως δεν διαχέεται, ώστε να θαμπώνουν τα μάτια, αλλά περνά μόνο μέσα από ένα επίπεδο. Τότε το φως λέγεται πολωμένο ή επίπεδα πολωμένο φως.

Όταν τέτοιο φως διαπερνά οργανικά μόρια, το επίπεδό του συνήθως στρέφεται προς τα δεξιά ή προς τα αριστερά. Πριν ένα αιώνα, ο Γάλλος χημικός Λουί Παστέρ (1822-1895), άρχισε να μελετά ένα περίεργο φαινόμενο.

Ο Παστέρ ανακάλυψε ότι ένα κοινότατο οξύ, που δίνει την ξινή γεύση στα φρούτα, το τρυγικό οξύ, έστρεφε το πολωμένο φως προς τα δεξιά. Όμως μία άλλη δομή του, το παρατρυγικό οξύ, δεν επηρέαζε καθόλου το πολωμένο φως. Στο μικροσκόπιο παρατήρησε ότι το παρατρυγικό οξύ ήταν μίγμα δύο διαφορετικών κρυσταλλικών μορφών.

Τότε σκέφτηκε μήπως η μία από τις δύο κρυσταλλικές μορφές ήταν όμοια με τη δομή του τρυγικού οξέος των φρούτων. Αν συνέβαινε κάτι τέτοιο, τότε θα έπρεπε να στρέφει το πολωμένο φως δεξιά. Ο Παστέρ ξεχώρισε τις δύο κρυσταλλικές μορφές και δοκίμασε προς ποια κατεύθυνση στρέφεται το πολωμένο φως όταν περνά ξεχωριστά από τα διαλύματα των δύο κρυσταλλικών μορφών. Πράγματι, το ένα διάλυμα έστρεφε δεξιά και το

5-3
Η ενέργεια μπορεί να απελευθερωθεί από τους χημικούς δεσμούς

Η αποθηκευμένη ενέργεια στους χημικούς δεσμούς των οργανικών μορίων απελευθερώνεται μόνο αν οι δεσμοί μεταβληθούν κατά κάποιο τρόπο. Στις χημικές αντιδράσεις οι χημικές ενώσεις αντιδρούν μεταξύ τους, διάφοροι χημικοί δεσμοί σπάζουν και καινούργιοι σχηματίζονται. Τα προϊόντα των αντιδράσεων περιέχουν τον ίδιο αριθμό ιόντων, όπως και οι ενώσεις που αντέδρασαν, αλλά τα άτομα συνδέονται μεταξύ τους με διαφορετικούς τρόπους.

Οι καινούργιοι χημικοί δεσμοί περιέχουν άλλοτε περισσότερη και άλλοτε λιγότερη χημική ενέργεια από τους προηγούμενους. Αν οι καινούργιοι δεσμοί περιέχουν περισσότερη ενέργεια, τότε προστέθηκε ενέργεια από το περιβάλλον. Αντίθετα, αν οι νέοι δεσμοί έχουν λιγότερη ενέργεια από τους παλαιότερους, τότε κατά τη διάρκεια της αντιδράσεως απελευθερώθηκε ενέργεια στο περιβάλλον. Παράδειγμα απελευθερώσεως ενέργειας είναι η εκρηκτική αντίδραση του υδρογόνου με το οξυγόνο όταν σχηματίζουν μόρια νερού. Στην



άλλο αριστερά το επίπεδο του πολωμένου φωτός, αλλά το μίγμα τους δεν επηρέαζε καθόλου το πολωμένο φως.

Δεξιόστροφα, αριστερόστροφα μόρια και μίγματα! Ο Παστέρ έτρεξε στο διάδρομο και αναφώνησε σε ένα συνάδελφό του: «Έκανα μία τρομερή ανακάλυψη, τρέμω ολόκληρος και είμαι πολύ χαρούμενος, δεν μπορώ να ξεκολλήσω τα μάτια μου από το πολωσίμετρο».

Όμως γιατί όλη αυτή η φασαρία; Η ερευνήτρια της πιο πάνω εικόνας μπορεί να σας πει τι ακριβώς σήμαινε η ανακάλυψη του Παστέρ. Οι επιστήμονες έμαθαν ότι οι ζωντανοί οργανισμοί μπορούν να συνθέτουν οργανικά μόρια αριστερόστροφα (L) ή δεξιόστροφα (D) αλλά όχι και τα δύο. Το τρυγικό οξύ είναι D. Τα αμινοξέα είναι L. Οι ερευνητές μπορούν να ελέγξουν και να προσδιορίσουν αν τα αμινοξέα προέρχονται από ζώντες οργανισμούς. Ένα τυχαίο μίγμα D και L αμινοξέων θα σήμαινε ότι τα αμινοξέα δεν είναι γήινης προελεύσεως. Θυμάστε τους μετεωρίτες του Μούρτσισον (σελίδα 86); Βρέθηκαν D και L αμινοξέα στους μετεωρίτες. Τι έκανε τους επιστήμονες να απορούν;

αντίδραση αυτή θερμική και φωτεινή ενέργεια απελευθερώνονται μαζί.

Οι χημικοί, λαμβάνοντας υπόψη τους τα δεδομένα από διάφορες χημικές αντιδράσεις, προσπάθησαν να μας δώσουν μία νοητική εικόνα το πώς συμβαίνουν οι χημικές αντιδράσεις. Την υπόθεση αυτή θα προσπαθήσομε να περιγράψομε σύντομα στις επόμενες παραγράφους.

Χημικές αντιδράσεις γίνονται όταν τα μόρια συγκρούονται. Η ενέργεια που απαιτείται για να προκληθεί μία ισχυρή σύγκρουση, ώστε να προκληθεί μία χημική αντίδραση, ονομάζεται ***ενέργεια ενεργοποιήσεως.*** Μία εξωτερική πηγή ενέργειας είναι συχνά απαραίτητη για να προκληθούν χημικές αντιδράσεις. Για παράδειγμα, μόρια υδρογόνου και οξυγόνου σε αέρια κατάσταση μπορούν να συνυπάρχουν χωρίς να αντιδρούν, μέχρις ότου προστεθεί η ενέργεια ενός αναμμένου σπίρτου ή μιας σπίθας. Η ενέργεια αυτή θα προκαλέσει αντίδραση μεταξύ των μορίων του υδρογόνου και οξυγόνου, που θα σχηματίσουν μόρια νερού. Οι χημικοί δεσμοί των μορίων του νερού που σχηματίστηκε από την αντίδραση έχουν λιγότερη ενέργεια από τους

δεσμούς στα μόρια του υδρογόνου και οξυγόνου. Επομένως απελευθερώθηκε ενέργεια. Ένα μέρος αυτής της ενέργειας θα χρησιμοποιηθεί για να ενεργοποιήσει νέα μόρια υδρογόνου και οξυγόνου να αντιδράσουν. Η αντίδραση αυτή θα συνεχίζεται, εφόσον υπάρξει περίσσευμα υδρογόνου και οξυγόνου. Από τη στιγμή που αρχίζει η αντίδραση οξυγόνου και υδρογόνου παράγεται αρκετή ενέργεια ενεργοποιήσεως ώστε να αντιδράσουν και άλλα μόρια και η αντίδραση να προχωρεί.

Όταν ένα μίγμα χημικών ενώσεων θερμαίνεται, παράγεται ενέργεια ενεργοποιήσεως και αυξάνεται η ταχύτητα των χημικών αντιδράσεων. Η πολύ υψηλή όμως θερμοκρασία δεν είναι ο κατάλληλος τρόπος για να προσλάβουν τα ζωντανά κύτταρα ενέργεια ενεργοποιήσεως. Οι υψηλές θερμοκρασίες καταστρέφουν τα κύτταρα, όπως μας δείχνει και το μαγείρεμα που καταστρέφει όλα τα ζωντανά κύτταρα. Μόνο ένας τρόπος υπάρχει να αυξηθεί η ταχύτητα των αντιδράσεων στα κύτταρα, που να μην είναι επιβλαβής. Η παρουσία ορισμένων χημικών ενώσεων, που λέγονται ***καταλύτες,*** μπορεί να κάνει τα μόρια να αντιδράσουν μεταξύ τους χωρίς να χρειάζεται θέρμανση. Αυτό σημαίνει ότι οι καταλύτες είναι σε θέση να ελαττώσουν την ενέργεια ενεργοποιήσεως που χρειάζεται μία χημική αντίδραση.

Την ενέργεια ενεργοποιήσεως μπορείτε να τη φαντασθείτε σαν ένα λόφο, που τα μόρια πρέπει να του ανεβούν πριν αντιδράσουν. Ο καταλύτης ανοίγει ένα πέρασμα χαμηλότερα από την κορυφή του λόφου και έτσι διευκολύνει τα μόρια να αντιδράσουν. Οι καταλύτες μπορούν επίσης να συγκρατήσουν το ένα ή και τα δύο μόρια αρκετά κοντά στη σωστή θέση, ώστε να αντιδράσουν. Έτσι επιτυγχάνεται η απαραίτητη επαφή των μορίων για την αντίδραση. Με αυτό τον τρόπο οι καταλύτες επιταχύνουν αργές αντιδράσεις σε χαμηλές θερμοκρασίες. Οι καταλύτες επιδρούν στην ταχύτητα μιας αντιδράσεως, αλλά οι ίδιοι δεν αλλοιώνονται ούτε καταναλίσκονται, μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλές φορές ξανά.

Πολλές πρωτεΐνες έχουν καταλυτικές ιδιότητες. Η χρησιμοποίησή τους από τα εξελισσόμενα πρωτόγονα κύτταρα ήταν πολύ σημαντική για τη ζωή. Πρωτεΐνες με καταλυτικές ιδιότητες βοηθούν τα ζωντανά κύτταρα να διεκπεραιώνουν αμέτρητες χημικές αντιδράσεις σε πολύ ήπιες θερμοκρασίες, που είναι ευνοϊκές για τη ζωή. Αν δεν υπήρχαν οι καταλύτες, όλες οι αντιδράσεις μέσα στα κύτταρα θα έπρεπε να γίνονται σε υψηλές θερμοκρασίες, που είναι καταστρεπτικές για τα κύτταρα.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 5-Α. Τι περιέχουν τα κύτταρα για τη διεξαγωγή των χημικών αντιδράσεων της ζωής; Σελίδα 586.

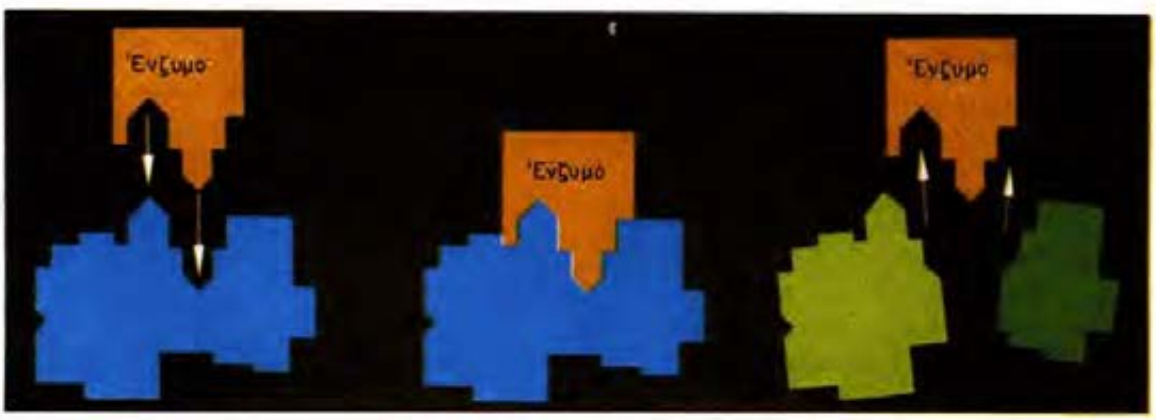
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ενέργεια ήταν απαραίτητη για τα αναπτυσσόμενα κύτταρα, ώστε να κατασκευάσουν πολύπλοκα μόρια, να τα οργανώσουν σε συστήματα και να τα διατηρήσουν. Χρησιμοποίηση της ενέργειας της υπεριώδους ακτινοβολίας του ηλίου απευθείας θα κατέστρεφε τα πρωτόγονα κύτταρα.

Όταν όμως η ενέργεια μετατράπηκε σε χημική ενέργεια, που αποθηκεύτηκε στους δεσμούς των οργανικών μορίων, τότε μπόρεσε να χρησιμοποιηθεί από τα ζωντανά κύτταρα στις χημικές αντιδράσεις. Οι καταλύτες βοηθούν τις χημικές αντιδράσεις να γίνουν σε ήπιες θερμοκρασίες, γιατί ελαττώνουν την ενέργεια ενεργοποιήσεως των αντιδράσεων. Οι καταλύτες χρησιμοποιήθηκαν πιθανόν από τα ζωντανά κύτταρα πολύ νωρίς κατά την εξέλιξή τους.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Κάτω από ποιες συνθήκες το περιβάλλον δέχεται ενέργεια από τις χημικές αντιδράσεις;
2. Κάτω από ποιες συνθήκες το περιβάλλον δίνει ενέργεια σε μία χημική αντίδραση;
3. Τι είναι η ενέργεια ενεργοποιήσεως;
4. Τι είναι οι καταλύτες; Ποιες είναι οι ασυνήθιστες ιδιότητές τους;
5. Αναπτύξτε δύο τρόπους με τους οποίους μπορεί να αυξηθεί η ταχύτητα μιας χημικής αντιδράσεως.
6. Η υπόθεση για τους ετερότροφους οργανισμούς προϋποθέτει ότι ένα αναπτυσσόμενο κύτταρο χρειάζεται μία σταθερή και ρυθμιζόμενη πηγή ενέργειας. Μπορείτε να εξηγήσετε γιατί;



1. Ένζυμο πλησίον σύνθετου μορίου
2. Η δομή του ενζύμου προσαρμόζεται σε ειδικό τμήμα του μορίου
3. Ένζυμο απομακρύνεται μετά το διαχωρισμό του μορίου· το ένζυμο είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί κατ' επανάληψη

Εικόνα 5-3 *Ένα ένζυμο μπορεί να σπάσει ένα χημικό δεσμό και να χωρίσει ένα πολύπλοκο μόριο σε δύο μικρότερα. Το ένζυμο παίρνει μέρος στην αντίδραση, αλλά μεταβάλλεται μονάχα προσωρινά. Μετά την αντίδραση επανακτά την αρχική του μορφή.*

Απελευθέρωση ενέργειας χωρίς οξυγόνο

5-4
Οι καταλύτες βρίσκονται στους ζωντανούς οργανισμούς

Οι περισσότερες χημικές αντιδράσεις στους ζωντανούς οργανισμούς γίνονται μέσα σε πολύ στενά όρια θερμοκρασίας. Οι θερμοκρασίες αυτές δεν είναι αρκετά υψηλές, ώστε να παρέχουν την ενέργεια ενεργοποιήσεως που απαιτείται για να αρχίσει μία χημική αντίδραση. Οι βιολόγοι βρήκαν ότι σχεδόν όλες οι χημικές αντιδράσεις μέσα στα κύτταρα γίνονται με τη βοήθεια καταλυτών. Πολλές ουσίες, ακόμη και το νερό, δρουν ως καταλύτες και αυξάνουν την ταχύτητα των χημικών αντιδράσεων. Εντούτοις πρόσφατες μελέτες έδειξαν, ότι σχεδόν όλες οι χημικές αντιδράσεις που γίνονται στους ζωντανούς οργανισμούς, καταλύονται από μία μεγάλη ποικιλία πρωτεϊνικών μορίων. Πρωτεϊνικά μόρια που δρουν ως καταλύτες λέγονται ***ένζυμα.*** Συχνά τα πρωτεϊνικά μόρια συνδέονται με μη-πρωτεϊνικές ενώσεις. Το μεγαλύτερο όμως μέρος των ενζύμων αποτελείται από πρωτεΐνη.

Οι ζωντανοί οργανισμοί έχουν πολλά διαφορετικά είδη ενζύμων. Τα μη-πρωτεϊνικά μέρη πολλών ενζύμων είναι ανόργανα στοιχεία, όπως σίδηρος ή βιταμίνες, κυρίως οι βιταμίνες Β. Τα ένζυμα που περιέχουν βιταμίνες ή ανόργανα στοιχεία δεν είναι δυνατό να δράσουν χωρίς αυτά. Αυτό εξηγεί γιατί τα ανόργανα στοιχεία και οι βιταμίνες είναι τόσο απαραίτητα στη δίαιτά μας.

Μία μεγάλη βιολογική ανακάλυψη έγινε όταν βρέθηκε ότι τα ένζυμα μπορούν να δρουν και έξω από το ζωντανό οργανισμό. Συχνά είναι δύσκολο να είμαστε βέβαιοι ότι μία συγκεκριμένη χημική αντίδραση γίνεται μέσα στο ζωντανό οργανισμό. Είναι ευκολότερο να μελετήσομε μία ενζυμική αντίδραση, όταν γίνεται μέσα σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα. Έτσι η αντίδραση μπορεί να μελετηθεί ανεξάρτητα από τις άλλες χημικές αντιδράσεις που γίνονται συγχρόνως μέσα στο κύτταρο. Το υπεροξείδιο του υδρογόνου είναι ένα δηλητηριώδες παραπροϊόν των κυτταρικών αντιδράσεων. Αποσυντίθεται από ένα ένζυμο, την καταλάση, που βρίσκεται σε όλους



1. Το ένζυμο πλησιάζει τα μόρια
2. Το ένζυμο ενώνει τα μόρια
3. Το ένζυμο φεύγει αφού τα μόρια έχουν ενωθεί. Το ένζυμο μπορεί να χρησιμοποιηθεί πολλές φορές ακόμη

Εικόνα 5-4 *Ένα διαφορετικό ένζυμο από αυτό της εικόνας 5-3 μπορεί να έχει αντίθετη δράση. Μπορεί να πάρει μέρος σε μία αντίδραση, που σχηματίζεται ένας χημικός δεσμός μεταξύ δύο μορίων, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός πολύπλοκου μορίου. Αλλά και αυτό το ένζυμο μετά την αντίδραση επανέρχεται στην αρχική μορφή του.*

τους ζώντες οργανισμούς. Η καταλάση είναι ένα ένζυμο που περιέχει ένα πρωτεϊνικό και ένα μη-πρωτεϊνικό μέρος. Στο πρωτεϊνικό τμήμα της καταλάσης συνδέεται ένα μόριο ***αίμης.*** Η αίμη περιέχει σίδηρο και βρίσκεται επίσης και στην αιμοσφαιρίνη του αίματος. Η αίμη μπορεί να συνδεθεί με πολλές διαφορετικές πρωτεΐνες και να σχηματίσει διαφορετικά ένζυμα. Μόνο όταν η αίμη είναι συνδεδεμένη με την ειδική πρωτεΐνη της καταλάσης, καταλύει τη διάσπαση του τοξικού υπεροξειδίου του υδρογόνου.

Η αντίδραση που καταλύεται από ένα ένζυμο εξαρτάται από τη μοριακή δομή και το σχήμα του ενζύμου, γιατί κάθε ένα ένζυμο μπορεί να προσελκύσει και να αντιδράσει μονάχα με συγκεκριμένα μόρια. Ένα ένζυμο και τα μόρια με τα οποία αντιδρά προσαρμόζονται όπως μία κλειδαριά με ένα κλειδί. Επειδή μικρός αριθμός μορίων έχουν ακριβώς την ίδια δομή και σχήμα, γι' αυτό κάθε ένζυμο καταλύει μία ή μικρό αριθμό χημικών αντιδράσεων.

Για να δράσει ως καταλύτης ένα ένζυμο, πρέπει παροδικά να πάρει μέρος στη χημική αντίδραση. Στην αρχή μιας ενζυμικής αντιδράσεως φαίνεται ότι το ένζυμο συνδέεται με τα μόρια με τα οποία αντιδρά. Στο διάστημα που το ένζυμο και τα μόρια, με τα οποία αντιδρά, είναι ενωμένα, η ενέργεια ενεργοποιήσεως ελαττώνεται και τα αντιδρώντα μόρια υφίστανται ταχύτατες χημικές μεταβολές. Όταν η αντίδραση συμπληρωθεί, τα καινούργια μόρια που σχηματίσθηκαν εγκαταλείπουν το ένζυμο, το οποίο παραμένει όπως ήταν πριν από την αντίδραση (βλ. εικόνα 5-3).

Ένα άλλο χαρακτηριστικό των ενζυμικών αντιδράσεων είναι ότι πολλές φορές είναι αντιστρεπτές. Με τη βοήθεια των ενζύμων δύο αντιδρώντα μόρια μπορούν να συνδεθούν σε ένα μόριο ή το ένα μόριο μπορεί να διαχωρισθεί στα δύο μικρότερα μόρια. Συνήθως σε τέτοιες αντιδράσεις χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικές πρωτεΐνες ως καταλύτες. Από την άλλη μεριά το ίδιο ένζυμο βοηθούμενο από διαφορετικά συνένζυμα, δηλαδή άλλα ενεργά μόρια του κυττάρου, είναι σε θέση να καταλύει και τις δύο αντιδράσεις. Σ' αυτές τις περιπτώσεις η αντίδραση είναι αντιστρεπτή. Δηλαδή προχωρεί και προς τις δύο κατευθύνσεις. Η εικόνα 5-4 δείχνει ένα ένζυμο που

βοηθά στη σύνδεση δύο μορίων.

Πολλά χαρακτηριστικά της ενζυμικής δράσεως είναι σημαντικά για τα κύτταρα. Ενζυμικές αντιδράσεις προχωρούν γρηγορότερα σε υψηλότερες θερμοκρασίες, αλλά μονάχα σε μία στενή περιοχή θερμοκρασιών. Πάνω από ορισμένη θερμοκρασία τα ένζυμα καταστρέφονται, όπως όλες οι πρωτεΐνες. Η ενζυμική δράση ποικίλλει επίσης με την οξύτητα του διαλύματος. Έτσι η θερμοκρασία και η οξύτητα, δηλαδή το pH, πρέπει να βρίσκονται στη σωστή περιοχή, ώστε ένα ένζυμο να δρα αποτελεσματικά.

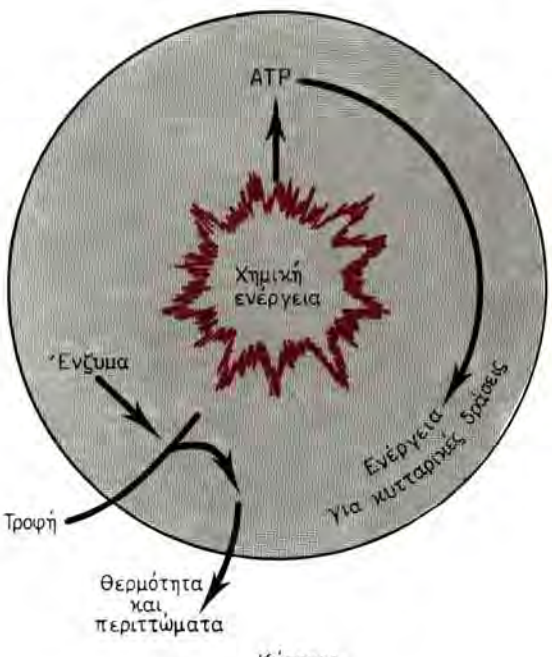
5-5
Όλα τα ζωντανά κύτταρα χρησιμοποιούν ένα είδος χημικής ενέργειας

Παρόλο ότι τα ένζυμα μειώνουν την ενέργεια ενεργοποιήσεως, πολλές χημικές αντιδράσεις στα κύτταρα απαιτούν πρόσθετη χημική ενέργεια. Με ποιο τρόπο όμως αυτή η ενέργεια παρέχεται στα κύτταρα; Τα κύτταρα συνθέτουν πολλά διαφορετικά μόρια, που έχουν χημικές ομάδες τα άτομα, τα οποία περιέχουν στους δεσμούς τους διαθέσιμη ενέργεια. Ένα από αυτά τα μόρια είναι ο κυριότερος προμηθευτής ενέργειας του κυττάρου. Ονομάζεται ***τριφωσφορική αδενοσίνη,*** και για συντομία ATP (βλ. εικόνα 5-5).

Το ATP αποκαλείται το «ενεργειακό νόμισμα» του κυττάρου. Για να καταλάβετε γιατί το ATP συγκρίνεται με νομίσματα ή χρήματα, φαντασθείτε αλλοδαπούς τουρίστες, που καταφθάνουν στη Νέα Υόρκη με χρήματα της χώρας τους χωρίς αμερικανικά δολάρια. Θα ήταν δύσκολο γι' αυτούς να πληρώσουν το φαγητό τους ή έστω να αγοράσουν μία εφημερίδα στη Νέα Υόρκη με τα διαφορετικά και ξένα νομίσματα. Τώρα, αν οι τουρίστες ανταλλάξουν τα χρήματά τους με δολάρια, μπορούν να αγοράσουν ό,τι επιθυμούν.

Με τον ίδιο τρόπο ένα κύτταρο ανταλλάσσει τη χημική ενέργεια διαφόρων οργανικών μορίων με τη χημική ενέργεια του ATP. Σχεδόν η περισσότερη χημική ενέργεια που «χρεώνεται» μέσα στο κύτταρο ισοσκελίζεται (ή πληρώνεται) από το ATP.

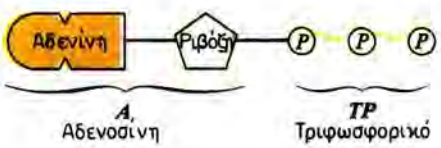
Πώς τα μόρια του ATP μεταφέρουν ενέργεια στα ζωντανά κύτταρα; Προσέξτε τη δομή του ATP στην εικόνα 5-6. Παράρτημα



Εικόνα 5-5 *Το κύτταρο αποικοδομεί (σπάει) τροφές και πολύπλοκα μόρια για να προμηθευθεί ενέργεια. Η ενέργεια αποθηκεύεται στο μόριο του ATP.*

5-Β. Δομικοί τύποι της τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP), διφωσφορικής αδενοσίνης (ADP) και μονοφωσφορικής αδενοσίνης, στη σελίδα 693 δίνουν το χημικό τύπο του ATP.

Το ATP αποτελείται από δύο οργανικά μόρια και τρεις φωσφορικές ομάδες ενωμένα σε μία αλυσίδα. Τα οργανικά μόρια είναι η αδενίνη (εικόνα 5-7), η οποία περιέχει άζωτο, και ένα σάκχαρο με πενταμελή δακτύλιο, που λέγεται ριβόζη. Μία φωσφορική ομάδα περιέχει ένα άτομο φωσφόρου, ένα υδρογόνο και τρία άτομα οξυγόνου. Η περισσότερη ενέργεια του ATP βρίσκεται στους δεσμούς των δύο τελευταίων φωσφορικών ομάδων. Όταν ένα μόριο ATP αντιδρά με νερό, ο δεσμός μεταξύ της δεύτερης και τρίτης ομάδας σπάζει. Η ενέργεια που απελευθερώνεται μπορεί να μετρηθεί ως θερμική ενέργεια. Ο δεσμός αυτός ονομάζεται φωσφορικός δεσμός ***υψηλής ενέργειας.*** Το ATP έχει ακόμη ένα φωσφορικό δεσμό, που είναι πλούσιος σε ενέργεια μεταξύ της δεύτερης και της πρώτης



Εικόνα 5-6 *Η τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP) έχει ονομασθεί έτσι, γιατί αποτελείται από τις χημικές ενώσεις: αδενοσίνη και τρεις φωσφορικές ομάδες.*



Εικόνα 5-7 *Η δομή της αδενίνης. Η αδενίνη και ένα σάκχαρο με 5 άτομα άνθρακα, η ριβόζη, αποτελούν την αδενοσίνη, που είναι τμήμα του ATP.*

φωσφορικής ομάδας. (Παρατηρήστε ότι στην εικόνα 5-6 οι δύο δεσμοί του ATP, που είναι πλούσιοι σε ενέργεια, σημειώνονται σαν μία περισπωμένη).

Μέσα στα ζωντανά κύτταρα η ενέργεια των φωσφορικών δεσμών, που είναι πλούσιοι σε ενέργεια, δεν χάνεται ως θερμότητα. Για παράδειγμα, το ATP μπορεί να μεταφέρει την τελική του φωσφορική ομάδα σε ένα άλλο μόριο. Μαζί με τη φωσφορική ομάδα μεταφέρεται και μέρος της ενέργειας που περιέχει ο δεσμός.

Το μόριο που δέχεται τη φωσφορική ομάδα από το ATP κερδίζει ενέργεια και έτσι ενεργοποιείται. Τώρα μπορεί να αντιδράσει με άλλα μόρια του κυττάρου. Με αυτόν τον τρόπο η ενέργεια του ATP χρησιμοποιείται για να ελαττώσει την ενέργεια ενεργοποιήσεως, που είναι απαραίτητη για πολλές σημαντικές κυτταρικές αντιδράσεις, που παίζουν σπουδαίο ρόλο στην ανάπτυξη και αναπαραγωγή του κυττάρου.

Συνήθως υπάρχει πολύ λίγο ATP στα κύτταρα. Το ATP συνεχώς χρησιμοποιείται και ανασυντίθεται (ή αναγεννάται). Όταν ένα μόριο ATP δώσει μία ενεργειακά πλούσια φωσφορική ομάδα, μετατρέπεται σε διφωσφορική αδενοσίνη (ADP). Όταν το ATP δίνει τις δύο φωσφορικές του ομάδες, μετατρέπεται σε μονοφωσφορική αδενοσίνη AMP. (Οι τύποι των ADP και AMP αναφέρονται στο Παράρτημα 5-Β). Για να σχηματισθεί ένα μόριο ATP, το ADP πρέπει να συνδεθεί με μία φωσφορική ομάδα και το AMP πρέπει να συνδεθεί με δύο φωσφορικές ομάδες. Η σύνθεση των φωσφορικών ομάδων με το ADP ή AMP χρειάζεται ενέργεια, που παρέχεται από την αποικοδόμηση (σπάσιμο) οργανικών ενώσεων του κυττάρου. Για παράδειγμα, η ενέργεια που απελευθερώνεται από την αποικοδόμηση ενός μορίου γλυκόζης χρησιμοποιείται αμέσως για το σχηματισμό ενεργειακά πλουσίων δεσμών ADP και φωσφορικού. Έτσι, το ATP δρα ως μεταφορέας ενέργειας και πηγαινοέρχεται μεταξύ των κυτταρικών αντιδράσεων που απελευθερώνουν ενέργεια και των αντιδράσεων που χρησιμοποιούν ενέργεια.

Μήπως όμως και οι ετερότροφοι οργανισμοί είχαν στη διάθεσή τους ένα παρόμοιο μόριο σαν το ATP; Πρόσφατα πειράματα στο εργαστήριο έδειξαν ότι πλούσιοι σε ενέργεια φωσφορικοί δεσμοί μπορούσαν να είχαν δημιουργηθεί κάτω από πρωτόγονες συνθήκες, πριν ακόμη σχηματισθεί το πρώτο ζωντανό κύτταρο. Η αδενίνη και η ριβόζη, που σχηματίζουν το ATP, όπως είδατε στην εικόνα 5-6, συντέθηκαν στο εργαστήριο με παρόμοιους τρόπους όπως αυτούς που χρησιμοποίησε ο Μίλλερ στα πειράματά του (κεφάλαιο 4). Τα φωσφορικά υπήρχαν στο φλοιό της γης και πιθανόν είχαν διαφύγει και διαλυθεί στα αρχέγονα νερά.

5-6
Η ενέργεια που μεταφέρει το ATP χρησιμοποιείται με πολλούς τρόπους

Το κύτταρο χρησιμοποιεί χημική ενέργεια, που μεταφέρεται από το ATP με πολλούς

διαφορετικούς τρόπους. Αναφέρθηκε πιο πάνω ότι χημική ενέργεια χρειάζεται για να συντεθούν μεγάλα μόρια από απλούστερες υπομονάδες. Για να σχηματισθεί ένα μόριο πρωτεΐνης, χρειάζεται να ενωθούν στη σειρά εκατοντάδες αμινοξέα. (Βλ. Παραρτήματα 4-Ε και 4-F). Κάθε μόριο αμινοξέος πρέπει όμως πρώτα να ενεργοποιηθεί από ATP. Ενέργεια χρειάζεται επίσης για να μεταφερθούν χημικές ουσίες μέσα στο κύτταρο και για να τακτοποιηθούν μέσα σ' αυτό. Συνήθως οι χημικές ενώσεις, που χρειάζεται το κύτταρο για να αναπτυχθεί, βρίσκονται σε μικρές ποσότητες έξω από το κύτταρο. Χρειάζεται ενέργεια για να συναθροισθούν μέσα στο κύτταρο.

Ενέργεια επίσης χρειάζεται για να αποβληθούν χημικές ουσίες έξω από το κύτταρο. Βλαβερές ουσίες πρέπει να βγουν έξω ή να εκκριθούν από το κύτταρο. Η ενέργεια του ATP χρησιμοποιείται επίσης για μηχανικό έργο των ζωντανών κυττάρων. Για παράδειγμα, τέτοιο μηχανικό έργο είναι η μυική κίνηση, που την παρατηρούμε εύκολα στους ανώτερους οργανισμούς. Αλλά ακόμη και κύτταρα είναι γνωστό ότι κινούνται από μία θέση σε άλλη. Στη διάρκεια της κυτταρικής διαιρέσεως τα κύτταρα αλλάζουν σχήμα και χωρίζουν στα δύο το περιεχόμενό τους. Όλη αυτή η δουλειά γίνεται με ενέργεια που παρέχεται από το ATP.

Για να συνοψίσομε, μπορούμε να πούμε ότι το ATP είναι ο κυριότερος μεταφορέας ενέργειας όλων των ζωντανών κυττάρων και πιθανόν υπήρξε και ο μεταφορέας ενέργειας για τους πρωτόγονους ετερότροφους οργανισμούς. Όταν βαδίζομε, όταν ένα ψάρι κολυμπά, όταν ένα μπουμπούκι ενός λουλουδιού ανοίγει, όταν ένα κύτταρο ζύμης διαιρείται, σε όλα αυτά χρησιμοποιείται το ATP. Η μεταφορά ενέργειας από το ATP σε όλες τις κυτταρικές διεργασίες των ανθρωπίνων κυττάρων, ακόμη και των πρωτογόνων ετεροτρόφων οργανισμών, αποτελεί ισχυρή απόδειξη ότι οι μηχανισμοί της ζωής στη γη είναι παρόμοιοι και ενοποιημένοι.

Σήμερα είναι γνωστό ότι η σύνθεση του ATP από μόρια ADP και φωσφορικού γίνεται με χημικές αντιδράσεις, οι οποίες καταλύονται από ένζυμα και απελευθερώνουν ενέργεια.

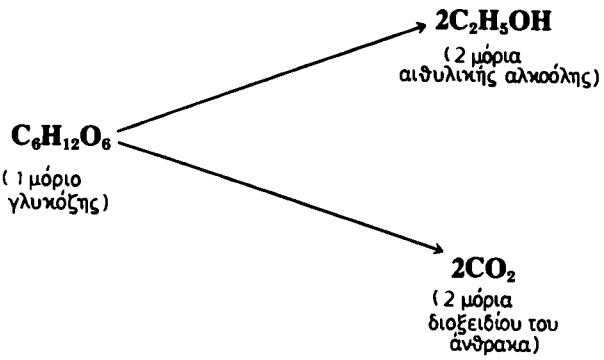
5-7
Ζωή χωρίς οξυγόνο: Η διεξεργασία της ζυμώσεως

Όπως θα μάθετε στο κεφάλαιο 7, ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για το σχηματισμό του ATP στα κύτταρα είναι η διεργασία, που χρησιμοποιεί αέριο οξυγόνο. Αλλά εφόσον υποθέσαμε ότι η πρωτόγονη ατμόσφαιρα δεν περιείχε οξυγόνο, πρέπει να βρούμε μία διεργασία που για τη σύνθεση του ATP δεν χρειάζεται οξυγόνο. Μία τέτοια διεργασία είναι η ζύμωση, δηλαδή μία σειρά από αντιδράσεις στις οποίες απελευθερώνεται ενέργεια από οργανικά μόρια των τροφών. Η ζύμωση χρησιμοποιήθηκε από τους ανθρώπους πριν ακόμη αρχίσει να γράφεται η ιστορία της ανθρωπότητας. Πρωτόγονες φυλές πρέπει να γνώριζαν ότι κάτω από ορισμένες συνθήκες το γάλα ξινίζει ή μετατρέπεται σε μία στερεά ή ημιστερεά ουσία, το τυρί. Οι αλλαγές αυτές προκλήθηκαν με ζύμωση από διάφορα βακτήρια. Πριν από πολλούς αιώνες οι άνθρωποι, για να φτιάξουν αλκοολούχα ποτά, ζύμωναν χυμούς φρούτων με ζύμη. Αργότερα έγιναν γνωστές οι χημικές λεπτομέρειες της ζυμώσεως και έτσι μάθαμε πολλά για την ίδια τη ζωή.

Στο τέλος του 18ου αιώνα άρχισε να αναπτύσσεται η χημεία. Την εποχή εκείνη ο Γάλλος επιστήμονας Αντουάν Λαβουαζιέ, ο οποίος θεωρείται ο ιδρυτής της σύγχρονης χημείας, ανακάλυψε ότι η ζύμωση της γλυκόζης παράγει διοξείδιο του άνθρακα και αλκοόλη. Λίγο αργότερα, το 1810, ένας άλλος Γάλλος χημικός, ο Ιωσήφ Λουδοβίκος Γκέυ-Λουσσάκ, προσδιόρισε με μία χημική εξίσωση τις ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα και της αλκοόλης, που παράγονται από τη γλυκόζη κατά τη ζύμωση (βλ. εικόνα 5-8).

Στη διάρκεια του 19ου αιώνα έγιναν πολλές συζητήσεις μεταξύ των επιστημόνων, αν πράγματι χημικές αντιδράσεις γίνονται στους ζωντανούς οργανισμούς. Μερικοί επιστήμονες πίστευαν ότι η ζύμωση είναι μία ιδιότητα των ζωντανών οργανισμών και γι' αυτό δεν μπορεί να γίνει έξω από τα ζωντανά κύτταρα.

Το 1850 η Γαλλική βιομηχανία κρασιών είχε μεγάλα προβλήματα, γιατί το κρασί ξίνιζε. Ο Γάλλος αυτοκράτορας Ναπολέων ο 3ος, κάλεσε τον Λουί Παστέρ να βοηθήσει. Ο Παστέρ γνώριζε ότι ζωντανά κύτταρα ζύμης έφτια-



Εικόνα 5-8 *Στη ζύμωση, αλκοόλη και διοξείδιο του άνθρακα σχηματίζονται από τη γλυκόζη.*

χναν το κρασί από το χυμό των σταφυλιών (βλ. εικόνα 5-9). Αλλά και ορισμένα άλλα βακτήρια του κρασιού μπορούσαν να κάνουν ζύμωση. Ο Παστέρ ανακάλυψε ότι η ζύμωση που προκαλείται από βακτήρια προκαλεί το ξίνισμα του κρασιού, γιατί παράγει ξίδι (οξικό οξύ) αντί για αλκοόλη, η οποία παράγεται από τη ζύμη. Ο Παστέρ πρότεινε στους οινοπαραγωγούς να θερμαίνουν το κρασί, για λίγο χρόνο, ώστε να καταστρέφονται τα βακτήρια. Οι οινοπαραγωγοί τρόμαξαν, όμως η συνταγή του Παστέρ λειτούργησε. Η κατεργασία αυτή, που λέγεται παστερίωση, χρησιμοποιείται κυρίως για το γάλα. Επί πολλά χρόνια συνεχίσθηκαν οι συζητήσεις για το τι είναι η ζύμωση.

Ο Παστέρ έδωσε τον ορισμό ότι ζύμωση είναι «ζωή χωρίς αέρα». Αυτός ο ορισμός σημαίνει ότι η ζύμωση είναι τρόπος ζωής των μικροοργανισμών σε ***αναερόβιο*** περιβάλλον, δηλαδή ένα περιβάλλον όπου δεν υπάρχει αέριο οξυγόνο. Σύμφωνα με τον Παστέρ, μονάχα τα ζωντανά κύτταρα μπορούν να κάνουν ζύμωση. Στα 1897, δύο χρόνια μετά το θάνατο του Παστέρ, ο Εδουάρδος Μπούχνερ, ένας νεαρός Γερμανός χημικός, έκανε τυχαία μία μεγάλη ανακάλυψη για τη ζύμωση. Για να συντηρήσει τους χυμούς που παρασκεύασε, αφού στράγγισε τη ζύμη, ο Μπούχνερ πρόσθεσε λίγη ζάχαρη. Την εποχή εκείνη πρόσθεταν ζάχαρη ως συντηρητικό μαρμελάδας. Οι χυμοί της ζύμης δεν περιείχαν κύτταρα ζύμης, εντούτοις ο Μπούχνερ παρατήρησε έκπληκτος ότι η ζάχαρη άρχισε να ζυμώνεται. Τότε ο Μπούχνερ σκέφτηκε ότι οι χυμοί της ζύμης πρέπει να περιέχουν κάποιο ένζυμο που προκαλούσε τη ζύμωση.

Στη συνέχεια ο Μπούχνερ παρατήρησε ότι μία ώρα μετά την προσθήκη της ζάχαρης στο χυμό της ζύμης, το μίγμα άρχισε να αφρίζει και να παράγεται διοξείδιο του άνθρακα. Η διεργασία αυτή συνεχιζόταν για μέρες. Τα πειράματα αυτά έδειξαν ότι ένα ένζυμο της ζύμης, που πέρασε από τα κύτταρα στο χυμό με το στράγγισμα, καταλύει τη χημική αντίδραση της ζυμώσεως.

Ο Μπούχνερ σκέφθηκε ότι ο χυμός της ζύμης περιέχει ένα ένζυμο, που μετατρέπει τη ζάχαρη σε διοξείδιο του άνθρακα και αλκοόλη. Σήμερα γνωρίζομε ότι πολλά ένζυμα καταλύουν τη ζύμωση και όχι ένα μόνο ένζυμο. Η ανακάλυψη του Μπούχνερ, ότι ένζυμα που παράγονται στη ζύμη μπορούν να δρουν και να καταλύουν αντιδράσεις έξω από τα κύτταρα της ζύμης, ήταν πάρα πολύ σημαντική. Η γνώση ότι ένζυμα μπορούν να δράσουν έξω από τα κύτταρα οδήγησε τους ερευνητές να ανακαλύψουν πολλά ένζυμα και να ερμηνεύσουν τη λειτουργία τους μέσα στα κύτταρα.

Είναι γνωστό σήμερα ότι η ζύμη περιέχει περίπου δώδεκα ή περισσότερα ένζυμα που καταλύουν τη ζύμωση. Κάθε ένα ένζυμο καταλύει μία ξεχωριστή αντίδραση.

5-8
Η ζύμωση είναι πηγή ενέργειας

Το ειδικό χαρακτηριστικό της ζυμώσεως είναι ότι απελευθερώνει ενέργεια από οργανικά μόρια, χωρίς να χρησιμοποιεί οξυγόνο. Υπάρχουν πολλά είδη ζυμώσεως. Πρώτα θα συζητήσομε τη ζύμωση της γλυκόζης από κύτταρα ζύμης που παράγει διοξείδιο του άνθρακα και αλκοόλη. Στην εικόνα 5-10 βλέπετε ένα συντετμημένο διάγραμμα των κυριοτέρων αντιδράσεων της ζυμώσεως. Η διεργασία περιγράφεται με λεπτομέρειες στο Παράρτημα 5-Γ, Ζύμωση της γλυκόζης σε αιθυλική αλκοόλη ή γαλακτικό οξύ, σελίδα 695

Η διεργασία της ζυμώσεως χωρίζεται σε δύο στάδια (βλ. εικόνα 5-10). Στο στάδιο Ι δεν παράγεται ATP. Στην πραγματικότητα ATP καταναλίσκεται, για να προμηθεύσει την



Και οι δύο φωτογραφίες παραχωρήθηκαν από την Adolph Coors Company

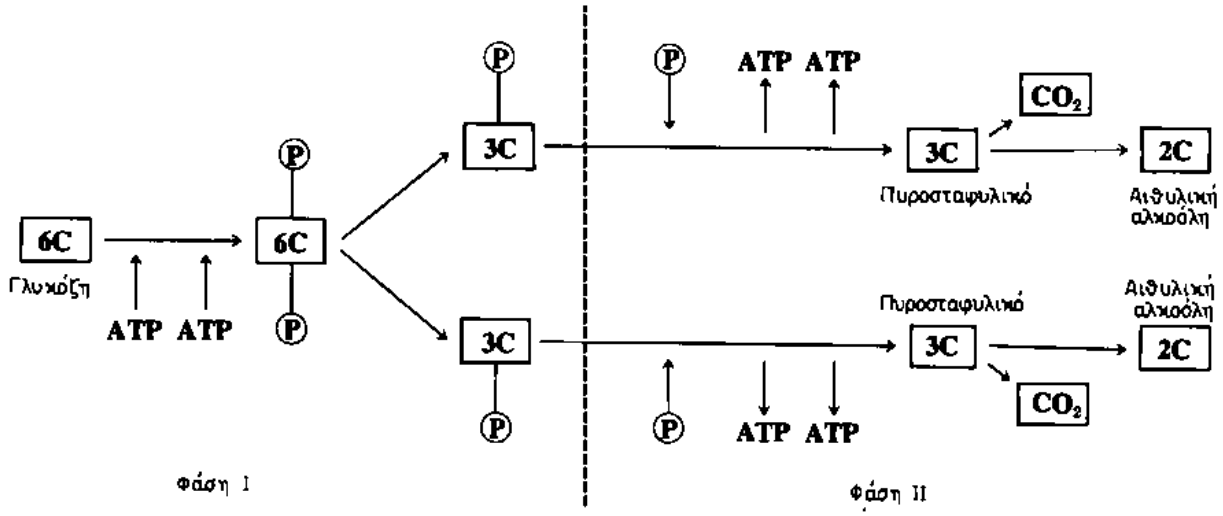


Εικόνα 5-9 *Μία γιγάντια αποικία κυττάρων ζύμης, ζυθοποιίας (15-20 χιλιοστά), αναπτύσσεται σε εκχύλισμα κριθαριού πάνω σε μία πηκτή (αριστερά). Τα προβλήματα για την ποιότητα της ζυμώσεως που απασχολούσαν τον Παστέρ, απασχολούν ακόμη και σήμερα τους ζυθοποιούς. Η Σάρον Μουρ (δεξιά), που εργάζεται στο τμήμα μικροβιολογίας μιας μεγάλης ζυθοποιίας, καθώς και άλλοι τεχνολόγοι μελετούν διάφορες ζύμες για τη βελτίωση των μεθόδων της ζυθοποιίας.*

ενέργεια ενεργοποιήσεως που απαιτείται για τις αντιδράσεις του σταδίου ΙΙ, το οποίο παράγει ATP. Όταν μία φωσφορική ομάδα του ATP συνδέεται με τη γλυκόζη, η ένωση που παράγεται χρειάζεται μικρότερη ενέργεια ενεργοποιήσεως από αυτή που χρειάζεται η γλυκόζη για να αντιδράσει ενζυμικά με άλλα μόρια. Κάθε μόριο γλυκόζης αντιδρά με δύο μόρια ATP και σχηματίσει μία ένωση με έξι άτομα άνθρακα, που έχει δύο φωσφορικές ομάδες. Η ένωση αυτή στη συνέχεια σπάζει στη μέση σε δύο κομμάτια, που το καθένα έχει τρία άτομα άνθρακα και μία φωσφορική ομάδα. Το στάδιο ΙΙ της ζυμώσεως αρχίζει, όταν μία δεύτερη φωσφορική ομάδα προστεθεί σε κάθε μία από τις ενώσεις με τρία άτομα άνθρακα. Αυτή τη φορά όμως η φωσφορική ομάδα δεν προέρχεται από το ATP αλλά από μία ανόργανη φωσφορική ένωση. Μέχρι στιγμής ο οργανισμός δεν κέρδισε καθόλου ενέργεια. Αντίθετα ξόδεψε δύο μόρια ATP. Μετά όμως από αυτά γίνεται μία σειρά αντιδράσεων, οι οποίες προμηθεύουν στο κύτταρο ενέργεια.

Στην επόμενη σειρά αντιδράσεων κάθε μία ένωση (τα δύο μισά κομμάτια της γλυκόζης) ελευθερώνει ενέργεια που χρησιμοποιείται για να σχηματισθούν νέα μόρια ATP. Κάθε «μισό κομμάτι της γλυκόζης» δίνει τις δύο φωσφορικές του ομάδες σε δύο μόρια ADP, για να συντεθούν δύο μόρια ATP. Τα δύο «μισά κομμάτια» της γλυκόζης, αφού χάσουν τις φωσφορικές ομάδες τους, μετατρέπονται σε δύο μόρια πυροσταφυλικού οξέος. Στη συνέχεια το πυροσταφυλικό οξύ διασπάται σε διοξείδιο του άνθρακα και αλκοόλη και έτσι συμπληρώνεται η διεργασία της ζυμώσεως.

Παρατηρήστε ότι, για να αρχίσει η ζύμωση, κάθε μόριο γλυκόζης χρησιμοποιεί δύο μόρια ATP. Αλλά επίσης και ότι κατά τη διάρκεια της ζυμώσεως κάθε μόριο γλυκόζης παράγει τέσσερα μόρια ATP (δύο για κάθε «μισό κομμάτι» γλυκόζης). Έτσι λοιπόν για κάθε μόριο γλυκόζης κερδίζομε δύο μόρια ATP. Αυτό σημαίνει ότι κατά την αλκοολική ζύμωση απελευθερώνεται ενέργεια, που αποθηκεύεται στους φωσφορικούς δεσμούς του ATP. Πρόσθετα δε παράγονται δύο μόρια αλκοόλης και δύο μόρια διοξειδίου του άνθρακα.



Εικόνα 5-10 *Στη ζύμωση δύο μόρια ATP χρησιμοποιούνται από τις αντιδράσεις που διασπούν το μόριο της γλυκόζης σε δύο ενώσεις με τρία άτομα άνθρακα (3C). Κάθε ένωση 3C αποδίδει ενέργεια για δύο νέα μόρια ATP.*

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα της σειράς αυτής των χημικών μεταβολών, που γίνονται κατά τη ζύμωση, είναι ότι ένα μέρος της χημικής ενέργειας που περιέχεται στα μόρια της γλυκόζης είναι διαθέσιμη για τις ανάγκες του κυττάρου ως ATP. Το ποσό της ενέργειας που απελευθερώνεται είναι σχετικά μικρό, αλλά η ενέργεια του ATP χρησιμοποιείται εύκολα από το κύτταρο. Όταν η γλυκόζη ζυμώνεται με τη ζύμη, παράγεται αρκετό ATP, ώστε η ζύμη διατηρείται ζωντανή και πολλαπλασιάζεται.

Η ζύμωση της γλυκόζης γίνεται σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς, ακόμη και στον άνθρωπο, με παρόμοιο τρόπο που η αλκοολική ζύμωση γίνεται από τη ζύμη. Σε όλους τους οργανισμούς τα πρώτα στάδια όπου παράγεται ενέργεια μέχρι το σχηματισμό του πυροσταφυλικού οξέος είναι ακριβώς τα ίδια, όπως της αλκοολικής ζυμώσεως στα κύτταρα της ζύμης. Πέρα από αυτά τα στάδια υπάρχουν όμως διαφορές. Τα ένζυμα της ζύμης μετατρέπουν το πυροσταφυλικό οξύ σε αλκοόλη και διοξείδιο του άνθρακα. Μερικά ένζυμα βακτηρίων μετατρέπουν το πυροσταφυλικό οξύ σε διοξείδιο του άνθρακα και οξικό οξύ. Σε άλλους οργανισμούς τα ένζυμα μετατρέπουν το πυροσταφυλικό σε γαλακτικό οξύ (το οξύ του ξινισμένου γάλατος). Ίσως εκπλαγείτε αν μάθετε ότι κατά τη διάρκεια έντονης ασκήσεως στα κύτταρα των μυών σας σχηματίζεται γαλακτικό οξύ από τη ζύμωση της γλυκόζης (βλ. Παράρτημα 5-Γ-ΙΙ, Ζύμωση της γλυκόζης προς γαλακτικό οξύ, σελίδα 695).

Εκτός από τη γλυκόζη και άλλα οργανικά μόρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτες ύλες για τη ζύμωση. Παρόλα αυτά και παρά τη μεγάλη ποικιλία των πρώτων υλών και των τελικών προϊόντων, η βασική διεργασία της ζυμώσεως είναι πάντα η ίδια. Σε κάθε περίπτωση η διεργασία της ζυμώσεως γίνεται χωρίς οξυγόνο και αποτελείται από μία σειρά διαδοχικών αντιδράσεων που η κάθε μία καταλύεται από ένα διαφορετικό ένζυμο. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ότι ο οργανισμός κερδίζει ενέργεια για να ζήσει και να αναπτυχθεί.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι καταλύτες επιταχύνουν τις χημικές αντιδράσεις. Τα ένζυμα είναι πρωτεϊνικά μόρια, που δρουν ως καταλύτες στα ζωντανά κύτταρα. Χημική ενέργεια στο κύτταρο προέρχεται

από το ATP και μερικά άλλα μόρια. Το ATP ενεργεί ως μεταφορέας ενέργειας μεταξύ κυτταρικών αντιδράσεων που απελευθερώνουν ενέργεια και αντιδράσεων που καταναλίσκουν ενέργεια.

Ο Παστέρ έδωσε τον ορισμό στη ζύμωση: «ζωή χωρίς οξυγόνο». Μετά την ανακάλυψη του Μπούχνερ, οι επιστήμονες ανέλυσαν όλες τις αντιδράσεις που γίνονται κατά τη ζύμωση. Κάθε αντίδραση καταλύεται από ένα ειδικό ένζυμο. Χρειάζονται δύο μόρια του ATP, για να αρχίσει η ζύμωση της γλυκόζης και παράγονται τέσσερα μόρια ATP.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Γιατί ήταν σημαντική η ανακάλυψη ότι τα ένζυμα μπορούν να δράσουν και έξω από τα κύτταρα;
2. Ποια ήταν η συνεισφορά του Παστέρ στην κατανόηση της ζυμώσεως;
3. Ποια είναι τα προϊόντα της ζυμώσεως της γλυκόζης;
4. Σε τι διαφέρει η ζύμωση που γίνεται με τη ζύμη από διεργασίες ζυμώσεως σε άλλους οργανισμούς; Σε τι μοιάζουν οι ζυμώσεις;
5. Τα ένζυμα είναι διαφορετικά από τους καταλύτες;

Μεταφορά υλικών διαμέσου του κυτταρικού περιβλήματος

5-9
Τα κύτταρα έχουν μεμβράνες

Μέχρι στιγμής μάθατε ότι τα πρωτόγονα ετερότροφα κύτταρα πιθανόν έπαιρναν την τροφή τους από τα οργανικά μόρια που βρίσκονταν στο περιβάλλον τους μέσα στα αρχέγονα νερά. Αλλά πριν χρησιμοποιηθούν αυτές οι οργανικές ενώσεις, έπρεπε να περάσουν από το νερό μέσα στο κύτταρο. Οι ενώσεις αυτές είναι άχρηστες έξω από τους οργανισμούς, ακριβώς όπως το φαγητό μας είναι άχρηστο μέχρις ότου το φάμε. Πώς τα οργανικά μόρια εισέρχονται στα ζωντανά κύτταρα; Για να απαντήσομε σ' αυτή την ερώτηση, πρέπει πρώτα να καταλάβομε πώς τα μόρια μετακινούνται.

Τα μόρια σε ένα αέριο ή υγρό βρίσκονται σε διαρκή κίνηση, κινούνται προς όλες τις κατευθύνσεις. Όπως ξέρετε, αν μία σταγόνα αρώματος εξατμισθεί σε μία γωνία του δωματίου, η μυρωδιά του θα γεμίσει όλο το δωμάτιο. Κάτι παρόμοιο συμβαίνει όταν βάλετε ένα κομμάτι ζάχαρης στον πάτο ενός ποτηριού που περιέχει νερό. Σε λίγο το νερό θα είναι γλυκό. Όλες αυτές οι περιπτώσεις είναι παραδείγματα διαχύσεως, δηλαδή μία κίνηση μορίων από μία περιοχή μεγάλης συγκεντρώσεως σε περιοχές μικρότερης συγκεντρώσεως. Τα κινούμενα μόρια συνεχώς συγκρούονται και τελικά κατανέμονται στο χώρο ομοιόμορφα. Στις παραπάνω περιπτώσεις, κάθε γωνία του δωματίου μύριζε το ίδιο άρωμα και κάθε σταγόνα νερού στο ποτήρι ήταν το ίδιο γλυκιά.

Μπορεί η διάχυση να εξηγήσει την είσοδο οργανικών μορίων μέσα στο κύτταρο; Θυμηθείτε ότι το κύτταρο έχει ένα εξωτερικό περίβλημα. Αυτό είναι γνωστό ως ***μεμβράνη.*** Η κυτταρική μεμβράνη είναι στην πραγματικότητα ένα πολύ λεπτό στρώμα από πρωτεΐνη και λίπος. Με το ισχυρότερο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο φαίνεται ότι το στρώμα της μεμβράνης έχει πάχος μόνο 10 νανόμετρα (βλ. εικόνα 5-11).

Η παρουσία της κυτταρικής μεμβράνης περιορίζει την ελεύθερη διάχυση μορίων από έξω μέσα στο κύτταρο, όπως οι τοίχοι του δωματίου περιορίζουν τη διάχυση των μορίων του αρώματος. Η κυτταρική μεμβράνη όμως αποτελείται από μόρια που είναι αρκετά μεγάλα. Μικρά μόρια, όπως οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα και νερό, μπορούν να διαχέονται ελεύθερα και να περνούν την κυτταρική μεμβράνη. Η γλυκόζη, που είναι ένα σάκχαρο με έξι άτομα άνθρακα, περνά πιο εύκολα τη μεμβράνη από το καλαμοσάκχαρο (σουκρόζη), που έχει δώδεκα άτομα άνθρακα. Μόρια, όπως οι πρωτεΐνες, είναι πολύ μεγάλα για να περάσουν τη μεμβράνη. Παρόλα αυτά το μέγεθος ενός μορίου δεν



Εικόνα 5-11 *Εγκάρσια τομή της μεμβράνης ενός ανθρώπινου ερυθρού αιμοσφαιρίου. Έχει φωτογραφηθεί με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (× 300.000).*

είναι ο μόνος παράγοντας που καθορίζει την είσοδο του μορίου στη μεμβράνη. Πειράματα έδειξαν ότι μόρια που δεν έχουν ηλεκτρικά φορτία περνούν τη μεμβράνη πιο εύκολα από τα ιόντα (βλ. ανασκόπηση για τα ιόντα στην παράγραφο 4-11). Φαίνεται ότι τα ηλεκτρικά φορτία των ιόντων εμποδίζουν το πέρασμά τους από την κυτταρική μεμβράνη. Χημικές ουσίες που διαλύονται εύκολα στα λίπη περνούν τις μεμβράνες πολύ εύκολα. Περιληπτικά μπορούμε να πούμε ότι η δυνατότητα διαφόρων μορίων να διαπερνούν την κυτταρική μεμβράνη εξαρτάται από το είδος του μορίου και τις ιδιότητές του και από το είδος του κυττάρου. Η κυτταρική μεμβράνη έχει εκλεκτική διαπερατότητα.

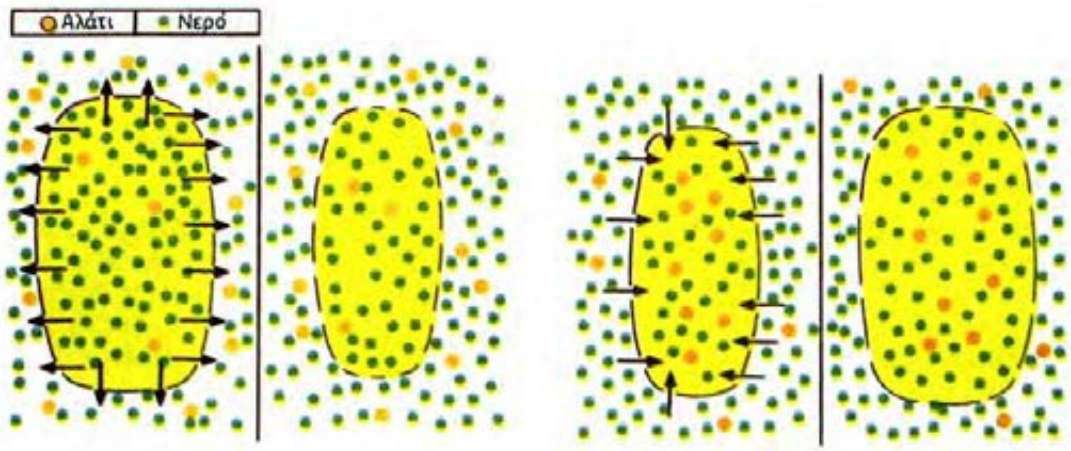
Πειραματικά έχει αποδειχθεί ότι η κυτταρική μεμβράνη εκτός από πρωτεΐνες και λίπη περιέχει και υδατάνθρακες. Το τμήμα της μεμβράνης που αποτελείται από λίπη αποτελεί το κυριότερο συστατικό της μεμβράνης και είναι υπεύθυνο για την ακεραιότητα και δομή της. Οι πρωτεΐνες της μεμβράνης είναι δύο ειδών. Άλλες από αυτές βρίσκονται στην επιφάνεια του λιπιδικού στρώματος και άλλες είναι ενσωματωμένες μέσα στο λιπιδικό στρώμα (συνήθως επεκτείνονται προς την αντίθετη πλευρά του στρώματος). Η δομή αυτή μοιάζει με ένα σάντουιτς, όπως φαίνεται στην εικόνα 5-11. Βλέπετε μία διάφανη ύλη με δύο σκοτεινές γραμμές στις δύο πλευρές. Οι υδατάνθρακες είναι ζάχαρες συνδεδεμένες με πρωτεϊνικά μόρια ή λιπιδικά μόρια προς το εξωτερικό μέρος της μεμβράνης.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 5-Β. Τι ελέγχει την κίνηση υλικών προς τα έξω και προς τα μέσα από τα κύτταρα; Σελίδα 589.

5-10
Όσμωση και η κίνηση του νερού

Κάτω από κανονικές συνθήκες το νερό περνά συνεχώς μέσα και έξω από τις κυτταρικές μεμβράνες των ζωντανών κυττάρων. Η διάχυση αυτή του νερού μέσα από μεμβράνες, που έχουν εξειδικευμένη διαπερατότητα, λέγεται ***όσμωση.*** Όπως όλες οι χημικές ουσίες έτσι και το νερό διαχέεται από μία περιοχή μεγαλύτερης συγκεντρώσεως σε μία περιοχή μικρότερης. Για παράδειγμα, υποθέστε ότι τοποθετούμε ένα ζωντανό κύτταρο σε διάλυμα, που έχει μεγαλύτερη συγκέντρωση άλατος από τη συγκέντρωση του άλατος του κυττάρου. Έξω από το κύτταρο θα υπάρχουν λιγότερα μόρια νερού ανά μονάδα όγκου, γιατί τα μόρια του άλατος καταλαμβάνουν και αυτά κάποιο όγκο. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, όπως φαίνεται στην εικόνα 5-12 αριστερά, το νερό θα κινηθεί από την περιοχή της μεγαλύτερης συγκεντρώσεώς του (μέσα στο κύτταρο), προς την περιοχή της μικρότερης συγκεντρώσεώς του (έξω από το κύτταρο). Αν η μεμβράνη ήταν αδιαπέραστη στα ιόντα του άλατος, το άλας δεν θα έμπαινε στο κύτταρο. Η κίνηση του νερού δεν μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτή. Παρατηρούμε όμως, ότι το κύτταρο συρρικνώνεται, χάνοντας το νερό του.

Από την άλλη μεριά, αν η συγκέντρωση των μορίων του νερού στο εξωτερικό περιβάλλον του κυττάρου είναι μεγαλύτερη, τότε το νερό θα κινηθεί με όσμωση μέσα στο κύτταρο. Έτσι η πίεση στο εσωτερικό του κυττάρου θα



όταν η συγκέντρωση του νερού είναι υψηλή μέσα στο κύτταρο, το νερό βγαίνει έξω από το κύτταρο

όταν η συγκέντρωση του νερού είναι υψηλή έξω από το κύτταρο, το νερό μπαίνει μέσα στο κύτταρο

Εικόνα 5-12 *Ένα διάγραμμα οσμώσεως. Όταν η συγκέντρωση του νερού είναι υψηλότερη μέσα στο κύτταρο (αριστερά) το κύτταρο συρρικνώνεται. Όταν η συγκέντρωση του νερού είναι μεγαλύτερη έξω από το κύτταρο (δεξιά), το κύτταρο διογκώνεται. Στο διάγραμμα, το αλάτι (χλωριούχο νάτριο) παριστάνεται μόνο με ένα είδος σωματιδίων, εντούτοις μέσα στο νερό το αλάτι ιονίζεται σε δύο ειδών σωματίδια, ιόντα νατρίου και ιόντα χλωρίου.*

αυξάνεται συνεχώς και όταν η πίεση αυξηθεί πολύ, η κυτταρική μεμβράνη θα διαρραγεί (βλ. εικόνα 5-12 δεξιά). Μπορούμε εύκολα να παρατηρήσομε αυτό το αποτέλεσμα, αν ρίξομε μία σταγόνα αίματος σε απεσταγμένο νερό. Τα ερυθρά κύτταρα του αίματος συνήθως περιέχουν χαμηλή ποσότητα αλατιού. Το απεσταγμένο νερό δεν περιέχει καθόλου αλάτι, επομένως η συγκέντρωση του νερού είναι μεγαλύτερη. Έτσι το νερό θα κινηθεί γρήγορα μέσα στα ερυθρά αιμοσφαίρια. Τα κύτταρα αρχίζουν να διογκώνονται και τελικά σπάζουν.

Στα προηγούμενα παραδείγματα της οσμώσεως υπήρχαν μεγάλες διαφορές συγκεντρώσεως των υλικών μέσα κι έξω από τα κύτταρα. Όταν όμως τα κύτταρα βρίσκονται μέσα στο φυσιολογικό τους περιβάλλον οι διαφορές δεν είναι τόσο μεγάλες. Συμβαίνει κάποια όσμωση υλικών, όχι όμως σε τέτοια έκταση ώστε να καταστρέφονται τα κύτταρα.

5-11
Μόρια μπορούν να εισέρχονται στο κύτταρο με «ενεργό μεταφορά»

Η όσμωση του νερού και η διάχυση άλλων υλικών διαμέσου της κυτταρικής μεμβράνης βοηθούν στην επιβίωση του κυττάρου. Προμηθεύουν τα απαραίτητα υλικά ή διατηρούν την ισορροπία των υλικών μέσα κι έξω από το κύτταρο. Αλλά για τα περισσότερα υλικά αυτό δεν ισχύει. Αν οι μόνοι τρόποι προμήθειας και ανταλλαγής υλικών ήταν η όσμωση και η διάχυση, πολύ γρήγορα οι συγκεντρώσεις πολλών υλικών και μορίων του κυττάρου και του περιβάλλοντος θα εξισώνονταν. Σκεφθείτε το λίγο και θα δείτε ότι είναι αλήθεια.

Σε σχέση με το εξωτερικό περιβάλλον, μέσα στο κύτταρο, οι συγκεντρώσεις των απαραιτήτων ουσιών πρέπει να διατηρούνται υψηλές, ενώ οι άχρηστες ουσίες πρέπει να βρίσκονται σε χαμηλή συγκέντρωση. Αυτό όμως απαιτεί έργο. Όταν το κύτταρο καταναλίσκει ενέργεια, για να μεταφέρει υλικά διαμέσου της κυτταρικής μεμβράνης, η διεργασία αυτή ονομάζεται «ενεργός μεταφορά». Το πώς γίνεται αυτό δεν έχει τελείως κατανοηθεί, έχει όμως παρατηρηθεί για πολλά είδη ουσιών. Πολλά μόρια και ιόντα που διαχέονται μέσα από τη μεμβράνη χρησιμοποιούν ενέργεια για τη μεταφορά τους. Ακόμη και μόρια τα οποία είναι πολύ μεγάλα, για να διαπεράσουν τη μεμβράνη, μεταφέρονται με εξειδικευμένους

τρόπους. Μερικές φορές αλληλεπιδρούν με μόρια που περιέχονται στην ίδια τη μεμβράνη. Συχνά σε μερικά κύτταρα, κάποιο σημείο της κυτταρικής μεμβράνης διπλώνει προς τα μέσα και σχηματίζει ένα βαθούλωμα σαν «τσέπη». Η «τσέπη» γεμίζει με υγρό που περιέχει σωματίδια από το περιβάλλον του κυττάρου. Στο ανοικτό μέρος της «τσέπης» η μεμβράνη επανασυνδέεται και κλείνει την «τσέπη». Το κλειστό «Ο» που σχηματίσθηκε από το κλείσιμο της τσέπης τώρα πια βρίσκεται μέσα στο κύτταρο. Έτσι σχηματίζεται ένα καινούργιο κενοτόπιο, που περιέχει υγρό και σωματίδια. Η ενεργός μεταφορά είναι η αιτία που τα κύτταρα περιέχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις από ορισμένες ουσίες (και μικρότερες συγκεντρώσεις από άλλα υλικά), σε σχέση με το περιβάλλον τους. Στις διεργασίες αυτές είναι πιθανόν να παίρνουν μέρος αντιδράσεις που χρησιμοποιούν την ενέργεια του ATP.

Πώς όμως μπορούμε να αποδείξομε πειραματικά ότι μία ουσία έχει μεγαλύτερη συγκέντρωση μέσα στο κύτταρο παρά έξω: Συνήθως είναι δύσκολο να προσδιορίσομε τα περιεχόμενα ενός μόνο κυττάρου. Παρόλα αυτά υπάρχουν οργανισμοί που έχουν εξαιρετικά μεγάλα κύτταρα, όπως το φύκος του γλυκού νερού *Νιτέλλα*. Επειδή τα κύτταρα της *Νιτέλλα* είναι πολύ μεγάλα, μπορούμε να απομονώσομε ένα μόνο κύτταρο και να παραλάβομε το περιεχόμενό του. Για παράδειγμα, μπορούμε να μετρήσομε το ποσό του καλίου που περιέχει το κύτταρο. Η συγκέντρωση του καλίου που θα μετρήσομε μπορεί να συγκριθεί με τη συγκέντρωση του καλίου, που περιέχει το υδατικό διάλυμα, μέσα στο οποίο αναπτύχθηκε η *Νιτέλλα*. Ο λόγος του καλίου μέσα στο κύτταρο της *Νιτέλλα* προς το κάλιο του υδατικού διαλύματος μπορεί να είναι 1.000 προς 1!

Κάθε ζωντανό κύτταρο προσλαμβάνει τροφή και αποβάλλει άχρηστα προϊόντα. Με τον τρόπο αυτό συνεχώς ανταλλάσσει ουσίες με το περιβάλλον του.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα κύτταρα περιβάλλονται από την κυτταρική μεμβράνη, η οποία επιτρέπει άλλες ουσίες να διέρχονται εύκολα και άλλες δύσκολα. Μικρά μη-φορτισμένα σωματίδια περνούν ευκολότερα από ιονισμένα σωματίδια. Η διάχυση και η όσμωση (η διάχυση του νερού μέσα από μία μεμβράνη με εξειδικευμένη διαπερατότητα) είναι φυσικές ιδιότητες, που επιτρέπουν στις διάφορες ουσίες να διαπερνούν τη μεμβράνη προς τα μέσα και προς τα έξω του κυττάρου. Η «ενεργός μεταφορά» είναι το αντίθετο της διαχύσεως και απαιτεί την κατανάλωση ενέργειας. Μία απόδειξη, ότι συμβαίνει «ενεργός μεταφορά» υλικών, είναι ότι ορισμένες ουσίες ή υλικά βρίσκονται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση μέσα στο κύτταρο παρά στο εξωτερικό του περιβάλλον.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Τι σημαίνει, όταν λέμε ότι μία μεμβράνη είναι εκλεκτικά διαπερατή;
2. Περιγράψτε μερικές συνθήκες, στις οποίες ένα κύτταρο θα συρρικνωθεί. Σε τι διαφέρουν αυτές οι συνθήκες από άλλες συνθήκες που προκαλούν τη διόγκωση του κυττάρου;
3. Οι αιτίες που προκαλούν την όσμωση και διάχυση των υλικών θα σταματήσουν ξαφνικά, όταν οι συγκεντρώσεις των υλικών εξισωθούν μέσα στο εσωτερικό του κυττάρου και το εξωτερικό του περιβάλλον;
4. Πώς ξέρομε ότι συμβαίνει «ενεργός μεταφορά» υλικών;
5. Γιατί η «ενεργός μεταφορά» χρειάζεται ενέργεια;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑ ΣΗΜΕΙΑ

Οι ζωντανοί οργανισμοί είναι συστήματα πολυπλόκων μορίων με εξαιρετικά καλή οργάνωση. Για να διατηρείται η οργάνωσή τους απαιτείται ενέργεια. Οι πρωτόγονες μορφές ζωής, όταν απέκτησαν τα απαραίτητα ένζυμα, που απελευθέρωναν ενέργεια από τις διάφορες χημικές αντιδράσεις, άρχισαν σταδιακά να γίνονται πιο πολύπλοκες. Οι πρωτόγονες μορφές ζωής (τα προ-κύτταρα) χρησιμοποιώντας πρωτεϊνικές ουσίες (τα ένζυμα) ήταν σε θέση να ελέγχουν και να ρυθμίζουν την ενέργεια. Αυτό ήταν πιθανόν το μεγάλο βήμα για τη δημιουργία των πρώτων κυττάρων.

Τα ένζυμα και το ATP είναι οργανικά μόρια που βρίσκονται σε όλα τα ζωντανά κύτταρα. Τα ένζυμα ελαττώνουν την ενέργεια ενεργοποιήσεως που χρειάζονται οι χημικές αντιδράσεις. Έτσι βοηθούν τις αντιδράσεις να γίνονται σε θερμοκρασίες που είναι ευνοϊκές για την ύπαρξη ζωής. Οι φωσφορικοί δεσμοί του ATP που περιέχουν «υψηλή ενέργεια» μεταφέρουν ενέργεια που χρειάζονται οι κυτταρικές διεργασίες. Για παράδειγμα, όταν μία φωσφορική ομάδα του ATP μεταφέρεται σε μία ένωση, όπως η γλυκόζη, το μόριο της γλυκόζης ενεργοποιείται. Έτσι μπορεί εύκολα να πάρει μέρος σε άλλες αντιδράσεις.

Η ζύμωση είναι μία διεργασία που ελευθερώνει ενέργεια όταν δεν υπάρχει οξυγόνο. Στη διάρκεια της ζυμώσεως της γλυκόζης απελευθερώνεται ενέργεια με μία σειρά αντιδράσεων που καταλύονται κάθε μία ξεχωριστά από ένα ειδικό ένζυμο. Το μόριο της γλυκόζης αρχικά ενεργοποιείται από δύο μόρια ATP. Μετά από μερικά στάδια απελευθερώνεται ενέργεια, η οποία αποθηκεύεται σε τέσσερα μόρια ATP. Έτσι, για κάθε μόριο γλυκόζης που ζυμώνεται, κερδίζεται ενέργεια που αντιπροσωπεύεται από δύο μόρια ATP.

Είναι πιθανόν ότι οι πρωτόγονοι ετερότροφοι οργανισμοί στην αρχή της εξελίξεώς τους απελευθέρωναν ενέργεια με μία διεργασία παρόμοια με τη ζύμωση. Όταν αυτοί οι οργανισμοί άρχισαν να χρησιμοποιούν οργανικά υλικά από το υδάτινο περιβάλλον τους, απέκτησαν την ικανότητα να μεταφέρουν υλικά διαμέσου της κυτταρικής μεμβράνης, με διάχυση και «ενεργό μεταφορά». Το νερό όμως περνούσε με όσμωση.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Γιατί τα οργανικά μόρια ήταν καλύτερη πηγή ενέργειας για τους πρωτόγονους ετερότροφους οργανισμούς από την υπεριώδη ακτινοβολία ή τις αστραπές;
2. Ποια ήταν η πηγή ενέργειας, που οι πρωτόγονοι ετερότροφοι οργανισμοί αποθήκευαν στα μόρια του ATP;
3. Πώς είναι δυνατόν τα ένζυμα να χρησιμοποιούνται ξανά και ξανά, όταν καταλύουν μία αντίδραση; Γιατί είναι σημαντικό αυτό για τους οργανισμούς;
4. Τι προσέφερε ο Μπούχνερ στις γνώσεις μας για τη ζύμωση;
5. Διαφέρει η διάχυση από την όσμωση; Εξηγήστε.
6. Εξηγήστε πώς δύο χημικές ουσίες, όπως το υδρογόνο και το οξυγόνο, μπορούν να συνυπάρχουν χωρίς να αντιδρούν.
7. Γιατί ένα ένζυμο καταλύει μόνο μία ή μερικές αντιδράσεις και όχι όλων των ειδών τις αντιδράσεις;
8. Ποιος είναι ο ρόλος του ATP στη ζύμωση;
9. Το ATP των φυτικών κυττάρων μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ένζυμα που απομονώνονται από ζωικά κύτταρα. Ποια είναι η σημασία;
10. Γιατί ένα κύτταρο συνεχώς ανταλλάσσει υλικά με το περιβάλλον του;

ΑΡΘΡΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΒΑΣΜΑ

Hinkle, P. C., and R. E. McCarty. "How Cells Make ATP." *Scientific American,* March, 1978.

Koshland, D. E., Jr. "Protein Shape and Biological Control." *Scientific American,* October, 1973.

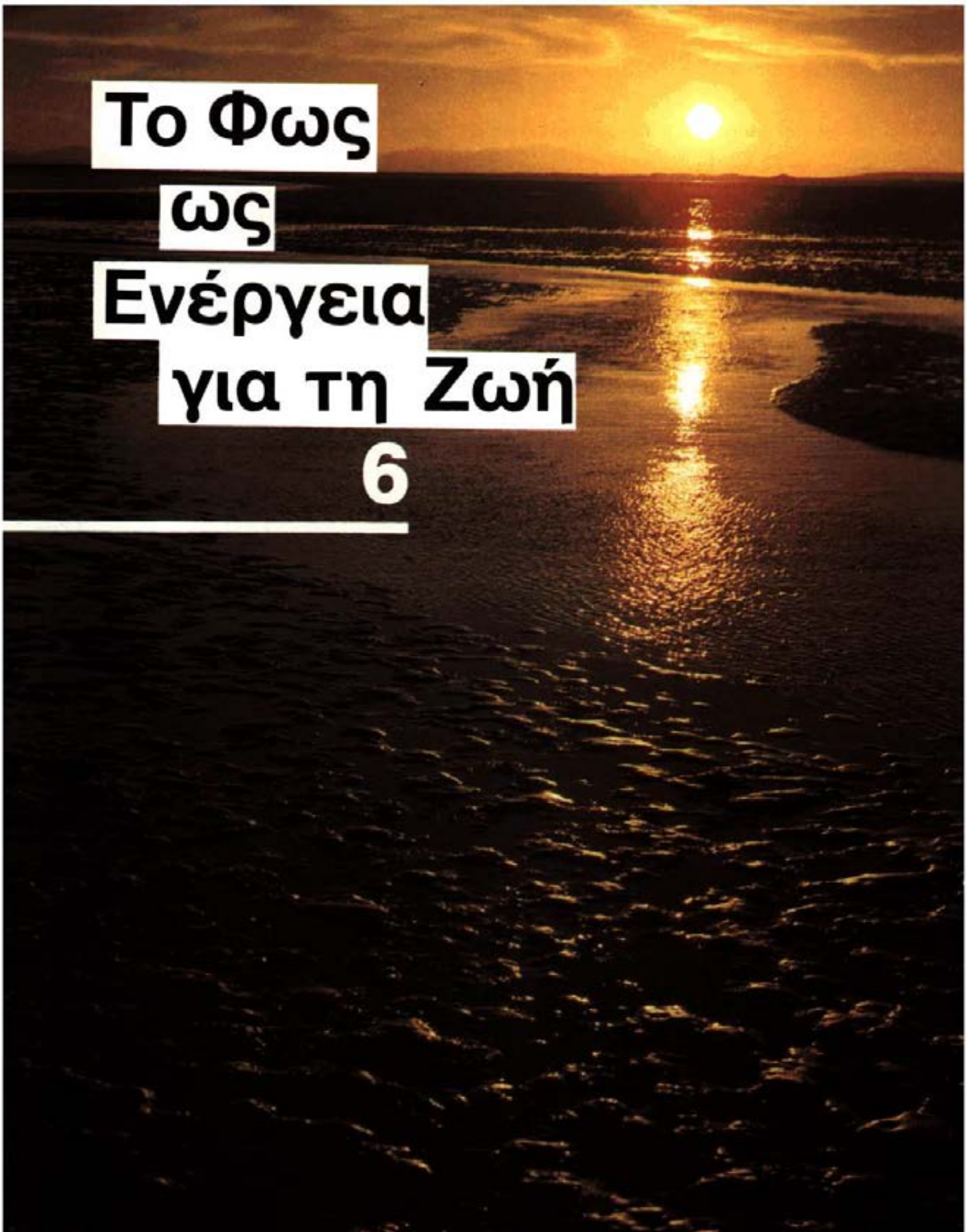
Lodish, H. F., and J. E. Rothman. "The Assembly of Cell Membranes." *Scientific American,* January, 1979.

Margaria, R. "The Sources of Muscular Energy." *Scientific American,* March, 1972.

Pastan, I. "Cyclic AMP." *Scientific American,* August, 1972.

Το Φως ως Ενέργεια για τη Ζωή

6



Το φως πάνω από λιμνοθάλασσα και τα κύματα της πλημμυρίδας ίσως ήταν οι απαρχές για την εμφάνιση διαδικασιών προσλήψεως ενέργειας.

Στο προηγούμενο κεφάλαιο μάθατε ότι οι πρωτόγονοι ετερότροφοι οργανισμοί έζησαν πιθανώς σε ένα κόσμο χωρίς οξυγόνο, παίρνοντας ενέργεια από τη ζύμωση. Μερικά βακτηρίδια που ζουν σήμερα χωρίς οξυγόνο μοιάζουν με τους πρωτόγονους ετερότροφους οργανισμούς. Αλλά η μεγάλη ποικιλία των οργανισμών που ζουν σήμερα δεν μπορούσε να ζήσει στην πρωτόγονη γη. Οι ενεργειακές διεργασίες των περισσοτέρων οργανισμών έχουν αλλάξει. Τι συνέβη όμως στη γη, ώστε αργότερα να γίνει η κατοικία τόσων πολλών και διαφορετικών μορφών ζωής;

Πιθανόν, όλα άρχισαν αρκετά δισεκατομμύρια χρόνια πριν, όταν το αρχικό περιβάλλον άρχισε να αλλάζει και μερικοί ετερότροφοι οργανισμοί άρχισαν να χρησιμοποιούν το ηλιακό φως ως πηγή ενέργειας. Αυτή η ανάπτυξη είχε τεράστια σημασία για τη ζωή πάνω στη γη. Έδωσε μία συνεχή πηγή ενέργειας και εξασφάλισε μία σίγουρη προμήθεια τροφής. Με το χρόνο άλλαξε επίσης τη γήινη ατμόσφαιρα, προμηθεύοντάς της αέριο οξυγόνο. Στο κεφάλαιο αυτό θα μάθετε για τη ζωή στο ηλιακό φως.

Η φωτοσύνθεση σε ένα μεταβαλλόμενο κόσμο

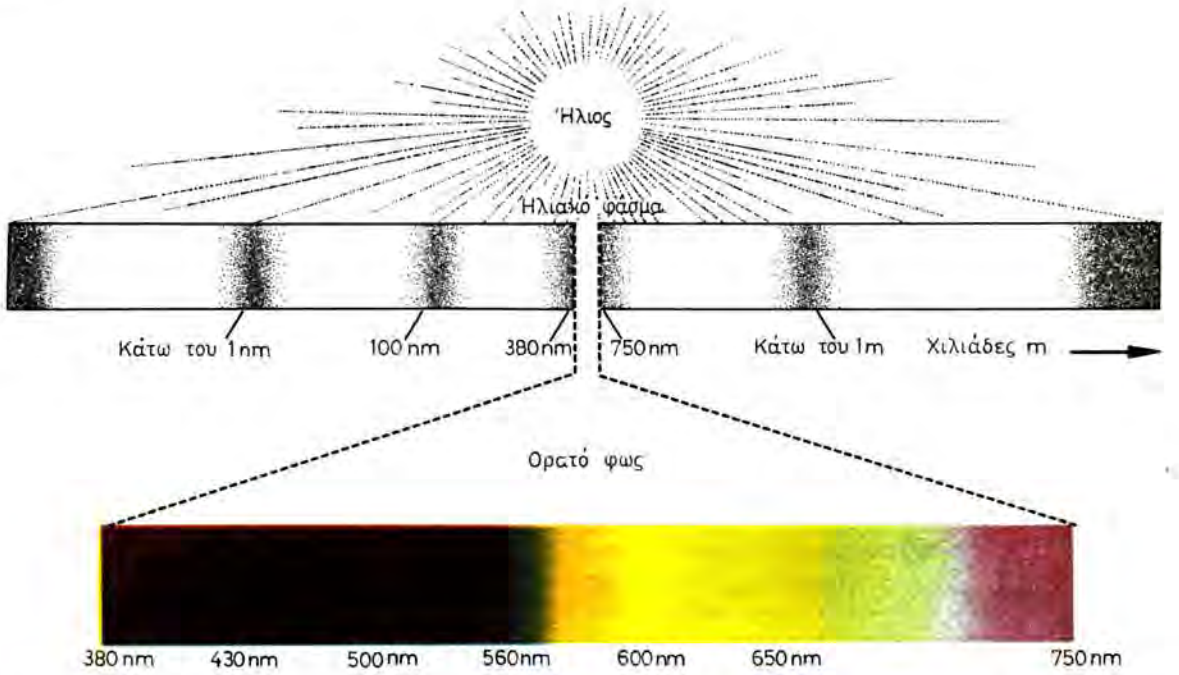
6-1
Το μεταβαλλόμενο περιβάλλον ευνοεί μία νέα μορφή ζωής

Ποια βασική μεταβολή του περιβάλλοντος συνέβη άραγε στα αρχικά στάδια της ιστορίας της ζωής; Ο θρεπτικός ζωμός των οργανικών ενώσεων πιθανώς γινόταν όλο και πιο αραιός, καθώς οι πρωτογενείς ετερότροφοι οργανισμοί κατανάλωναν όλο και περισσότερα αμινοξέα, πρωτεΐνες και λίπη, που ήταν διαθέσιμα. Στη διάρκεια των εκατομμυρίων ετών, τα θρεπτικά υλικά δεν μπορούσαν να εξασφαλίσουν τη διατροφή του αυξανόμενου πληθυσμού των ετεροτρόφων οργανισμών. Οι περισσότερες οργανικές ενώσεις πιθανότατα δημιουργήθηκαν με την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας. Ο σχηματισμός τους όμως δεν ήταν τόσο γρήγορος, ώστε να μπορούν να θρέψουν τον αυξανόμενο αριθμό των ετεροτρόφων οργανισμών. Έτσι, καθώς οι οργανικές ουσίες στην πρωτόγονη γη και τις υδάτινες μάζες καταναλώνονταν, η τροφή άρχισε να σπανίζει.

Πώς μερικοί οργανισμοί προσαρμόσθηκαν στην έλλειψη της τροφής και κατάφεραν να επιβιώσουν, ενώ άλλοι δεν τα κατάφεραν; Οι οργανισμοί που μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν μία δεύτερη πηγή ενέργειας πρέπει να είχαν ένα μεγάλο πλεονέκτημα. Ίσως μεταβολές σε μερικούς οργανισμούς τους ανάγκασαν να χρησιμοποιούν το ηλιακό φως ως μία δεύτερη πηγή ενέργειας. Το ηλιακό φως δεν ήταν η κύρια πηγή ενέργειας για τους πρωτόγονους ετερότροφους οργανισμούς, μέχρις ότου οι οργανικές ουσίες άρχισαν να σπανίζουν. Η ικανότητα της χρησιμοποιήσεως του φωτός έκανε τους οργανισμούς και τους απογόνους τους ικανούς να επιβιώνουν ακόμη και με λιγότερη τροφή.

6-2
Ο ήλιος προμηθεύει ενέργεια για τη ζωή των αυτοτρόφων οργανισμών

Μάθατε νωρίτερα ότι η κύρια πηγή ενέργειας για την παραγωγή οργανικών ουσιών πριν από την εξέλιξη της ζωής ήταν η ηλιακή υπεριώδης ακτινοβολία. Όμως, τα πρώτα ζωντανά όντα δεν μπορούσαν πιθανόν να χρησιμοποιήσουν την υπεριώδη ακτινοβολία για την παραγωγή άλλων οργανικών ενώσεων. Η ενέργεια της υπεριώδους ακτινοβολίας είναι τόσο μεγάλη, που θα μπορούσε να καταστρέψει κάθε μορφή ζωής που δεν



Εικόνα 6-1 *Το φάσμα εκπομπής της ακτινοβολίας είναι συνεχές, παρόλο που συνηθίζομε να το διαιρούμε σε περιοχές απορροφήσεως (π.χ. ορατό φως, ακτίνες Χ, ραδιοκύματα). Το φως που βλέπουν οι άνθρωποι καλύπτει το τμήμα του φάσματος με μήκη κύματος μεταξύ 380 και 750 νανομέτρων. Η περιοχή αυτή είναι μόνο ένα μικρό τμήμα του φάσματος.*

προστατεύεται από το νερό. Μερικοί πρωτόγονοι ετερότροφοι οργανισμοί, στο υδάτινό τους περιβάλλον, άρχισαν να χρησιμοποιούν το ορατό ηλιακό φως ως πηγή ενέργειας. Οι διαφορές του ορατού φωτός, της υπεριώδους ακτινοβολίας και άλλων ηλιακών ακτινοβολιών φαίνονται στην εικόνα 6-1. Μία πληρέστερη συζήτηση δίνεται στο Παράρτημα 6-Α, Ο ήλιος και οι ακτινοβολίες του, στη σελίδα 695.

Οι πρώτοι οργανισμοί, που ήταν ικανοί να χρησιμοποιήσουν την ηλιακή ενέργεια δρούσαν πιθανόν ως ετερότροφοι οργανισμοί, χρησιμοποιώντας μερικές από τις προϋπάρχουσες οργανικές ουσίες του περιβάλλοντος και ως αυτότροφοι, συνθέτοντας άλλες οργανικές ουσίες με την ενέργεια του ηλιακού φωτός. Υπάρχουν ορισμένες μορφές βακτηριδίων, που ζουν σήμερα, τα οποία παρουσιάζουν ακριβώς αυτές τις ιδιότητες. Οι οργανισμοί αυτοί είναι ορισμένα βαθυκόκκινα βακτηρίδια, που αρχικά νόμιζαν οι ερευνητές ότι είναι ετερότροφα. Αργότερα όμως ανακαλύφθηκε ότι περιέχουν μία ουσία, που δεν βρίσκεται στους συνηθισμένους ετερότροφους οργανισμούς. Οι οργανισμοί αυτοί περιέχουν ***χλωροφύλλη,*** μία χρωστική ουσία που απορροφά το φως. Τα βακτηρίδια αυτά μπορούν να συνθέτουν νέα κυτταρικά υλικά από οργανικές ουσίες, που προσλαμβάνουν από το περιβάλλον τους, χρησιμοποιώντας την ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία που απορροφούν. Τα βακτηρίδια αυτά είναι ετερότροφα και χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια ως μία επί πλέον πηγή ενέργειας.

Σήμερα υπάρχει ακόμη μία πιο αξιοσημείωτη κατηγορία κυττάρων. Ορισμένα βαθυκόκκινα και πράσινα βακτηρίδια περιέχουν επίσης χλωροφύλλη, ζουν μόνο στο φως και δεν χρειάζονται καμιά έτοιμη οργανική ουσία. Αυτά τα βακτηρίδια είναι πραγματικοί αυτότροφοι οργανισμοί. Χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια, για να ***συνθέτουν όλες*** τις απαραίτητες οργανικές ουσίες, από το διοξείδιο του άνθρακα και μερικές άλλες ενώσεις και στοιχεία.

Μία ακόμη αξιοσημείωτη κατηγορία βακτηριδίων ζει στο νερό με πολύ μεγάλη περιεκτικότητα σε άλατα (έξι ή επτά φορές μεγαλύτερη από αυτή των ωκεανών). Τα βακτηρίδια

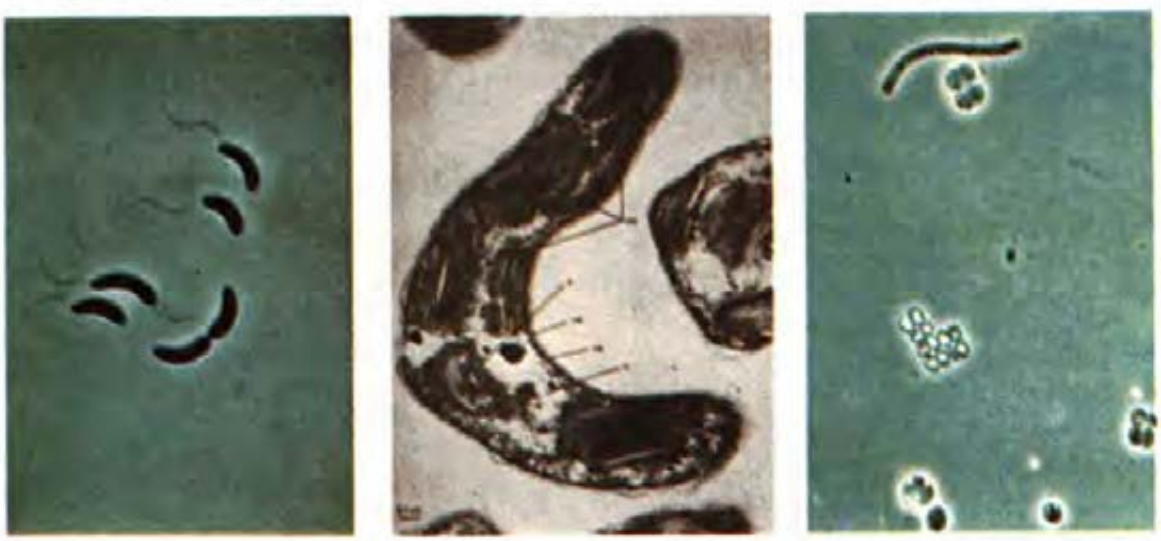
αυτά περιέχουν μία πορφυρή χρωστική στην κυτταρική τους μεμβράνη, σαν τη χρωστική των ματιών σας. Η πορφυρή χρωστική στα μάτια σας απορροφά τη φωτεινή ενέργεια και σας επιτρέπει να βλέπετε. Στα «αλατόφιλα» βακτηρίδια η χρωστική αυτή απορροφά την ενέργεια του φωτός και την μετατρέπει σε ATP (βλ. σελίδα 104). Στη συνέχεια το ATP χρησιμοποιείται για την παρασκευή των απαραιτήτων οργανικών ουσιών.

Όλες αυτές οι ομάδες των βακτηριακών κυττάρων που χρησιμοποιούν τη φωτεινή ενέργεια για την παραγωγή οργανικών ενώσεων είναι γνωστές με την κοινή ονομασία «φωτοσυνθετικά βακτηρίδια». Τα βακτήρια αυτά μπορούν να κάνουν τη λειτουργία της φωτοσυνθέσεως. Όπως δηλώνει και η ίδια η λέξη, η φωτοσύνθεση είναι η λειτουργία με την οποία τα ζωντανά κύτταρα χρησιμοποιούν τη φωτεινή ενέργεια για να συνθέτουν οργανικές ουσίες.

Σύντομα θα μάθετε την τεράστια σημασία της φωτοσυνθέσεως για την ύπαρξη της ζωής στη γη. Σήμερα διακρίνομε διάφορα είδη φωτοσυνθέσεως. Τα φωτοσυνθετικά βακτηρίδια (εικόνα 6-2) είναι αναερόβια: δεν χρησιμοποιούν οξυγόνο. Μάλιστα, μερικά από αυτά βλάπτονται και από την απλή παρουσία οξυγόνου. Τα βακτηρίδια αυτά επιτελούν το πιο παλαιό είδος φωτοσυνθέσεως, τη φωτοσύνθεση χωρίς την παραγωγή οξυγόνου. Τα φωτοσυνθετικά βακτηρίδια εξελίχθηκαν πριν από αρκετά δισεκατομμύρια χρόνια, ακόμα πριν από την παρουσία οξυγόνου στη γήινη ατμόσφαιρα. Σήμερα, τα βακτηρίδια αυτά ζουν σε περιβάλλον με τρεχούμενο νερό, που περιέχει άλατα και με πολύ μικρή περιεκτικότητα σε οξυγόνο.

Τα φωτοσυνθετικά βακτηρίδια έχουν ένα μεγάλο πλεονέκτημα σε σχέση με τα άλλα αναερόβια κύτταρα. Μπορούν να παίρνουν ενέργεια κατευθείαν από το φως και μ' αυτό τον τρόπο δεν χρειάζεται να συναγωνίζονται, ή καλύτερα να συναγωνίζονται σε μεγάλο βαθμό, άλλους οργανισμούς, για τη λιγοστή ποσότητα πλουσίων σε ενέργεια ουσιών του περιβάλλοντος. Ίσως όταν η ζωή άρχιζε πάνω στη γη, τα φωτοσυνθετικά βακτηρίδια ήταν πολύ άφθονα στους πρωτόγονους ωκεανούς, μέσα στους οποίους προφυλλάσσονταν από τη βλαβερή ηλιακή ακτινοβολία. Το νερό μπορούσε να σταματήσει τη βλαβερή υπεριώδη ακτινοβολία, ενώ συγχρόνως επέτρεπε στα χρήσιμα μήκη κύματος του ηλιακού φωτός να φθάνουν στα βακτηρίδια.

Σήμερα, τα φωτοσυνθετικά βακτηρίδια δεν



***Εικόνα 6-2** (αριστερά) Το Ροδόφιλλον, ένα φωτοσυνθετικό βακτηρίδιο που μπορεί να ζήσει και ως ετερότροφο. Δέστε το μαστίγιό του (κέντρο). Ένα άλλο φωτοσυνθετικό βακτηρίδιο (η εκτοθειοροδόσπειρα μόμπιλις), όπως φαίνεται στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. ΦΜ είναι η φωτοσυνθετική μεμβράνη. Ρ είναι τα ριβοσώματα. ΚΜ είναι η κυτταρική μεμβράνη. ΚΤ είναι το κυτταρικό τοίχωμα. Π είναι το πυρηνόπλασμα που δεν περιβάλλεται από πυρηνική μεμβράνη (δεξιά). Μερικά είδη βαθυκόκκινων φωτοσυνθετικών βακτηριδίων.*



Εικόνα 6-3 *Ο Ι. Πρίστλεϋ ανακάλυψε ότι τα φυτά αποκαθιστούν τον αέρα που έχει «χρησιμοποιηθεί» από τα ζώα ή από ένα αναμμένο κερί. Πολύ γρήγορα πιστοποιήθηκε ότι τα φυτά έχουν λειτουργίες που απελευθερώνουν οξυγόνο.*

αποτελούν την κύρια πηγή νέων οργανικών ενώσεων, όπως παλαιά. Ο κυριότερος τύπος φωτοσυνθέσεως σήμερα είναι αυτός που παράγει οξυγόνο· με άλλα λόγια είναι η φωτοσύνθεση που επιτελείται από τα πράσινα φυτά και τα φύκια του ωκεανού, των ποταμών και λιμνών.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 6-Α. Φωτοσύνθεση, σελίδα 592.

6-3
Ανακάλυψη της φωτοσυνθέσεως με παραγωγή οξυγόνου

Οι επιστήμονες ανακάλυψαν τη φωτοσύνθεση που γίνεται στα φυτά πριν από 200 χρόνια, 100 χρόνια πριν από την ανακάλυψη των φωτοσυνθετικών βακτηριδίων. Το 1772 ο Βρετανός επιστήμονας Ιωσήφ Πρίστλεϋ (εικόνα 6-3) δημοσίευσε μία εργασία του στο Λονδίνο, στην οποία μπορούμε να διαβάσομε:

> «Ήμουν πολύ ευτυχής, γιατί βρήκα τυχαία μία μέθοδο, με την οποία μπορεί κανείς να αντικαταστήσει τον αέρα που έχει καταναλωθεί από το κάψιμο κεριών, και γιατί ανακάλυψα τουλάχιστον μία από τις μεθόδους που χρησιμοποιεί η φύση για το σκοπό αυτό. Είναι η βλάστηση[1]».

Αν ο Πρίστλεϋ είχε χρησιμοποιήσει μία εξίσωση, για να αποδώσει περιληπτικά την ανακάλυψή του, θα μπορούσε να γράψει:

$$\text{μολυσμένος αέρας} \xrightarrow{\text{φυτά}} \text{καθαρός αέρας}$$

Η ανακάλυψη του Πρίστλεϋ προκάλεσε τεράστιο επιστημονικό ενδιαφέρον. Ήταν η πρώτη λογική εξήγηση για το πώς ο αέρας παρέμεινε καθαρός κατά τη διάρκεια εκατομμυρίων ετών, παρά τη συνεχή αναπνοή των ανθρώπων και άλλων ζώων. Το 1773, ο Πρίστλεϋ προτάθηκε για το Μετάλλιο Copley της Βασιλικής Ακαδημίας. Η πρόταση ανέφερε μεταξύ άλλων:

> Από αυτές τις ανακαλύψεις είμαστε πεπεισμένοι ότι κανένα φυτό δεν φύεται χωρίς λόγο, αλλά ...ό,τι καθαρίζει και ανανεώνει την ατμόσφαιρά μας.

Ο Πρίστλεϋ τιμήθηκε για την ανακάλυψή του, που μπορεί να ονομασθεί: το σύστημα εξαερισμού από τη μόλυνση που δημιουργεί η αναπνοή των ζώων και οι καύσεις. Αλλά, ο ενθουσιασμός που προέκυψε από την ανακάλυψη του Πρίστλεϋ, σύντομα αμφισβητήθηκε. Άλλοι ερευνητές δεν μπορούσαν να επιβεβαιώσουν τα ευρήματά του. Ακόμη και ο ίδιος ο Πρίστλεϋ επαναλαμβάνοντας την ίδια μελέτη μετά από έξι χρόνια, δεν μπόρεσε να επιβεβαιώσει τα προηγούμενα αποτελέσματά του.

Η κατάσταση αυτή διευκρινίσθηκε από τον Ολλανδό φυσικό Ι. Ινγκενχάουζ που έκανε μία πολύ σπουδαία ανακάλυψη το καλοκαίρι του 1779. Ο Ινγκενχάουζ περιγράφει την ανακάλυψή του με αυτά τα λόγια:

> «Παρατήρησα ότι τα φυτά δεν έχουν μόνο τη δυνατότητα να καθαρίζουν το μολυσμένο αέρα, μέσα σε 6 ή 10 μέρες, όπως αναφέρουν τα πειράματα του Πρίστλεϋ, αλλά ότι μπορούν να κάνουν αυτή τη σπουδαιότατη λειτουργία τέλεια μέσα σε μερικές ώρες. Αυτή η θαυμάσια λειτουργία δεν εξαρτάται μόνο από τη βλάστηση του φυτού, αλλά και από την επίδραση του ηλιακού φωτός πάνω του[2]».

Με αυτόν τον τρόπο ο Ινγκενχάουζ ανακάλυψε το ρόλο του φωτός στη φωτοσύνθεση. Τα πρώτα πειράματα του Πρίστλεϋ πρέπει να είχαν γίνει με την παρουσία φωτός. Οι κατόπινές προσπάθειες για την επανάληψή τους έγιναν πιθανόν χωρίς φως, αλλά κανένας δεν είναι απόλυτα βέβαιος.



Βιολογία Περιληπτικά

Το μυστικό της βλαστήσεως

Οι άνθρωποι από νωρίς είχαν αντιληφθεί ότι αυτοί και όλα τα άλλα ζώα μεγαλώνουν και αναπτύσσονται τρώγοντας φυτά, ή τρώγοντας άλλα ζώα που με τη σειρά τους τρώνε φυτά. Αλλά ποια είναι η «τροφή» των φυτών; Ακόμη και οι πιο οξυδερκείς παρατηρητές των φυτών δεν μπόρεσαν ποτέ να δείξουν ότι τα φυτά καταναλίσκουν κάποιο είδος τροφής. Οι παρατηρητές, λοιπόν, σκέφθηκαν ότι η μη πρόσληψη τροφής μπορεί να εξηγήσει το γεγονός ότι τα φυτά δεν αποβάλλουν περιττώματα.

Αλλά πώς μπορούν τα φυτά να εξελίσσονται και να αυξάνουν σε μέγεθος; Στον 17ο αιώνα, ένας φυσικός που λεγόταν Ι. Β. Βαν Χέλμοντ ανακοίνωσε ένα εκπληκτικό συμπέρασμα, στο οποίο κατέληξε όχι παρατηρώντας τα φυτά στη φύση, αλλά κάνοντας κάτι που δεν είχε γίνει ποτέ πριν: ένα ποσοτικό επιστημονικό πείραμα πάνω στην ανάπτυξη των φυτών. Με τα λόγια που ίδιου του Βαν Χέλμοντ: «Πήρα μία πήλινη γλάστρα, έβαλα μέσα 90 κιλά χώμα ξεραμένο στο φούρνο, το έβρεξα με νερό και φύτεψα μέσα μία ρίζα ιτιάς που ζύγιζε 2 kg. Η γλάστρα όμως ποτιζόταν μόνο με βρόχινο ή (όταν ήταν απαραίτητο) με απεσταγμένο νερό και για να αποφευχθεί η ανάμιξη της σκόνης, που υπήρχε στην ατμόσφαιρα με το χώμα, η επιφάνεια της γλάστρας ήταν σκεπασμένη με μία σιδερένια πλάκα, καλυμμένη με τσίγκο και τρυπημένη με πολλές τρύπες... Τελικά, ξαναξέρανα το χώμα της γλάστρας και το βρήκα μετά από το ζύγισμα 90 κιλά μείον 56 γραμμάρια. Επομένως 74 κιλά ξύλου, φλοιού και ρίζας ***προήλθαν μόνο από το νερό».***

Ο Βαν Χέλμοντ έκανε ένα όμορφο και απλό πείραμα και προσπάθησε να πραγματοποιήσει προσεκτικές μετρήσεις, αλλά δεν έλαβε σοβαρά υπόψη του τον αέρα, ή το έλλειμμα των 56 γραμμαρίων του χώματος. Αυτό το μικρό έλλειμμα του χώματος είναι μία ενδειξη αυτού που σήμερα γνωρίζομε ως πρόσληψη αλάτων από το χώμα από τις ρίζες των φυτών. Δεύτερο και πολύ σημαντικό, ούτε ο Βαν Χέλμοντ, ούτε κανένας άλλος στα 100 επόμενα χρόνια δεν υποπτεύθηκε ότι η «τροφή» που κάνει τα φυτά να μεγαλώνουν παράγεται ήσυχα και αποδοτικά στα φύλλα, με ένα μυστήριο χημικό μηχανισμό, που απαιτεί διοξείδιο του άνθρακα από τον αέρα και το ηλιακό φως.

Σ' αυτό το κεφάλαιο θα μάθετε για τη μυστηριώδη αυτή λειτουργία. Αυτή η λειτουργία που απαιτεί φως είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία πάνω από το 90% των συνολικών ουσιών των φυτών.



Εικόνα 6-4 *Ένα από τα ποαστικά πειράματα του ντε Σαοσούρ με τη φωτοσύνθεση. Στα φυτά δόθηκαν διαφορετικές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα. Στη συνέχεια τα φυτά ζυγίσθηκαν για να βρεθεί πόσο βάρος πήραν. Ο ντε Σασσούρ έδειξε ότι το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό χρησιμοποιούνταν για την παραγωγή υδατανθράκων.*

Αν ο Ινγκενχάουζ είχε χρησιμοποιήσει μία εξίσωση, για να περιγράψει το τελευταίο αυτό αποτέλεσμα, η εξίσωση αυτή θα μπορούσε να γραφεί:

$$\text{μολυσμένος αέρας} \xrightarrow[\text{φως}]{\text{φυτά}} \text{καθαρός αέρας}$$

Η σημαντική πρόοδος της χημείας έδωσε μία καινούργια ώθηση σ' αυτό το γρήγορα αναπτυσσόμενο πεδίο. Ο «μολυσμένος αέρας» αναγνωρίσθηκε ότι ήταν το διοξείδιο του άνθρακα, ενώ ο «καθαρός αέρας» αναγνωρίσθηκε ότι ήταν το οξυγόνο. Χρησιμοποιώντας τα καινούργια αυτά ονόματα, η εξίσωση γι' αυτή την καινούργια λειτουργία μπορούσε να γραφεί:

$$\text{διοξείδιο του άνθρακα} \xrightarrow[\text{φως}]{\text{φυτά}} \text{οξυγόνο}$$

Το 1796, οι Ινγκενχάουζ προχώρησε ακόμη περισσότερο. Αν τα πράσινα φυτά δεν δρούσαν μόνο σαν εναλλάκτες αερίων, αυτή η λειτουργία θα μπορούσε να είναι αξιόλογη πηγή θρεπτικών ουσιών. Ο Ινγκενχάουζ έγραψε ότι ένα φυτό που βρίσκεται στο ηλιακό φως απορροφά τον άνθρακα από το διοξείδιο του άνθρακα, «διώχνει μόνο το οξυγόνο και χρησιμοποιεί τον άνθρακα για δική του τροφή». Αυτή η ανακοίνωση ήταν μία καινούργια ιδέα, πολύ κοντά στην αλήθεια. Όταν το διοξείδιο του άνθρακα διασπάται από το φως, ή τουλάχιστον έτσι πίστευε ο Ινγκενχάουζ, ο άνθρακας κατακρατείται από το φυτό, για να σχηματίσει οργανικές ενώσεις, που χρησιμοποιούνται για την ίδια του τη θρέψη. Αυτή η αξιοσημείωτη συμπεριφορά των φυτών, όταν βρίσκονται στο φως, είναι σημαντική για δύο λόγους: Πρώτο, καθαρίζει τον αέρα του πλανήτη μας. Δεύτερο, σχηματίζει νέες ενώσεις του άνθρακα. Η νέα αυτή ιδέα του Ινγκενχάουζ θα μπορούσε να γραφεί:

$$\text{Διοξείδιο του άνθρακα} \xrightarrow[\text{φως}]{\text{φυτά}} \text{οργανικές ενώσεις} + \text{οξυγόνο}$$

Μερικά χρόνια αργότερα, το 1804, ένας Ελβετός επιστήμονας, ο Ν.Θ. ντε Σασσούρ, απέδειξε ότι το νερό συμμετέχει σ' αυτή τη λειτουργία. Με πολύ προσεκτικά πειράματα ο ντε Σασσούρ έδειξε ότι τα φυτά που πραγματοποιούν φωτοσύνθεση αυξάνουν σε βάρος, περισσότερο από ό,τι θα περίμενε κανένας από την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα που απορροφούν (βλ. εικόνα 6-4). Το νερό φαίνεται ότι είναι υπεύθυνο γι' αυτή τη διαφορά. Η φωτοσύνθεση έγινε λοιπόν ακόμη πιο κατανοητή και η εξίσωση γράφεται:

$$\text{Διοξείδιο του άνθρακα} + \text{νερό} \xrightarrow[\text{φως}]{\text{φυτά}} \text{οργανικές ενώσεις} + \text{οξυγόνο}$$

Στα χρόνια που ακολούθησαν οι χημικοί άρχισαν να αναλύουν τα φυτά και βρήκαν ότι το κύριο προϊόν της φωτοσυνθέσεως είναι οι υδατάνθρακες. Εφόσον η σχέση μεταξύ άνθρακα, υδρογόνου και οξυγόνου στο μόριο των υδατανθράκων παρισταίνεται από τον τύπο CH_2O, η εξίσωση της φωτοσυνθέσεως μπορεί να γραφεί με χημικά σύμβολα:

$$CO_2 + H_2O \xrightarrow[\text{φως}]{\text{φυτά}} CH_2O + O_2$$

Η παραπάνω εξίσωση για τη φωτοσύνθεση

των φυτών χρησιμοποιείται και σήμερα, ενώ οι λέξεις «φυτά» και «φως» συνήθως δεν αναγράφονται. Ο τύπος CH_2O δεν είναι μία πραγματική ουσία που παράγεται από τα φυτά, παριστάνει μόνο το λόγο του άνθρακα προς το οξυγόνο και το υδρογόνο. Αν λοιπόν κάθε μέλος της πιο πάνω εξισώσεως πολλαπλασιασθεί επί έξι, τότε η εξίσωσή μας δείχνει τη δημιουργία της ουσίας $6 \times CH_2O$ ή $C_6H_{12}O_6$. Η ουσία αυτή είναι το συνηθέστερο φυτικό σάκχαρο, η γλυκόζη. Η εξίσωσή μας λοιπόν γίνεται:

$$6\ CO_2 + 6\ H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$$

Τα φυτά χρησιμοποιούν τη γλυκόζη που παράγουν με τη φωτοσύνθεση, σαν βασική αιτία για την παραγωγή άλλων υδατανθράκων, αμινοξέων, λιπών, βιταμινών και όλων των άλλων υλικών που απαιτούνται για την κυτταρική αύξηση και αναπαραγωγή. Μπορούν επίσης άμεσα, με τη φωτοσύνθεση, να παράγουν και ορισμένα αμινοξέα. Η λειτουργία λοιπόν της φωτοσυνθέσεως στα φυτά είναι το κλειδί της δημιουργίας όλων των οργανικών ουσιών, εφόσον τα ζώα καθώς τρέφονται από τα φυτά, εξαρτώνται έμμεσα από τη φωτοσύνθεση για την τροφή τους. Ακόμη και τα ζώα που ζουν στη γη ή στους ωκεανούς και τρέφονται από άλλα ζώα εξαρτώνται έμμεσα από τη φωτοσύνθεση για την τροφή τους. Υπάρχει λοιπόν πάντοτε στη φύση μία «τροφική αλυσίδα», που ξεκινά από ένα φωτοσυνθετικό οργανισμό ως τροφή και καταλήγει μετά από ένα ή περισσότερα στάδια σε ένα ζώο ως καταναλωτή τροφής. Δεν πρέπει όμως να ξεχνάτε ότι, τόσο τα φωτοσυνθέτοντα φύκια όσο και τα φυτά, χρησιμοποιούν επίσης την τροφή που παράγουν, ως πηγή ενέργειας και ως δομικά υλικά για την ίδια τους την ανάπτυξη και αναπαραγωγή. Τα φύκια αυτά και τα φυτά είναι επομένως παραγωγοί και καταναλωτές τροφής, ενώ, αντίθετα, τα ζώα είναι μόνον καταναλωτές.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 6-Β: Τα τμήματα των φυτών χωρίς χλωροφύλλη φωτοσυνθέτουν, όταν βρεθούν στο φως; Σελίδα 593.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Καθώς αυξανόταν ο πληθυσμός των ετερότροφων οργανισμών, τα αποθέματα οργανικών ουσιών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας ελαττώνονταν. Μερικοί οργανισμοί που μπορούσαν να χρησιμοποιούν το ηλιακό φως για τη σύνθεση τροφής αναπτύχθηκαν μέσα σε εκατομμύρια χρόνια. Αυτός ο νέος τρόπος παραγωγής τροφής, γνωστός σήμερα ως φωτοσύνθεση, αποτέλεσε μία ριζική αλλαγή στη διαδικασία της παραγωγής οργανικών ουσιών με την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας πάνω σε χημικές ουσίες. Μερικά βακτηρίδια που ζουν ακόμη και σήμερα εκτελούν ένα πρωτόγονο τρόπο φωτοσυνθέσεως, που παράγει οργανικές ουσίες χωρίς την παραγωγή οξυγόνου. Ο πιο σημαντικός τύπος φωτοσυνθέσεως σήμερα είναι η φωτοσύνθεση από τα πράσινα φυτά και τα φύκια των ωκεανών. Σ' αυτή τη διεργασία παράγονται οξυγόνο και σάκχαρα.

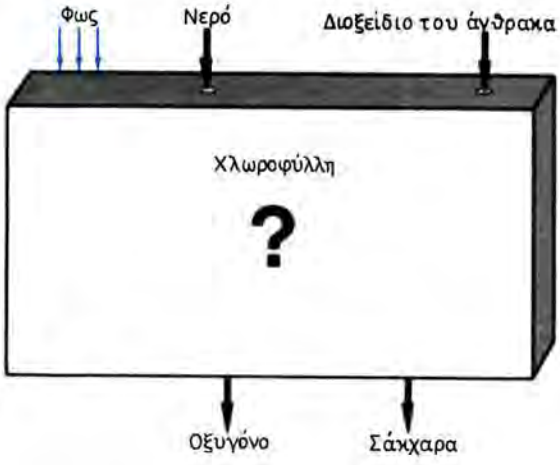
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Ποιες ενδείξεις υπάρχουν σήμερα ότι οργανισμοί που λειτουργούσαν σαν μερικώς αυτότροφοι ή μερικώς ετερότροφοι αναπτύχθηκαν πολύ νωρίς στην ιστορία της γης;
2. Δώστε το όνομα της κυριότερης χρωστικής στη σημερινή φωτοσύνθεση.
3. Ποιες ήταν οι κυριότερες αρχικές ανακαλύψεις που οδήγησαν σε μελέτες για την κατανόηση της φωτοσυνθέσεως;
4. Ποιες είναι οι δύο κύριες ανακαλύψεις σχετικά με τη φωτοσύνθεση που έγιναν από τον Ι. Ινγκενχάουζ;
5. Η φωτοσύνθεση απαιτεί ένα ζωντανό φυτό και ορατό φως. Ποιες άλλες ουσίες συμμετέχουν σ' αυτήν;

Οι δύο συνεχόμενες διεργασίες της φωτοσυνθέσεως

6-4
Η φωτοσύνθεση περιλαμβάνει φωτεινές και σκοτεινές αντιδράσεις

Οι επιστήμονες που ανακάλυψαν πρώτοι ποιες ουσίες παίρνουν μέρος στη φωτοσύνθεση και ποιες παράγονται στη διάρκεια της λειτουργίας της, άφησαν αναπάντητη μία πολύ σπουδαία ερώτηση: Τι συμβαίνει με τη



Εικόνα 6-5 *Στο τέλος του 19ου αιώνα οι γνώσεις για τη φωτοσύνθεση ήταν περιορισμένες. Οι αρχικές ουσίες, τα προϊόντα και η σημασία του φωτός είχαν ήδη γίνει κατανοητά. Το μεγάλο μυστήριο ήταν το πώς τα φυτικά κύτταρα μετατρέπουν τις αρχικές ουσίες σε ενεργειακά πλούσια προϊόντα. (Το κουτί της εικόνας κρύβει το μυστικό).*

φωτεινή ενέργεια που απορροφούν τα φυτά κατά τη διάρκεια αυτής της λειτουργίας; Θυμηθείτε ότι η ενέργεια δεν μπορεί να παραχθεί ή να καταστραφεί. (Δέστε το Παράρτημα 4-Β, Ενέργεια, σελ. 687). Η ενέργεια μπορεί μόνο να μετατραπεί από μία μορφή σε μία άλλη. Χρόνια μετά την ανακάλυψη της φωτοσυνθέσεως βρέθηκε ότι οι οργανικές ουσίες που παράγονται από αυτή τη λειτουργία περιέχουν περισσότερη χημική ενέργεια από ό,τι το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό από τα οποία προέρχονται. Επομένως, η επιπλέον χημική ενέργεια δεν μπορεί παρά να προέρχεται από το φως. Έγινε λοιπόν φανερό ότι η φωτοσύνθεση είναι ο μηχανισμός μετατροπής της φωτεινής σε χημική ενέργεια.

Αναγνωρίσθηκε λοιπόν ότι η φωτοσύνθεση είναι η γέφυρα μεταξύ της ηλιακής ενέργειας και των ενεργειακών αναγκών της ζωής πάνω στη γη. Άλλες κυτταρικές λειτουργίες, εκτός από τη φωτοσύνθεση, δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν άμεσα την ηλιακή ενέργεια. Μπορούν να τη χρησιμοποιήσουν μόνο μετά από τη μετατροπή της σε χημική ενέργεια. Η ενεργειακή αυτή μετατροπή γίνεται από τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς, οι οποίοι απορροφούν την ηλιακή ενέργεια και τη χρησιμοποιούν για να «αξιοποιήσουν» άτομα του διοξειδίου του άνθρακα και του νερού και να σχηματίζουν νέους δεσμούς μεταξύ τους, πλούσιους σε ενέργεια. Τα προϊόντα αυτής της διεργασίας είναι το αέριο οξυγόνο και οργανικές ουσίες που προμηθεύουν την απαραίτητη ενέργεια για τα ζώα και τα φυτά.

Μόλις έγινε κατανοητό τι συμβαίνει κατά τη διάρκεια της φωτοσυνθέσεως, οι επιστήμονες προσπάθησαν να ανακαλύψουν πώς γίνεται η φωτοσύνθεση. Ο μηχανισμός της φωτοσυνθέσεως ήταν ένα μυστήριο, κρυμμένο μέσα σε ένα «κουτί», όπως φαίνεται στην εικόνα 6-5. Η λύση αυτού του μυστηρίου, η ανακάλυψη του τι συμβαίνει μέσα στο κουτί, ήταν μία πρόκληση για τους επιστήμονες του αιώνα μας.

Τα πρώτα δεδομένα σχετικά με το μηχανισμό της φωτοσυνθέσεως βρέθηκαν γύρω στα 1900, όταν έγινε αντιληπτό ότι η λειτουργία αυτή περιλαμβάνει μία αντίδραση που απαιτεί φως και μία άλλη που μπορεί να γίνεται τόσο στο φως όσο και στο σκοτάδι. Το πώς οι επιστήμονες κατέληξαν σ' αυτό το συμπέρασμα περιγράφεται στο Παράρτημα 6-Β. Η φωτοσύνθεση περιλαμβάνει μία σκοτεινή αντίδραση, σελίδα 697.

Η παρουσία μιας σκοτεινής αντιδράσεως στη διάρκεια της φωτοσυνθέσεως ήταν μία καινούργια ιδέα. Οι επιστήμονες μπορούσαν τώρα να αρχίσουν την έρευνα για το ποιο μέρος της φωτοσυνθέσεως απαιτεί φως και ποιο όχι.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 6-Γ. Επηρεάζεται ο ρυθμός της φωτοσυνθέσεως από την ένταση του φωτός; Σελίδα 594.

6-5
Η φωτεινή αντίδραση απαιτεί την παρουσία νερού

Η φωτοσύνθεση αρχίζει με δύο ουσίες, το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό. Είναι λοιπόν πιθανό ότι η μία ένωση παίρνει μέρος στη φωτεινή και η άλλη στη σκοτεινή αντίδραση. Αλλά ποια από τις δύο; Αρχικά οι επιστήμονες προτίμησαν την άποψη ότι το φως διασπά το διοξείδιο του άνθρακα. Μπορείτε να θυμηθείτε από το κεφάλαιο 6-3 ότι αυτό ήταν και η πρόταση του Ινγκενχάουζ το 1796.



Εικόνα 6-6 *Αυτά τα φωτοσυνθετικά βακτηρίδια χρησιμοποιούν υδρόθειο αντί για νερό, για να φτιάξουν υδατάνθρακες. Σ' αυτή τη διαδικασία απελευθερώνουν θείο αντί για οξυγόνο. Τα μαύρα σωματίδια μέσα στα κύτταρα είναι σφαιρίδια θείου, που απελευθερώνονται με τη φωτοσύνθεση.*



Εικόνα 6-7 *Συνεχείς έρευνες έδειξαν ότι η φωτοσύνθεση περιλαμβάνει δύο διαφορετικούς τύπους αντιδράσεων, μία «φωτεινή» και μία «σκοτεινή». Η φωτεινή αντίδραση διασπά το νερό σε υδρογόνο και οξυγόνο. Η σκοτεινή αντίδραση χρησιμοποιεί το υδρογόνο και το διοξείδιο του άνθρακα για να συνθέσει σάκχαρα.*

Μία εντελώς διαφορετική υπόθεση προτάθηκε στη δεκαετία του 1930 από τον Βαν Νιλ, του Πανεπιστημίου του Στάνφορντ. Ο Βαν Νιλ μελέτησε τη βακτηριακή φωτοσύνθεση, στη διάρκεια της οποίας, όπως θυμάστε από το κεφάλαιο 6-2, δεν παράγεται οξυγόνο. Μερικά φωτοσυνθετικά βακτηρίδια χρησιμοποιούν την ουσία υδρόθειο (H_2S) αντί για το νερό (H_2O), για να συνθέσουν υδατάνθρακες από το διοξείδιο του άνθρακα. Σ' αυτό το είδος της βακτηριακής φωτοσυνθέσεως το θείο είναι το παραπροϊόν (εικόνα 6-6). Όταν χρησιμοποιείται νερό, το παραπροϊόν είναι το οξυγόνο. Αλλά και οι δύο τύποι αντιδράσεων χρησιμοποιούν την ίδια δεύτερη ένωση, το διοξείδιο του άνθρακα. Αν λοιπόν το οξυγόνο προερχόταν από τη διάσπαση του διοξειδίου του άνθρακα, γιατί δεν απελευθερώνεται και από τα δύο είδη της φωτοσυνθέσεως;

Ο Βαν Νιλ σκέφθηκε ότι η φωτεινή αντίδραση διασπά το υδρόθειο (H_2S) ή το νερό (H_2O) και όχι το διοξείδιο του άνθρακα. Με άλλα λόγια, η φωτεινή αντίδραση είναι πιθανόν η ίδια στη βακτηριακή και φυτική φωτοσύνθεση.

Η υπόθεση αυτή οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η φωτοσύνθεση στα πράσινα φυτά είναι βασικά μεταφορά υδρογόνου από το νερό στο διοξείδιο του άνθρακα. Αυτή η διάσπαση του νερού απορροφά ένα μεγάλο ποσό ενέργειας, όπως θυμόσαστε (σελίδα 79). Το ηλιακό φως προμηθεύει αυτή την ενέργεια.

Αλλά τι συμβαίνει στη σκοτεινή αντίδραση της φωτοσυνθέσεως; Σύμφωνα με τη νέα υπόθεση, στη σκοτεινή αντίδραση παίρνει μέρος το διοξείδιο του άνθρακα. Όπως φαίνεται στην εικόνα 6-7, το μυστηριώδες κουτί, που περιέχει τα μυστικά της φωτοσυνθέσεως, μπορεί να διαιρεθεί σε δύο μικρότερα «κουτιά»: (α) Ένα «φωτεινό κουτί», που περιέχει το μυστικό του πώς το φως διασπά το νερό σε υδρογόνο και οξυγόνο και (β) ένα «σκοτεινό κουτί», που περιέχει το μυστικό του πώς το διοξείδιο του άνθρακα μετατρέπεται σε σάκχαρα ή άλλες οργανικές ουσίες.

Όπως μάθατε στο κεφάλαιο 1, η επιστήμη προχωρεί μόνον όταν οι υποθέσεις ελέγχονται και υποστηρίζονται από πειραματικά δεδομένα. Η υπόθεση του Βαν Νιλ βασιζόταν στις ομοιότητες της φωτοσυνθέσεως των βακτηριδίων και των φυτών. Επειδή μερικά τμήματα αυτής της διαδικασίας μοιάζουν, θα έπρεπε να μοιάζουν και τα υπόλοιπα. Αλλά κανένας δεν φανταζόταν ότι η σκοτεινή αντίδραση ή παρόμοιες αντιδράσεις που δεν απαιτούν την παρουσία φωτός, θα μπορούσαν να γίνουν

στα ζώα, τα φυτά ή τα φωτοσυνθετικά βακτηρίδια!

6-6
Και οι ετερότροφοι οργανισμοί μπορούν να συνθέτουν οργανικές ενώσεις από διοξείδιο του άνθρακα

Η επιστημονική πρόοδος σ' ένα τομέα συχνά βοηθά την ανάπτυξη ενός άλλου τομέα. Στο τέλος της δεκαετίας του 1940 η μεγάλη ανάπτυξη της βιολογικής έρευνας οφείλεται σε δύο ανακαλύψεις άλλων τομέων. Πρώτο, οι φυσικοί ανακάλυψαν τον τρόπο παρασκευής ραδιενεργών ισοτόπων (βλέπε κεφάλαιο 4-9). Ραδιενεργό διοξείδιο του άνθρακα ήταν τώρα διαθέσιμο για τη βιολογική έρευνα. Το άτομο του άνθρακα του ραδιενεργού διοξειδίου του άνθρακα εκπέμπει ακτινοβολία και επομένως μπορεί να «ανιχνευθεί» σε οποιαδήποτε ουσία βρίσκεται. Δεύτερο οι χημικοί ανέπτυξαν μία μέθοδο, για την ανίχνευση πολύ μικρών ποσοτήτων οργανικών ουσιών, που ονομάσθηκε χρωματογραφία του χαρτιού. Με αυτή την τεχνική, οι διάφορες ουσίες ενός μίγματος μπορούν να διαχωρισθούν σε ένα φύλλο διηθητικού χαρτιού. Μετά από το διαχωρισμό τους, οι ουσίες αυτές μπορούν να αναλυθούν και να ταυτοποιηθούν. Η χρωματογραφία του χαρτιού σύντομα οδήγησε σε βελτιωμένες μεθόδους χρωματογραφίας, που μπορούσαν να γίνονται αυτόματα, από μηχανές αναπτυγμένης τεχνολογίας.

Τα πρώτα βιολογικά πειράματα με τη χρήση ραδιενεργού διοξειδίου του άνθρακα έδωσαν μερικά εκπληκτικά αποτελέσματα. Οι επιστήμονες βρήκαν ότι ακόμη και κύτταρα που δεν περιέχουν χλωροφύλλη και δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν φωτεινή ενέργεια μπορούν να προσλάβουν και να χρησιμοποιήσουν το ραδιενεργό διοξείδιο του άνθρακα. Για παράδειγμα, σε ένα πείραμα βρέθηκε ότι, ηπατικά κύτταρα μπορούν να σχηματίσουν ραδιενεργούς υδατάνθρακες από ραδιενεργό διοξείδιο του άνθρακα.

Αυτά τα αποτελέσματα κατέρριψαν την ιδέα που επικρατούσε τα τελευταία 150 χρόνια ότι μόνο οι αυτότροφοι οργανισμοί μπορούν να σχηματίσουν οργανικές ενώσεις από το διοξείδιο του άνθρακα. Έγινε φανερό ότι όλα τα κύτταρα, ετερότροφα και αυτότροφα, μπορούν να χρησιμοποιήσουν το διοξείδιο του άνθρακα. Δεν υπάρχει άραγε καμιά διαφορά στον τρόπο που οι αυτότροφοι και οι ετερότροφοι οργανισμοί σχηματίζουν οργανικές ενώσεις; Μία σημαντική διαφορά υπήρχε: η ενέργεια. Η μετατροπή του διοξειδίου του άνθρακα σε οργανικές ενώσεις απαιτεί ενέργεια. Οι ετερότροφοι οργανισμοί παίρνουν αυτή την ενέργεια διασπώντας άλλες οργανικές ουσίες. Με άλλα λόγια, δεν υπάρχει κανένα κέρδος στη συνολική ποσότητα των οργανικών ουσιών. Αλλά όταν οι αυτότροφοι οργανισμοί σχηματίζουν οργανικές ουσίες στη διάρκεια της φωτοσυνθέσεως, χρησιμοποιούν ενέργεια που προέρχεται από τον ήλιο. Οι αυτότροφοι λοιπόν οργανισμοί, αυξάνουν τη συνολική ποσότητα των οργανικών ενώσεων.

Αυτή η νέα πρόοδος στην κατανόηση της χημείας των ζωντανών κυττάρων στήριξε ορισμένες επιστημονικές ιδέες σχετικά με τη σκοτεινή αντίδραση της φωτοσυνθέσεως. Ήταν λογικό να υποτεθεί ότι οι ετερότροφοι οργανισμοί μπορούν να συνθέτουν οργανικές ενώσεις από διοξείδιο του άνθρακα χωρίς φως. Το ίδιο θα μπορούσαν να κάνουν και οι αυτότροφοι οργανισμοί. Με άλλα λόγια, θα μπορούσε πράγματι να υπάρχει μία σκοτεινή αντίδραση στη φωτοσύνθεση.

6-7
Ο κύκλος του άνθρακα είναι σκοτεινή φάση της φωτοσυνθέσεως

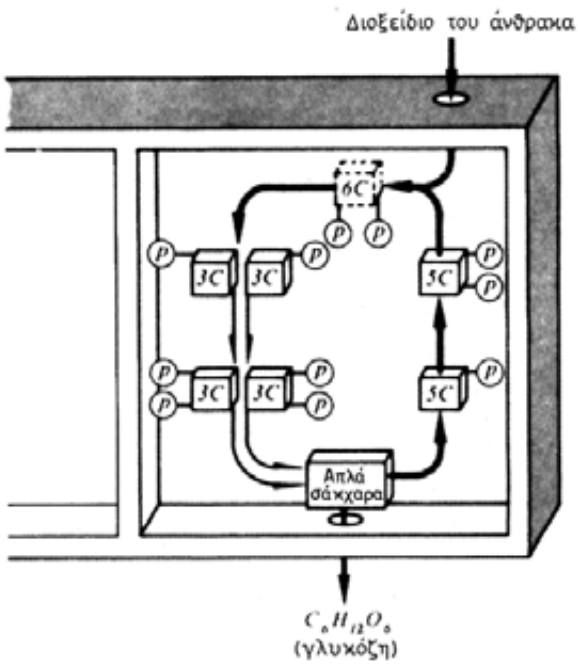
Παρ' ότι στα πράσινα φυτά η φωτεινή αντίδραση προηγείται, η φάση της φωτοσυνθέσεως που ερμηνεύθηκε πρώτα πειραματικά ήταν η σύνθεση οργανικών ουσιών από διοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο. Οι εργασίες του Μέλβιν Κάλβιν και άλλων στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας του Μπέρκλεϊ, απέδειξαν άμεσα ότι για τη σύνθεση οργανικών ενώσεων κατά τη «σκοτεινή αντίδραση» της φωτοσυνθέσεως χρησιμοποιείται το διοξείδιο του άνθρακα. Ο Κάλβιν ξεκίνησε με την υπόθεση ότι το διοξείδιο του άνθρακα μετατρέπεται σε υδατάνθρακες με μία σειρά χημικών αντιδράσεων. Αν λοιπόν οι αντιδράσεις αυτές μπορούσαν να διακοπούν, θα μπορούσαν να βρεθούν οι ενδιάμεσες ενώσεις. Αν πάλι δώσομε σε ένα πράσινο φυτό ραδιενεργό διοξείδιο του άνθρακα, οι ενδιάμεσες ενώσεις θα είναι «σημασμένες». Θα

περιέχουν δηλαδή ραδιενεργό άνθρακα και θα μπορούσαν να διαχωρισθούν από όλες τις άλλες ενώσεις του άνθρακα του κυττάρου. Αν λοιπόν αυτές οι «σημασμένες» ενώσεις μπορούσαν να απομονωθούν και να αναλυθούν με τη χρήση χρωματογραφίας χαρτιού ή άλλων τεχνικών, η «οδός του άνθρακα» από το διοξείδιο του άνθρακα προς τους υδατάνθρακες θα μπορούσε να διευκρινισθεί.

Η προσέγγιση αυτή του μηχανισμού της φωτοσυνθέσεως έδωσε ενδιαφέροντα αποτελέσματα. Όταν κύτταρα που επιτελούν φωτοσύνθεση εκτέθηκαν σε ραδιενεργό διοξείδιο του άνθρακα για λίγα μόνο δευτερόλεπτα, σχεδόν όλος ο ραδιενεργός άνθρακας βρέθηκε σε μία ουσία με τρία άτομα άνθρακα (3C), το φωσφογλυκερινικό οξύ. Αυτό το 3C οξύ είναι γνωστό ότι παράγεται όταν η γλυκόζη διασπάται με τη ζύμωση. Μεταγενέστερα πειράματα του Κάλβιν έδειξαν ότι ο σχηματισμός αυτού του 3C οξέος είναι ενδιάμεσο μιας σειράς αντιδράσεων, με τις οποίες το διοξείδιο του άνθρακα μετατρέπεται σε γλυκόζη. Όλες αυτές οι αντιδράσεις σχηματίζουν τον κύκλο του άνθρακα. Τα κύρια χαρακτηριστικά αυτού του κύκλου φαίνονται στο «μαύρο κουτί» της εικόνας 6-8. Διαβάστε την παρακάτω περίληψη, καθώς θα μελετάτε την εικόνα:

1. Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) μπαίνει στην αντίδραση και συνδέεται με μία ένωση με πέντε άτομα άνθρακα (5C) σχηματίζοντας μία ασταθή ενδιάμεση ένωση με έξι άτομα άνθρακα (6C). Η ενδιάμεση αυτή ένωση διασπάται σε δύο μόρια του 3C οξέος.
2. Το 3C οξύ μετατρέπεται σε απλά 3C σάκχαρα.
3. Ένα μέρος από τα απλά αυτά σάκχαρα μετατρέπεται σε γλυκόζη, που είναι το προϊόν της φωτοσυνθέσεως. Το υπόλοιπο μέρος των απλών αυτών σακχάρων χρησιμοποιείται για να ξανασυντεθεί η 5C ουσία, η οποία θα ξανασυνδεθεί με το CO_2 σε ένα καινούργιο κύκλο του άνθρακα.

Ο κύκλος του άνθρακα εξηγείται με περισσότερες λεπτομέρειες στο Παράρτημα 6-Γ, Ο κύκλος του άνθρακα στη φωτοσύνθεση, σελίδα 699. Ο κύκλος του άνθρακα στη φωτοσύνθεση αποδείχτηκε ότι είναι πολύ πιο πολύπλοκος από μία απλή «σκοτεινή αντίδραση».

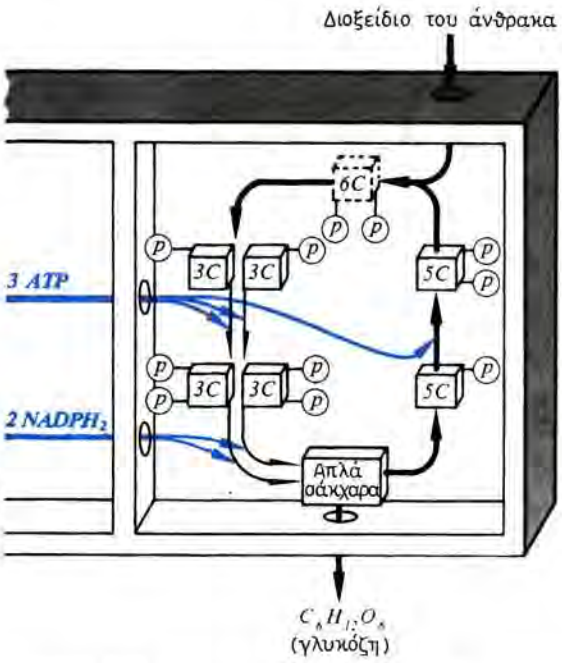


Εικόνα 6-8 *Η σκοτεινή φάση της φωτοσυνθέσεως ή κύκλος του άνθρακα. Το διοξείδιο του άνθρακα μπαίνει στον κύκλο και αντιδρά με μία 5C ουσία, σχηματίζοντας μία ασταθή 6C ουσία. Η 6C ουσία διασπάται σε δύο 3C οξέα. Τα 3C οξέα περνούν μέσα από αντιδράσεις, που τα μετατρέπουν σε απλά σάκχαρα. Τόσο η γλυκόζη όσο και η μεγαλύτερη ποσότητα της 5C ουσίας που αρχίζει τον κύκλο προέρχονται από τα απλά σάκχαρα. (Τα Φ σημαίνουν φωσφορικές ομάδες).*

Συνολικά χρειάζονται 12 διαφορετικές ενζυματικές αντιδράσεις για το μετασχηματισμό του διοξειδίου του άνθρακα σε γλυκόζη. Παρόλα αυτά, η ιδέα της «σκοτεινής» λειτουργίας ήταν βασικά σωστή, γιατί όλες αυτές οι αντιδράσεις γίνονται ανεξάρτητα από την παρουσία φωτός. Θα τις ονομάσομε λοιπόν, τη ***σκοτεινή φάση*** της φωτοσυνθέσεως.

Αναφέραμε προηγουμένως ότι ο σχηματισμός οργανικών ενώσεων από διοξείδιο του άνθρακα απαιτεί ενέργεια. Ο κύκλος του άνθρακα της φωτοσυνθέσεως απαιτεί συνεχή παροχή ενέργειας. Βρέθηκε ότι η ενέργεια προέρχεται από δύο ουσίες, το ATP και το $NADPH_2$.

Μάθατε για το ATP στο κεφάλαιο 5. Θυμηθείτε ότι το ATP είναι το πιο συνηθισμένο ενεργειακό «νόμισμα» του ζωντανού κυττάρου. Το NADP είναι ένα φορέας υδρογόνου



Εικόνα 6-9 *Τρία μόρια ATP και δύο μόρια $NADPH_2$ δίνουν την απαραίτητη ενέργεια ώστε ένα μόριο διοξειδίου του άνθρακα να περάσει μέσα από τον κύκλο του άνθρακα.*

των ζωντανών κυττάρων. Το NADP σημαίνει, Νικοτιναμίδιο-Αδενινο-Δινουκλεοτίδιο-Φωσφορικό. Ο χημικός τύπος του NADP δίνεται στο Παράρτημα 6-Δ, NADP, σελίδα 700. Όταν το NADP συνδέεται με υδρογόνο, μετατρέπεται σε $NADPH_2$. Όταν τα ζωντανά κύτταρα σχηματίζουν νέες οργανικές ενώσεις, τα απαιτούμενα άτομα υδρογόνου μεταφέρονται συνήθως με το $NADPH_2$. Αν στη συνέχεια θυμηθείτε ότι η απόσπαση του υδρογόνου από το νερό χρειάζεται ένα μεγάλο ποσό ενέργειας, μπορείτε να καταλάβετε γιατί το $NADPH_2$ παίρνοντας αυτή την ενέργεια με το υδρογόνο, γίνεται μία ενεργειακά πλούσια ένωση. Το $NADPH_2$ έχει αρκετή ενέργεια, ώστε να παραχωρήσει τα υδρογόνα του στις περισσότερες οργανικές ουσίες στο κύτταρο.

Όλα τα στάδια του κύκλου του άνθρακα δεν απαιτούν την πρόσληψη ενέργειας. Τα γαλάζια βέλη στην εικόνα 6-9 δείχνουν τα στάδια στα οποία χρειάζονται το ATP και το $NADPH_2$. Για την παραγωγή επομένως ενός υποθετικού μορίου γλυκόζης από έξι μόρια διοξειδίου του άνθρακα, όπως αναφέρεται στην εξίσωση της φωτοσυνθέσεως, απαιτούνται 18 μόρια ATP και 12 μόρια $NADPH_2$.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η υπόθεση ότι η φωτοσύνθεση περιλαμβάνει μία φωτεινή αντίδραση και μία άλλη, που μπορεί να γίνει είτε στο φως είτε στο σκοτάδι, οδήγησε στην πρόταση ότι το νερό πρέπει να παίρνει μέρος στη μία (τη φωτεινή αντίδραση) και το διοξείδιο του άνθρακα στην άλλη (τη σκοτεινή αντίδραση). Στη συνέχεια, ο Βαν Νιλ πρότεινε ότι η ηλιακή ενέργεια διασπά τα μόρια του νερού και όχι τα μόρια του διοξειδίου του άνθρακα. Στην αντίθετη περίπτωση θα έπρεπε τα φωτοσυνθετικά βακτηρίδια να παράγουν επίσης οξυγόνο, επειδή τα βακτηρίδια αυτά χρησιμοποιούν επίσης διοξείδιο του άνθρακα κατά τη φωτοσύνθεση. Αλλά τα βακτηρίδια δεν παράγουν οξυγόνο.

Επιπλέον ενδείξεις ότι το διοξείδιο του άνθρακα εισέρχεται αναλλοίωτο στη σκοτεινή αντίδραση της φωτοσυνθέσεως προήλθαν από την ανακάλυψη ότι τόσο οι ετερότροφοι όσο και οι αυτότροφοι οργανισμοί μπορούν να χρησιμοποιούν το διοξείδιο του άνθρακα για τη δημιουργία οργανικών ενώσεων. Στη συνέχεια οι εργασίες του Κάλβιν έδειξαν ότι το διοξείδιο του άνθρακα (και το υδρογόνο από το $NADPH_2$) μπαίνουν σε ένα κύκλο του άνθρακα, που έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία γλυκόζης κατά τη σκοτεινή φάση της φωτοσυνθέσεως.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Πώς ο Βαν Νιλ υποπτεύθηκε ότι το νερό και όχι το διοξείδιο του άνθρακα διασπώνται από το ηλιακό φως στη φωτεινή αντίδραση της φωτοσυνθέσεως;
2. Γιατί η ανακάλυψη ότι τα ζώα μπορούν να χρησιμοποιήσουν το διοξείδιο του άνθρακα, για να συνθέτουν οργανικές ενώσεις, υποστηρίζει την ύπαρξη μιας σκοτεινής αντιδράσεως στη διάρκεια της φωτοσυνθέσεως;
3. Αν το υδρογόνο του $NADPH_2$ προέρχεται από το νερό, προσλαμβάνεται ή απελευθερώνεται ενέργεια κατά τη διάρκεια της μεταφοράς του; Πώς το ξέρετε;
4. Πώς ο Κάλβιν πρότεινε την ταυτοποίηση των ενδιαμέσων αντιδράσεων για τη δημιουργία ενός μορίου γλυκόζης;
5. Σε τι διαφέρει ο κύκλος του άνθρακα (για τη δημιουργία ενός μορίου γλυκόζης) από την εξίσωση της φωτοσυνθέσεως (σελίδα 121);

6-8
Η φωτεινή φάση παράγει οξυγόνο, ATP και $NADPH_2$

Ο Κάλβιν ανακάλυψε και μία άλλη αντίδραση στον κύκλο του άνθρακα, όπου αντί για ένα μόριο γλυκόζης παράγεται ένα αμινοξύ (σελίδα 88). Αλλά και σ' αυτή την περίπτωση απαιτούνται διοξείδιο του άνθρακα, ATP και $NADPH_2$. Με άλλα λόγια, ανεξάρτητα από το ποια ουσία συνθέτουν τα πράσινα φυτά στη διάρκεια της σκοτεινής φάσεως, οι απαιτήσεις τους μοιάζουν να είναι κοινές. Αυτό το πόρισμα επικέντρωσε την προσοχή των ερευνητών στο πώς το ATP και το $NADPH_2$ παράγονται με τη χρησιμοποίηση της ηλιακής ενέργειας.

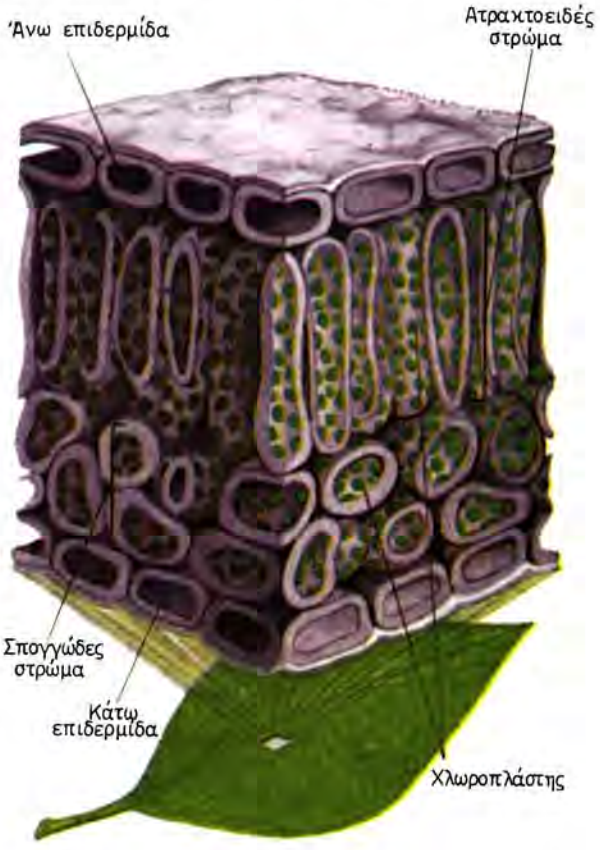
Επειδή τουλάχιστον δύο ουσίες συμμετέχουν, η φωτεινή φάση (όπως και η σκοτεινή φάση) προϋποθέτουν ολόκληρη σειρά αντιδράσεων, που σύντομα ονομάσθηκε η ***φωτεινή φάση*** της φωτοσυνθέσεως.

Θυμηθείτε ότι η φωτοσύνθεση στα φυτά παράγει οξυγόνο, αλλά ο κύκλος του άνθρακα δεν παράγει οξυγόνο. Πρέπει λοιπόν να περιμένετε ότι το οξυγόνο παράγεται μαζί με το ATP και το $NADPH_2$ στη διάρκεια της φωτεινής φάσεως της φωτοσυνθέσεως.

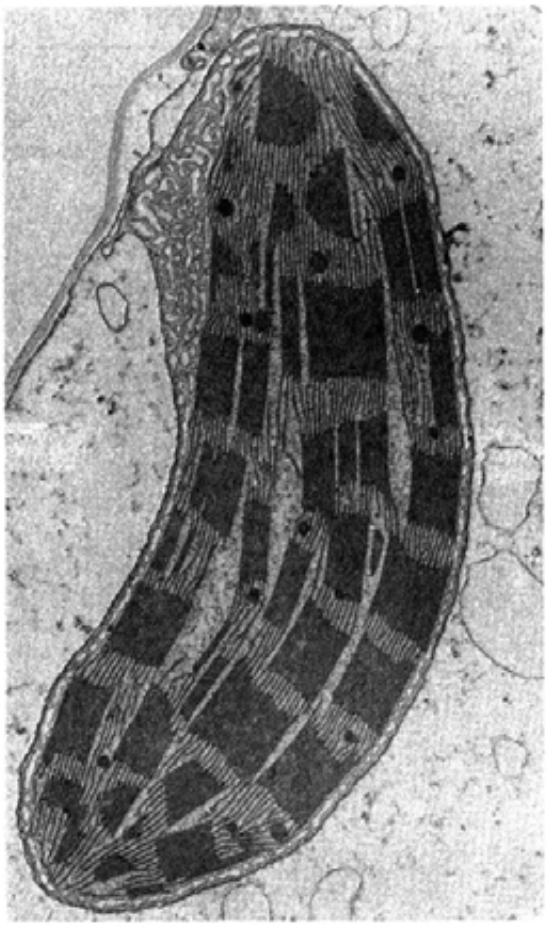
Η φωτεινή φάση της φωτοσυνθέσεως είναι η «κινητήρια δύναμη» ολόκληρης της διαδικασίας. Σε ένα αυτοκίνητο η κινητήρια δύναμη προέρχεται από τη μηχανή. Η μηχανή μετατρέπει τη χημική ενέργεια του καυσίμου στη μηχανική ενέργεια που κινεί τους τροχούς. Ποια όμως είναι η «μηχανή» στη φωτοσύνθεση, που μετατρέπει τη φωτεινή σε χημική ενέργεια;

Μπορεί ήδη να μαντέψατε ότι η «μηχανή» της φωτοσυνθέσεως περιέχει χλωροφύλλη, επειδή, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η χλωροφύλλη είναι η φυτική χρωστική που απορροφά φως. Αν εξετάσετε μία τομή ενός φύλλου κάτω από το μικροσκόπιο (εικόνα 6-10), θα δείτε ότι η χλωροφύλλη περιέχεται σε χωριστά κοκκία (γκράνα) μέσα στο κύτταρο. Τα κοκκία αυτά ονομάζονται ***χλωροπλάστες,*** ένα όνομα που προέρχεται από τα ελληνικά.

Ο αριθμός των χλωροπλαστών στα φωτοσυνθετικά κύτταρα είναι πολύ διαφορετικός. Ένα κύτταρο φύλλου μπορεί να περιέχει από 20 ως 100 χλωροπλάστες. Ένα μονοκύτταρο φύκος μπορεί να έχει μόνο ένα ή δύο. Οι χλωροπλάστες διαφέρουν επίσης ως προς το σχήμα τους. Στα ανώτερα φυτά έχουν συνήθως σχήμα δίσκου, με διάμετρο περίπου 5 μικρόμετρα και πάχος περίπου δύο μικρόμετρα (θυμηθείτε ότι ένα μικρόμετρο είναι 0,001 του χιλιοστού). Εκατό χλωροπλάστες βαλμένοι στη σειρά δεν θα ήταν μεγαλύτεροι από την τελεία στο τέλος αυτής της προτάσεως. Πρόσφατα οι βιολόγοι έμαθαν πολλά για την αρχιτεκτονική του χλωροπλάστη, με τη χρήση του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου. Η εικόνα 6-11 δείχνει τις λεπτομέρειες της εσωτερικής



Εικόνα 6-10 *Μία μικρή τομή ενός πράσινου φύλλου. Οι πάνω και κάτω στοιβάδες (επιδερμίδες) είναι οι επιφάνειες του φύλλου. Είναι καλυμμένες από μία σχεδόν αδιάβροχη ουσία. Οι ενδιάμεσες στοιβάδες κυττάρων μεταξύ των δύο επιδερμίδων, που έχουν σχήμα σπόγγου, περιέχουν χλωροπλάστες. Η φωτοσύνθεση γίνεται στους χλωροπλάστες.*



Εικόνα 6-11 *Μία ηλεκτρονική μικροφωτογραφία ενός απλού χλωροπλάστη. Κάθε στήλη από δισκοειδή σωματίδια ονομάζεται γκράνα. Κάθε στοιβάδα μέσα σε κάθε στήλη ονομάζεται έλασμα. Η χλωροφύλλη και οι άλλες φωτοσυνθετικές χρωστικές βρίσκονται στα ελάσματα καθενός από τα γκράνα. Στις πιο ανοικτόχρωμες περιοχές μεταξύ των ελασμάτων βρίσκονται τα ένζυμα του κύκλου του άνθρακα και άλλες πρωτεΐνες.*

δομής ενός χλωροπλάστη.

Οι χλωροπλάστες είναι επομένως οι «μηχανές» της φωτοσυνθέσεως. Περιέχουν, εκτός από τη χλωροφύλλη, ένζυμα και άλλους καταλύτες, που χρειάζονται για τη μετατροπή της φωτεινής σε χημική ενέργεια. Στην πραγματικότητα, ολόκληρος ο μηχανισμός της φωτοσυνθέσεως γίνεται μέσα στους χλωροπλάστες. Αλλά πώς ανακαλύφθηκε αυτό;

Πριν περίπου από 100 χρόνια οι βιολόγοι πίστευαν ότι ολόκληρος ο μηχανισμός της φωτοσυνθέσεως πιθανόν να συνέβαινε στους χλωροπλάστες, αλλά κανένας δεν ήταν σε θέση να το αποδείξει. Το 1937 ο Ροβέρτος Χιλλ, στο Πανεπιστήμιο του Κέμπριτζ, στην Αγγλία, βρήκε ότι όταν χλωροπλάστες, απομονωμένοι από ζωντανά κύτταρα, φωτισθούν, μπορούν και παράγουν οξυγόνο. Χρειαζόταν μόνο να προστεθούν ορισμένες ενώσεις του σιδήρου. Αυτή η αντίδραση έγινε γνωστή ως αντίδραση του Χιλλ. Παρόλα αυτά δεν υπήρχαν ακόμη ενδείξεις ότι απομονωμένοι χλωροπλάστες μπορούσαν να παράγουν υδατάνθρακες από διοξείδιο του άνθρακα. Χωρίς μία τέτοια ένδειξη, οι επιστήμονες δεν μπορούσαν να είναι βέβαιοι ότι ολόκληρος ο μηχανισμός της φωτοσυνθέσεως συμβαίνει στους χλωροπλάστες.

Το θέμα αυτό μελετήθηκε στη συνέχεια από τον Ντανιέλ Άρνον και άλλους στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας, στο Μπέρκλεϊ. Οι επιστήμονες αυτοί έκαναν δύο ανακαλύψεις: Πρώτο βρήκαν ότι, πράγματι, απομονωμένοι χλωροπλάστες μπορούν να μετατρέπουν το διοξείδιο του άνθρακα σε υδατάνθρακες. Δεύτερο βρήκαν ότι απομονωμένοι χλωροπλάστες μπορούν να σχηματίζουν ATP στο φως, ακόμη και χωρίς την παρουσία διοξειδίου του άνθρακα. (Τη νέα αυτή διεργασία του σχηματισμού ATP την ονόμασαν ***φωτοσυνθετική φωσφορυλίωση,*** ή ***φωτοφωσφορυλίωση!).*** Εμείς θα ονομάσομε αυτόν τον τρόπο παραγωγής ATP ως παραγωγή ATP παρουσία φωτός. Η συνολική αντίδραση μπορεί να γραφεί περιληπτικά:

$$ADP + P \xrightarrow[\text{φως}]{\text{χλωροπλάστες}} ATP$$

Η ανακάλυψη του σχηματισμού του ATP παρουσία φωτός αρχικά έμοιαζε να εξηγεί τη δημιουργία όλου του ATP, που παράγεται κατά τη φωτοσύνθεση. Αλλά αυτό αργότερα αποδείχτηκε ότι ήταν μόνο μέρος της όλης ιστορίας. Η ερευνητική ομάδα του Άρνον ανακάλυψε αργότερα ότι υπάρχει και ένας δεύτερος τρόπος σχηματισμού ATP παρουσία φωτός, στον οποίο, η παραγωγή ATP ήταν συνδεδεμένη με το σχηματισμό $NADPH_2$ και αερίου οξυγόνου. Η συνολική αντίδραση αυτού του τρόπου παραγωγής ATP παρουσία φωτός μπορεί να γραφεί περιληπτικά:

$$2\,NADP + 2\,ADP + 2P + 2\,H_2O \xrightarrow[\text{φως}]{\text{χλωροπλάστες}} 2\,NADPH_2 + 2\,ATP + O_2$$

Η πρώτη διεργασία παραγωγής ATP παρουσία φωτός, η διεργασία που παράγει μόνον ATP, ονομάζεται ***κυκλική.*** Η δεύτερη διεργασία, στη διάρκεια της οποίας το ATP παράγεται μαζί με το οξυγόνο και το $NADPH_2$ ονομάζεται ***μη-κυκλική.*** Η φύση των φωτεινών αντιδράσεων σ' αυτές τις δύο διεργασίες συζητείται στο Παράρτημα 6-Ε, Οι φωτεινές αντιδράσεις της φωτοσυνθέσεως, σελίδα 701.

Η μη-κυκλική διεργασία μας δίνει και τα τρία προϊόντα που περιμένομε από τη φωτεινή φάση της φωτοσυνθέσεως: ATP, $NADPH_2$ και οξυγόνο. Χρειάζεται όμως και η κυκλική διεργασία; Για να απαντήσομε σ' αυτή την ερώτηση, δέστε πάλι το διάγραμμα του κύκλου του άνθρακα, στην εικόνα 6-9. Παρατηρήστε, ότι τρία μόρια ATP και δύο μόρια $NADPH_2$ χρειάζονται για κάθε μόριο διοξειδίου του άνθρακα που μπαίνει στον κύκλο. Η μη-κυκλική διεργασία παράγει μόνο δύο μόρια ATP για δύο μόρια $NADPH_2$. Το επιπλέον ATP προέρχεται από την κυκλική διεργασία.

Περιληπτικά λοιπόν, η φωτεινή φάση της φωτοσυνθέσεως περιλαμβάνει την κυκλική και τη μη-κυκλική παραγωγή ATP παρουσία φωτός. Η μη-κυκλική διεργασία δίνει οξυγόνο και σχηματίζει ATP και $NADPH_2$. Η κυκλική διεργασία παράγει το επιπλέον ATP, που χρησιμοποιείται στον κύκλο του άνθρακα. Το φως προμηθεύει την ενέργεια που κάνει εφικτές την κυκλική και μη-κυκλική διεργασία.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 6-Δ. Η πράσινη χρωστική των φύλλων είναι μία μόνον ουσία, ή μίγμα διαφόρων ουσιών; Σελίδα 596.

6-9
Η φωτεινή ενέργεια δημιουργεί μία ροή ηλεκτρονίων

Μέχρι τώρα, παρουσιάστηκαν μόνο η κυκλική και η μη-κυκλική δημιουργία ATP παρουσία φωτός. Αλλά δεν είπαμε τίποτα για το πώς η ενέργεια του φωτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το σχηματισμό ATP και $NADPH_2$.

Όταν τα μόρια απορροφούν φωτεινή ενέργεια, τα ηλεκτρόνιά τους είναι εκείνα που την απορροφούν. Αυτά τα ηλεκτρόνια «μεγάλης ενέργειας» μπορούν να φύγουν από το

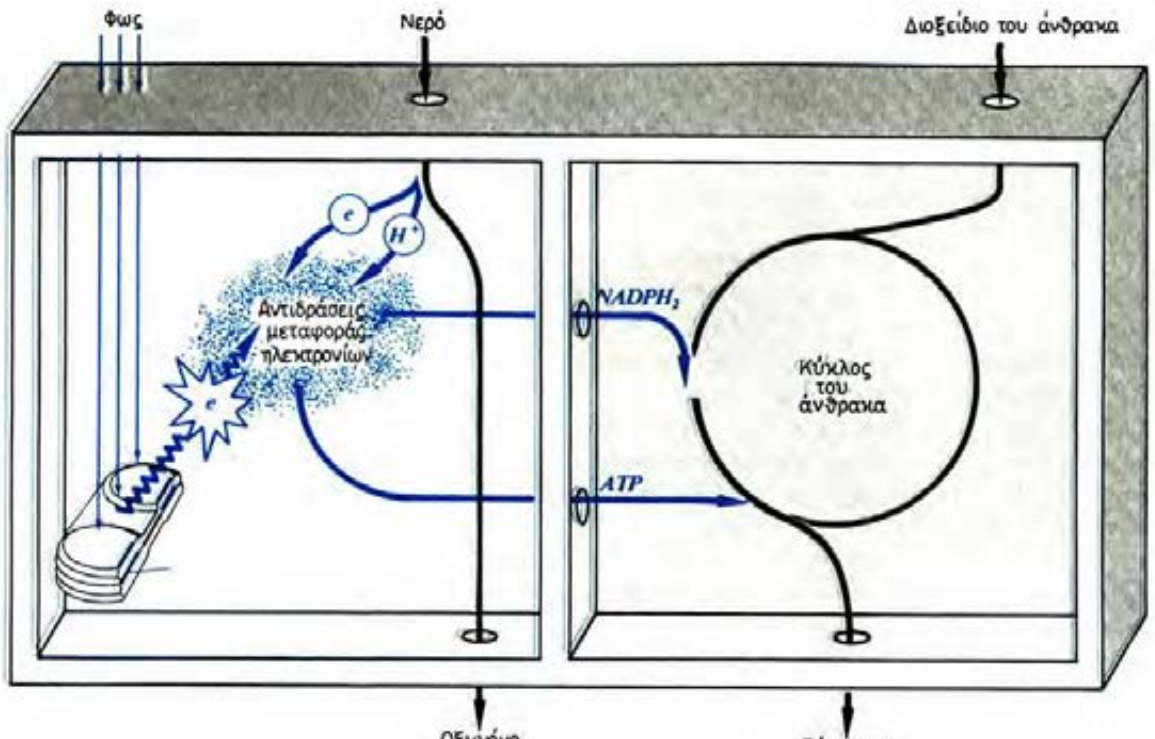


Εικόνα 6-12 *Κρύσταλλοι φερρεδοξίνης, απομονωμένοι από το γαλαζοπράσινο φύκος Νόστοκ. Η φερρεδοξίνη είναι απαραίτητη για την κυκλική και τη μη-κυκλική παραγωγή του ATP στη φωτεινή φάση της φωτοσυνθέσεως.*

διεγερμένο μόριο και να ενωθούν με μόρια άλλων ουσιών. Με την ένωση αυτή τα μόρια παίρνουν επίσης και την ενέργεια που μεταφέρουν τα ηλεκτρόνια. Τότε τα μόρια γίνονται «πλούσια σε ενέργεια».

Στη φωτοσύνθεση, η χλωροφύλλη και αντίστοιχες χρωστικές απορροφούν τη φωτεινή ενέργεια. Πιστεύεται ότι, όταν διεγερθούν αυτά τα μόρια των χρωστικών, απελευθερώνουν ηλεκτρόνια «υψηλής ενέργειας». Άλλα μόρια προσλαμβάνουν αυτά τα ηλεκτρόνια «υψηλής ενέργειας» και έτσι γίνονται πλούσια σε χημική ενέργεια. Η φωτεινή ενέργεια μετατρέπεται σε χημική τη στιγμή που ένα ηλεκτρόνιο που έφυγε από τη διεγερμένη χλωροφύλλη ή κάποιο άλλο μόριο χρωστικής, προσλήφθηκε ή ***έγινε αποδεκτό*** από ένα μόριο μιας άλλης ουσίας. Μία ουσία που πήρε τέτοια ηλεκτρόνια μπορεί στη συνέχεια να τα μεταφέρει σε άλλα μόρια και έτσι να απελευθερώσει τη νεοαποκτημένη χημική του ενέργεια για τη δημιουργία ATP και $NADPH_2$.

Πρόσφατες ενδείξεις οδηγούν στο συμπέρασμα ότι μία ειδική ένωση, που λέγεται φερρεδοξίνη, προσλαμβάνει τα ηλεκτρόνια που απελευθερώνονται από τη χλωροφύλλη, όταν αυτή διεγερθεί από το φως. Η φερρεδοξίνη είναι πρωτεΐνη που περιέχει σίδηρο και βρίσκεται σε όλα τα φωτοσυνθετικά κύτταρα (δείτε την εικόνα 6-12). Όπως φαίνεται στο



Εικόνα 6-13 *Η φωτεινή και η σκοτεινή φάση της φωτοσυνθέσεως. Στη φωτεινή φάση (αριστερά) τα ηλεκτρόνια της χλωροφύλλης απορροφούν φως. Στη συνέχεια, αντιδράσεις μεταφοράς ηλεκτρονίων παράγουν ATP, μεταφέρουν υδρογόνο από το νερό στο NADP για την παραγωγή $NADPH_2$, και απελευθερώνουν οξυγόνο. Το ATP και το $NADPH_2$ χρησιμοποιούνται στη σκοτεινή φάση (δεξιά), η οποία ενσωματώνει διοξείδιο του άνθρακα στον κύκλο του άνθρακα και παράγει ως κύριο προϊόν σάκχαρα.*

Παράρτημα 6-Ε, η ***φερρεδοξίνη*** έχει ένα ρόλο κλειδί στην κυκλική και τη μη-κυκλική παραγωγή του ATP.

Η εικόνα 6-13 παρουσιάζει μαζί, σε ένα διάγραμμα, τις δύο φάσεις της φωτοσυνθέσεως, τη φωτεινή και τη σκοτεινή και δείχνει επίσης τον τρόπο που συνδέονται. Στη φωτεινή φάση, η απορρόφηση του φωτός από τα μόρια της χλωροφύλλης οδηγεί σε αντιδράσεις μεταφοράς ηλεκτρονίων που απελευθερώνουν το οξυγόνο του νερού και παράγουν ATP και $NADPH_2$. Αυτό το ATP και το $NADPH_2$ χρησιμοποιούνται στη σκοτεινή φάση για τη λειτουργία του κύκλου του άνθρακα, που μετατρέπει το διοξείδιο του άνθρακα σε σάκχαρα.

6-10
Η χλωροφύλλη απορροφά ορισμένα μήκη κύματος του φωτός

Η φωτοσύνθεση εξαρτάται από μία «χημική μηχανή», που περιλαμβάνει χρωστικές, ένζυμα και άλλους καταλύτες. Αν κάνατε την άσκηση 6-D, μελετήσατε ορισμένες από τις φυτικές αυτές χρωστικές. Η πιο σπουδαία από τις χρωστικές αυτές είναι η χλωροφύλλη, η πράσινη χρωστική που απορροφά το φως. Άλλες φωτοσυνθετικές χρωστικές βρίσκονται πάντα μαζί με τη χλωροφύλλη. Ανάμεσα σ' αυτές βρίσκονται κίτρινες και πορτοκαλί χρωστικές. Ο ακριβής τους ρόλος δεν είναι γνωστός, αλλά ξέρομε ότι απορροφούν φως με ορισμένα μήκη κύματος και στη συνέχεια μεταφέρουν την απορροφημένη φωτεινή ενέργεια στη χλωροφύλλη.

Υπάρχουν επίσης αρκετά διαφορετικά είδη χλωροφύλλης, από τα οποία δύο, η χλωροφύλλη *a* και η χλωροφύλλη *b* βρίσκονται στα περισσότερα πράσινα φυτά. Οι μοριακοί τύποι των δύο αυτών ειδών χλωροφύλλης δείχνουν ότι τα μόρια αυτά είναι περίπλοκα και αποτελούνται από πέντε διαφορετικά είδη

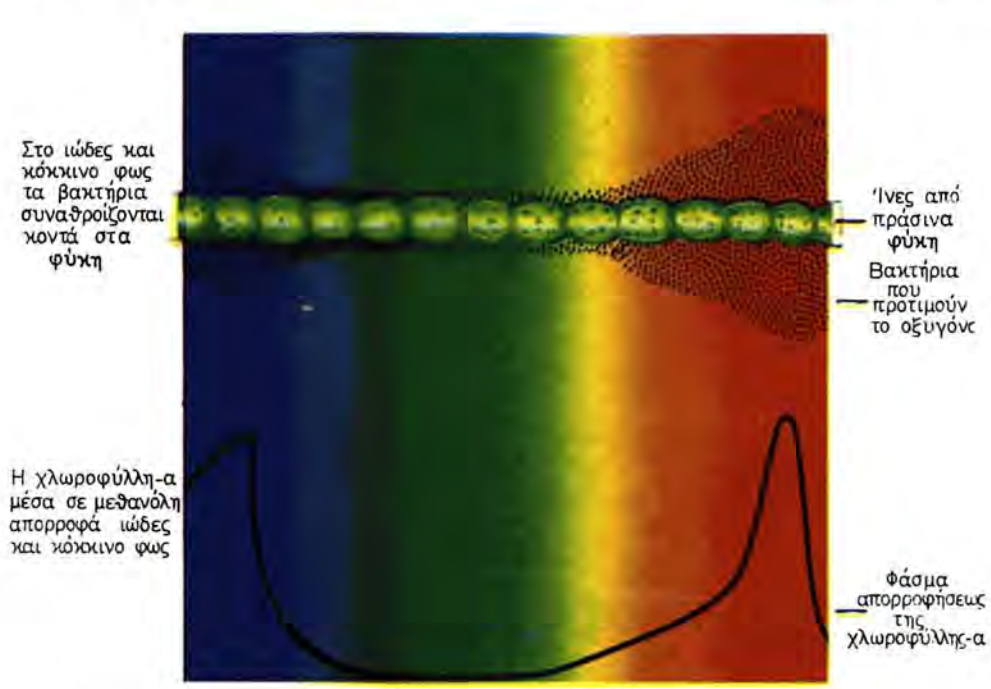
ατόμων:

χλωροφύλλη *a*: $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$
χλωροφύλλη *b*: $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$

Οι χλωροφύλλες *a* και *b* δίνουν το γνωστό πράσινο χρώμα των φύλλων. Η χλωροφύλλη απορροφά κυρίως το ιώδες και το κόκκινο μήκος κύματος, αλλά πολύ λίγο το πράσινο. Τα μήκη κύματος του φωτός που δεν απορροφώνται ανακλώνται προς τα μάτια μας και γι' αυτό βλέπομε τα φύλλα πράσινα.

Το 1882, ο Θ. Ένγκελμανν σκέφθηκε ένα πολύ έξυπνο πείραμα για να δείξει ποια μήκη κύματος του φωτός είναι πιο σημαντικά για τη φωτοσύνθεση. Επειδή με τη φωτοσύνθεση παράγεται οξυγόνο, ο Ένγκελμανν σκέφθηκε ότι ο ρυθμός παραγωγής του θα είναι ανάλογος με την ταχύτητα της φωτοσυνθέσεως. Όσο πιο γρήγορη είναι η φωτοσύνθεση τόσο πιο πολύ οξυγόνο θα παράγεται. Επομένως, ο Ένγκελμανν μέτρησε το ρυθμό παραγωγής οξυγόνου σε διάφορα μήκη κύματος του φωτός. Περνώντας το λευκό φως μέσα από ένα πρίσμα, έπαιρνε φως διαφόρων χρωμάτων: κόκκινο, πορτοκαλί, κίτρινο, πράσινο, μπλε και ιώδες. Θυμηθείτε, από την εικόνα 6-1, ότι αυτά τα διαφορετικά χρώματα αντιστοιχούν σε διάφορα μήκη κύματος του φωτός. Ο Ένγκελμανν χρησιμοποίησε μεγάλα φύκη, για να μελετήσει τη φωτοσύνθεση. Για να μετρήσει το οξυγόνο, χρησιμοποίησε ειδικά βακτηρίδια, που τους αρέσει το οξυγόνο, και τα οποία θα συνωστίζονταν εκεί που θα υπήρχε οξυγόνο.

Όταν ο Ένγκελμανν φώτισε τα φύκη με το φάσμα του φωτός από το πρίσμα, είχε καταπληκτικά αποτελέσματα. Ο μεγαλύτερος συνωστισμός βακτηριδίων βρέθηκε εκεί που το κόκκινο φως φώτιζε τα φύκη. Μία δεύτερη, λίγο μικρότερη συνάθροιση βακτηριδίων, παρατηρήθηκε στην περιοχή του ιώδους φωτός. Μεταξύ των δύο αυτών περιοχών παρατηρήθηκαν ελάχιστα βακτηρίδια (βλ. την εικόνα 6-14). Επειδή τα βακτηρίδια του Ένγκελμανν συναθροίζονταν εκεί που η παραγωγή οξυγόνου με τη φωτοσύνθεση ήταν μεγαλύτερη, το πείραμα αυτό έδειξε ότι η φωτοσύνθεση ήταν πιο ενεργός στο κόκκινο και το ιώδες φως. Από άλλα πειράματα, ο Ένγκελμανν βρήκε ότι η φωτοσύνθεση εξαρτάται άμεσα από το



Εικόνα 6-14 *Τα αποτελέσματα του πειράματος του Ένγκελμανν. Η μεγαλύτερη ποσότητα οξυγόνου παράχθηκε από τα φύκη στο κόκκινο και το ιώδες φως. Η συνάθροιση των βακτηριδίων δείχνει τις διαφορές για την παραγωγή οξυγόνου.*

Βιολογία Περιληπτικά



Η φωτοσύνθεση ως πηγή κέρδους

Όταν είσθε επαγγελματίας παραγωγός φυτών, σαν την κυρία Σ. Σάλλιβαν (που τη βλέπομε εδώ να μαζεύει γαρύφαλλα), πρέπει να προσαρμόζετε τη φωτοσύνθεση στις ειδικές ανάγκες του κάθε φυτού που μεγαλώνετε. Ο αριθμός των ωρών φωτισμού κάθε μέρα και η ένταση του φωτός (συμπεριλαμβανόμενου και του ευνοϊκότερου φωτισμού σε κάθε μήκος κύματος) πρέπει να προσαρμόζονται για κάθε ποικιλία φυτών, ώστε να επιτυγχάνεται μεγαλύτερη παραγωγή και καλύτερη ποιότητα. Η κυρία Σάλλιβαν είναι υπεύθυνη για την παραγωγή 2000 ποικιλιών φυτών (χρυσάνθεμα, γαρύφαλλα, λίλιες κ.λπ.), το καθένα στην εποχή του. Το κάθε φυτό απαιτεί τις δικές του συνθήκες για καλύτερη ανάπτυξη. Το φως στα θερμοκήπιά της ελέγχεται από παραπετάσματα που κρέμονται από την οροφή (δέστε τη σελίδα 133). Φωτόμετρα καταγράφουν την ένταση του φωτός που μπαίνει στα θερμοκήπια και οι αυξομειώσεις του φωτός γίνονται με τεχνητό φωτισμό ή με ειδικά φίλτρα, για να αντισταθμίσουν τις εποχιακές μεταβολές στη διάρκεια του χρόνου. Αυτή η προσεκτική ρύθμιση βοηθά ώστε ο

φως που απορροφά η χλωροφύλλη. Το συμπέρασμα αυτό επαληθεύθηκε αργότερα από πολλούς άλλους ερευνητές, οι οποίοι βρήκαν ότι και οι άλλες χρωστικές απορροφούν σε διαφορετικά μήκη κύματος.

6-11
Η φωτοσύνθεση γίνεται στην ξηρά και στο νερό

Από πότε υπάρχει η φωτοσύνθεση στη γη; Δεν γνωρίζομε ακριβώς πότε άρχισε, αλλά γνωρίζομε ότι είναι μία πολύ παλαιά λειτουργία. Τα παλαιότερα απολιθώματα που μας δίνουν ενδείξεις φωτοσυνθέσεως είναι λείψανα κυττάρων, που μοιάζουν με τα γαλαζοπράσινα φύκη, μία ομάδα φωτοσυνθετικών οργανισμών που ζουν ακόμη σήμερα. Τα απολιθωμένα αυτά κύτταρα βρίσκονται μέσα σε βράχους που έχουν ηλικία πάνω από 2,8 δισεκατομμύρια χρόνια. Η φωτοσύνθεση επομένως στα γαλαζοπράσινα φύκη είναι τουλάχιστον τόσο παλαιά όσο και οι βράχοι που περιέχουν τα απολιθώματα.

Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι η βακτηριακή φωτοσύνθεση είναι ακόμη πιο παλαιά. Τα γαλαζοπράσινα φύκη μοιάζουν πολύ στη δομή και τη λειτουργία των κυττάρων τους με τα φωτοσυνθετικά βακτηρίδια, αλλά η φωτοσύνθεσή τους διαφέρει σε ένα ουσιαστικό σημείο:





χρόνος της συγκομιδής να συμπίπτει με την περίοδο της μεγαλύτερη ζητήσεως.

Η μεγαλύτερη παραγωγή της κυρίας Σάλλιβαν είναι τα γαρύφαλλα (δέστε επάνω δεξιά). Πειράματα με αυτά τα γαρύφαλλα έδειξαν ποιοι αυξητικοί παράγοντες απαιτούνται για την καλύτερη παραγωγή. Η πιο επιτυχημένη ανάπτυξη έγινε σε χαλίκια, αντί στο χώμα, με αυτόματο πότισμα που ελέγχει ταυτόχρονα την ποσότητα του νερού και των θρεπτικών συστατικών. Το φως, η θερμοκρασία και κάθε σύμπτωμα ασθένειας ελέγχονται προσεκτικά στις καλλιέργειες. Μέσα σε μία πολύ ανταγωνιστική αγορά, η κυρία Σάλλιβαν προσέχει να έχει ένα μικρό προβάδισμα απέναντι στους ανταγωνιστές της, έτσι ώστε τα φυτά της να μεγαλώνουν καλύτερα και έγκαιρα. Η μεγαλύτερη όμως ευχαρίστηση από τη δουλειά της είναι το να βλέπει τα όμορφα και τέλεια φυτά να μεγαλώνουν στο θερμοκήπιό της.

Η φωτοσύνθεση συνδέει πολλά επαγγελματικά ενδιαφέροντα, που εξυπηρετούν τις ανάγκες του ανθρώπου. Ποια άλλα παραδείγματα μπορείτε να αναφέρετε, που εξυπηρετούν κοινωνικές ανάγκες και ενδιαφέροντα και πώς τα κατατάσσετε;

παράγει οξυγόνο. Σήμερα τα περισσότερα γαλαζοπράσινα φύκη ζουν εκεί που υπάρχει οξυγόνο. Μερικά όμως ζουν στο ίδιο περιβάλλον με τα φωτοσυνθετικά βακτηρίδια, όπως ο βούρκος του πυθμένα των ποταμών, εκεί που η περιεκτικότητα του οξυγόνου είναι πολύ μικρή. Τα γαλαζοπράσινα φύκη πιθανόν προήλθαν από τα φωτοσυνθέτοντα βακτηρίδια και έγιναν οι πρώτοι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί που παρήγαν οξυγόνο.

Το μεγαλύτερο κομμάτι της φωτοσυνθέσεως σήμερα γίνεται από φυτά που παράγουν οξυγόνο. Η βακτηριακή φωτοσύνθεση, που μάλλον ήταν η κύρια μορφή φωτοσυνθέσεως στη γη πριν από αρκετά δισεκατομμύρια χρόνια, σήμερα είναι ελάχιστη, συγκρινόμενη με την παραγωγή οξυγόνου από τα φυτά. Η ποσότητα του οξυγόνου που παράγεται με τη φωτοσύνθεση είναι τεράστια. Η φωτοσύνθεση θα μπορούσε να αντικαταστήσει όλο το οξυγόνο που βρίσκεται σήμερα στη γήινη ατμόσφαιρα σε περίπου δύο χιλιάδες χρόνια. Αυτή είναι μία πολύ μικρή χρονική περίοδος αν τη συγκρίνομε με την ηλικία της γης που υπολογίζεται σε 4,7 δισεκατομμύρια χρόνια. Τέτοιοι υπολογισμοί έπεισαν τους επιστήμονες ότι όλο το οξυγόνο της γήινης ατμόσφαιρας προέρχεται από τη φωτοσύνθεση.

Η φωτοσύνθεση σήμερα είναι η πιο διαδεδομένη χημική λειτουργία. Υπολογίζεται ότι

κάθε χρόνο περίπου 140 δισεκατομμύρια τόννοι διοξειδίου του άνθρακα και 110 δισεκατομμύρια τόννοι νερού χρησιμοποιούνται κατά τη λειτουργία της φωτοσυνθέσεως για την παραγωγή 90 δισεκατομμυρίων τόννων οργανικών ουσιών και 100 δισεκατομμυρίων τόννων αερίου οξυγόνου. Η φωτοσύνθεση των παλαιοτέρων εποχών είναι υπεύθυνη για τα ορυκτά καύσιμα – κάρβουνο, πετρέλαιο και φυσικό αέριο – που επέτρεψαν την ανάπτυξη του βιομηχανικού μας πολιτισμού.

Οι πρώτοι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί, τα φωτοσυνθετικά βακτηρίδια και τα γαλαζοπράσινα φύκη, ζούσαν σε ένα υδάτινο περιβάλλον. Μπορεί να εκπλαγείτε μαθαίνοντας ότι, σύμφωνα με τις καλύτερες εκτιμήσεις, ακόμη και σήμερα, πάνω από το μισό της τεράστιας φωτοσυνθετικής δραστηριότητας στη γη γίνεται στους ωκεανούς, τις μικρές και μεγάλες λίμνες και τα ποτάμια. Το μεγαλύτερο τμήμα της φωτοσυνθέσεως στους ωκεανούς και τις λίμνες γίνεται από μικροσκοπικά φυτά και φύκη. Όλα τα γήινα φυτά μαζί είναι υπεύθυνα για λιγότερο από το μισό της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας στη γη.

Η τεράστια φωτοσυνθετική δραστηριότητα στην ξηρά και στη θάλασσα διοχετεύει συνεχώς οξυγόνο στη γήινη ατμόσφαιρα. Μετρήσεις έδειξαν ότι το περιεχόμενο της ατμόσφαιρας σε οξυγόνο έχει παραμείνει σχεδόν σταθερό στη διάρκεια του περασμένου αιώνα. Αυτό σημαίνει ότι η κατανάλωση του οξυγόνου από την αναπνοή και την καύση ισοσταθμίζεται από την παραγωγή του οξυγόνου κατά τη φωτοσύνθεση. Για να μπορέσομε να κρατήσομε το ισοζύγιο μεταξύ της καταναλώσεως και της παραγωγής του οξυγόνου σταθερό, είναι ζωτικής σημασίας να διατηρήσομε τους παράγοντες του περιβάλλοντος ευνοϊκούς για όλες τις μορφές της ζωής συμπεριλαμβανόμενου και του ανθρώπου.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Υπάρχουν διάφορες χρωστικές μέσα στα φωτοσυνθετικά κύτταρα, από τις οποίες η χλωροφύλλη είναι η πιο σημαντική για τη φωτοσύνθεση. Το κόκκινο και το ιώδες φως του ηλιακού φάσματος χρησιμοποιούνται πιο αποτελεσματικά στη φωτοσύνθεση. Το κόκκινο και το ιώδες μήκος κύματος απορροφώνται σχεδόν πλήρως από τη χλωροφύλλη, αντίθετα με το πράσινο που απορροφάται ελάχιστα. Η φωτοσύνθεση είναι η πιο σημαντική χημική αντίδραση που γίνεται στη γη σήμερα. Υπολογίζεται ότι όλο το οξυγόνο της ατμόσφαιράς μας αντικαθίσταται από τη φωτοσύνθεση κάθε 2.000 χρόνια.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ της χλωροφύλλης *a* και *b*;
2. Το Mg στη χλωροφύλλη είναι το μέταλλο μαγνήσιο. Εκτός από αυτό, ποιο άλλο στοιχείο, αν υπάρχει, δεν βρισκόταν στα αέρια που συνέθεταν την πρωτόγονη γήινη ατμόσφαιρα;
3. Ποιους οργανισμούς χρησιμοποίησε ο Ένγκελμανν για να δείξει ποια μήκη κύματος του φωτός ήταν σημαντικά για τη φωτοσύνθεση;
4. Από ποιον τύπο οργανισμών, πιθανώς, προήλθαν τα γαλαζοπράσινα φύκη;
5. Σε ποιο σημείο της γήινης επιφάνειας γίνεται το μεγαλύτερο τμήμα της φωτοσυνθέσεως;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

ΒΑΣΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ

Με την ελάττωση της αρχικής συγκεντρώσεως διαλυμμένων οργανικών ουσιών, οι οργανισμοί που μπορούσαν να χρησιμοποιούν και άλλες πηγές ενέργειας, πλεονεκτούσαν σημαντικά. Αναπτύχθηκαν έτσι μερικοί οργανισμοί, που μπορούσαν να χρησιμοποιούν το ηλιακό φως για ενέργεια. Πιστεύεται ότι μερικοί ετερότροφοι οργανισμοί ανέπτυξαν μία χρωστική, που ονομάζεται χλωροφύλλη, η οποία τους επέτρεπε να χρησιμοποιούν την ενέργεια του ηλιακού φωτός για την παραγωγή οργανικών ουσιών. Αυτή η λειτουργία, με την οποία τα ζωντανά κύτταρα συνθέτουν οργανικές ουσίες, ονομάζεται φωτοσύνθεση. Η φωτοσύνθεση εξελίχθηκε μέσα σε μακριά χρονική περίοδο. Σήμερα, ο πιο σημαντικός τύπος φωτοσυνθέσεως είναι αυτός που γίνεται από τα πράσινα φυτά. Οι αρχικές ουσίες γι' αυτόν τον τύπο της φωτοσυνθέσως είναι το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό. Με την παρουσία του ηλιακού φωτός τα κύτταρα των πρασίνων φυτών μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτές τις ουσίες για να συνθέτουν υδατάνθρακες και άλλες οργανικές ουσίες. Το αέριο οξυγόνο απελευθερώνεται σαν παραπροϊόν.

Το κύριο τμήμα της φωτοσυνθέσεως είναι η

δέσμευση από τη χλωροφύλλη της φωτεινής ενέργειας και η μετατροπή της σε χημική ενέργεια. Αυτή είναι η «φωτεινή φάση» της φωτοσυνθέσεως, η οποία παράγει ATP και $NADPH_2$. Το ATP και το $NADPH_2$ μεταφέρουν τη χημική ενέργεια που παράχθηκε από τη φωτεινή φάση στα ένζυμα που ελέγχουν τη «σκοτεινή φάση» της φωτοσυνθέσεως. Η σκοτεινή φάση της φωτοσυνθέσεως περιλαμβάνει τις αντιδράσεις που μετατρέπουν το διοξείδιο του άνθρακα σε υδατάνθρακες, στους οποίους αποθηκεύεται η χημική ενέργεια.

Η ανάπτυξη της φωτοσυνθέσεως είχε δύο πολύ σημαντικά αποτελέσματα: (1) Οι οργανισμοί άρχισαν να εξαρτώνται για την τροφή τους από τις οργανικές ουσίες, που παράγονταν από τα φωτοσυνθέτοντα κύτταρα. (2) Το αέριο οξυγόνο έγινε ένα συστατικό της γήινης ατμόσφαιρας.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιες είναι οι τρεις ουσίες που παράγονται από τη φωτεινή φάση της φωτοσυνθέσεως;
2. Μερικά φωτοσυνθετικά βακτηρίδια χρησιμοποιούν το H_2S και το CO_2 για τη φωτοσύνθεση. Τα πράσινα φυτά χρησιμοποιούν το H_2S και το CO_2. Τι παραπροϊόν παράγεται στην κάθε κατηγορία; Εξηγήσατε το συλλογισμό του Βαν Νιλ ότι με βάση αυτό το γεγονός, η απελευθέρωση του οξυγόνου προέρχεται μάλλον από το νερό παρά από το διοξείδιο του άνθρακα.
3. Γιατί τα διάφορα είδη χλωροφύλλης και των άλλων χρωστικών που απορροφούν το φως μας δυσκολεύουν στο να αναπαράγομε με βεβαιότητα την εξέλιξη της φωτοσυνθέσεως;
4. Γιατί πιστεύετε ότι ο Πρίστλεϋ δεν μπορούσε να επαναλάβει τα πειράματα στα οποία τα φυτά καθαρίζουν το «βρώμικο αέρα»;
5. Ο Ινγκενχάουζ θεώρησε ότι τα φυτά δεν είναι απλώς εναλλάκτες αερίων αλλά ότι παράγουν με κάποιον τρόπο θρεπτικές ουσίες από το διοξείδιο του άνθρακα που προσλαμβάνουν. Γιατί αυτή η υπόθεση ήταν πολύ πιο σπουδαία από την αρχική παρατήρηση του Πρίστλεϋ;
6. Αν ορισμένα βακτηρίδια χρησιμοποιούν μία χρωστική σαν αυτή των ματιών σας, για να συνθέσουν ATP με την παρουσία του ηλιακού φωτός, είναι δυνατόν να υποθέσετε ότι μπορείτε και εσείς να κάνετε το ίδιο; Ποιες ενζυματικές ομοιότητες ή διαφορές μεταξύ των βακτηριδίων του ανθρώπου θα μελετούσατε;
7. Τα ζώα και τα φυτά συνθέτουν οργανικές ουσίες χρησιμοποιώντας το διοξείδιο του άνθρακα. Ποια είναι η κυριότερη διαφορά τους;
8. Με ποιον τρόπο χρησιμοποιήθηκαν τα ραδιενεργά υλικά σε πειράματα μελέτης της φωτοσυνθέσεως;
9. Αν δεν γνωρίζατε ότι τα πράσινα φύλλα περιέχουν κίτρινες και πορτοκαλί χρωστικές, μαζί με τη χλωροφύλλη, ποιες παρατηρήσεις θα κάνατε στα φύλλα των φυτών και σε ποια εποχή του χρόνου, για να βεβαιωθείτε;
10. Από ό,τι ξέρετε για τους δεσμούς υδρογόνου και οξυγόνου στο νερό, γιατί θα υποθέτατε ότι το $NADPH_2$ είναι πιο πλούσιο ενεργειακά από ό,τι το NADP;
11. Η περισσότερη έρευνα για τη φωτοσύνθεση γίνεται με απομονωμένους χλωροπλάστες. Τι παραδοχή κάνουν στην πράξη οι βιολόγοι; Γιατί είναι απαραίτητο να το έχομε υπόψη μας;
12. Πότε η φωτεινή ενέργεια γίνεται χημική ενέργεια στη φωτοσύνθεση;

ΑΡΘΡΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΒΑΣΜΑ

Björkman, O., and J. Berry. "High-Efficiency Photosynthesis." *Scientific American*, October, 1973.

Gates, D. M. "The Flow of Energy in the Biosphere." *Scientific American*, September, 1971.

Govindjee and R. Govindjee. "The Primary Events of Photosynthesis." *Scientific American*, December, 1974.

Stoeckenius, W. "The Purple Membrane of Salt-Loving Bacteria." *Scientific American*, June, 1976.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

1. J. Priestley, "Observations on Different Kinds of Air." *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 62, 1772, p. 147.
2. J. Ingenhousz, *Experiments upon Vegetables, Discovering Their Great Power of Purifying the Common Air in Sunshine and Injuring It in the Shade and at Night*. London, Elmsly and Payne, 1779.

Η Ζωή με το Οξυγόνο

7



Γαλάζιος ουρανός· πώς ήταν πριν να προστεθεί στην ατμόσφαιρα το ελεύθερο οξυγόνο;

Μάθατε ότι το ατμοσφαιρικό οξυγόνο, από το οποίο εξαρτάται το μεγαλύτερο μέρος της σημερινής ζωής, είναι και αυτό ένα προϊόν των ζώντων οργανισμών. Το οξυγόνο απελευθερώνεται στον αέρα κατά τη διάρκεια της φωτοσυνθέσεως. Η μετατροπή της πρωτόγονης ατμόσφαιρας, που δεν είχε οξυγόνο, στη σημερινή ατμόσφαιρα με οξυγόνο, έγινε σταδιακά. Άρχισε πριν από δύο δισεκατομμύρια χρόνια και είχε τεράστια επίδραση στην κατανομή και την ανάπτυξη των ζώντων οργανισμών πάνω στην επιφάνεια της γης. Σ' αυτό το κεφάλαιο θα μάθετε, πώς η παρουσία του οξυγόνου επέτρεψε στους ζώντες οργανισμούς να επεκταθούν σε περιοχές, στις οποίες δεν υπήρχε ζωή προηγουμένως. Παράλληλα, όσο τα επίπεδα του οξυγόνου συνεχώς αυξάνονται, οι ζωντανοί οργανισμοί ανέπτυξαν ένα πολύ αποτελεσματικό μηχανισμό για να παίρνουν ενέργεια από τις οργανικές ενώσεις, με τη χρησιμοποίηση του οξυγόνου. Τώρα πια οι οργανικές ουσίες παράγονταν συνεχώς με τη φωτοσύνθεση. Με αυτόν τον τρόπο η ζωή πάνω στη γη εξαρτήθηκε από τη φωτοσύνθεση, που είναι η πηγή του οξυγόνου και των οργανικών ενώσεων.

Οξυγόνο και ενέργεια

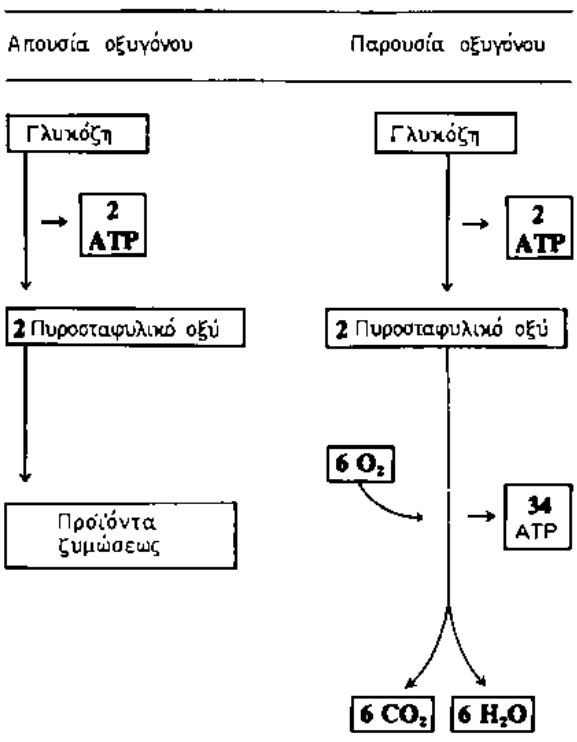
7-1
Το όζον γίνεται η ασπίδα της ζωής

Το αέριο οξυγόνο έχει μία πολύ ενδιαφέρουσα ιδιότητα: Απορροφά την υπεριώδη ακτινοβολία. Έτσι το μόριο του οξυγόνου (O_2) διασπάται σε δύο άτομα (2O), τα οποία με τη σειρά τους συνδυάζονται και δημιουργούν ένα νέο αέριο, τα μόρια του οποίου αποτελούνται από τρία άτομα οξυγόνου (O_3). Αυτή η μορφή του οξυγόνου ονομάζεται όζον, από την αρχαία λέξη που σημαίνει «αυτό που μυρίζει». Πράγματι, το όζον είναι ένα κυανούν αέριο με πολύ οξεία οσμή.

Η στοιβάδα του όζοντος στην ατμόσφαιρα απορροφά σχεδόν όλη την υπεριώδη ακτινοβολία, που θα μπορούσε να καταστρέψει τη ζωή. Η μικρή ποσότητα υπεριώδους ακτινοβολίας που διαπερνά αυτή τη στοιβάδα μπορεί να προκαλέσει ένα μικρό έγκαυμα, αλλά δεν καταστρέφει την ίδια τη ζωή. Σήμερα η ζωή πάνω στη γη προστατεύεται από μία στοιβάδα όζοντος που βρίσκεται 48 περίπου χιλιόμετρα πάνω από τη γήινη επιφάνεια.

Η δημιουργία της στοιβάδας του όζοντος είχε τεράστια σημασία για την εξάπλωση των ζώντων οργανισμών πάνω στη γη. Η προστασία των ζώντων οργανισμών από την υπεριώδη ακτινοβολία δεν εξαρτιόταν πια από το νερό για την επιβίωσή τους. Η ζωή τώρα μπορούσε να υπάρχει και στην επιφάνεια του νερού. Για πρώτη φορά στην ιστορία του πλανήτη η επιφάνεια της ξηράς ήταν ασφαλής για τους ζωντανούς οργανισμούς. Οι οργανισμοί μπορούσαν πια να διασπαρούν προς όλες τις κατευθύνσεις και να ζήσουν σε μέρη που ήταν προηγουμένως πολύ επικίνδυνα.

Πότε συνέβησαν αυτές οι μεταβολές; Δεν έχομε σαφή απάντηση σ' αυτό το ερώτημα, αλλά, σύμφωνα με κάποια υπόθεση, μία σημαντική αλλαγή πρέπει να συνέβη πριν από 600 εκατομμύρια χρόνια. Την εποχή αυτή θα πρέπει να είχε σχηματισθεί μία αρκετά μεγάλη ποσότητα όζοντος, ώστε να επιτρέπει σε αρκετές αποικίες φωτοσυνθετικών οργανισμών να ζουν κοντά στην επιφάνεια του νερού των ωκεανών, των λιμνών ή των ποταμών. Όσο λοιπόν αυξανόταν η φωτοσυνθετική δραστηριότητα στην υδάτινη μάζα του πλανήτη, τόσο η ποσότητα του παραγόμενου οξυγόνου αυξανόταν και παράλληλα μεγάλωνε η πυκνότητα του στρώματος του όζοντος.



Εικόνα 7-1 *Η αναπνοή (δεξιά) απελευθερώνει πολύ περισσότερη ενέργεια (36 ATP ανά μόριο γλυκόζης) από ό,τι η ζύμωση (2 ATP).*

Τελικά, πριν περίπου από 400 εκατομμύρια χρόνια, η στοιβάδα του όζοντος έγινε αρκετά παχιά, ώστε να αποτελέσει ένα φίλτρο για όλες τις επικίνδυνες υπεριώδεις ακτινοβολίες. Οι ζωντανοί οργανισμοί μπορούσαν, για πρώτη φορά, να «κολυμπήσουν» έξω από το υδάτινο περιβάλλον και να αρχίσουν να ζουν και να αναπτύσσονται στη στεριά.

Είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι παλαιοντολογικά ευρήματα συμφωνούν με αυτό το χρονοδιάγραμμα της εξελίξεως. Ευρήματα παλαιότερα από 600 εκατομμύρια χρόνια παρουσιάζουν μόνο πρωτόγονες μορφές ζωής. Αντίθετα ευρήματα μεταξύ 600 και 400 εκατομμυρίων ετών παρουσιάζουν πολλά και πολύπλοκα νέα στοιχεία ζωής. Έτσι μερικοί επιστήμονες κάνουν λόγο για μία «βιολογική έκρηξη», που συνέβη εκείνη την εποχή.

Η δημιουργία της στοιβάδας του όζοντος είχε και ένα άλλο πολύ ενδιαφέρον αποτέλεσμα:

Στην παράγραφο 4-13 μάθατε ότι η ηλιακή ακτινοβολία είναι σημαντική πηγή ενέργειας για τη δημιουργία οργανικών ενώσεων, που αποτελούν την πηγή της διατροφής των ετερότροφων οργανισμών. Τι συνέβη, όμως, όταν η στοιβάδα του όζοντος δεν επέτρεπε στην περισσότερη υπεριώδη ακτινοβολία να φθάσει στην επιφάνεια του εδάφους; Το τμήμα που διαπερνούσε κυρίως τη στοιβάδα του όζοντος ανήκε κυρίως στο ορατό φως. Το ορατό αυτό τμήμα του φάσματος έχει πολύ μικρή ενέργεια, ώστε να μπορεί να δημιουργήσει απευθείας οργανικές ενώσεις. Έτσι η φωτοσύνθεση έγινε ο μόνος μηχανισμός που μπορούσε να παράγει οργανικές ουσίες στη γη. Οι γήινοι οργανισμοί ήταν εξαρτημένοι από τη φωτοσύνθεση για την ανεύρεση της τροφής τους. Η μόνη εξαίρεση είναι ορισμένα βακτήρια, που ζουν και σήμερα και τα οποία μπορούν να πάρουν άμεσα ενέργεια από ανόργανες ουσίες, χωρίς τη μεσολάβηση της φωτοσυνθέσεως. Όλοι οι υπόλοιποι οργανισμοί εξαρτώνται από τη φωτοσύνθεση για την τροφή τους. Τέλος σχεδόν όλοι οι οργανισμοί εξαρτώνται από το οξυγόνο που παράγεται επίσης κατά τη φωτοσύνθεση.

7-2
Το οξυγόνο χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της αναπνοής για την παραγωγή ενέργειας

Στο κεφάλαιο 5 μάθατε ότι οι πιο πρωτόγονοι οργανισμοί παίρνουν την ενέργειά τους από τη διεργασία της ζυμώσεως. Η παραγωγή όμως οξυγόνου από τη φωτοσύνθεση δημιούργησε ένα καινούργιο τρόπο παραγωγής ενέργειας από οργανικές ενώσεις. Χρησιμοποιώντας το οξυγόνο οι οργανισμοί μπορούν τώρα να παίρνουν μεγαλύτερα ποσά ενέργειας από την ίδια ποσότητα τροφής (βλέπε εικόνα 7-1).

Η μεγάλη αυτή διαφορά που έχει η χρησιμοποίηση του οξυγόνου στην παραγωγή και απελευθέρωση ενέργειας από τις τροφές παρατηρήθηκε για πρώτη φορά από τον Λουδοβίκο Παστέρ το 1861. Ο Παστέρ καλλιέργησε κύτταρα ζυθοζύμης με οξυγόνο και χωρίς οξυγόνο, χρησιμοποιώντας γλυκόζη ως πηγή ενέργειας. Παρατήρησε ότι, περίπου 20 φορές περισσότερα κύτταρα ζυθοζύμης μπορούσαν να αναπτυχθούν, με την ίδια ποσότητα γλυκόζης, όταν υπήρχε οξυγόνο.

Τα αποτελέσματα αυτού του πειράματος του Παστέρ μπορούν τώρα να ερμηνευθούν πλήρως: Χωρίς το οξυγόνο τα κύτταρα της ζυθοζύμης απελευθερώνουν μόνο ένα μέρος της ενέργειας που βρίσκεται αποθηκευμένη στο μόριο της γλυκόζης. Αντίθετα όταν υπάρχει οξυγόνο τα κύτταρα μπορούν να απελευθερώσουν όλη τη χημική ενέργεια που βρίσκεται αποθηκευμένη στο μόριο. Η διαδικασία αυτή, με την οποία οι ζωντανοί οργανισμοί χρησιμοποιούν το οξυγόνο για την απελευθέρωση της ενέργειας που βρίσκεται αποθηκευμένη στις τροφές, ονομάζεται ***αναπνοή.***

Για να καταλάβετε πώς η αναπνοή μπορεί και απελευθερώνει πολύ μεγαλύτερα ποσά ενέργειας από τις τροφές από ό,τι η ζύμωση, θα χρειασθεί να μάθετε το μηχανισμό απελευθερώσεως της ενέργειας από το μόριο της γλυκόζης, που είναι η κυριότερη πηγή ενέργειας για πολλές μορφές ζωής. Αργότερα, θα ανακαλύψετε τη σημασία της γλυκόζης ως πηγή ενέργειας για το ανθρώπινο σώμα.

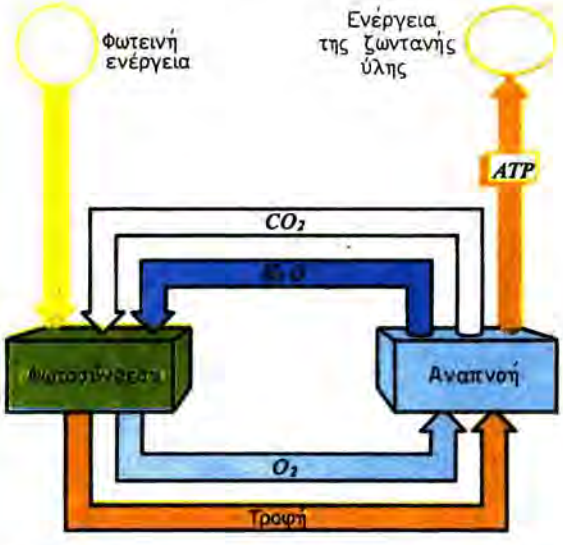
Στο κεφάλαιο 5 μάθατε ότι, στη διάρκεια της ζυμώσεως, όταν ένα μόριο γλυκόζης διασπάται σε δύο μόρια πυροσταφυλικού οξέος, απελευθερώνεται ενέργεια. Η συνολική ενέργεια που κερδίζει το κύτταρο από αυτή τη διάσπαση είναι δύο μόρια ATP. Αντίθετα, κατά τη διάρκεια της αναπνοής, κάθε μόριο γλυκόζης διασπάται σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό, και δίνει 36 μόρια ATP! Δεν υπάρχει λοιπόν απορία ότι, στο πείραμα του Παστέρ, ο πολλαπλασιασμός των κυττάρων της ζυθοζύμης ήταν πολύ μεγαλύτερος, όταν η αναπνοή αντικατέστησε τη ζύμωση για την παραγωγή ενέργειας.

Γιατί όμως τόσο λίγη ενέργεια απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της ζυμώσεως; Αυτό συμβαίνει, γιατί το μεγαλύτερο ποσό ενέργειας παραμένει μέσα στα προϊόντα αυτής της διαδικασίας (αλκοόλη ή γαλακτικό οξύ), που δημιουργούνται από το πυροσταφυλικό οξύ. Αντίθετα η αναπνοή αποσυνθέτει τη γλυκόζη στους αρχικούς της δομικούς λίθους, το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό, σύμφωνα με την εξίσωση;

$$\underset{\text{γλυκόζη}}{C_6H_{12}O_6} + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

Αναγνωρίζετε ότι η παραπάνω εξίσωση είναι η αντίστροφη από αυτή της σελίδας 121 για το σχηματισμό της γλυκόζης κατά τη διάρκεια της φωτοσυνθέσεως. Η φωτοσύνθεση δημιούργησε γλυκόζη από τις βασικές της πρώτες ύλες, το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό, με την προσθήκη ενέργειας. Αντίθετα, κατά τη διάρκεια της αναπνοής, η γλυκόζη διασπάται στις ίδιες πρώτες ύλες και όλη η ενέργεια που είχε αποθηκευθεί στο μόριό της κατά τη διάρκεια της φωτοσυνθέσεως απελευθερώνεται. Το μεγαλύτερο ποσό από αυτή την ενέργεια παγιδεύεται υπό μορφή ATP, δηλαδή με μία μορφή, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το ζωντανό κύτταρο.

Η σύγκριση αναπνοής και φωτοσυνθέσεως οδηγεί σε σημαντικά συμπεράσματα για τη ροή ενέργειας και ύλης στους ζωντανούς οργανισμούς (βλέπε εικόνα 7-2). Η ροή αυτή της ενέργειας είναι μονόδρομη: Έρχεται από τον ήλιο, απορροφάται κατά τη διάρκεια της φωτοσυνθέσεως, απελευθερώνεται με την αναπνοή και χρησιμοποιείται από τους οργανισμούς. Αντίθετα, το διοξείδιο του άνθρακα, το οξυγόνο και το νερό εναλλάσσονται συνεχώς μεταξύ φωτοσυνθετικών και αναπνευστικών λειτουργιών και επαναχρησιμοποιούνται. Στη διάρκεια της φωτοσυνθέσεως το



Εικόνα 7-2 *Ακολουθήσατε τη ροή ενέργειας στους ζωντανούς οργανισμούς (κίτρινο και πορτοκαλί). Η ροή ενέργειας είναι μονόδρομη. Ξεκινά σαν φωτεινή ενέργεια από τον ήλιο και καταλήγει σαν ενέργεια που απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της αναπνοής. Η ύλη αντίθετα ανακυκλώνεται.*

διοξείδιο του άνθρακα και το νερό ενώνονται για να σχηματίσουν οργανικές ενώσεις και οξυγόνο. Κατά την αναπνοή αντίθετα, όταν το οξυγόνο αντιδρά με οργανικές ουσίες, το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό απελευθερώνονται και μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν στη φωτοσύνθεση.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 7-Α. Μπορεί μία διαφορετική παροχή οξυγόνου να επηρεάσει την αύξηση και τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων;

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το οξυγόνο που παράγεται με τη φωτοσύνθεση είχε πολύ σημαντικές συνέπειες για τη ζωή πάνω στη γη. Το αέριο οξυγόνο γρήγορα έγινε μόνιμο στοιχείο της γήινης ατμόσφαιρας. Το οξυγόνο στην ατμόσφαιρα σχημάτισε τη στοιβάδα του όζοντος. Το όζον αυτό απορροφά την υπεριώδη ακτινοβολία του ηλίου, η οποία θα μπορούσε να καταστρέψει τη ζωή. Κάτω από την προστασία της στοιβάδας του όζοντος οι οργανισμοί μπορούσαν πλέον να επιζήσουν στην ξηρά ή στην επιφάνεια των υδάτων. Η ύπαρξη του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα επέτρεψε τη λειτουργία της αναπνοής, μιας λειτουργίας κατά την οποία το οξυγόνο χρησιμοποιείται από τα ζωντανά κύτταρα για την απελευθέρωση της χημικής ενέργειας που βρίσκεται αποθηκευμένη μέσα στις τροφές. Η αναπνοή είναι πολύ πιο αποδοτική από ό,τι η ζύμωση για την απελευθέρωση της ενέργειας από τις τροφές. Το ενεργειακό κέρδος σε μόρια ATP π.χ., που παράγεται από τη γλυκόζη, είναι 18 φορές μεγαλύτερο κατά την αναπνοή από ό,τι κατά τη ζύμωση.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Γιατί οι επιστήμονες πιστεύουν ότι η φωτοσύνθεση προηγήθηκε από τη δημιουργία της στοιβάδας του όζοντος;
2. Ποια ήταν τα δύο σημαντικά αποτελέσματα της δημιουργίας της ατμοσφαιρικής στοιβάδας του όζοντος;
3. Ποια ήταν τα ενδιαφέροντα αποτελέσματα που παρατήρησε ο Παστέρ αναφορικά με τη σχέση γλυκόζης, αέρα και της αυξήσεως κυττάρων της ζυθοζύμης;
4. Η φωτοσύνθεση είναι το αντίθετο της αναπνοής ή της ζυμώσεως;
5. Αναφορικά με το οξυγόνο, σε τι διαφέρουν η αναπνοή και η φωτοσύνθεση;

Η διαδικασία της αναπνοής

7-3
Αναπνοή και η «οδός» του άνθρακα

Η απελευθέρωση της ενέργειας κατά τη διάρκεια της αναπνοής εξαρτάται από την αποικοδόμηση οργανικών ενώσεων σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Η ανακάλυψη αυτής της διαδικασίας είναι ένα από τα μεγαλύτερα επιτεύγματα της σύγχρονης βιοχημείας. Η γλυκόζη θα χρησιμοποιηθεί σαν παράδειγμα, αλλά τα βασικά στάδια είναι τα ίδια για όλες τις τροφές.

Τα τελευταία 40 χρόνια ανακαλύφθηκε ότι η διαδικασία της αναπνοής περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό χημικών αντιδράσεων. Η κάθε μία από αυτές ρυθμίζεται από ένα ξεχωριστό ένζυμο. Οι χημικές αυτές αντιδράσεις υποδιαιρούνται σε δύο μεγάλες ομάδες: Η μία ομάδα απελευθερώνει τα άτομα του άνθρακα από το μόριο της γλυκόζης και τα αποδίδει με τη μορφή διοξειδίου του άνθρακα. Οι αντιδράσεις αυτής της ομάδας ονομάζονται ***οδός του άνθρακα.***

Μία άλλη ομάδα αντιδράσεων μεταφέρει τα άτομα του υδρογόνου από τη γλυκόζη στο οξυγόνο, σχηματίζοντας νερό. Αυτές οι αντιδράσεις ονομάζονται ***οδός του υδρογόνου.*** Οι δύο αυτοί δρόμοι συνδέονται μεταξύ τους. Ας εξετάσομε πρώτα την οδό του άνθρακα.

Τα πρώτα στάδια της αναπνοής είναι ίδια με αυτά της ζυμώσεως. Χωρίς τη χρησιμοποίηση οξυγόνου, ένα ζωντανό κύτταρο διασπά ένα μόριο γλυκόζης σε δύο μόρια πυροσταφυλικού οξέος (βλέπε εικόνα 7-1). Μέχρι αυτό το σημείο δεν έχομε παραγωγή διοξει-

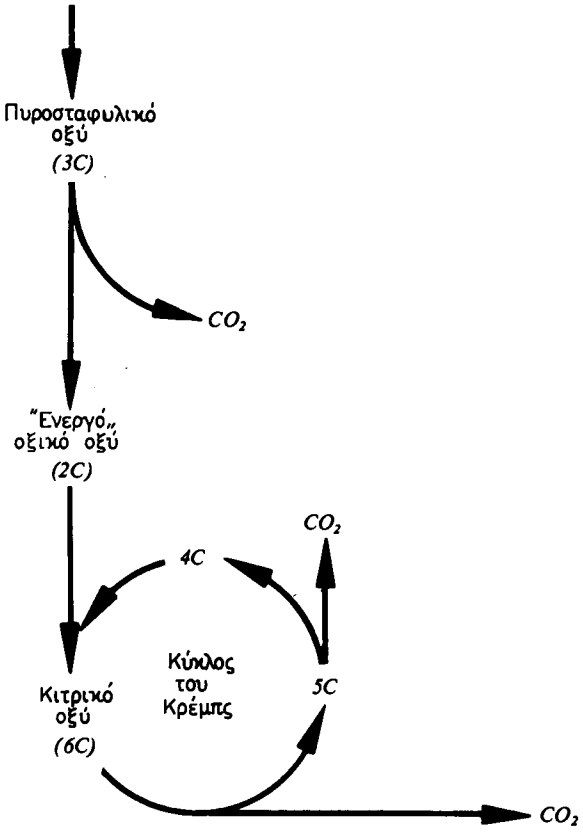
δίου του άνθρακα. Τα δύο αυτά μόρια πυροσταφυλικού (που το καθένα τους περιέχει τρία άτομα άνθρακα) περιέχουν τα έξι άτομα του μορίου της γλυκόζης.

Η απελευθέρωση του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) αρχίζει με την αποικοδόμηση του πυροσταφυλικού οξέος. Τα τρία άτομα άνθρακα του πυροσταφυλικού θα δώσουν τρία μόρια CO_2. Το πυροσταφυλικό οξύ διασπάται αρχικά σε ένα μόριο CO_2 και ένα ενδιάμεσο προϊόν με δύο άτομα άνθρακα (2C). Μία βιταμίνη συμμετέχει στη διαδικασία μετατροπής αυτής της ενώσεως σε μία «ενεργό» μορφή οξικού οξέος. Στη συνέχεια το οξικό οξύ αποδομείται δίνοντας δύο μόρια διοξειδίου του άνθρακα μέσω μιας σειράς αντιδράσεων γνωστής σαν ***κύκλος του κιτρικού οξέος*** ή ***κύκλος του Κρεμπς.*** Ο σερ Χ. Κρεμπς του πανεπιστημίου της Οξφόρδης είναι ο βιοχημικός που πρώτος καθόρισε τη σειρά των βιοχημικών αντιδράσεων που συμμετέχουν στην πλήρη ενζυματική διάσπαση του πυροσταφυλικού οξέος.

Μία αναλυτική εικόνα του κύκλου του Κρεμπς δίνεται στο Παράρτημα 7-Α, «Ο κύκλος του Κρεμπς», σελ. 703. Τα βασικά χαρακτηριστικά αυτής της μεταβολικής οδού παρουσιάζονται απλουστευμένα και περιληπτικά στην εικόνα 7-3. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι:

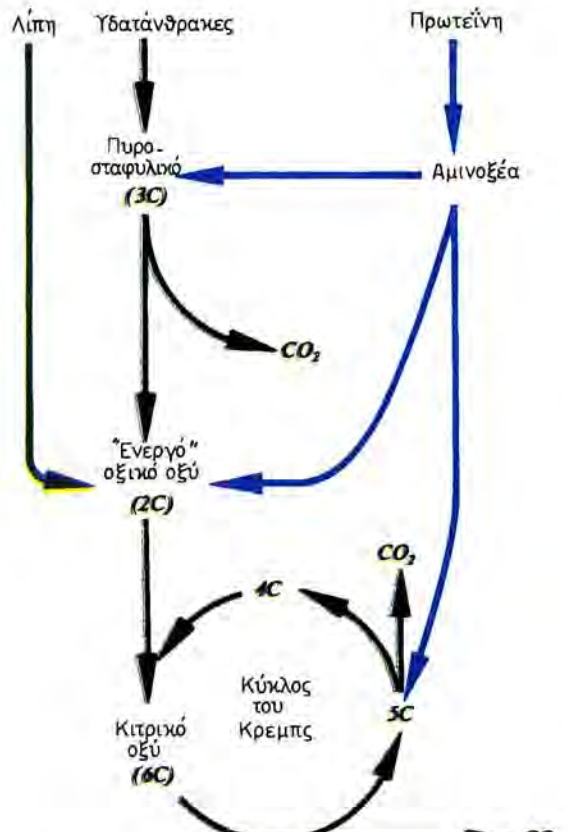
1. Η ένωση (2C) με δύο άτομα άνθρακα ενώνεται με μία ένωση με τέσσερα άτομα άνθρακα (4C), για να δώσει ένα προϊόν με έξι άτομα άνθρακα (6C).
2. Το προϊόν αυτό με έξι άτομα άνθρακα απελευθερώνει ένα μόριο CO_2 και δίνει μία ένωση με πέντε άτομα άνθρακα (5C).
3. Η ουσία αυτή (5C) απελευθερώνει ένα νέο μόριο CO_2 και δίνει ένα προϊόν 4C, το οποίο μετά από αρκετές αλλαγές μπορεί πάλι να ξαναενωθεί με την ουσία 2C.

Η εικόνα 7-3 δείχνει ότι μία ολόκληρη στροφή του κύκλου του Κρεμπς δίνει δύο μόρια διοξειδίου του άνθρακα. Τα δύο αυτά μόρια μαζί με το τρίτο, που παράχθηκε νωρίτερα κατά το σχηματισμό της 2C ουσίας, είναι τα τρία μόρια διοξειδίου του άνθρακα που παράγονται κατά την αποδόμηση ενός μορίου πυροσταφυλικού οξέος. Παράλληλα η ένωση 4C επανέρχεται στην αρχική της μορφή, συνδέεται με ένα μόριο 2C, και είναι έτοιμη να επανέλθει στη διαδικασία του κύκλου.



Εικόνα 7-3 *Ο κύκλος του Κρεμπς. Το πυροσταφυλικό οξύ απελευθερώνει ένα μόριο διοξειδίου του άνθρακα και σχηματίζει μία 2C ένωση, η οποία συνδέεται με μία 4C ένωση, για να σχηματίσει ένα 6C προϊόν. Στη διάρκεια των επομένων αντιδράσεων απελευθερώνονται δύο μόρια CO_2 με παράλληλο επανασχηματισμό της 4C ουσίας, η οποία μπορεί πάλι να ξαναμπεί στον κύκλο.*

Αρχικά πίστευαν ότι ο κύκλος του Κρεμπς εξηγεί μόνο την αναπνευστική αποικοδόμηση των υδατανθράκων, εφόσον όλοι οι υδατάνθρακες των τροφών αποδομούνται σε γλυκόζη ή πυροσταφυλικό οξύ, που είναι η ένωση με τρία άτομα άνθρακα. Πιο πρόσφατες έρευνες όμως απέδειξαν ότι ο κύκλος του Κρεμπς μπορεί να ερμηνεύσει και την αποικοδόμηση των λιπαρών ουσιών και των πρωτεϊνών. Οι δύο αυτές κατηγορίες τροφών χρησιμοποιούνται συχνά για την παραγωγή ενέργειας κατά τη διάρκεια της αναπνοής. Η αποικοδόμηση των λιπαρών ουσιών για την παραγωγή ενέργειας καταλήγει στην ίδια 2C



Εικόνα 7-4 *Ο κύκλος του Κρεμπς (ή κύκλος του κιτρινού οξέος) είναι η κύρια μεταβολική οδός του άνθρακα κατά την αναπνευστική οξείδωση υδατανθράκων, λιπών και πρωτεϊνών. Σύγκρινε αυτή την εικόνα με την εικόνα 7-3.*

ουσία (ενεργοποιημένο οξικό οξύ) όπως και οι υδατάνθρακες. Το οξικό αυτό οξύ αποδομείται κατά τον κύκλο του Κρεμπς προς δύο μόρια CO_2.

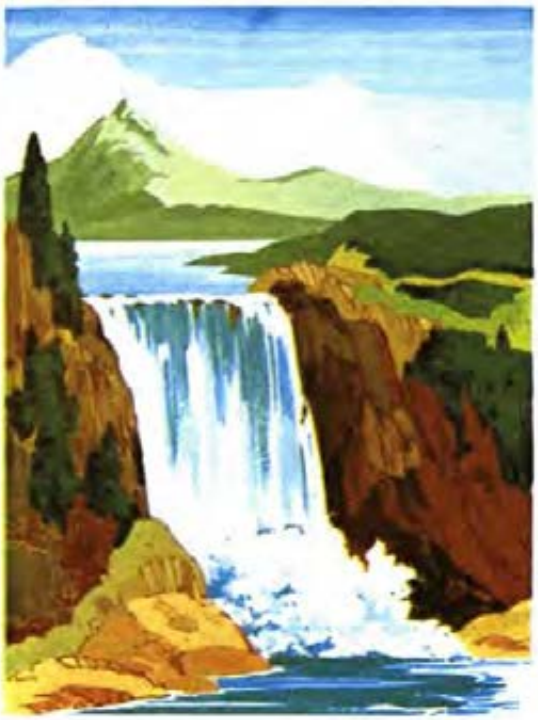
Όταν οι πρωτεΐνες χρησιμοποιούνται στην αναπνοή, αποδομούνται αρχικά σε αμινοξέα. Ο «σκελετός» του άνθρακα αυτών των αμινοξέων δίδει με τη σειρά του τις ίδιες 2C, 3C και 5C ενώσεις, που φαίνονται στην εικόνα 7-4. Οι ουσίες αυτές αποδομούνται στη συνέχεια στον κύκλο του Κρεμπς, δίνοντας διοξείδιο του άνθρακα. Όπως λοιπόν φαίνεται στην εικόνα 7-4, ο κύκλος του Κρεμπς είναι η μεταβολική οδός του άνθρακα για τις τρεις τάξεις των τροφών που χρησιμοποιούνται στην αναπνοή: υδατάνθρακες, λίπη και πρωτεΐνες.

7-4
Η οδός του υδρογόνου στη διάρκεια της αναπνοής συνδέεται με αντιδράσεις παραγωγής ενέργειας

Ίσως διερωτηθείτε γιατί δεν έγινε καμιά αναφορά στην παραγωγή ενέργειας κατά τη διάρκεια της αναλύσεως της οδού του άνθρακα, εφόσον ειπώθηκε ότι η παραγωγή ενέργειας έχει σπουδαίο ρόλο στην αναπνοή. Πράγματι, κατά τη διάρκεια των αντιδράσεων μεταφοράς του άνθρακα δεν απελευθερώνεται ενέργεια. Οι μόνες αντιδράσεις που απελευθερώνουν ενέργεια κατά τη διάρκεια της αναπνοής είναι αυτές που μεταφέρουν άτομα υδρογόνου προς το οξυγόνο, με άλλα λόγια μία σειρά αντιδράσεων γνωστή σαν ***οδός του υδρογόνου*** στη διάρκεια της αναπνοής.

Το υδρογόνο και το οξυγόνο ενώνονται για να σχηματίσουν νερό, απελευθερώνοντας μεγάλα ποσά ενέργειας. Έτσι ένα μίγμα αερίων υδρογόνου και οξυγόνου είναι πολύ εκρηκτικό. Κατά τη διάρκεια της αναπνοής όμως η σύζευξη του υδρογόνου με το οξυγόνο γίνεται με ένα ειδικό τρόπο, που καθιστά την απελευθερούμενη ενέργεια χρήσιμη για τους ζωντανούς οργανισμούς.

Ας δούμε πρώτα την εκρηκτική αντίδραση μεταξύ των αερίων υδρογόνου και οξυγόνου. Είναι αυτονόητο ότι μία έκρηξη δεν θα ήταν ο πιο κατάλληλος τρόπος για την απελευθέρωση ενέργειας για τους ζωντανούς οργανισμούς. Σε μία έκρηξη, άσχετα από το μέγεθός της, η ενέργεια απελευθερώνεται όλη μαζί, με ένα ανεξέλεγκτο τρόπο. (Δείτε τον καταρράκτη στο αριστερό μέρος της εικόνα 7-5. Κατόπιν κοιτάξτε πώς η ενέργεια του καταρράκτη ελέγχθηκε με μία σειρά υδροηλεκτρικών σταθμών, στο δεξιό μέρος της εικόνας). Στην αναπνοή η ενέργεια απελευθερώνεται με ένα ελεγχόμενο τρόπο. Το υδρογόνο δεν συνδέεται με το οξυγόνο απευθείας, αλλά το πλησιάζει σε διάφορα στάδια. Σε κάθε στάδιο του δρόμου προς το οξυγόνο τα άτομα του υδρογόνου συνδέονται με μία διαφορετική ουσία, έναν από τους διάφορους «μεταφορείς» του υδρογόνου. Όταν αυτό συμβεί, απελευθερώνεται ένα τμήμα της συνολικής ενέργειας και αποθηκεύεται στα μόρια του ATP. Τελικά, μετά από αρκετά τέτοια στάδια, τα άτομα του υδρογόνου συνδέονται με



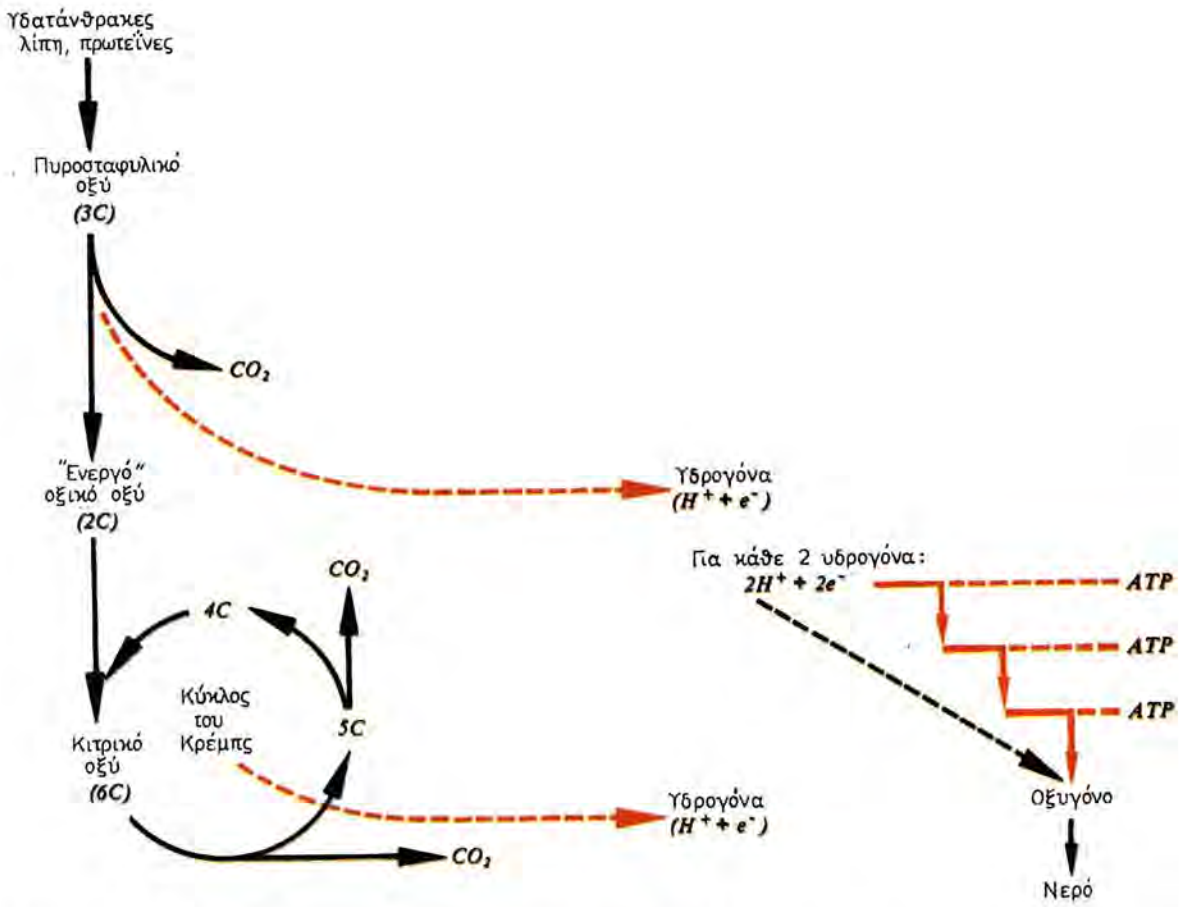


Εικόνα 7-5 *Ένας καταρράκτης απελευθερώνει όλη την ενέργειά του σε ένα στάδιο. Αν όμως το νερό κατρακυλά, φτάνει σε διάφορα επίπεδα και θέτει σε κίνηση στροβίλους στο κάθε επίπεδο, τότε η ενέργεια που απελευθερώνεται μπορεί να ελέγχεται.*

το οξυγόνο και η διαδικασία της απελευθερώσεως της ενέργειας ολοκληρώνεται.

Μέχρι τώρα συζητήσαμε τη μεταφορά ***ατόμων*** υδρογόνου. Όπως όμως θυμάστε από την παράγραφο 4-9, ένα άτομο υδρογόνου αποτελείται από ένα πρωτόνιο (H^+) και ένα ηλεκτρόνιο. Σε μερικά στάδια της μεταφοράς του υδρογόνου πρωτόνια και ηλεκτρόνια ταξιδεύουν μαζί σαν άτομα υδρογόνου. Σε μερικά άλλα στάδια όμως πρωτόνια και ηλεκτρόνια διαχωρίζονται. Τα πρωτόνια παραμένουν στο διάλυμα, ενώ τα ηλεκτρόνια μεταφέρονται από τον ένα φορέα στον άλλο. Η απελευθέρωση ενέργειας συνδέεται πάντοτε με τη μεταφορά ηλεκτρονίων, άσχετα αν τα ηλεκτρόνια αυτά συνοδεύονται ή όχι από πρωτόνια. Στο τελικό στάδιο, όταν τα ηλεκτρόνια μεταφέρονται στο άτομο του οξυγόνου, επανασυνδέονται με τα πρωτόνια, για να σχηματίσουν το μόριο του νερού. Οι βιοχημικοί κάνουν λόγο για ***μεταφορά ηλεκτρονίων*** σαν τη βασική διεργασία απελευθερώσεως της ενέργειας στη διάρκεια της αναπνοής.

Πώς όμως μεταφέρονται τα ηλεκτρόνια, συνοδευόμενα ή όχι από πρωτόνια, από το πυροσταφυλικό οξύ στο οξυγόνο; Η μεταφορά αυτή γίνεται από μία πολύπλοκη σειρά ενζύμων, γνωστή ως ***αναπνευστική αλυσίδα.*** Κάθε ένζυμο αυτής της αλυσίδας έχει μία «ενεργό ομάδα», η οποία δέχεται ηλεκτρόνια, με πρωτόνια ή χωρίς πρωτόνια, από το προηγούμενο ένζυμο, και τα μεταφέρει στην ενεργό ομάδα του επόμενου ενζύμου. Τα ένζυμα αυτά δρουν επομένως σαν μεταφορείς ηλεκτρονίων. Ένα τμήμα της ενέργειας των ηλεκτρονίων παγιδεύεται, καθώς αυτά περνούν από τον ένα μεταφορέα στον άλλο, και αποθηκεύεται με τη μορφή ATP. Στο τέλος αυτής της αλυσίδας τα ηλεκτρόνια και τα πρωτόνια του υδρογόνου συνδέονται με το οξυγόνο για να σχηματίσουν νερό. Σαν γενικός κανόνας, για κάθε μόριο υδρογόνου που μεταφέρεται στο οξυγόνο, παράγονται τρία μόρια ATP (βλέπε εικόνα 7-6). Τελικά, μετά από αρκετά τέτοια στάδια τα άτομα του υδρογόνου συνδέονται με το οξυγόνο και η



Εικόνα 7-6 *Η απελευθέρωση του υδρογόνου κατά τη διάρκεια της αναπνοής είναι πηγή ενέργειας για το κύτταρο. Οκτώ άτομα υδρογόνου απελευθερώνονται σε μία μόνο στροφή του κύκλου του Κρεμπς. Τρία μόρια ATP σχηματίζονται συνήθως ανά δύο άτομα υδρογόνου. Το υδρογόνο συνδέται με το οξυγόνο για να σχηματίσει νερό.*

διαδικασία της απελευθερώσεως της ενέργειας ολοκληρώνεται.

Ποια όμως είναι η χημική δομή των «ενεργών ομάδων» αυτών των ενζύμων; Θα εκπλαγείτε αν μάθετε ότι εν μέρει αποτελούνται από ουσίες που σας είναι γνωστές – από τις βιταμίνες και τα μεταλλικά άλατα των τροφών. Οι φορείς ηλεκτρονίων που μεταφέρουν τα ηλεκτρόνια και τα πρωτόνια του υδρογόνου από τις οργανικές ενώσεις στην αναπνευστική αλυσίδα είναι συνήθως το NAD και το NADP. Γνωρίζετε τώρα πια ότι το NADP παίζει τον ίδιο ρόλο στη φωτοσύνθεση. Το NAD (νικοτιναμίδιο-αδενινοδινουκλεοτίδιο) μοιάζει πολύ με το NADP. Η μόνη διαφορά μεταξύ των δύο αυτών μορίων είναι ότι, σε αντίθεση με το NADP (δέστε και Παράρτημα 6-Δ), το NAD δεν έχει τη φωσφορική προσθετική ομάδα στο μόριο της ριβόζης.

Σημειώστε επίσης στο Παράρτημα 6-Δ ότι ένα τμήμα του μορίου του NADP είναι νικοτιναμίδιο, χημική ένωση που είναι γνωστή επίσης σαν νιασίνη, μία βιταμίνη της ομάδας Β. Οι μεταφορείς ηλεκτρονίων της αναπνευστικής αλυσίδας περιέχουν ριβοφλαβίνη (βιταμίνη B_2), όπως επίσης και τα μέταλλα σίδηρο και χαλκό. Τώρα επομένως γνωρίζετε τουλάχιστον ένα σοβαρό λόγο για τον οποίο οι βιταμίνες και τα ιχνοστοιχεία (μεταλλικά άλατα) είναι απαραίτητα στη διατροφή. (Για μια πιο λεπτομερή περιγραφή βλέπε Παράρτημα 7-Β, «Η αναπνευστική αλυσίδα», σελίδα 704).

7-5
Η αναπνοή απελευθερώνει ενέργεια και προμηθεύει δομικά συστατικά για το κύτταρο

Πριν από 200 χρόνια οι επιστήμονες κατάλαβαν ότι τόσο η καύση όσο και η αναπνοή μπορούν να παράγουν θερμότητα από καύσιμα. Η καύση μετατρέπει απευθείας τη χημική ενέργεια σε φως και θερμότητα. Η αναπνοή αντίθετα μετατρέπει σταδιακά τη χημική ενέργεια των τροφών σε μία άλλη μορφή χημικής ενέργειας (ATP), που χρησιμοποιείται από τα κύτταρα. Στη διάρκεια της αναπνοής απελευθερώνεται επίσης θερμότητα, αλλά με ένα πολύ πιο βραδύ τρόπο από ό,τι με την καύση. Η απελευθερούμενη αυτή θερμότητα χρησιμεύει, σε πολλούς οργανισμούς, για να τους κρατά ζεστούς. Οι θερμορυθμιστικοί μηχανισμοί στον άνθρωπο και σε πολλά άλλα ζώα κρατούν σταθερή την εσωτερική θερμοκρασία του σώματος. Η θερμοκρασία του σώματός σας παραμένει σταθερή με όρια ένα ή δύο βαθμούς πάνω-κάτω. Μπορεί να αυξηθεί μερικούς βαθμούς, όταν αρρωστήσετε, αλλά κατεβαίνει πάλι στη φυσιολογική της τιμή όταν θεραπευθείτε.

Οι εικόνες 7-1 και 7-6 δίνουν μία περίληψη των κυριοτέρων χαρακτηριστικών της αναπνοής. Το πρώτο στάδιο είναι ανεξάρτητο από την παρουσία οξυγόνου. Παράγονται δύο μόρια πυροσταφυλικού οξέος καθώς και δύο μόρια ATP και απελευθερώνονται δύο άτομα υδρογόνου. Στη δεύτερη φάση της αναπνοής ένα μόριο διοξειδίου του άνθρακα απελευθερώνεται από το πυροσταφυλικό οξύ και η ένωση με δύο άτομα άνθρακα που παραμένει μπαίνει στον κύκλο του Κρεμπς για να δώσει διοξείδιο του άνθρακα και άτομα υδρογόνου. Πρέπει να θυμάστε ότι ο κύκλος του Κρεμπς είναι ο «μύλος» που σπάζει όχι μόνο τους υδατάνθρακες, αλλά και τα λίπη και τις πρωτεΐνες, οποτεδήποτε οι δύο αυτές τάξεις οργανικών ενώσεων χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας.

Η οδός του υδρογόνου στην αναπνοή οδηγεί σε παραγωγή ενέργειας και απελευθερώνει, ως παραπροϊόν, ***νερό.*** Δύο τουλάχιστον, αλλά συνηθέστερα τρία μόρια ATP, σχηματίζονται για κάθε δύο άτομα υδρογόνου, ή για κάθε άτομο οξυγόνου που χρησιμοποιείται στην αναπνοή. Η συνολική εξίσωση για την αναπνοή που δίνεται στη σελίδα 138 δείχνει ότι έξι μόρια (12 άτομα) οξυγόνου χρησιμοποιούνται για κάθε μόριο γλυκόζης. Η αναπνευστική αλυσίδα απελευθερώνει 34 μόρια ATP για κάθε μόριο γλυκόζης. Αν σε αυτά προστεθούν τα δύο μόρια ATP, που παράγονται κατά την αναερόβια φάση, προκύπτει ότι 36 μόρια ATP παράγονται συνολικά για κάθε μόριο γλυκόζης.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στους οργανισμούς που ζουν σήμερα η αναπνοή χρησιμοποιεί και αντιδράσεις, που παράγουν ενέργεια, αλλά δεν χρησιμοποιούν οξυγόνο. Οι ίδιες αυτές αντιδράσεις αποτελούν τμήμα της ζυμώσεως. Καθώς λοιπόν η διαδικασία της αναπνοής εξελισσόταν, οι οργανισμοί δεν απέρριψαν τις πρωτόγονες αντιδράσεις της ζυμώσεως, που επέτρεπαν στους αναερόβιους οργανισμούς να παράγουν ενέργεια. Αντίθετα πρόσθεσαν νέες αερόβιες διαδικασίες, στις οποίες το οξυγόνο είναι ο τελικός αποδέκτης των ηλεκτρονίων.

Η απελευθέρωση ενέργειας δεν είναι η μόνη σπουδαία λειτουργία της αναπνοής. Οι ενδιάμεσες αντιδράσεις της, κυρίως αυτές του κύκλου του Κρεμπς, διασπούν μεγάλα μόρια σε μικρότερα. Τα μικρά αυτά μόρια χρησιμοποιούνται ως δομικοί λίθοι για πολλά άλλα μεγαλύτερα μόρια, που είναι απαραίτητα για τη ζωή του οργανισμού. Επομένως η σημασία της αναπνοής είναι διπλή: Η απελευθέρωση ενέργειας και η παροχή δομικών λίθων για τη σύνθεση νέων ενώσεων.

7-6
Η αναπνοή γίνεται σε ειδικά τμήματα του κυττάρου

Η αναπνοή είναι ένα πολύ πολύπλοκο φαινόμενο και δεν μπορεί να συμβαίνει με τυχαίο τρόπο μέσα στο κύτταρο. Περιλαμβάνει μία ολόκληρη σειρά ενζύμων και πολλές χημικές αντιδράσεις. Πώς όμως όλες οι απαραίτητες ουσίες «συναθροίζονται» μέσα στο κύτταρο; Πώς το προϊόν μιας χημικής αντιδράσεως «παραδίδεται» σαν υπόστρωμα στο επόμενο, χωρίς να «χάνεται» ανάμεσα στις τόσες χημικές αντιδράσεις του κυττάρου;

Ολόκληρη η διεργασία της αναπνοής γίνεται σε ειδικά τμήματα του κυττάρου. Αυτά τα διαμερίσματα, γνωστά ως μιτοχόνδρια, αποτελούν τους «σταθμούς παραγωγής



Εικόνα 7-7 *Ένα μιτοχόνδριο παγκρέατος νυχτερίδας όπως φαίνεται στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (Χ 25.000).*

ενέργειας» για το κύτταρο. Περιέχουν ολόκληρο τον απαραίτητο ενζυμικό μηχανισμό για τον κύκλο του Κρεμπς, την αναπνευστική αλυσίδα και την παραγωγή ATP. Σε κάθε μιτοχόνδριο τα ένζυμα αυτά είναι οργανωμένα σε μία πολύπλοκη διάταξη. Το τελικό προϊόν αυτής της ενζυμικής αλυσίδας είναι οι τροφές και το οξυγόνο. Παραπροϊόντα αυτών των αντιδράσεων είναι το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό.

Η εικόνα 7-7 δείχνει ένα μεγάλο μιτοχόνδριο. Ο αριθμός των μιτοχονδρίων διαφέρει ανάλογα με τα κύτταρα. Μερικά κύτταρα περιέχουν μόνο 10 ως 20 μιτοχόνδρια. Άλλα περιέχουν αρκετές χιλιάδες. Για παράδειγμα, ένα ηπατικό κύτταρο περιέχει περίπου χίλια μιτοχόνδρια. Ένα μέσο μιτοχόνδριο μοιάζει με λουκάνικο και έχει μήκος δύο έως τρία μικρόμετρα (μm) και πάχος περίπου ένα μικρόμετρο.

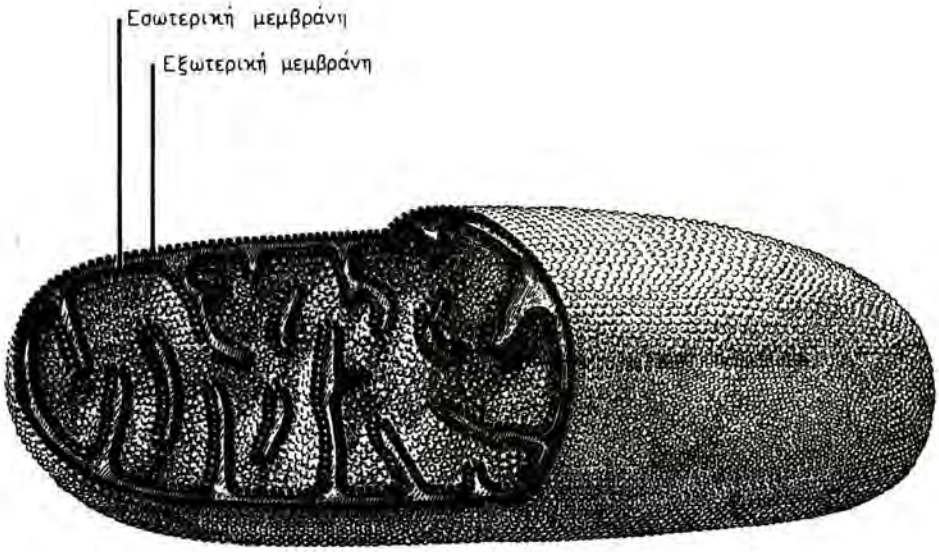
Μετά από κατάληλη χρώση μπορούμε να παρατηρήσομε τα μιτοχόνδρια στο μικροσκόπιο. Η λεπτομερειακή όμως δομή του μιτοχονδρίου αποκαλύπτεται μόνο με τη χρήση του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου. Η εικόνα 7-8 δίνει ένα διάγραμμα της εσωτερικής δομής ενός μιτοχονδρίου. Το μιτοχόνδριο περιβάλλεται από δύο συνεχή «στρώματα» μεμβρανών. Τμήματα της εσωτερικής μεμβράνης σχηματίζουν προεξοχές προς το εσωτερικό του οργανιδίου, που ονομάζονται ***αναδιπλώσεις*** ή ***σάκοι.*** Αυτές οι αναδιπλώσεις αυξάνουν πολύ τη συνολική επιφάνεια της εσωτερικής μιτοχονδριακής μεμβράνης, σε σχέση με την εξωτερική. Και οι δύο μιτοχονδριακές μεμβράνες αποτελούνται από μόρια πρωτεΐνης και λιπιδίων.

Τα τελευταία χρόνια έχομε μάθει πολλά για τη διάταξη και κατανομή των ενζύμων στο μιτοχόνδριο. Έτσι σήμερα γνωρίζομε ότι τα ένζυμα του κύκλου του Κρεμπς βρίσκονται στο υγρό μεταξύ των δύο μιτοχονδριακών μεμβρανών καθώς και στο εσωτερικό μιτοχονδριακό χώρο. Αντίθετα, τα ένζυμα της αναπνευστικής αλυσίδας είναι κατανεμημένα πάνω σε χιλιάδες λεπτά σωματίδια, που είναι προσκολημμένα στην εσωτερική και την εξωτερική μιτοχονδριακή μεμβράνη. Κάθε τέτοιο σωματίδιο περιέχει ένα πλήρη σχηματισμό αυτών των ενζύμων, που είναι τοποθετημένα με την ίδια σειρά που αντιδρούν και στην αναπνευστική αλυσίδα. Οι μιτοχονδριακές μεμβράνες λοιπόν είναι γεμάτες από τέτοια σωματίδια, που το κάθε ένα τους δρα σαν αυτοδύναμη μονάδα. Υπολογίζεται ότι κάθε μιτοχόνδριο περιέχει περίπου 15.000 τέτοια σωματίδια.

Πώς λοιπόν η δομή του μιτοχονδρίου βοηθά στην παραγωγή ATP κατά τη διάρκεια της αναπνοής; Μοιάζει άραγε με τον τρόπο που η δομή του χλωροπλάστη βοηθά στην παραγωγή ATP κατά τη φωτοσύνθεση; Παρόμοιοι μηχανισμοί μπορεί να ισχύουν και για τις δύο αυτές διεργασίες.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διαδικασία της αναπνοής περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό χημικών αντιδράσεων, που η κάθε μία τους ελέγχεται από ένα διαφορετικό ένζυμο. Η μία ομάδα αυτών των αντιδράσεων, που ονομάζεται η οδός του άνθρακα, απελευθερώνει τον άνθρακα των τροφών υπό μορφή διοξειδίου του άνθρακα. Η δεύτερη ομάδα, που ονομάζεται οδός του υδρογόνου, μεταφέρει τα άτομα του υδρογό-



Από το βιβλίο «The Mitochondrion» υπό Nτ. Ε. Γκριν. Copyright © 1983 υπό Scientific American Inc.

Εικόνα 7-8 *Δομή του μιτοχονδρίου. Η εσωτερική μεμβράνη παρουσιάζει αναδιπλώσεις αυξάνοντας έτσι την επιφάνεια στην οποία δρουν τα ένζυμα. Τα σωματίδια που βρίσκονται πάνω και στις δύο μεμβράνες αποτελούν τμήματα της ίδιας της μεμβράνης. Εμφανίζουν αυτή τη μορφή των σωματιδίων κυρίως μετά από χρώση. Τα περισσότερα ένζυμα του κύκλου του Κρεμπς βρίσκονται στο εσωτερικό του μιτοχονδρίου. Μερικά από αυτά τα ένζυμα αποτελούν τμήμα της εσωτερικής μιτοχονδριακής μεμβράνης, πάνω στην οποία βρίσκονται και τα ένζυμα της αναπνευστικής αλυσίδας.*

νου των τροφών προς το οξυγόνο, σχηματίζοντας μόρια νερού. Κατά τη διάρκεια της οδού του υδρογόνου καταναλίσκεται οξυγόνο και παράγεται ενέργεια. Οι δύο αυτές μεταβολικές οδοί συνδέονται άμεσα μεταξύ τους. Η αναπνοή γίνεται σε ειδικά κυτταρικά οργανίδια, που ονομάζονται μιτοχόνδρια. Τα μιτοχόνδρια περιλαμβάνουν όλα τα ένζυμα που ρυθμίζουν τα στάδια της αναπνοής. Μέσα σε κάθε μιτοχόνδριο, τα ένζυμα είναι οργανωμένα μέσα σε ειδικά σωματίδια που έχουν την ίδια δομή και σύσταση.

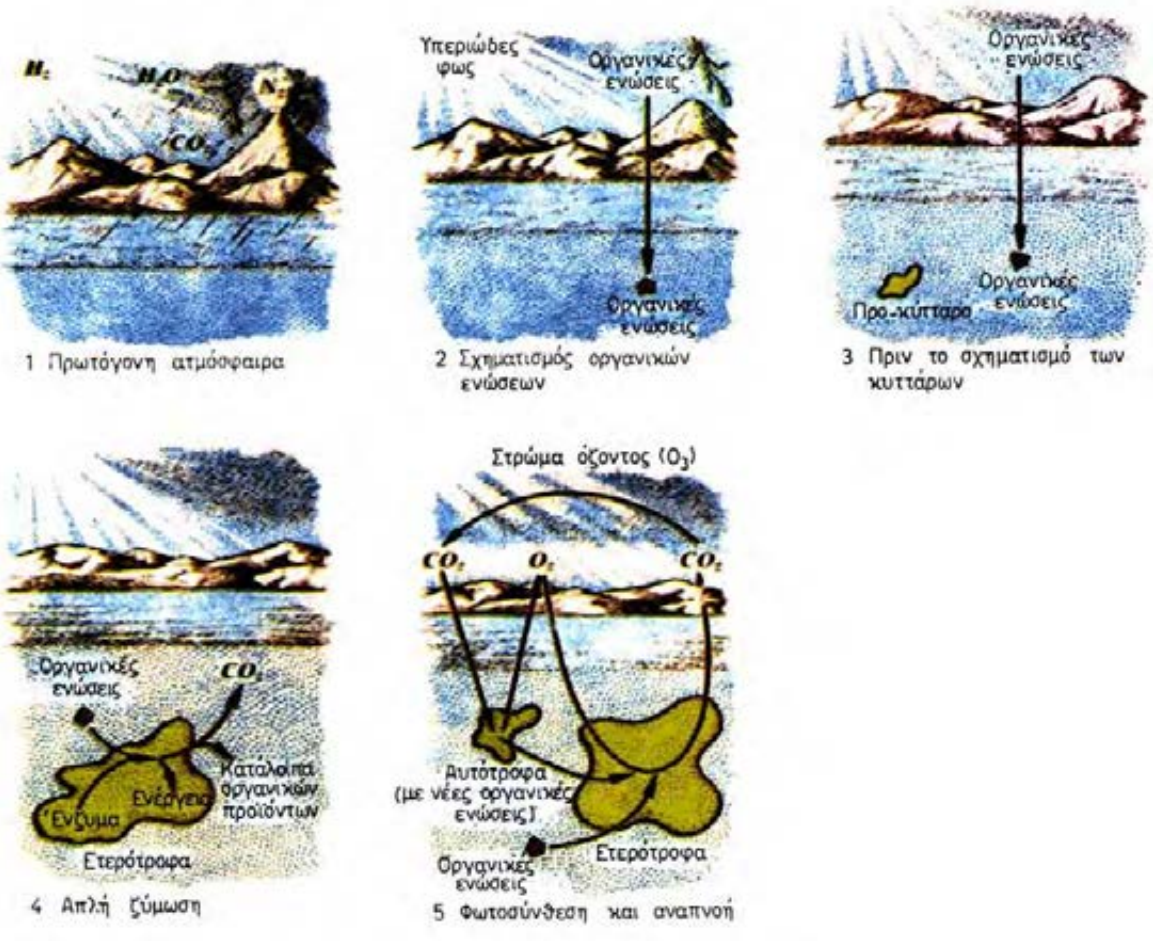
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Πώς αποδομούνται κατά τη διάρκεια της αναπνοής τα λιπίδια και οι πρωτεΐνες;
2. Ποια είναι η μεταβολική τύχη του πυροσταφυλικού οξέος πριν από την έναρξη του κύκλου του Κρεμπς;
3. Κατά τη διάρκεια της αναπνοής η απελευθέρωση ενέργειας και η παραγωγή ATP συνδέεται με την οδό του άνθρακα ή του υδρογόνου;
4. Σε ποια άτομα μεταφέρονται τελικά τα ηλεκτρόνια κατά τη διάρκεια της μεταβολικής λειτουργίας της αναπνοής;
5. Πόσα μόρια ATP ανά μόριο γλυκόζης παράγονται κατά τη διάρκεια της αναπνοής;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

ΒΑΣΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ

Καθώς το οξυγόνο που παραγόταν από τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς διέφευγε στην ατμόσφαιρα, σχημάτισε μία προστατευτική στοιβάδα όζοντος, που απορροφούσε τις επικίνδυνες για τη ζωή υπεριώδεις ηλιακές ακτινοβολίες. Έτσι κάτω από την προστατευτική στοιβάδα του όζοντος οι ζωντανοί οργανισμοί δεν ήταν πια υποχρεωμένοι να παρα-



Εικόνα 7-9 *Η υπόθεση των ετεροτρόφων οργανισμών προϋποθέτει τη σταδιακή ανάπτυξη της ζωής. Προϋποθέτει επίσης ότι οι πρώτοι ζωντανοί οργανισμοί αναπτύχθηκαν με απουσία οξυγόνου και ότι η φωτοσύνθεση και η αναπνοή αναπτύχθηκαν βαθμιαία σε μεταγενέστερα στάδια.*

μένουν κάτω από το νερό. Βγήκαν στη γη και άρχισαν να ζουν εκεί που η ζωή ήταν πριν αδύνατη. Για πρώτη φορά στην ιστορία της γης ήταν δυνατή η ζωή σε χερσαίο περιβάλλον.

Τώρα που η ισχυρή ηλιακή υπεριώδης ακτινοβολία δεν έφθανε στην επιφάνεια του εδάφους (και δεν μπορούσαν να σχηματίσουν άμεσα νέες οργανικές ενώσεις) η φωτοσύνθση έγινε η κύρια λειτουργία παραγωγής βιομορίων. Παράλληλα με τη δημιουργία οργανικών ενώσεων η φωτοσύνθεση παρήγαγε συνεχώς οξυγόνο, το οποίο έγινε ένα σταθερό συστατικό της γήινης ατμόσφαιρας. Η σταθερή αυτή παρουσία οξυγόνου έκανε τους ζώντες οργανισμούς να αναπτύξουν μία νέα λειτουργία, την αναπνοή. Κατά τη διάρκεια της αναπνοής τα κύτταρα χρησιμοποιούν οξυγόνο για να απελευθερώσουν την αποθηκευμένη στις τροφές χημική ενέργεια. Η αναπνοή είναι πολύ πιο αποδοτική από τη ζύμωση. Έτσι στη διάρκεια της αναπνής ένα μόριο γλυκόζης απελευθερώνει 36 μόρια ATP, αντί για δύο μόνο μόρια ATP που απελευθερώνονται στη διάρκεια της ζυμώσεως.

Με αυτό το κεφάλαιο ολοκληρώσατε τη μελέτη των αρχεγόνων ετεροτρόφων οργανισμών και ξεκινήσατε τη μελέτη της ζωής στην ατμόσφαιρα με παρουσία οξυγόνου. Τα βασικά σημεία της υποθέσεως για τους ετερότροφους οργανισμούς και της δημιουργίας της ζωής παρουσία οξυγόνου παρουσιάζονται

στην εικόνα 7-9.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι συμβαίνει όταν η υπεριώδης ακτινοβολία επιδρά πάνω στο αέριο οξυγόνο;
2. Για ποιο λόγο περισσότερα κύτταρα ζύμης αναπτύσσονται σε ένα διάλυμα γλυκόζης παρουσία αέρα, παρά σε αναερόβιες συνθήκες;
3. Ποια είναι τα δύο μέρη του ατόμου του υδρογόνου; Ποιο τμήμα μεταφέρεται πάντα κατά τη διάρκεια της αναπνευστικής αλυσίδας;
4. Πόσες φορές μεγαλύτερη είναι η παραγωγή ATP κατά τη διάρκεια της αναπνοής σε σχέση με τη ζύμωση;
5. Περιμένετε να βρείτε μιτοχόνδρια σε αναερόβια βακτήρια; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.
6. Ποια ήταν τα δύο σπουδαία αποτελέσματα της δημιουργίας της ατμοσφαιρικής στοιβάδας του όζοντος;
7. Με ποιο σκοπό η αναπνοή μαζί με τη φωτοσύνθεση συμπληρώνει τον κύκλο της ύλης;
8. Αν 12 ζεύγη ηλεκτρονίων περάσουν μέσα από την αναπνευστική αλυσίδα πόσα μόρια ATP περιμένετε να συντεθούν – 24, 34, 44;
9. Πιστεύετε ότι οι χλωροπλάστες δημιουργήθηκαν πριν ή μετά τα μιτοχόνδρια; Γιατί;
10. Ποιο κύριο συστατικό των οργανισμών δεν μπορεί να ανακυκλωθεί; Με ποιο τρόπο ανανεώνεται;

ΑΡΘΡΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΒΑΣΜΑ

DeWitt, W. *Biology of the Cell: An Evolutionary Approach*. Philadelphia, W. B. Saunders Co., 1977.

Margulis, L. "Symbiosis and Evolution." *Scientific American*, August, 1971.

Metzler, D. E. *Biochemistry: The Chemical Reactions of Living Cells*. New York, Academic Press, 1977.

Schultz, J., and B. F. Cameron. *Molecular Basis of Electron Transport*. New York, Academic Press, 1972.



ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ



Νέα Ζωή

Χωρίς τη δυνατότητα αναπαραγωγής η ζωή δεν θα μπορούσε να συνεχισθεί. Κανένας οργανισμός δεν μπορεί να επιζήσει αιώνια, εφόσον οι κίνδυνοι στο περιβάλλον είναι συχνοί και πολλοί. Ζέστη, κρύο, ξηρασία και πλημμύρες, πείνα και φωτιά, μαζί με τα γηρατειά, τις αρρώστιες και τη διαρκή αναζήτηση τροφής, είναι οι κυριότεροι από αυτούς. Αλλά υπάρχουν και άλλοι κίνδυνοι. Μπορείτε να αναφέρετε μερικούς; (Η φωτογραφία δείχνει την ανάπτυξη της φυτικής ζωής 18 χρόνια μετά από μία ηφαιστειακή έκρηξη). Τι όμως οδηγεί στην καινούργια ανάπτυξη και αναπαραγωγή; Πώς μπορεί η ζωή να μεταφέρεται σε νέα κύτταρα και οργανισμούς;

Βασική Βιομορία 8



Αν όλα πάνε καλά στα προστατευμένα αυτά ρηχά νερά, ένα δείπνο σολωμού θα αρχίσει να ετοιμάζεται. Αλλά τι προσδιορίζει από την αρχή τη δημιουργία των νεαρών αυτών μικρών ψαριών;

Μέχρι τώρα μάθατε ότι στο εσωτερικό των κυττάρων όλες οι απαραίτητες διαδικασίες για τη ζωή καταλύονται από ένζυμα. Τα ένζυμα είναι πρωτεΐνες. Όλες οι πρωτεΐνες αποτελούνται από 20 διαφορετικά αμινοξέα. Τα αμινοξέα διατάσσονται σε διαφορετικούς συνδυασμούς, όπως συμβαίνει με τα γράμματα του αλφαβήτου, για να σχηματίσουν τις διαφορετικές λέξεις. Πώς σχηματίζονται οι πρωτεΐνες; Τι είναι αυτό που ελέγχει τη διαφορετική σειρά των αμινοξέων στο σχηματισμό των διαφόρων πρωτεϊνών; Με ποιο τρόπο οι οδηγίες για το σχηματισμό των πρωτεϊνών μεταφέρονται από το μητρικό στο θυγατρικό κύτταρο; Αυτές είναι οι ερωτήσεις που θα μας απασχολήσουν στη διάρκεια αυτού του κεφαλαίου.

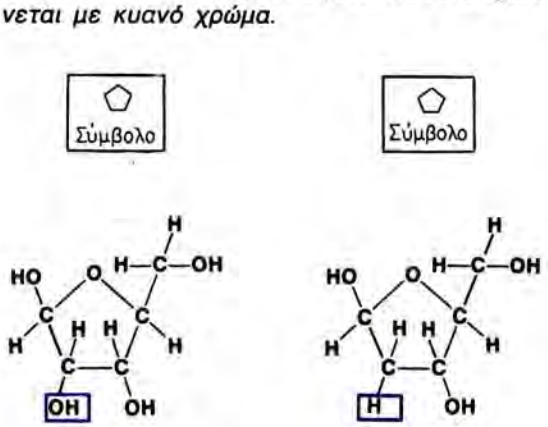
Τα νουκλεϊνικά (πυρηνικά) οξέα

8-1
Τα νουκλεϊνικά οξέα βρίσκονται σε όλα τα κύτταρα

Πολλοί βιολόγοι πιστεύουν ότι τα νουκλεϊνικά οξέα είναι τα πιο καταπληκτικά μόρια που βρίσκονται στους ζωντανούς οργανισμούς. Όλα τα σύγχρονα πειραματικά δεδομένα δείχνουν ότι τα νουκλεϊνικά οξέα είναι τα μόρια, που ασκούν τον πρωταρχικό έλεγχο στη σύνθεση των ενζύμων (πρωτεΐνες), που με τη σειρά τους ελέγχουν τις βασικές κυτταρικές λειτουργίες όλων των ζώντων οργανισμών. Τα νουκλεϊνικά οξέα αποτελούν το χημικό δεσμό μεταξύ των γενιών. Οι επιστήμονες μελέτησαν προσεκτικά τη δομή των νουκλεϊνικών οξέων και προσπάθησαν να καταλάβουν πώς αυτή η κατηγορία των βιομορίων μπορεί να παίζει ένα τόσο βασικό ρόλο σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς. Έτσι τα τελευταία χρόνια μάθαμε πολλά γι' αυτά τα μόρια. Μερικές από τις συναρπαστικότερες ανακαλύψεις της σύγχρονης βιολογίας έγιναν, καθώς επιστήμονες από ολόκληρο τον κόσμο μελετούσαν τη δομή και τη λειτουργία των νουκλεϊνικών οξέων.

Τα νουκλεϊνικά οξέα απομονώθηκαν για πρώτη φορά από τον Ελβετό ερευνητή Φ. Μίεσερ από τα λευκά αιμοσφαίρια και το σπέρμα ψαριών. Η αξιόλογη αυτή σειρά ερευνών άρχισε το 1869. Οι νέες αυτές χημικές ενώσεις δεν έμοιαζαν με καμιά άλλη τάξη κυτταρικών ουσιών, όπως π.χ. με τις πρωτεΐνες, τα λιπίδια ή τους υδατάνθρακες. Ήταν όξινες και περιείχαν σε μεγάλη αναλογία το στοιχείο φωσφόρο. Επειδή βρέθηκαν στον πυρήνα των κυττάρων (nucleus στα λατινικά), ο Μίεσερ τις ονόμασε «νουκλεϊνικά (πυρηνικά) οξέα». Επιπλέον ο Μίεσερ υπέθεσε ότι τα νουκλεϊνικά αυτά οξέα ήταν το κληρονομικό υλικό των κυττάρων. Πράγματι, κατά τη διάρκεια της μελέτης και άλλων ζώων ή φυτών έγινε αντιληπτό ότι τα νουκλεϊνικά

Εικόνα 8-1 *Το DNA και το RNA ονομάζονται έτσι από τα σάκχαρα ριβόζη και δεοξυριβόζη. Κάθε μόριο νουκλεϊνικού οξέος περιέχει το ένα ή το άλλο από αυτά τα σάκχαρα. Η μόνη διαφορά τους είναι ένα άτομο, στο σημείο που επισημαίνεται με κυανό χρώμα.*



αυτά οξέα βρίσκονται σε όλα τα κύτταρα.

Καθώς οι αναλυτικές μέθοδοι για τη μελέτη των νουκλεϊνικών οξέων εξελίσσονταν και καλυτέρευαν, οι επιστήμονες συνέκριναν τη δομή των νουκλεϊνικών οξέων από διάφορους οργανισμούς. Με μεγάλη τους έκπληξη χημικοί και βιολόγοι πιστοποίησαν ότι η δομή των νουκλεϊνικών οξέων ήταν παρόμοια σε όλες τις μορφές του ζωικού και του φυτικού βασιλείου, από τα βακτηρίδια και τα φυτά ως τον άνθρωπο. Μεταγενέστερες μελέτες έδειξαν ότι τα νουκλεϊνικά οξέα δεν βρίσκονται μόνο στον πυρήνα αλλά και σε άλλα τμήματα του κυττάρου! Παρόλα αυτά, ο όρος νουκλεϊνικά οξέα εξακολουθεί να χρησιμοποιείται, αν και δεν είναι απόλυτα ακριβής.

8-2
Το μόριο των νουκλεϊνικών οξέων αποτελείται από διαφορετικές δομικές μονάδες

Για να κατανοήσουν οι επιστήμονες τη σύσταση των νουκλεϊνικών οξέων, ανέλυσαν το μόριό τους με χημικές μεθόδους. Συνέλεξαν ένα μεγάλο αριθμό πυρήνων, απομόνωσαν αρκετή ποσότητα νουκλεϊνικών οξέων και μελέτησαν τη σύστασή τους. Βρήκαν ότι η αποικοδόμηση των νουκλεϊνικών οξέων δίδει ένα μικρό αριθμό σχετικά απλών ενώσεων, που επαναλαμβάνονται συνεχώς. Το μόριο των νουκλεϊνικών οξέων είναι τεράστιο. Τα νουκλεϊνικά οξέα είναι τα μεγαλύτερα μόρια που μπορούμε να συναντήσομε σε ζωντανούς οργανισμούς. Το μυστικό της μεγάλης λειτουργικής σπουδαιότητας των νουκλεϊνικών οξέων στα ζωντανά συστήματα βρίσκεται στις απλές μικρές δομικές τους μονάδες.

Η βασική μονάδα ενός νουκλεϊνικού οξέος είναι το ***νουκλεοτίδιο.*** Κάθε μόριο νουκλεϊνικού οξέος αποτελείται από 4 διαφορετικά είδη νουκλεοτιδίων, που είναι διατεταγμένα σε μία μακριά αλυσίδα. Όπως μπορεί κανείς να κατατάξει 4 διαφορετικές χάντρες (κόκκινη, πράσινη, κίτρινη και γαλάζια) σε ένα σπάγγο σε πολλούς διαφορετικούς συνδυασμούς, έτσι και τα 4 είδη νουκλεοτιδίων διατάσσονται με διαφορετικούς τρόπους στην αλυσίδα του μορίου των νουκλεϊνικών οξέων.

Κάθε νουκλεοτίδιο μπορεί στη συνέχεια να διασπασθεί σε τρία μέρη. Ένα από αυτά είναι πάντοτε ένα σάκχαρο. Ένα είδος νουκλεϊνικού οξέος περιέχει ένα σάκχαρο με πέντε άτομα άνθρακα, τη ριβόζη (εικόνα 8-1). Τα νουκλεϊνικά οξέα που περιέχουν ριβόζη ονομάζονται ***ριβοζονουκλεϊνικά οξέα*** ή σε σύντμηση ***RNA.*** Ο συντακτικός τύπος της ριβόζης δείχνει ότι 4 από τα άτομα του άνθρακα ενώνονται με ένα άτομο οξυγόνου και σχηματίζουν ένα δακτύλιο. Παρατηρήστε στο διάγραμμα ότι ένα από τα (– OH) του μορίου έχει χρώμα γαλάζιο. Η έμφαση σ' αυτό το υδροξύλιο θα γίνει αντιληπτή σε μία επόμενη παράγραφο.

Ένα άλλο είδος νουκλεϊνικού οξέος περιέχει στο μόριό του ένα παρόμοιο μόριο σακχάρου με πέντε άτομα άνθρακα, ***τη δεοξυριβόζη.*** Αν παρατηρήσομε το δομικό του τύπο στην εικόνα 8-1, βλέπομε ότι η δεοξυριβόζη έχει ένα άτομο (– H) αντί για ένα (– OH) στο ίδιο άτομο άνθρακα. Με άλλα λόγια λείπει ένα άτομο οξυγόνου. Το σάκχαρο αυτό ονομάζεται ***δεοξυριβόζη,*** δηλαδή ριβόζη που της λείπει ένα οξυγόνο (δε-οξυ). Τα νουκλεϊνικά οξέα που περιέχουν δεοξυριβόζη ονομάζονται ***δεσοξυριβοζονουκλεϊνικά οξέα*** ή σε σύντμηση ***DNA.*** Επομένως οι δύο μεγάλοι τύποι νουκλεϊνικών οξέων ονομάζονται από το σάκχαρο που περιέχουν στο μόριό τους.

Τα άλλα δύο τμήματα του μορίου των νουκλεοτιδίων είναι: (1) Μία ένωση φωσφόρου, το φωσφορικό οξύ (H_3PO_4) και (2) μία ένωση, που περιέχει άνθρακα, υδρογόνο και άζωτο με μορφή δακτυλίου και που ονομάζεται αζωτούχος βάση. Οι βάσεις στο μόριο των νουκλεοτιδίων έχουν είτε ένα, είτε δύο δακτυλίους.

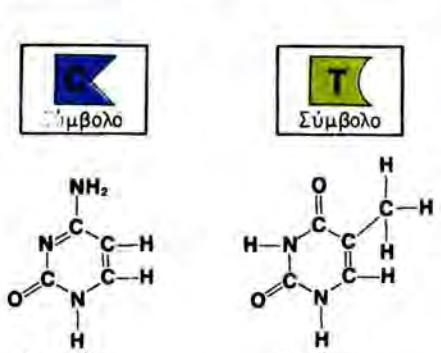
Κάθε ένα από τα 4 είδη νουκλεοτιδίων στο DNA περιέχει τις ίδιες ομάδες σακχάρου και φωσφορικού οξέος, αλλά έχει διαφορετική βάση (βλέπε εικόνες 8-2 και 8-3). Π.χ. το μόριο του νουκλεοτιδίου της αδενίνης αποτελείται από τη συνένωση μιας βάσεως (αδενίνης), ενός σακχάρου (δεοξυριβόζη) και φωσφορικού οξέος. Τα άλλα τρία είδη νουκλεοτιδίων περιέχουν τρεις άλλες βάσεις: τη θυμίνη, την κυτοσίνη και τη γουανίνη. Η θυμίνη και η κυτοσίνη είναι ουσίες με ένα μόνο δακτύλιο και ανήκουν στην ομάδα των ***πυριμιδινών.*** Ο τύπος τους (εικόνα 8-2) περιέχει ένα κλειστό δακτύλιο στον οποίο συνδέονται τα άλλα άτομα. Η αδενίνη και η γουανίνη είναι ουσίες που περιέχουν δύο δακτύλιους (εικόνα 8-3) και ανήκουν στην ομάδα των

πουρινών. Η εικόνα 8-4 δείχνει τα τέσσερα νουκλεοτίδια του DNA.

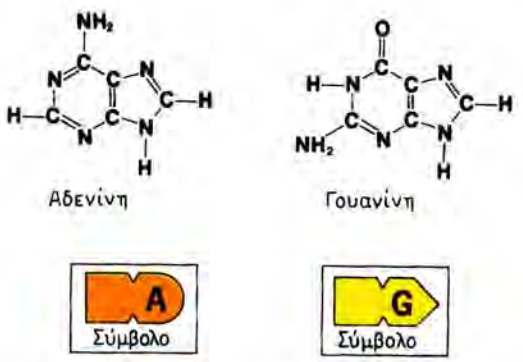
Τα νουκλεοτίδια, και ειδικά τα νουκλεοτίδια της αδενίνης, παίζουν ένα σπουδαίο ρόλο και σε άλλες κυτταρικές λειτουργίες. Το ATP, ο μεταφορέας της χημικής ενέργειας σε όλα τα βιολογικά συστήματα, είναι ένα νουκλεοτίδιο της αδενίνης. Περιέχει αδενίνη, ριβόζη (αντί για δεοξυριβόζη) και τρία μόρια φωσφορικού οξέος. (Συγκρίνετε την εικόνα 8-4 με την εικόνα 5-6 στη σελίδα 104). Τα νουκλεοτίδια της αδενίνης επίσης είναι περίπου το μισό από το σύνολο του μορίου του NADP (βλέπε παράρτημα 6-Δ), το μεταφορέα του υδρογόνου, που παίζει πρωταρχικό ρόλο στη διαδικασία της φωτοσυνθέσεως και της αναπνοής.

Οι επιστήμονες μπορούν τώρα να παράγουν πειραματικά ένα μόριο νουκλεϊνικού οξέος. Η ερευνητική ομάδα του Άρθρουρ Κόρνμπεργκ (που τώρα βρίσκεται στο πανεπιστήμιο του Στάντφορντ) απομόνωσε από βακτηρίδια ένα ένζυμο, που καταλύει τη σύνθεση του DNA από τα τέσσερα νουκλεοτίδια που το αποτελούν. Το DNA αυτό, που παράγεται στο εργαστήριο, έχει τις ίδιες ιδιότητες με αυτό που συντίθεται από τα ζωντανά κύτταρα. Για πρώτη φορά οι επιστήμονες μπορούσαν να παρατηρήσουν τη σύνθεση του DNA έξω από το ζωντανό κύτταρο!

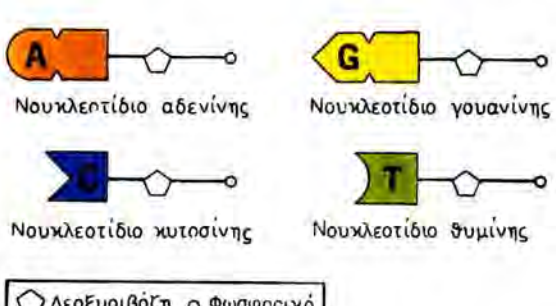
Σε τι διαφέρει η δομή του DNA; Μία διαφορά είναι ότι το σάκχαρο του RNA είναι η ριβόζη αντί για τη δεοξυριβόζη. Μία δεύτερη διαφορά είναι ότι η βάση θυμίνη δεν απαντάται στο μόριο του RNA, αλλά αντικαθίσταται από μία παρόμοια ένωση, την ***ουρακίλη.*** Οι άλλες τρεις βάσεις, η αδενίνη, η



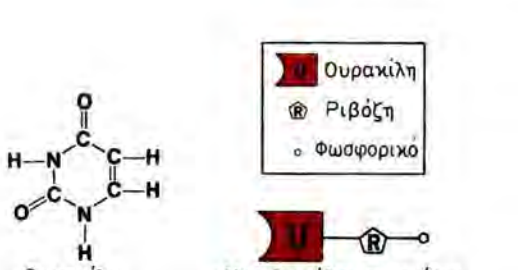
Εικόνα 8-2 *Η κυτοσίνη και η θυμίνη είναι δύο από τις βάσεις των νουκλεϊνικών οξέων. Η κάθε μία τους έχει μία δομή απλού δακτυλίου.*



Εικόνα 8-3 *Η αδενίνη και η γουανίνη είναι οι άλλες δύο βάσεις του DNA. Η κάθε μία τους έχει δομή διπλού δακτυλίου.*



Εικόνα 8-4 *Τα σύμβολα παριστάνουν την αδενίνη, τη γουανίνη, την κυτοσίνη και τη θυμίνη σ' αυτά τα διαγράμματα των νουκλεοτιδίων. Κάθε νουκλεοτίδιο αποτελείται από μία βάση, ένα σάκχαρο και μία φωσφορική ομάδα. Το σάκχαρο στα νουκλεοτίδια του DNA είναι η δεοξυριβόζη.*



Εικόνα 8-5 *Αν το σάκχαρο της εικόνας 8-4 ήταν ριβόζη, τρία από τα τέσσερα νουκλεοτίδια (αλλά όχι το νουκλεοτίδιο της θυμίνης) θα μπορούσαν να ανευρεθούν στο RNA. Ένα νουκλεοτίδιο της ουρακίλης, που αναπαρίσταται σ' αυτή την εικόνα, είναι το τέταρτο από τα νουκλεοτίδια του RNA.*

γουανίνη και η κυτοσίνη είναι ίδιες στα μόρια του DNA και του RNA. Η εικόνα 8-5 δείχνει τη δομή της ουρακίλης και το νουκλεοτίδιο που σχηματίζει.

Στο RNA, όπως ακριβώς και στο DNA, τα νουκλεοτίδια διατάσσονται σε μεγάλες αλυσίδες. Ο αριθμός και η διάταξη των νουκλεοτιδίων διαφέρει στα διάφορα μόρια του RNA, όπως συμβαίνει και στα μόρια του DNA. Αυτές οι διαφορετικές διατάξεις των νουκλεοτιδίων έχουν μεγάλη βιολογική σημασία. Είναι υπεύθυνες για την ποικιλία των ζωντανών οργανισμών που ζουν πάνω στη γη.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα νουκλεϊνικά οξέα είναι πολύ μεγάλα μόρια που απαντώνται σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς. Αποτελούνται από μικρότερους δομικούς λίθους, που ονομάζονται νουκλεοτίδια, διατεταγμένους σε αλυσίδες. Κάθε νουκλεοτίδιο αποτελείται από τρία μέρη: φωσφορικό οξύ, ένα σάκχαρο και μία αζωτούχο βάση.

Τα δύο είδη νουκλεϊνικών οξέων είναι το δεσοξυριβοζονουκλεϊνικό οξύ (DNA) και το ριβοζονουκλεϊνικό οξύ (RNA). Το DNA του κυττάρου βρίσκεται κυρίως στον πυρήνα του, ενώ το RNA βρίσκεται τόσο στον πυρήνα όσο και στο κυτταρόπλασμα. Το RNA διαφέρει από το DNA στο ότι περιέχει ένα διαφορετικό σάκχαρο και στο ότι περιέχει τη βάση ουρακίλη αντί για τη θυμίνη.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Ποιες είναι οι δύο βασικές χημικές διαφορές μεταξύ του DNA και του RNA;
2. Ποιοι είναι οι βασικοί δομικοί λίθοι από τους οποίους γίνονται τα νουκλεϊνικά οξέα;
3. Πόσα διαφορετικά είδη αζωτούχων βάσεων απαντώνται στο μόριο του DNA; Στο μόριο του RNA;
4. Σε τι διαφέρει η χημική δομή της ριβόζης από αυτή της δεοξυριβόζης;
5. Τι είναι τα νουκλεοτίδια; Περιγράψτε τη δομή ενός τυπικού νουκλεοτιδίου.
6. Συγκρίνατε τη δομή του ATP σε σχέση με αυτή ενός νουκλεοτιδίου της αδενίνης στο μόριο του DNA.

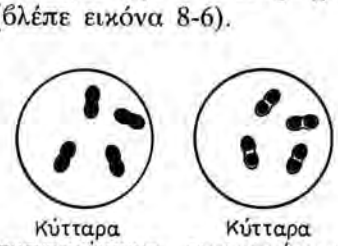
Νουκλεϊνικά οξέα και κύτταρα

8-3
Η δράση των νουκλεϊνικών οξέων

Η πρώτη πραγματική απόδειξη ότι τα νουκλεϊνικά οξέα συμμετέχουν στους κληρονομικούς μηχανισμούς του κυττάρου πραγματοποιήθηκε το 1944 από τους Ο. Άβερι, Κ. Μακλέουτ και Μ. Μακάρθι του Ινστιτούτου Ροκφέλλερ της Νέας Υόρκης. Οι επιστήμονες αυτοί μελετούσαν τους πνευμονιοκόκκους, τα βακτηρίδια που προκαλούν την πνευμονία. Για να καταλάβομε την έκπληξη των επιστημόνων από αυτή την έρευνα, πρέπει να μάθομε μερικά πράγματα γι' αυτά τα βακτηρίδια.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 8-Α. στη σελίδα 590 «Βακτήρια, πνευμονία και DNA».

Δύο είδη πνευμονιοκόκκων είναι γνωστά. Κάθε ζευγάρι βακτηριδίων του πρώτου είδους περιβάλλεται από ένα περίβλημα που αποτελείται από υδατάνθρακες. Τα κύτταρα της άλλης ομάδας δεν έχουν τέτοιο περίβλημα. Και τα δύο αυτά είδη πνευμονιοκόκκου πολλαπλασιάζονται παράγοντας κύτταρα παρόμοια με τα μητρικά. Έτσι τα κύτταρα με περίβλημα, όταν διαιρούνται, παράγουν κύτταρα με περίβλημα, ενώ αυτά που δεν έχουν περίβλημα δημιουργούν κύτταρα χωρίς περίβλημα (βλέπε εικόνα 8-6).



Εικόνα 8-6 *Διάγραμμα δύο διαφορετικών στελεχών των βακτηριδίων του πνευμονιοκόκκου.*



Εικόνα 8-7 *Οι ποντικοί αντιδρούν διαφορετικά στην ένεση των δύο στελεχών του πνευμονιοκόκκου.*

Το περίβλημα των πνευμονιοκόκκων δεν είναι ένα απλό περιτύλιγμα! Τα κύτταρα με περίβλημα όταν ενεθούν σε ποντίκια, προκαλούν πνευμονία και το θάνατο του πειραματοζώου. Αντίθετα, κύτταρα χωρίς περίβλημα δεν προκαλούν πνευμονία στα ποντίκια (βλέπε εικόνα 8-7).

Οι Άβερι, Μακλέουτ και Μακάρθι μελέτησαν διάφορα τμήματα του κυττάρου του πνευμονιοκόκκου. Περίμεναν να βρουν μία δραστική ουσία, που μπορούσε να είναι πολυσακχαρίτης. Τελικά βρήκαν ότι τα κληρονομικά χαρακτηριστικά του βακτηριδίου καθορίζονται από το DNA. Οι ερευνητές αυτοί καλλιέργησαν κύτταρα πνευμονιοκόκκου με περίβλημα και μετά από μία περίοδο αναπτύξεως, έσπασαν τα κύτταρα και απομόνωσαν το DNA. Κατόπιν πρόσθεσαν το DNA που απομόνωσαν σε μία καλλιέργεια πνευμονιοκόκκων χωρίς περίβλημα. Κανονικά αυτά τα κύτταρα έπρεπε να δώσουν απογόνους χωρίς περίβλημα, οι οποίοι δεν προκαλούν πνευμονία. Αλλά με την προσθήκη του DNA συνέβη κάτι το αναπάντεχο: Ανάμεσα στα θυγατρικά κύτταρα βρέθηκαν και μερικά με περίβλημα! Όταν αυτά τα κύτταρα ενέθηκαν σε ποντίκια, προκάλεσαν πνευμονία. Η μόνη εξήγηση αυτών των πειραματικών δεδομένων ήταν ότι το «ξένο» DNA από τα κύτταρα με περίβλημα άλλαξε μερικά από τα ακίνδυνα κύτταρα χωρίς περίβλημα σε παθογόνα, που μπορούσαν να μεταδώσουν την πνευμονία σε υγιή ποντίκια.

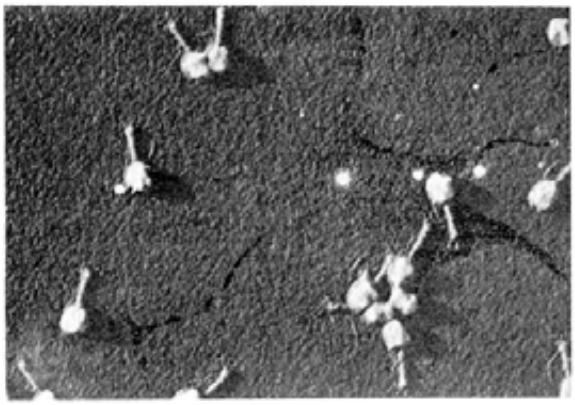
Η σημασία αυτών των πειραμάτων ήταν, ότι για πρώτη φορά η κληρονομικότητα μπορούσε να συσχετισθεί με τη δράση μιας χημικής ουσίας. Μέχρι τότε οι επιστήμονες υπέθεταν ότι κάποτε θα αποδεικνυόταν ότι οι φορείς της κληρονομικότητας θα ήταν οι πρωτεΐνες. Από την εποχή του Μίεσερ κανένας δε υποψιάστηκε ότι τα νουκλεϊνικά οξέα παίζουν ρόλο στην κληρονομικότητα. Μπορούσε όμως αυτός ο ρόλος των νουκλεϊνικών οξέων να αποδειχθεί και σε άλλα συστήματα; Για να απαντήσουν σε αυτήν την ερώτηση, οι επιστήμονες στράφηκαν στη μελέτη των ιών.

8-4
Οι ιοί περιέχουν νουκλεϊνικά οξέα

Στην παράγραφο 4-16 συζητήσαμε το θέμα αν οι ιοί είναι ζωντανοί οργανισμοί. Οι ιοί όταν βρίσκονται έξω από ένα ζωντανό οργανισμό, είναι σχεδόν αδρανείς και μοιάζουν με χημικές ουσίες. Όταν όμως μπουν μέσα σε ένα κύτταρο, συχνά αναλαμβάνουν τον έλεγχο του κυττάρου. Κατευθύνουν την κυτταρική «μηχανή» για να παράγουν περισσότερους ιούς.

Οι ιοί είναι μικρότεροι από τα βακτηρίδια και δεν είναι ορατοί στο συνηθισμένο οπτικό μικροσκόπιο. Μελετήθηκαν με χημικές μεθόδους, όταν μερικοί από αυτούς κρυσταλλώθηκαν. Οι κρύσταλλοι των ιών μοιάζουν να είναι αβλαβείς σαν τους κρυστάλλους του αλατιού (βλέπε εικόνα 4-17, σελίδα 91). Όταν όμως διαλυθούν στο νερό και μολύνουν ένα ευαίσθητο οργανισμό, τότε δρουν εντελώς διαφορετικά από το αλάτι: έχουν την αξιοθαύμαστη ικανότητα να αναπαράγουν αντίγραφα του εαυτού τους, χρησιμοποιώντας την κυτταρική «μηχανή» του κυττάρου που μόλυναν.

Οι πρώτοι κρύσταλλοι ιών απομονώθηκαν το 1935 από τον Γουέντελ Στάνλεϊ στο πανεπιστήμιο του Μπέρκλεϊ της Καλιφόρνιας. Ο Στάνλεϊ κατάφερε να παρασκευάσει κρυστάλλους ιών της μωσαϊκής του καπνού, οι οποίοι προσβάλλουν τα κύτταρα των φύλλων του



Εικόνα 8-8 *Μία ηλεκτρονική μικροφωτογραφία ιών βακτηριοφάγων Τ2. Οι βακτηριοφάγοι μπορούν να εισάγουν το DNA τους σε βακτήρια.*

καπνού προκαλώντας το θάνατό τους. Το 1946 ο Στάνλεϊ πήρε το βραβείο Νόμπελ στη χημεία γι' αυτή του την ανακάλυψη.

Αρχικά πίστευαν ότι ο ιός της μωσαϊκής του καπνού ήταν κατασκευασμένος από πρωτεΐνη. Αργότερα άλλες έρευνες έδειξαν ότι οι κρύσταλλοι του ιού αποτελούνταν από πρωτεΐνη και από νουκλεϊνικά οξέα. Από τότε μελετήθηκε η χημική σύσταση πολλών άλλων ιών. Όλοι αποτελούνται πρωταρχικά από νουκλεϊνικά οξέα και πρωτεΐνες, άσχετα από τα κύτταρα τα οποία μολύνουν.

Μερικοί μόνο ιοί περιέχουν RNA, όπως ο ιός της μωσαϊκής του καπνού, ο ιός της πολιομυελίτιδας και ο ιός της γρίππης. Πολλοί άλλοι ιοί καθώς και βακτηριακοί ιοί, που μολύνουν βακτηριακά κύτταρα και αναπαράγονται στο εσωτερικό τους, βρέθηκε ότι περιέχουν DNA.

8-5
Μερικοί ιοί αναπαράγονται σε βακτηριακά κύτταρα

Σαν όλους τους άλλους ιούς, οι βακτηριακοί ιοί αποτελούνται κυρίως από πρωτεΐνη και νουκλεϊνικά οξέα. Οι ιοί αυτοί ονομάζονται ***βακτηριοφάγοι*** και για συντομία, απλώς φάγοι, από την ελληνική λέξη φάγος (= που τρώει). Οι φάγοι ζουν σε βάρος του βακτηριακού κυττάρου που τους φιλοξενεί, αναπαράγονται μέσα σ' αυτό και τελικά μπορούν να προκαλέσουν την καταστροφή και το θάνατό του.

Η σχέση μεταξύ φάγων και βακτηριακών κυττάρων μελετήθηκε πολύ τα τελευταία χρόνια. Μία πολύ γνωστή περίπτωση είναι η παρακάτω: Ένας φάγος με σχήμα γυρίνου που ονομάζεται Τ2 προσκολλάται σε ένα βακτηριακό κύτταρο (βλέπε εικόνα 8-8). Στη συνέχεια ο φάγος εισάγει το λεπτό απλό ινίδιο του DNA του μέσα στο κύτταρο. Το βακτηριακό κύτταρο περιέχει το δικό του DNA, το οποίο καθορίζει τη δραστηριότητά του. Όταν όμως το DNA του ιού εισέλθει στο βακτήριο, ολόκληρο το «σχέδιο παραγωγής υλικών» του βακτηριδίου απορρυθμίζεται. Αντί το κύτταρο να παράγει βακτηριακές ουσίες, παράγει ουσίες του ιού. Τα περιεχόμενα του κυττάρου μετατρέπονται σε όλο και περισσότερες πρωτεΐνες και DNA του ιού, και τελικά το βακτηριακό κύτταρο πεθαίνει. Η εικόνα 8-9 δείχνει τα διάφορα στάδια αυτών των γεγονότων.

Μόλις το DNA του ιού εισέλθει μέσα στο βακτηριακό κύτταρο, το κατευθύνει να παράγει πλήρεις ιούς. Σε χρόνο λιγότερο από 30 λεπτά, το κύτταρο θρυμματίζεται και εκατοντάδες νεοσχηματισμένοι ιοί ξεχύνονται στον εξωτερικό χώρο. Καθένας από αυτούς τώρα μπορεί να μολύνει ένα νέο βακτηριακό κύτταρο. Έτσι, σε λίγο χρόνο, ολόκληρος ο πληθυσμός των βακτηριδίων μπορεί να εξολοθρευθεί.

8-6
Τα νουκλεϊνικά οξέα ρυθμίζουν τις κυτταρικές δραστηριότητες

Η μελέτη των βακτηριακών ιών και ο τρόπος που αναπαράγονται μέσα στα ζωντανά κύτταρα μας διδάσκει πολλά για το DNA. Επιβεβαιώνει την υπόθεση ότι το DNA ελέγχει τις κυτταρικές λειτουργίες. Υποστηρίζει το γεγονός ότι, όπως και στο πείραμα με τον πνευμονιόκοκκο, υπάρχουν διάφορα είδη DNA και ότι μερικά από αυτά είναι πιο δραστικά από άλλα σε ένα δεδομένο κυτταρικό περιβάλλον. Δείχνει επίσης καθαρά ότι το DNA μπορεί να αναπαράγει αντίγραφα του ίδιου του του εαυτού. Αξίζει να σημειωθεί ότι το DNA όχι μόνο μπορεί να χρησιμοποιήσει τις χημικές ουσίες ενός άλλου κυττάρου για την παραγωγή αντιγράφων του εαυτού του (DNA), αλλά μπορεί επίσης να κατευθύνει το κύτταρο για την παραγωγή και του πρωτεϊνι-

κού περιβλήματος του ιού.

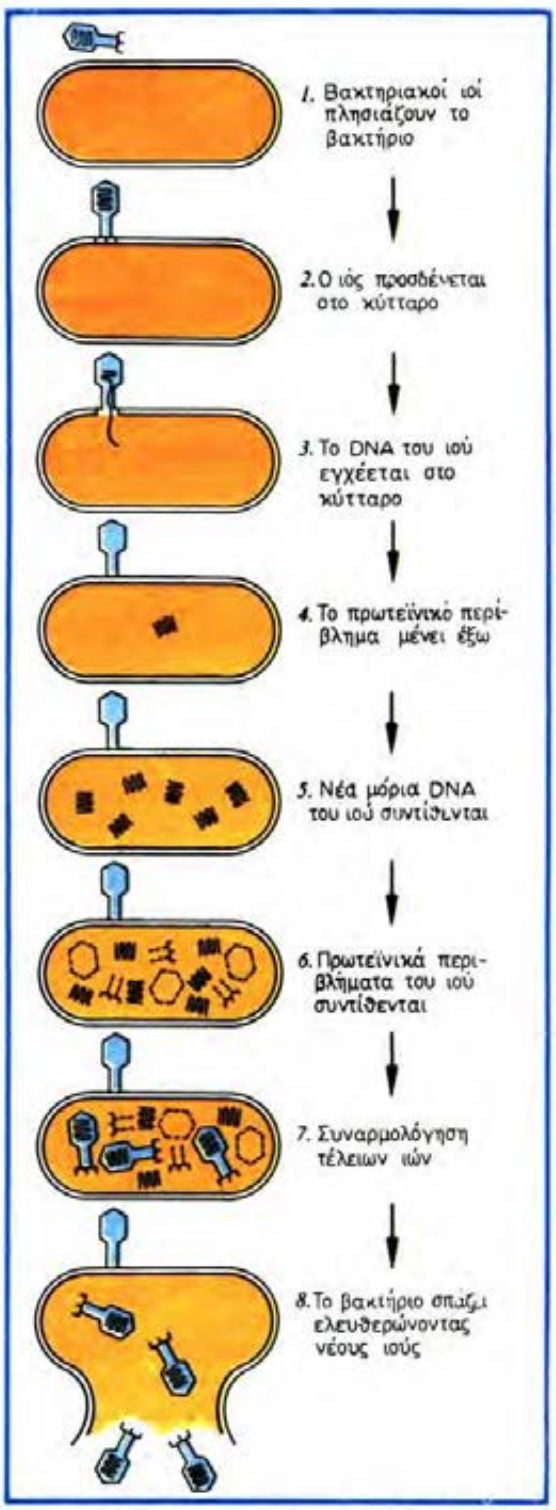
Αναφέραμε μόνο δύο παραδείγματα για το πώς το DNA μπορεί να ελέγξει τους κυτταρικούς μηχανισμούς και τα δύο από μικροοργανισμούς. Υπάρχουν πολλά άλλα παραδείγματα. Όλα τα δεδομένα συνηγορούν στο ότι στα περισσότερα είδη κυττάρων η γενετική πληροφορία βρίσκεται στα μόρια του DNA. Στα περισσότερα κύτταρα, από τα πρωτόζωα μέχρι τον άνθρωπο, το DNA βρίσκεται στον πυρήνα σε ραβδοειδείς σχηματισμούς, που ονομάζονται ***χρωματοσώματα.*** Στα βακτηρίδια και τους φάγους τα χρωματοσώματα μπορεί να είναι κυκλικά. Η γενετική πληροφορία σε μερικούς ιούς βρίσκεται σε μόρια RNA αντί για DNA. Άλλες μορφές RNA βρίσκονται επίσης στα κύτταρα των νουκλεϊνικών οξέων σε όλους τους ζώντες οργανισμούς σημαίνει ότι τα οξέα αυτά αποτελούσαν σημαντικές ουσίες και για τη ζωή των πρωτογόνων ετεροτρόφων οργανισμών.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μία μορφή νουκλεϊνικού οξέος, το DNA, είναι το κυρίαρχο μόριο. Μπορεί να αυτοδιπλασιάζεται και είναι η πηγή της γενετικής πληροφορίας. Ο έλεγχος που εξασκεί είναι τέτοιος, ώστε DNA από ένα είδος βακτηριδίων μπορεί να προκαλέσει μόνιμες γενετικές αλλαγές σε διαφορετικά κύτταρα του ίδιου είδους. Έτσι DNA από νοσογόνα είδη πνευμονιοκόκκου μπορούν να μετατρέψουν αβλαβείς πνευμονιοκόκκους σε νοσογόνους. Ένα άλλο παράδειγμα της σημασίας του DNA για τη μεταβίβαση της γενετικής πληροφορίας είναι η δράση των βακτηριακών ιών πάνω στα βακτηριακά κύτταρα που προσβάλλουν. Το DNA του ιού οδηγεί το βακτηριακό κυτταρικό μηχανισμό έτσι, ώστε να παράγονται πολλά αντίγραφα του αρχικού ιού. Τόσο το DNA όσο και το RNA είναι πρωταρχικής σημασίας μόρια για τον έλεγχο των κυτταρικών δραστηριοτήτων.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Τι είναι γενετικές εντολές;
2. Γιατί περιμένομε να μην προσβληθούν από πνευμονία ποντικοί, στους οποίους ενέσαμε ζώντες πνευμονιοκόκκους χωρίς κυττα-



Εικόνα 8-9 *Ένας μόνο φάγος προσκολλάται με την «ουρά» του σε ένα βακτηρίδιο. Το DNA του φάγου περνά μέσα στο βακτηρίδιο, αναπαράγεται και παράλληλα προκαλεί την παραγωγή νέου πρωτεϊνικού περιβλήματος του ιού. Το βακτηρίδιο τελικά θραύεται προκαλώντας την απελευθέρωση νέων φάγων.*

ρικό περίβλημα και νεκρά κύτταρα με περίβλημα;
3. Τι ενδείξεις έχομε στο πείραμα με τους βακτηριοφάγους ότι «το DNA μπορεί να αναπαράγει αντίγραφά του»;
4. Σε τι είδος μόρια περιμένετε να βρείτε τις «γενετικές οδηγίες» στην επόμενη κυτταρική γενιά;

Ένα μοριακό μοντέλο του DNA

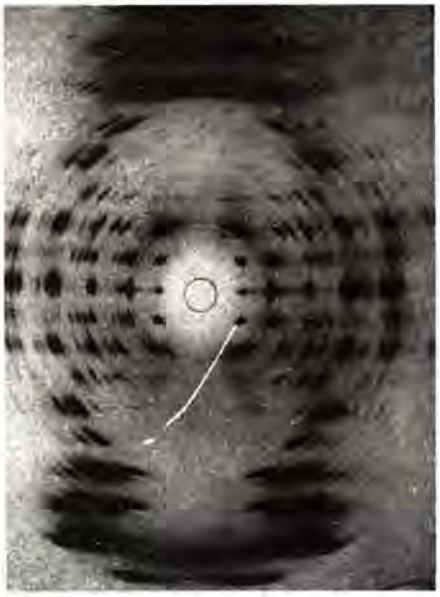
8-7
Τα πειραματικά δεδομένα της δομής του DNA οδήγησαν σε ένα μοριακό μοντέλο του

Μόλις οι επιστήμονες διαπίστωσαν ότι το DNA είναι η ουσία που καθορίζει την κληρονομικότητα, προσπάθησαν να κατανοήσουν τη δομή του. Σκέφθηκαν ότι, αν ανακαλύψουν με ποιο τρόπο είναι οργανωμένα τα νουκλεοτίδια μέσα στο μόριο του DNA, θα μπορούσαν να καταλάβουν πώς λειτουργεί το μόριο. Με άλλα λόγια, ότι η δομή του μορίου θα τους έδινε στοιχεία της λειτουργίας του. Οι βιοχημικοί λοιπόν θέλησαν να μάθουν τον τρόπο με τον οποίο τα νουκλεοτίδια συνδέονται μεταξύ τους στο μόριο του DNA.

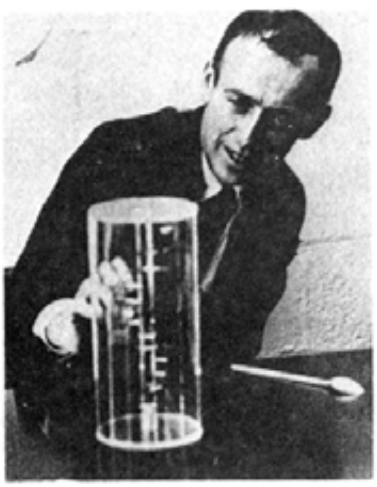
Σιγά - σιγά όλο και περισσότερες πληροφορίες για το DNA συγκεντρώνονταν. Απομονώθηκαν εντελώς καθαρά δείγματα DNA και μελετήθηκε η μοριακή τους δομή με την τεχνική της περιθλάσεως των ακτίνων Χ. Οι ακτίνες Χ είναι μία μορφή ακτινοβολίας, σαν τις υπεριώδεις ακτίνες ή το ορατό φως (βλέπε εικόνα 6-1, σελίδα 116). Όταν ένα μικρό δείγμα μιας καθαρής χημικής ουσίας τοποθετηθεί κοντά σε μία πηγή ακτίνων Χ, οι ακτίνες Χ την διαπερνούν. Καθώς διαπερνούν την ουσία οι ακτίνες Χ διαθλώνται προς διάφορες διευθύνσεις. Η περίθλαση των ακτίνων εξαρτάται από τη μοριακή δομή της ουσίας.

Η περίθλαση των ακτίνων Χ δημιουργεί πάνω σε μία φωτογραφική πλάκα μία χαρακτηριστική εικόνα με «σκιές». Σε ένα πεπειραμένο ερευνητή η σκιασμένη πλάκα υποδηλώνει πολλά για τη μοριακή δομή της ουσίας. Είναι σαν την προβολή της σκιάς μιας καρέκλας πάνω σε μία οθόνη, όταν τοποθετηθεί μία φωτεινή πηγή πίσω της. Αν δεν είχατε τη δυνατότητα να δείτε την ίδια την καρέκλα, αλλά μόνο τη σκιά της στην οθόνη, θα μπορούσατε να προβλέψετε πολλά στοιχεία για τη δομή της καρέκλας από την προσεκτική ανάλυση της σκιάς της. Με ανάλογο τρόπο οι ερευνητές ανακαλύπτουν πολλά στοιχεία της δομής των μορίων, αναλύοντας τη σκιά τους μετά από περίθλαση των ακτίνων Χ.

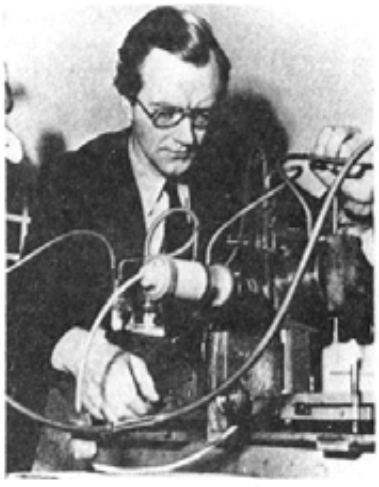
Η εικόνα 8-10 δείχνει μία τέτοια περίθλαση των ακτίνων Χ ενός μορίου DNA. Η φωτογραφία έγινε από ένα νεαρό Άγγλο ερευνητή, τον Μορίς Ουίλκινς, στο Βασιλικό Κολέγιο του Λονδίνου. Ο Ουίλκινς και η συνάδελφός του Ρόζαλιν Φράνκλιν έβγαλαν πολλές φωτογραφίες σαν αυτήν που παρουσιάζεται εδώ. Οι φωτογραφίες έδειξαν ότι οι βάσεις, οι οποίες είναι επίπεδα μόρια, βρίσκονται τοποθετημένες στο μόριο του DNA η μία πάνω στην άλλη.

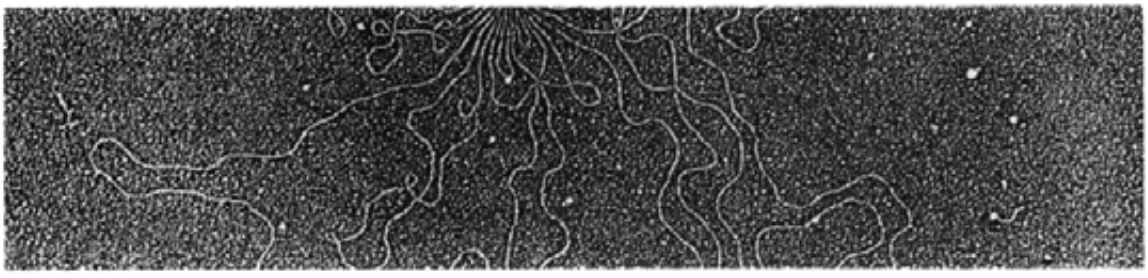


Εικόνα 8-10 *Φωτογραφία περιθλάσεως ακτίνων Χ του DNA. Φωτογραφίες σαν και αυτή βοήθησαν τους επιστήμονες να διαπιστώσουν με τι μοιάζει το μόριο του DNA.*









Εικόνα 8-11 *Το 1953 οι Τζ. Ντ. Ουάτσον (αριστερά) και Φ. Χ. Κ. Κρικ (κέντρο) πρότειναν ένα μοντέλο για τη δομή του μορίου του DNA, βασιζόμενοι εν μέρει στις μελέτες περιθλάσεως με ακτίνες Χ του Ουίλκινς (δεξιά). Και οι τρεις τους μοιράσθηκαν το βραβείο Νόμπελ το 1962.*

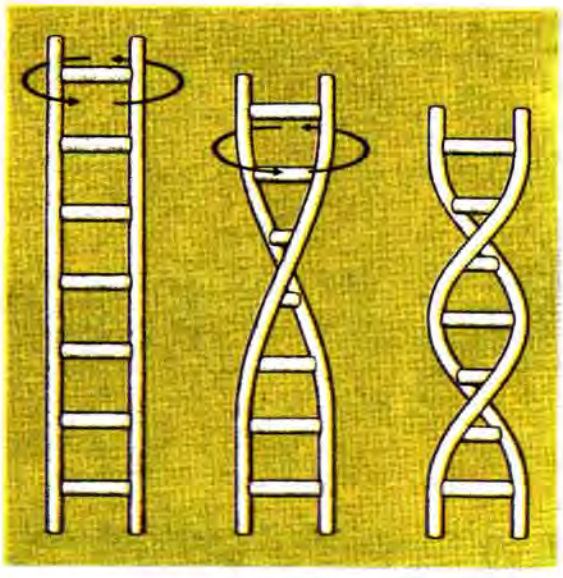
Εικόνα 8-12 *Το μακρύ νήμα με τις αναδιπλώσεις στο πάνω μέρος της φωτογραφίας είναι ένα συνεχές τμήμα DNA. Η φωτογραφία πάρθηκε περίπου την ίδια εποχή, που οι Ουάτσον, Κρικ και Ουίλκινς τιμήθηκαν για την ανακάλυψη της μοριακής τους υφής.*

Άλλα πειραματικά δεδομένα από τη σύγκριση DNA με διάφορους οργανισμούς βοήθησαν στην κατανόηση της δομής του DNA. Βρέθηκε ότι σε κάθε είδος DNA ο αριθμός των νουκλεοτιδίων της αδενίνης ισούται με αυτόν των νουκλεοτιδίων της θυμίνης. Επίσης ο αριθμός των νουκλεοτιδίων της γουανίνης ισούται με τον αριθμό νουκλεοτιδίων της κυτοσίνης. Αυτά τα δεδομένα υποδηλούν ότι, στο μόριο του DNA, τα νουκλεοτίδια βρίσκονται κατά ζεύγη.

Αυτά τα δεδομένα του μυστηρίου της δομής του DNA μελετήθηκαν και συνδυάστηκαν από τους Τζέιμς Ουάτσον, έναν Αμερικανό γενετιστή που συνεργαζόταν με τον Φράνσις Κρικ, έναν Βρετανό βιοφυσικό, στο πανεπιστήμιο του Κέμπριτζ, στην Αγγλία. Το 1953, όταν ο Ουάτσον ήταν μόνο 25 ετών και ο Κρικ 37, πρότειναν ένα μοριακό μοντέλο για το DNA, το οποίο ελάμβανε υπόψη όλα τα μέχρι τότε γνωστά δεδομένα για το DNA. Το 1962 οι Ουάτσον, Κρικ και Ουίλκινς μοιράσθηκαν το βραβείο Νόμπελ για τη φυσιολογία και την ιατρική (βλέπε εικόνα 8-11). Η έρευνά τους καθόρισε τη χημική βάση για τη μελέτη της κληρονομικότητας, με άλλα λόγια τη σύγχρονη γενετική.

Τι είναι όμως το μοντέλο ενός μορίου; Κατά κάποιον τρόπο μπορούμε να πούμε ότι μοιάζει με τα μοντέλα καραβιών, αυτοκινήτων και αεροπλάνων που μπορείτε να βρείτε στα μαγαζιά. Ένα μοντέλο πλοίου π.χ., είναι μία προσέγγιση του πραγματικού αντικειμένου, με τη διαφορά ότι το μοντέλο είναι πολύ μικρότερο. Το μοντέλο αυτό μας βοηθά να καταλάβομε πώς είναι κατασκευασμένο και πώς λειτουργεί ένα πλοίο.

Με τον ίδιο τρόπο, το μοντέλο ενός μορίου



Εικόνα 8-13 *Μία διπλή έλικα μπορεί να σχηματισθεί στρίβοντας μία ανεμόσκαλα με εύκαμπτα κάθετα στηρίγματα. Οι Ουάτσον και Κρικ χρησιμοποίησαν αυτή την ιδέα της διπλής έλικας για να απεικονίσουν το μόριο του DNA.*

μας δίνει μία ιδέα για το πώς είναι φτιαγμένο ένα μόριο. Σ' αυτή την περίπτωση όμως δεν μπορούμε να παρατηρήσομε το πραγματικό αντικείμενο, γιατί τα μόρια είναι πολύ μικρά και η δομή τους δεν είναι ορατή με γυμνό μάτι ή ακόμη με τα περισσότερα μικροσκόπια. Η δόμηση λοιπόν ενός μοριακού μοντέλου βασίζεται σε έμμεσες μοριακές μετρήσεις και σε όλα όσα είναι γνωστά για τη χημική συμπεριφορά του μορίου. Μία φωτογραφία από ένα ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σαν αυτή της εικόνα 8-12 δεν μας αποκαλύπτει τη διάταξη των ατόμων στο μόριο, αλλά μας δίνει μία ιδέα του μήκους και της διαμέτρου του. Κατά τον ίδιο τρόπο φωτογραφίες από περίθλαση των ακτίνων Χ δεν μας δείχνουν άμεσα τη διάταξη του μορίου του DNA, μας δίνουν όμως έμμεσα στοιχεία για το ότι οι επίπεδες βάσεις είναι τοποθετημένες η μία πάνω στην άλλη.

Για την επιστήμη λοιπόν ένα μοντέλο είναι ένας τρόπος εικονογραφήσεως μιας υποθέσεως που βασίζεται σε γνωστά δεδομένα. Ένα μοντέλο κάνει ευκολότερη την απεικόνιση της δομής και την κατανόηση της σχέσεως των διαφόρων τμημάτων του μορίου. Τέτοιο ήταν το μοντέλο που πρότειναν οι Ουάτσον και Κρικ.

8-8
Το μοντέλο της δομής του DNA έμοιαζε με «ανεμόσκαλα»

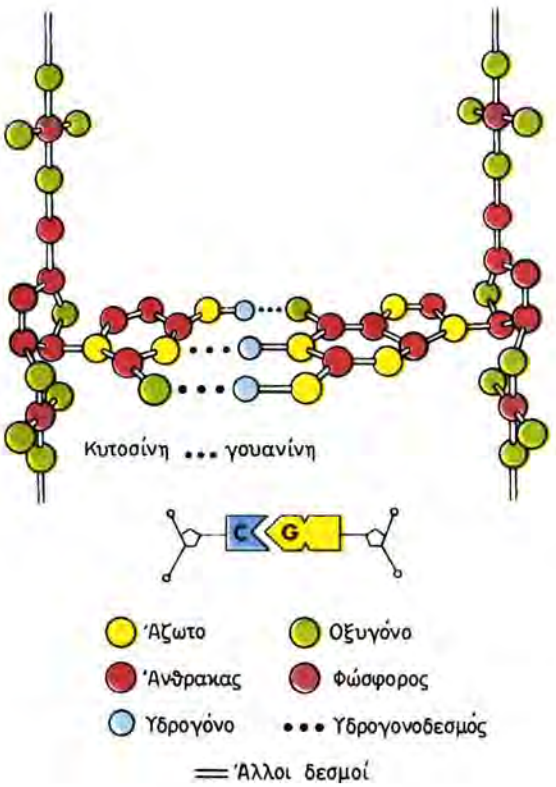
Οι Ουάτσον και Κρικ πρότειναν το μοντέλο τους για το DNA το 1953. Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα της περιθλάσεως των ακτίνων Χ από τους Ουίλκινς και Φράνκλιν, συμπέραναν ότι το μόριο του DNA αποτελείται από δύο νήματα περιτυλιγμένα το ένα γύρω από το άλλο, ώστε να σχηματίζουν μία ***διπλή έλικα.*** Έγραφαν τα παρακάτω για την υπόθεσή τους:

> «Θα θέλαμε να προτείνομε μία ριζικά διαφορετική δομή για... το δεοξυριβοζονουκλεϊκό οξύ. Η δομή αυτή έχει δύο ελικοειδείς αλυσίδες που περιτυλίγονται γύρω από τον ίδιο άξονα...»[1].

Μία διπλή έλικα είναι σαν ένα διπλό σύρμα. Μπορούμε να το καταλάβομε, αν φαντασθούμε μία ανεμόσκαλα, όπως φαίνεται στην εικόνα 8-13. Η άβολη αυτή σκάλα έχει εύκαμπτα κάθετα στηρίγματα. Αν στερεώσομε το κάτω μέρος τους ώστε να μη μπορούν να κινηθούν τα στηρίγματα και στρίψομε το πάνω μέρος της ανεμόσκαλας, τότε έχομε τη μορφή της διπλής έλικας.

Τα κάθετα στηρίγματα αυτής της ειδικής ανεμόσκαλας αποτελούνται από το φωσφορικό οξύ και τη δεοξυριβόζη των νουκλεοτιδίων. Τα οριζόντια σκαλοπάτια είναι φτιαγμένα από τις αζωτούχες βάσεις. Το μοντέλο των Ουάτσον και Κρικ αναφέρει χαρακτηριστικά πώς δημιουργούνται τα ζεύγη των βάσεων στα οριζόντια σκαλοπάτια της ανεμόσκαλας.

> ...Το νέο στοιχείο της δομής είναι ο τρόπος με τον οποίο κρατιούνται μαζί οι δύο αλυσίδες... Συνδέονται μεταξύ τους σε ζεύγη, έτσι ώστε μία βάση της πρώτης αλυσίδας να ενώνεται με μία βάση της απέναντι αλυσίδας με δεσμούς υδρογόνου και έτσι οι δύο βάσεις βρίσκονται η μία δίπλα στην άλλη... [Τα ζεύγη αυτά είναι: η θυμίνη (απλός δακτύλιος) με τη δενίνη (διπλός δακτύ-



Εικόνα 8-14 *Διάγραμμα ενός σκαλοπατιού της «ανεμόσκαλας» του DNA, με επεξήγηση της δομής του. Οι δεσμοί υδρογόνου συμπληρώνουν τη δομή του σκαλοπατιού, ενώνοντας την κυτοσίνη (αριστερά) με τη γουανίνη (δεξιά).*

λιος) και η κυτοσίνη (απλός δακτύλιος) με τη γουανίνη (διπλός δακτύλιος)]... Με άλλα λόγια, αν μία αδενίνη είναι το ένα μέλος του ζευγαριού σε οποιαδήποτε αλυσίδα και να βρίσκεται, τότε υποτίθεται ότι το άλλο μέλος θα πρέπει να είναι η θυμίνη. Το ίδιο συμβαίνει και με την κυτοσίνη και τη γουανίνη[2].

Με αυτόν το σύντομο και ολοκληρωμένο τρόπο οι συγγραφείς ανέπτυξαν ολόκληρο το μοντέλο τους. Κάθε ένα σκαλοπάτι αποτελείται από μία αζωτούχο βάση με απλό δακτύλιο, που συνδέεται με μία άλλη βάση με διπλό δακτύλιο. Η αδενίνη πάντοτε συνδέεται με τη θυμίνη και η γουανίνη με την κυτοσίνη. Και στις δύο περιπτώσεις η σύνδεση γίνεται με ασθενείς χημικούς δεσμούς, τους ***δεσμούς υδρογόνου.*** Οι δεσμοί αυτοί σχηματίζονται μεταξύ των ατόμων του υδρογόνου και ορισμένων μεγαλυτέρων ατόμων, όπως το οξυγόνο και το άζωτο. Η εικόνα 8-14 δείχνει πώς η κυτοσίνη «ταιριάζει» με τη γουανίνη και πώς οι δύο αυτές βάσεις συνδέονται με δεσμούς υδρογόνου.

Στην εικόνα 8-15 μπορείτε να δείτε πώς η ανεμόσκαλα μετατρέπεται σε ένα μόριο DNA, σύμφωνα με την υπόθεση των Ουάτσον και Κρικ. Περιληπτικά το μοντέλο του DNA των Ουάτσον - Κρικ είναι:

1. Το μόριο είναι φτιαγμένο από δύο απλά νήματα, περιτυλιγμένα μεταξύ τους σε μία διπλή αλυσίδα.
2. Κάθε νήμα είναι φτιαγμένο από μία αλυσίδα νουκλεοτιδίων.
3. Ένα νουκλεοτίδιο αποτελείται από φωσφορικό οξύ, δεοξυριβόζη και μία αζωτούχο βάση.
4. Τα νουκλεοτίδια στην απλή αλυσίδα συνδέονται μεταξύ τους με φωσφορικές ομάδες.



Εικόνα 8-15 *Η «ανεμόσκαλα» της διπλής έλικας έχει κάθετα τμήματα φτιαγμένα από φωσφορικές ομάδες (P) και σάκχαρο (S) και σκαλοπάτια φτιαγμένα από τα ζευγάρια των βάσεων αδενίνη-θυμίνη και κυτοσίνη-γουανίνη.*

5. Σε κάθε νήμα τα νουκλεοτίδια ενώνονται μεταξύ τους με δυνάμεις που περιλαμβάνουν ασθενείς δεσμούς υδρογόνου μεταξύ των αζωτούχων βάσεων με απλό δακτύλιο και των συζυγικών βάσεων με διπλό δακτύλιο.

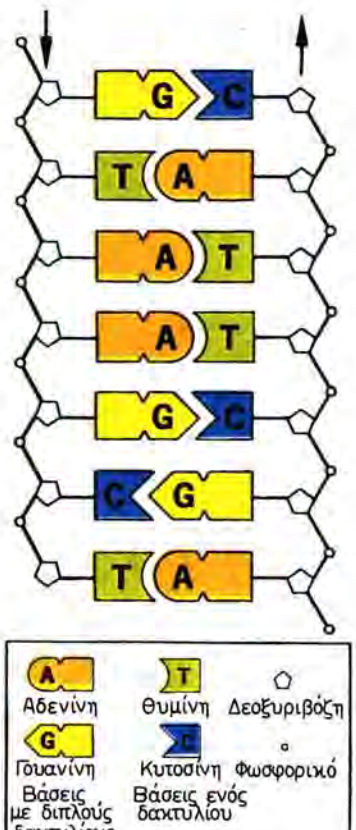
Εκτός από αυτά ένα ακόμη σημείο έγινε φανερό: τα δύο νήματα του DNA είναι στραμμένα προς τις αντίθετες κατευθύνσεις. Αυτό εξηγεί καλύτερα την απόσταση μεταξύ γειτονικών περιοχών του μορίου.

Κάθε δεσμός υδρογόνου είναι ένας ασθενής δεσμός. Όμως σε κάθε μόριο DNA υπάρχουν χιλιάδες δεσμοί υδρογόνου, που κρατούν ενωμένες μεταξύ τους τις βάσεις στις δύο αλυσίδες του DNA.

8-9
Πόσο χρήσιμο είναι το μοντέλο;

Η αξία ενός επιστημονικού μοντέλου βασίζεται στη χρησιμότητά του για τη λύση προβλημάτων. Ένα αξιόπιστο μοντέλο πρέπει, εκτός από το να διευκρινίζει παλιές απορίες, να μπορεί να θέτει καινούργια ερωτήματα και να προλέγει τις απαντήσεις. Εδώ υπήρχε ένα ερώτημα: Πώς αναδιπλασιάζεται το DNA; Ήταν γνωστό ότι κάθε θυγατρικό κύτταρο έχει το ίδιο είδος DNA, όπως το αρχικό κύτταρο από το οποίο προέρχεται. Θυμηθείτε ότι στην παράγραφο 8-3 αναφέρθηκε ότι οι μεταλλαγμένοι πνευμονιόκοκκοι μετέδιδαν στους απογόνους τους την ικανότητα για την παραγωγή περιβλήματος. Κάθε θυγατρικό κύτταρο έπαιρνε την πληροφορία για το πώς θα φτιάξει την κάψα του περιβλήματος από το μητρικό κύτταρο. Η πληροφορία αυτή υπήρχε στα μόρια του DNA. Επομένως το DNA θα έπρεπε να αναδιπλασιάζεται ακριβώς από το μητρικό κύτταρο.

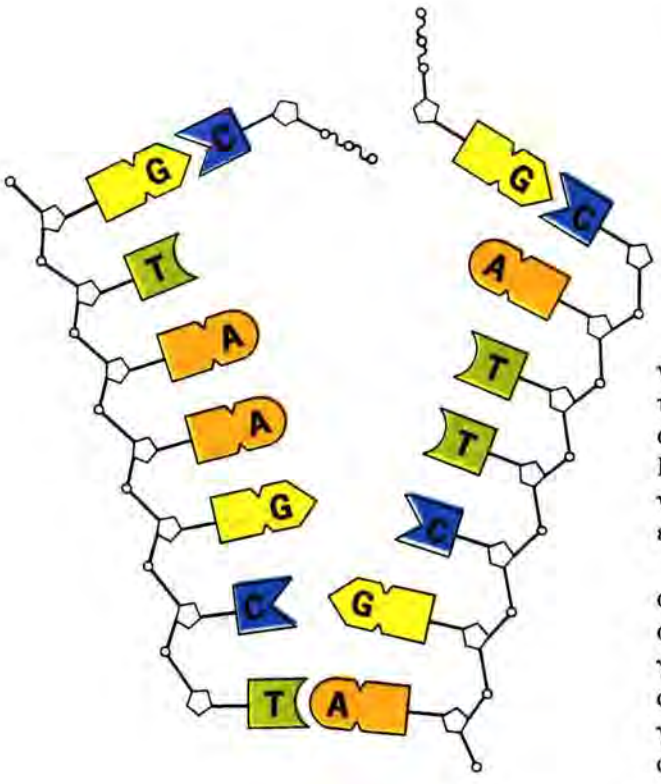
Σε αυτή την περίπτωση το μοντέλο των Ουάτσον και Κρικ είναι πολύ χρήσιμο, γιατί δίνει μία πολύ απλή απάντηση στο πώς μπορεί να γίνει ένας τέτοιος ακριβής αναδιπλασιασμός. Ο αναδιπλασιασμός αυτός εξαρτάται από τη διάταξη στο χώρο των μορίων των αζωτούχων βάσεων. Επειδή οι δεσμοί υδρογόνου είναι πολύ ασθενείς, για να δημιουργηθούν τέτοιοι δεσμοί ανάμεσα σε δύο μόρια, τα μόρια πρέπει να πλησιάζουν αρκετά. Επομένως η χωροδιάταξη του μορίου της



Εικόνα 8-16 *Ένα άλλο διάγραμμα της «ανεμόσκαλας» του DNA χωρίς την ελικοειδή του διάταξη. Τα κάθετα τμήματα συνδέονται με δεσμούς σακχάρου-φωσφορικού οξέος, ενώ δεσμοί υδρογόνου συνδέουν τα νουκλεοτίδια στα οριζόντια σκαλοπάτια. Παρατηρήστε ότι τα κάθετα τμήματα της σκάλας προσανατολίζονται σε αντίθετες κατευθύνσεις. Τα δύο νήματα έχουν αντίθετο προσανατολισμό.*

αδενίνης επιτρέπει τη δημιουργία των δεσμών υδρογόνου μόνο με τη θυμίνη και η κυτοσίνη μόνο με τη γουανίνη. Σύμφωνα με το μοντέλο ο αριθμός των μορίων της αδενίνης σε ένα μόριο DNA θα πρέπει να είναι ίσος με τον αριθμό των μορίων της θυμίνης και ο αριθμός των μορίων της κυτοσίνης ίσος με τον αριθμό των μορίων της γουανίνης. Τα πειραματικά δεδομένα επιβεβαιώνουν ακριβώς αυτές τις προβλέψεις.

Ας ξαναθυμηθούμε τώρα τα σύμβολα των διαφόρων νουκλεοτιδίων, όπως τα ορίσαμε στην εικόνα 8-4. Αν ξεδιπλώσομε ένα μικρό τμήμα του μοντέλου του DNA και χρησιμοποιήσομε τα παραπάνω σύμβολα, έχομε τη



Εικόνα 8-17 *Αυτό που πρέπει να παρατηρήσετε είναι ότι, όπως τα δύο νήματα του DNA ξεδιπλώνονται, τα νέα νουκλεοτίδια που έρχονται και καταλαμβάνουν τις ελεύθερες θέσεις έχουν επιπλέον φωσφορικές ομάδες πλούσιες σε ενέργεια (πάνω μέρος της εικόνας). Μπορείτε να πείτε σε τι χρειάζεται αυτή η ενέργεια; (βλ. εικόνα 8-18).*

δομή που παρουσιάζεται στην εικόνα 8-16.

Παρατηρήστε στην εικόνα 8-16 ότι το αριστερό νήμα του DNA δεν μοιάζει να έχει τα διάφορα νουκλεοτίδιά του κατανεμημένα με κάποια συγκεκριμένη τάξη. Τα νουκλεοτίδια ενός απλού νήματος μπορεί να βρίσκονται με οποιαδήποτε σειρά και να επαναλαμβάνονται όσο συχνά χρειάζεται. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να έχομε έναν άπειρο αριθμό συνδυασμών. Αν όμως γνωρίζομε τη σειρά των νουκλεοτιδίων στο ένα νήμα του DNA, τότε γνωρίζομε και τη σειρά τους στο δεύτερο νήμα. Σύμφωνα με το μοντέλο, μία θυμίνη ζευγαρώνει πάντα με μία αδενίνη και μία κυτοσίνη με μία γουανίνη.

Από προσεκτικές μετρήσεις είναι γνωστό ότι τόσο η χημική δομή, όσο και η συνολική ποσότητα του DNA μένει σταθερή από γενιά σε γενιά. Αν το μοντέλο μπορεί να εξηγήσει τον αναδιπλασιασμό του DNA, θα πρέπει να μπορεί να εξηγεί και τον τρόπο της ποσοτικής και ποιοτικής σταθερότητας του DNA σε κάθε είδος κυττάρου.

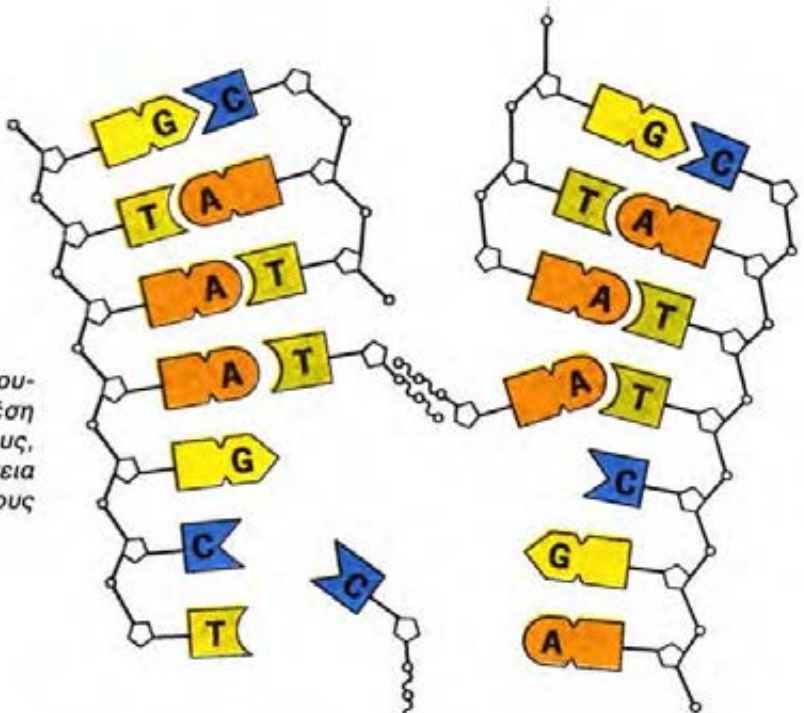
Φαντασθείτε τους ασθενείς δεσμούς υδρογόνου σαν ένα φερμουάρ. Αν ξεκινήσομε από το ένα άκρο του μορίου, κάθε ζευγάρι βάσεων μπορεί να «ξεκουμπωθεί». Έτσι δημιουργούνται βάσεις με απλό δακτύλιο στο ένα νήμα του DNA και βάσεις με διπλό δακτύλιο στο άλλο νήμα. Μόλις «ανοίξει» το μόριο του DNA, νέα αντίστοιχα νουκλεοτίδια προστίθενται στην κατάλληλη θέση της έλικας (βλέπε εικόνα 8-17).

Η κυτταρική αποθήκη υλικών περιέχει ένα αρκετά μεγάλο αριθμό νουκλεοτιδίων. Τα ακατάλληλα νουκλεοτίδια απορρίπτονται γιατί δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Έτσι στο ξεδιπλωμένο μόριο του DNA μία ομάδα γουανίνης μπορεί να συνδεθεί μόνο με μία ομάδα κυτοσίνης. Στο αντίθετο νήμα η αρχική κυτοσίνη μπορεί να συνδεθεί μόνο με γουανίνη. Έτσι σιγά-σιγά η διπλή έλικα ξεδιπλώνεται και νέα νουκλεοτίδια προστίθενται, ανάλογα με αυτά που υπάρχουν πάνω στο μόριο, ώστε να σχηματισθούν οι κατάλληλοι δεσμοί, όπως φαίνεται στην εικόνα 8-18.

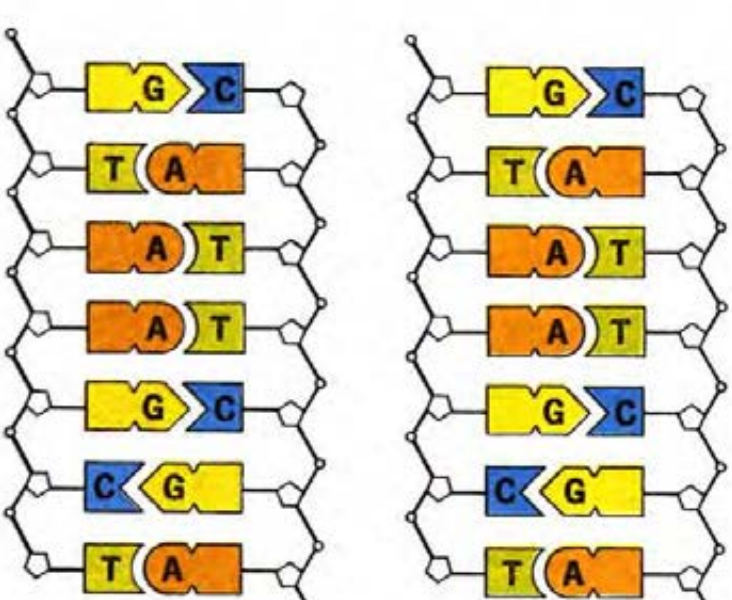
Όταν φθάσομε στο τέλος της διπλής έλικας, τα δύο αρχικά νήματα του DNA έχουν χωρισθεί. Κάθε αρχικό νήμα έχει αντικαταστήσει τα χαμένα ζευγάρια βάσεων με καινούργια, ακριβώς όπως και στο αρχικό μόριο (βλέπε εικόνα 8-19). Τα καινούργια νουκλεοτίδια μετατρέπονται σε νέα νήματα DNA, καθώς σχηματίζουν ομοιοπολικούς δεσμούς (βλέπε σελίδα 82), μεταξύ των σακχάρων και των φωσφορικών τους ομάδων.

8-10
Το μοντέλο εξηγεί τον αναδιπλασιασμό του DNA

Οι Ουάτσον και Κρικ ισχυρίσθηκαν: «Δεν μας διέφυγε ότι το ειδικό ζευγάρωμα των βάσεων υποδηλώνει έναν πιθανό μηχανισμό αντιγραφής του γενετικού υλικού». Τώρα μπορούμε να ελέγξομε το μοντέλο, για να διαπιστώσομε αν δίνει πράγματι μία εξήγηση για τον ακριβή αναδιπλασιασμό των μορίων του DNA.



Εικόνα 8-18 *Καθώς τα νέα νουκλεοτίδια μπαίνουν στη θέση τους, ενώνονται μεταξύ τους, χρησιμοποιώντας την ενέργεια των επιπλέον φωσφορικών τους δεσμών.*



Εικόνα 8-19 *Αποτέλεσμα του διπλασιασμού του DNA είναι δύο νέα μόρια DNA. Ελέγξτε τα μεταξύ τους και με το αρχικό μόριο, που παρουσιάζεται στην εικόνα 8-16. Είναι ακριβής ο αναδιπλασιασμός;*

Πράγματι, το μοντέλο προβλέπει τη δημιουργία ***δύο*** δικλώνων αλυσίδων DNA από μία προϋπάρχουσα. Συγκρίνατε προσεκτικά τις εικόνες 8-16 και 8-19, για να δείτε αν πράγματι οι δύο καινούργιες αλυσίδες είναι ακριβή αντίγραφα της αρχικής. Σύμφωνα με το μοντέλο το DNA έφτιαξε ένα αντίγραφο του εαυτού του. Με άλλα λόγια το μοντέλο πέρασε με επιτυχία τον έλεγχο και έδωσε μία εξήγηση για το πώς, ένα τεράστιο μόριο με μεταβλητή δομή, μπορεί να αναδιπλασιασθεί. Αν λοιπόν αυτός είναι ο μηχανισμός που χρησιμοποιούν τα κύτταρα, κάθε θυγατρικό κύτταρο θα έχει ακριβώς το ίδιο κληρονομικό υλικό με το μητρικό.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πληροφορίες για τη φυσική δομή και τη χημική φύση του DNA επέτρεψαν στους Ουάτσον και Κρικ να προτείνουν ένα μορια-

κό μοντέλο για τη δομή του DNA. Το μοντέλο αυτό δίνει μία απλή εξήγηση στο γεγονός ότι η ποσότητα και η ποιότητα του DNA παραμένει σταθερή από γενιά σε γενιά σε κάθε είδος οργανισμών.

Η παραπάνω υπόθεση προτείνει ότι κάθε μόριο DNA αποτελείται από μία διπλή έλικα νουκλεοτιδίων, που συνδέονται μεταξύ τους με δεσμούς υδρογόνου. Οι δύο αυτοί κλώνοι νουκλεοτιδίων διαχωρίζονται κατά τον αναδιπλασιασμό του μορίου, όπου σε κάθε κλώνο συνδέονται καινούργια νουκλεοτίδια, ίδια με τα αρχικά της προηγούμενης αλυσίδας. Τα νέα αυτά νουκλεοτίδια μετατρέπονται σε νέο κλώνο με τη δημιουργία ομοιοπολικών δεσμών μεταξύ τους και τη δημιουργία μιας νέας αλυσίδας.

Το μοντέλο αυτό των Ουάτσον και Κρικ δίνει μία λογική εξήγηση για την πιστότητα με την οποία τα μόρια του DNA αυτοδιπλασιάζονται. Για μία ακόμη φορά μία επιστημονική πρόοδος έγινε με την πρόταση μιας υποθέσεως, η οποία με τη σειρά της έδωσε τεράστια ώθηση στη μελλοντική έρευνα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Στον αναδιπλασιασμό του DNA ποιο μόριο νουκλεοτιδίου ζευγαρώνει με το νουκλεοτίδιο κυτοσίνη;
2. Τι ειναι μία έλικα; Δώστε μερικά παραδείγματα.
3. Τι δεδομένα οδήγησαν τους Ουάτσον και Κρικ ώστε να προτείνουν το ειδικό μοντέλο για τη δομή του DNA;
4. Από τι ενώσεις σχηματίζονται τα κάθετα «στηρίγματα» της «ανεμόσκαλας» του DNA;
5. Τι είναι οι δεσμοί υδρογόνου; Ποια είναι η σημασία τους για την εξήγηση του μοντέλου των Ουάτσον και Κρικ;
6. Τι είναι οι ομοιοπολικοί δεσμοί; Ποια είναι η σημασία τους για την εξήγηση του μοντέλου των Ουάτσον και Κρικ;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

ΒΑΣΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ

Η μεγαλύτερη πρόοδος των πρωτογόνων ετεροτρόφων οργανισμών ήταν η ανάπτυξη ενός μηχανισμού που επέτρεπε τον ακριβή αναδιπλασιασμό τους. Τα νουκλεϊνικά οξέα παίζουν βασικό ρόλο σ' αυτή τη λειτουργία. Τα νουκλεϊνικά αυτά οξέα έχουν διπλό ρόλο μέσα στο κύτταρο: (1) Ελέγχουν το σχηματισμό ενζύμων, που με τη σειρά τους ελέγχουν τις κυτταρικές δραστηριότητες. (2) Μπορούν να αυτοδιπλασιάζονται. Με τη διπλή τους αυτή δράση έγιναν τα κύρια βιομόρια μέσα στο κύτταρο και ο γενετικός κρίκος μεταξύ των γενιών των οργανισμών.

Κάθε νουκλεϊνικό οξύ αποτελείται μόνο από τέσσερα είδη νουκλεοτιδίων. Τόσο στο DNA όσο και στο RNA κάθε νουκλεοτίδιο αποτελείται από ένα σάκχαρο, ένα μόριο φωσφορικού οξέος και μία αζωτούχο βάση. Το μοντέλο των Ουάτσον και Κρικ για τη δομή του DNA προτείνει μία απλή υπόθεση για τον τρόπο με τον οποίο το μόριο του DNA μπορεί να αναδιπλασιάζεται με τέτοια πιστότητα.

Σύμφωνα με το παραπάνω μοντέλο, το μόριο του DNA έχει μία δομή που θυμίζει ανεμόσκαλα. Η σκάλα αυτή είναι στριμμένη γύρω από τον εαυτό της και έτσι παίρνει τη μορφή διπλής έλικας. Κάθε σκαλοπάτι αποτελείται από ένα ζευγάρι βάσεων. Στη διάρκεια του αναδιπλασιασμού του μορίου η σκάλα χωρίζεται στη μέση κάθε σκαλοπατιού. Νέα κατάλληλα νουκλεοτίδια συνδέονται σε κάθε θέση, στο σκαλοπάτι. Κάθε καινούργιο μόριο περιέχει επομένως το μισό του αρχικού μορίου. Η δομή των δύο νέων μορίων είναι ίδια με αυτή του αρχικού μορίου.

Οι πρώτες γνώσεις για τη λειτουργία των νουκλεϊνικών οξέων αποκτήθηκαν από τη μελέτη μικροοργανισμών. Τα νουκλεϊνικά οξέα των βακτηριδίων μπορούν και ελέγχουν τη δομή και τη λειτουργία των κυττάρων μέσα στα οποία βρίσκονται και δρουν με τον ίδιο τρόπο, όταν εισέλθουν σε άλλα κύτταρα. Οι ιοί επιβάλλουν τις πληροφορίες του δικού τους DNA σε ορισμένα κύτταρα και χρησιμοποιούν τα υλικά του κυττάρου για τη δημιουργία περισσοτέρων παρομοίων ιών. Μπορούμε να πούμε ότι τα νουκλεϊνικά οξέα είναι κυρίαρχα μόρια που έχουν τη δυνατότητα να κατευθύνουν τις λειτουργίες του κυττάρου.



Η κότα και το αυγό

Ποιο εμφανίσθηκε πρώτο, το DNA ή τα ζωντανά κύτταρα; Αυτό είναι μία άλλη μορφή της ερωτήσεως: «Ποιο εμφανίσθηκε πρώτα, η κότα ή το αυγό»;

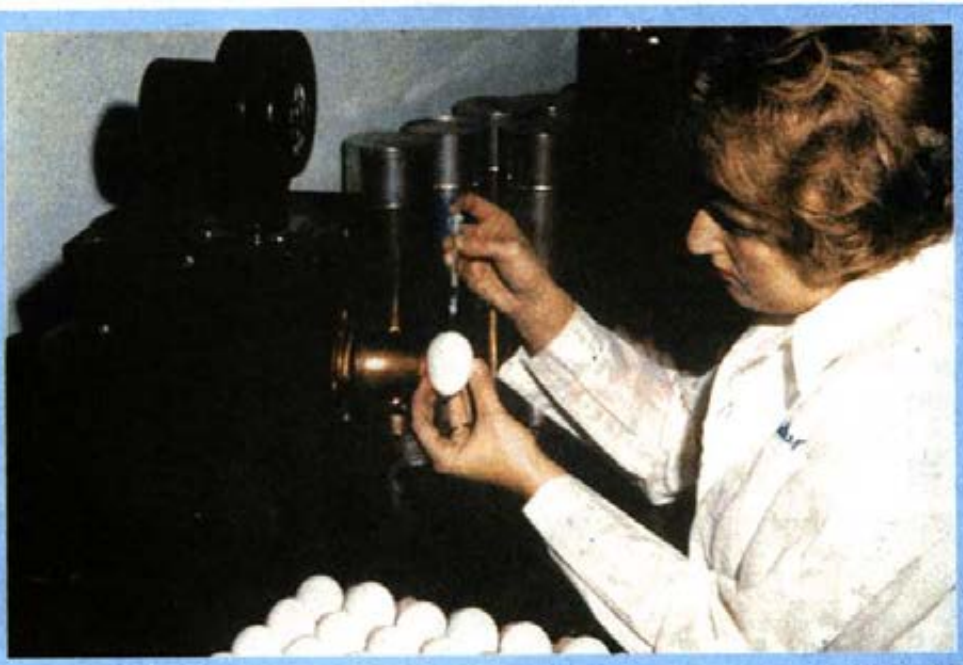
Οι ιοί περιέχουν μόνο DNA ή RNA και πρωτεϊνικό περίβλημα. Δεν μπορούν να αναπαραχθούν μόνοι τους. Το DNA τους πρέπει να μπει μέσα σε ζώντα κύτταρα, για να βρει το απαραίτητο ενζυμικό σύστημα για την αναπαραγωγή του ιού. Τότε μονάχα το DNA του ιού χρησιμοποιεί το κύτταρο για την παραγωγή νέων ιών μέχρι την τελική καταστροφή του κυττάρου.

Μερικές φορές το DNA του ιού εισέρχεται στο κύτταρο και το τροποποιεί χωρίς να το καταστρέφει. Το DNA του ιού ενώνεται με το DNA του κυττάρου και προσθέτει νέα γονίδια στο κύτταρο. Στη διάρκεια της αναπαραγωγής του κυττάρου, τόσο το DNA του κυττάρου, όσο και το DNA του ιού αναπαράγονται μαζί. Τα νέα κύτταρα έχουν αλλάξει σύμφωνα με τις οδηγίες που επέβαλε ο ιός στο DNA των μητρικών κυττάρων. Τα κύτταρα λέμε τότε, ότι τροποποιήθηκαν. Αυτή η σειρά των γεγονότων οδήγησε τους βιολόγους να κάνουν πειράματα γονιδιακών «μοσχευμάτων». Θα διαβάσετε μερικά από αυτά τα πειράματα στο επόμενο κεφάλαιο.

Θα μπορούσε το αρχικό βιολογικό υλικό να είχε τροποποιηθεί και να

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποια είναι η σχέση ενός νουκλεοτιδίου και ενός νουκλεϊνικού οξέος;
2. Με ποιον τρόπο μπορούμε να πάρομε περισσότερα από ένα είδος RNA;
3. Τι ενδείξεις έχομε για το ότι το DNA μπορεί να διαπεράσει τη μεμβράνη του πνευμονιοκόκκου;
4. Ποιες είναι οι δύο σημαντικές λειτουργίες του DNA μέσα στο κύτταρο;
5. Τι ενδείξεις υπάρχουν ότι τα νουκλεοτίδια βρίσκονται κατά ζεύγη στο μόριο του DNA;
6. Τι ενδείξεις υπάρχουν ότι το DNA μπορεί και αναδιπλασιάζεται;
7. Γιατί θα περιμένατε οι ποσότητες της αδενίνης και της θυμίνης να είναι ίσες στο μόριο του DNA; Ή οι ποσότητες της γουανίνης και της κυτοσίνης;
8. Τι είναι και γιατί είναι χρήσιμο ένα επιστημονικό μοντέλο; Πώς σχετίζεται με μία επιστημονική υπόθεση;
9. Πώς δοκιμάζεται ένα επιστημονικό μοντέλο;



γίνει πιο πολύπλοκο με παρόμοια γεγονότα στα αρχικά στάδια της ιστορίας της γης; Μπόρεσαν άραγε, προζωικές ή αρχέγονες μορφές να συνδυασθούν με παρόμοιους τρόπους σε κάποιο στάδιο της εξελίξεως; Οι βιολόγοι δεν έχουν ακόμη απαντήσει, αλλά θα διαβάσετε γι' αυτή την ερώτηση στις σελίδες 214-215.

Ερωτήσεις σαν και αυτές, καθώς και οι απαντήσεις τους, μπορούν να μας κάνουν να σκεφθούμε ποιο έγινε πρώτο, το DNA ή το κύτταρο; Τα κύτταρα, με τη μορφή που τα ξέρομε σήμερα, δεν μπορούν να ζήσουν για μεγάλο χρονικό διάστημα, ή να αναπαραχθούν, χωρίς DNA. Αλλά και το DNA, όπως στους ιούς, δεν μπορεί να αναπαραχθεί, ή να κατευθύνει τις δραστηριότητες της ζωής χωρίς το ενζυμικό σύστημα, που υπάρχει μέσα στα κύτταρα.

Πιθανότατα και τα δύο γεγονότα άρχισαν παράλληλα και ακολούθησε μία τυχαία συνάντηση μικρών μορίων DNA με προζωικά συναθροίσματα δραστικών ουσιών. Θα μπορούσε μία τέτοια υπόθεση να απαντήσει στην ερώτηση τι έγινε πρώτο, η κότα ή το αυγό; Οι βιολόγοι συνεχίζουν τα πειράματά τους για να απαντήσουν στην παμπάλαια αυτή ερώτηση. Π.χ. ο βιολόγος που βλέπεις εδώ κάνει ένεση ιών σε αυγά, για να διαπιστώσει αν οι ιοί αυτοί θα αναπαραχθούν. Ή μήπως το αυγό δεν θα μολυνθεί;

ΑΡΘΡΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΒΑΣΜΑ

Campbell, A. M. "How Viruses Insert Their DNA into the DNA of the Host Cell." *Scientific American*, December, 1976.

Maniatis, T. and M. Ptashne. "A DNA Operator-Repressor System." *Scientific American*, January, 1976.

Temin, H. M. "RNA-Directed DNA Synthesis." *Scientific American*, January, 1972.

Watson, J. D. *The Double Helix*. New York, Atheneum, 1968.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

1. J. D. Watson and F. H. C. Crick, "Molecular Structure of Nucleic Acids." *Nature*, Vol. 171, No. 4356, 1953, pp. 737–738. (Reprinted in *Classic Papers in Genetics*, ed. J. A. Peters, Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1959.)
2. *Ibid.*

Ο Γενετικός Κώδικας 9



Οι πασχαλίτσες πάνω στο φύλλο μοιάζουν αλλά δεν είναι ακριβώς όμοιες. Τα περισσότερα μόρια του DNA τους είναι όμοια.

Από προηγούμενα πειράματα μάθατε ότι τα μόρια του DNA από πνευμονιοκόκκους και βακτηριοφάγους μπορούν να αναπαράγονται μέσα σε νέα κύτταρα. Πώς όμως τα μόρια αυτά μπορούν και εξασκούν αυτόν τον πανίσχυρο έλεγχο; Και πώς μπορούν κύτταρα και οργανισμοί να μεταβιβάζουν τα αξιοθαύμαστα αυτά χαρακτηριστικά στους απογόνους τους;

Σ' αυτό το κεφάλαιο θα μάθετε με ποιο τρόπο η γλώσσα της ζωής είναι γραμμένη σε ένα μοριακό κώδικα. Τα κωδικοποιημένα αυτά μηνύματα, όταν μεταγράφονται, καθοδηγούν το κύτταρο με ποιον τρόπο να συνθέτει ειδικά πρωτεϊνικά μόρια. Οι περισσότερες από αυτές τις πρωτεΐνες είναι ένζυμα που καταλύουν χημικές αντιδράσεις μέσα στο κύτταρο. Με αυτόν τον τρόπο τα κωδικοποιημένα μηνύματα ελέγχουν τις περισσότερες από τις ζωικές λειτουργίες.

Η γλώσσα της ζωής

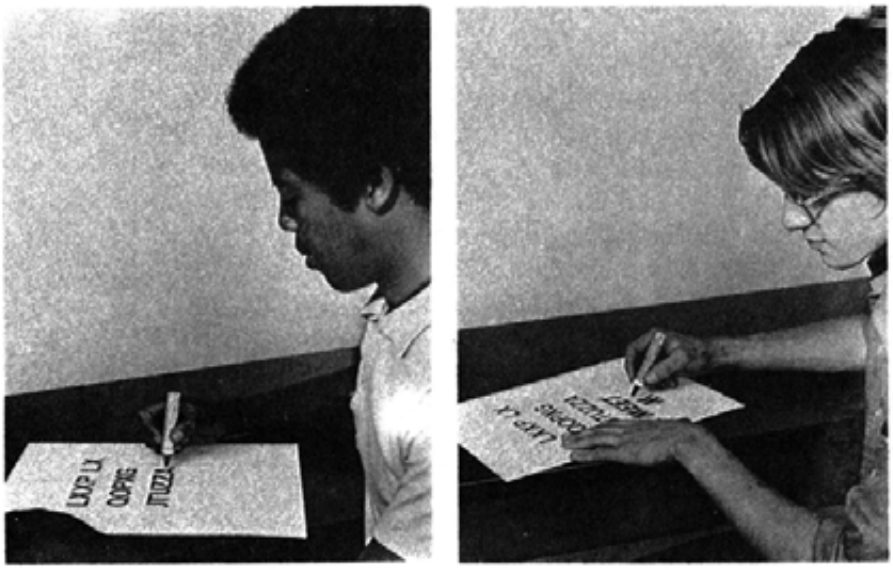
9-1
Με ποιο τρόπο το κύτταρο μεταβιβάζει τα χαρακτηριστικά του;

Όταν οι ζωντανοί οργανισμοί κατάφεραν να πολλαπλασιάζονται, με ποιον τρόπο άραγε μπόρεσαν να μεταβιβάζουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους στους απογόνους τους; Δύο διαφορετικές υποθέσεις μας δίνουν κάποιες πιθανές εξηγήσεις:

Η πρώτη υπόθεση προτείνει ότι πιθανόν στη διάρκεια της κυτταρικής διαιρέσεως όλα τα μόρια μέσα στο κύτταρο μπορούν να δημιουργούν ακριβή αντίγραφα του εαυτού τους και έτσι κάθε κυτταρικό συστατικό μπορεί να βρεθεί και στο καινούργιο κύτταρο. Αυτό σημαίνει ότι η θαυμαστή λειτουργία του αυτοδιπλασιασμού των μορίων θα έπρεπε να χαρακτηρίζει κάθε οργανική ουσία του κυττάρου ξεχωριστά. Μέχρι σήμερα όμως δεν έχομε στοιχεία που να υποστηρίζουν αυτή την υπόθεση. Σάκχαρα, πρωτεΐνες, λίπη και τα περισσότερα άλλα οργανικά μόρια του κυττάρου δεν μπορούν να αυτοδιπλασιασθούν.

Ας δούμε τώρα τη δεύτερη υπόθεση: Ένα είδος μορίων περιέχει την πληροφορία για το πώς να φτιάχνονται όλα τα άλλα μόρια μέσα στο κύτταρο. Τα μόρια επομένως αυτής της ομάδας θα πρέπει να είναι ένα είδος βασικής βιβλιοθήκης με εντολές για τον τρόπο συνθέσεως όλων των άλλων μορίων του κυττάρου.

Πολλά πειράματα δείχνουν ότι τα νουκλεϊνικά οξέα είναι ένα τέτοιο είδος μορίων. Πρώτο, τα μόρια αυτά μπορούν να δημιουργούν ακριβή αντίγραφα του εαυτού τους. Μερικά από τα πειραματικά αυτά δεδομένα παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 8. Δεύτερο, διάφορα πειράματα έδειξαν ότι τα νουκλεϊνικά οξέα μεταφέρουν πληροφορίες για την κατασκευή όλων των πρωτεϊνών του κυττάρου. Η πρωτεϊνοσύνθεση είναι η βάση της ζωής. Κάθε κύτταρο δημιουργεί συνεχώς και συγχρόνως εκατοντάδες πρωτεΐνες, που καθορίζουν τις λειτουργίες, το σχήμα, το μέγεθος και τη δομή του κυττάρου. Μερικές από αυτές τις πρωτεΐνες είναι δομικές και βοηθούν το κύτταρο να δημιουργήσει τα διάφορα τμήματά του, όπως, για παράδειγμα, τις κυτταρικές μεμβράνες. Άλλες πρωτεΐνες είναι ρυθμιστικές, όπως η ορμόνη ινσουλίνη και οι περισσότερες ορμόνες. Αλλά οι περισσότερες πρωτεΐνες είναι ένζυμα, τα οποία καταλύουν ένα μεγάλο αριθμό κυτταρικών αντιδράσεων από τις οποίες εξαρτάται η ζωή. Τα ένζυμα αυτά είναι οι ουσίες που κατευθύνουν τις αντιδράσεις παραγωγής υδατανθράκων, λιπών, βιταμινών, οστών, χόνδρων και τις περισσότερες άλλες από τις ουσίες που συναντούμε στους ζωντανούς οργανισμούς. Μ'



Εικόνα 9-1 *Ένας κώδικας χρησιμοποιεί σύμβολα για τη μετάφραση της πληροφορίας από μία μορφή σε μία άλλη.*

άλλα λόγια, τα νουκλεϊνικά οξέα ελέγχοντας την πρωτεϊνοσύνθεση, μπορούν να ελέγξουν όλες τις κυτταρικές διεργασίες.

Από τη μελέτη της δομής των νουκλεϊνικών οξέων οι επιστήμονες ανακάλυψαν τον τρόπο του αναδιπλασιασμού τους. Πώς όμως τα μόρια αυτά μπορούν να χρησιμεύσουν ως αποθήκη των γενετικών οδηγιών για την πρωτεϊνοσύνθεση;

Η προσπάθεια για την απάντηση σε αυτή την ερώτηση οδήγησε σε σπουδαιότατες νέες ανακαλύψεις. Σήμερα οι βιολόγοι γνωρίζουν ότι τα νουκλεϊνικά οξέα περιέχουν κωδικοποιημένες οδηγίες για τη σύνθεση όλων των κυτταρικών πρωτεϊνών. Οι κωδικοποιημένες αυτές πληροφορίες μεταγράφονται ακριβώς από τη μία γενιά στην άλλη. Αλλά πριν εξετάσομε πώς λειτουργεί αυτός ο υπέροχος μηχανισμός, ας δούμε μερικούς άλλους κώδικες που σας είναι ήδη γνωστοί.

9-2
Οι κώδικες χρησιμοποιούν σύμβολα

Ένας κώδικας είναι ένα σύνολο συμβόλων που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση πληροφοριών. Οποιοσδήποτε γνωρίζει τον κώδικα μπορεί να μεταφράσει τις πληροφορίες από τη μία μορφή στην άλλη. Ο γραπτός λόγος είναι ένας τέτοιος κώδικας που έχουν εφεύρει οι άνθρωποι. Χρησιμοποιώντας μόνο λίγα σύμβολα, ο καθένας μπορεί να μεταδώσει τις γνώσεις του ή την πείρα του σε άλλους. Παράδειγμα, τα ελληνικά χρησιμοποιούν 24 σύμβολα, τα γράμματα του αλφαβήτου μας. Με αυτά τα 24 γράμματα, μπορούμε να σχηματίσομε ένα άπειρο αριθμό λέξεων και να γράψομε έναν απεριόριστο αριθμό βιβλίων, στα οποία είναι αποθηκευμένη κάθε είδους πληροφορία. Επιπλέον, για κάποιον που δεν ξέρει ελληνικά, τίποτα από ό,τι είναι γραμμένο σ' αυτή τη γλώσσα δεν έχει νόημα. Πρέπει να χρησιμοποιήσει λεξικό, για να μεταφράσει το κωδικοποιημένο αυτό σύστημα. Η εικόνα 9-1 δείχνει τη χρησιμοποίηση ενός κώδικα.

Οι κώδικες μπορεί να περιέχουν οποιοδήποτε αριθμό συμβόλων και τα ίδια σύμβολα μπορεί να χρησιμοποιούνται σε περισσότερους κώδικες. Για παράδειγμα, μερικές γλώσσες χρησιμοποιούν περισσότερα ή λιγότερα γράμματα από το ελληνικό αλφάβητο. Έτσι, το αγγλικό αλφάβητο έχει 26 γράμματα, από τα οποία μόνο 14 είναι κοινά με τα ελληνικά και το αλφάβητο της Χαβάης χρησιμοποιεί 12 μόνο από τα γράμματα του αγγλικού αλφαβήτου.

Ίσως έχετε τις σύγχρονες πιστωτικές κάρτες, που χρησιμοποιούνται και από τους υπολογιστές. Ορισμένοι λογαριασμοί που

παίρνουν οι γονείς σας ταχυδρομικά είναι κάρτες που έχουν μικρές στρογγυλές ή ορθογώνιες τρύπες. Ο αριθμός και η θέση τους πάνω στην κάρτα παριστάνουν ένα κωδικό σύστημα. Παρόλο που μπορούν να μεταφρασθούν από αυτούς που γνωρίζουν τον κώδικα, είναι έτσι κατασκευασμένες ώστε να αποκωδικοποιούνται από μηχανές. Υπάρχουν και άλλοι κώδικες, που χρησιμοποιούν μόνο δύο σύμβολα. Για παράδειγμα, ο κώδικας Morse αναπαριστά το αγγλικό αλφάβητο, χρησιμοποιώντας μεταβλητούς αριθμούς από τελείες (.) ή παύλες (–).

Πόσα γράμματα άραγε έχει ο κώδικας του DNA; Στο προηγούμενο κεφάλαιο μάθατε ότι παρόλο που το μόριο του DNA είναι πολύ μεγάλο, είναι φτιαγμένο μόνο από τέσσερα διαφορετικά νουκλεοτίδια. Με άλλα λόγια το «αλφάβητο» του DNA περιέχει μόνο τέσσερα «γράμματα», τα τέσσερα νουκλεοτίδια. Το μικρό αυτό μέγεθος του αλφαβήτου θέτει ένα νέο πρόβλημα: Στο κεφάλαιο 4 μάθατε ότι οι πρωτεΐνες είναι φτιαγμένες από 20 διαφορετικές μικρότερες ομάδες, τα 20 αμινοξέα. Η διαφορά μεταξύ των πρωτεϊνών βασίζεται στη συχνότητα και τις διαφορετικές θέσεις που βρίσκονται τα αμινοξέα στην πρωτεϊνική αλυσίδα. Ακόμη και αν δύο πρωτεΐνες είχαν τον ίδιο αριθμό αμινοξέων, που ήταν όμως τοποθετημένα με διαφορετική σειρά, οι ιδιότητές τους θα ήταν διαφορετικές. Σκεφτείτε ότι τα ίδια γράμματα η, ρ, χ, α τοποθετημένα σε μία σειρά σημαίνουν «αρχή» ενώ με μία διαφορετική σειρά σημαίνουν «ράχη» ή «ρηχά» ή ακόμη και «χήρα».

Τώρα σκεφθείτε ότι το DNA πρέπει να στείλει ένα μήνυμα που να λέει: «Πρόσθεσε το αμινοξύ αυτό στην πολυπεπτιδική αλυσίδα για να δημιουργήσεις τη συγκεκριμένη αυτή πρωτεΐνη».

Πόσα άραγε νουκλεοτίδια θα χρειάζονταν για να κωδικοποιήσουν το μήνυμα για ένα συγκεκριμένο αμινοξύ; Κάθε ένα από αυτά τα μηνύματα θα πρέπει να είναι διαφορετικό, ώστε το κύτταρο να μη συγχέει το ένα αμινοξύ με το άλλο. Έτσι, αφού υπάρχουν 20 διαφορετικά αμινοξέα, μας χρειάζονται 20 διαφορετικά μηνύματα, ένα για κάθε αμινοξύ. Αν ένα μόνο νουκλεοτίδιο κωδικοποιούσε την πληροφορία για κάθε αμινοξύ, μόνο 4 από τα 20 αμινοξέα θα μπορούσαν να κωδικοποιηθούν με τα 4 νουκλεοτίδια – την αδενίνη (A), τη θυμίνη (T), την κυτοσίνη (C) και τη γουανίνη (G).

Είναι λοιπόν φανερό ότι τα τέσσερα απλά γράμματα δεν επαρκούν για να κωδικοποιήσουν τα 20 αμινοξέα. Ίσως δύο νουκλεοτίδια, σε μία συγκεκριμένη σειρά, θα μπορούσαν να σηματοδοτήσουν την προσθήκη ενός συγκεκριμένου αμινοξέος στην πολυπεπτιδική αλυσίδα. Τότε οι πιθανοί συνδυασμοί θα ήταν: AA, AT, AC, AG, TA, TT, TC, TG, CA, CT, CC, CG, GA, GT, GC, GG. Με αυτόν τον τρόπο 16 διαφορετικά αμινοξέα θα μπορούσαν να κωδικοποιηθούν από τα νουκλεοτίδια. Και πάλι όμως δεν έχομε αρκετές λέξεις! Χρειάζονται επομένως να συνδυασθούν τουλάχιστον τρία νουκλεοτίδια για να κωδικοποιήσουν την απαραίτητη πληροφορία για τα 20 αμινοξέα. Όταν τα νουκλεοτίδια σχηματίζουν ομάδες των τριών, έχομε 64 πιθανούς συνδυασμούς, όπως CTG, TAC, ACA κλπ. Ένας κώδικας, που θα χρησιμοποιούσε τρία διαφορετικά νουκλεοτίδια, είναι υπεραρκετός για να καθορίσει τα 20 αμινοξέα. Πράγματι, υπάρχουν αρκετές επιπλέον λέξεις, ώστε κάθε αμινοξύ μπορεί να καθορίζεται από περισσότερους συνδυασμούς. Στη γλώσσα μας έχομε κάτι το αντίστοιχο, δηλαδή διαφορετικές λέξεις με το ίδιο νόημα, όπως π.χ. οικία και σπίτι. Πρόσφατα πειράματα έδειξαν πως αυτό ισχύει και για τον κώδικα του DNA.

9-3
Ο γενετικός κώδικας μεταφέρεται από έναν αγγελιοφόρο

Ένα από τα σπουδαιότερα θέματα στην ιστορία της σύγχρονης βιολογίας είναι η ερευνητική εργασία βιολόγων και χημικών, που αποκρυπτογράφησαν τον κώδικα της ζωής, που σήμερα είναι γνωστός ως ***γενετικός κώδικας.*** Οι επιστήμονες αυτοί κατάφεραν να ερμηνεύσουν τις «λέξεις», που ήταν φτιαγμένες από τα γράμματα του αλφαβήτου των νουκλεοτιδίων. Έτσι ανακάλυψαν τις ειδικές τριάδες νουκλεοτιδίων, που ήταν ο κώδικας για κάθε αμινοξύ. Για να καταλάβομε όμως πώς έγινε αυτό, πρέπει να πούμε λίγα λόγια για τη σύνθεση των πρωτεϊνών μέσα στα κύτταρα.

Μελετώντας τη σύνθεση των πρωτεϊνών, οι βιοχημικοί ανακάλυψαν ότι το DNA δεν συνθέτει πρωτεΐνες κατευθείαν. Το DNA

φτιάχνει πρωτεΐνες με τη μεσολάβηση του RNA, όπως φαίνεται παρακάτω:

DNA → RNA → Πρωτεΐνες

(που σημαίνει ότι το DNA φτιάχνει RNA και ότι το RNA φτιάχνει πρωτεΐνες).

Από καιρό οι επιστήμονες υποπτεύονταν ότι το RNA σχετιζόταν με τη σύνθεση των πρωτεϊνών στο κύτταρο, επειδή κύτταρα που έφτιαχναν μεγάλες ποσότητες πρωτεϊνών περιείχαν και μεγάλες ποσότητες RNA. Το μεγαλύτερο ποσό του κυτταρικού RNA βρίσκεται στο κυτταρόπλασμα. Χρησιμοποιώντας τεχνικές διαχωρισμού των διαφόρων συστατικών του κυττάρου, οι βιοχημικοί βρήκαν ότι το RNA στο κυτταρόπλασμα βρίσκεται κυρίως σε ορισμένα μικρά κοκκία που ονομάζονται ***ριβοσώματα.*** Τα ριβοσώματα αυτά είναι ορατά στην ηλεκτρονική μικροφωτογραφία, που παρουσιάζεται στην εικόνα 7-7.

Μελέτες που χρησιμοποιούσαν αμινοξέα, επισημασμένα με ραδιενεργά ισότοπα, έδειξαν ότι νέα μόρια πρωτεΐνης σχηματίζονται στα ριβοσώματα. Αν λοιπόν τα μόρια της πρωτεΐνης σχηματίζονται στα ριβοσώματα, τότε και τα μόρια του RNA θα πρέπει να έχουν δεχθεί την πληροφορία για το πώς να συναρμολογήσουν τα μόρια των αμινοξέων. Πώς αυτές οι πληροφορίες έφθασαν στα ριβοσώματα; Ένα πράγμα ήταν βέβαιο: Οι πληροφορίες αυτές δεν μπορούσαν να έλθουν κατευθείαν από το DNA, αφού ήταν γνωστό ότι το DNA παραμένει στον πυρήνα του κυττάρου.

Στη συνέχεια πιστοποιήθηκε ότι το DNA ήταν ένα είδος αρχικής πληροφορίας που ήταν γραμμένη πάνω σε μία ταινία και βρισκόταν ασφαλισμένη μέσα σε ένα χρηματοκιβώτιο, δηλαδή στον πυρήνα του κυττάρου. Από αυτή την ταινία πληροφορίας του DNA το κύτταρο παρασκευάζει αντίγραφα, που μεταφέρουν τις γενετικές πληροφορίες στα ριβοσώματα. Αυτά τα αντίγραφα είναι στην πραγματικότητα ειδικά μόρια RNA, που ονομάζονται ***αγγελιοφόρο RNA (messenger RNA-mRNA).*** Το γενετικό μήνυμα που βρίσκεται πάνω στο μόριο του DNA μεταγράφεται στο μόριο του RNA, το οποίο στη συνέχεια μεταφέρεται στα ριβοσώματα.

Τα μόρια του αγγελιοφόρου RNA συντίθενται στον πυρήνα του κυττάρου, κοντά στην αλυσίδα του DNA, και έτσι αντιγράφουν τη γενετική πληροφορία. Η μεταγραφή αυτή πρέπει να γίνεται με μεγάλη ακρίβεια. Όλα τα μόρια του RNA που προέρχονται από το ίδιο τμήμα του DNA πρέπει να είναι πανομοιότυπα. Έτσι εξασφαλίζεται, ώστε όλες οι πρωτεΐνες, που θα συντεθούν κάτω από τον έλεγχο ενός τμήματος του DNA, να είναι ίδιες. Στη γλώσσα του κώδικα αυτό σημαίνει ότι όλα τα νουκλεοτίδια του νέου μορίου του RNA πρέπει να είναι όμοια με τα νουκλεοτίδια του DNA από το οποίο προέρχονται. Θυμηθείτε ότι το αλφάβητο με τα τέσσερα νουκλεοτίδια του RNA μοιάζει πολύ με αυτό του DNA. Η μόνη διαφορά είναι ότι η θυμίνη (T) στο DNA έχει αντικατασταθεί από την ουρακίλη (U) στο RNA (βλ. πίνακα 9-1).

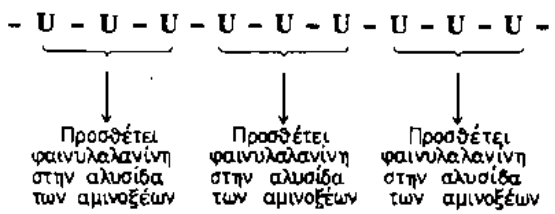
Το αλφάβητο του DNA	**Το αλφάβητο του RNA**
A νουκλεοτίδιο της αδενίνης	A νουκλεοτίδιο της αδενίνης
C νουκλεοτίδιο της κυτοσίνης	C νουκλεοτίδιο της κυτοσίνης
G νουκλεοτίδιο της γουανίνης	G νουκλεοτίδιο της γουανίνης
T νουκλεοτίδιο της θυμίνης	U νουκλεοτίδιο της ουρακίλης

Πίνακας 9-1 Τα «αλφάβητα» του DNA και του RNA. Τα A, C, και G υπάρχουν και στα δύο αλφάβητα. Διαφέρουν μόνο ως προς τους υδατάνθρακες που περιέχουν (ριβόζη στο RNA, δεοξυριβόζη στο DNA). Το T στο DNA και το U στο RNA είναι η μόνη διαφορά τους.

Θυμηθείτε επίσης ότι στο DNA η κυτοσίνη ζευγαρώνει πάντοτε με τη γουανίνη και η αδενίνη με τη θυμίνη. Το ζευγάρωμα αυτό θα πρέπει να ακολουθείται και όταν ένα κλώνος DNA φτιάχνει ένα καινούργιο μόριο RNA. Η μόνη διαφορά είναι ότι η ουρακίλη θα αντικαθιστά τη θυμίνη. Έτσι, όταν μία κυτοσίνη βρίσκεται στο μόριο του DNA, μία γουανίνη θα βρίσκεται στην αντίστοιχη θέση του μορίου του RNA. Και όταν ένα νουκλεοτίδιο αδενίνης βρίσκεται στον κλώνο του DNA που μεταγράφεται, ένα νουκλεοτίδιο ουρακίλης θα βρίσκεται στο μόριο του RNA (βλ. πίνακα 9-2).

DNA Κωδική λέξη (στον πυρήνα)	RNA Κωδική λέξη (από τον πυρήνα στο κυτταρόπλασμα)	Αμινοξύ Ενσωματωμένη σε πρωτεΐνες (κυτταρόπλασμα)
CCA	GGU	Γλυκερίνη
AGA	UCU	Σερίνη
CGA	GCU	Αλανίνη
CAA	GUU	Βαλίνη

Πίνακας 9-2 Οι κώδικες του DNA και του RNA για τέσσερα αμινοξέα



Εικόνα 9-2 *Κάθε ομάδα από τρία μόρια ουρακίλης (U) καθορίζει την προσθήκη ενός μορίου φαινυλαλανίνης σε μία πολυπεπτιδική αλυσίδα μιας πρωτεΐνης.*

9-4
Ο γενετικός κώδικας τελικά αποκρυπτογραφείται

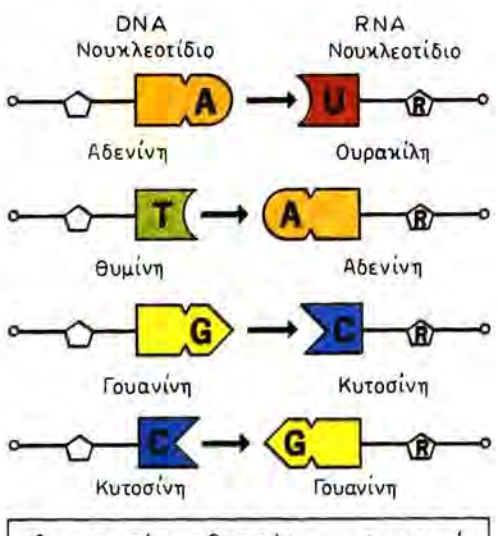
Το RNA ήταν τελικά το κλειδί για την αποκρυπτογράφηση του γενετικού κώδικα. Ένας νεαρός Αμερικανός βιοχημικός, ο Μ. Νίρεμπεργκ, που εργαζόταν στο Γενικό Ινστιτούτο Υγείας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής μελετούσε τη σύνθεση των πρωτεϊνών σε εκχυλίσματα βακτηριακών κυττάρων που περιείχαν ριβοσώματα. Ο Νίρεμπεργκ βρήκε ότι η προσθήκη mRNA που είχε απομονωθεί από ένα είδος κυττάρων αύξανε την πρωτεϊνική σύνθεση στα ριβοσώματα ενός άλλου είδους κυττάρων. Με άλλα λόγια, τα ριβοσώματα άρχιζαν να παράγουν νέα πρωτεϊνικά μόρια, ακόμη και αν δέχονταν την πληροφορία από ένα «ξένο» είδος RNA. Έτσι ο Νίρεμπεργκ σκέφθηκε ένα καινούργιο πείραμα: Αν τα ριβοσώματα μπορούσαν να δεχτούν την πληροφορία από ένα ξένο RNA, δεν θα μπορούσαν άραγε να ακολουθήσουν τις εντολές ενός συνθετικού RNA, δηλαδή ενός μορίου φτιαγμένου στο εργαστήριο και το οποίο ποτέ πριν δεν είχε προϋπάρξει σε ένα ζωντανό οργανισμό;

Με απλά λόγια ο Νίρεμπεργκ έφτιαξε ένα μόριο RNA, που αποτελείτο από μία συνεχή επανάληψη ενός μόνο ριβονουκλεοτιδίου, της ουρακίλης. Αυτή η συνθετική αλυσίδα νουκλεοτιδίων της ουρακίλης (U-U-U-U-U-U-U) προστέθηκε σε είκοσι δοκιμαστικούς σωλήνες που περιείχαν ριβοσώματα, ένζυμα και άλλα συστατικά που χρειάζονται για την πρωτεϊνική σύνθεση. Κάθε δοκιμαστικός σωλήνας όμως περιείχε και ένα διαφορετικό ραδιενεργό αμινοξύ. Τα αποτελέσματα ήταν εκπληκτικά: Στους 19 από τους 20 σωλήνες δεν συνέβη τίποτα. Αντίθετα, στον εικοστό σωλήνα το ραδιενεργό αμινοξύ ενσωματώθηκε σε μία πολυπεπτιδική αλυσίδα. Το αμινοξύ αυτό ήταν η φαινυλαλανίνη. Η ανάλυση του πολυπεπτιδίου έδειξε ότι η αλυσίδα του αποτελείτο από μία συνεχή επανάληψη του αμινοξέος φαινυλαλανίνη.

Οι βιοχημικοί είχαν προηγουμένως καταλήξει στην παραδοχή ότι μία τριάδα νουκλεοτιδίων πρέπει να αποτελεί την κωδική λέξη για την ενσωμάτωση ενός συγκεκριμένου αμινοξέος σε μία πολυπεπτιδική αλυσίδα. Ο Νίρεμπεργκ ανακάλυψε την πρώτη τέτοια τριάδα. Ήταν η τριάδα UUU, που σήμαινε: πρόσθεσε ένα μόριο του αμινοξέος φαινυλαλανίνη στην πολυπεπτιδική αλυσίδα (βλ. εικόνα 9-2). Αυτή ήταν μία αξιοσημείωτη ανακάλυψη για την οποία ο Νίρεμπεργκ αργότερα τιμήθηκε με το βραβείο Νόμπελ.

Οι εργασίες αυτές του Νίρεμπεργκ ενθουσίασαν τον επιστημονικό κόσμο. Λίγο αργότερα, εκτός από το Νίρεμπεργκ ο Σ. Οχόα στη Νέα Υόρκη, ο Φ. Κρικ στο Λονδίνο και άλλοι ακολούθησαν με καινούργια πειράματα, για να ανακαλύψουν τα μυστικά του γενετικού κώδικα.

Οι διάφοροι ερευνητές έφτιαξαν διαφορετικά μόρια RNA και δοκίμασαν να δουν ποια αμινοξέα μπορούσαν να προστεθούν σε μία πολυπεπτιδική αλυσίδα. Με αυτόν τον τρόπο βρέθηκαν οι κώδικες, δηλαδή οι τριάδες των



Εικόνα 9-3 *Τα γράμματα του αλφαβήτου του DNA μεταγράφονται σε γράμματα του αλφαβήτου του RNA.*

νουκλεοτιδίων και για τα υπόλοιπα αμινοξέα. Ο πίνακας 9-2 δείχνει τέσσερις μόνο από αυτές τις κωδικές λέξεις. Ολόκληρος ο γενετικός κώδικας παρουσιάζεται στο παράρτημα 9-Α, στη σελίδα 705.

Τώρα πια ήταν φανερό ότι το αλφάβητο του DNA μεταγράφεται ακριβώς στο αλφάβητο του RNA και μεταφέρεται με το mRNA. Ένας μόνον από τους δύο κλάδους του DNA χρησιμεύει σαν «μήτρα» για τη δημιουργία ενός νέου μορίου RNA στον πυρήνα του κυττάρου. Η σειρά των νουκλεοτιδίων του RNA προσδιορίζεται από το DNA με το ζευγάρωμα των βάσεων, ακριβώς όπως το μόριο του DNA φτιάχνει ένα νέο μόριο DNA(βλ. παράγραφο 8-9). Ακριβώς όπως και στον αναδιπλασιασμό του DNA, ο ειδικός τρόπος ζευγαρώματος των βάσεων κάνει, ώστε μία αδενίνη (A) του DNA να μεταγράφεται σε ουρακίλη (U) στο DNA, η κυτοσίνη (C) του DNA να μεταγράφεται σε γουανίνη (G) κ.ο.κ., όπως φαίνεται στην εικόνα 9-3.

Όπως μάθατε στην παράγραφο 8-2, τρεις από τις τέσσερις αζωτούχες βάσεις είναι κοινές στο μόριο του DNA και του RNA: η αδενίνη, η κυτοσίνη και η γουανίνη. Η τέταρτη βάση του RNA, η ουρακίλη, διαφέρει ελάχιστα από την τέταρτη βάση του DNA, τη θυμίνη. Έτσι, τα αλφάβητα του DNA και του RNA είναι παρόμοια. Και τα δύο περιέχουν τα γράμματα A,C,G. Το τέταρτο γράμμα στο DNA είναι T και στο RNA είναι U.

Ο γενετικός κώδικας είναι ο ίδιος σε όλους τους οργανισμούς που μελετήθηκαν. Αυτή η ομοιότητα είναι μία ακόμη ένδειξη ότι όλες οι μορφές της ζωής σχετίζονται και ότι όλες έχουν κοινή προέλευση.

9-5
Πώς συντίθενται οι πρωτεΐνες

Με τις καινούργιες μας γνώσεις τώρα πια είμαστε έτοιμοι να καταλάβομε πώς συντίθενται οι πρωτεΐνες μέσα στα κύτταρα. Μερικά από τα στάδια που έχομε ήδη αναφέρει θα τα μνημονεύσομε με συντομία. Άλλα στάδια θα τα αναφέρομε για πρώτη φορά σ' αυτό το κεφάλαιο (βλέπε και την εικόνα 9-4 στις σελίδες 178 και 179).

Καθώς το DNA ξετυλίγεται, δημιουργείται είτε ένα καινούργιο DNA είτε ένα μόριο αγγελιοφόρου RNA. Στην τελευταία αυτή περίπτωση ξετυλίγεται τόσο DNA, ώστε να σχηματισθεί μία αλυσίδα RNA κατά μήκος της μιας από τις δύο αλυσίδες του DNA. Αυτό το RNA μπορεί να περάσει μέσα από τους πόρους της πυρηνικής μεμβράνης στο κυτταρόπλασμα. Έτσι περισσότερα αντίγραφα αγγελιοφόρου RNA μπορούν να δημιουργηθούν κατά μήκος της ίδιας αλυσίδας του DNA. Μετά από αυτή τη μεταγραφή, οι δύο αλυσίδες του DNA ξανασχηματίζουν τη διπλή έλικα.

Ξεκινώντας λοιπόν από το DNA, μπορούμε να περιγράψομε το μηχανισμό της συνθέσεως των πρωτεϊνών:

1. Οι απαραίτητες οδηγίες για τη σύνθεση νέων πρωτεϊνών βρίσκονται κωδικοποιημένες στο μόριο του DNA, μέσα στον πυρήνα του κυττάρου. Από αυτό μεταγράφονται στα μόρια του αγγελιοφόρου RNA (mRNA), και συγκεκριμένα ο ένας κλώνος του δίκλωνου DNA μεταγράφεται σε ένα μόριο αγγελιοφόρου RNA.
2. Το αγγελιοφόρο RNA μεταφέρει τις απαραίτητες αυτές οδηγίες από τον πυρήνα προς τα ριβοσώματα στο κυτταρόπλασμα, όπου οι πρωτεΐνες θα συντεθούν από τα αμινοξέα.
3. Τα αμινοξέα δεν προσκολλώνται απευθείας στα ριβοσώματα. Αντίθετα, τα πλησιάζουν πάνω σε ειδικά μόρια RNA, που ονομάζονται ***μεταφορικό RNA.*** Υπάρχουν

τουλάχιστον 20 διαφορετικά είδη μεταφορικών RNA, ένα για κάθε αμινοξύ. (Σημειώστε ότι το μεταφορικό είναι το τρίτο διαφορετικό είδος RNA που αναφέρομε. Τα άλλα δύο είναι το ριβοσωματικό RNA και το αγγελιοφόρο RNA). Ένα ειδικό ένζυμο για κάθε αμινοξύ ενεργοποιεί το αμινοξύ, ώστε να μπορέσει να συνδεθεί με το μόριο του μεταφορικού RNA. Το αγγελιοφόρο RNA στο ριβόσωμα ενώνεται παροδικά με το μεταφορικό RNA (το οποίο μεταφέρει το αντίστοιχο αμινοξύ του), σύμφωνα με την τριάδα του γενετικού κώδικα (βλ. το στάδιο 3 της εικόνας 9-4, σελίδα 179).

4. Η σύνθεση της πολυπεπτιδικής αλυσίδας γίνεται, καθώς το ριβόσωμα μετακινείται κατά μήκος του αγγελιοφόρου RNA, διαβάζοντας τον κώδικά του και διαλέγοντας μεταφορικά RNA με τα αντίστοιχα αμινοξέα τους, σύμφωνα με την αλληλουχία (ή σειρά) του κώδικα.
5. Τα μόρια του μεταφορικού RNA αφού δώσουν τα αμινοξέα τους, απελευθερώνονται και μπορούν να ξανασυνδεθούν με ένα άλλο μόριο αμινοξέος μέσα στο κυτταρόπλασμα.

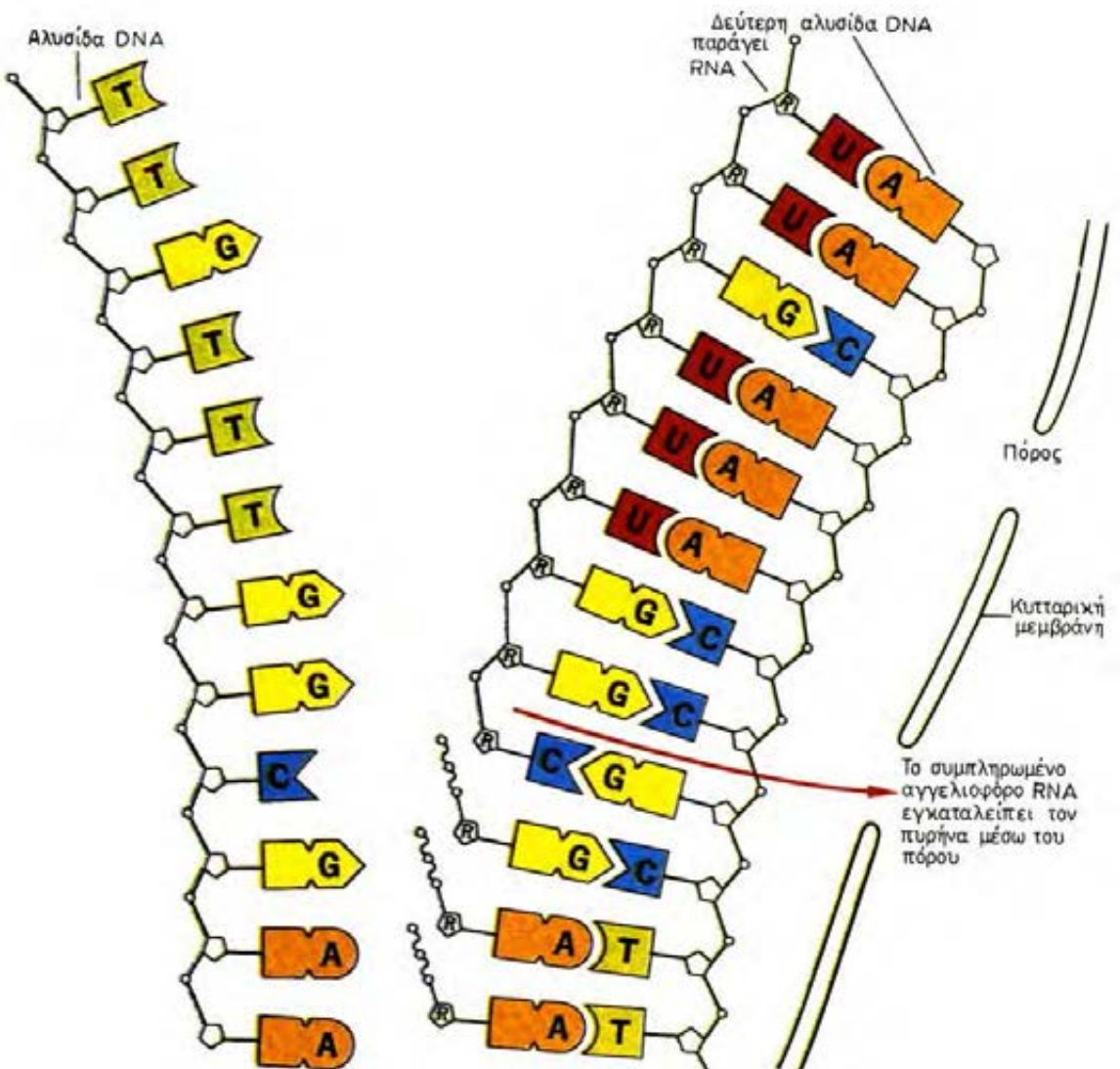
Ίσως εκπλαγείτε με την πολυπλοκότητα του μηχανισμού της πρωτεϊνοσυνθέσεως. Στις περισσότερες πρωτεΐνες η απλή πολυπεπτιδική αλυσίδα είναι μόνο μία από τις δύο ή περισσότερες αλυσίδες που αποτελούν ολόκληρο το μόριο μιας πρωτεΐνης. Ο πολύπλοκος αυτός μηχανισμός της δημιουργίας πολυπεπτιδικών αλυσίδων από αμινοξέα είναι μία ασφαλιστική δικλείδα της φύσεως στα πιθανά σφάλματα, που θα μπορούσαν να προκύψουν κατά τη μεταφορά και αποκωδικοποίηση των γενετικών πληροφοριών που μεταφέρονται από το DNA. Μία λανθασμένη τοποθέτηση ενός αμινοξέος στην πεπτιδική αλυσίδα, σε σύνολο πολλών, ίσως εκατοντάδων αμινοξέων, μπορεί να έχει σοβαρές συνέπειες.

Για παράδειγμα, οι άνθρωποι μεταξύ τους έχουν ορισμένες ειδικές και διαφορετικές πρωτεΐνες. Αυτή η διαφορά μπορεί να εκδηλωθεί σε μία χειρουργική μεταμόσχευση δέρματος. Το ξένο δέρμα του δότη περιέχει διαφορετικές πρωτεΐνες από αυτές του δέκτη. Ο ανοσολογικός μηχανισμός του δέκτη αντιδρά, γιατί θεωρεί τις πρωτεΐνες του μοσχεύματος σαν ξένους εισβολείς. Τα κύτταρα του μεταμοσχευμένου δέρματος νεκρώνονται και το μόσχευμα αποβάλλεται. Υπάρχει μία εξαίρεση σ' αυτόν τον κανόνα: Δέρμα από ένα μονοωογενές δίδυμο μπορεί να μεταμοσχευθεί στο άλλο δίδυμο. Σήμερα γνωρίζομε το γιατί: Τα μονοωογενή δίδυμα προέρχονται από το ίδιο γονιμοποιημένο ωάριο, επομένως περιέχουν το ίδιο γενετικό υλικό. Αυτό σημαίνει ότι περιέχουν το ίδιο DNA, το οποίο δίνει πληροφορίες για τη σύνθεση του ίδιου είδους πρωτεϊνών. Επομένως το δέρμα του ενός μονοωογενούς διδύμου μπορεί να μεταμοσχευθεί με επιτυχία στο άλλο.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κατά τη διαίρεση ενός κυττάρου όλα τα χαρακτηριστικά του μεταβιβάζονται στα καινούργια κύτταρα μέσω του γενετικού κώδικα. Οι βιοχημικοί πραγματοποίησαν μεγάλες προόδους με την αποκρυπτογράφηση του γενετικού κώδικα. Πιστεύουν ότι τα σύμβολα αυτού του κώδικα είναι τα τέσσερα νουκλεοτίδια των νουκλεϊνικών οξέων. Όταν χρησιμοποιούνται τριάδες των τεσσάρων νουκλεοτιδίων, μπορούν να σχηματισθούν 64 διαφορετικοί συνδυασμοί, που είναι υπεραρκετοί για να κωδικοποιηθούν τα 20 αμινοξέα. Στη διάρκεια της συνθέσεως μιας πολυπεπτιδικής αλυσίδας για τη δημιουργία μιας νέας πρωτεΐνης, τα κωδικοποιημένα μηνύματα καθοδηγούν το κύτταρο να τοποθετεί ένα συγκεκριμένο αμινοξύ σε μία καθορισμένη θέση στην αλυσίδα των αμινοξέων. Επειδή ο κώδικας αυτός είναι ο ίδιος σε όλες τις μορφές της ζωής, συμπεραίνομε ότι δημιουργήθηκε πολύ νωρίς στην ιστορία της εξελίξεως.

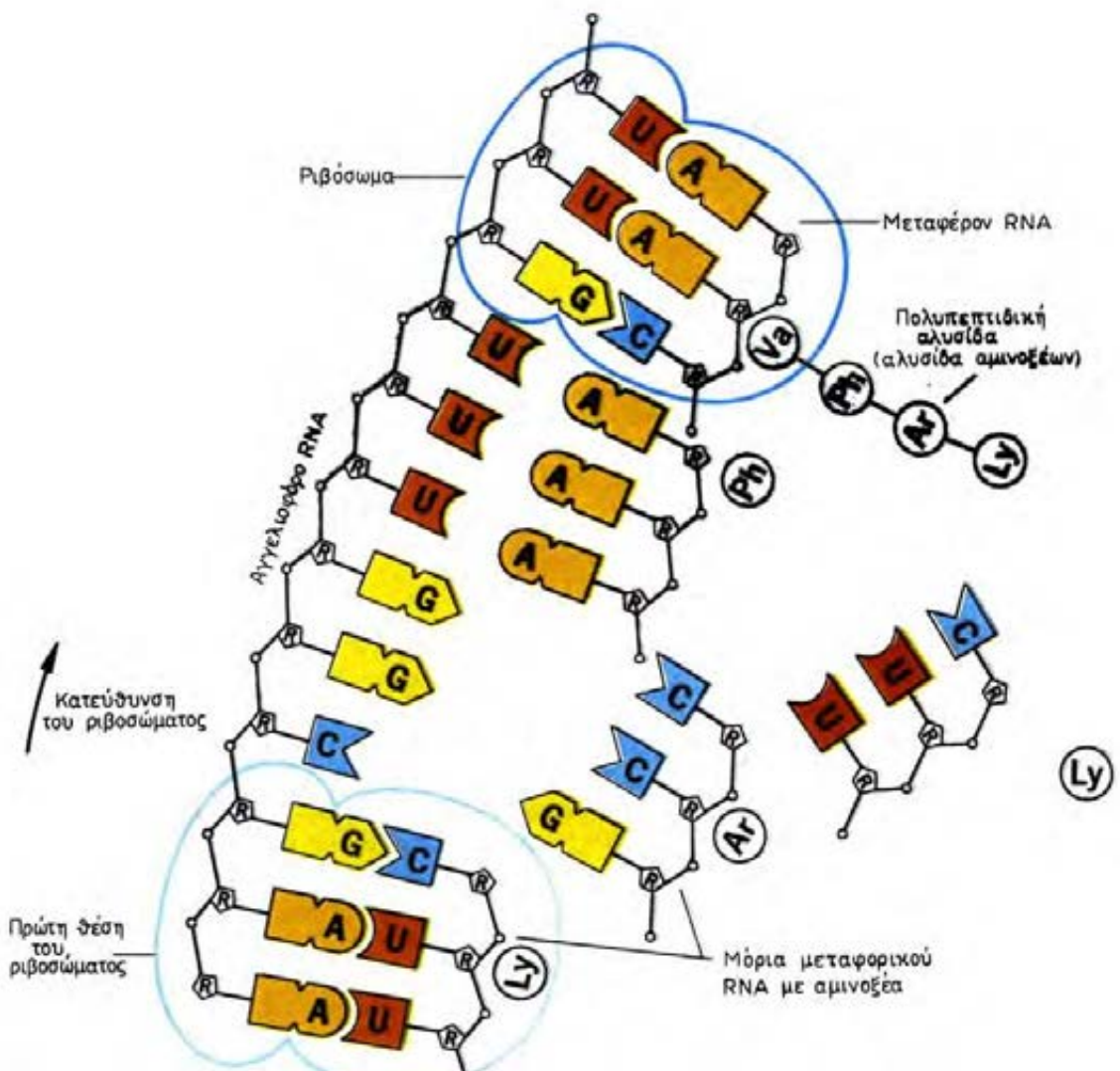
Τα μόρια των πρωτεϊνών παίζουν σημαντικό ρόλο στα κύτταρα. Προμηθεύουν δομικούς λίθους για πολλές κυτταρικές δομές. Επίσης πολλές πρωτεΐνες έχουν ενζυμική δράση και καταλύουν τις περισσότερες χημικές αντιδράσεις μέσα στα κύτταρα. Οι πρωτεΐνες σχηματίζονται με μία αλυσίδα αντιδράσεων, που αρχίζει με την κωδικοποιημένη πληροφορία του DNA του πυρήνα. Η πληροφορία αυτή μεταγράφεται και μεταφέρεται στο κυτταρόπλασμα μέσω των μορίων του αγγελιοφόρου RNA. Στο κυτταρόπλασμα το RNA αυτό συνδέεται με τα ριβοσώματα και συμμετέχει στην πρωτεϊνοσύνθεση. Με τη βοήθεια του μεταφορικού RNA τα αμινοξέα ενώνονται μεταξύ τους σε μία πολυπτιδική αλυσίδα,



1. Όταν μια αλυσίδα DNA ξετυλίγεται, η μια αλυσίδα DNA μεταγράφει το κωδικοποιημένο μήνυμα δημιουργώντας το αγγελιοφόρο RNA

2. Το αγγελιοφόρο RNA βγαίνει από τον πυρήνα στο κυτταρόπλασμα και συνδέεται σε ένα ριβόσωμα

Εικόνα 9-4 *Το DNA μεταγράφει την κωδικοποιημένη πληροφορία για τη σύνθεση πρωτεϊνών στο αγγελιοφόρο RNA (m-RNA). Το διπλό νήμα του DNA ξαναδιπλώνεται και το ένα από τα δύο νήματα παράγει αγγελιοφόρο RNA (στάδιο 1).*



3. Κάθε τριπλέτα του αγγελιοφόρου RNA προσωρινά συνδέεται με ένα μεταφέρον RNA στο οποίο έχει δεθεί το ειδικό του αμινοξύ

4. Το ριβόσωμα κινείται κατά μήκος του αγγελιοφόρου RNA διαβάζοντας τον κώδικα. Αμινοξέα συνδέονται σύμφωνα με τον κώδικα και σχηματίζουν ένα πολυπεπτίδιο

5. Το μεταφέρον **RNA** αφού αποδόσει το αμινοξύ του, προσλαμβάνει ένα δεύτερο μόριο όμοιου αμινοξέος.

Το αγγελιοφόρο RNA φεύγει από τον πυρήνα (βλέπε στάδια 2, 3, 4 και 5). Το νήμα του DNA ενώνεται πάλι με το δεύτερο νήμα και ξανασχηματίζει τη διπλή έλικα. Κάθε νήμα αγγελιοφόρου RNA που παράχθηκε με αυτόν τον τρόπο κατευθύνει την παραγωγή ενός πολυπεπτιδίου που αποτελεί τμήμα ενός μορίου πρωτεΐνης.

σύμφωνα με την πληροφορία του αγγελιοφόρου RNA και καταλήγουν στο σχηματισμό των ειδικών τύπων πρωτεϊνών, που είναι χαρακτηριστικές για κάθε είδος κυττάρου.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Πόσα είδη συμβόλων χρησιμοποιούνται σε κάθε ένα από τους παρακάτω κώδικες:
   (α) Την ελληνική γλώσσα;
   (β) Τη γλώσσα του κώδικα Morse;
   (γ) Τη γλώσσα του DNA;
   (δ) Τη γλώσσα του RNA;
2. Δώστε ένα παράδειγμα του είδους της πληροφορίας που μπορεί να μεταφέρει το RNA.
3. Πώς καθόρισαν οι βιοχημικοί τον αριθμό των συνδυασμών των νουκλεοτιδίων που κωδικοποιούν την πληροφορία για κάθε αμινοξύ;
4. Σε ποιο σημείο του κυττάρου βρίσκονται οι βασικές πληροφορίες για τη σύνθεση των πρωτεϊνών;
5. Με ποιον τρόπο το αγγελιοφόρο RNA συμμετέχει στη σύνθεση των πρωτεϊνών;

Νέα κωδικοποιημένα μηνύματα

9-6
Με ποιον τρόπο δημιουργούνται τα νέα κωδικοποιημένα μηνύματα;

Ο αριθμός των πιθανών μηνυμάτων του DNA είναι σχεδόν απεριόριστος. Κάθε νέα διάταξη νουκλεοτιδίων οδηγεί στη σύνθεση μιας νέας πρωτεΐνης. Οι ερευνητές υποθέτουν ότι τα πρώτα μόρια DNA στους πρωτόγονους ετερότροφους οργανισμούς περιείχαν τις οδηγίες για το κύτταρο. Καθώς οι οργανισμοί γίνονταν πιο πολύπλοκοι, οι πρωτεΐνες τους αποκτούσαν μεγάλη ποικιλομορφία. Διαφορετικά είδη ζώων, φυτών ή πρωτοζώων μπορούν σήμερα να προσδιορισθούν από τις χαρακτηριστικές κυτταρικές πρωτεΐνες τους. Αν λοιπόν κάθε πρωτεΐνη δημιουργείται από ένα διαφορετικό μόριο DNA, τότε θα πρέπει να υπάρχουν πολλά είδη DNA μέσα σε κάθε κύτταρο. Από πού όμως προήλθαν όλα αυτά τα διαφορετικά μηνύματα του DNA;

Πολλά είδη μορίων DNA μέσα σε κάθε κύτταρο είναι απαραίτητα για την παραγωγή των διαφόρων πολυπεπτιδίων, ενζύμων ή άλλων πρωτεϊνών. Αυτά τα διάφορα είδη DNA λέγεται ότι περιέχουν διαφορετικά ***γονίδια.*** Τα γονίδια είναι υπομικροσκοπικά σωματίδια που είχαν προταθεί πριν πολλά χρόνια ως φορείς της γενετικής πληροφορίας. Το τμήμα της βιολογίας, που ονομάζεται γενετική, μελετά τη σύσταση, τη λειτουργία και τον τρόπο μεταφοράς των γονιδίων από το ένα κύτταρο στο άλλο. Η μελέτη των νουκλεϊνικών οξέων απέδειξε ότι τα γονίδια είναι ένα τμήμα του DNA, που περιέχει την απαραίτητη γενετική πληροφορία για τη σύνθεση της πολυπεπτιδικής αλυσίδας μιας συγκεκριμένης πρωτεΐνης.

Εκατοντάδες χιλιάδες γονίδια μπορούν να βρίσκονται πάνω σε ένα μόριο χρωμοσωμικού DNA. Αυτό όμως θέτει ένα ερώτημα: Με ποιον τρόπο το ριβόσωμα «γνωρίζει» από πού αρχίζει και πού τελειώνει ο κώδικας για μία συγκεκριμένη πρωτεΐνη; Οι επιστήμονες βρήκαν την απάντηση σ' αυτή την ερώτηση: Στην παράγραφο 9-4 μάθατε πως η τριάδα των νουκλεοτιδίων του RNA, UUU (ουρακίλη - ουρακίλη - ουρακίλη) είναι ο κώδικας για το αμινοξύ φαινυλαλανίνη. Σήμερα γνωρίζομε ότι η τριάδα AUG σημαίνει «Άρχισε το μήνυμα εδώ». Επίσης ότι οι τριάδες UAA, UAG, UGA σημαίνουν «Το μήνυμα τελειώνει εδώ».

Οι βιολόγοι πιστεύουν ότι τα διαφορετικά είδη του DNA προήλθαν από σφάλματα που συνέβησαν στη διάρκεια του αναδιπλασιασμού του. Το μοντέλο των Ουάτσον και Κρικ για τον αναδιπλασιασμό του DNA προϋποθέτει ότι κάθε φορά που η διπλή έλικα του DNA αυτοδιπλασιάζεται, παράγεται ένα ακριβές αντίγραφο. Παρόλα αυτά όμως, μπορεί να συμβούν μοριακά σφάλματα. Ένα τέτοιο σφάλμα, στη διάρκεια του αναδιπλασιασμού του DNA σε ένα γονίδιο ονομάζεται ***μετάλλαξη.*** Μερικές φορές μία παραλλαγή του αρχι-

κού γονιδίου μπορεί να συμβεί από μία τυχαία αναδιάταξη των γραμμάτων (νουκλεοτιδίων) στο γενετικό μήνυμα. Μερικές άλλες φορές η μετάλλαξη μπορεί να οφείλεται σε έλλειψη ενός νουκλεοτιδίου, απαραίτητου για τον ακριβή αυτοδιπλασιασμό της αλυσίδας του DNA. Μερικές ακόμη φορές, εξωτερικές επιδράσεις, όπως οι ακτίνες X, μπορούν να τροποποιήσουν τη δομή του DNA ενός γονιδίου. Αν έστω και ένα μόνο νουκλεοτίδιο παραλειφθεί από την αλυσίδα, ολόκληρη η σημασία του μηνύματος που μεταφέρεται από το DNA τροποποιείται. Υπάρχουν αρκετές πειραματικές ενδείξεις ότι σχεδόν κάθε μετάλλαξη θα μπορούσε να οφείλεται στην αντικατάσταση ενός και μόνου νουκλεοτιδίου. Οι περισσότερες μεταλλάξεις δεν είναι ευνοϊκές για τον οργανισμό. Ορισμένες μεταλλάξεις μπορούν να προκαλέσουν το θάνατο. Άλλες πάλι μεταλλάξεις δημιουργούν παραλλαγές μεταξύ των οργανισμών του ίδιου είδους.

Σε ένα πληθυσμό αρκετών εκατομμυρίων ατόμων αρκετές μεταλλάξεις μπορεί να συμβούν σχεδόν σε κάθε γονίδιο των ατόμων του πληθυσμού μέσα σε μία γενιά. Όταν συμβεί μία μετάλλαξη, αυτή μεταφέρεται στα θυγατρικά κύτταρα, κάθε φορά που το μητρικό κύτταρο διαιρείται. Αν λοιπόν μία μετάλλαξη συμβεί στα γενητικά κύτταρα, σπερματοζωάρια ή ωάρια, μπορεί να οδηγήσει σε μία μόνιμη τροποποίηση μερικών χαρακτηριστικών του είδους.

Δισεκατομμύρια αναδιπλασιασμοί του DNA έχουν συμβεί μέσα στα εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια της εξελίξεως, που φυσικά κατέληξαν στη δημιουργία ανυπολόγιστου αριθμού μεταλλάξεων. Οι βιολόγοι ανακάλυψαν ότι μεταλλάξεις συμβαίνουν σε όλους τους ιούς, τα βακτήρια, τα φυτά και τα ζώα που έχουν μελετήσει. Οι περισσότερες μεταλλάξεις είναι βλαβερές για τους οργανισμούς, σπάνια όμως μία μετάλλαξη μπορεί να δώσει στο νέο οργανισμό ένα μικρό πλεονέκτημα σε σχέση με άλλα άτομα του είδους του. Με την αναπαραγωγή το μεταλλαγμένο κύτταρο ή ο οργανισμός μπορεί να μεταβιβάσει το νέο αυτό γονίδιο και στα άλλα άτομα ενός συγκεκριμένου είδους. Η συχνότητα επομένως του νέου γονιδίου θα αυξάνεται στο γενικό πληθυσμό, με αποτέλεσμα την αλλαγή των χαρακτηριστικών του πληθυσμού. Όπως είναι φυσικό, μικροί, απομονωμένοι πληθυσμοί, τροποποιούνται πολύ γρηγορότερα από μεγάλους πληθυσμούς. Ο τρόπος αυτός της τροποποιήσεως των χαρακτηριστικών μπορεί να ανοίξει το δρόμο για την εξέλιξη νέων ειδών. Η φυσική λοιπόν επιλογή διαφορετικών ποικιλιών νέων οργανισμών, που προήλθαν αρχικά από μεταλλάξεις, δημιουργεί ένα στενό δεσμό μεταξύ της θεωρίας της εξελίξεως και της κληρονομικότητας.

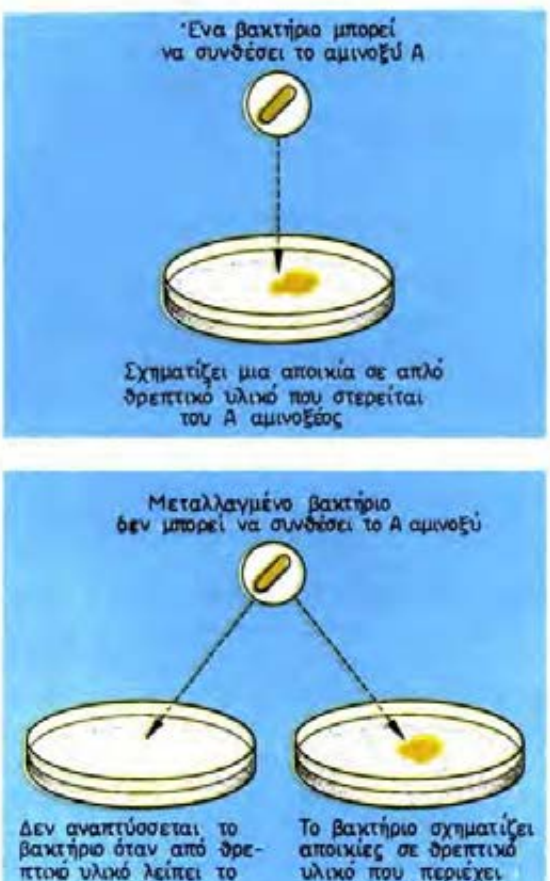
Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 9-Α. Πώς είναι δυνατό να απομονωθούν μεταλλαγμένα βακτηριακά στελέχη; Σελίδα 602.

9-7
Μία μετάλλαξη επηρεάζει τη ζωή ενός κυττάρου ή ενός οργανισμού

Μία νέα, μεταλλαγμένη αλυσίδα DNA, μπορεί να διαφέρει από την προηγούμενη σε ένα μόνο νουκλεοτίδιο. Η μικρή αυτή αλλαγή όμως στο γενετικό μήνυμα μπορεί να επηρεάσει το κύτταρο ή τον οργανισμό. Μπορεί να προκαλέσει μία μικρή αλλαγή στη δομή μιας πρωτεΐνης, ή σε κάποιο ένζυμο. Η αλλαγή αυτή της δομής του ενζύμου μπορεί να μεταβάλει την αντίδραση που καταλύει. Αυτή η αλλαγή είτε θα αυξήσει, είτε θα ελαττώσει τη δυνατότητα του οργανισμού να συναγωνίζεται με άλλα άτομα του είδους του. Αν λοιπόν η μετάλλαξη είναι ευνοϊκή για τον οργανισμό, υπάρχει πιθανότητα να μεταβιβασθεί στους απογόνους του. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται όλο και πιο συχνή μέσα στα άτομα ενός πληθυσμού.

Τα αποτελέσματα των μεταλλάξεων μελετώνται ευκολότερα στους μικροοργανισμούς, όπως στη μελέτη 9-Α. Μερικοί μικροοργανισμοί μπορούν να επιβιώσουν μέσα σε δοκιμαστικούς σωλήνες και να πολλαπλασιάζονται αφομοιώνοντας ένα μίγμα απλών θρεπτικών υλικών. Από αυτές τις απλές ουσίες οι μικροοργανισμοί μπορούν και παράγουν όλα τα απαραίτητα συστατικά για τη ζωή τους. Μπορούν έτσι και παράγουν μία ολόκληρη ποικιλία από αμινοξέα, βιταμίνες, σάκχαρα, λίπη και πρωτεΐνες. Τι συμβαίνει όμως, όταν γίνει μία μετάλλαξη σε ένα τέτοιο μικροοργανισμό;

Ένα παράδειγμα μιας τέτοιας μεταλλάξεως έχει παρατηρηθεί σε ένα βακτηρίδιο, που έχει



Εικόνα 9-5 *Μία μετάλλαξη του DNA ενός βακτηριδίου μπορεί να έχει σχέση με την παραγωγή ενός αμινοξέος, απαραίτητου για τη ζωή του βακτηριακού κυττάρου. Αν το αμινοξύ αυτό προστεθεί στο θρεπτικό υλικό της καλλιέργειας, τα βακτηρίδια μπορούν να επιζήσουν και να πολλαπλασιασθούν.*

χάσει την ικανότητα παραγωγής ενός συγκεκριμένου αμινοξέος. Αποτέλεσμα αυτής της μόνιμης αλλαγής στο DNA του είναι ότι το βακτηρίδιο δεν μπορεί να παρασκευάσει το συγκεκριμένο αμινοξύ και να παράγει ορισμένες πρωτεΐνες. Χωρίς αυτές τις πρωτεΐνες το κύτταρο δεν μπορεί να αναπαραχθεί και τελικά πεθαίνει. Για να διατηρήσομε τη μετάλλαξη στη ζωή, μπορούμε να προσθέσομε στο θρεπτικό υλικό το αμινοξύ που λείπει και χρειάζεται. Με αυτόν τον τρόπο το βακτηρίδιο μπορεί να επιβιώνει και να αναπαράγεται, εφόσον στο θρεπτικό υλικό υπάρχει το αμινοξύ που χρειάζεται (βλ. εικόνα 9-5). Σε μία άλλη μετάλλαξη οι επιστήμονες παρατήρησαν ότι μία μούχλα χάνει την ικανότητά της να παράγει μία συγκεκριμένη βιταμίνη. Και σ' αυτή την περίπτωση, αν η βιταμίνη προστεθεί στο θρεπτικό υλικό, η μούχλα μπορεί να επιβιώνει και να αναπαράγεται.

Οι βιολόγοι διατηρούν στο εργαστήριο πολλούς μεταλλαγμένους μικροοργανισμούς, προμηθεύοντάς τους τις απαραίτητες θρεπτικές ουσίες που δεν μπορούν να συνθέσουν. Τα στελέχη αυτά ονομάζονται τροφικά μεταλλαγμένα στελέχη. Πειράματα που γίνονται με τα τροφικά μεταλλαγμένα στελέχη μικροοργανισμών και άλλων εξελιγμένων οργανισμών δίνουν σπουδαίες πληροφορίες για το πώς λειτουργούν τα φυσιολογικά κύτταρα.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 9-Β. Επίδραση της ακτινοβολίας στους μικροοργανισμούς. Σελίδα 605.

9-8
Οι βιολόγοι μελετούν τις μεταλλάξεις στη μούχλα του ψωμιού

Οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούνται σήμερα πάρα πολύ συχνά για τη μελέτη των μεταλλάξεων. Οι μεταλλάξεις των πρωτίστων είναι συνήθως ευκολότερο να μελετηθούν από ό,τι τα ίδια φαινόμενα σε εξελιγμένες μορφές ζωής. Αυτό συμβαίνει, γιατί πολλά πρώτιστα παράγουν μία καινούργια γενιά κάθε 30 λεπτά. Οι βιολόγοι λοιπόν μπορούν να μελετήσουν εκατομμύρια απογόνους από ένα μόνο κύτταρο. Αυτός είναι ένας από τους λόγους που οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούνται για γενετικές μελέτες. Η μελέτη των μικροοργανισμών μας δίνει πληροφορίες για το πώς πρέπει να λειτουργούσαν τα γονίδια στους πρωτόγονους ετερότροφους οργανισμούς.

Ένα από τα πρώτα πρώτιστα που χρησιμοποιήθηκαν είναι η κόκκινη μούχλα *Νευρόσπορα*. Αυτός ο μύκητας, που συνήθως αναπτύσσεται στο ψωμί και σε πολλά άλλα τρόφιμα, μπορεί να αναπτυχθεί και στο δοκιμαστικό σωλήνα.

Η ανάλυση της *Νευρόσπορας* έδειξε ότι περιέχει πολλές πολύπλοκες ουσίες: πολλές διαφορετικές πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, λίπη, βιταμίνες, νουκλεϊνικά οξέα, χρωστικές και άλλες ουσίες. Βλέπομε λοιπόν ότι η *Νευρόσπορα*, ένας σχετικά απλός οργανισμός, έχει μία πολύπλοκη χημική σύσταση. Αυτή η παρατήρηση δεν πρέπει να μας ξενί-

ζει, γιατί όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί είναι πολύπλοκοι στη χημική τους σύσταση. Εκείνο όμως που είναι αξιοσημείωτο είναι ότι η *Νευρόσπορα* χρησιμοποιεί πολύ λίγες και απλές ουσίες για να κατασκευάσει αυτή την πολύπλοκη δομή της: Ένα διάλυμα αλάτων (θειικά, νιτρικά και φωσφορικά), μερικά σάκχαρα και μία βιταμίνη που ονομάζεται βιοτίνη. Με άλλα λόγια οι τροφικές της ανάγκες είναι απλές. Συγκρίνατε τις τροφικές αυτές ανάγκες της *Νευρόσπορας* με αυτές ενός ανθρώπου. Θα παρατηρήσετε ότι η *Νευρόσπορα* μπορεί και συνθέτει πολύ περισσότερες ουσίες από ό,τι εμείς. Για παράδειγμα, η θειαμίνη είναι μία ουσία απαραίτητη για την κανονική ανάπτυξη τόσο της *Νευρόσπορας* όσο και του ανθρώπου. Οι άνθρωποι παίρνουν τη θειαμίνη από τις τροφές που την περιέχουν. Αντίθετα, η *Νευρόσπορα* παράγει τη θειαμίνη που της είναι απαραίτητη από τις βασικές ουσίες που μόλις αναφέραμε. Και οι δύο λοιπόν οργανισμοί χρειάζονται τη θειαμίνη, αλλά οι άνθρωποι εξαρτώνται από άλλους οργανισμούς για τη θειαμίνη που χρειάζονται.

Η *Νευρόσπορα* πολλαπλασιάζεται με σπόρια. Από αυτά θα αναπτυχθούν νέες αποικίες μούχλας. Επειδή και οι νέες αυτές αποικίες μπορούν και να επιζήσουν σε ένα θρεπτικό υλικό, που περιέχει μόνον άλατα, ζάχαρη και βιοτίνη, η πληροφορία για τη σύνθεση των πολυπλόκων μορίων θα πρέπει να μεταβιβάζεται από τη μία γενιά στην άλλη με τα σπόρια.

9-9
Τα γονίδια κατευθύνουν την παραγωγή πολυπεπτιδίων

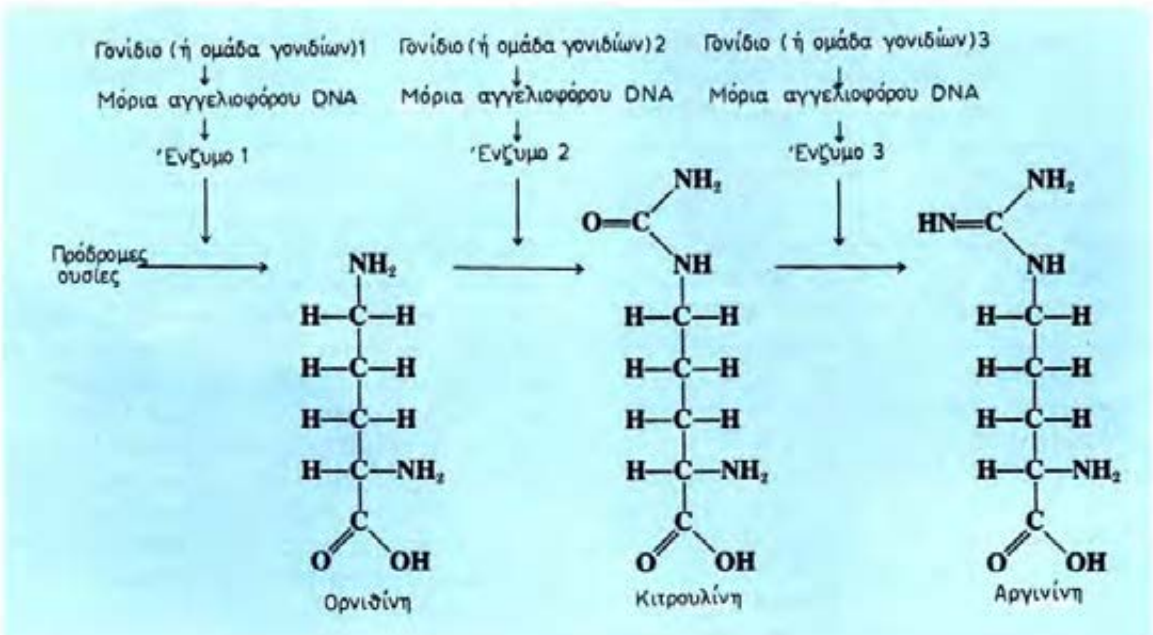
Από μελέτες σαν και αυτές με τη *Νευρόσπορα* οι βιολόγοι πήραν πολλές πληροφορίες για το είδος των αντιδράσεων που κατευθύνουν τα φυσιολογικά γονίδια. Κάθε γονίδιο είναι υπεύθυνο για τη σύνθεση πολυπεπτιδίων, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους, για να σχηματίσουν μία ειδική πρωτεΐνη ή ένα συγκεκριμένο ένζυμο. Όταν το γονίδιο εργάζεται κανονικά, το ένζυμο, του οποίου ελέγχει την παραγωγή, παράγεται κανονικά στο κύτταρο. Κάθε ένζυμο ελέγχει και μία χημική αντίδραση. Αν όμως το γονίδιο αλλάξει ή πάθει κάποια βλάβη, θα αλλάξει και το ένζυμο. Τις περισσότερες φορές η μεταβολή αυτή είναι επιβλαβής και ο οργανισμός είναι πιθανό να μην επιβιώσει. Σπάνια το τροποποιημένο γονίδιο δίνει τη δυνατότητα στον οργανισμό να επιζήσει σε ένα νέο περιβάλλον.

Η σχέση μεταξύ γονιδίων και ενζύμων είχε προταθεί πολύ πριν γίνουν γνωστά τα στάδια που οδηγούν από το DNA στην παραγωγή των πρωτεϊνών. Εκείνη την εποχή, οι επιστήμονες πίστευαν ότι ένα γονίδιο ελέγχει τη σύνθεση μιας πρωτεΐνης. Σήμερα γνωρίζομε ότι κάθε γονίδιο ελέγχει την παραγωγή ενός πολυπεπτιδίου. Μόνο λίγες πρωτεΐνες αποτελούνται από ένα μόνο πολυπεπτίδιο. Οι περισσότερες αποτελούνται από δύο ή περισσότερες πολυπεπτιδικές αλυσίδες, που είναι ενωμένες μεταξύ τους. Αυτό σημαίνει ότι δύο ή περισσότερα γονίδια είναι απαραίτητα για την παραγωγή των περισσοτέρων πρωτεϊνών.

Επειδή λοιπόν τα ένζυμα είναι πρωτεΐνες, τα γονίδια είναι υπεύθυνα για την παραγωγή τους. Μία υπόθεση για τα γονίδια και την παραγωγή των ενζύμων στην κόκκινη μούχλα νευρόσπορα παρουσιάζεται στην εικόνα 9-6. Τα γονίδια (ή οι ομάδες των γονιδίων) 1, 2 και 3 ελέγχουν την παραγωγή των ενζύμων 1, 2 και 3. Υποθέτομε ότι κάθε ένα από αυτά τα ένζυμα είναι απαραίτητα για τη σύνθεση ενός πολυπλοκότερου αμινοξέος από ένα απλούστερο αμινοξύ. Αν λοιπόν ένα από τα γονίδια αυτά λείψει ή είναι ελαττωματικό, το επόμενο αμινοξύ στη σειρά που παρουσιάζεται στην εικόνα δεν θα παραχθεί και επομένως θα πρέπει να προστεθεί στο θρεπτικό υλικό της *Νευρόσπορας*, αλλιώς ο μικροοργανισμός θα πεθάνει.

Στην εικόνα 9-6 μπορείτε επίσης να παρατηρήσετε ότι κάθε ένζυμο προκαλεί μόνο μία μικρή τροποποίηση στο μόριο του αμινοξέος, προσθέτοντας ή αφαιρώντας μόνο λίγα άτομα. Είναι φανερό ότι τα τρία αυτά ένζυμα δρουν σαν μία ομάδα. Κάθε ένα από αυτά πρέπει να κάνει τη δουλειά του στο σωστό τόπο και χρόνο μέσα στο κύτταρο.

Μία λειτουργική ομάδα ενζύμων μπορεί να παραμείνει η ίδια για εκατομμύρια χρόνια στη διάρκεια της εξελίξεως των ζωντανών οργανισμών. Η σύνθεση της αργινίνης, όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 9-6, δεν γίνεται με αυτόν τον τρόπο μόνο στη *Νευρόσπορα*, αλλά και σε πολλούς άλλους οργανισμούς, ακόμη



Εικόνα 9-6 *Ένα ή περισσότερα γονίδια ελέγχουν την παραγωγή ενός ειδικού ενζύμου. Στο παράδειγμα που παρουσιάζεται κάθε ένζυμο βοηθά στη μετατροπή ενός αμινοξέος σε ένα άλλο, πιο πολύπλοκο. Το αποτέλεσμα του μηνύματος κάθε ομάδας γονιδίων είναι η προσθήκη όλο και περισσοτέρων ατόμων στη δομή του αμινοξέος. Απαιτούνται πολλά στάδια για την παραγωγή ενός πολύπλοκου αμινοξέος.*

και στον άνθρωπο. Είναι γνωστό σήμερα ότι στον ανθρώπινο οργανισμό η αργινίνη παράγεται με τον ίδιο μηχανισμό όπως και στη *Νευρόσπορα*. Έτσι οι βιολόγοι μπορούν να κατανοήσουν την ανθρώπινη βιοχημεία μελετώντας τη βιοχημεία μιας μούχλας! Μπορείτε να μελετήσετε μερικές εργασίες, που έγιναν με τη *Νευρόσπορα*, στο πείραμα 9-Γ. Οι G. Μπιντλ και Ε. Τάτουμ (εικόνα 9-7) τιμήθηκαν με το βραβείο Νόμπελ το 1958 γι' αυτές τις εργασίες τους.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 9-Γ. Πώς γίνεται ο έλεγχος της συνθέσεως μεγαλομορίων στους ζωντανούς οργανισμούς; Σελίδα 607.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα κωδικοποιημένα μηνύματα του DNA μπορεί να αλλάζουν μερικές φορές. Οι μόνιμες αυτές αλλαγές, που ονομάζονται μεταλλάξεις, είναι αποτέλεσμα μοριακών σφαλμάτων ή ατυχημάτων, τα οποία τροποποιούν τις γενετικές εντολές στο κύτταρο. Οι νέες εντολές με τη σειρά τους προκαλούν την παραγωγή νέων πρωτεϊνών. Οι νέες αυτές πρωτεΐνες στη συνέχεια τροποποιούν τη δομή και τη λειτουργία του κυττάρου και μερικές φορές μπορεί να αυξήσουν τη δυνατότητα επιβιώσεώς του. Το αποτέλεσμα της μεταλλαγής των γονιδίων μπορεί να μελετηθεί ευκολότερα στους μικροοργανισμούς. Έτσι μελέτες με τη μούχλα του ψωμιού *Νευρόσπορα* οδήγησαν στην υπόθεση ότι τα γονίδια ελέγχουν τη σύνθεση πολυπεπτιδίων που χρειάζονται για τη δημιουργία ειδικών ενζύμων. Τα ένζυμα αυτά στη συνέχεια καταλύουν ειδικές αντιδράσεις για τη σύνθεση βιομορίων του κυττάρου.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Πώς ξέρομε ότι υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη DNA;
2. Τι είναι μετάλλαξη;
3. Πού συμβαίνουν οι μεταλλάξεις μέσα στο κύτταρο;
4. Γιατί πιστεύομε ότι τα γονίδια σχετίζονται με την παραγωγή ενζύμων;



Εικόνα 9-7 *Ο Ε. Η. Τάτουμ (αριστερά) και ο Γ. Γ. Μπιντλ (δεξιά) πειραματίσθηκαν με τις διάφορες τροφικές απαιτήσεις σε αμινοξέα της νευρόσπορα.*

5. Περιγράψτε πώς μία μετάλλαξη μπορεί να επηρεάσει την κυτταρική λειτουργία.

6. Τι μπορεί να προκαλέσει τη μετάλλαξη των γονιδίων;

Νέα γενετικά πρότυπα

9-10
Τα χρωματοσώματα είναι συλλογή μορίων DNA

Οι βιολόγοι υποθέτουν ότι στους πρώτους ετερότροφους οργανισμούς διαφορετικά μόρια DNA άρχισαν να ελέγχουν τις διάφορες λειτουργίες του κυττάρου. Οποτεδήποτε ο έλεγχος αυτός του DNA ήταν ευνοϊκός για τον οργανισμό, οι πιθανότητες επιβιώσεώς του αυξάνονταν. Αν τα γονίδια, μετά τον αναδιπλασιασμό τους, κατανέμονταν στα νέα κύτταρα στην τύχη, τότε ορισμένα απαραίτητα γονίδια μπορεί να έλειπαν από τα νέα κύτταρα. Θα ήταν λοιπόν προτιμότερο τα γονίδια να ήταν ομαδοποιημένα, ώστε να εξασφαλίζεται η κανονική κατανομή τους και στα δύο καινούργια κύτταρα, τα θυγατρικά κύτταρα.

Με τον καιρό λοιπόν δημιουργήθηκε ένα συνεργαζόμενο σύστημα μορίων DNA, που ήταν ενωμένα μεταξύ τους. Στα περισσότερα είδη κυττάρων σήμερα βρίσκομε τέτοια συστήματα: Ένας αριθμός διαφορετικών γονιδίων μαζί με μερικές πρωτεΐνες οργανώνονται σε μία νηματοειδή αλυσίδα, που ονομάζεται ***χρωματόσωμα.*** Οι δομές αυτές παρατηρήθηκαν για πρώτη φορά στα κύτταρα ζώων και φυτών. Ήταν ορατές στο μικροσκόπιο, μετά από χρώση με ειδικές χρωστικές ουσίες, γι' αυτό και ονομάστηκαν χρωματοσώματα, δηλαδή «χρωματισμένα σωματίδια». Σήμερα γνωρίζομε ότι χρωματοσώματα υπάρχουν και σε κατώτερες μορφές ζωής, όπως στα βακτηρίδια και στους μύκητες. Το ενιαίο μακρύ νήμα DNA ενός ιού είναι ένα χρωματόσωμα. Η εικόνα 9-8 δείχνει χρωματοσώματα από διάφορα είδη οργανισμών.

Σε όλα τα είδη των οργανισμών, πριν από την κυτταρική διαίρεση τα χρωματοσώματα αναδιπλασιάζονται. Τα δύο καινούργια χρωματοσώματα με τα γονίδιά τους κατανέμονται στα δύο θυγατρικά κύτταρα με συγκεκριμένη διάταξη. Αυτός ο προσεκτικός αναδιπλασιασμός και η κυτταρική διαίρεση σημαίνει ότι κάθε κύτταρο ενός συγκεκριμένου οργανισμού περιέχει τον ίδιο αριθμό και μορφή



Εικόνα 9-8 *Χρωματοσώματα ενός φυτικού κυττάρου (αριστερά), ένα κυκλικό πλασμίδιο, δηλαδή ένα τμήμα ενός χρωματοσώματος ενός βακτηριδίου (κέντρο) και τα χρωματοσώματα ενός ανθρώπινου κυττάρου (δεξιά). Τα χρωματοσώματα ενός κυττάρου είναι δύσκολο να παρατηρηθούν στο κοινό μικροσκόπιο. Είναι περισσότερο εμφανή (όπως για το φυτικό και το ανθρώπινο κύτταρο που παρουσιάζονται εδώ) ακριβώς πριν από την κυτταρική διαίρεση. Το βακτηριακό πλασμίδιο φωτογραφήθηκε με πολύ μεγαλύτερη μεγέθυνση, με ένα ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Τα πλασμίδια χρησιμοποιούνται στην έρευνα για την εισαγωγή νέων γονιδίων στο DNA (βλέπε εικόνα 9-11).*

χρωματοσωμάτων. Έτσι δεν χάνεται κανένα μόρια DNA (βλέπε και στο Παράρτημα 9-Β: Τι είναι αυτό που κάνει τα κύτταρα διαφορετικά ακόμη και αν το DNA τους είναι το ίδιο; Σελίδα 706). Ο ακριβής μηχανισμός του διαχωρισμού των αναδιπλασιασμένων χρωματοσωμάτων στα καινούργια κύτταρα ονομάζεται ***μίτωση.*** Θα μάθετε περισσότερα για τη μίτωση στο κεφάλαιο 10.

Η μίτωση διασφαλίζει ότι κάθε είδος DNA, απαραίτητο για τη ζωή, θα βρίσκεται με την ίδια μορφή στο καινούργιο κύτταρο, όπως υπήρχε και στο μητρικό κύτταρο. Οι μεταλλάξεις αποτελούν εξαίρεση σ' αυτόν τον κανόνα. Η δυνατότητα των κυττάρων να πολλαπλασιάζονται με μίτωση ήταν μία πολύ σημαντική πρόοδος στην εξέλιξη των πρωτογόνων ετεροτρόφων οργανισμών. Κάθε χρωματόσωμα μπορούσε να αναδιπλασιάζεται ακριβώς. Το γενετικό υλικό από το μητρικό κύτταρο μπορούσε να μεταβιβάζεται στα θυγατρικά του κύτταρα.

9-11
Τα γονίδια μπορούν να σχηματίσουν καινούργιους συνδυασμούς

Οι μεταλλάξεις που μελετήθηκαν στη μούχλα από τους Μπιντλ και Τάτουμ είναι βλαβερές για τα κύτταρα που συνέβησαν. Τέτοιες μεταλλάξεις μπορεί να καταστήσουν αδύνατη τη ζωή του κυττάρου. Μερικές όμως μεταλλάξεις μπορεί να είναι ωφέλιμες για τα κύτταρα. Τέτοιες μεταλλάξεις μπορεί να δώσουν τη δυνατότητα στα κύτταρα να εκτελούν τις λειτουργίες τους με μεγαλύτερη αποδοτικότητα.

Μπορούμε να υποθέσομε ότι μεταλλάξεις συνέβαιναν συχνά στους πρωτόγονους ετερότροφους οργανισμούς. Συχνά μεταλλάξεις είχαν ως αποτέλεσμα την εξαφάνιση του οργανισμού, άλλες όμως βοηθούσαν τους οργανισμούς να επιβιώνουν καλύτερα. Επειδή τα κύτταρα ζούσαν σε διαφορετικά περιβάλλοντα, ήταν πιθανό μία μετάλλαξη, βλαβερή σε ένα περιβάλλον, να ήταν ωφέλιμη για άλλους οργανισμούς που ζούσαν σε ένα διαφορετικό περιβάλλον.

Είδατε ότι στη νευρόσπορα μία ομάδα γονιδίων μπορεί να συνεργάζεται για την παραγωγή ενός προϊόντος, που είναι χρήσιμο για τον οργανισμό. Οι ζωντανοί οργανισμοί που ζουν σήμερα έχουν καλά οργανωμένες ομάδες γονιδίων, που παράγουν αντίστοιχες ομάδες ενζύμων. Μερικά από τα ενζυμικά συστήματα του συκωτιού φαίνονται στον πίνακα 9-3. Πόσα ένζυμα δείχνει συνολικά ο πίνακας αυτός; Στους πρωτόγονους οργανισμούς διάφοροι συνδυασμοί γονιδίων πρέπει να είχαν πολύ διαφορετική δραστηριότητα.

Στη διάρκεια της εξελίξεως σχηματίστηκαν αναρίθμητοι συνδυασμοί γονιδίων. Μερικοί από αυτούς είχαν ευνοϊκά αποτελέσματα και

Σύστημα	Αριθμός ενζύμων
Σύνθεση του γλυκογόνου	5
Σύνθεση γαλακτόζης	6
Οξείδωση του φωσφογλυκονικού	11
Γλυκόλυση	12
Κύκλος του κιτρικού οξέος	17
Σύνθεση λεκιθίνης	8
Καταβολισμός των λιπαρών οξέων	5
Σύνθεση λανοστερόλης	10
Οξείδωση της φαινυλαλανίνης	8
Μετατροπή της μεθειονίνης σε κυστεΐνη	10
Μετατροπή της μεθειονίνης σε ασπαρτικό οξύ	10
Σύνθεση ουρίας	10
Σύνθεση συνενζύμου Α	6
Σύνθεση αίμης	9
Σύνθεση πυριμιδίνης	6
Σύνθεση πουρίνης	14

Πίνακας 9-3 Μερικά από τα λειτουργικά ενζυμικά συστήματα που βρίσκονται στο ηπατικό κύτταρο.

(Δεδομένα από R. J. Britten και H. E. Davidson, ***Science,*** vol 165, p 352, 25 July 1969. Copyright 1969, American association for the Advancement of Sciences. Επίσης, μετά από άδεια της Academic Press, για το υλικό από τους M. Dixon & E. Webb, ***Enzymes,*** c 1964 και από τον C. Roulier, ed. ***The Liver: Morphology, Biochemistry, Physiology,*** Vol 1, c 1963.

βοήθησαν τα κύτταρα στην αναπαραγωγή και την ανάπτυξή τους. Αλλά πώς μπορούν τα γονίδια να κάνουν νέους συνδυασμούς; Μπορούν άραγε οι οργανισμοί να δέχονται και να δοκιμάζουν γονίδια από άλλα κύτταρα; Αν αυτό συμβαίνει, θα ήταν κάποια ένδειξη ότι γονίδια μπορούν να μεταφέρονται από το ένα κύτταρο στο άλλο, με μηχανισμούς διαφορετικούς από την κυτταρική διαίρεση.

9-12
Τα γονίδια μπορούν να μεταφέρονται

Μπορούν άραγε τα γονίδια να μεταφέρονται από τον ένα μικροοργανισμό στον άλλο; Το 1949 στο Πανεπιστήμιο του Γέιλ ο Ι. Λέντερμπεγκ (εικόνα 9-9) και ο Ε. Λ. Τάτουμ έκαναν πειράματα με γενετικώς συγγενή στελέχη βακτηριδίων. Χρησιμοποιούσαν μεταλλαγμένα στελέχη ως προς τη διατροφή τους, παρόμοια με αυτά που είχαν παραχθεί μετά από την επίδραση ακτίνων Χ πάνω σε κύτταρα της μούχλας του ψωμιού.

Ένα τέτοιο στέλεχος βακτηριδίων είχε υποστεί τρεις μεταλλάξεις και είχε χάσει τη δυνατότητα παραγωγής τριών χημικών ενώσεων. Αυτό το στέλεχος επιβίωνε στο εργαστήριο, με την προσθήκη των τριών χημικών ενώσεων στο θρεπτικό του υλικό (ας τις ονομάσομε Α, Β και Γ). Ένα άλλο στέλεχος του ίδιου βακτηριακού είδους, μετά από μεταλλάξεις είχε χάσει την ικανότητα να παράγει τρεις άλλες ενώσεις, που θα τις ονομάσομε Δ, Ε και Ζ. Το δεύτερο όμως στέλεχος μπορούσε να συνθέσει τις ουσίες Α, Β και Γ. Μπορούμε να πούμε ότι τα γονίδια που ήταν υπεύθυνα για την παραγωγή και των έξι αυτών ουσιών είχαν τροποποιηθεί με τις μεταλλάξεις. Κάθε ένα από τα δύο αυτά στελέχη των βακτηριδίων μπορούσε να κρατηθεί ζωντανό μόνο με την προσθήκη στο θρεπτικό του υλικό των τριών ουσιών που δεν μπορούσε να συνθέσει.



Εικόνα 9-9 *Ο Ι. Λέντεμπεργκ έκανε πειράματα, στα οποία μεταβίβαζε γενετικό υλικό από ένα στέλεχος βακτηριδίων σε άλλο.*

Στη συνέχεια βακτηρίδια που ανήκαν και στα δύο αυτά διαφορετικά στελέχη αναμίχθηκαν και καλλιεργήθηκαν σε ένα θρεπτικό υλικό, που περιείχε και τις έξι ουσίες, Α, Β, Γ, Δ, Ε και Ζ. Τα βακτηρίδια αναπτύχθηκαν καλά, μια και είχαν όλα τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά. Κατόπιν το μίγμα των βακτηριδίων μεταφέρθηκε σε ένα απλό υλικό καλλιέργειας, στο οποίο κανένα ειδικό θρεπτικό συστατικό δεν είχε προστεθεί. Τι αποτέλεσμα θα περιμένετε;

Τα απαραίτητα συστατικά για τη ζωή κάθε

στελέχους δεν υπήρχαν πια στο θρεπτικό υλικό. Ίσως περιμένατε, ότι κανένα βακτηρίδιο δεν θα μπορούσε να αναπτυχθεί, αφού και οι δύο κλώνοι είχαν ανάγκη από χημικές ουσίες για να μπορέσουν να επιβιώσουν. Παρόλα αυτά οι Λέντεμπεργκ και Τάτουμ βρήκαν ότι καινούργιες αποικίες βακτηριδίων σχηματίστηκαν. Αυτό έδειχνε ότι τα βακτηρίδια δεν χρειάζονταν καμία χημική ουσία στο θρεπτικό τους υλικό. Ήταν πια αυτάρκη στο απλό θρεπτικό υλικό. Τι είχε συμβεί;

Μία πιθανή εξήγηση θα ήταν ότι μία καινούργια μετάλλαξη είχε μεταβάλει τα γονίδιά τους. Με αυτή την καινούργια μετάλλαξη, τα γονίδια είχαν πάλι αποκτήσει την ικανότητα να συνθέτουν τις ενώσεις που τους έλειπαν. Με άλλα λόγια κάθε γονίδιο θα μπορούσε πια να ελέγχει την παραγωγή αυτών των απαραιτήτων ουσιών. Με αυτόν τον τρόπο τα κύτταρα θα μπορούσαν να αναπτύσσονταν κανονικά. Η εξήγηση όμως αυτή δεν είναι πολύ πιθανή. Πράγματι θα μπορούσε να έχουν συμβεί μεταλλάξεις στα κύτταρα και να είχε αλλάξει οποιοδήποτε γονίδιο του κυττάρου, θα χρειάζονταν όμως δισεκατομμύρια κυτταρικές γενιές για να μπορέσει αυτός ο συγκεκριμένος συνδυασμός μεταλλάξεων να συμβεί στο ίδιο κύτταρο. Και όμως, πολλά φυσιολογικά κύτταρα παρουσιάσθηκαν σε μικρό χρονικό διάστημα.

Υπάρχει καμία άλλη εξήγηση αυτών των πειραματικών δεδομένων; Θυμηθείτε τι συνέβαινε στο πείραμα με τον πνευμονιόκοκκο (βλέπε παράγραφο 8-3). (Οι πνευμονιόκοκκοι χωρίς περίβλημα μπορούσαν να προσλάβουν το DNA των πνευμονιοκόκκων που είχαν περίβλημα). Ίσως λοιπόν και στα πειράματα των Λέντεμπεργκ και Τάτουμ μόρια DNA που έλεγχαν τη σύνθεση των ενώσεων που έλειπαν, να είχαν μεταφερθεί στα κύτταρα που δεν είχαν την ικανότητα να τις συνθέσουν. Ίσως έγιναν καινούργιοι συνδυασμοί γενετικού υλικού. Τέτοιοι συνδυασμοί θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε φυσιολογικά κύτταρα, με άλλα λόγια ικανά να συνθέτουν και τις έξι απαραίτητες χημικές ουσίες.

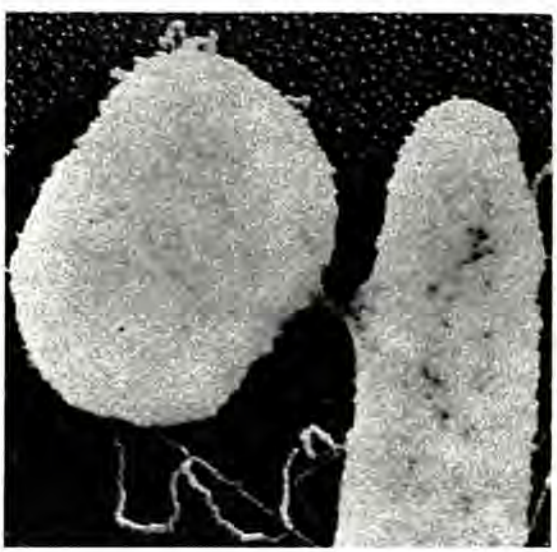
Αυτή ήταν η ερμηνεία που έδωσαν στα πειραματικά δεδομένα οι Λέντεμπεργκ και Τάτουμ. Παραδέχθηκαν δηλαδή ότι τα γονίδια ανασυντάχθηκαν στα βακτηριακά κύτταρα. Με κάποιο τρόπο το DNA του ενός είδους μεταφέρθηκε στα κύτταρα του άλλου είδους. Δεν υπήρχε άμεση ένδειξη ότι αυτό πράγματι είχε συμβεί, αλλά τα αποτελέσματα των πειραμάτων οδήγησαν σε αυτό το συμπέρασμα. Γι' αυτή την εξαιρετική τους εργασία οι Λέντεμπεργκ και Τάτουμ μοιράστηκαν το βραβείο Νόμπελ με τον Μπιντλ το 1958. Οι Μπιντλ και Τάτουμ ήταν οι πρώτοι που μελέτησαν τις μεταλλάξεις διατροφής στα κύτταρα της μούχλας.

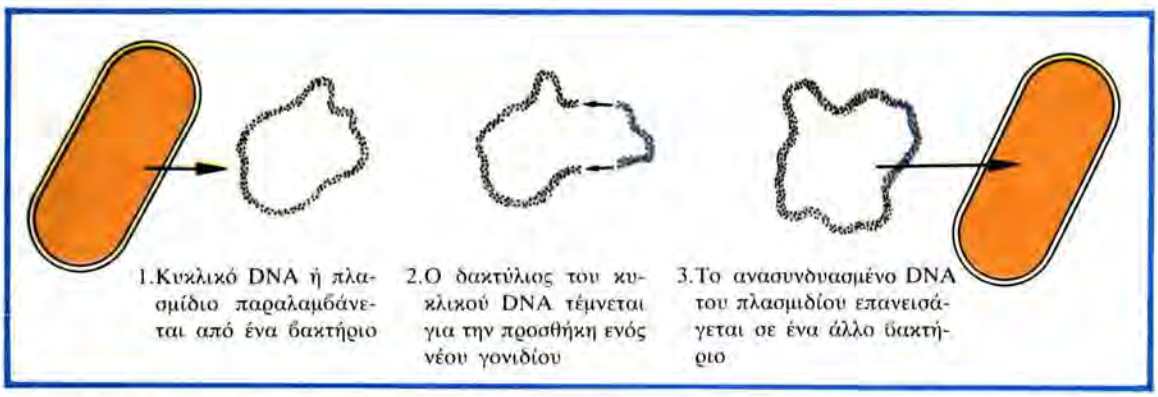
Λίγο αργότερα το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη παρομοίων κυτταρικών μιγμάτων. Βρέθηκε ότι μία γέφυρα ζωντανού πρωτοπλάσματος μπορεί να σχηματισθεί μεταξύ δύο κυττάρων (βλέπε την εικόνα 9-10). Γνωρίζομε σήμερα ότι το γενετικό υλικό μπορεί να περάσει από αυτή τη γέφυρα.

9-13
Η σεξουαλική αναπαραγωγή δίνει ένα πλεονέκτημα στους μικροοργανισμούς

Ένα χρωματόσωμα μπορεί να περάσει μέσα από μία προσωρινή σύνδεση μικροοργανισμών, όπως φαίνεται στην εικόνα 9-10. Τα βακτηρίδια που δίνουν χρωματοσώματα τα ονομάζομε αρσενικά και αυτά που δέχονται

Εικόνα 9-10 *Η ηλεκτρονική αυτή μικροφωτογραφία δείχνει μία γέφυρα μεταξύ δύο βακίλλων. Το χρωματοσωμικό υλικό μπορεί να περάσει μέσα από αυτό το γεφύρωμα των κυττάρων.*





Εικόνα 9-11 *Η έρευνα με ανασυνδυασμένο DNA γίνεται με βακτηρίδια και περιλαμβάνει πλασμίδια σαν και αυτό που είδατε στην εικόνα 9-8 (μεσαία φωτογραφία). Τα γεγονότα συμβαίνουν όπως περιγράφονται διαγραμματικά στην εικόνα αυτή: ένα νέο γονίδιο εισάγεται σε ένα πλασμίδιο ενός βακτηριδίου. Το πλασμίδιο αυτό δίνει μία καινούργια γενετική ικανότητα στο βακτηρίδιο που το δέχεται.*

τα χρωματοσώματα τα ονομάζομε θηλυκά. Η παροχή γενετικού υλικού σε ένα κύτταρο μπορεί να οδηγήσει σε νέους γενετικούς συνδυασμούς. Η σεξουαλική αναπαραγωγή σε ανώτερα ζώα ή φυτά μπορεί να έχει παρόμοια αποτελέσματα. Μερικά βακτήρια λοιπόν παρουσιάζουν το φαινόμενο της ***σεξουαλικής αναπαραγωγής,*** με άλλα λόγια την αναδιάταξη γονιδίων από δύο οργανισμούς σε νέους συνδυασμούς.

Τα βακτηρίδια αυτά μας δείχνουν ότι η σεξουαλική αναπαραγωγή δεν γίνεται μόνο στις ανώτερες μορφές ζωής. Πράγματι, φαίνεται ότι οι οργανισμοί που δεν έχουν τρόπο σεξουαλικής αναπαραγωγής αποτελούν εξαίρεση. Η σεξουαλική αναπαραγωγή έχει παρατηρηθεί σε βακτηρίδια, σε μύκητες, όπως στη μούχλα του ψωμιού, και σε πολλά πρώτιστα. Επίσης συμβαίνει και σε όλα τα ανώτερα ζώα ή φυτά.

Η σεξουαλική αναπαραγωγή φαίνεται ότι είναι μία βασική ιδιότητα των περισσοτέρων ζωντανών οργανισμών. Είναι άραγε τυχαίο ή μήπως αποτελεί ένα πλεονέκτημα για τους ζωντανούς οργανισμούς; Το βιολογικό πλεονέκτημα της σεξουαλικής αναπαραγωγής φαίνεται από τα αποτελέσματα των πειραμάτων των Λέντεμπεργκ και Τάτουμ. Χωρίς τον τρόπο αυτό της αναπαραγωγής η εξέλιξη των οργανισμών θα εξαρτιόταν μόνο από τις τυχαίες αλλαγές των μορίων του DNA τους. Αν λοιπόν οι οργανισμοί προσπαθούσαν να προσαρμοσθούν σε νέους τρόπους ζωής μόνο με τις δικές τους μεταλλάξεις, η εξέλιξη θα ήταν πολύ αργή.

Η μεταφορά μορίων DNA από άτομα ενός είδους σε άλλα μπορεί να δημιουργήσει νέα ποικιλία συνδυασμών γονιδίων. Με αυτόν τον τρόπο οι εξελικτικές αλλαγές μπορεί να συμβούν πολύ γρηγορότερα σε οργανισμούς που αναπαράγονται με σεξουαλική αναπαραγωγή παρά σε αυτούς που αναπαράγονται με άλλους τρόπους.

Δεν γνωρίζομε πότε οι πρωτόγονοι οργανισμοί ανάπτυξαν το μηχανισμό της σεξουαλικής αναπαραγωγής. Ο μηχανισμός αναπαραγωγής πρέπει να αύξησε το ρυθμό της εξελίξεως των οργανισμών, γιατί τώρα πια ήταν διαθέσιμοι πολλοί καινούργιοι γενετικοί συνδυασμοί. Τελικά η σεξουαλική αναπαραγωγή καθιερώθηκε σαν μία βασική λειτουργία της ζωής. Θα μιλήσομε γι' αυτή τη λειτουργία σε επόμενα κεφάλαια.

9-14
Τεχνητά γονίδια μπορούν να παραχθούν και να εισαχθούν σε ζωντανά κύτταρα

Η αποκρυπτογράφηση του γενετικού κώδικα για την παραγωγή πολυπεπτιδίων άνοιξε νέους δρόμους. Οι επιστήμονες μπορούν σήμερα να κατασκευάσουν τεχνητά γονίδια στο εργαστήριο. Έχουν αναπτυχθεί ειδικές τεχνικές, με τις οποίες οι ερευνητές μπορούν να εισάγουν τεχνητά γονίδια σε βακτηριακά κύτ-

Βιολογία Περιληπτικά



Η χρυσή μετάλλαξη

Στις 12 Φεβρουαρίου 1879 έγινε η πρώτη έκθεση εσπεριδοειδών στην Καλιφόρνια, σε μία μικρή καινούργια περιοχή στο Ρίβερσιντ. Οι περισσότεροι από τους καινούργιους κτηματίες άρχισαν να καλλιεργούν πορτοκάλια.

Οι νέοι αυτοί καλλιεργητές δεν ήταν βέβαιοι ποια ποικιλία πορτοκαλιών να καλλιεργήσουν. Σκέφτηκαν ότι σε μία έκθεση εσπεριδοειδών θα έθλεπαν όλες τις τοπικές ποικιλίες. Τα εσπεριδοειδή είχαν μέχρι τότε καλλιεργηθεί στην Καλιφόρνια σε μικρή κλίμακα, από στελέχη που είχαν εισαχθεί πριν από έναν αιώνα από τους Φραγκισκανούς μοναχούς.

Το πρώτο βραβείο της εκθέσεως του 1879 κέρδισαν δύο είδη ασυνήθιστων πορτοκαλιών. Το φρούτο ήταν μεγάλο και ξεχώριζε από την παρουσία ενός ομφαλού. Είχε επίσης ένα εξαιρετικό χρώμα και γεύση, πράγμα που το έκανε πολύ εύγευστο και δεν είχε κουκούτσια.

Το 1880 και το 1881, στη δεύτερη και τρίτη έκθεση εσπεριδοειδών του Ρίβερσιντ, το πρώτο βραβείο κερδήθηκε πάλι από την ίδια ποικιλία πορτοκαλιών, που ονομάσθηκε «ο βασιλιάς των πορτοκαλιών». Από πού όμως προήλθαν αυτά τα θαυμάσια πορτοκάλια; Όλα τα φυτά προέρχονταν από δύο δένδρα, που μεγάλωναν στο Ρίβερσιντ οι κος και κα Λ. και Σ. Τίμπετ. Η κα Τίμπετ έδινε ευχαρίστως βλαστάρια για το μπόλιασμα των δένδρων στους γείτονές της. Με τα βλαστάρια αυτά μπόλιαζαν τον κορμό παλαιών δένδρων. Τα βλαστάρια έδιναν φύλλα, κλαριά και τελικά τα βραβευμένα πορτοκάλια. Το μπόλιασμα με βλαστάρια είναι ένας συνηθισμένος τρόπος για την εξάπλωση ποικιλιών, που χρησιμοποιείται πολύ συχνά στα εσπεριδοειδή και σε πολλά άλλα καρποφόρα δένδρα. Με το μπόλιασμα δημιουργήθηκε η ποικιλία των ομφαλοφόρων πορτοκαλιών που

ταρα. Αλλά και γονίδια άλλων οργανισμών μπορούν επίσης να εισαχθούν σε βακτηριακά κύτταρα (βλέπε εικόνα 9-11). Την έρευνα αυτή την ονομάζομε ***ανασυνδυασμένο DNA.*** Τι θα συνέβαινε άραγε, αν «ξένο» DNA εισαγόταν σε ένα βακτηριακό κύτταρο; Στην ερώτηση αυτή απαντούν οι μελέτες, στις οποίες το DNA των βακτηριοφάγων ιών εισέρχεται στα βακτηριακά κύτταρα (βλέπε κεφάλαιο 8-5). Συνήθως τα βακτηριακά κύτταρα καταστρέφονται όταν παράγουν πολλούς ιούς. Αλλά οι εργασίες των Λέντεμπεργκ και Τάτουμ μας αποκαλύπτουν και κάτι ακόμη: Μπορεί άραγε το ανασυνδυασμένο DNA



δεν είχαν κουκούτσια.

Αλλά από πού προήλθαν τα δένδρα των Τίμπετ; Το 1873, ακριβώς πριν πάει στο καινούργιο της σπίτι στην Καλιφόρνια, η κα Τίμπετ πέρασε από το ομοσπονδιακό φυτώριο του υπουργείου Γεωργίας στην Ουάσιγκτον. Εκεί είδε μία νέα ποικιλία πορτοκαλιών, που είχαν φθάσει μόλις πριν τρία χρόνια από τη Μπαχία της Βραζιλίας. Ο επιστάτης, ο κος Ουίλιαμ Σάουντερς, προσέφερε στην κα Τίμπερ δύο δένδρα για να τα μεταφυτεύσει δοκιμαστικά στην Καλιφόρνια. Μόλις φθάσανε στην Καλιφόρνια, τα δένδρα φυτεύθηκαν αμέσως στην αυλή του σπιτιού των Τίμπετ, στο Ρίβερσιντ.

Το πορτοκάλι της Μπαχία δημιουργήθηκε το 1810, από μία μετάλλαξη σε ένα βραζιλιάνικο πορτοκαλεώνα. Μοσχεύματα μεταφέρθηκαν και σε άλλα δένδρα. Ένας Αμερικανός ιεραπόστολος το είπε στον κο Σάουντερς, που προμηθεύθηκε δώδεκα τέτοια δένδρα. Δύο από αυτά έστειλε στην αυλή των Τίμπετ, στο Ρίβερσιντ.

Η νέα αυτή ποικιλία έγινε γνωστή με το όνομα ομφαλοφόρο πορτοκάλι της Ουάσιγκτον. Γιατί όμως πορτοκάλι της Ουάσιγκτον και όχι πορτοκάλι της Μπαχία; Η κα Τίμπετ ξέχασε το όνομα «Μπαχία» και έλεγε πάντα στους φίλους της ότι τα πορτοκάλια αυτά προέρχονταν από την Ουάσιγκτον. Ένα από τα αρχικά αυτά δένδρα της κας Τίμπετ υπάρχει ακόμη στο Ρίβερσιντ. Στην Καλιφόρνια σήμερα υπάρχουν πάνω από 15 εκατομμύρια τέτοια δένδρα.

να είναι χρήσιμο για το κύτταρο; Και ακόμη θα μπορούσε να είναι αβλαβές για τα βακτηριακά κύτταρα και χρήσιμο για τους ανθρώπους;

Δύο ομάδες ερευνητών σε ένα Ιατρικό Κέντρο Ερευνών και μία Εταιρεία Βιοτεχνολογίας στο Λος Άντζελες ανέπτυξαν ένα τεχνητό γονίδιο για την παραγωγή της ανθρώπινης ινσουλίνης. Οι επιστήμονες εισήγαγαν το συνθετικό γονίδιο μέσα σε βακτηριακά κύτταρα. Τα κύτταρα άρχισαν να παράγουν ανθρώπινη ινσουλίνη. Μέχρι τότε η ινσουλίνη, που χρησιμοποιόταν για ιατρικούς σκοπούς, έπρεπε να απομονωθεί μόνο από ζωικές

πηγές. Σήμερα η παραγωγή της ινσουλίνης στο εργαστήριο είναι πια δυνατή.

Οι τεχνικές του ανασυνδυασμένου DNA έχουν πολύ ενδιαφέρουσες εφαρμογές. Μερικές γενετικές αρρώστιες του ανθρώπου θα μπορούσαν να θεραπευθούν. Θα ήταν επίσης δυνατό να δημιουργήσομε ετήσια φυτά, που θα μπορούσαν να αναπτυχθούν χωρίς αζωτούχα λιπάσματα. Αυτό θα συνέβαινε, αν τα φυτά είχαν αποκτήσει νέα γονίδια, που θα τους επέτρεπαν να χρησιμοποιήσουν το άζωτο του αέρα αντί αζωτούχα λιπάσματα (βλέπε εικόνα 1-5, σελίδα 8). Πολλά φυτά ζουν συμβιωτικά με βακτηρίδια τα οποία προσλαμβάνουν και αφομοιώνουν το άζωτο του αέρα. Θα έπρεπε να δημιουργήσομε περισσότερα τέτοια φυτά.

Άραγε το ανασυνδυασμένο DNA έχει μόνο πλεονεκτήματα; Μήπως υπάρχουν κίνδυνοι από τη δημιουργία νέων ειδών οργανισμών; Ποιοι νομίζετε ότι ήταν ορισμένοι από αυτούς τους κινδύνους; Οι βιολόγοι είχαν προβλέψει μερικούς κινδύνους και γι' αυτό οι μελέτες με το ανασυνδυασμένο DNA γίνονται σε εργαστηριακούς χώρους απομονωμένους, από όπου οι οργανισμοί που παράγονται δεν μπορούν να διαφύγουν στο περιβάλλον. Με αυτές τις προφυλάξεις οι μελέτες οργανισμών με ανασυνδυασμένο DNA μπορούν να βοηθήσουν στην ιατρική και στη γεωργία.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πειράματα με βακτηρίδια απέδειξαν ότι τα γονίδια ελέγχουν τη σύνθεση πολυπεπτιδίων. Οι πολυπεπτιδικές αλυσίδες συναρμολογούνται και σχηματίζουν ένζυμα και άλλες πρωτεΐνες. Τα ένζυμα καταλύουν ειδικές αντιδράσεις για τη δημιουργία των κυτταρικών συστατικών. Άλλα πειράματα έδειξαν ότι τα γονίδια μπορούν και μεταφέρονται μεταξύ των μικροοργανισμών. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται νέοι γενετικοί συνδυασμοί. Επειδή τα γονίδια δουλεύουν ομαδικά, οι νέοι αυτοί συνδυασμοί προσφέρουν νέους τρόπους ελέγχου της κυτταρικής δραστηριότητας.

Τα μόρια του DNA των περισσοτέρων ζωντανών οργανισμών οργανώνονται σε μακριές αλυσίδες, που ονομάζονται χρωμοσώματα.

Ο σεξουαλικός τρόπος αναπαραγωγής βοήθησε στη βελτίωση των οργανισμών και δημιούργησε νέους γενετικούς ανασυνδυασμούς. Η φυσική επιλογή προώθησε εκείνους τους συνδυασμούς που βοηθούν τον οργανισμό να συναγωνίζεται με επιτυχία τους υπόλοιπους και να επιβιώνει.

Μελέτες με ανασυνδυασμένο DNA οδήγησαν στην παραγωγή ανθρώπινης ινσουλίνης από βακτηρίδια. Πολλές άλλες πολύ ενδιαφέρουσες ανακαλύψεις θα μπορούσαν να γίνουν στο μέλλον με τη χρησιμοποίηση της τεχνικής του ανασυνδυαζόμενου DNA.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Από τι είδους μόρια αποτελείται το χρωματόσωμα;
2. Πώς ονομάζεται η λειτουργία με την οποία τα χρωματοσώματα διανέμονται στα θυγατρικά κύτταρα;
3. Πώς μπορεί μία μετάλλαξη να είναι ταυτόχρονα χρήσιμη και βλαβερή;
4. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα της σεξουαλικής αναπαραγωγής για τους μικροοργανισμούς;
5. Τι είναι το ανασυνδυασμένο DNA;
6. Ποια θα μπορούσαν να είναι τα μελλοντικά πλεονεκτήματα από την έρευνα του ανασυνδυασμένου DNA;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

ΒΑΣΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο είδατε μερικούς από τους μηχανισμούς, που οι ζωντανοί οργανισμοί ανέπτυξαν, για να ελέγχουν τις περισσότερες κυτταρικές λειτουργίες τους. Τα μόρια του DNA ενός κυττάρου αποτελούν ένα είδος «βιβλιοθήκης» με οδηγίες, για να συντεθούν τα πολλά είδη των μορίων που χρειάζεται ένα κύτταρο.

Κάθε είδος οργανισμού έχει τις δικές του ειδικές πρωτεΐνες. Τα μηνύματα που μεταφέρει το DNA ελέγχουν τη σύνθεση των πολυπεπτιδικών μορίων. Οι πολυπεπτιδικές αλυσίδες συναρμολογούνται και δημιουργούν τα ένζυμα και άλλες πρωτεΐνες. Τα μόρια των πρωτεϊνών, παρά το μεγάλο μέγεθός τους, αποτελούνται μόνο από 20 είδη αμινοξέων. Μία διάταξη τριών νουκλεοτιδίων μέσα στο μόριο του DNA είναι αυτή που καθορίζει τη

θέση ενός αμινοξέος μέσα σε μία πρωτεϊνική αλυσίδα.

Μεγάλη πρόοδος έγινε με την αποκρυπτογράφηση του κώδικα της ζωής. Τα νουκλεοτίδια που κωδικοποιούν την πληροφορία για κάθε αμινοξύ και τα στάδια της πρωτεϊνοσυνθέσεως είναι γνωστά. Οι οδηγίες του DNA μεταφέρονται στα μόρια του αγγελιοφόρου RNA. Με τη σειρά τους τα μόρια αυτά περνούν από τον πυρήνα στο κυτταρόπλασμα του κυττάρου. Στο κυτταρόπλασμα τα μόρια του mRNA συνδέονται με τα ριβοσώματα. Το μεταφορικό RNA μεταφέρει αμινοξέα στα ριβοσώματα. Οι αλυσίδες των αμινοξέων σχηματίζονται στην επιφάνεια των ριβοσωμάτων σύμφωνα με τις αρχικές οδηγίες του DNA.

Διαφορετικά είδη DNA ελέγχουν τη σύνθεση διαφορετικών ενζύμων. Τα ένζυμα δρουν κατά ομάδες. Διαφορετικές ομάδες ενζύμων μπορεί να προκύψουν είτε από γενετικές μεταλλάξεις είτε από ανασυνδυασμό των γονιδίων. Νέοι γενετικοί συνδυασμοί προκύπτουν από τη σεξουαλική αναπαραγωγή, η οποία συμβαίνει στους κατώτερους όπως και στους ανώτερους οργανισμούς. Στη διάρκεια της εξελίξεως ορισμένοι συνδυασμοί γονιδίων αποδείχθηκαν πιο πλεονεκτικοί για τους οργανισμούς από άλλους.

Οι μελέτες με την τεχνική του ανασυνδυασμένου DNA και η σύνθεση τεχνητών γονιδίων αποτελούν πολύ ενδιαφέροντες κλάδους της επιστημονικής έρευνας. Είναι ακόμη δύσκολο να περιγράψομε όλα τα πιθανά ωφέλη για την ανθρωπότητα από την εφαρμογή αυτών των τεχνικών.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Γιατί τα περισσότερα δερματικά μοσχεύματα δεν πετυχαίνουν, όταν γίνονται από ένα άτομο σε άλλο, σε αντίθεση με την επιτυχία των ιδίων μοσχευμάτων ανάμεσα σε διδύμους;
2. Γιατί πρέπει μία λέξη του κώδικα του DNA να περιέχει τουλάχιστον τρία γράμματα; Αυτό σημαίνει ότι κάθε λέξη του DNA περιέχει τρία γράμματα;
3. Ποιες είναι οι δύο βασικές φάσεις της κυτταρικής ζωής που ελέγχονται από τα νουκλεϊνικά οξέα;
4. Γιατί πρέπει το DNA να λειτουργεί με ενδιάμεσο το RNA;
5. Μεταφράστε τις ακόλουθες υποθετικές λέξεις του κώδικα του DNA στον αντίστοιχο κώδικα του RNA: ATA, GCT, CCT, CGA.
6. Σε τι διαφέρει το DNA από το RNA; Σε τι μοιάζουν οι δύο αυτές ενώσεις;
7. Γιατί είναι τόσο σημαντικό κάθε θυγατρικό κύτταρο να έχει μία πλήρη συλλογή γονιδίων όπως αυτή του ή των μητρικών του κυττάρων;
8. Πόσα διαφορετικά είδη μεταφορικού RNA πρέπει να υπάρχουν μέσα σε κάθε κύτταρο; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.
9. Συγκρίνατε τα ανθρώπινα και τα βακτηριακά κύτταρα σε σχέση με την ικανότητά τους να παράγουν διοχημικές ενώσεις.
10. Τι είναι το ανασυνδυασμένο DNA; Πώς αυτό επιτρέπει σε ένα βακτηριακό κύτταρο να παράγει ανθρώπινη ινσουλίνη;

ΑΡΘΡΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΒΑΣΜΑ

Brown, D. D. "The Isolation of Genes." *Scientific American*, August, 1973.

Cohen, S. N. "The Manipulation of Genes." *Scientific American*, July, 1975.

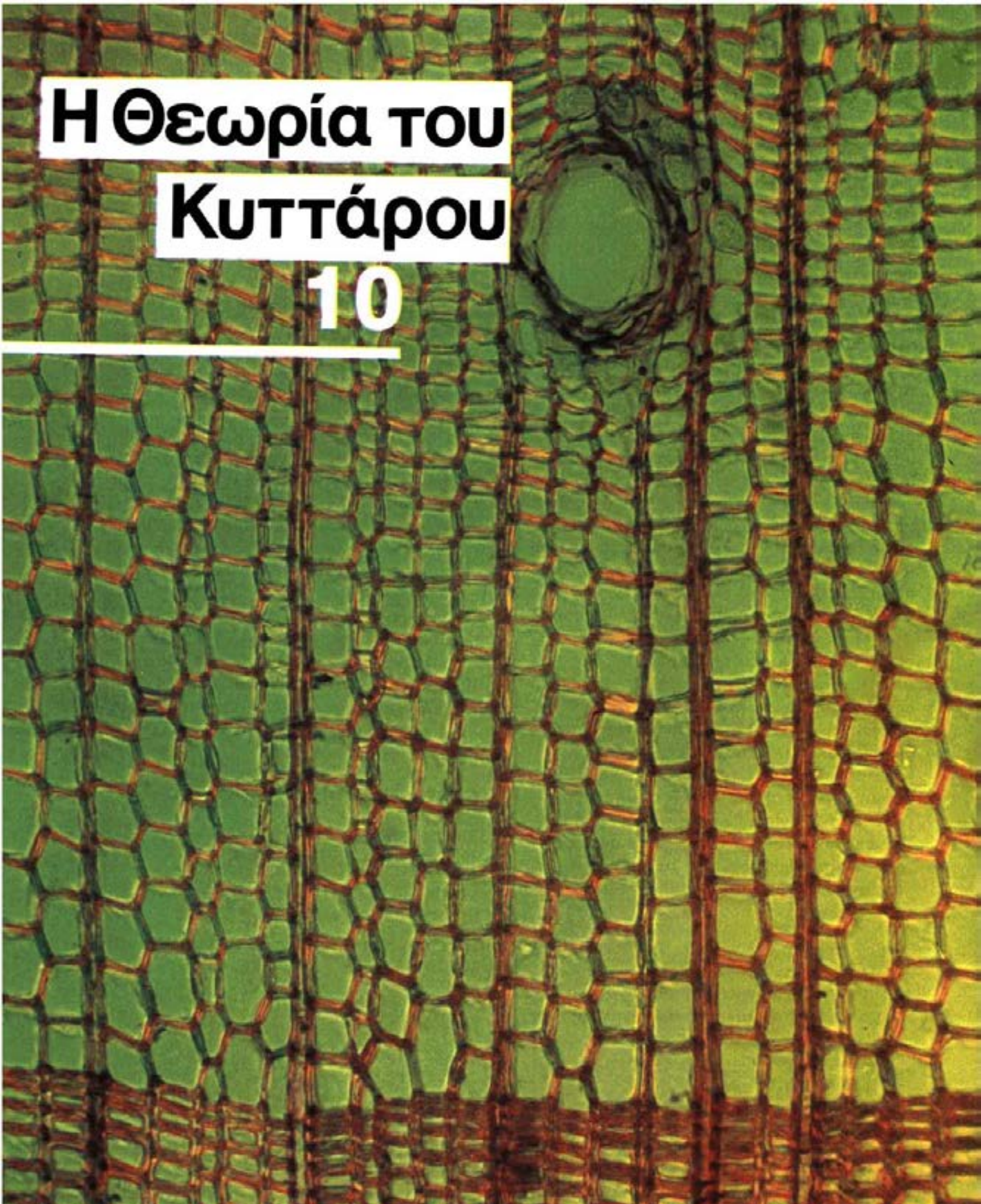
Kornberg, A. *DNA Synthesis*. San Francisco, W. H. Freeman & Co., 1974.

Pines, M. *Inside the Cell: The New Frontier of Medical Science*. U. S. Dept. of Health, Education and Welfare, DHEW Publication No. (NIH) 78-1051.

Sobell, H. M. "How Actinomycin Binds to DNA." *Scientific American*, August, 1974.

Η Θεωρία του Κυττάρου

10



Τι είναι εκείνο που έκτισε τα μικρά αυτά διαμερίσματα σε γραμμές τη μία πάνω από την άλλη και πού έχουν πάει οι κάτοικοί τους; ('Ασπρο πεύκο' τα χρώματα οφείλονται σε φαινόμενα πολώσεως φωτός, 250 ×).

Η επιτυχία του κυττάρου κατά τη διάρκεια περισσοτέρων από 3 δισεκατομμύρια χρόνια ζωής είναι πολύ μεγαλύτερη από την επιτυχία των κάθε είδους οργανισμών. Τα απολιθώματα επιβεβαιώνουν τα αρχικά στάδια της εξελίξεως του κυττάρου. Πλούσια ποικιλία μονοκυττάρων οργανισμών υπήρχε, όπως και σήμερα, καθόλη τη διάρκεια της ιστορίας της ζωής. Παρά την εξελικτική εμφάνιση μεγαλυτέρων οργανισμών η ζωή τους εξακολουθούσε να αρχίζει από ένα απλό κύτταρο. Όσο μεγάλοι και αν γινόνταν, όταν έφθαναν στο στάδιο της ωριμότητας εξακολουθούσαν πάντοτε να αποτελούνται από κύτταρα. Και σήμερα, επίσης, τα τεράστια δένδρα σεκόια, οι φάλαινες και σεις οι ίδιοι, είσαστε αθροίσματα κυττάρων. Οι οργανισμοί είναι ή μονοκύτταροι ή πολυκύτταροι. Σπάνια υπάρχει μία μη-κυτταρική βιολογική οντότητα, όπως οι ιοί (είναι ζωντανοί ή όχι;). Από τις πολλαπλές κυτταρικές ενδείξεις είναι εύκολο να κατανοήσομε ότι η κυτταρική θεωρία είναι μία από τις πιο σπουδαίες θεωρίες στη βιολογία. Πώς ανακαλύφθηκαν τα κύτταρα από τους βιολόγους, πώς είναι οργανωμένα και πώς αναπαράγονται είναι θέματα αυτού του κεφαλαίου.

Η ανάπτυξη της κυτταρικής θεωρίας

10-1
Το κύτταρο είναι η βασική μονάδα της ζωής

Τα κύτταρα και ο τρόπος της διαιρέσεως του κυττάρου υποδεικνύουν εξελικτική συγγένεια μεταξύ όλων σχεδόν των οργανισμών. Αυτή η ομοιότητα μεταξύ της δομής και αναπαραγωγής όλων των κυττάρων αποτελεί μέρος μιας σπουδαίας γενικεύσεως της βιολογίας: της κυτταρικής θεωρίας. Η θεωρία προτείνει ότι όλοι οι μεγάλοι οργανισμοί αποτελούνται από κύτταρα, δομικές και λειτουργικές μονάδες, οι οποίες δρουν μέχρις ενός σημείου ανεξάρτητα η μία από την άλλη. Η ζωή του οργανισμού εξαρτάται από τη σωστή λειτουργία και έλεγχο όλων ή των περισσοτέρων κυττάρων του.

Οι κύριες αποδοχές της σύγχρονης κυτταρικής θεωρίας είναι: (1) Το κύτταρο είναι η βασική δομική και λειτουργική μονάδα ενός πολυκυττάρου οργανισμού. (2) Η κυτταρική διαίρεση ολοκληρώνει τη γενετική συνέχεια μεταξύ των γονικών κυττάρων και των κυττάρων των απογόνων τους. Η δεύτερη αποδοχή δείχνει τη στενή σχέση μεταξύ της γονιδιακής θεωρίας και της κυτταρικής θεωρίας. Η κυτταρική θεωρία παρέχει μία λογική εξήγηση του τρόπου, κατά τον οποίο οι πολυκύτταροι οργανισμοί μπορεί να έχουν προέλθει από τις μονοκύτταρες μορφές. Έχει τονισθεί σε προηγούμενα κεφάλαια ότι οι βασικές διαδικασίες της ζυμώσεως, της αναπνοής, της φωτοσυνθέσεως και του διπλασιασμού των χρωματοσωμάτων είναι δραστηριότητες που πραγματώνονται μέσα στα κύτταρα. Σύμφωνα με την κυτταρική θεωρία οι διαδικασίες αυτές παρατηρούνται πάντοτε μέσα στα κύτταρα των οργανισμών, ανεξάρτητα αν οι οργανισμοί είναι μονοκύτταροι ή πολυκύτταροι. Με άλλα λόγια η ζωή ενός πολυκυττάρου οργανισμού εδράζεται στα κύτταρά του.

Η γενίκευση αυτή μπορεί να σου φαίνεται οφθαλμοφανής. Η κυτταρική δομή των οργανισμών φαίνεται να είναι γενικά αποδεκτή όταν παρατηρείς ορισμένους ιστούς κάτω από το μικροσκόπιο. Αλλά όπως κάθε άλλη «οφθαλμοφανής» γενίκευση, η κυτταρική θεωρία αναπτύχθηκε μετά από την εφεύρεση νέων οργάνων και μεθόδων.

Το πρώτο σύνθετο μικροσκόπιο αποδίδεται γενικώς σε κάποιους Ολλανδούς κατασκευα-



Εικόνα 10-1 *Ένα σχεδίασμα του μικροσκοπίου του Ροβέρτου Χουκ. Ο κύριος σωλήνας ήταν περίπου 15 εκατοστά μακρύς με ένα στενότερο σωλήνα που γλιστρούσε μέσα του. Το μικροσκόπιο εστίαζε με την αλλαγή της αποστάσεως μεταξύ των δύο φακών και με ανέβασμα ή κατέβασμα του κύριου σωλήνα μέσω μιας έλικας στο σημείο αναρτήσεως.*

στές φακών για ματογυάλια γύρω στο έτος 1600. Το μικροσκόπιο ενός απλού φακού που κατασκευάστηκε από τον Λέβενχουκ (βλ. σελίδα 70) δεν χρησιμοποιήθηκε για την ανακάλυψη των κυττάρων. Ένα σύνθετο μικροσκόπιο, όπως το γνωρίζεις από την έρευνα 1-Γ, αποτελείται από δύο ή περισσότερους φακούς. Αν οι φακοί είναι λειασμένοι με ακρίβεια, η μεγέθυνση και η διαύγεια των λεπτομερειών είναι κατά πολύ ανώτερη από αυτή που παρέχει ένας απλός φακός. Αλλά για πολύ καιρό μετά το 1600 οι φακοί ήσαν φτωχής ποιότητας και έδιναν εικόνες θολές και παραμορφωμένες. Πέρασαν 35 χρόνια μετά την εφεύρεση του σύνθετου μικροσκοπίου, προτού χρησιμοποιηθεί για την παρατήρηση εμβίων όντων.

Ο Ροβέρτος Χουκ, ένας Άγγλος επιστήμονας του 17ου αιώνα, βελτίωσε το σύνθετο μικροσκόπιο. Η εικόνα 10-1 δείχνει το μικροσκόπιο του Χουκ. Χρησιμοποιώντας ένα συνηθισμένο μαχαιράκι, ο Χουκ έκοψε ένα λεπτό κομμάτι φελλού και το τοποθέτησε κάτω από το μικροσκόπιο προς παρατήρηση. Αυτό που αποκάλυψε το μικροσκόπιο ήταν κάτι που κανείς δεν είχε παρατηρήσει ποτέ. Με τα λόγια του ίδιου του Χουκ:

> «Μπορούσα, υπερβολικά καθαρά, να αντιληφθώ ότι ήταν ολόκληρο διάτρητο και πορώδες, αρκετά όμοιο με μία κυψέλη... αυτοί οι πόροι ή κύτταρα δεν ήταν βαθιά, αλλά αποτελούσαν πάρα πολλά μικρά κιβώτια».

Και έτσι η τιμή για την ονομασία των κατασκευών αυτών «κύτταρα» ανήκει στον Χουκ. Η εικόνα 10-2 δείχνει ένα σχεδίασμα ενός κομματιού φελλού από τον Χουκ. Τα κύτταρα ήταν σχεδιασμένα σαν «μικρά δωμάτια» ή «κιβώτια». Ο Χουκ παρατηρούσε τα κυτταρικά τοιχώματα ενός νεκρού ιστού. Τα μικρά κιβώτια δεν είχαν περιεχόμενο. Τα τοιχώματα δεν περιείχαν τίποτα. Οι χώροι των κυττάρων ήσαν άδειοι και όχι όπως τους ξέρομε σήμερα. Έτσι ο Χουκ δεν βρήκε ενδείξεις που θα μπορούσαν να οδηγήσουν στην κυτταρική θεωρία. Ακόμη και ο μεγάλος Θ.Ε. Χάξλεϋ, ο οποίος εργάστηκε τόσο πολύ για να προωθήσει την ιδέα της εξελίξεως, ήταν πολύ διστακτικός όσον αφορά στη σημασία των μικρών αυτών κιβωτίων, των κυττάρων. Το 1853 ο Χάξλεϋ δίδαξε ότι τα «κύτταρα είναι παραγωγοί ζωικών φαινομένων τόσο όσο και τα όστρακα που είναι διασκορπισμέ-



Εικόνα 10-2 *Σχεδίασμα κυττάρων φελλού του Ροβέρτου Χουκ. Ο Χουκ περιέγραψε ό,τι θα ονομάζαμε κυτταρικά τοιχώματα καθώς τα ζωντανά κύτταρα δεν ήταν πλέον εκεί. Ο όρος κύτταρα σήμαινε μικρά κιβώτια ή σειρές μικρών δωματίων.*

να σε σειρές κατά μήκος της ακρογιαλιάς. Είναι όργανα, μέσω των οποίων η δύναμη βαρύτητας της σελήνης δρα στους ωκεανούς. Όπως και αυτά, τα κύτταρα σημειώνουν μόνο πού υπήρχαν τα κύματα της ζωής και πώς δρούσαν»[2].

Αυτό θα πρέπει να αποτελεί πειστική ένδειξη ότι οι μεγάλοι εγκέφαλοι δεν λύνουν αυτομάτως ούτε καν κατανοούν αρκετά σπουδαία προβλήματα. Η φύση σπανίως αποκαλύπτει τα μυστικά της χωρίς μακρύ, επίπονο αγώνα!

Παρά το ότι κατά τη διάρκεια των επομένων 150 χρόνων μετά την εποχή του Ροβέρτου Χουκ αρκετοί επιστήμονες έκαναν προσεκτικές παρατηρήσεις κανείς δεν διατύπωσε μία γενικευμένη θεωρία, σχετική με τα κύτταρα. Το 1824, στη Γαλλία, ο Ερρίκος Ντουτροσέτ άρχισε να συγκρίνει φυτικούς και ζωικούς ιστούς. Ο Ντουτροσέτ, προσεκτικός παρατηρητής, σχεδόν διατύπωσε την κυτταρική θεωρία, καθώς έγραφε ότι:

> «Όλοι οι οργανικοί ιστοί των ζώων (είναι) στην πραγματικότητα σφαιρικά κύτταρα εξαιρετικά μικρού μεγέθους, τα οποία ενώνονται μόνο με συνοχή (προσκολλώνται μαζί). Έτσι, όλοι οι ιστοί, όλα τα όργανα των ζώων και των φυτών είναι στην πραγματικότητα μόνο ένας κυτταρικός ιστός που διαφοροποιείται ποικιλοτρόπως[3]».

Ο Ντουτροσέτ πίστευε ότι οι ζωντανοί ιστοί ήσαν στην πραγματικότητα μικροσκοπικά κύτταρα που τα συγκρατούσε μαζί μία δύναμη κολλώδης και ότι τα όργανα είναι φτιαγμένα από διαφορετικούς ιστούς.

Μία σπουδαία παρατήρηση και γενίκευση προέκυψε λίγα χρόνια αργότερα από την έρευνα του Σκώτου βοτανικού Ροβέρτου Μπράουν. Καθώς παρατηρούσε τα κύτταρα των φύλλων ορχιδέας, ο Μπράουν ανακάλυψε μέσα σε κάθε κύτταρο ένα πιο σκούρο, στρογγυλό μέρος και το ονόμασε πυρήνα. Από τις παρατηρήσεις αυτές ο Μπράουν οδηγήθηκε στο γενικότερο συμπέρασμα ότι οι πυρήνες πρέπει να υπάρχουν στα κύτταρα και άλλων ανθοφόρων φυτών, αν και η λειτουργία των παρέμεινε άγνωστη.

Η ποικιλία στο σχήμα των κυττάρων σημειώθηκε επίσης από τους πρώτους παρατητητές, αλλά το μέγεθος των κυττάρων σπανίως αναφέρεται. Σχετικά με το μέγεθος τα κύτταρα ήταν απλώς αποδεκτά ως «μικροσκοπικά».

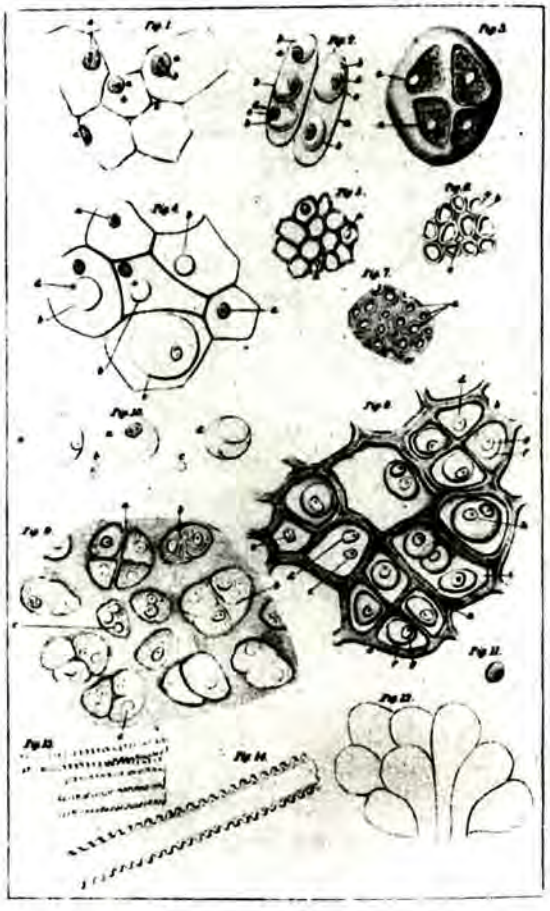
Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 10-Α. Ποια είναι η σχέση μεταξύ διαχύσεως και κυτταρικού μεγέθους; Σελίδα 610.

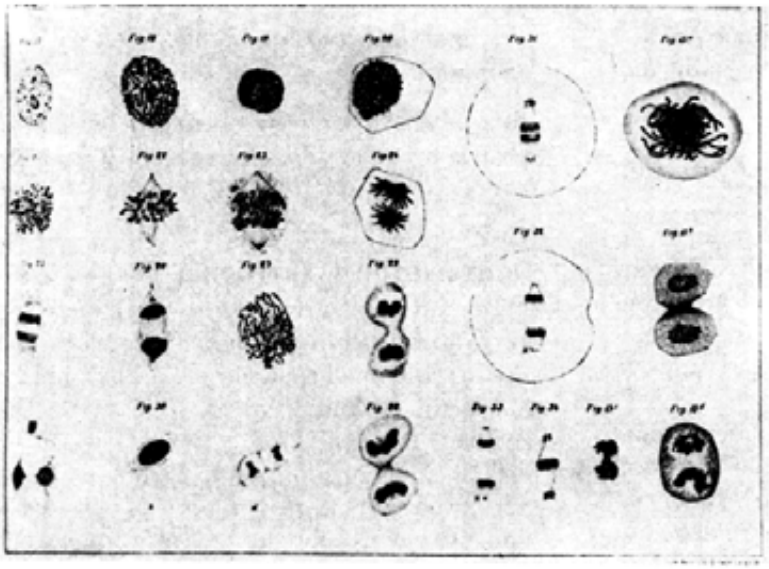
10-2
Προτείνεται η κυτταρική θεωρία

Το σκηνικό είχε στηθεί πια για τη σύγχρονη κυτταρική θεωρία. Η θεωρία προήλθε από την εργασία δυο Γερμανών βιολόγων του 19ου αιώνα του Θ. Σβανν και του Μ. Σλέιντεν (βλ. εικόνα 10-3).

Ο Σλέιντεν δημοσίευσε το 1838 πραγματεία που αναφερόταν στον τρόπο με τον οποίο προκύπτουν τα κύτταρα. Στην πραγματεία

Εικόνα 10-3 *Αυτά τα σχεδιάσματα φυτικών και ζωικών κυττάρων από τους Ματθία Σλέιντεν και Θεόδωρο Σβανν δημοσιεύτηκαν από τον Σβανν στο τέλος της δεκαετίας του 1830. Η εργασία των δύο αυτών βιολόγων συνεισέφερε στην ιδέα ότι τα έμβια όντα αποτελούνται από κύτταρα.*





Εικόνα 10-4 Αυτά τα σχεδιάσματα κυττάρων και χρωματοσωμάτων σε διάφορα στάδια μιτώσεως έγιναν το 1879 από τον Γουώλθερ Φλέμμινγκ. Με βελτιωμένες τεχνικές ο Φλέμμινγκ μπόρεσε να ακολουθήσει τη συμπεριφορά των χρωματοσωμάτων κατά την κυτταρική διαίρεση.

αυτή προωθούσε την υπόθεση ότι ο πυρήνας παίζει κύριο ρόλο στην ανάπτυξη του κυττάρου. Ο Σλέιντεν υποστήριξε ότι κάθε κύτταρο ζει ένα είδος διπλής ζωής. Ένας μέρος της ζωής του είναι ανεξάρτητο και συνδέεται με τη δική του ανάπτυξη και μόνο. Το άλλο τμήμα της ζωής του κυττάρου είναι η λειτουργία του ως τμήματος του φυτικού ιστού. Με άλλα λόγια, κάθε κύτταρο που βλέπει κανείς κάτω από το μικροσκόπιο, ανεξάρτητα αν προέρχεται από βλαστό, φύλλο ή ρίζα ενός φυτού, δρα σαν να ήταν ένας μικροσκοπικός ανεξάρτητος οργανισμός. Αλλά κάθε κύτταρο συνεισφέρει επίσης στη ζωή του μεγαλύτερου οργανισμού, του οποίου αποτελεί τμήμα.

Ενώ ο Σλέιντεν εργαζόταν με φυτικά κύτταρα, ο Σβανν παρατηρούσε κύτταρα ζώων. Παρατηρήσεις που έγιναν σε κύτταρα βατράχου βρίσκονταν σε συμφωνία με τις απόψεις του Σλέιντεν για το φυτικό κύτταρο (βλ. εικόνα 10-3). Ο Σβανν εξέτασε την ορθότητα της υποθέσεώς του εξετάζοντας μία ποικιλία άλλων ζωικών δομών από δομές πτηνού έως μυικές ίνες. Όλες οι παρατηρήσεις οδηγούσαν στην ίδια γενίκευση:

> «...τα στοιχειώδη τμήματα όλων των ιστών αποτελούνται από κύτταρα... μπορεί να ισχυρισθεί κανείς ότι υπάρχει ένα γενικό αξίωμα που αφορά στην ανάπτυξη των στοιχειωδών τμημάτων των οργανισμών, όσο και αν διαφέρουν μεταξύ τους, και αυτό το αξίωμα είναι η συγκρότησή τους από κύτταρα[4]».

Δεν μπορεί να ισχυρισθεί κανείς ότι ο Σλέιντεν και ο Σβανν ανακάλυψαν το κύτταρο ή ακόμη ότι του έδωσαν το όνομά του. Αλλά διατύπωσαν τη βασική ιδέα ότι τα κύτταρα αποτελούν τα τμήματα ή τους ιστούς όλων των οργανισμών και ότι αυτά τα κύτταρα δρουν ανεξάρτητα το ένα από το άλλο, ενώ συγχρόνως συνεργάζονται από λειτουργική άποψη. Αυτή η βασική ιδέα, ότι δηλαδή από κύτταρα είναι φτιαγμένοι όχι μόνο οι μονοκύτταροι οργανισμοί αλλά και όλοι οι μεγαλύτεροι από αυτούς οργανισμοί, από τις βελανιδιές έως τα ανθρώπινα όντα, είναι τώρα μία από τις κύριες αποδοχές της κυτταρικής θεωρίας.

Τελικώς, το 1855, ο Ρούντολφ Βίρχοβ, ένας Γερμανός γιατρός και βιολόγος, οδηγήθηκε στη γενίκευση ότι τα κύτταρα πολλαπλασιάζονται πάντοτε με κυτταρική διαίρεση. Η άποψη του Βίρχοβ στα Λατινικά ήταν: «*omnis cellula e cellula*», που σημαίνει ότι κάθε κύτταρο προέρχεται από ένα άλλο κύτταρο. Η γενίκευση αυτή βρισκόταν σε αντίθεση με τους ισχυρισμούς περί αυτομάτου γενέσεως που ήταν αρκετά κοινοί εκείνη την εποχή (βλ. εικόνα 4-1). Η άποψη βοήθησε επίσης στην παροχή βάσεως για την ιδέα της εξελίξεως που παρουσιάστηκε από τον Δαρβίνο λίγα χρόνια αργότερα. Είναι η δεύτερη κύρια αποδοχή της κυτταρικής θεωρίας.

Το 1879 νέες χρωστικές και βελτιωμένοι φακοί ήσαν διαθέσιμοι. Οι χρωστικές χρωμάτιζαν τα διάφορα τμήματα του κυττάρου και έκαναν πιο εύκολη την παρατήρησή τους. Έτσι έγινε δυνατό για το Γερμανό βιολόγο

Γουόλθερ Φλέμμινγκ να παρακολουθήσει τα όσα συμβαίνουν στον πυρήνα κατά την κυτταρική διαίρεση. Ο Φλέμμινγκ περιέγραψε τα όσα συμβαίνουν κατά την κυτταρική διαίρεση περίπου όμοια με όσα θα παρατηρήσετε και εσείς όταν θα τα μελετήσετε. Επειδή τα χρωματοσώματα μοιάζουν με λεπτά νήματα, ο Φλέμμινγκ ονόμασε τη διαδικασία «μίτωση» από την ελληνική λέξη (μίτος) που σημαίνει «κλωστή». Η εικόνα 10-4 είναι ένα σχεδίασμα που δείχνει τα διάφορα στάδια της μιτώσεως τα οποία παρατήρησε ο Φλέμμινγκ.

Η ιστορία της κυτταρικής θεωρίας δείχνει καθαρά τη σχέση μεταξύ ιδεών και παρατηρήσεων στην επιστήμη. Όταν οι βιολόγοι προσπάθησαν να επεκτείνουν τα συμπεράσματά τους πολύ πιο πέρα από τις παρατηρήσεις τους, τότε αρκετές φορές οδηγήθηκαν σε λάθος δρόμο. Παρόλα αυτά, ακόμη και λανθασμένες ιδέες είναι προτιμότερες από την έλλειψη ιδεών. Τουλάχιστον μπορεί να προωθήσουν άλλους να σκεφθούν πάνω στο ίδιο πρόβλημα και να οδηγήσουν σε ευρύτερο πειραματισμό. Η κυτταρική θεωρία και η θεωρία της εξελίξεως προσφέρουν δύο θεμελιακές γενικευμένες θεωρήσεις της βιολογίας. Η τρίτη κύρια θεωρία είναι η γονιδιακή θεωρία, για την οποία γίνεται εισαγωγή στο κεφάλαιο 9 και θα αναπτυχθεί περισσότερο σε άλλο κεφάλαιο. Αυτές οι τρεις θεωρίες συνδέονται με ένα ευρύ πλέγμα συγγενών ιδεών, έτσι ώστε κάθε μία από τις θεωρίες αυτές να στηρίζει τις άλλες.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Από την εποχή του Σλέιντεν και του Σβανν η κυτταρική θεωρία διαρκώς βελτιώνεται. Με την εφεύρεση νέων επιστημονικών μεθόδων όλο και περισσότερα γίνονται γνωστά για τη δομή του κυττάρου. Η διαδικασία της κυτταρικής διαιρέσεως μπορεί να παρατηρηθεί πολύ πιο εύκολα με τις νέες χρωστικές και τους καλύτερους φακούς. Όλες οι παρατηρήσεις φαίνεται ότι επιβεβαιώνουν την άποψη ότι, ενώ η λειτουργία ενός οργανισμού εξαρτάται από τα εξατομικευμένα κύτταρά του, κάθε κύτταρο διατηρεί τη δική του ανεξάρτητη ζωή.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

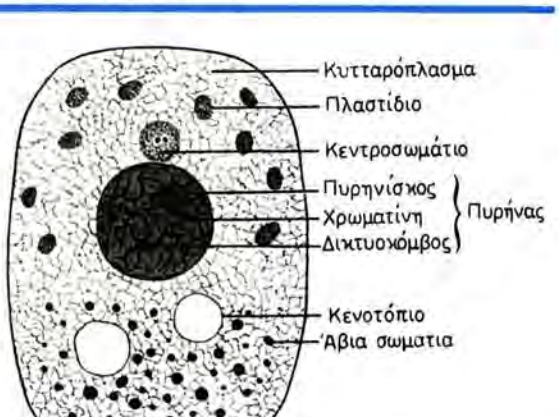
1. Ποιες είναι οι δύο κύριες αποδοχές της κυτταρικής θεωρίας;
2. Γιατί ο Χουκ δεν είδε κανένα πυρήνα στον ιστό του φελλού;
3. Ποιοι ήταν οι Σβαν και Σλέιντεν;
4. Ποια ήταν η συμβολή του Βίρχοβ στην κυτταρική θεωρία;
5. Ποιες είναι οι τρεις κύριες βιολογικές θεωρίες;

Η φύση των κυττάρων και της κυτταρικής διαιρέσεως

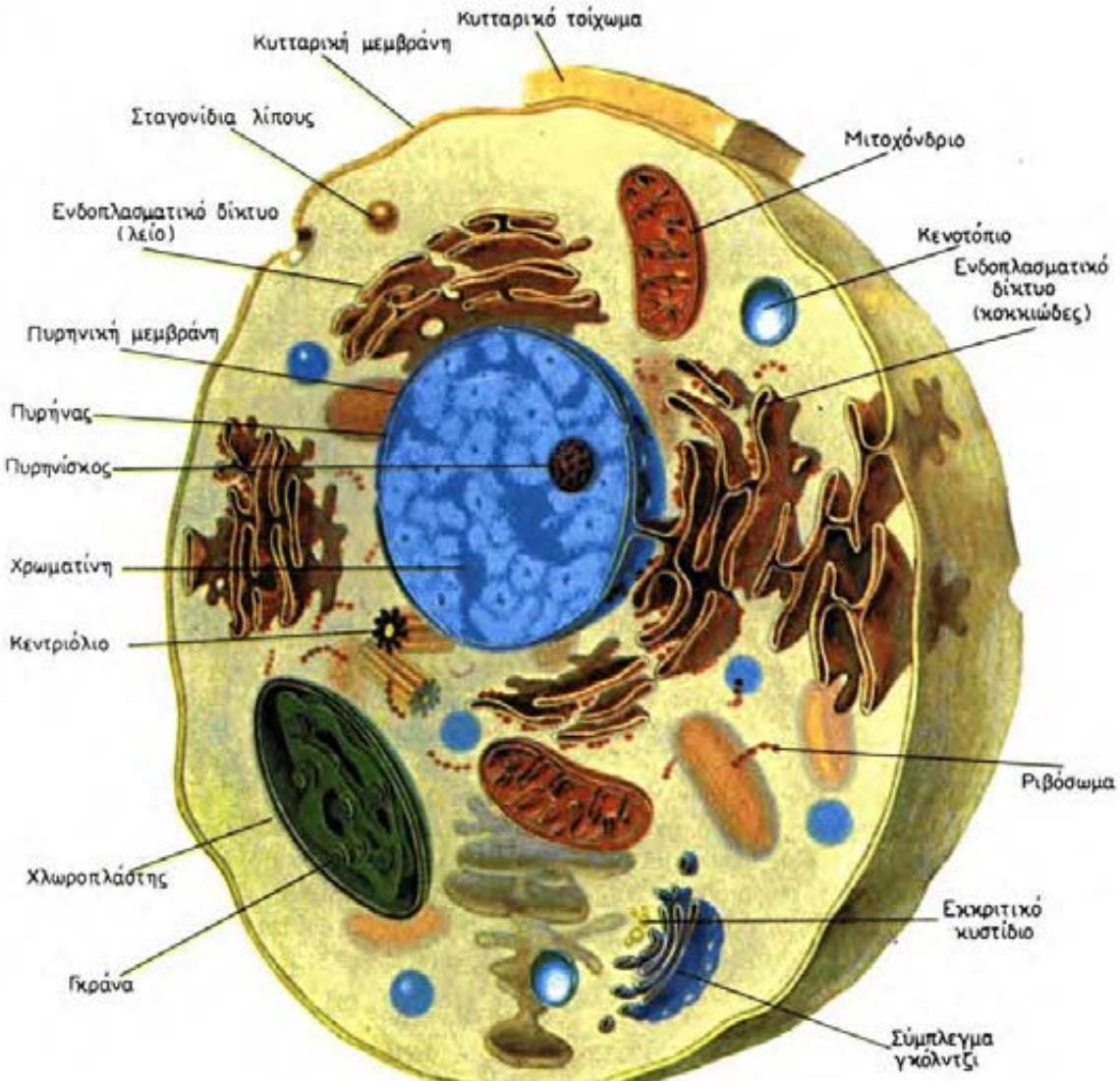
10-3
Οι απόψεις μας για το κύτταρο έχουν αλλάξει

Τα κύτταρα, αν και πολύ μικρά, είναι εξαιρετικά περίπλοκα. Πρέπει να βρίσκουν και να χρησιμοποιούν ενέργεια για ανάπτυξη και αναπαραγωγή και διακίνηση τροφής και των αχρήστων υλικών διαμέσου της κυτταρικής μεμβράνης. Όλες αυτές οι δραστηριότητες πραγματώνονται οργανωμένα.

Οι επιστήμονες έχουν συγκροτήσει μία αρκετά πλήρη εικόνα του κυττάρου, αν και υπάρχουν ακόμη αρκετά πράγματα που δεν είναι γνωστά. Οι λειτουργίες πολλών από τις μικροσκοπικές δομές που βρίσκονται μέσα στα κύτταρα είναι σήμερα γνωστές. Στο μέλλον είναι βέβαιο ότι η εικόνα θα είναι ακόμη



Εικόνα 10-5 *Αυτό το διάγραμμα, παρμένο από ένα σχεδίασμα του Ε.Β. Ουίλσον, δείχνει τις δομές του κυττάρου που ήταν γνωστές πριν από το 1922.*

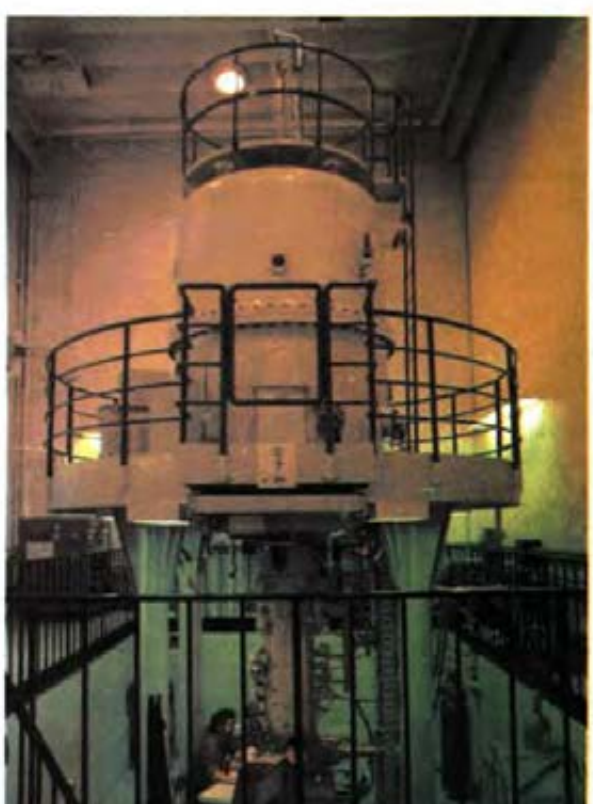


Εικόνα 10-6 *Το γενικευμένο κύτταρο όπως το παρουσιάζουν οι σύγχρονες έρευνες. Τα κύρια συστατικά και των φυτικών και των ζωικών κυττάρων συμπεριλαμβάνονται. Ένα φυτικό κυτταρικό τοίχωμα υποδεικνύεται στην κορυφή. Όλα αυτά τα συστατικά δεν εμφανίζονται στο ίδιο κύτταρο.*

πιο πλήρης.

Το 1922 ο Ε.Β. Ουίλσον σχεδίασε ένα γενικευμένο κύτταρο, όμοιο με αυτό που φαίνεται στην εικόνα 10-5. Ο Ουίλσον χρησιμοποιούσε ένα μικροσκόπιο αρκετά όμοιο με τα μικροσκόπια του εργαστηρίου σας. Την εποχή εκείνη οι επιστήμονες μπορούσαν να αναγνωρίσουν έξι περίπου μόνο συστατικά του κυττάρου. Από το 1922 και μετέπειτα έχουν αναγνωρισθεί και μελετηθεί περισσότερα συστατικά του κυττάρου. Η εικόνα 10-6 δείχνει ένα γενικευμένο πρότυπο κυττάρου, όπως είναι γνωστό σήμερα. Ένα σπουδαίο νέο όργανο, το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, ανακαλύφθηκε το 1930 και γρήγορα χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη των κυττάρων. Αυτό το μικροσκόπιο χρησιμοποιεί ηλεκτρονικά κύματα αντί για ακτίνες φωτός ως πηγή «φωτός». Λειτουργεί περίπου όπως μια συσκευή τηλεοράσεως. Με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο δεν παρατηρεί κανείς απευθείας ένα αντικείμενο (βλ. εικόνα 10-7). Αντιθέτως,

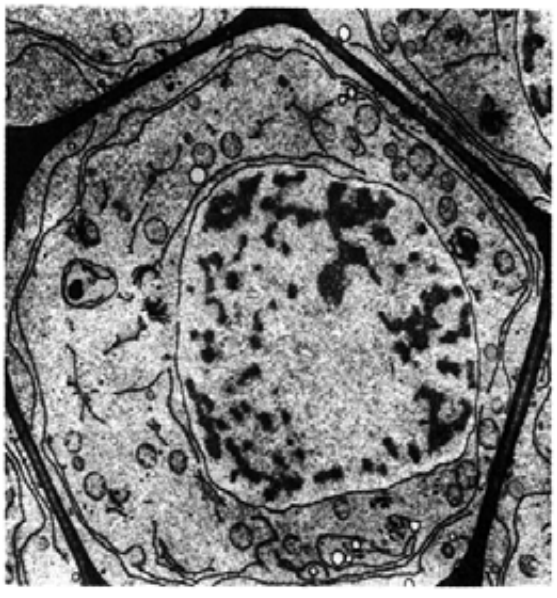
μία δέσμη ηλεκτρονίων κατευθύνεται διαμέσου του αντικειμένου προς μία οθόνη παρατηρήσεως, όμοια με οθόνη τηλεοράσεως. Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο μπορεί να μεγεθύνει τα συστατικά του κυττάρου έως και 300.000 φορές. Για να το συλλάβεις, είναι σαν να μεγεθύνεις το χέρι σου τόσο, ώστε να είναι περίπου 40 χιλιόμετρα μακρύ. Τέτοιες μεγεθύνσεις αποκαλύπτουν αφάνταστες λεπτομέρειες, ακόμη και μέσα στα πιο μικρά σωματίδια που βρίσκονται στα κύτταρα. Μία ακόμη πιο σύγχρονη ανακάλυψη, το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σαρώσεως, παράγει εικόνες που δίνουν την εντύπωση των τριών διαστάσεων. Η εικόνα 10-8 δείχνει πόσο πιο πολλές λεπτομέρειες μπορεί να δει κανείς με τα ηλεκτρονικά μικροσκόπια, από ό,τι βλέπει με τα μικροσκόπια ορατής ακτινοβολίας. Κοίταξε στο παράρτημα 10-Α, σελίδα 708, όπου υπάρχει ένας πίνακας που περιγράφει πολλά από τα συστατικά του κυττάρου, τα οποία αναφέρ-

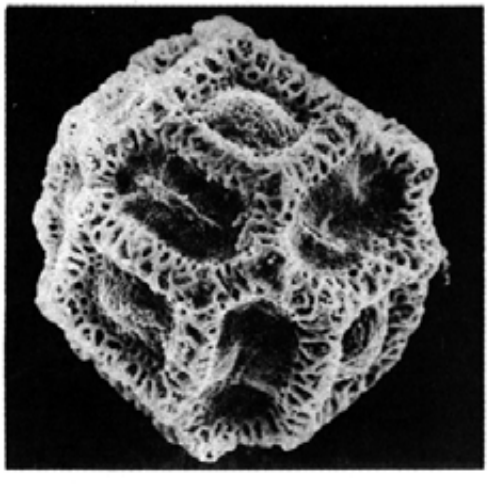


Εικόνα 10-7 *Δύο ηλεκτρονικά μικροσκόπια. Το μεγαλύτερο (δεξιά) είναι ηλεκτρονικό μικροσκόπιο υψηλής τάσεως. Το μικρότερο (κάτω) είναι ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σαρώσεως που επιτρέπει την παρατήρηση ανωμάλων επιφανειών και παράγει εικόνες τριών διαστάσεων.*











Εικόνα 10-8 *Κύτταρα ριζικής καλύπτρας, όπως φαίνονται στο σύνθετο μικροσκόπιο (άνω αριστερά), μπορούν να παρατηρηθούν σε πολύ λεπτές τομές κάτω από την ανώτερη μεγέθυνση του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου (άνω δεξιά). Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σαρώσεως παράγει εικόνες ολόκληρου του αντικειμένου, όπως φαίνεται από το γυρεόκοκκο κάκτου (κάτω αριστερά) και μία Αμοιβάδα (κάτω δεξιά).*

θηκαν προηγουμένως καθώς και ορισμένα από τα σπουδαία πράγματα που είναι γνωστά για το σύγχρονο εξελιγμένο κύτταρο. Ο πίνακας αυτός δίνει σε περίληψη αρκετές από τις πληροφορίες που δόθηκαν σε προηγούμενα κεφάλαια. Για την περίπτωση που θέλεις να ανακεφαλαιώσεις ό,τι αναφέρθηκε προηγουμένως για κάποιο συστατικό, κάτω από το όνομα κάθε συστατικού δίνεται και αντίστοιχη παραπομπή σε σχετική σελίδα.

Ο πίνακας αναφέρεται μόνο σε ***ευκαρυωτικά*** κύτταρα. Ευκαρυωτικά κύτταρα βρίσκονται στο σώμα σας και βεβαίως στο σώμα των περισσοτέρων από τα πρώτιστα, τα μεγάλα ζώα και φυτά με τα οποία είσαστε εξοικειωμένοι. Κατά τα τελευταία χρόνια οι βιολόγοι έχουν αντιληφθεί ότι υπάρχουν δύο κύριοι τύποι κυττάρων: τα ευκαρυωτικά και τα **προκαρυωτικά.** Ο προκαρυωτικός τύπος κυττάρου βρίσκεται μόνο στα μονήρη: τα βακτήρια και τα κυανοφύκη. Από όλα τα συστατικά που είναι καταχωρημένα στο παράρτημα 10-Α και φαίνονται στην εικόνα 10-6 λίγα μόνο, περιλαμβανόμενης της μεμβράνης και των ριβοσωμάτων, βρίσκονται στα προκαρυωτικά κύτταρα. Πολλοί βιολόγοι αποδέχονται ότι υπάρχει μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ

προκαρυωτικών και ευκαρυωτικών κυττάρων παρά μεταξύ ζώων και φυτών. Οι εικόνες 10-9 και 10-10 δείχνουν την εμφάνιση του κυτταροπλάσματος των κυττάρων και των δύο τύπων. Μερικοί βιολόγοι έχουν ακόμη αποδεχθεί ότι το ευκαρυωτικό κύτταρο εξελίχθηκε από τη συνένωση μικροτέρων προκαρυωτικών κυττάρων μέσω της φυσικής επιλογής. Η ιδέα αυτή, γνωστή ως ***Υπόθεση της Κυτταρικής Συμβιώσεως,*** είναι μία από τις πιο ενδιαφέρουσες της σύγχρονης βιολογίας.

10-4
Η κυτταρική αναπαραγωγή περιλαμβάνει αναδιπλασιασμό και διαίρεση

Εάν εξετάσετε ένα σύνθετο ζώο ή φυτό, θα δείτε ίσως όργανα και δομές που σχετίζονται με την αναπαραγωγή. Εάν εξετάσετε όμως ένα κύτταρο, μάλλον δεν θα βρείτε κανένα σημάδι που να δείχνει πώς αναπαράγεται. Ένα κύτταρο συνήθως δεν δίνει καμιά πληροφορία της καταπληκτικής του ιδιότητας αναδιπλασιασμού, έως ότου αρχίσει η διαδικασία αυτή. Τα κύτταρα ήταν γνωστά, ως βασικές μονάδες της ζωής, 40 χρόνια προτού οι επιστήμονες ήταν σε θέση να καταλάβουν πώς ένα κύτταρο παρήγε ένα άλλο.

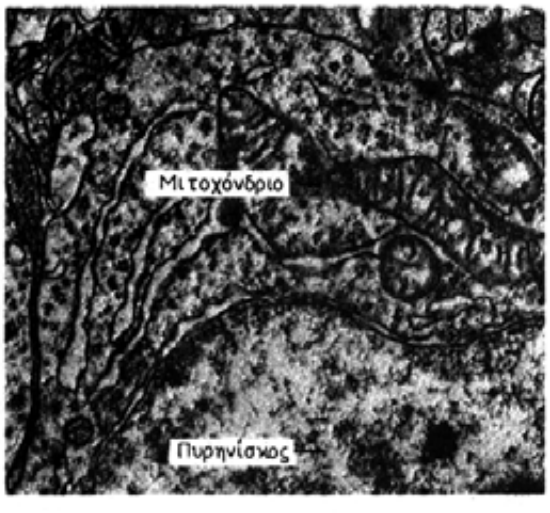
Παρά τις πρώτες δυσκολίες, μία σταδιακή κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα κύτταρα διαιρούνται, ξεκίνησε τη δεκαετία του 1880. Λεπτομέρειες και εξαιρέσεις έχουν κατά καιρούς προστεθεί αλλά η κύρια ιδέα δεν έχει αλλάξει.

Νέα κύτταρα προέρχονται από παλαιότερα με μία διαδικασία που ονομάζεται κυτταρική διαίρεση. Η εικόνα 10-10 είναι μία ηλεκτρονική μικροφωτογραφία κυτταρικής διαιρέσεως ενός βακτηριακού (προκαρυωτικού) κυττάρου. Τα προκαρυωτικά δεν διαθέτουν διακριτό πυρήνα όπως τα ευκαρυωτικά. Η κυτταρική διαίρεση στις μορφές αυτές εμφανίζεται υπό μορφή απλού διαχωρισμού σε δύο μέρη. Αναμφίβολα όμως είναι πιο περίπλοκη από κάτι τέτοιο.

Στα πρώτιστα, φυτά και ζώα – σε όλους τους ευκαρυωτικούς οργανισμούς – η κυτταρική διαίρεση έχει δύο φάσεις. Η μία φάση είναι γνωστή ως μίτωση και καταλήγει στο διπλασιασμό και το διαχωρισμό των χρωματοσωμάτων. Η άλλη φάση καταλήγει στη διαίρεση του κυτταροπλάσματος. Οι βιολόγοι συγκέντρωσαν πειραματικές ενδείξεις για την κυτταρική διαίρεση αρκετό καιρό πριν γίνει κατανοητός ο τρόπος διπλασιασμού του υλικού του πυρήνα, του DNA.

Επειδή τα κύτταρα μπορούν να αναδιπλασιασθούν επακριβώς, το σύνολο των κληρονομικών χαρακτηριστικών (γονιδίων) του γο-

Εικόνα 10-9 *Ένα τμήμα ενός ευκαρυωτικού κυττάρου αποκαλύπτει την περίπλοκη κατασκευή του κυτταροπλάσματός του.*



Εικόνα 10-10 *Κυτταρική διαίρεση σε βακτήρια (× 72.000) μοιάζει ουσιαστικά με κυτταρική διαίρεση μεγάλων οργανισμών. Τα βακτηριακά κύτταρα είναι μικρότερα και το κυτταρόπλασμα έχει λιγότερο περίπλοκη δομή. Τα βακτήρια είναι προκαρυωτικά.*



νικού κυττάρου μεταβιβάζεται στα νέα κύτταρα. Χαρακτηριστικά που επιβιώνουν της φυσικής επιλογής μεταβιβάζονται κατ' αυτόν τον τρόπο και τα νεοσχηματιζόμενα κύτταρα είναι περισσότερο ικανά για επιβίωση.

Ο επακριβής αναδιπλασιασμός του πυρήνα, του κέντρου ελέγχου, είναι η αιτία της μεγάλης ομοιότητας των δύο νέων κυττάρων προς το μοναδικό γονικό κύτταρο που τα σχημάτισε. Καθώς μελετάτε αυτές τις παρατηρήσεις, έχετε στο μυαλό σας το πρότυπο του αναδιπλασιασμού του DNA των Γουάτσον και Κρικ. Το πρότυπο αυτό δείχνει πώς τα γεγονότα της κυτταρικής διαιρέσεως μπορούν να οδηγήσουν στον επακριβή αναδιπλασιασμό της πληροφορίας.

10-5
Τα κύτταρα φυτών αποκαλύπτουν ένα σχέδιο κυτταρικής διαιρέσεως

Ένα κύτταρο που πρόκειται να υποστεί διαίρεση εμφανίζει ορισμένες αλλαγές στα χρωματοσώματα. Πριν από την κυτταρική διαίρεση τα χρωματοσώματα είναι τόσο λεπτά, ώστε είναι σχεδόν αδύνατον να τα δει κανείς, ακόμη και αν χρωσθούν με χρωστικές και ιδωθούν κάτω από ένα καλό μικροσκόπιο. Τα χρωματοσώματα ενός κυττάρου, έτοιμου να διαιρεθεί, έχουν ήδη αναδιπλασιασθεί προτού συμπυκνωθούν και περιελιχθούν.

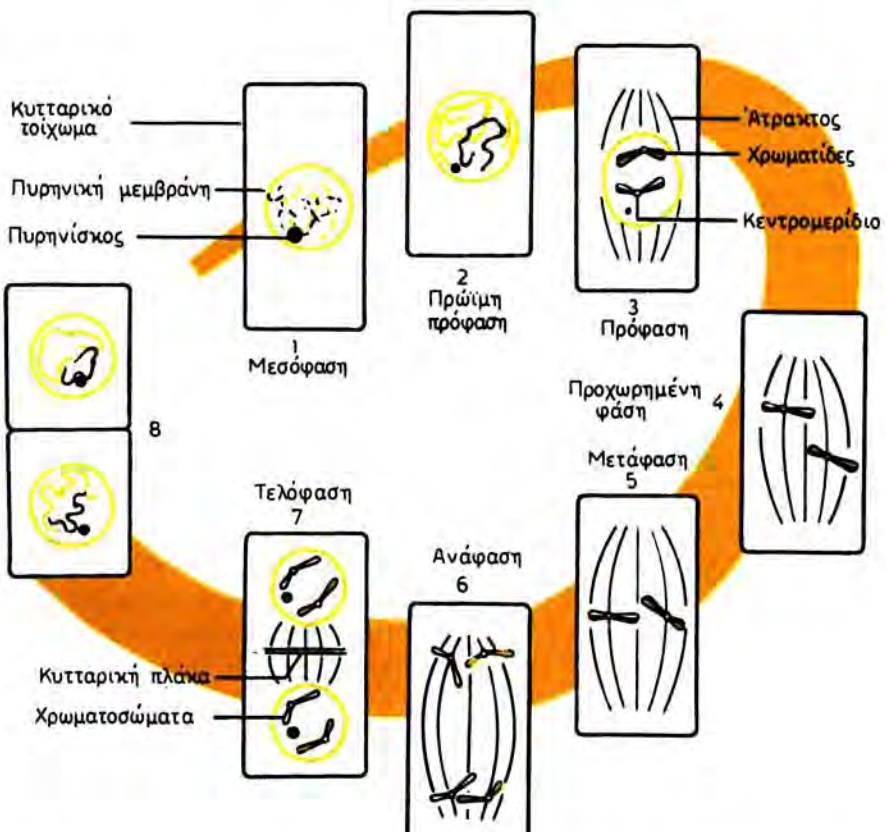
Κατά τον ίδιο χρόνο που τα χρωματοσώματα εμφανίζονται συμπυκνωμένα και αναδιπλασιασμένα, η πυρηνική μεμβράνη και ο πυρηνίσκος προφανώς διαλύονται και δεν είναι πλέον ορατά. Από τα διάφορα πυρηνικά και κυτταροπλασματικά υλικά οργανώνονται ίνες που διευθετούνται σε ένα σχηματισμό ο οποίος ονομάζεται άτρακτος. Αυτή η φάση της μιτώσεως ονομάζεται συνήθως ***πρόφαση.*** Οι διάφορες φάσεις όμως είναι συνεχείς, χωρίς να υπάρχουν σαφή όρια μεταξύ τους. Το διάγραμμα της εικόνας 10-11 δείχνει αυτά που μπορεί να παρατηρήσει κανείς κατά τη διαίρεση ενός φυτικού κυττάρου, εάν αυτό έχει κατάλληλα χρωσθεί, ώστε να εμφανίζονται οι διάφορες εσωτερικές του δομές.

Όταν η πυρηνική μεμβράνη και ο πυρηνίσκος δεν είναι πλέον ορατά, τα χρωματοσώματα μετακινούνται προς το κέντρο της ατράκτου. Εκεί διευθετούνται σε μία λίγο-πολύ επίπεδη επιφάνεια, κάθετη προς τις ίνες της ατράκτου. Στο στάδιο αυτό ***(μετάφαση)*** είναι πολλές φορές δυνατό να μετρηθούν τα χρωματοσώματα. Κάθε είδος φυτού ή ζώου έχει ένα τυπικό αριθμό χρωματοσωμάτων σε κάθε κύτταρο. Παρόλα αυτά δεν είναι ο αριθμός των χρωματοσωμάτων εκείνος που καθορίζει το είδος του φυτού ή του ζώου. Άνθρωποι, αγριομουριές και μαύρες ποεσίλιες (ένα είδος τροπικού ψαριού) έχουν ακριβώς τον ίδιο αριθμό χρωματοσωμάτων, 46. Εκείνο που έχει σημασία, όσον αφορά στη δημιουργία διαφορών μεταξύ των οργανισμών, είναι το περιεχόμενο των χρωματοσωμάτων.

Τα χρωματοσώματα της εικόνας 10-11 είναι διπλές κατασκευές. Κάθε μισό είναι γνωστό ως ***χρωματίδη.*** Αυτός ο αναδιπλασιασμός προκύπτει από τον αναδιπλασιασμό των μορίων του DNA που συμπληρώνεται κατά τη μεσόφαση. Τα ζεύγη των χρωματίδων διατηρούν τη διάταξή τους στο κέντρο του κυττάρου μόνο για μικρό χρονικό διάστημα. Όταν οι χρωματίδες κάθε ζεύγους χωρισθούν η μία από την άλλη κατά το στάδιο της ***αναφάσεως*** μετακινούνται προς τις αντίθετες άκρες του κυττάρου. Μία ίνα της ατράκτου φαίνεται σαν να είναι προσδεμένη σε ένα σημείο κάθε χρωματίδης, το κεντρομερίδιο. Προφανώς οι ίνες συστέλλονται και οδηγούν τις χρωματίδες μακριά από το κέντρο του κυττάρου. Ξανακοιτάξτε την εικόνα 10-4. Μπορείτε να βρείτε ποιες φάσεις της μιτώσεως σχεδίασε ο Φλέμμινγκ.

Οι χρωματίδες φθάνουν τελικά στα αντίθετα άκρα του κυττάρου και αποχωρίζονται από τις ίνες της ατράκτου. Είναι σπουδαίο να θυμάστε ότι οι αποχωριζόμενες χρωματίδες είναι πανομοιότυπα αντίγραφα η μία της άλλης. Μετά το διαχωρισμό τους ονομάζονται πάλι χρωματοσώματα. Με τη διαδικασία αυτή κάθε άκρο του κυττάρου παραλαμβάνει τον ίδιο ακριβώς αριθμό και το ίδιο ακριβώς είδος των χρωματοσωμάτων που το κύτταρο είχε αρχικά. Με τον τρόπο αυτό διπλασιάζεται το υλικό του πυρήνα.

Συνεχίζοντας τη διαδικασία της μιτώσεως, τα «νέα» χρωματοσώματα και στα δύο άκρα του κυττάρου συσπειρώνονται όλα μαζί και αρχίζει να σχηματίζεται πυρηνική μεμβράνη και πυρηνίσκος. Βαθμιαία τα χρωματοσώματα γίνονται λιγότερο διακριτά το ένα από το άλλο. Με τις γνωστές τεχνικές δεν είναι δυνατόν να μετρηθούν τα χρωματοσώματα σε



Εικόνα 10-11 *Το διάγραμμα αυτό περιγράφει τη μίτωση και την κυτταρική διαίρεση σε ένα γενικευμένο φυτικό κύτταρο. Για να είναι πιο απλό, εμφανίζεται μόνο ένα ζεύγος χρωματοσωμάτων, αν και ένα τέτοιο κύτταρο θα περιέχει πολλά ζεύγη. Η διαδικασία διαχωρίζεται σε αρκετά στάδια σύμφωνα με μικροσκοπικές παρατηρήσεις στερεωμένων (νεκρών) δειγμάτων φυτικών κυττάρων. Σε ένα ζωντανό κύτταρο η διαδικασία είναι συνεχής· δεν υπάρχουν στάσεις ή στάδια.*

ένα κύτταρο, εκτός αν αυτό βρίσκεται σε διαίρεση. Όλο το άλλο χρονικό διάστημα τα χρωματοσώματα είναι λιγότερο συμπυκνωμένα. Το DNA τους εμφανίζεται όμοιο προς τη χρωματίδη της εικόνας 10-6.

Ενώ πραγματώνεται η τελευταία φάση της μιτώσεως στον πυρήνα, μία άλλη διαδικασία γίνεται στο κυτταρόπλασμα. Σε ένα διαιρούμενο φυτικό κύτταρο οι χλωροπλάστες και τα μιτοχόνδρια συγκεντρώνονται γύρω από το κέντρο της ατράκτου, αλλά δεν συνδέονται μαζί της. Ένας νέος σχηματισμός, η κυτταρική πλάκα, διαμορφώνεται στη μέση της ατράκτου και εκτείνεται μέχρις ότου φθάσει στις πλευρές του διαιρούμενου κυττάρου. Η κυτταρική πλάκα διαχωρίζει κατ' αυτόν τον τρόπο το κύτταρο σε δύο τμήματα, κάθε ένα από τα οποία περιέχει ένα σύμπλεγμα χλωροπλασιών και ένα σύμπλεγμα μιτοχονδρίων. Οι χλωροπλάστες και τα μιτοχόνδρια αναπαράγονται από μόνα τους αργότερα, σαν να ήταν ανεξάρτητοι οργανισμοί. Η ικανότητά τους να διαιρούνται και να παράγουν περισσότερες οντότητες του είδους τους είναι ακόμη μία ένδειξη της Υποθέσεως της Κυτταρικής Συμβιώσεως που αναφέρθηκε προηγουμένως.

Στην εικόνα 10-12 φαίνεται μία κυτταρική πλάκα την ώρα του σχηματισμού της. Ένα τμήμα του κυτταρικού τοιχώματος των δύο νεοδημιουργουμένων κυττάρων αρχίζει να σχηματίζεται με την εμφάνιση της κυτταρικής πλάκας. Τα δύο κύτταρα μπορούν στη συνέχεια να αναπτυχθούν και να διαιρεθούν πάλι.

Η διαδικασία της μιτώσεως και της κυττα-

ρικής διαιρέσεως φαίνεται στη σειρά των οκτώ φωτογραφιών της εικόνας 10-13. Τα όσα εμφανίζονται στη σειρά μπορεί να τα δει κανείς σε αναπτυσσόμενα ακροράζια κρεμμυδιού.

Είναι δυνατόν να γίνεται αναδιπλασιασμός των χρωματοσωμάτων χωρίς να ακολουθείται από διαίρεση του κυτταροπλάσματος. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται πολλές φορές μονοκύτταροι οργανισμοί με περισσότερους από ένα πυρήνα. Ακόμη και σε πολυκύτταρους οργανισμούς, μερικοί ιστοί, όπως οι σκελετικοί μύες, έχουν μεγάλο αριθμό πυρήνων σε κοινή μάζα κυτταροπλάσματος που περιβάλλεται από μία πλασματική μεμβράνη.

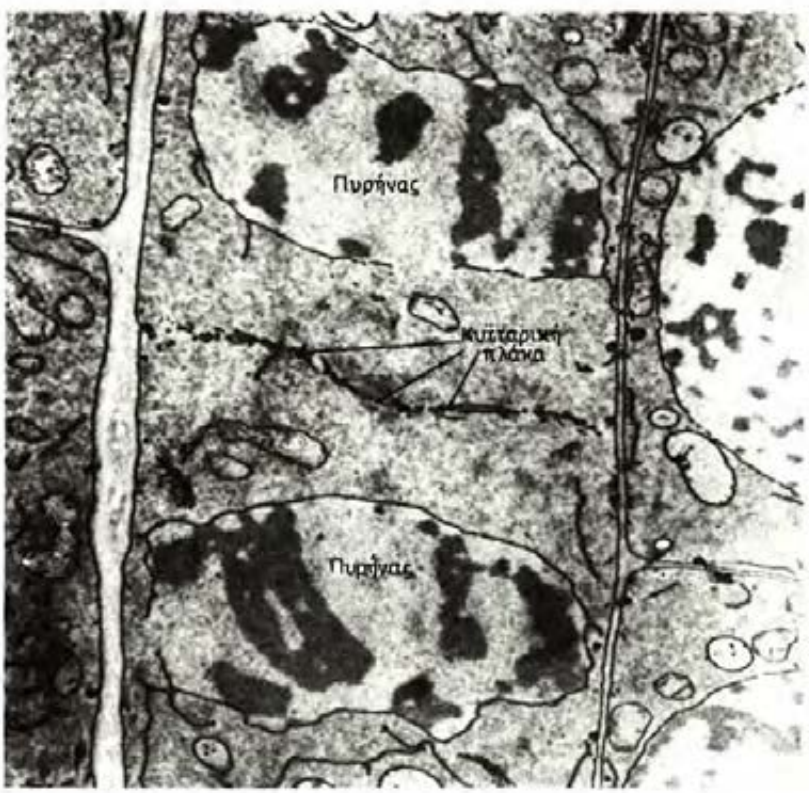
Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 10-Β. Ποιες είναι μερικές από τις πυρηνικές δραστηριότητες του κυττάρου που προηγούνται της διαιρέσεως ενός κυττάρου σε δύο κύτταρα; Σελίδα 611.

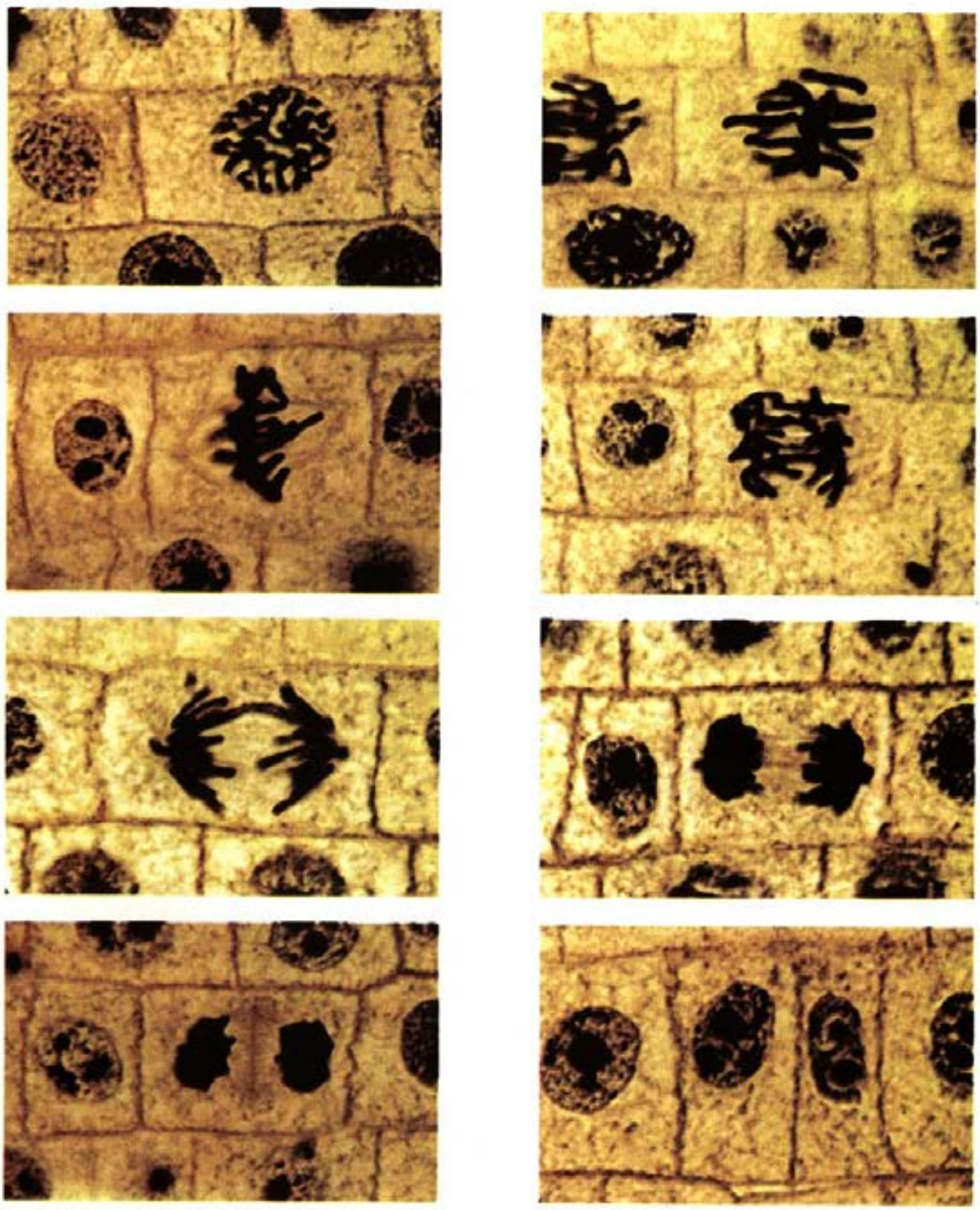
10-6
Η διαίρεση του ζωικού κυττάρου δείχνει μικρές διαφορές

Η διαίρεση των ζωικών κυττάρων είναι σχεδόν όμοια προς τη διαίρεση των φυτικών κυττάρων. Η εικόνα 10-14 (αριστερά) δείχνει τα δύο σημεία στα οποία η διαίρεση του ζωικού κυττάρου διαφέρει από τη διαίρεση του φυτικού κυττάρου: (1) Η παρουσία των μικροσκοπικών κεντριολίων και (2) η απουσία κυτταρικής πλάκας.

Σχεδόν το πρώτο ορατό πράγμα που συμβαίνει κατά τη διαίρεση ενός ζωικού κυττάρου είναι ο διπλασιασμός των κεντριολίων. Στην αρχή της μιτώσεως ένα ζεύγος κεντριολίων (εικόνα 10-15) κινείται βαθμιαία προς την αντίθετη πλευρά του πυρήνα σχετικά με το άλλο ζεύγος κεντριολίων. Ενώ τα κεντριόλια βρίσκονται ακόμη σε στάδιο απομακρύνσεως αρχίζουν να αναπτύσσονται ακτινόμορ-

Εικόνα 10-12 *Ο σχηματισμός κυτταρικής πλάκας είναι ένα από τα διαφορίζοντα χαρακτηριστικά της κυτταρικής διαιρέσεως στα φυτά. Η φωτογραφία αυτή ενός φυτικού κυττάρου δείχνει τον πυρήνα που έχει ήδη χωρισθεί σε δύο πυρήνες και την κυτταρική πλάκα που αρχίζει να σχηματίζεται.*





Προσφορά από την Carolina Biological Supply Company

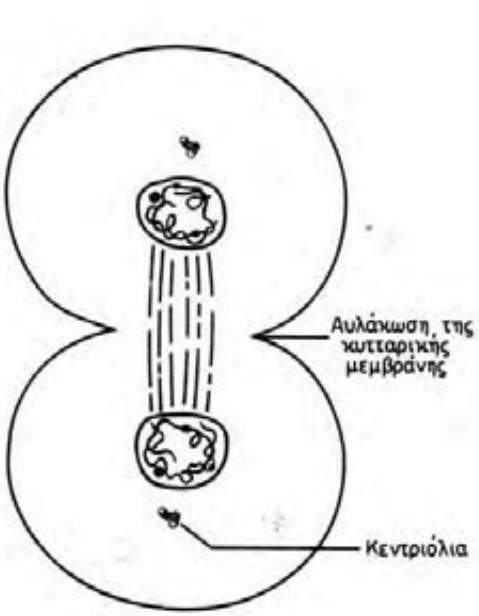
Εικόνα 10-13 *Διαιρούμενα κύτταρα σε ακροριζίο κρεμμυδιού. Τα στάδια της μιτώσεως που φαίνονται εδώ (από αριστερά προς δεξιά και από άνω προς κάτω) είναι πρώιμη πρόφαση, πρόφαση, μετάφαση, ανάφαση, ανάφαση, τελόφαση και τελόφαση. Δύο μόλις διαιρεθέντα κύτταρα φαίνονται στην τελευταία φωτογραφία.*

φες ίνες γύρω από κάθε κεντριόλιο. Οι ίνες αυτές σταδιακά γίνονται άτρακτος και προφανώς προσδένονται στις χρωματίδες.

Τα γεγονότα που λαμβάνουν χώρα μέσα στον πυρήνα του διαιρούμενου ζωικού κυττάρου είναι κατά βάση όμοια με εκείνα ενός διαιρούμενου φυτικού κυττάρου. Στη διαίρεση του ζωικού κυττάρου υπάρχουν επίσης δύο αλληλουχίες γεγονότων: η μίτωση και η διαίρεση του κυτταροπλάσματος. Παρόλα αυτά κατά τα τελευταία στάδια της διαιρέσεως του ζωικού κυττάρου δεν σχηματίζεται κυτταρική πλάκα. Αντιθέτως το κυτταρόπλασμα διαιρείται με μία περίσφιξη, η οποία βαθαίνει έως ότου διαχωρίσει τελείως τα δύο νέα κύτταρα.

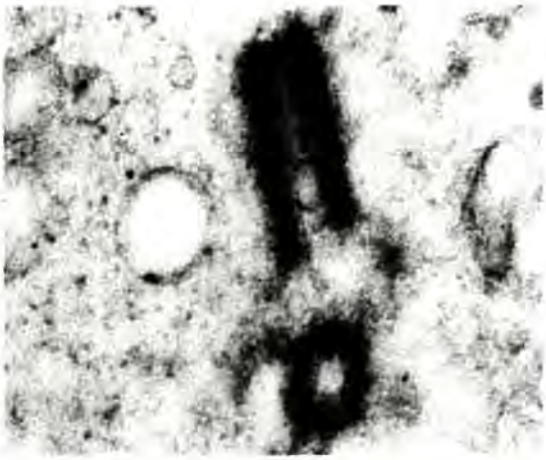
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διαίρεση των ευκαρυωτικών κυττάρων αποτελείται από δύο κύριες φάσεις. Κατά την πρώτη, τη μίτωση, τα χρωματοσώματα αναδιπλασιάζονται και μετατρέπονται σε ζευγαρωμένες δομές που ονομάζονται χρωματίδες. Βαθμιαία κάθε μία από αυτές μετατρέπεται σε χρωματόσωμα. Η δεύτερη φάση περιλαμβάνει τη διαίρεση του κυτταροπλάσματος. Οι διαιρέσεις του φυτικού και του ζωικού κυττάρου είναι πολύ όμοιες εκτός από τις διαφορές που δείχνονται στις εικόνες 10-12 και 10-14.



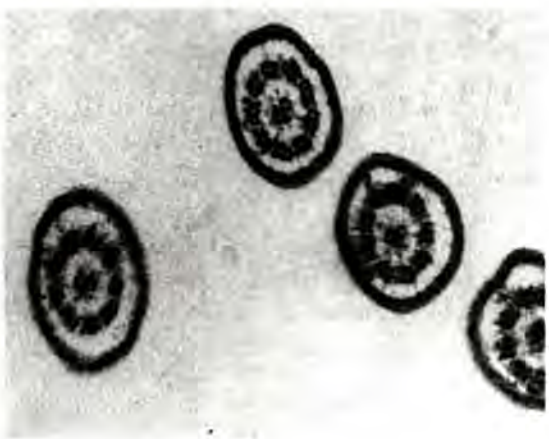


Εικόνα 10-14 *Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της μιτώσεως και της κυτταρικής διαιρέσεως σε ένα ζωικό κύτταρο είναι η παρουσία των κεντριολίων και η απουσία της κυτταρικής πλάκας (αριστερά). Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορεί να είναι δύσκολο να τα διακρίνετε στα διαιρούμενα ζωικά κύτταρα που βλέπετε κάτω από το μικροσκόπιο (δεξιά, προσφορά της Connecticut Valley Biological Supply Company, Inc.). Αλλά μπορούν να διακριθούν κάτω από ανώτερη μεγέθυνση.*



ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Πώς χρησίμευσε το μικροσκόπιο στον προσδιορισμό των συμβάντων που περιλαμβάνει η κυτταρική διαίρεση;
2. Ποια είναι τα δύο μέρη της κυτταρικής διαιρέσεως; Δώστε πλήρη περιγραφή.
3. Ποιες αλλαγές σε ένα κύτταρο υποδεικνύουν ότι ετοιμάζεται να διαιρεθεί;
4. Πώς διαφέρει η διαίρεση του φυτικού κυττάρου από τη διαίρεση του ζωικού;
5. Σε τι μοιάζει η διαίρεση του φυτικού κυττάρου με τη διαίρεση του ζωικού;



Εικόνα 10-15 *Οι δομές, επάνω, είναι τομές διά μέσου ενός ζεύγους κεντριολίων. Αυτές, στο κάτω μέρος, είναι τομές διαμέσου βλεφαρίδων του πρωτοζώου Διδίνιουμ. Καθώς τα κεντριόλια είναι σε ορθή γωνία το ένα προς το άλλο, οι δομές επάνω δείχνουν την κατά μήκος τομή ενός κεντριολίου και την εγκάρσια τομή του άλλου. Οι βλεφαρίδες, στο κάτω μέρος, εμφανίζονται επίσης σε εγκάρσια τομή. Η οργάνωση ενός κεντριολίου και μιας βλεφαρίδας φαίνονται να είναι όμοιες.*

Πολυκυτταρική οργάνωση

10-7
Ένα σύνολο κυττάρων συνεργάζεται

Μία ομάδα από κύτταρα δείχνει ότι συνεργάζεται. Οι αποδοχές της ετεροτροφικής υποθέσεως προτείνουν μία περιπλοκότητα δομής που αυξάνει διαρκώς: άτομα, μόρια, αθροίσματα μορίων και τελικώς κύτταρα. Κάθε βήμα έχει οδηγήσει σε δομές που μπορούν να κάνουν περισσότερα από ό,τι μπορούν οι απλούστερες δομές.

Για την κατανόηση των ιδιοτήτων της πολυκυτταρικής οργανώσεως, θα εξετάσομε τον *Βόλβωξ*, ένα από τους πιο απλούς και ίσως πιο πρωτόγονους πολυκύτταρους οργανισμούς. Ο *Βόλβωξ* βρίσκεται συνήθως σε αφθονία σε μικρές λίμνες κατά την άνοιξη και νωρίς το καλοκαίρι. Ένας οργανισμός *Βόλβωξ*, ή «αποικία», έχει τη μορφή μιας άδειας σφαίρας (βλ. εικόνα 10-16). Κάθε αποικία αποτελείται από αρκετές εκατοντάδες έως δεκάδες χιλιάδες κύτταρα. Η αποικία αποτελείται από κύτταρα όμοια με το μονοκύτταρο φύκος *Χλαμυδομονάς*. Κάθε κύτταρο της αποικίας έχει δύο μαστίγια, ένα κυπελλόμορφο χλωροπλάστη, μία οπτική κηλίδα, ένα πυρήνα και το κυτταρόπλασμα. Ένα παχύ ζελατινώδες (πυκτωματώδες) περίβλημα περιβάλλει κάθε κύτταρο και το διαχωρίζει από τα γειτονικά του. Ως αποτέλεσμα, κάτω από το μικροσκόπιο μία αποικία *Βόλβωξ* μοιάζει σαν σφαίρα από ζελατίνα (πυκτή) με εξατομικευμένα κύτταρα μέσα σ' αυτή. Από κάθε

κύτταρο προβάλλουν δύο μαστίγια μέσα από το ζελατινώδες περίβλημα.

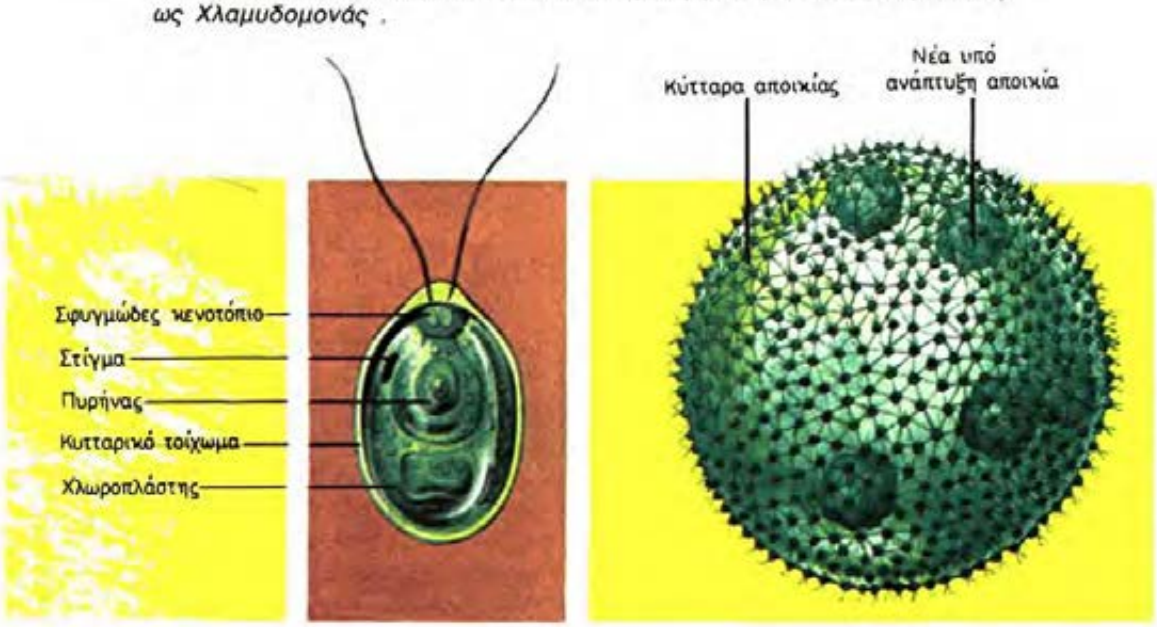
Εάν το κυτταρικό τοίχωμα και η μεμβράνη ενός κυττάρου *Χλαμυδομονάδας* τρυπηθεί, αυτό θα προκαλέσει το τέλος του. Αντίθετα, εάν ένα κύτταρο μιας αποικίας *Βόλβωξ* τρυπηθεί και πεθάνει, η υπόλοιπη κοινωνία θα συνεχίσει να ζει. Έτσι, μπορούμε να πούμε ότι ένας οργανισμός που αποτελείται από πολλά κύτταρα, μοιάζει σαν βάρκα χωρισμένη σε πολλά υδατοστεγή διαμερίσματα. Και τα δύο είναι καλύτερα προφυλαγμένα έναντι ατυχημάτων.

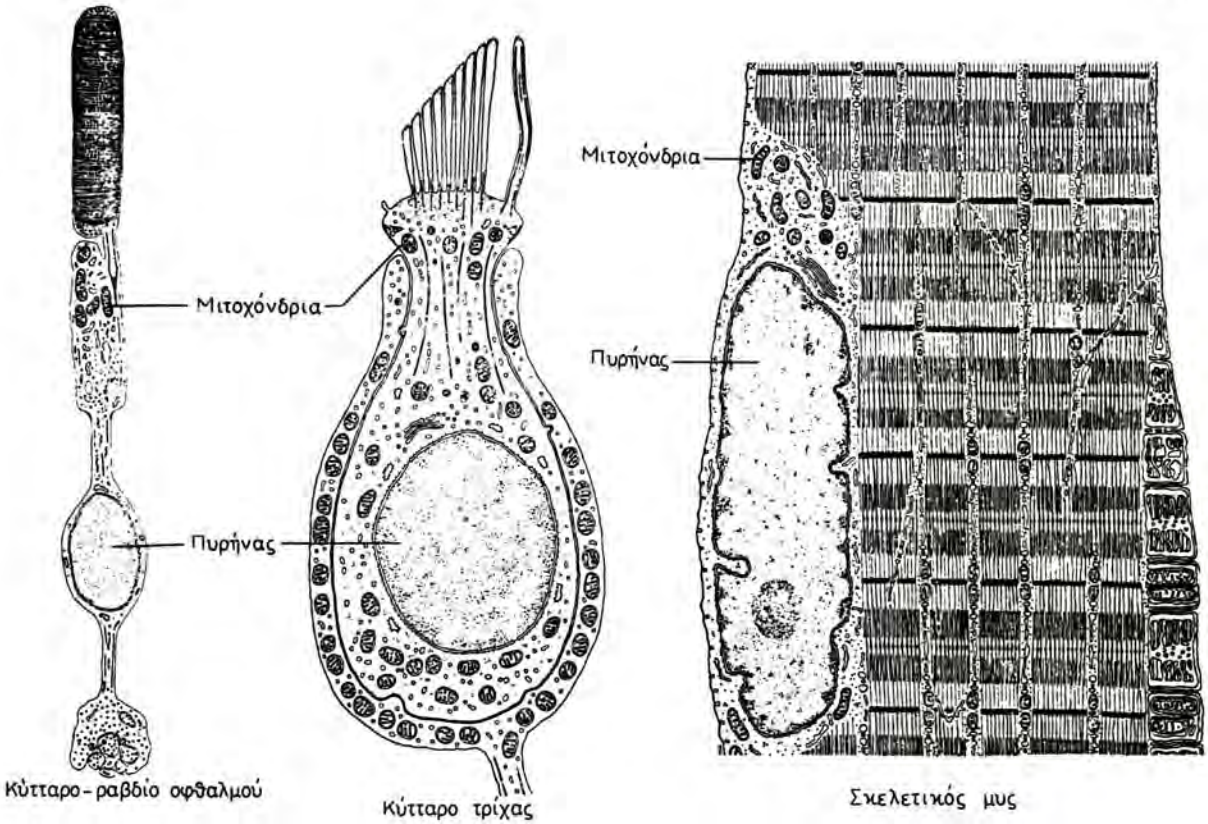
Εάν παρατηρήσεις ένα *Βόλβωξ* κάτω από ισχυρή μεγέθυνση, μπορείς να δεις ότι κάθε κύτταρο της αποικίας συνδέεται με τα γειτονικά του με ένα πολύ λεπτό νήμα. Θα μπορούσες επίσης να δεις ότι ορισμένα κύτταρα φαίνεται να είναι μεγαλύτερα από τα υπόλοιπα. Η αποικία *Βόλβωξ* περιστρέφεται πλευρικά καθώς κινείται προς τα εμπρός μέσα στο νερό. Για το λόγο αυτό η αποικία φαίνεται να έχει ένα πρόσθιο και ένα οπίσθιο άκρο. Τα μεγαλύτερα κύτταρα βρίσκονται συνήθως στο οπίσθιο άκρο. Αυτή η κίνηση απαιτεί κάποιο βαθμό υψηλού συντονισμού. Όλα τα κύτταρα θα πρέπει να κινούν τα μαστίγιά τους κατά τρόπο που να επιτρέπει την πραγματοποίηση αυτής της κινήσεως. Αν τα μαστίγια είχαν κίνηση ανεξάρτητη και τυχαία, τότε θα οδηγούσαν σε μία τυχαία μετακίνηση. Γι' αυτό τα κύτταρα της αποικίας οργανώνονται σε μία εργαζόμενη μονάδα που μπορεί να κινείται κατά τρόπο αρκετά διαφορετικό από τα μεμονωμένα κύτταρα. Τα διαφορετικού μεγέθους κύτταρα μπορεί να έχουν επίσης διαφορετικές λειτουργίες. Πώς μπορείτε να δοκιμάσετε μία τέτοια υπόθεση; Ποια μπορεί να είναι η λειτουργία των κυττάρων κάθε μεγέθους;

10-8
Αρχίζει η κατανομή εργασίας

Στους πολυκύτταρους οργανισμούς, περισσότερο σύνθετους από το *Βόλβωξ*, υπάρχουν πολλά είδη διαφορετικών κυττάρων. Όλα τα κύτταρα πρέπει να διατηρούν τις βασικές λειτουργίες της ζωής, όπως η συγκέντρωση υλικού και η σύνθεση ενζύμων. Παρόλα αυτά κάθε είδος κυττάρου συχνά αναλαμβάνει μία ειδική εργασία επιπλέον των βασικών του λειτουργιών. Για παράδειγμα, ένα είδος κυττάρου μπορεί να είναι εξαιρετικά ικανό στη μεταφορά ηλεκτρικών παλμών (ή ώσεων). Αλλά μπορεί να έχει την ικανότητα να παράγει μεγάλα ποσά μιας συγκεκριμένης χημικής ενώσεως. Κύτταρα που αναλαμ-

Εικόνα 10-16 *Τα μεμονωμένα κύτταρα της αποικίας του Βόλβωξρ (δεξιά) είναι όμοια σε εμφάνιση με τον μονοκύτταρο οργανισμό που είναι γνωστός ως Χλαμυδομονάς .*





Εικόνα 10-17 *Τρία εξειδικευμένα κύτταρα. Με ποιο τρόπο οι διάφορες δομές και λειτουργίες δείχνουν ότι η δομή του κυττάρου συνδέεται προς τη λειτουργία του κυττάρου;*

βάνουν μία τέτοια επιπλέον εργασία δείχνουν εξειδίκευση. Συνήθως τα εξειδικευμένα κύτταρα είναι διαφορετικά στην εμφάνιση και τη λειτουργία (εικόνα 10-17).

Στα πολυκύτταρα ζώα ή φυτά, ομάδες ομοίων κυττάρων εργάζονται μαζί προς εκτέλεση ενός συγκεκριμένου έργου. Μία τέτοια ομάδα εξειδικευμένων κυττάρων ονομάζεται ιστός. Σε πολλές περιπτώσεις όλα τα κύτταρα σε ένα ιστό δείχνουν αρκετά όμοια αλλά αυτό δεν είναι πάντοτε αλήθεια.

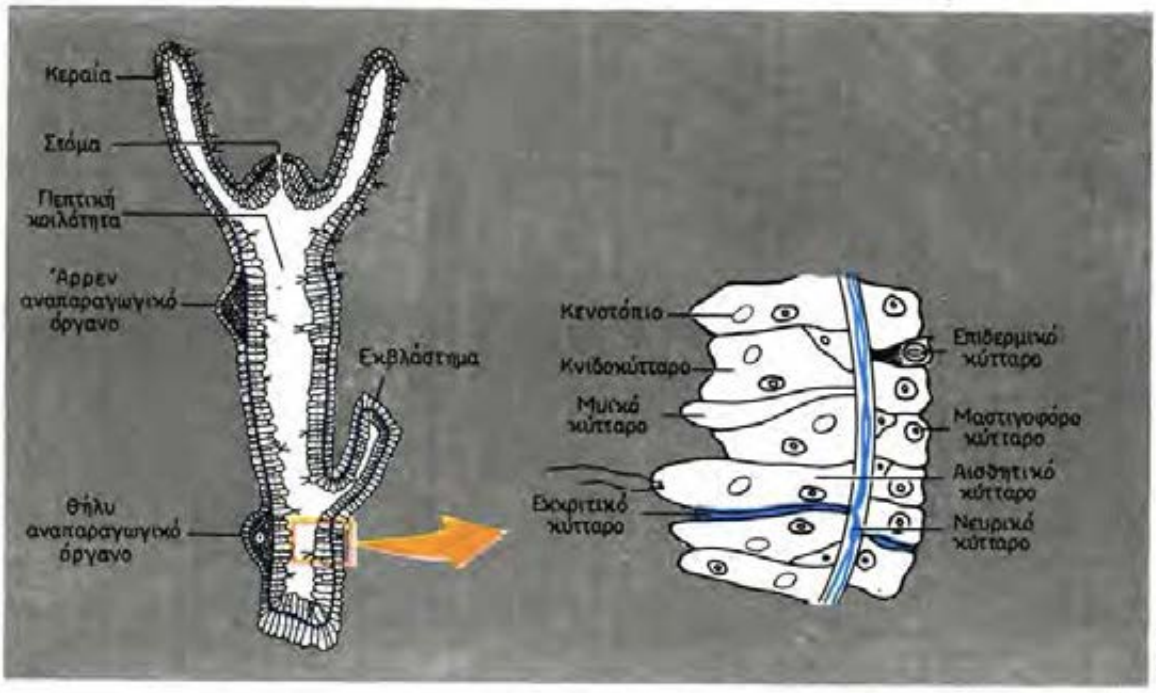
Μπορείτε να αναμένετε να βρείτε ιστούς σε οργανισμούς ακόμη και λίγο πιο περίπλοκους από το *Βόλβωξ*. Κάθε είδος ιστού θα είναι εξειδικευμένο λειτουργικά και έτσι θα συνεισφέρει στην ευημερία ολόκληρου του οργανισμού. Κοιτάξτε τον οργανισμό *Ύδρα* στην εικόνα 10-18. Περιλαμβάνει η *Ύδρα* διακριτές ομάδες κυττάρων που θα μπορούσαν να ονομαστούν ιστοί;

Τα ανώτερα ζώα και φυτά διαθέτουν μεγάλο αριθμό εξειδικευμένων ιστών. Διαφορετικά είδη ιστών λειτουργούν μαζί σε δομές που ονομάζονται ***όργανα*** και ομάδες οργάνων συνεργάζονται σε ***συστήματα*** οργάνων. Ολόκληρο λοιπόν το ζώο ή το φυτό είναι ένα σύνολο συστημάτων οργάνων, καθένα από τα οποία αποτελείται από εξειδικευμένα όργανα. Τα όργανα αποτελούνται από ιστούς· οι ιστοί από κύτταρα· τα κύτταρα από συστατικά κυττάρων· τα συστατικά κυττάρων από μόρια και τα μόρια από άτομα.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 10-Γ. Ποιες ειδικές δομές έχουν μερικοί απλοί οργανισμοί που τους βοηθούν στην πρόσληψη τροφής; Σελίδα 612.

10-9
Οι μεγάλοι οργανισμοί έχουν ανάγκη οργανωμένων συστημάτων

Ένα από τα προβλήματα της πολυκυτταρικής οργανώσεως είναι ο τρόπος προσφοράς



Εικόνα 10-18 *Σχεδίασμα Ύδρας και μερικά από τα εξειδικευμένα κύτταρα (δεξιά) που βρίσκονται στο σώμα της.*

αρκετών υλικών σε καθένα από τα πολλά κύτταρα. Οι πολυκύτταροι οργανισμοί χρησιμοποιούν εξειδικευμένες δομές για τη συλλογή των υλικών από το περιβάλλον και την κατανομή τους στα κύτταρα.

Για παράδειγμα, ένα δένδρο είναι ένα πολυκύτταρο φυτό με εξειδικευμένους ιστούς και όργανα. Η φωτοσύνθεση παρατηρείται στα κύτταρα των πρασίνων φύλλων που χρησιμοποιούν φωτεινή ενέργεια, διοξείδιο άνθρακα και νερό. Καθώς το νερό είναι συνήθως δύσκολο να το παραλάβει το φυτό από τον αέρα, η μόνη χρήσιμη πηγή νερού είναι το έδαφος. Τα φύλλα όμως απέχουν πολλά μέτρα από τις ρίζες. Κάποιο σύστημα μεταφοράς νερού από τις ρίζες στα φύλλα είναι απαραίτητο. Οι ρίζες εξαρτώνται από τα φύλλα για την τροφή τους και γι' αυτό κάποιο σύστημα μεταφοράς τροφής είναι επίσης απαραίτητο. Άλλα υλικά επίσης διακινούνται στα φυτά από το ένα μέρος στο άλλο. Ποια μπορεί να είναι μερικά από αυτά τα υλικά;

Το συμπαγές σχήμα των ζώων και η μικρή έκταση της εκτεθειμένης επιφάνειάς τους σημαίνει ότι μόνο λίγα κύτταρα βρίσκονται σε απευθείας επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον. Τα περισσότερα κύτταρα βρίσκονται στοιβαγμένα στο εσωτερικό. Νερό, τροφή και οξυγόνο πρέπει να μεταφέρονται σε κάθε κύτταρο του ζώου και τα άχρηστα υλικά πρέπει να απομακρύνονται από κάθε κύτταρο. Οι πολλαπλές δραστηριότητες κάθε ζώου καθιστούν απαραίτητη τη διαρκή εξυπηρέτηση όλων αυτών των αναγκών. Γι' αυτό στους πολυκύτταρους οργανισμούς είναι απαραίτητο ένα σύνθετο σύστημα μεταφοράς (βλ. εικόνα 10-19). Το σύστημα μεταφοράς θα εξετασθεί στο κεφάλαιο 17.

Όλα τα ζωντανά κύτταρα απαιτούν ορισμένες χημικές ενώσεις. Το είδος των ενώσεων και τα ποσά ποικίλλουν από ένα είδος κυττάρου σε άλλο, αλλά υπάρχει μία ελάχιστη απαίτηση για όλα τα κύτταρα. Ένας μονοκύτταρος οργανισμός, για παράδειγμα, μπο-

ρεί εύκολα να απορροφήσει αρκετή ποσότητα οποιασδήποτε ανόργανης ουσίας έχει ανάγκη από το περιβάλλον. Αντιθέτως, ένας πολυκύτταρος οργανισμός έχει ανάγκη από εξειδικευμένα όργανα για τη συγκέντρωση αρκετής ποσότητας από την ουσία αυτή, ώστε να καλύψει τις ανάγκες όλων των κυττάρων του. Για παράδειγμα, στα ανθρώπινα όντα ο θυροειδής αδένας συγκεντρώνει ιώδιο.

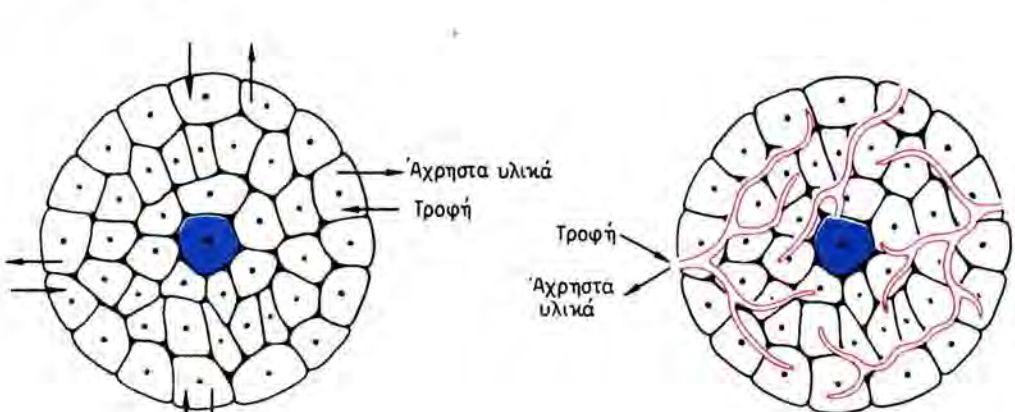
Στα χερσαία ζώα το οξυγόνο συνήθως προσλαμβάνεται μέσω της επιφάνειας των πνευμόνων ή άλλων παρομοίων οργάνων. Η επιφάνεια των πνευμόνων βρίσκεται σε σχετικά μεγάλη απόσταση από τα περισσότερα κύτταρα από τα οποία θα χρησιμοποιηθεί το οξυγόνο. Τα ζώα πρέπει να διαθέτουν κάποιο είδος συστήματος για την κατανομή του οξυγόνου σε αυτά τα κύτταρα. Η ποικιλία των μεθόδων που χρησιμοποιούνται για τη διανομή των αερίων θα εξετασθεί στο κεφάλαιο 18.

Ένα άλλο παράδειγμα εξειδικεύσεως αφορά στην απομάκρυνση των αχρήστων υλικών. Πολλά είδη αχρήστων υλικών, δηλαδή χημικών ενώσεων που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το κύτταρο, είναι πιθανό να προκύψουν ως αποτέλεσμα της δραστηριότητας του κυττάρου. Ειδικά στα ζώα, μερικά από αυτά τα άχρηστα υλικά είναι δηλητηριώδη ακόμη και σε μικρές ποσότητες. Η συγκέντρωση των αχρήστων προϊόντων μπορεί να είναι μεγάλη σε πολυκύτταρους οργανισμούς, γιατί πολλά κύτταρα βρίσκονται μαζί σε μικρό χώρο. Για το λόγο αυτό κάθε πολυκύτταρος οργανισμός πρέπει να έχει κάποιο εξειδικευμένο σύστημα για την απομάκρυνση των αχρήστων υλικών. Τα συστήματα αυτά θα εξετασθούν σε κάθε λεπτομέρεια στο κεφάλαιο 20.

Πολλές και διαφορετικές δραστηριότητες πραγματώνονται συγχρόνως σε ένα περίπλοκο ζώο ή φυτό. Αν δεν υπάρχει συντονισμός ή ρύθμιση αυτών των δραστηριοτήτων, η κατάσταση θα οδηγηθεί σε χάος. Πρέπει να υπάρχει κάποιος έλεγχος ή ρύθμιση για να είναι δυνατόν οι οργανισμοί να διατηρούν ένα αρκετά σταθερό εσωτερικό περιβάλλον και να συντονίζουν τις δραστηριότητές τους.

Πολλοί άνθρωποι ζουν σε σπίτια όπου υπάρχει κάποιο είδος αυτόματης ρυθμίσεως της θερμοκρασίας. Ένας ηλεκτρικός ρυθμι-

Εικόνα 10-19 *Ένα σύστημα μεταφοράς είναι αναγκαίο για ένα πολυκύτταρο οργανισμό. Ο οργανισμός πρέπει να έχει τρόπο να παρέχει σε κάθε κύτταρο τα αναγκαία υλικά για ζωή και να απομακρύνει από τα κύτταρα τα άχρηστα υλικά.*



Πρόβλημα: Το κύτταρο στη μέση δεν έχει επαφή με το «εξωτερικό»

Λύση: Το «εξωτερικό» πρέπει να έλθει στο «εσωτερικό». Αυτή είναι η λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος στα ζώα και του αγγειακού συστήματος στα φυτά.

Βιολογία Περιληπτικά



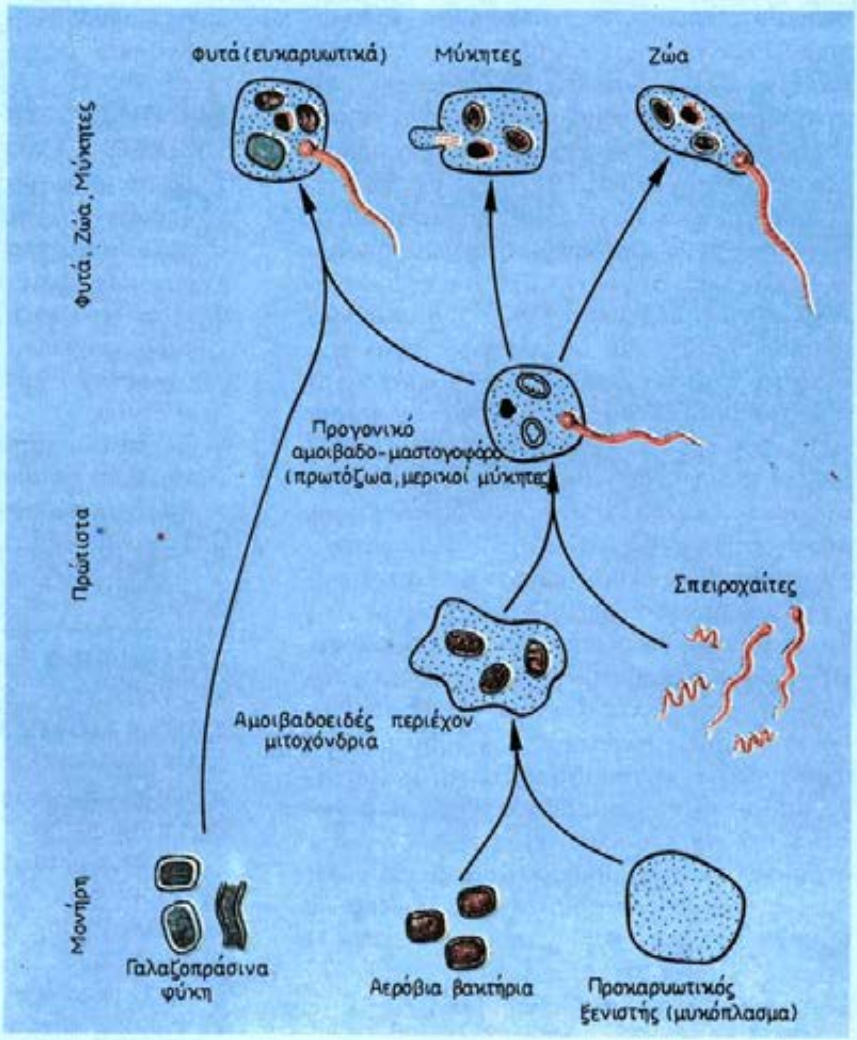
Η υπόθεση της κυτταρικής συμβιώσεως

Αν ένας μεγάλος οργανισμός αποτελείται από κύτταρα, μήπως ένα κύτταρο αποτελείται από μικρούς οργανισμούς; Δεν μοιάζει σαν μία ανόητη ερώτηση; Κι όμως η ερώτηση έχει γίνει, προκειμένου να προωθηθεί η ανάλυση της αφάνταστα περίπλοκης κατασκευής των κυττάρων και της εξελίξεώς τους που άρχισε πριν από τρία περίπου δισεκατομμύρια χρόνια.

Κανένας βιολόγος δεν νομίζει ότι το ευκαρυωτικό κύτταρο προέκυψε απλώς από τη χωρίς ζωή ύλη. Τα πρώτα γνωστά απολιθωμένα κύτταρα (εικόνα 4-3) ήταν απλούστερα, όπως τα σημερινά βακτήρια. Μερικοί βιολόγοι, μεταξύ των οποίων και η Δρ. Λυνν Μαργούλις (φωτογραφία, άνω) του Πανεπιστημίου της Βοστώνης, πιστεύουν ότι τα ευκαρυωτικά κύτταρα προήλθαν από συμβιώσεις πρωτογόνων προκαρυωτικών κυττάρων και εξειδικευμένων τύπων βακτηριδίων. Συμβιώσεις παρατηρούνται μεταξύ οργανισμών διαφόρων ειδών που ζουν μαζί στενά συνδεδεμένα. Σκεφθείτε τις λειχήνες: είναι ετερότροφοι μύκητες και αυτότροφα φύκη που ζουν μαζί.

Τα πρώτα κύτταρα ήταν μάλλον φύκη και βακτήρια διαφόρων ειδών. Τα κυανοπράσινα φύκη – ονομάζονται επίσης και κυανοβακτήρια – δημιουργούν φωτοσύνθεση και εκλύουν οξυγόνο. Εμφανίστηκαν αρκετό χρόνο πριν από τα κύτταρα με τους χλωροπλάστες των πρασίνων φυτών. Και τα βακτήρια που χρησιμοποιούν οξυγόνο στην αναπνοή τους εμφανίστηκαν αρκετά πριν από τα κύτταρα με μιτοχόνδρια. Σήμερα στους χλωροπλάστες των φυτικών κυττάρων, και όχι σε ολόκληρα τα κύτταρα, γίνεται η λειτουργία της φωτοσυνθέσεως. Και στα μιτοχόνδρια των κυττάρων του σώματός σας, και όχι σε ολόκληρα τα κύτταρα, γίνεται η λειτουργία της αναπνοής. Οι χλωροπλάστες και τα μιτοχόνδρια διαιρούνται ακολουθώντας το ρυθμό διαιρέσεως των κυττάρων που περιέχουν. Ακόμη περισσότερο,

στής ανοίγει τη θέρμανση, αν η θερμοκρασία πέσει κάτω από ένα ορισμένο επίπεδο και κλείνει τη θέρμανση, αν η θερμοκρασία ανέλθει πάνω από ένα ορισμένο επίπεδο. Συστήματα ελέγχου στα πτηνά και στα θηλαστικά ρυθμίζουν όχι μόνο τη θερμοκρασία αλλά και



κάτω από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο οι χλωροπλάστες (εικόνα 6-11) μοιάζουν με τα φωτοσυνθετικά βακτήρια (εικόνα 6-2) και τα κυανοπράσινα φύκη ή κυανοβακτήρια.

Από το σημείο αυτό και πέρα μπορείτε να αρχίσετε να κατανοείτε την Υπόθεση της Κυτταρικής Συμβιώσεως. Δέχεται ότι τα ευκαρυωτικά κύτταρα περιλαμβάνουν οργανίδια – χλωροπλάστες και μιτοχόνδρια – που κάποτε ήταν ανεξάρτητα φύκη και βακτήρια. Θα μπορούσε εγκόλπωση (χωρίς πέψη) και συμβίωση να ήταν τα πρώτα βήματα της εξελίξεως των περιπλόκων ευκαρυωτικών κυττάρων; Κανείς δεν είναι βέβαιος γι' αυτό. Η δρ. Μαργούλις και πολλοί άλλοι, ερευνούν διάφορες απόψεις αυτής της υποθέσεως, οι οποίες μπορούν να ελεχθούν με πειράματα.

πολλούς άλλους παράγοντες, όπως τη συγκέντρωση της γλυκόζης, τη συγκέντρωση διαφόρων αλάτων, την ποσότητα του οξυγόνου και τις ποσότητες των αχρήστων υλικών. Εάν υπάρξει μία αλλαγή στο περιβάλλον ή στη δραστηριότητα του ζώου, οι αυτόματοι αυτοί

ρυθμιστές προκαλούν ανάλογη αναπροσαρμογή. Σκεφθείτε πόσο περίπλοκος πρέπει να είναι ο «γενικός πίνακας ρυθμίσεως». Τα συστήματα που ρυθμίζουν και συντονίζουν τον πολυκύτταρο οργανισμό θα εξετασθούν στα κεφάλαια 21 και 22.

Ένα απλό κύτταρο μπορεί να διαιρεθεί σε δύο κύτταρα με μίτωση και κυτταρική διαίρεση, αλλά πώς μπορεί ένα άλογο να διαιρεθεί και να γίνει δύο άλογα; Γενικά η διαδικασία αναπαραγωγής και αναπτύξεως είναι πιο σύνθετη, όταν ο γονικός οργανισμός είναι πολυκύτταρος. Κάθε νέος οργανισμός πρέπει να προέρχεται από υπάρχοντα οργανισμό. Τα πολυκύτταρα ζώα και φυτά χρησιμοποιούν εξειδικευμένα αναπαραγωγικά όργανα προς παραγωγή νέων οργανισμών. Αυτά τα όργανα παράγουν έμβιο υλικό που έχει τη δυνατότητα να γίνει νέος οργανισμός. Αυτό το υλικό, ίσως ένα μικροσκοπικό μοναχικό κύτταρο, μπορεί να μη μοιάζει καθόλου με το ζώο ή το φυτό που θα γίνει. Αλλά όλες οι εξειδικευμένες δομές και η οργάνωση του ώριμου ατόμου αναπτύσσονται από αυτή την αρχή. Τα κύτταρα από το υλικό αυτό διαιρούνται και μεγαλώνουν. Καθώς όλο και περισσότερα κύτταρα δημιουργούνται, μερικά κύτταρα αρχίζουν να εξειδικεύονται, δηλαδή αναπτύσσονται σε ιστούς που θα εκτελούν ειδικές εργασίες. Η ανάπτυξη αυτή σε διάφορα εξειδικευμένα μέρη ονομάζεται διαφοροποίηση.

Η εξέλιξη της πολυκυτταρικής οργανώσεως δημιούργησε ορισμένα προβλήματα και προσαρμογές σε σχέση με την αναπαραγωγή και την ανάπτυξη. Θα στρέψομε τώρα την προσοχή μας σ' αυτά.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι πολυκύτταροι οργανισμοί έχουν ορισμένα προβλήματα, τα οποία δεν έχουν τα μεμονωμένα κύτταρα. Η αναπαραγωγή και η ανάπτυξη νέων πολυκυττάρων οργανισμών είναι πιο περίπλοκη παρά στα μεμονωμένα κύτταρα. Η συγκέντρωση και η διανομή των αναγκαίων υλικών απαιτεί ένα σύστημα μεταφοράς που φθάνει κοντά στα κύτταρα, τα οποία βρίσκονται στο εσωτερικό του οργανισμού. Ένα από τα πιο σοβαρά προβλήματα των πολυκυττάρων οργανισμών είναι ο συντονισμός όλων των εξειδικευμένων ιστών, οργάνων και συστημάτων οργάνων που εργάζονται μαζί για το καλό ολόκληρου του οργανισμού.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Για ποιο λόγο η αναπαραγωγή των πολυκυττάρων οργανισμών είναι διαδικασία πολύ πιο περίπλοκη από ό,τι είναι στους μονοκύτταρους οργανισμούς;
2. Γιατί είναι πιο δύσκολο για ένα πολυκύτταρο οργανισμό να απαλλαγεί από τα άχρηστα υλικά των αντιδράσεων μέσα στο κύτταρο;
3. Δώστε ένα παράδειγμα που να απεικονίζει τον υψηλό βαθμό συντονισμού και ελέγχου που χρησιμοποιείται από τα ζώα.
4. Τι είναι η κυτταρική εξειδίκευση;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑ ΣΗΜΕΙΑ

Με την ανάπτυξη της κυτταρικής θεωρίας, η ζωή των πολυκυττάρων οργανισμών μπόρεσε να διασυνδεθεί με τη ζωή του κυττάρου. Κατά τα πρώτα στάδια της αναπτύξεως της κυτταρικής θεωρίας οι επιστήμονες συγκέντρωσαν δεδομένα για τα κύτταρα με τη βοήθεια των πρώτων συνθέτων μικροσκοπίων. Η μεσαία περίοδος της αναπτύξεως της κυτταρικής θεωρίας περιλαμβάνει όχι μόνο παρατηρήσεις αλλά και προσπάθειες των επιστημόνων να προχωρήσουν σε γενικεύσεις από τα ευρήματά τους. Η περίοδος τελείωσε με την εργασία των Σλέιντεν και Σβανν και τη διατύπωση της κυτταρικής θεωρίας ότι όλα τα ανώτερα φυτά και ζώα αποτελούνται από κύτταρα.

Βελτιωμένα σύνθετα μικροσκόπια βοήθησαν τους βιολόγους να ανακαλύψουν τη φύση και την αλληλουχία της κυτταρικής διαιρέσεως. Αυτή η διαίρεση συνήθως περιλαμβάνει δύο μέρη: τη μίτωση και τη διαίρεση του κυτταροπλάσματος σε δύο λίγο-πολύ ίσα μέρη. Τα γεγονότα που λαμβάνουν χώρα στον πυρήνα του κυττάρου κατά τη μίτωση είναι, από ό,τι δείχνουν οι μέχρι σήμερα έρευνες, όμοια σε όλους τους ευκαρυωτικούς οργανισμούς. Το υλικό των χρωματοσωμάτων διπλασιάζεται πριν από την πρόφαση. Τα διπλασιασμένα χρωματοσώματα κατανέμονται

κατόπιν στα αντίθετα άκρα του κυττάρου, πριν το κύτταρο διαιρεθεί σε δύο νέα κύτταρα με συσφίξεις στα ζώα ή με διαχωρισμό από κυτταρικό τοίχωμα στα φυτά.

Τα ευκαρυωτικά κύτταρα συμπεριλαμβάνουν όλα τα κύτταρα από τα οποία αποτελούνται οι μεγαλύτεροι οργανισμοί. Τα κύτταρα αυτά είναι μικρές, σύνθετες, από απόψεως δομής και λειτουργίας, μονάδες. Η γνώση της δομής τους έχει ιδιαίτερα προχωρήσει μετά την ανακάλυψη του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου και του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σαρώσεως. Η γνώση της λειτουργίας τους έχει προχωρήσει εξίσου και με το βιοχημικό πειραματισμό αλλά και τη χρήση των ηλεκτρονικών μικροσκοπίων και των ηλεκτρονικών μικροσκοπίων σαρώσεως.

Τα ζωντανά κύτταρα συνεργάζονται και εξειδικεύονται στους πολυκύτταρους οργανισμούς. Έτσι η πιθανότητα επιβιώσεώς τους αυξάνει πολύ. Η μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα επιτυγχάνεται όταν υπάρχει κάποια εξειδίκευση· η εργασία του οργανισμού κατανέμεται μεταξύ των διαφόρων μερών. Έτσι στους πολυκύτταρους οργανισμούς τα κύτταρα οργανώνονται σε ιστούς, οι ιστοί σε όργανα, τα όργανα σε συστήματα οργάνων.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποια σημασία μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι όλοι οι ευκαρυωτικοί οργανισμοί τείνουν να περιλαμβάνουν τις ίδιες δομές;
2. Εάν ένα κύτταρο έχει μιτοχόνδρια και κεντριόλια, είναι προκαρυωτικός ή ευκαρυωτικός; Ζώο ή φυτό;
3. Γιατί ο επακριβής αναδιπλασιασμός των χρωματοσωμάτων είναι η πιο σπουδαία φάση της κυτταρικής διαιρέσεως;
4. Ποια είναι τα σπουδαία αποτελέσματα της διαδικασίας της μιτώσεως;
5. Περιγράψτε τις διαφορές στη μίτωση μεταξύ ζώων και φυτών.
6. Ποιες είναι οι δύο βασικές αποδοχές της κυτταρικής θεωρίας;
7. Ποιες κυτταρικές δομές θα αναμένατε να βρείτε στα φυτικά κύτταρα αλλά όχι στα ζωικά; Ποιες δομές θα αναμένατε να βρείτε στα ζωικά κύτταρα αλλά όχι στα φυτικά;
8. Πώς περιγράφει η Υπόθεση της Κυτταρικής Συμβιώσεως την εξέλιξη των ευκαρυωτικών κυττάρων από προκαρυωτικά κύτταρα;
9. Ποια άποψη της διαιρέσεως των φυτικών και ζωικών κυττάρων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υποστηριχθεί η ιδέα ότι έχουν κοινό πρόγονο;
10. Από τη μέχρι σήμερα μελέτη σας της βιολογίας προσπαθήστε να εξηγήσετε πώς συνδέεται η κυτταρική θεωρία με τις θεωρίες της εξελίξεως και της φυσικής επιλογής, ώστε να οδηγεί σε μία ευρύτερη δομή ιδεών από ό,τι καλύπτεται από κάθε μία από τις θεωρίες αυτές ξεχωριστά.

ΑΡΘΡΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΒΑΣΜΑ

Capaldi, R. A. "A Dynamic Model of Cell Membranes." *Scientific American*, March, 1974.

Karp, G. *Cell Biology*. New York, McGraw-Hill, 1979.

Lewis, R. W. "The Structure of the Cell Theory." *The American Biology Teacher*, April, 1972.

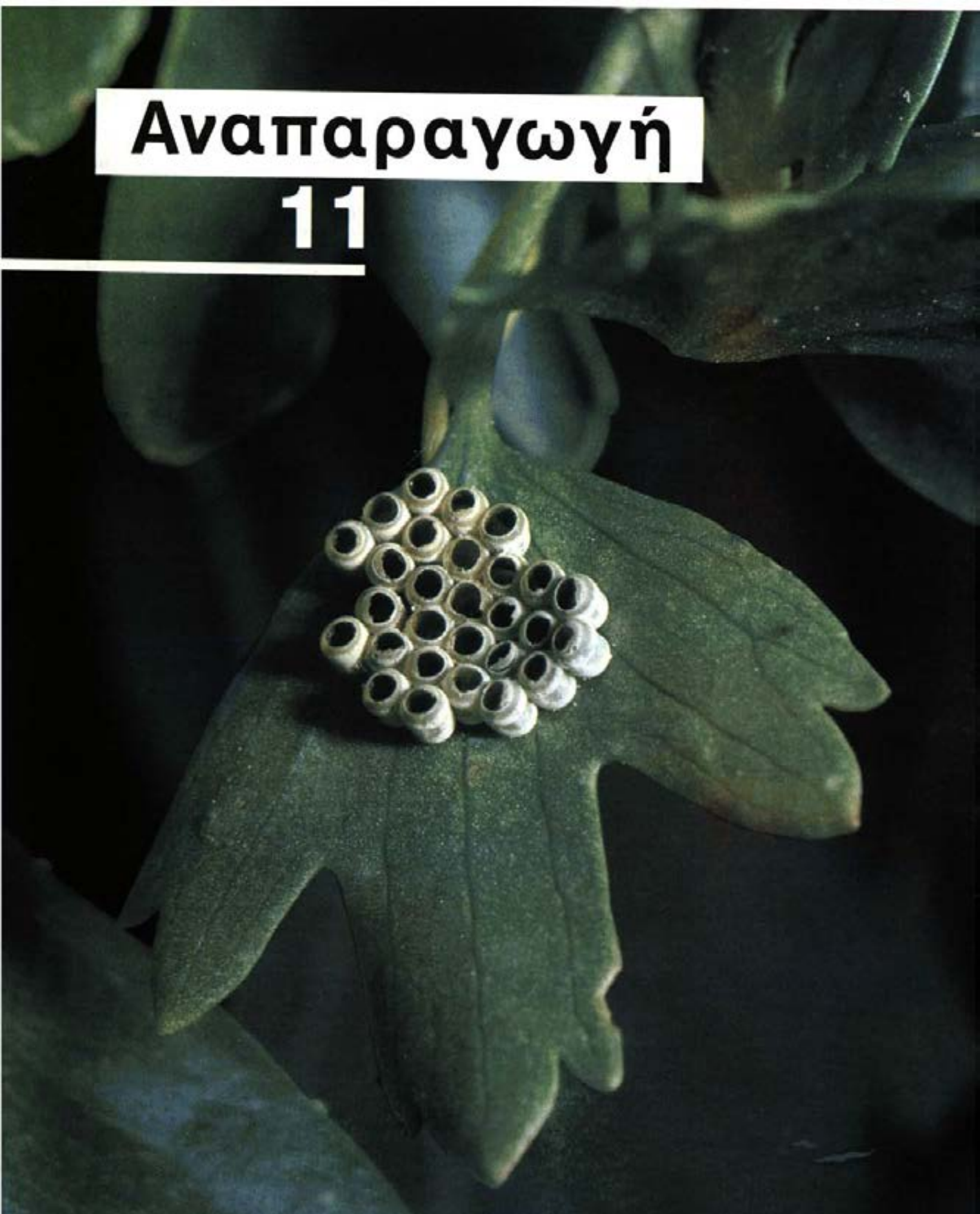
Staehelin, L. A. and B. E. Hull. "Junctions Between Living Cells." *Scientific American*, May, 1978.

Stent, G. S. "Cellular Communication." *Scientific American*, September, 1972.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

1. R. Hooke, "Of the Schematisme or Texture of Cork, and of the Cells and Pores of Some Other Such Frothy Bodies," in *Great Experiments in Biology*, ed. M. L. Gabriel and S. Fogel, Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, 1955, p. 4. (paperback)
2. As quoted in H. Stern and D. L. Namsey, *The Biology of Cells*. New York, John Wiley & Sons, 1965, p. 19.
3. H. Dutrochet, "Recherches Anatomiques et Physiologiques sur la Structure Intime des Animaux et des Vegetaux et sur leur Motilité" (1824), in *Moments of Discovery*, Vol. II, ed. G. Schwartz and P. W. Bishop. New York, Basic Books, Inc., 1959, p. 565.
4. T. Schwann, "Microscopical Researches into the Accordance of Structure and Growth of Animals and Plants" (1839), in Schwartz and Bishop, *op. cit.*, p. 565.

Αναπαραγωγή
11



Θάλαμοι αυγών εντόμων σε φύλλο αναρριχητικού φυτού. Όταν τα αυγά ήταν μέσα, ένα κάλυμμα σφράγιζε κάθε θάλαμο.

Τα έμβια όντα αντιμετωπίζουν πολλούς κινδύνους. Για διάφορους λόγους πολύ λίγα ζουν αρκετά, για να φθάσουν σε ώριμη, προχωρημένη ηλικία. Μία από τις διαδικασίες της ζωής, η αναπαραγωγή, προσφέρει μελλοντικούς οργανισμούς προς αναπλήρωση. Η διαδικασία αυτή ζωής διαφέρει από τις άλλες: δεν είναι αναγκαία για τη ζωή του ατόμου· είναι σπουδαίο μόνο στοιχείο για τη διατήρηση του είδους.

Εάν η λειτουργία αναπαραγωγής σταματούσε σε όλα τα άτομα ενός είδους, το είδος θα ήταν καταδικασμένο μετά από τη σύγχρονη γενιά. Με λίγα λόγια η αναπαραγωγή διατηρεί το είδος και όχι το άτομο. Μέσα από τη φυσική επιλογή, κατά τη διάρκεια δισεκατομμυρίων ετών, έχει εξελικτικά εμφανισθεί μία ποικιλία τρόπων με τους οποίους οι οργανισμοί μπορούν να αναπαράγουν όμοιους προς αυτούς οργανισμούς. Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετήσετε μερικούς από τους τρόπους αυτούς πολλαπλασιασμού.

Βασικά χαρακτηριστικά της αναπαραγωγής

11-1
Αγενής αναπαραγωγή σε φυτά και ζώα

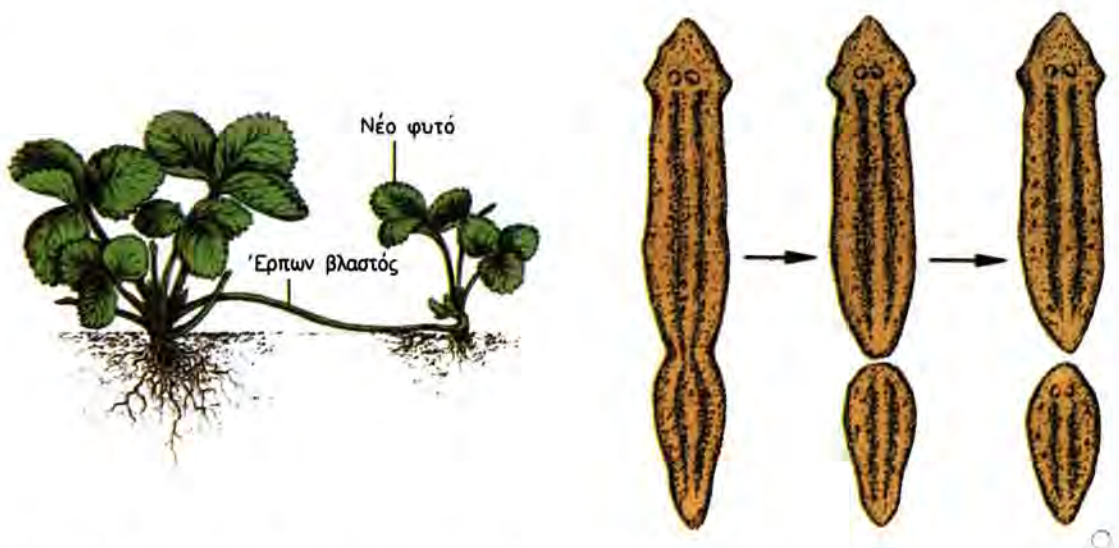
Αγενής αναπαραγωγή είναι μία μέθοδος αναπαραγωγής που απαιτεί μόνο ένα γονέα για την παραγωγή του απογόνου. Έχουν αναπτυχθεί πολλοί τρόποι για την πραγμάτωση αυτής της διαδικασίας. Μερικά φυτά παράγουν και διασπείρουν στο περιβάλλον μικρές αναπαραγωγικές κατασκευές, που ονομάζονται σπέρματα, οι οποίοι σε ένα ευνοϊκό περιβάλλον μπορούν να αναπτυχθούν απευθείας σε νέα άτομα.

Σε μερικά έμβια όντα, ένα αποκομμένο τμήμα μπορεί να δώσει, αγενώς, ένα νέο οργανισμό. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η αναπαραγωγή ενός φυτού πατάτας από ένα κομμάτι πατάτας με «οφθαλμό». Αναρριχητικά φυτά, ιτιές, τριανταφυλλιές και πολλά άλλα κοινά φυτά της αυλής του σπιτιού αναπτύσσονται σε νέα φυτά από ένα μόσχευμα ή ένα τμήμα του γονικού φυτού. Οι εικόνες 11-1 και 11-2 δείχνουν ορισμένους τρόπους αγενούς αναπαραγωγής.

Ορισμένα φυτά και ζώα μπορούν να αναπτυχθούν αγενώς με εκβλάστηση. Μικρές εκφύσεις του γονικού σώματος μεγαλώνουν

Εικόνα 11-1 *Ένα παράδειγμα αγενούς πολλαπλασιασμού. Το Βρυόφυλλο, που συχνά ονομάζεται «αερόφυτο», παράγει μικρά φυτά στα φύλλα του γονικού φυτού. Κάθε μικρό φυτό μπορεί να πέσει στο έδαφος και να αναπτυχθεί σε νέο φυτό.*





Εικόνα 11-2 *Περισσότερα παραδείγματα αγενούς αναπαραγωγής. Το φυτό της φράουλας δημιουργεί ένα νέο φυτό με έρποντες βλαστούς. Πολλά φυτά αναπαράγονται αγενώς με τον τρόπο αυτό και συγχρόνως αναπαράγονται με εγγενείς μεθόδους. Η πλανάρια αναπαράγεται αγενώς με διαίρεση σε δύο τμήματα.*

και παίρνουν το σχήμα και τις λειτουργίες του γονικού ατόμου και τελικά αποχωρίζονται. Όλες αυτές οι μέθοδοι αναπαραγωγής που περιλαμβάνουν μόνο ένα γονέα για την παραγωγή απογόνων ονομάζονται ***κλώνοι.*** Στο δεύτερο κεφάλαιο διάβασες για κλώνους δένδρων λεύκας. Οι κλώνοι είναι γενετικά πανομοιότυποι προς το γονέα τους, εκτός και αν έχουν αναπτυχθεί από κάποιο κύτταρο του γονικού φυτού που είχε υποστεί μετάλλαξη.

Δεν είναι ασυνήθιστο για τους οργανισμούς να αναπαράγονται και με αγενείς και με εγγενείς τρόπους. Η ύδρα (εικόνα 11-3) αναπτύσσει αγενώς νέα άτομα με εκβλάστηση. Επιπλέον η ύδρα μπορεί να παράγει και άρρενα και θήλεα αναπαραγωγικά όργανα, τα οποία με τη σειρά τους παράγουν γενετήσια κύτταρα.

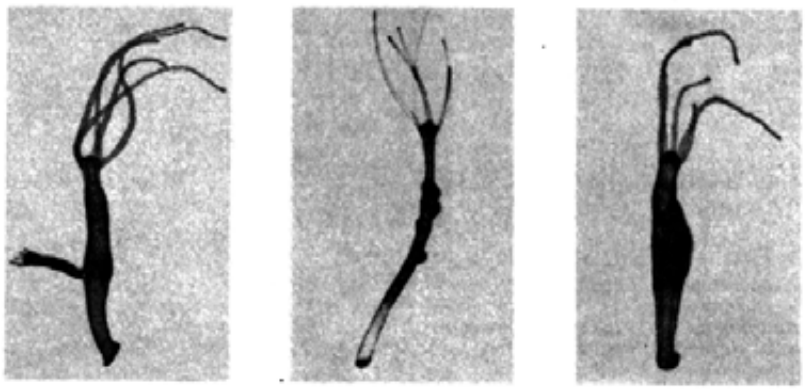
Μεταξύ των φυτών μερικά φύκη αναπαράγονται αγενώς αλλά σχηματίζουν επίσης γενετήσια κύτταρα που ενώνονται προς εγγενή αναπαραγωγή.

11-2
Η εγγενής αναπαραγωγή οδηγεί σε μεγαλύτερη ποικιλότητα απογόνων

Η εγγενής αναπαραγωγή πραγματώνεται όταν οι πυρήνες δύο κυττάρων από ξεχωριστά άτομα συγχωνεύονται προς δημιουργία ενός νέου ατόμου. Επειδή οι πυρήνες περιέχουν γενετικό υλικό σε χρωματοσώματα, μία συγχώνευση επιτρέπει ένα σχεδόν αναρίθμητο αριθμό συνδυασμών χαρακτηριστικών στους απογόνους. Αυτό παρέχει ένα εξελικτικό πλεονέκτημα έναντι της αγενούς αναπαραγωγής, γιατί οι πολυάριθμοι αυτοί συνδυασμοί αυξάνουν την πιθανότητα ενός είδους να προσαρμοσθεί σε αλλαγή των συνθηκών του περιβάλλοντος.

Τα δύο κύτταρα που συγχωνεύονται προς σχηματισμό ενός νέου ατόμου ονομάζονται γαμέτες (ή γαμετικά κύτταρα) από την ελληνική λέξη που σημαίνει «νυμφεύομαι». Σε μερικά είδη πολύ απλών οργανισμών οι γαμέτες εμφανίζονται απόλυτα όμοιοι. Σε όλα όμως σχεδόν τα περισσότερο περίπλοκα είδη φυτών και ζώων τα δύο αυτά κύτταρα είναι σαφώς ανόμοια. Οι θηλυκοί γαμέτες ονομάζονται ωάρια ή αυγά και είναι μεγαλύτεροι. Δεν μπορούν να κινούνται μόνοι τους και περιέχουν μεγάλα αποθέματα τροφής. Οι αρσενικοί γαμέτες, που ονομάζονται σπερματοζωάρια, είναι γενικά μικρότεροι, ικανοί για μετακίνηση και αποτελούνται σχεδόν ολοσχερώς από πυρηνικό υλικό.

Προηγουμένως μάθατε ότι, εκτός τυχαίων συμβάντων, κάθε κύτταρο κάθε οργανισμού ενός είδους περιέχει τον ίδιο αριθμό χρωμα-



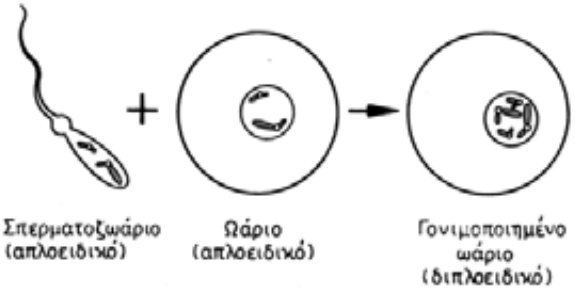
Προσφορά από την Carolina Biological Supply Company

Εικόνα 11-3 *Η Ύδρα αναπαράγεται αγενώς με εκβλάστηση (αριστερά). Αναπτύσσει επίσης εγγενή αναπαραγωγικά όργανα: σπερματοκύστεις (μέση) και ωοθήκη (δεξιά).*

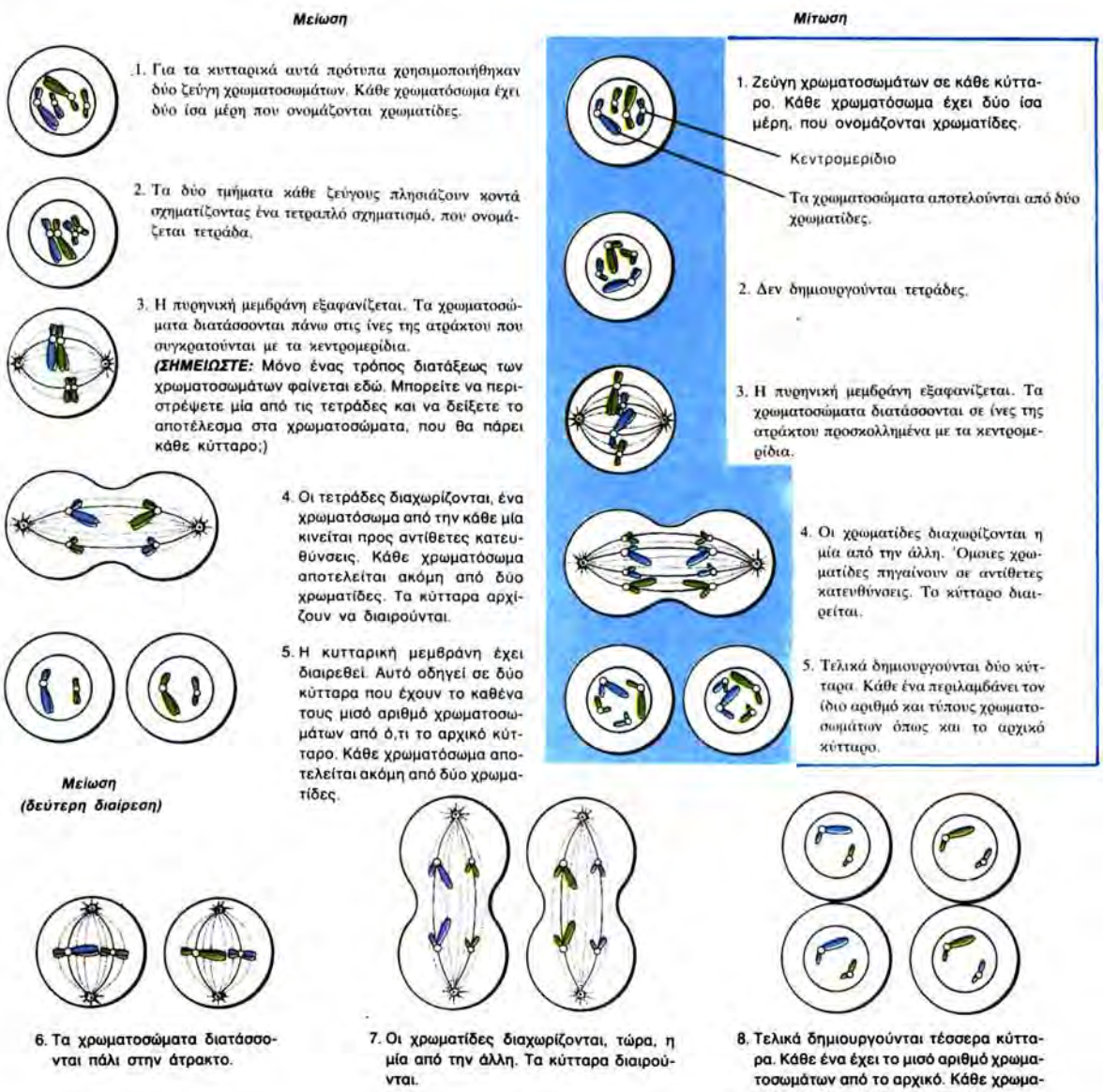
τοσωμάτων. Παρόλα αυτά υπάρχει μία σπουδαία εξαίρεση. Οι ώριμοι γαμέτες των ζώων αποτελούν εξαίρεση. Έχουν ακριβώς το μισό αριθμό χρωματοσωμάτων από τα άλλα κύτταρα του σώματος. Εάν κάθε γαμέτης είχε τόσα χρωματοσώματα όσα τα κύτταρα του σώματος των γονέων, τότε ο αριθμός των χρωματοσωμάτων των ατόμων ενός είδους θα διπλασιαζόταν σε κάθε γενιά. Μετρήσεις του αριθμού των χρωματοσωμάτων σε διαφορετικές γενιές του ίδιου είδους δίνουν όμοια αποτελέσματα, αποδεικνύοντας έτσι ότι αυτό δεν παρατηρείται.

Με ποιο τρόπο ο αριθμός των χρωματοσωμάτων παραμένει ο ίδιος από τη μία γενιά στην επόμενη; Στα άλλα κύτταρα εκτός από τους γαμέτες τα χρωματοσώματα βρίσκονται σε ζεύγη. Το σύνολο των 46 χρωματοσωμάτων των κυττάρων του ανθρώπινου σώματος, για παράδειγμα, αποτελείται από 23 ζεύγη χρωματοσωμάτων. Τα μέλη κάθε ζεύγους έχουν DNA που προσδιορίζει ορισμένα ειδικά χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, ένα ζεύγος χρωματοσωμάτων μπορεί να περιέχει DNA που προσδιορίζει, ή προσδιορίζει μερικώς, το χρώμα των οφθαλμών. Το ένα μέλος του ζεύγους μπορεί να έχει DNA για γαλάζια μάτια. Το άλλο μέλος του ζεύγους μπορεί να έχει DNA για καστανά μάτια. Τα γαμετικά κύτταρα έχουν το ένα μόνο μέλος από κάθε ζεύγος χρωματοσωμάτων. Κύτταρα με μόνο ένα μέλος από κάθε ζεύγος χρωματοσωμάτων ονομάζονται απλοειδικά. (*Απλο-* είναι ένα πρόθεμα που σημαίνει μονό). Κύτταρα με δύο μέλη από κάθε ζεύγος χρωματοσωμάτων ονομάζονται διπλοειδικά. (*Δι-* είναι ένα πρόθεμα που σημαίνει δύο). Γονιμοποίηση είναι η διαδικασία με την οποία οι δύο γαμέτες συγχωνεύονται προς σχηματισμό ενός διπλοειδικού κυττάρου. Αυτό το διπλοειδικό κύτταρο είναι η αρχή ενός νέου ατόμου. Το γεγονός παρουσιάζεται υπό μορφή διαγράμματος στην εικόνα 11-4.

Το μυστικό για τη διατήρηση του ίδιου αριθμού χρωματοσωμάτων από γενιά σε γενιά είναι η παραγωγή απλοειδικών γαμετών από διπλοειδικούς οργανισμούς. Ένας ειδικός τύπος κυτταρικής διαιρέσεως, γνωστός ως μείωση, γίνεται σε ορισμένα διπλοειδικά κύτταρα με αποτέλεσμα την παραγωγή απλοειδικών κυττάρων. Η εικόνα 11-5 απεικονίζει τα κύρια στάδια της μειώσεως και συγκρίνει τη μείωση με τη μίτωση.



Εικόνα 11-4 *Γαμέτες ενώνονται κατά τη διαδικασία της γονιμοποιήσεως. Το νέο άτομο έχει ένα συνδυασμό χρωματοσωμάτων και από τους δύο γαμέτες.*



Εικόνα 11-5 *Οι διαφορές μεταξύ της κυτταρικής διαιρέσεως με μίτωση και μείωση. Στη μείωση υπάρχουν δύο ξεχωριστές διαιρέσεις. Μετρήστε τον αριθμό των χρωματοσωμάτων στα τέσσερα κύτταρα που προκύπτουν.*

11-3
Μείωση, μια ειδική κυτταρική διαίρεση

Όταν ένα ζωικό κύτταρο εισέρχεται στη μείωση, παρατηρεί κανείς ότι κάθε χρωματόσωμα του κυττάρου ζευγαρώνει με το άλλο χρωματόσωμα που ρυθμίζει τα ίδια γενικά χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, τα δύο χρωματοσώματα που έχουν μόρια DNA, τα οποία ελέγχουν τα ίδια χαρακτηριστικά όπως το χρώμα των οφθαλμών, σχηματίζουν ένα ζεύγος. Θα θυμάστε ότι κατά τη μίτωση τα χρωματοσώματα διπλασιάζονται. Το ίδιο κάνουν και κατά τη μείωση, έτσι ώστε κάθε ζεύγος χρωματοσωμάτων αποτελείται από τέσσερις χρωματίδες. Η συνολική εμφάνιση ενός ζεύγους χρωματοσωμάτων υπό τη μορφή

τεσσάρων χρωματίδων ονομάζεται τετράδα, από την ελληνική λέξη για τον αριθμό τέσσερα. Κατά τη μίτωση δεν σχηματίζονται τετράδες.

Μετά από το σχηματισμό των τετράδων η πυρηνική μεμβράνη και ο πυρηνίσκος εξαφανίζονται. Τα δύο χρωματοσώματα κάθε ζεύγους απομακρύνονται το ένα από το άλλο προς τα αντίθετα άκρα της ατράκτου. Το κύτταρο διαιρείται και σε κάθε κύτταρο που προκύπτει υπάρχει ένα χρωματόσωμα από κάθε τύπο χρωματοσωμάτων. Να θυμάστε ότι κάθε χρωματόσωμα αποτελείται ακόμη από δύο χρωματίδες, ενωμένες μαζί. Στο παράδειγμα που χρησιμοποιήθηκε πιο πάνω οι δύο χρωματίδες για γαλάζια μάτια βρίσκονται στο ένα από τα δύο νέα κύτταρα και οι άλλες δύο για καστανά μάτια στο άλλο.

Κατά τη μείωση παρατηρείται μία δεύτερη κυτταρική διαίρεση. Οι χρωματίδες που σχηματίστηκαν κατά την πρώτη διαίρεση διαχωρίζονται τώρα η μία από την άλλη. Συγκρίνατε το διαχωρισμό των χρωματίδων της μειώσεως με ό,τι συμβαίνει κατά τη μίτωση. Στη μίτωση υπάρχει μόνο μία διαίρεση. Οι χρωματίδες σχηματίζονται πριν από τη διαίρεση και αποχωρίζονται κατά τη διάρκεια της μιας διαιρέσεως που παρατηρείται κατά τη μίτωση. Η μείωση όμως είναι μία διαδικασία δύο διαιρέσεων. Οι χρωματίδες σχηματίζονται πριν από την πρώτη διαίρεση αλλά διαχωρίζονται μόνο κατά τη δεύτερη διαίρεση.

Τέσσερα απλοειδικά κύτταρα σχηματίζονται από ένα διπλοειδικό κύτταρο κατά τη διαδικασία της μειώσεως. Σε πολλούς θηλυκούς οργανισμούς τα κύτταρα διαιρούνται άνισα κατά τη μείωση με αποτέλεσμα μόνο ένα κύτταρο, και όχι τέσσερα, να περιέχουν αρκετό κυτταρόπλασμα για να γίνουν ένα λειτουργικό ωάριο. Τα άλλα μικρότερα κύτταρα συνήθως αναφέρονται ως πολικά σωματίδια. Συνήθως νεκρώνονται, αλλά η απόληξή τους ποικίλλει ανάλογα με τον κάθε οργανισμό. Σε μερικούς αρσενικούς οργανισμούς τα περισσότερα κύτταρα που παράγονται κατά τη μείωση εξελίσσονται σε λειτουργικά σπερματοζωάρια. Σε άλλους οργανισμούς, και σε φυτά και σε ζώα, τα κύτταρα που παράγονται από τη μείωση δημιουργούν ένα απλοειδικό ιστό που με τη σειρά του βαθμιαίως παράγει γαμέτες.

11-4
Κατά την εξέλιξη σε πολλούς οργανισμούς επικράτησε το διπλοειδικό στάδιο

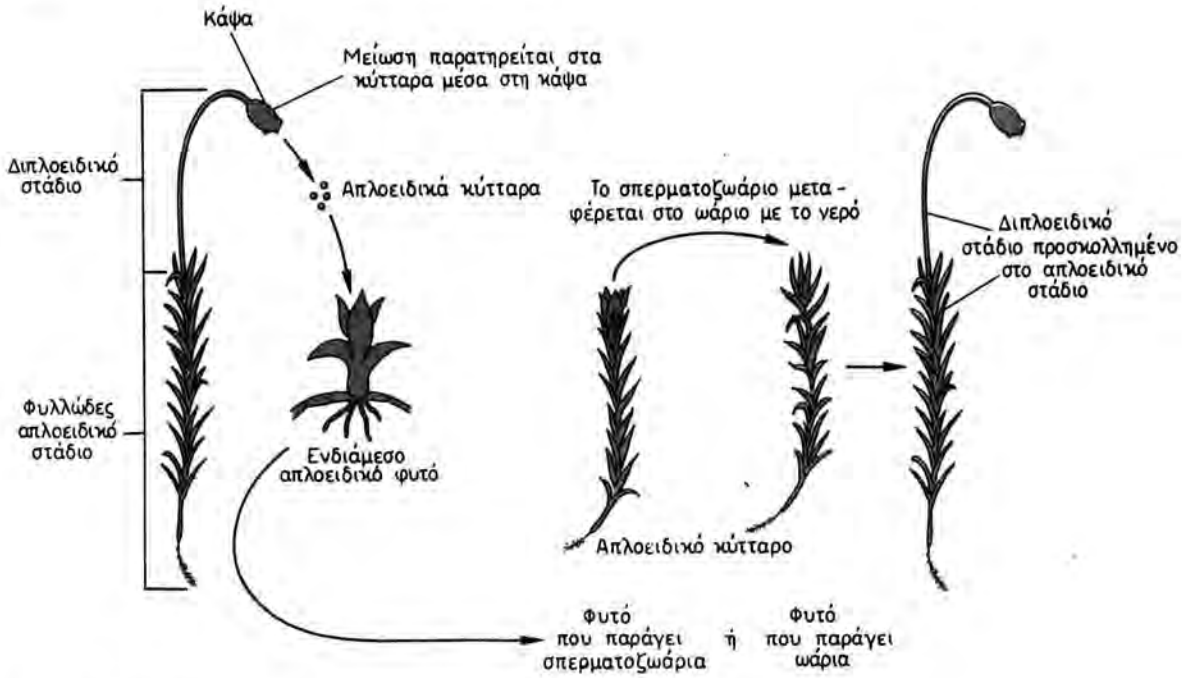
Στα ανθρώπινα όντα επικρατεί το διπλοειδικό στάδιο. Δηλαδή κατά τη διάρκεια της ζωής ενός ατόμου όλα τα κύτταρα του σώματος έχουν 46 χρωματοσώματα και μόνο οι γαμέτες έχουν 23. Σε πολλά άλλα ζώα και φυτά επικρατεί το διπλοειδικό στάδιο. Μία βελανιδιά είναι μία διπλοειδική κατασκευή με μόνο απλοειδικό στάδιο τα ανθοφόρα τμήματα που δημιουργούνται την άνοιξη. Από την άλλη μεριά στα βρύα, που επικρατεί το απλοειδικό στάδιο, συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο (εικόνα 11-6). Τα ωάρια και το σπέρμα δημιουργούνται στις κορυφές ξεχωριστών βρυοφύτων. Οι υγρές περιοχές στις οποίες ζουν τα βρύα, επιτρέπουν στα σπερματοζωάρια να κολυμπούν προς την κορυφή του θηλυκού φυτού, όπου και γονιμοποιεί το ωάριο. Το διπλοειδικό κύτταρο που παράγεται αναπτύσσεται σε μία μικρή διπλοειδική κατασκευή που παραμένει προσκολλημένη στο απλοειδικό φυτό. Η μείωση παρατηρείται στην κορυφή του ιστού, με αποτέλεσμα τη δημιουργία απλοειδικών σπορίων. Όταν αυτά απελευθερωθούν, κάθε σπόριο μπορεί να δημιουργήσει ένα νέο βρυόφυτο χωρίς συγχώνευση με ένα άλλο κύτταρο. Τα σπόρια αναπτύσσονται σε απλοειδικά φυτά.

Με τη διαδικασία της φυσικής επιλογής, το διπλοειδικό στάδιο των οργανισμών εξελίχθηκε βαθμιαία ως μορφή που επικράτησε του απλοειδικού σταδίου και χαρακτηρίζει όλα τα πιο πρόσφατα φυτά και ζώα. Το υπόλοιπο μέρος του κεφαλαίου θα αφιερωθεί στις αναπαραγωγικές διαδικασίες των φυτών και των ζώων, στα οποία μόνο λίγα κύτταρα είναι απλοειδικά.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι οργανισμοί μπορούν να αναπαράγονται αγενώς, εγγενώς ή και με τους δύο τρόπους. Στην αγενή αναπαραγωγή ο ένας από τους γονείς δίνει γέννηση σε ένα απόγονο με εκβλάστηση ή άλλες μεθόδους με τις οποίες ένα τμήμα του γονικού οργανισμού παράγει απευθείας απόγονο. Οι απόγονοι είναι κλώνοι γενετικά απολύτως όμοιοι προς το γονέα.

Τα δύο κύρια χαρακτηριστικά της εγγενούς



Εικόνα 11-6 *Το απλοειδικό στάδιο ενός βρυοφύτου είναι αυτό που επικρατεί.*

αναπαραγωγής είναι η μείωση και η γονιμοποίηση. Μείωση είναι η διαδικασία που σχηματίζει απλοειδικά κύτταρα, τα οποία γίνονται γαμέτες (ή παράγει απλοειδικό ιστό, στον οποίο σχηματίζονται οι γαμέτες). Κάθε γαμέτης έχει το μισό από τον αρχικό αριθμό των χρωματοσωμάτων με ένα αντιπρόσωπο από κάθε ζεύγος χρωματοσωμάτων που υπάρχουν αρχικά σε κάθε γονικό κύτταρο. Κατά τη γονιμοποίηση δύο απλοειδικά κύτταρα (ωάρια και σπερματοζωάρια) συγχωνεύονται προς δημιουργία ενός νέου διπλοειδικού ατόμου. Η εγγενής αναπαραγωγή αυξάνει τη γενετική ποικιλότητα σε ένα είδος, καθώς οι απόγονοι μπορούν να έχουν διαφορετικούς συνδυασμούς χρωματοσωμάτων από τους γονείς. Έτσι υπάρχουν μεγαλύτερες ευκαιρίες για εξελικτική προσαρμογή.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

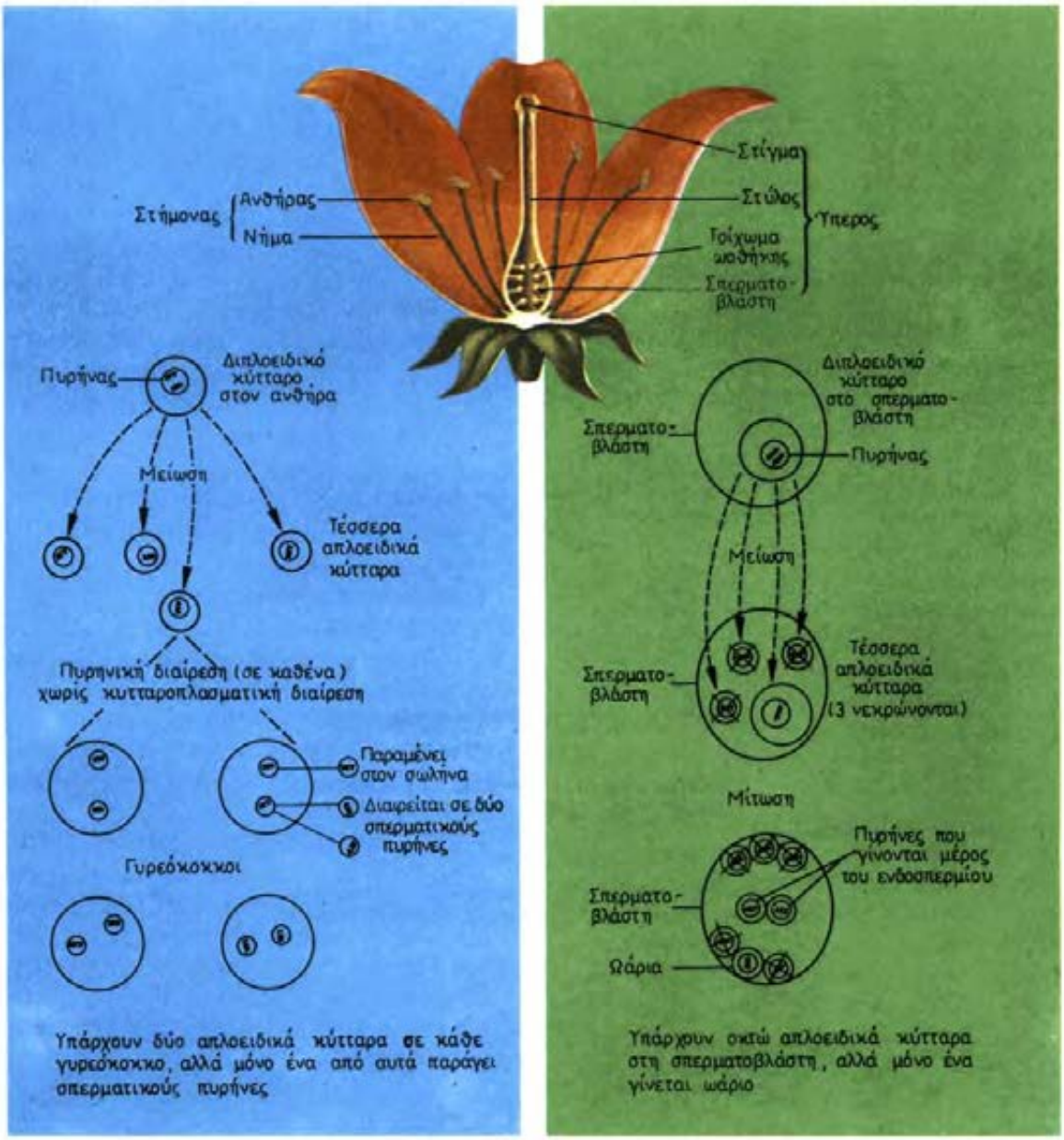
1. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ απλοειδικού και διπλοειδικού κυττάρου;
2. Πώς διαφέρουν οι γαμέτες από τα σωματικά κύτταρα;
3. Κατά τι διαφέρει η εγγενής αναπαραγωγή από την αγενή αναπαραγωγή; Ποια απολήγει σε κλώνους;
4. Είναι απλοειδικό ή διπλοειδικό το μεγαλύτερο φυλλώδες τμήμα ενός βρυοφύτου; Ποια ειδική λειτουργία εξυπηρετεί;
5. Γιατί είναι απαραίτητη η μείωση για την εγγενή αναπαραγωγή;
6. Συγκρίνατε την εγγενή με την αγενή αναπαραγωγή από άποψη επιβιώσεως του ατόμου και επιβιώσεως του είδους.

Εγγενής αναπαραγωγή των ανθοφόρων φυτών

11-5
Τα άνθη περιέχουν αναπαραγωγικά όργανα

Τα ανθοφόρα φυτά παράγουν γαμέτες σε εξειδικευμένες δομές που βρίσκονται στα ίδια τα άνθη. Τα δύο μέρη του άνθους που είναι σπουδαία για την αναπαραγωγική διαδικασία είναι ο στήμονας και ο ύπερος (βλ. εικόνα 11-7).

Η ***ωοθήκη*** βρίσκεται στη βάση του υπέρου.



Εικόνα 11-7 *Αναπαραγωγικά μέρη ενός άνθους. Οι γαμέτες στα ανθοφόρα φυτά σχηματίζονται από εξειδικευμένα κύτταρα. Η μείωση και μίτωση παρατηρούνται και οι δύο κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αυτής.*

(Τα απλοειδικά κύτταρα αναπτύσσονται σε σπερματοβλάστες μέσα στην ωοθήκη. Σε κάθε ωοθήκη μπορεί να υπάρχουν μία ως πάρα πολλές σπερματοβλάστες). Παρακολουθήστε τη διαδικασία στο σχήμα 11-7. Το έμβρυο αναπτύσσεται από το γονιμοποιημένο ωάριο. Σημειώστε ότι δύο άλλοι πυρήνες συμμετέχουν στο σχηματισμό του ενδοσπερμίου που χρησιμεύει ως τροφή για το έμβρυο. Ο ιστός του ενδοσπερμίου σχηματίζει το μεγαλύτερο μέρος των εδωδίμων αμυλωδών σπόρων, όπως π.χ. το σιτάρι, η σίκαλη και η βρώμη.

Η δομή στην κορυφή του στήμονα ονομάζεται ανθήρας. Εκατοντάδες διπλοειδικά κύτταρα στον ανθήρα εισέρχονται στο στάδιο της μειώσεως. Ο πυρήνας κάθε απλοειδικού κυττάρου που προκύπτει, διαιρείται, όχι όμως και το κύτταρο. Κάθε ένα από αυτά τα

κύτταρα με τους δύο απλοειδικούς πυρήνες ονομάζεται γυρεόκοκκος (βλ. εικόνα 11-7).

Οι γυρεόκοκκοι ελευθερώνονται από τον ανθήρα και μπορούν να μεταφερθούν στον ύπερο του ίδιου ή διαφορετικού άνθους με τον αέρα, το νερό, έντομα, πτηνά ή άλλα ζώα. Η μεταφορά των γυρεοκόκκων από τον ανθήρα στον ύπερο, όπου γίνεται η γονιμοποίηση, ονομάζεται επικονίαση. Ετεροεπικονίαση (επικονίαση μεταξύ δύο διαφορετικών ανθέων στο ίδιο είδος) προσφέρει μεγαλύτερη γενετική ποικιλότητα γιατί ο απόγονος παίρνει ένα σύνολο χρωματοσωμάτων από καθένα από τους δύο διαφορετικούς γονείς. Για περισσότερες πληροφορίες κοιτάξτε στο Παράρτημα 11-Α. Επικονίαση από έντομα βοηθά τη γονιμοποίηση, σελίδα 710.

Μία χημική ουσία από τον ύπερο ενεργοποιεί το γυρεόκοκκο για το σχηματισμό ενός σωλήνα που αναπτύσσεται προς τα κάτω μέσα από τον ύπερο προς το ωάριο. Ένας πυρήνας παραμένει στο σωλήνα και συνδέεται με τη διαδικασία σχηματισμού του σωλήνα. Συνήθως ονομάζεται βλαστητικός πυρήνας. Ο άλλος πυρήνας διαιρείται σε δύο σπερματικούς πυρήνες που διακινούνται προς τη σπερματοβλάστηση. Ο ένας σπερματικός πυρήνας γονιμοποιεί το ωάριο και ο άλλος συγχωνεύεται με τους δύο πυρήνες του ενδοσπερμίου. Το σύντομο απλοειδικό στάδιο του ανθοφόρου φυτού τελειώνει εδώ. Οι άλλοι πυρήνες της σπερματοβλάστης συνήθως νεκρώνονται. Το έμβρυο και το ενδοσπέρμιο περιβάλλονται από τα τοιχώματα της σπερματοβλάστης και η όλη κατασκευή ονομάζεται σπέρμα. Σπέρματα όπως τα σπέρματα του φυτού ασκληπιός που φαίνονται στην εικόνα 11-8 μπορούν να μεταφερθούν από τον άνεμο. Άλλα ακόμη μπορούν να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις, επειδή προσκολλώνται στο τρίχωμα των ζώων. Μία ινδική καρύδα που παρασύρεται από ωκεάνια ρεύματα μπορεί να μεταφερθεί πολλές χιλιάδες μίλια από το ένα νησί στο άλλο.

Το μέγεθος του σπέρματος ποικίλλει ανάλογα με το είδος του φυτού. Για παράδειγμα, οι ορχιδέες παράγουν σπέρματα μεγέθους κόκκων σκόνης, ενώ η διπλή ινδική καρύδα των νησιών του Ινδικού ωκεανού μπορεί να παράγει σπέρμα που ζυγίζει 20 κιλά. Με ποιους τρόπους νομίζετε ότι διασπείρονται σπέρματα που έχουν τόσο διαφορετικά μεγέθη;

Φυτά που παράγουν άνθη βρίσκονται σε πολλών ειδών περιβάλλοντα (εικόνα 11-9). Υπάρχουν είδη που φύονται στην έρημο και άνθη των ορέων. Μερικά ακόμη ζουν σε ρηχά νερά κοντά στην ακτή. Οι παρακάτω προσαρμογές των ανθοφόρων φυτών συνεισφέρουν προφανώς πάρα πολύ στην επιτυχία τους: (1) Ένα επαρκές διπλοειδικό στάδιο με πάρα πολύ σύντομο απλοειδικό στάδιο. (2) Εξέλιξη αποδοτικών και εξειδικευμένων τρόπων μεταφοράς των γαμετών από το ένα φυτό στα κύτταρα-ωάρια ενός άλλου, που εξασφαλίζουν την ανάμιξη των χρωματοσωμάτων. (3) Την εξέλιξη του σπέρματος που παρέχει τροφή και προστασία στα νεαρά φυτά.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 11-Α. Αναπαραγωγή ανθοφόρων φυτών, σελίδα 616.

11-6
Σπέρματα και καρποί

Μετά τη γονιμοποίηση η σπερματοβλάστη αναπτύσσεται σε σπέρμα. Συγχρόνως οι ιστοί της ωοθήκης συνήθως μεγαλώνουν και αναπτύσσονται προς σχηματισμό καρπού. Πολύ συχνά ο καρπός ενός φυτού είναι εξειδικευμένος στη βοήθεια της διασποράς των σπόρων. Οι καρποί που είναι πιο γνωστοί είναι εκείνοι που έχουν σαρκώδεις εδώδιμους ιστούς. Τους καρπούς αυτούς τους προτιμούν ως τροφή και συχνά τόσο πτηνά όσο και άλλα ζώα τους μεταφέρουν χιλιόμετρα μακριά. Τα σπέρματα των καρπών αυτών, επειδή συχνά δεν είναι ευκολοχώνευτα, εξέρχονται από το πεπτικό σύστημα του ζώου ολόκληρα και μπορούν να

Εικόνα 11-8 *Σπέρματα του φυτού ασκληπιός (κάτω), σπέρματα ραδικιού και άλλα έχουν χνοώδεις κατασκευές που διευκολύνουν τη μεταφορά τους από τον αέρα.*





Εικόνα 11-9 *Ανθοφόρα φυτά αναπτύσσονται σε πολλά και διαφορετικά περιβάλλοντα. Παραδείγματα: Δασόβιος δίανθος (αριστερά), κάκτος της ερήμου (άνω δεξιά) και ορεινό τριφύλλι (κάτω δεξιά).*

φυτρώσουν. Μερικά είδη καρπών έχουν αγκάθια με τα οποία προσκολλώνται στο τρίχωμα των ζώων. Άλλοι καρποί, όπως οι καρποί του σφενδάμου, έχουν «πτέρυγες» που τους επιτρέπουν να μεταφέρονται από τον άνεμο. Μπορείτε να προσδιορίσετε πώς διασπείρονται οι καρποί της εικόνας 11-10, καθώς και άλλοι τύποι καρπών, από το φυτό που τους δημιούργησε; Πώς συνδέεται η διασπορά αυτή προς τον επιτυχή πολλαπλασιασμό του είδους του φυτού που παράγει τους καρπούς;



ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε ανθοφόρα φυτά η απλοειδική φάση ελαχιστοποιείται και η διπλοειδική φάση επικρατεί.

Τα ανθοφόρα φυτά έχουν εξαιρετικά εξειδικευμένες αναπαραγωγικές δομές και έχουν αναπτύξει πολλές μεθόδους επικονιάσεως, δηλαδή μεταφοράς των σπερματοκυττάρων στα ωοκύτταρα. Το γονιμοποιημένο ωάριο αναπτύσσεται σε ένα έμβρυο που περικλείεται μέσα στο σπέρμα και μερικές φορές και σε ένα καρπό. Τα ανθοφόρα φυτά έχουν αναπτύξει πολλούς μηχανισμούς για τη διασπορά των σπερμάτων τους.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Πώς αναπτύσσεται το ωάριο σε ανθοφόρο φυτό;
2. Τι είναι ο γυρεόκοκκος; Πώς σχηματίζεται ο γυρεόκοκκος;
3. Πώς συμμετέχει ο γυρεόκοκκος στην αναπαραγωγή;
4. Τι εξυπηρετεί το ενδόσπερμο;
5. Τι είναι το σπέρμα; Ο καρπός;
6. Με ποιους τρόπους είναι εξοπλισμένα τα ανθοφόρα φυτά, ώστε να επιβιώνουν σε μεγάλη ποικιλία από περιβάλλοντα;
7. Αναφέρατε μερικές προσαρμογές φυτών για τη διάδοση των σπερμάτων.



Εικόνα 11-10 *Μία ποικιλία εδωδίμων φρούτων. Πώς διαδίδονται τα σπέρματά τους.*

Εγγενής αναπαραγωγή στα ζώα

11-7
Οι γαμέτες των υδροβίων οργανισμών ενώνονται εξωτερικώς

Η εγγενής αναπαραγωγή είναι ο πιο συνηθισμένος τρόπος αναπαραγωγής στο βασίλειο των ζώων. Όλα σχεδόν τα ζώα που αναπαράγονται εγγενώς έχουν ξεχωριστά όργανα για την παραγωγή αρσενικών και θηλυκών γαμετών. Αυτά τα εξειδικευμένα όργανα είναι δύο ειδών: οι ωοθήκες, που παράγουν ωάρια, και οι όρχεις, που παράγουν σπερματοζωάρια.

Σε πολλά είδη κατωτέρων ζώων το ίδιο άτομο παράγει και ωάρια και σπερματοζωάρια. Αυτό συμβαίνει στις ύδρες, στους γαιοσκώληκες, σε ορισμένους σπόγγους και σε διάφορους άλλους απλούς οργανισμούς. Άτομα που παράγουν στο ίδιο άτομο και ωάρια και σπερματοζωάρια δεν είναι γνωστά σε κανένα είδος σπονδυλωτών ζώων. Σημειώστε την αντίθεση αυτή προς τα ανώτερα φυτά, των οποίων τα άνθη συνήθως παράγουν γαμετοκύτταρα και των δύο φύλων.

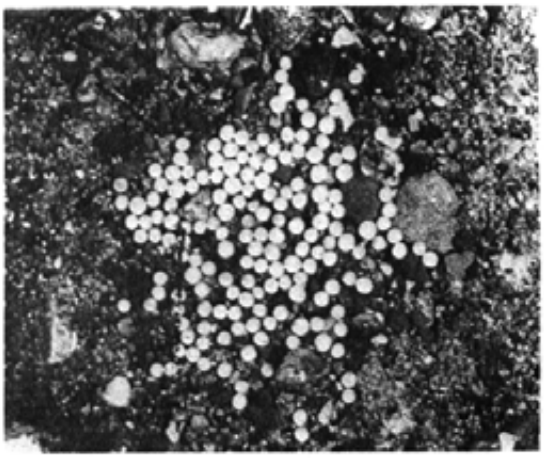
Τα ωάρια των ανωτέρων ζώων δεν μπορούν να κινηθούν μόνα τους, ενώ τα σπερματοζωάρια μπορούν. Το σπερματοζωάριο κινείται με ένα είδος κινήσεως που μοιάζει με κολύμβηση και γι' αυτό απαιτεί την ύπαρξη κάποιου υγρού. Τα περισσότερα υδρόβια ζώα εκχύνουν απλώς τους γαμέτες τους μέσα στο νερό που τους περιβάλλει. Πολλοί καταστρέφονται

με τον ένα ή τον άλλο τρόπο. Μεγάλος αριθμός ωαρίων τρώγεται από άλλους κατοίκους του νερού ή καταστρέφεται με έναν οποιοδήποτε τρόπο. Παρόλα αυτά, η έκχυση ενός μεγάλου αριθμού γαμετών, διαδικασία που ονομάζεται ωοτοκία, εξασφαλίζει συνήθως τη γονιμοποίηση αρκετών ωαρίων, ώστε να διατηρηθεί το είδος (βλ. εικόνα 11-11). Ο σολωμός εκχύνει έως και 17.000 ωάρια κάθε φορά και ο μπακαλιάρος πάνω από 6.000.000.

Τα ωάρια των αμφιβίων γονιμοποιούνται επίσης εξωτερικά. Τα αμφίβια αντιπροσωπεύουν ένα ενδιάμεσο στάδιο εξελίξεως, γιατί μέρος του κύκλου της ζωής τους γίνεται στο νερό και μέρος στην ξηρά. Οι βάτραχοι, για παράδειγμα, μπορούν να ζουν στην ξηρά, αλλά πρέπει να εκχύνουν τα ωάριά τους στο νερό. Τα ωάρια είναι μικρά, δεν έχουν κέλυφος και περιέχουν αποθηκευμένη τροφή για το έμβρυο αρκετή μόνο για να αναπτυχθεί έως το στάδιο του γυρίνου.

Επειδή το σπερματοζωάριο ενός ζώου περιέχει λίγες θρεπτικές ουσίες, δεν μπορεί να ζήσει πολύ από τη στιγμή που θα εκχυθεί. Εάν πρόκειται το σπερματοζωάριο να πλησιάσει ένα ωάριο, πρέπει και τα δύο να εκχυθούν την ίδια χρονική στιγμή στο ίδιο μέρος. Υπάρχουν πολλοί τρόποι συμπεριφοράς που οδηγούν σε αυτό και οι οποίοι δεν έχουν ακόμη τελείως κατανοηθεί.

Ένα οχέδιο συμπεριφοράς είναι ο επακριβής χρονισμός που δείχνει ο λεουρεσθής, ένα ψάρι των αλμυρών νερών, κατά την έκχυση των αρσενικών και θηλυκών γαμετών. Ο λεουρεσθής κολυμπά προς την ακτή πάνω στα ψηλότερα κύματα τις νύχτες με τις μεγαλύτερες πλημμυρίδες του μήνα. Κατά τα σύντομα μεσοδιαστήματα μεταξύ των κυμάτων το θηλυκό εναποθέτει τα αυγά του στην άμμο και το αρσενικό τα γονιμοποιεί. Τα γονιμοποιημένα ωάρια εκκολάπτονται σε κατάλληλο χρόνο, ώστε να μεταφερθούν στη θάλασσα από τις ψηλότερες πλημμυρίδες του επόμενου μήνα. Πολύ λίγα είναι γνωστά για τους παράγοντες που καθορίζουν τον τρόπο ωοτοκίας του λεουρεσθή. Ίσως η κίνηση της πλημμυρίδας να έχει άμεση επίδραση. Οπωσδήποτε όμως ο εξεζητημένος αυτός τρόπος συμπεριφοράς είναι προϊόν εξελίξεως των ζώων αυτών επί εκατομμύρια έτη και εξασφαλίζει την ένωση του ωαρίου με το σπερματοζωάριο.



Εικόνα 11-11 *Τα πάρα πολλά αυγά μίας πέστροφας. Στη φωτογραφία σε μέγεθος διπλάσιο του πραγματικού.*

11-8
Στα χερσαία ζώα η γονιμοποίηση είναι εσωτερική

Σε όλα τα χερσαία ζώα και σε μερικά υδρόβια έχουν αναπτυχθεί συστήματα που εξασφαλίζουν ακόμη περισσότερο τη συνάντηση προς γονιμοποίηση του ωαρίου και του σπερματοζωαρίου. Το σπερματοζωάριο ελευθερώνεται μέσα στο θηλυκό αναπαραγωγικό αγωγό, έτσι ώστε η γονιμοποίηση του ωαρίου πραγματοποιείται μέσα στο σώμα του θηλυκού ατόμου. Τα υγρά που είναι απαραίτητα για την κίνηση του σπερματοζωαρίου παράγονται συνήθως από τα αρσενικά αναπαραγωγικά όργανα. Όταν ελευθερώνονται τα ωάρια από την ωοθήκη του θηλυκού ατόμου εισέρχονται στον ωαγωγό. Εάν υπάρχει εκεί σπέρμα, τότε υπάρχει πιθανότητα γονιμοποιήσεως.

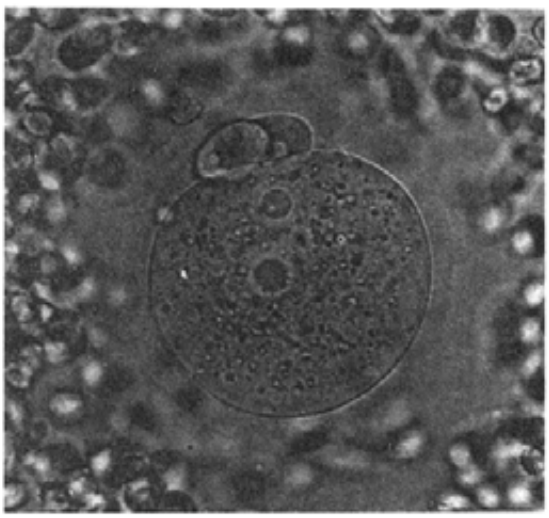
Η εσωτερική γονιμοποίηση προφυλάσσει τους γαμέτες από τους κινδύνους του εξωτερικού περιβάλλοντος. Ποιοι μπορεί να είναι οι κίνδυνοι αυτού του είδους;

Σχετικά μικρός αριθμός γαμετών απαιτείται στα ζώα που γίνεται εσωτερική γονιμοποίηση, αλλά υπάρχει ακόμη το πρόβλημα του χρονισμού. Στις περισσότερες περιπτώσεις το μικροσκοπικό σπερματοζωάριο μπορεί να ζήσει πολύ λίγο χρόνο γιατί περιέχει λίγη αποθηκευμένη τροφή. Η δυνατότητα γονιμοποιήσεως του ανθρώπινου σπερματοζωαρίου δεν υπερβαίνει τις μία ή δύο μέρες.

Επιπλέον το ωάριο δεν μπορεί να δεχθεί το σπερματοζωάριο παρά μόνο για ένα σύντομο χρονικό διάστημα. Στα περισσότερα θηλαστικά το ωάριο είναι γονιμοποιήσιμο μόνο για διάστημα λίγων ωρών. Το ανθρώπινο ωάριο συνήθως παραμένει γονιμοποιήσιμο μόνο για μία μέρα και συνήθως παράγεται μόνο ένα ωάριο κάθε μήνα. Για να γίνει γονιμοποίηση, τα ωάρια και το σπερματοζωάριο πρέπει να ελευθερωθούν σχεδόν συγχρόνως. Εάν ένα σπερματοζωάριο συναντήσει ένα ωάριο κατά τη γόνιμη περίοδο, τότε το σπερματοζωάριο ελευθερώνει ένζυμα, που διαλύουν τα εξωτερικά περιβλήματα του ωαρίου, καθιστώντας έτσι δυνατή την ένωση των πυρήνων του ωαρίου και του σπερματοζωαρίου (βλ. εικόνα 11-12).

Σε πολλά έντομα το πρόβλημα του χρονισμού και της ελευθερώσεως των γαμετών έχει λυθεί με την αποθήκευση των σπερματοζωαρίων μέσα σε ειδικό θύλακα του θηλυκού ατόμου. Τα σπερματοζωάρια ελευθερώνονται από το θύλακα συγχρόνως με την ελευθέρωση των ωαρίων. Οι μέλισσες μπορούν να αποθηκεύουν σπερματοζωάρια για όλη τους τη ζωή. Ο τρόπος με τον οποίο κατορθώνεται αυτό δεν είναι τελείως γνωστός.

Σε πολλά ανώτερα ζώα ο χρονισμός της ελευθερώσεως των γαμετών προσδιορίζεται από σύνθετα συστήματα οργανικών ενώσεων, που ονομάζονται ***ορμόνες.*** Οι ορμόνες παράγονται και εκκρίνονται από εξειδικευμένα κύτταρα και στα φυτά και στα ζώα. Κάθε ορμόνη επιδρά μόνο σε ειδικές περιοχές του σώματος του οργανισμού. Στο κεφάλαιο αυτό, αργότερα, θα μάθετε για ορισμένες ορμόνες που ελέγχουν την αναπαραγωγή.



Εικόνα 11-12 *Η γονιμοποίηση των ωαρίων του ανθρώπου και των άλλων θηλαστικών είναι εσωτερική και όμοια στα διάφορα είδη. Αυτή η φωτογραφία δείχνει ένα γονιμοποιημένο ωάριο ενός ποντικού που έχει απομακρυνθεί από τον ωαγωγό 20 ώρες μετά τη σύζευξη. Δύο πολικά σωματίδια και δύο προπυρήνες είναι ορατοί.*

11-9
Η ανάπτυξη των ζώων

Η γονιμοποίηση είναι ένα μέρος μόνο της αναπαραγωγής. Μετά τη γονιμοποίηση ο νεοδημιουργημένος οργανισμός πρέπει να διατραφεί και να προφυλαχθεί από τους κινδύνους. Η διατήρηση του αναπτυσσόμενου εμβρύου είναι πολύ περισσότερο περίπλοκη στα ζώα παρά στα φυτά. Μπορείτε ίσως να μαντέψετε μερικές από τις αιτίες. Ένα αναπτυσσόμενο πράσινο φυτό μπορεί να αρχίσει να καλύπτει από τα πρώτα στάδια της ζωής τους τις ανάγκες της διατροφής του. Ένα ζώο όμως πρέπει να ανταγωνίζεται με άλλα ζώα για τροφή και γι' αυτό πρέπει να φθάσει σε ένα σχετικά προχωρημένο στάδιο της αναπτύξεώς του, πριν αρχίσει να ζει μόνο του. Τα περισσότερα ερπετά, όπως και τα πτηνά, μπορούν να περνούν όλη τη ζωή τους στην ξηρά και να ωοτοκούν επίσης σ' αυτή. Αυτό είναι εφικτό μερικώς, γιατί έχουν ικανότητα εσωτερικής γονιμοποιήσεως και μερικώς, λόγω της ειδικής κατασκευής των αυγών τους. Το αυγό έχει ένα εξωτερικό σκληρό φλοιό, ο οποίος προφυλάσσει το εσωτερικό από την ξήρανση. Επιπλέον μέσα στις μεμβράνες του περιέχει αρκετό αποθηκευμένο νερό. Ένα μεγάλο μέρος του αυγού χρησιμοποιείται ως αποθήκη τροφής για το αναπτυσσόμενο έμβρυο. Η λέκιθος έχει στα ζώα τις ίδιες λειτουργίες όπως το ενδοσπέρμιο στα φυτά.

Στα πρώτα στάδια της αναπτύξεως του εμβρύου ενός ερπετού ή πτηνού σχηματίζονται τέσσερις εξειδικευμένες μεμβράνες (βλ. εικόνα 11-13). Ο λεκιθόσακος που περιβάλλει τη λέκιθο είναι μία προέκταση του πεπτικού συστήματος του εμβρύου. Το άμνιον είναι ένας σάκος γεμάτος υγρό που αναπτύσσεται γύρω από το έμβρυο. Έτσι το έμβρυο ανα-

πτύσσεται μέσα στο νερό αν και το αυγό βρίσκεται στην ξηρά. Ποια νομίζετε ότι είναι τα πλεονεκτήματα ενός υγρού περιβάλλοντος;

Η αλλαντοΐδα αναπτύσσεται ως προέκταση του πεπτικού συστήματος του αναπτυσσόμενου οργανισμού και γίνεται μία άλλη εκτεταμένη κατασκευή που μοιάζει με σάκο. Συγκεντρώνει τα απόβλητα του πεπτικού συστήματος. Το χόριον περιβάλλει τελείως όλες τις άλλες μεμβράνες που περιβάλλουν το έμβρυο και βρίσκεται κοντά στο κέλυφος του αυγού. Το χόριον και η αλλαντοΐδα χρησιμεύουν μαζί ως αναπνευστικό όργανο, αφήνοντας αρκετό οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα να διαχέονται προς τα μέσα και έξω του αυγού. Το κέλυφος έχει αρκετούς πόρους για να επιτρέπει τη διάχυση των αερίων· συγχρόνως δεν επιτρέπει την είσοδο των περισσοτέρων βακτηρίων.



Εικόνα 11-13 *Σχέδιο ενός αναπτυσσόμενου αυγού ερπετού που δείχνει τις τέσσερις εμβρυονικές μεμβράνες (λεκιθικός σάκος, άμνιον, αλλαντοΐδα και χόριον που περιβάλλει τις άλλες τρεις).*

11-10
Η ανάπτυξη στο εσωτερικό του σώματος της μητέρας παρέχει επιπρόσθετη προστασία και διατροφή

Μία από τις κύριες τάσεις της εξελίξεως των ζώων είναι η τάση προς μία αυξανόμενη διαρκώς φροντίδα των νεαρών ατόμων, τόσο κατά το εμβρυονικό στάδιο όσο και μετά από αυτό. Σε μερικούς καρχαρίες, ορισμένους άλλους ιχθείς, στα ερπετά των οποίων τα νεαρά άτομα γεννιώνται ζωντανά, και σε ζώα με αναπαραγωγικό μηχανισμό όμοιο προς το μηχανισμό του ανθρώπου, δηλαδή τα θηλαστικά, παρατηρείται εσωτερική ανάπτυξη των νεαρών ατόμων.

Όπως ίσως γνωρίζετε, τα περισότερα θηλαστικά γεννιώνται και δεν εκκολάπτονται από αυγά. Εξαίρεση από τα θηλαστικά αποτελεί ο πλατύπους, που έχει ράμφος που μοιάζει με ράμφος πάπιας και του οποίου τα νεαρά άτομα εκκολάπτονται από αυγά. Παρά το ότι είναι ωοτόκο ζώο, ο πλατύπους θεωρείται θηλαστικό, γιατί το θηλυκό άτομο έχει γαλακτοφόρους αδένες που παράγουν γάλα. Ο νεοεκκολαπτόμενος απόγονος γλείφει το γάλα από το τρίχωμα της μητέρας του και τρέφεται κατ' αυτόν τον τρόπο μέχρι να μπορεί να παίρνει την τροφή του μόνος του.

Το αμερικανικό οπόσσουμ και τα θηλακοφόρα θηλαστικά της Αυστραλίας, όπως το καγκουρώ, το βούμπατ και το κοάλα ανήκουν σε μία άλλη ομάδα πρωτογόνων θηλαστικών, τα μαρσιποφόρα. Τα αναπτυσσόμενα νεαρά άτομα παραμένουν μέσα στο σώμα της μητέρας τους για σύντομο χρονικό διάστημα. Κατόπιν γεννιώνται ανώριμα. Ένα μικρό ανώριμο οπόσσουμ επιδεικνύει αξιοσημείωτη ευκινησία. Παρά το ότι γεννιέται, ενώ δεν είναι μεγαλύτερο από ένα εκατοστό σε μήκος και είναι μερικώς μόνο αναπτυγμένο, έρπει μέσα στο θύλακα της μητέρας του. Μέσα στο θύλακα τα οπόσσουμ συμπληρώνουν την ανάπτυξή τους, είναι προφυλαγμένα και τρέφονται από το γάλα των γαλακτοφόρων αδένων που βρίσκονται μέσα στο θύλακα (βλ. εικόνα 11-14).

Τα πιο πολύ εξελιγμένα θηλαστικά δεν έχουν μόνο εσωτερική γονιμοποίηση και ανάπτυξη, καθώς και διατροφή των νεογνών με γάλα, αλλά έχουν επίσης πλακούντα. Ο πλακούντας είναι μία μεμβράνη διπλής καταγωγής. Σχηματίζεται μερικώς από το έμβρυο και μερικώς από τη μητέρα. Ο πλακούντας, πλούσιος σε αίμα, γίνεται μία οδός παροχής τροφής, οξυγόνου και των άλλων υλικών που έχει ανάγκη για την ανάπτυξή του ο νέος οργανισμός. Άχρηστα υλικά διέρχονται επίσης από τον πλακούντα και αποβάλλονται από τα συστήματα της μητέρας. Στην επόμενη παράγραφο θα μάθετε περισσότερα για τον πλακούντα.







Εικόνα 11-14 *Τα νεογέννητα οπόσσουμ (άνω) είναι ατελώς ανεπτυγμένα αλλά καταφέρνουν να φθάσουν μέχρι το θύλακα της μητέρας τους και να προσκολληθούν σε μία θηλή. Στη μεγέθυνση ενός από τα νεογέννητα (άνω δεξιά) φαίνεται ότι τα μάτια είναι ακόμη υπό ανάπτυξη και καλύπτονται από μία μεμβράνη, τα αυτιά παραμένουν μη ανεπτυγμένα, τα μπροστινά και τα πίσω άκρα είναι ακόμη υπό ανάπτυξη και όλο το ζώο είναι ακόμη γυμνό ή άτριχο. Δώδεκα έως δεκατέσσερις εβδομάδες αργότερα (δεξιά) τα ομογάλακτα μωρά οπόσσουμ αρχίζουν να εξερευνούν το άμεσο περιβάλλον αλλά δεν απομακρύνονται ποτέ από τη μητέρα τους ακόμη. (Αριστερά και άνω δεξιά: Από την Carolina Biological Sypply Company. Δεξιά: ANIMALS ANIMALS/Copyright Lloyd Beesley).*

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα περισσότερα είδη ζώων υπάρχουν παρόμοια όργανα για την παραγωγή αρσενικών και θηλυκών γαμετών. Τα ωάρια παράγονται στις ωοθήκες. Τα σπερματοζωάρια παράγονται στους όρχεις. Συνήθως ένα άτομο έχει ή ωοθήκες ή όρχεις. Η εγγενής αναπαραγωγή απαιτεί τη σύγχρονη προσαρμογή ενός ωαρίου και ενός σπερματοζωαρίου από δύο διαφορετικά άτομα. Το αποτέλεσμα είναι η ανάμιξη του γενετικού υλικού καθώς συγχωνεύονται οι πυρήνες.

Τα περισσότερα υδρόβια ζώα εκχέουν χιλιάδες γαμετών, περίπου τον ίδιο χρόνο και στην ίδια θέση. Τα νεαρά άτομα εγκαταλείπονται συνήθως να υπερασπίσουν τον εαυτό τους μόνα τους. Τα έμβρυα των ωοτόκων ζώων προστατεύονται από μεμβράνες, που τα περιβάλλουν, και ένα σκληρό κέλυφος. Τα έμβρυα τρέφονται από τη λέκιθο που περιέχεται μέσα στο κέλυφος.

Στα περισσότερα ανώτερα ζώα η γονιμοποίηση γίνεται μέσα στο σώμα του θηλυκού ατόμου. Όταν η γονιμοποίηση είναι εσωτερική, χρειάζονται λίγοι γαμέτες.

Οι οργανισμοί με τα πλέον εξελιγμένα συστήματα αναπαραγωγής, τα πλακουντοφόρα θηλαστικά, παρέχουν τροφή και εσωτερική προστασία για την ανάπτυξη των νεαρών ατόμων και συνεχή φροντίδα μετά τη γέννηση.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Πώς συνδέεται ο αριθμός των παραγομένων αυγών (ωών) προς τον τρόπο γονιμοποιήσεως και αναπτύξεως;
2. Ποιες είναι μερικές από τις λειτουργίες των μεμβρανών και των κελυφών που έχουν τα αυγά (ωά) των ερπετών και των πτηνών;
3. Τι είναι ένα θηλαστικό;
4. Τι είναι ένα πλακουντοφόρο θηλαστικό; Πώς λειτουργεί ο πλακούντας;

11-11
Το αρσενικό αναπαραγωγικό σύστημα παράγει κύτταρα σπέρματος

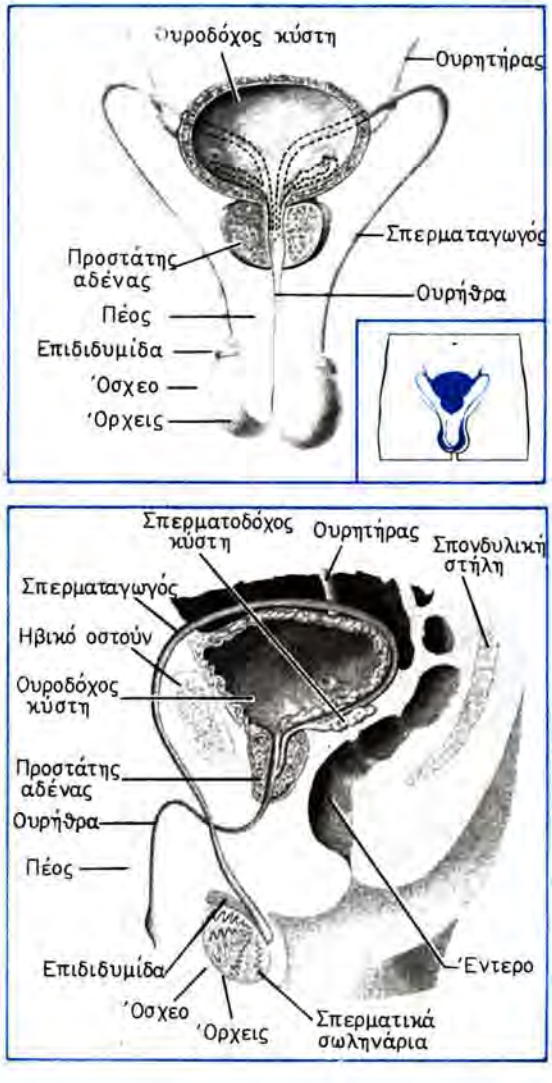
Το ανθρώπινο αναπαραγωγικό σύστημα θα χρησιμοποιηθεί ως παράδειγμα του τρόπου αναπαραγωγής των πλακουντοφόρων ζώων. Γενικώς τα αναπαραγωγικά συστήματα των άλλων πλακουντοφόρων θηλαστικών λειτουργούν κατά παρόμοιο τρόπο.

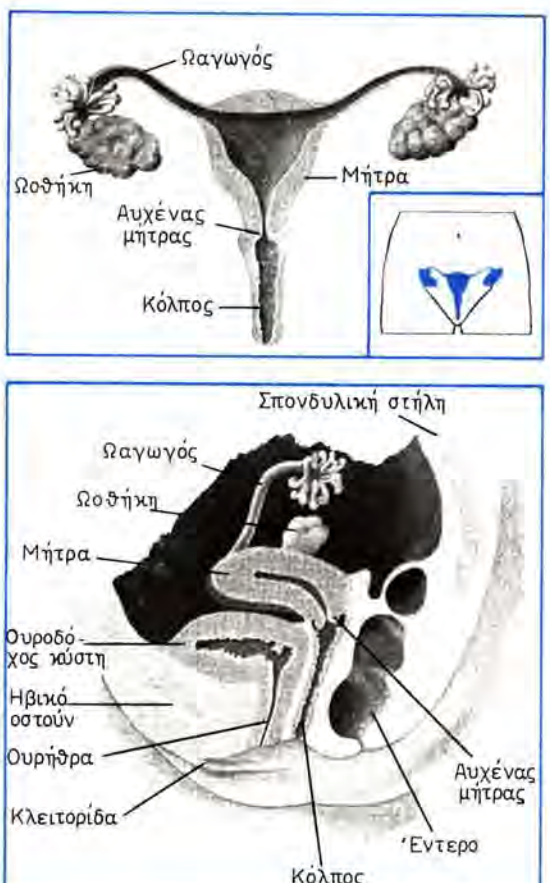
Στα αρσενικά ανθρώπινα όντα, οι όρχεις, τα όργανα που παράγουν σπερματοζωάρια, βρίσκονται μέσα στο όσχεο, έναν εξωτερικό θύλακα του περιβλήματος του αρσενικού ζώου. Τα διάφορα είδη ζώων έχουν σε διαφορετικές θέσεις τους όρχεις. Πειράματα έχουν δείξει ότι το ανθρώπινο σπερματοζωάριο δεν αναπτύσσεται, εάν η θερμοκρασία υπερβεί ένα ορισμένο σημείο. Η τοποθέτηση των όρχεων στο όσχεο, εξωτερικά από το περίβλημα του σώματος, θεωρείται πλεονέκτημα γιατί η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από ό,τι βαθιά μέσα στο σώμα. Τα κύτταρα των σπερματοζωαρίων προέρχονται από μειώσεις που γίνονται μέσα στους ελικοειδείς σωληνίσκους των όρχεων, που φαίνονται στην εικόνα 11-15. Τα σπερματοζωάρια αποθηκεύονται στους όρχεις για πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. Βοηθητικές δομές, όπως ο προστάτης αδένας και οι σπερματοδόχες κύστεις, παράγουν ένα υγρό, το σπερματικό υγρό, που εξυπηρετεί την κίνηση των σπερματοζωαρίων. Κατά την εκσπερμάτωση το σπέρμα διέρχεται μέσα από το σπερματαγωγό και εκχύνεται έξω από το σώμα μέσα από την ουρήθρα και κινείται μέσα στο σπερματικό υγρό. Εάν δεν γίνει εκσπερμάτωση, τότε βαθμιαίως τα σπερματοζωάρια νεκρώνονται και απορροφώνται από τους ιστούς των όρχεων. Ένα συνηθισμένο αρσενικό άτομο παράγει πολλά εκατομμύρια σπερματοζωάρια σε σύγκριση με τον αριθμό των ωαρίων που παράγει το θηλυκό άτομο.

Εικόνα 11-15 *Το αρσενικό αναπαραγωγικό σύστημα στον άνθρωπο. Τα σπερματοζωάρια παράγονται σε καθένα από τους όρχεις που βρίσκονται στο όσχεο. Παρακολουθήστε τη διαδρομή τους προς τα έξω του σώματος.*

11-12
Το θηλυκό αναπαραγωγικό σύστημα παράγει ωάρια

Στα ανθρώπινα θηλυκά άτομα, οι ωοθήκες, τα όργανα που παράγουν ωάρια, βρίσκονται μέσα από το περίβλημα του ανθρώπινου σώματος (εικόνα 11-16). Τα ωάρια (που είναι μικρότερα από το κεφάλι καρφίτσας) συνήθως ελευθερώνονται ένα-ένα από τις ωοθήκες. Τα ωάρια, κατόπιν εισέρχονται σε δύο σωληνόμορφες κατασκευές που ονομάζονται ωαγωγοί. Κατά το ζευγάρωμα τα σπερματοζωάρια από το αρσενικό εκχύνονται μέσα από το πέος στον κόλπο του θηλυκού ατόμου. Τα





Εικόνα 11-16 *Το θηλυκό αναπαραγωγικό σύστημα στον άνθρωπο. Τα ωάρια αναπτύσσονται στις ωοθήκες και εισέρχονται στους ωαγωγούς όπου γίνεται η γονιμοποίηση. Συνήθως κάθε φορά ωριμάζει και ελευθερώνεται μόνο ένα ωάριο. Εάν γονιμοποιηθεί, εμφυτεύεται στα τοιχώματα της μήτρας όπου ανταπτύσσεται το έμβρυο.*

σπερματοζωάρια κολυμπούν προς τη μήτρα και κατόπιν στον ωαγωγό. Εκεί μπορεί να γίνει η γονιμοποίηση. Εάν το ωάριο γονιμοποιηθεί, περνά από τον ωαγωγό στη μήτρα, όπου προσκολλάται και αρχίζει να αναπτύσσεται σε ένα νέο ανθρώπινο οργανισμό. Εάν το ωάριο δεν γονιμοποιηθεί, διέρχεται μέσα από την ωοθήκη και αρχίζει ένας νέος κύκλος.

Στα ανθρώπινα θηλυκά άτομα ο αναπαραγωγικός κύκλος συνήθως αρχίζει και τελειώνει μέσα σε διάστημα ενός μηνός. Για τον κύκλο αυτό χρησιμοποιείται ο όρος καταμήνιος κύκλος (από την ελληνική λέξη μήνας). Ο κύκλος συχνά αναφέρεται και ως αναπαραγωγικός κύκλος αν και η αναπαραγωγή πραγματώνεται τυχαίως και ίσως και ποτέ. Η αναπαραγωγή όμως δεν μπορεί να γίνει χωρίς ορισμένες λειτουργίες του κύκλου.

Σε μερικά θηλαστικά ο αναπαραγωγικός κύκλος παρατηρείται μόνο μία φορά το χρόνο. Σε άλλα θηλαστικά παρατηρείται δύο φορές το χρόνο και σε μερικά πιο συχνά.

Τα γεγονότα του ανθρώπινου καταμήνιου κύκλου μπορούν να αναφερθούν περιληπτικά, όπως παρακάτω (βλ. επίσης εικόνα 11-19 στη σελίδα 237).

1. ***Έμμηνη ρύση.*** Οι μαλακοί ιστοί της μήτρας διαλύονται και αποβάλλονται μαζί με το αγονιμοποίητο ωάριο. Η πρώτη ημέρα της έμμηνης ρύσεως συνήθως λαμβάνεται ως αρχή του καταμήνιου κύκλου. Το στάδιο αυτό διαρκεί συνήθως πέντε ημέρες.
2. ***Φάση ωοθυλακίου.*** Ένα νέο ωοθυλάκιο και ωάριο ωριμάζουν στην ωοθήκη. Το ωοθυλάκιο είναι μία θηλακόμορφη κατασκευή, η οποία, καθώς ωριμάζει το ωάριο, μεγαλώνει και γεμίζει με υγρά. Η φάση ωοθυλακίου διαρκεί μέχρι τη φάση της ωορρηξίας, δηλαδή περίπου 14 μέρες. Κατά τη διάρκεια του σταδίου αυτού το ενδομήτριο προετοιμάζεται για το έμβρυο.
3. ***Ωορρηξία.*** Το ώριμο ωάριο εξέρχεται από το ωοθυλάκιο και συνήθως εισέρχεται στον ωαγωγό. Η ωορρηξία παρατηρείται συνήθως στο μέσο του κύκλου. Το ενδομήτριο είναι τώρα παχύ, μαλακό και πλούσιο σε αίμα.
4. ***Στάδιο του ωχρινικού σωματιδίου.*** Μετά την ωορρηξία το ανοιγμένο ωοθυλάκιο αναπτύσσεται σε μία νέα κατασκευή που ονομάζεται ωχρινικό σωματίδιο (ώχρα είναι η ελληνική λέξη για το κίτρινο χρώμα). Σε μερικά ζώα το ωχρινικό σωματίδιο είναι κίτρινο. Όπως θα δείτε, το ωχρινικό σωματίδιο παίζει πολύ σπουδαίο ρόλο στον έλεγχο των αναπαραγωγικών διαδικασιών. Για δέκα περίπου μέρες το ωχρινικό σωματίδιο μεγαλώνει και εκκρίνει προγεστερόνη, που οδηγεί στην τελική προετοιμασία της μήτρας. Το ωάριο κατέρχεται στη μήτρα στο μέσο της περιόδου αυτής. Εάν το ωάριο έχει γονιμοποιηθεί, συνεχίζει να αναπτύσσεται μέσα στη μήτρα. Εάν δεν έχει γονιμοποιηθεί, προκαλείται έμμηνη

ρύση και ένας νέος κύκλος αρχίζει. (Η εικόνα 11-17 δείχνει μερικές λεπτομέρειες του ωχρινικού σωματιδίου).

11-13
Πώς η ωοθήκη προκαλεί αλλαγές στη μήτρα;

Ένας τρόπος που χρησιμοποιείται συχνά για τον προσδιορισμό της λειτουργίας ενός οργάνου σε ένα ζώο είναι η απομάκρυνση του οργάνου. Κατόπιν μελετούν τα αποτελέσματα της απουσίας του οργάνου. Μετά την απομάκρυνση των ωοθηκών από ένα πλακουντοφόρο θηλαστικό ο ιστός της μήτρας δεν ολοκληρώνει την προετοιμασία του για ένα γονιμοποιημένο ωάριο. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι η ωοθήκη ή κάποια ουσία των ωοθυλακίων της ωοθήκης, επιδρά στην ανάπτυξη της μήτρας. Πολλά πειράματα του τύπου αυτού έχουν εκτελεσθεί και σήμερα γνωρίζομε ότι κάθε ωοθυλάκιο της ωοθήκης, καθώς ωριμάζει, εκκρίνει μία χημική ουσία, μία ορμόνη, που ονομάζεται ***οιστρογόνη.*** Η οιστρογόνη προκαλεί αύξηση των μαλακών ιστών, που καλύπτουν εσωτερικά τη μήτρα. Η οιστρογόνη πραγματώνει αυτό με μία τριπλή δράση στα εσωτερικά κύτταρα της μήτρας. Συγκεκριμένα:

1. Επιταχύνει τη μίτωση.
2. Αυξάνει την παροχή σήματος στα κύτταρα.
3. Αυξάνει την ποσότητα των υγρών του ιστού.

Το ωχρινικό σωματίδιο, σχηματιζόμενο από το διαρρηγμένο ωοθυλάκιο, εκκρίνει μικρές ποσότητες οιστρογόνης και μιας άλλης ορμόνης, της ***προγεστερόνης.*** Η προγεστερόνη οδηγεί σε ακόμη μεγαλύτερη αύξηση του ενδομητρίου με διέγερση της αναπτύξεως των αδένων και των αιμοφόρων αγγείων. Κάτω από την επίδραση της οιστρογόνης και της προγεστερόνης η μήτρα προετοιμάζεται για την εμφύτευση του γονιμοποιημένου ωαρίου. Το ωχρινικό σωματίδιο εκφυλίζεται, εάν το γονιμοποιημένο ωάριο δεν εμφυτευθεί. Εάν έχουν ελευθερωθεί σπερματοζωάρια στην είσοδο του αναπαραγωγικού συστήματος του θηλυκού ατόμου, τον κόλπο, τα σπερματοζωάρια κολυμπούν τυχαία μέσα από τη μήτρα προς τον ωαγωγό. Εάν ένα ωάριο έχει ελευθερωθεί από την ωοθήκη και έχει εισέλθει στον ωαγωγό, ένα σπερματοζωάριο και ένα ωάριο



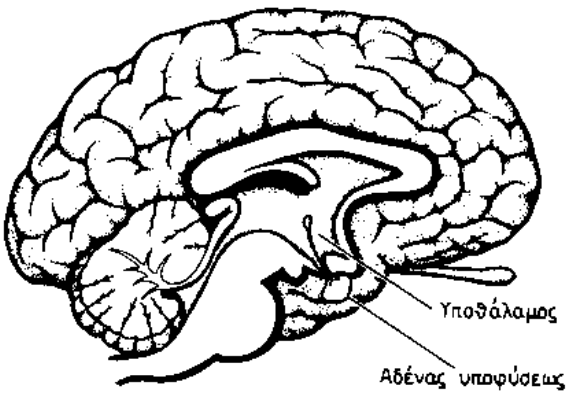
Εικόνα 11-17 *Υπό μεγέθυνση φωτογραφία ωχρού σωματιδίου από ανθρώπινη ωοθήκη. (α) Αναδιπλωμένη επιφάνεια πραγματικών ωχρινικών κυττάρων· (β) θήκη ωχρινικών κυττάρων· (γ) συνδετικός ιστός, που καλύπτει την κοιλότητα του ωχρινικού σωματιδίου· (δ) ινώδης κάψα με αιμοφόρα αγγεία· (ε) αναπτυσσόμενο ωοθυλάκιο.*

μπορεί να συνενωθούν (γονιμοποίηση). Φυσιολογικά το γονιμοποιημένο ωάριο εμφυτεύεται όταν φθάσει στη μήτρα. Στην περίπτωση αυτή το ωχρινικό σωματίδιο δεν διαρρηγνύεται, αλλά παραμένει καθ' όλη τη διάρκεια της εμβρυικής αναπτύξεως και εξακολουθεί να εκκρίνει οιστρογόνη και προγεστερόνη. Εκκρίνει προγεστερόνη σε ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα, καθόσον χωρίς αυτή το τοίχωμα της μήτρας καταστρέφεται και το γονιμοποιημένο ωάριο δεν παραμένει εμφυτευμένο.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 11-Β. Τι ρυθμίζει το χρονισμό της ωοτοκίας των θηλυκών βατράχων; Σελίδα 617.

11-14
Εάν ορμόνες της ωοθήκης ρυθμίζουν τη μήτρα, τι ρυθμίζει την ωοθήκη;

Ένας εξαιρετικά μικρός αδένας στη βάση του εγκεφάλου, ο αδένας της υποφύσεως, ρυθμίζει τον αναπαραγωγικό κύκλο. Η υπόφυση βρίσκεται κοντά σε μία περιοχή του εγκεφάλου, τον υποθάλαμο (εικόνα 11-18). Ορμόνες που ονομάζονται εκλυτικοί παράγοντες (RF) παράγονται από τον υποθάλαμο



***Εικόνα 11-18** Σχεδίασμα τομής διά μέσου του ανθρώπινου εγκεφάλου, που δείχνει τις θέσεις του υποθαλάμου και του αδένα της υποφύσεως.*

και διακινούνται με το αίμα προς την υπόφυση. Οι εκλυτικοί παράγοντες του υποθαλάμου διεγείρουν την υπόφυση να εκκρίνει ορμόνες που προκαλούν αλλαγές στην ωοθήκη και τη μήτρα. Η συγκέντρωση των εκλυτικών παραγόντων του υποθαλάμου αλλάζει επηρεαζόμενη από τις ορμόνες που παράγονται από την ωοθήκη.

Μερικές από τις ορμονικές αλληλοεπιδράσεις που σχετίζονται με την αναπαραγωγή του ανθρώπου αναφέρονται περιληπτικά στην εικόνα 11-19. Σημειώστε ότι οι ορμόνες μπορούν να έχουν αρνητική επίδραση και να προκαλέσουν αναστολή αντί για ενεργοποίηση. Η ανασταλτική επίδραση συχνά αναφέρεται ως αρνητική ανάδραση, ενώ η ενεργοποιητική επίδραση ως θετική ανάδραση.

Κάτω από την επίδραση του υποθαλάμου αυξάνει η συγκέντρωση της ωοθυλακιοτρόπου ορμόνης της υποφύσεως (FSH). Η ωοθυλακιοτρόπος ορμόνη ενεργοποιεί την αύξηση του ωοθυλακίου της ωοθήκης, όπου ωριμάζει το ωάριο. Τα κύτταρα του ωοθυλακίου εκκρίνουν οιστρογόνη, και η οιστρογόνη φθάνει στο τοίχωμα της μήτρας όπου προκαλεί αύξηση στο ενδομήτριο.

Κάτω από την επίδραση του υποθαλάμου αυξάνει επίσης η συγκέντρωση της ωχρινοτρόπου ορμόνης (LH). Η ωχρινοτρόπος ορμόνη επιτείνει την αύξηση του ωοθυλακίου από τα κύτταρα του ωοθυλακίου. Μόλις η LH και FSH φθάσουν στην υψηλότερη συγκέντρωσή τους, το ωάριο εξέρχεται από την ωοθήκη (ωορρηξία).

Μετά την ωορρηξία, το ωοθυλάκιο μετατρέπεται στο ωχρινικό σωματίδιο. Η ταχεία αύξηση της συγκεντρώσεως της ωοθυλακιοτρόπου ορμόνης και ωχρινοτρόπου ορμόνης ενεργοποιεί την παραγωγή μιας άλλης ορμόνης από το ωχρό σωματίδιο, της προγεστερόνης. Η προγεστερόνη και η οιστρογόνη παραμένουν σε σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις κατά τη διάρκεια των επομένων 14 ημερών. Εάν ένα ωάριο δεν έχει εμφυτευθεί στη μήτρα κατά το χρονικό αυτό διάστημα, το ωχρινικό σωματίδιο καταστρέφεται, η συγκέντρωση οιστρογόνης και προγεστερόνης μειώνεται και ακολουθεί η έμμηνη ρύση. Η μειωμένη συγκέντρωση οιστρογόνης και προγεστερόνης στο αίμα ελευθερώνει τους υποθαλαμικούς παράγοντες να ενεργοποιήσουν την παραγωγή FSH και LH πάλι. Ο κύκλος ξαναρχίζει.

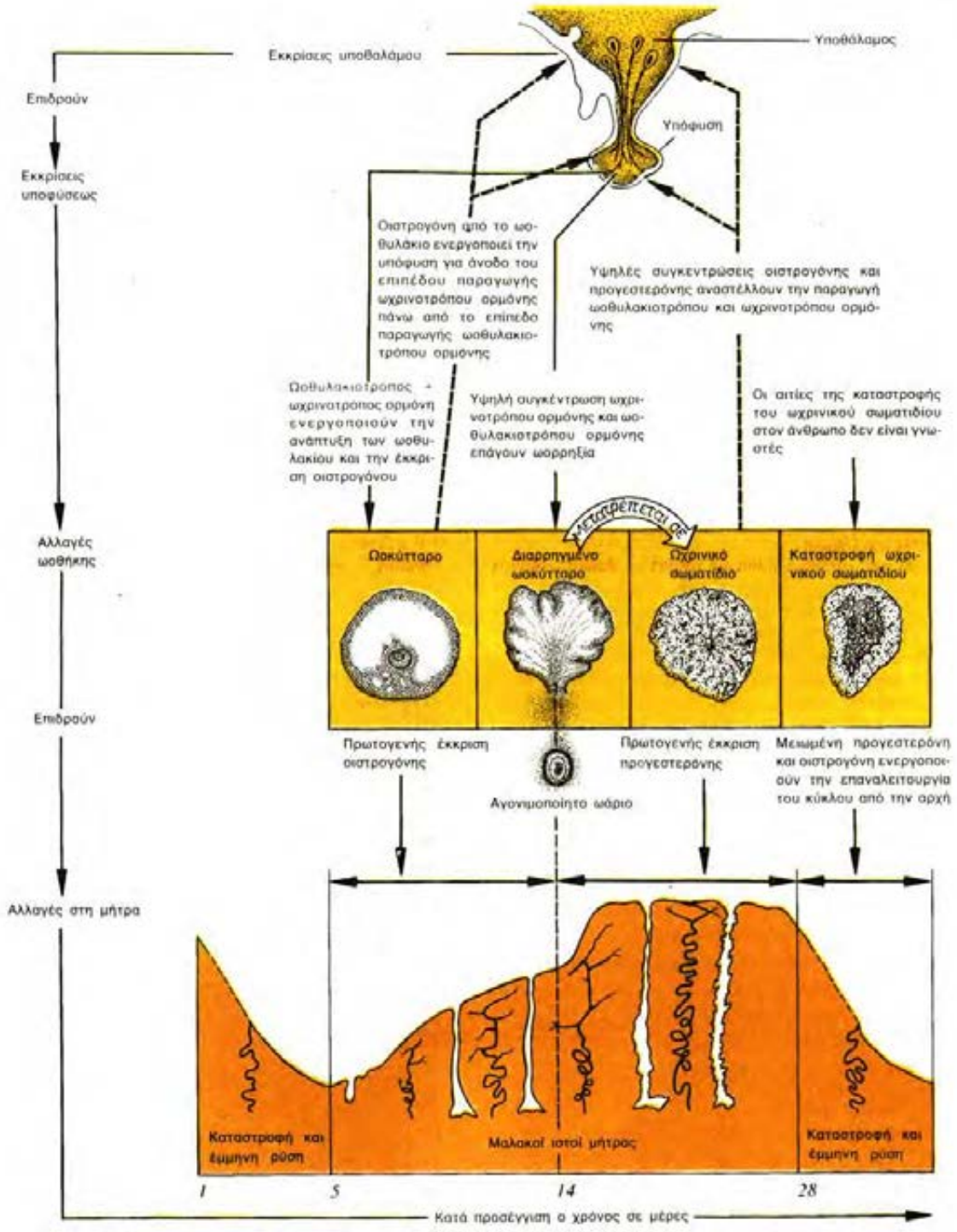
Αν ένα γονιμοποιημένο ωάριο έχει εμφυτευθεί στη μήτρα, η ωχρινοτρόπος ορμόνη παραμένει σε υψηλές συγκεντρώσεις. Το ωχρινικό σωματίδιο διατηρείται και παράγει οιστρογόνη και προγεστερόνη σε υψηλά επίπεδα.

Μεταξύ των θηλαστικών υπάρχει μεγάλη ποικιλότητα όσον αφορά στη χρονική συχνότητα με την οποία παράγονται αρκετές ποσότητες ορμονών ώστε να προκληθεί ωορρηξία. Πρόσφατα πειράματα παρέχουν ενδείξεις ότι ίσως ο υποθάλαμος ή κάποιο παρακείμενο τμήμα του εγκεφάλου πιθανόν να διαθέτει κάποιο αυτορρυθμιζόμενο βιολογικό ρολόι. Αυτό παραμένει άλυτο πρόβλημα, που έχει όμως σοβαρές επιπτώσεις. Όταν οι βιολόγοι μιλούν για «βιολογικά ρολόγια» ζωντανού οργανισμού, αναφέρονται στις αιτίες (συχνά άγνωστες) τακτικών χρονισμένων αλλαγών που οδηγούν σε ορισμένες προβλέψιμες φυσιολογικές καταστάσεις.

Η υποφυσική ορμόνη προλακτίνη, που ελέγχεται επίσης από τον υποθάλαμο, επάγει παραγωγή γάλακτος για τα νεαρά άτομα. Η προλακτίνη συνεισφέρει επίσης στη διατήρηση του ωχρινικού σωματιδίου σε κατάσταση λειτουργίας, όταν το γονιμοποιημένο ωάριο έχει εμφυτευθεί.

11-15
Ο πλακούντας και οι εμβρυονικές μεμβράνες διατηρούν και διατρέφουν το έμβρυο

Το χόριο και άλλες μεμβράνες περιβάλλουν



Εικόνα 11-19 *Ο συντονισμός των όσων συμβαίνουν στο θηλυκό ανθρώπινο αναπαραγωγικό σύστημα κατά τη διάρκεια ενός κύκλου (δηλαδή ένα ωάριο ωριμάζει και ελευθερώνεται, αλλά δε γονιμοποιείται).*

το ανθρώπινο έμβρυο όπως και στην περίπτωση των εμβρύων των πτηνών και των ερπετών. Κατά την ανάπτυξη του ανθρώπινου εμβρύου όμως αναπτύσσονται από την εξωτερική επιφάνεια του χορίου μικρές προβολές που δημιουργούν το εμβρυονικό τμήμα του πλακούντα (εικόνα 11-20).

Είναι γνωστό ότι σε ορισμένα θηλαστικά ο πλακούντας εκκρίνει ορμόνες που λειτουργούν όπως και οι ορμόνες του αδένα της υποφύσεως και του ωχρινικού σωματιδίου της ωοθήκης. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων έξι μηνών της ανθρώπινης κυοφορίας ο πλακούντας παράγει εξαιρετικά μεγάλες ποσότητες προγεστερόνης παράλληλα με έκκριση οιστρογόνης. Οι ορμόνες αυτές βοηθούν στη διατήρηση μιας πλούσιας παροχής αίματος στα τοιχώματα της μήτρας και βοηθούν ακόμη στη διατήρηση του εμβρύου υπό εμφυτευμένη κατάσταση.

Μετά από τις πρώτες λίγες εβδομάδες αναπτύξεως τα άκρα του αμνίου πλησιάζουν, ενώνονται και σχηματίζουν τον ***ομφάλιο λώρο*** (βλ. εικόνα 11-21 και 11-22). Ο ομφάλιος λώρος είναι ένας σωλήνας που συνδέει το έμβρυο με τον πλακούντα. Να θυμάστε ότι ο πλακούντας είναι μία κατασκευή που αποτελείται από αναμεμιγμένους ιστούς τόσο της μητέρας όσο και του κυοφορήματος. Ο πλακούντας είναι το μέρος από όπου το κυοφόρημα παίρνει θρεπτικά υλικά και απαλλάσσει το κυκλοφορικό του σύστημα από τα άχρηστα προϊόντα. Το αίμα του κυοφορήματος και το αίμα της μητέρας φυσιολογικά δεν αναμιγνύονται. Τα αιμοφόρα αγγεία του καθενός βρίσκονται σε στενή επαφή και οι ανταλλαγές γίνονται με διάχυση μέσα από τη μάζα της μεμβράνης που δημιουργούν τον πλακούντα.

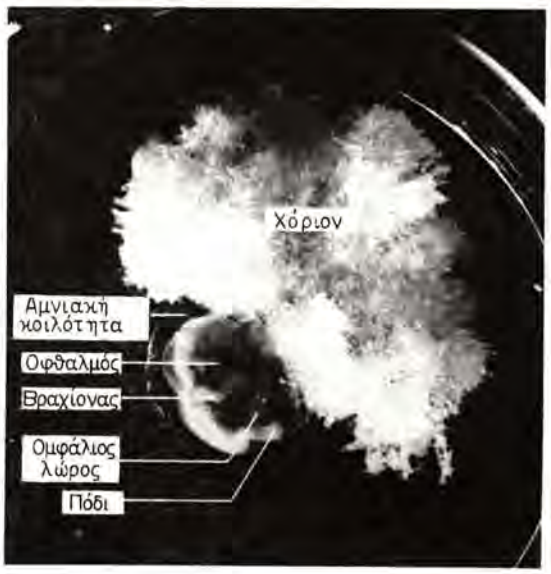
Ο λεκιθικός σάκος είναι παρών στο έμβρυο του ανθρώπου μόνο για σύντομο χρονικό διάστημα. Είναι καλό παράδειγμα εκλείποντος οργάνου ή υπολείμματος.

11-16
Η παραγωγή γάλακτος συντονίζεται με τη διαδικασία της γεννήσεως

Κατά τη διάρκεια του ένατου μήνα της ανθρώπινης κυοφορίας το κεφάλι του κυοφορήματος στρέφεται γενικώς προς τα κάτω, προς το άνοιγμα της μήτρας (εικόνα 11-22). Μερικές φορές όμως στρέφονται προς το άνοιγμα τα πόδια. Αυτό κάνει τον τοκετό πιο δύσκολο.

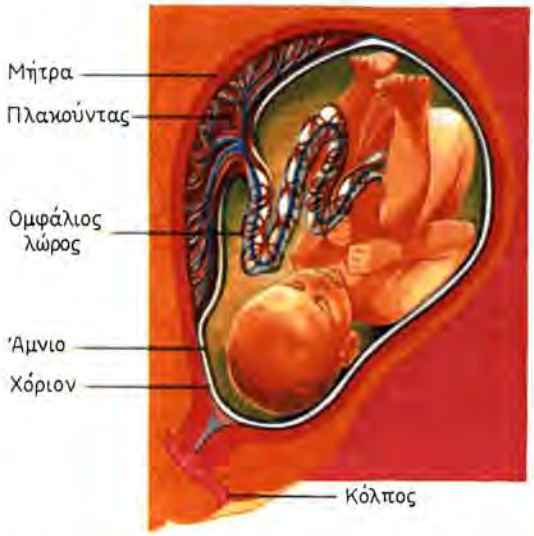
Η γέννηση του παιδιού αρχίζει όταν οι στρώσεις των μυών της μήτρας αρχίζουν να συστέλλονται και να χαλαρώνουν. Οι κινήσεις αυτές είναι γνωστές ως τοκετός. Προκαλούν τους πόνους του τοκετού που αισθάνεται η μητέρα. Ο ακριβής τρόπος με τον οποίο ενεργοποιείται ο μηχανισμός γεννήσεως του παιδιού είναι ένα σύνθετο πρόβλημα που δεν έχει ακόμη κατανοηθεί πλήρως. Στην αρχή οι συστολές είναι όσο χρειάζεται δυνατές, για να μετακινήσουν με αργό ρυθμό το μωρό προς τον κόλπο. Γενικά, κατά το στάδιο αυτό, ο ενυδατωμένος σάκος (το άμνιον), που περιβάλλει το μωρό, διαρρηγνύεται και εκκρέει το υγρό του περιεχομένου. Αυτό είναι σημάδι ότι έχει αρχίσει η διαδικασία του τοκετού. Δυνατότερες και πιο συχνές συστολές εξωθούν το μωρό μέσα από τον κόλπο προς τα έξω, έξω από το σώμα της μητέρας. Μετά από αυτό ο ομφάλιος λώρος δένεται ή συσφίγγεται από το γιατρό. Το μικρό τμήμα του λώρου που παραμένει στο μωρό βαθμιαίως ξηραίνεται και πέφτει. Μετά τη γέννηση του μωρού οι μυικές συστολές της μήτρας συνεχίζονται μέχρις ότου ο πλακούντας αποβληθεί.

Εικόνα 11-20 *Ένα ανθρώπινο έμβρυο τις πρώτες εβδομάδες της αναπτύξεώς του. Το έμβρυο βρίσκεται μέσα στο άμνιο. Το χόριον, που κανονικά περιβάλλει το έμβρυο έχει αφαιρεθεί για να φανεί το έμβρυο.*





Εικόνα 11-21 *Ένα ανθρώπινο έμβρυο σε στάδιο πιο προχωρημένο από αυτό της εικόνας 11-20 που δείχνει τον ομφάλιο λώρο.*



Εικόνα 11-22 *Σχεδίασμα ενός πλήρως ανεπτυγμένου μωρού ή κυοφορήματος, με το κεφάλι προς τα κάτω, προς την έξοδο της μήτρας. Ο ομφάλιος λώρος με τα αιμοφόρα αγγεία του είναι ακόμη η γραμμή της ζωής του μωρού για τροφή, οξυγόνο και απομάκρυνση αχρήστων.*

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων σταδίων της κυοφορίας οι γαλακτοφόροι αδένες της μητέρας υφίστανται αλλαγές που προετοιμάζουν τα στήθη για την παραγωγή γάλακτος μετά τη γέννηση του απογόνου. Η οιστρογόνη και η προγεστερόνη συνεισφέρουν στις αλλαγές αυτές. Μέχρι τη γέννηση του παιδιού και επίσης κατά τη διάρκεια του κύκλου, που δεν συνοδεύεται από κυοφορία, η προγεστερόνη αναστέλλει τον υποθάλαμο, ο οποίος με τη σειρά του αναστέλλει την έκκριση της προλακτίνης από την υπόφυση. Κατά τον τοκετό η αναστολή του υποθαλάμου διακόπτεται και ο υποθάλαμος ενεργοποιεί την υπόφυση προς έκκριση προλακτίνης. Η προλακτίνη είναι αναγκαία για την παραγωγή γάλακτος. Εάν το νεογέννητο μωρό δεν τρέφεται από το στήθος, η έκκριση γάλακτος τερματίζεται γρήγορα και ξαναρχίζει ο αναπαραγωγικός κύκλος. Καμιά φορά μπορεί ωορρηξία, γονιμοποίηση και κυοφορία να αρχίσουν ακόμη και κατά την περίοδο της γαλακτοφορίας.

Ο μέσος χρόνος της εσωτερικής αναπτύξεως ή κυοφορίας ποικίλλει μεταξύ των διαφόρων θηλαστικών. Μερικοί κατά προσέγγιση χρόνοι είναι οι εξής: ποντικός, 21 μέρες· κουνέλι, 32 ημέρες· σκύλος και γάτα, 60 ημέρες·, άλογο 350 ημέρες· φάλαινα, 360 ημέρες. Η κυοφορία στον άνθρωπο διαρκεί φυσιολογικά περίπου 280 ημέρες.

11-17
Οι ορμόνες ελέγχουν επίσης το αναπαραγωγικό σύστημα του αρσενικού

Και τα δύο, και η έκκριση των ανδρογόνων από τους όρχεις και η παραγωγή σπέρματος από τους όρχεις ελέγχονται από τις ορμόνες της υποφύσεως, την ωοθυλακιοτρόπο ορμόνη (FSH) και την ωχρινοτρόπο (LH). Ενώ στα θηλυκά άτομα η FSH ρυθμίζει τις λειτουργίες της ωοθήκης και της μήτρας, στα αρσενικά οι ίδιες ορμόνες ρυθμίζουν τις λειτουργίες των όρχεων. Η υπόφυση του αρσενικού ατόμου ενεργοποιείται από τους εκλυτικούς παράγοντες του υποθαλάμου. Επειδή όμως τα θηλυκά άτομα ενός είδους είναι εκείνα που έχουν τη δυνατότητα να αναπτύξουν μέσα στο σώμα τους ένα νέο άτομο, γι' αυτό το ορμονικό τους σύστημα είναι πιο σύνθετο, ιδιαιτέρως κατά τη διάρκεια της κυοφορίας και της γεννήσεως.

Ενώ και τα αρσενικά και τα θηλυκά άτομα παράγουν οιστρογόνη και ανδρογόνα, οι συγκεντρώσεις ποικίλλουν ανάλογα με το φύλο του ατόμου. Η συγκέντρωση της οιστρογόνης είναι υψηλή στα θηλυκά και χαμηλή στα

αρσενικά άτομα. Τα ανδρογόνα είναι υψηλά στα αρσενικά και χαμηλά στα θηλυκά άτομα. Τα ανδρογόνα εκκρίνονται από τους όρχεις στα αρσενικά άτομα και ελέγχουν την εμφάνιση των δευτερευόντων χαρακτήρων του φύλου. Στα ανθρώπινα όντα τα ανδρογόνα επιφέρουν αλλαγές στη φωνή και την κατανομή της τριχοφυΐας του σώματος, που αρχίζουν από την εφηβεία έως και την ωριμότητα. Σε όλο το βασίλειο των ζώων υπάρχουν συχνά εντυπωσιακές διαφορές στην εμφάνιση των αρσενικών και των θηλυκών ατόμων ενός είδους (βλ. εικόνα 11-23). Συχνά μπορεί να πιστοποιηθεί ότι οι διαφορές αυτές οφείλονται στις ορμονικές διαφορές μεταξύ των φύλων.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα ανθρώπινα όντα τα σπερματοζωάρια παράγονται από τους όρχεις. Τα ωάρια αναπτύσσονται στις ωοθήκες και το έμβρυο αρχίζει την ανάπτυξή του μέσα στη μήτρα. Οι ορμόνες των ωοθηκών, η οιστρογόνη και η προγεστερόνη, οδηγούν στην ανάπτυξη του ενδομητρίου προκειμένου να δεχθεί το γονιμοποιημένο ωάριο.

Η ωοθυλακιοτρόπος ορμόνη (FSH) και η ωχρινοτρόπος ορμόνη (LH) δραστηριοποιούν την ανάπτυξη των ωοθυλακίων της ωοθήκης. Μετά την ωορρηξία το ενδομήτριο καταστρέφεται μέσα σε 14 ημέρες, εκτός εάν εμφυτευθεί ένα γονιμοποιημένο ωάριο. Ο πλακούντας επίσης εκκρίνει ορμόνες και διατρέφει το αναπτυσσόμενο έμβρυο. Η προλακτίνη δραστηριοποιεί την παραγωγή γάλακτος.

Το αρσενικό άτομο, όπως και το θηλυκό, έχει οιστρογόνη. Και τα δύο επίσης έχουν «αρσενικές» ορμόνες, τα ανδρογόνα. Αλλά οι συγκεντρώσεις αυτών και των άλλων ορμονών είναι πολύ διαφορετικές στα δύο φύλα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Πού γονιμοποιείται συνήθως το ωάριο ενός πλακουντοφόρου θηλαστικού;
2. Τι είναι η μήτρα;
3. Τι συμβαίνει συνήθως σε ένα γονιμοποιημένο ωάριο, όταν εισέρχεται στη μήτρα;
4. Πώς επιδρά ο υποθάλαμος του εγκεφάλου στον αναπαραγωγικό κύκλο του θηλυκού ατόμου;
5. Ποιες είναι οι δύο υποφυσιακές ορμόνες που επιδρούν στις αναπαραγωγικές διαδικασίες και του θηλυκού και του αρσενικού ατόμου;
6. Ποιες είναι οι δύο ορμόνες που προωθούν την ανάπτυξη του ενδομητρίου στα θηλυκά άτομα;
7. Ποιες είναι οι λειτουργίες του πλακούντα;
8. Ποιο είναι το πλεονέκτημα του αμνίου;
9. Ποια από τις ορμόνες που επιδρούν στο αναπαραγωγικό σύστημα του αρσενικού ατόμου εκκρίνεται από τους όρχεις;
10. Πώς επιδρούν στο αναπαραγωγικό σύστημα του αρσενικού ατόμου ο υποθάλαμος του εγκεφάλου και ο αδένας της υποφύσεως;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑ ΣΗΜΕΙΑ

Πάρα πολλοί τρόποι αναπαραγωγής έχουν εμφανισθεί εξελικτικά, αλλά όλοι έχουν ως σκοπό τη διατήρηση του είδους. Οι απόγονοι μπορεί να παράγονται αγενώς ή εγγενώς. Η εγγενής αναπαραγωγή αυξάνει την ποικιλότητα στον πληθυσμό ενός είδους, καθώς ο απόγονος παίρνει DNA και από τους δύο γονείς. Όσο μεγαλύτερη είναι η ποικιλότητα μέσα σε ένα πληθυσμό, τόσο μεγαλύτερες είναι οι πιθανότητες προσαρμογής, μέσω φυσικής επιλογής, σε αλλαγές του περιβάλλοντος.

Πολύ πρωτόγονα φυτά, όπως τα βρυόφυτα, έχουν μόνο μία σειρά χρωματοσωμάτων κατά τη διάρκεια του κύριου μέρους του βιολογικού τους κύκλου. Τα πιο σύνθετα φυτά και τα περισσότερα από τα ζώα όμως έχουν το πλεονέκτημα να έχουν δύο σειρές χρωματοσωμάτων κατά το μεγαλύτερο τμήμα του βιολογικού τους κύκλου. Οι δύο σειρές χρωματοσωμάτων προσφέρουν προστασία εναντίον επιβλαβών μεταλλάξεων και αυξάνουν την πιθανότητα ευνοϊκών μεταλλάξεων.

Στο βασίλειο των ζώων η εξέλιξη έχει τάση να ευνοεί την εσωτερική γονιμοποίηση και τη μεγαλύτερη προστασία και φροντίδα των γαμετών και του αναπτυσσόμενου νεαρού ατόμου.



Εικόνα 11-23 *Παράδειγμα φυλετικών διαφορών. Η πάπια με τα πιο έντονα χρώματα είναι αρσενική. Κατά την περίοδο της επωάσεως τα πιο έντονα χρώματα του αρσενικού είναι πλεονέκτημα γιατί απομακρύνουν τους εχθρούς από τη θέση του θηλυκού. Το χρώμα της ταιριάζει με το χρώμα του χόρτου και των καλαμιών της περιοχής της φωλιάς.*

Σε πολλά ζώα η αποδοτικότητα του αναπαραγωγικού συστήματος αυξάνει με την αλληλοεπίδραση ρυθμιστικών ορμονών και άλλων χημικών ουσιών. Αυτό ισχύει περισσότερο στα θηλαστικά και ειδικά στο ανθρώπινο είδος.

Δύο σπουδαία συστατικά που εκκρίνονται από τις ωοθήκες προκαλούν τις αλλαγές που παρατηρούνται στη μήτρα κατά τη διάρκεια του καταμήνιου κύκλου: (1) Καθώς ωριμάζει κάθε ωάριο μέσα στο ωοθυλάκιο, το ωοθυλάκιο εκκρίνει την ορμόνη οιστρογόνη, που προκαλεί πάχυνση του ενδομητρίου. (2) Μετά την ωορρηξία, το διανοιγμένο ωοθυλάκιο αναπτύσσεται σε ωχρό σωματίδιο, που εκκρίνει την προγεστερόνη παράλληλα προς την οιστρογόνη. Και οι δύο αυτές ορμόνες δραστηριοποιούν την ανάπτυξη των αδένων και των αιμοφόρων αγγείων της μήτρας. Εάν δεν παρατηρηθεί γονιμοποίηση, το μαλακό ενδομήτριο διαλύεται και αποβάλλεται από το σώμα κατά τη διάρκεια της έμμηνης ρύσεως.

Η σωστή λειτουργία των ωοθηκών επηρεάζεται από τις αλλαγές στη συγκέντρωση των ορμονών που παράγει ο αδένας της υποφύσεως. Ο αδένας της υποφύσεως, με τη σειρά του, επηρεάζεται από τον υποθάλαμο του εγκεφάλου, καθώς ο υποθάλαμος επηρεάζεται από διαφορετικές συγκεντρώσεις των ορμονών της ωοθήκης. Σε μερικά θηλαστικά και το πιο σπουδαίο, στον άνθρωπο, ο πλακούντας εκκρίνει ορμόνες, αναγκαίες για τη διατήρηση του εμβρύου που αναπτύσσεται. Η υποφυσιακή ορμόνη προλακτίνη είναι αναγκαία για την έκκριση γάλακτος.

Η υπόφυση, ο υποθάλαμος και οι όρχεις ρυθμίζουν το αναπαραγωγικό σύστημα του αρσενικού ατόμου όσον αφορά στην παραγωγή σπερματοζωαρίων και των αρσενικών ορμονών, των ανδρογόνων.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Αναφέρατε μερικούς τρόπους και παραδείγματα αγενούς αναπαραγωγής.

Βιολογία Περιληπτικά



Το ανοικτό πεδίο των πειραμάτων βελτιώσεως στις ορχιδέες

Η κανονική αναπαραγωγή ήταν το θέμα αυτού του κεφαλαίου. Παρόλα αυτά ατυχήματα συμβαίνουν και στα ζώα και στα φυτά. Για παράδειγμα, ας υποθέσομε ότι η μείωση μπορεί να αποτύχει ολοκληρωτικά την ώρα που δημιουργούνται οι γαμέτες. Τι θα συμβεί; Λαμβάνοντας υπόψη τους γαμέτες και των δύο γονέων μπορείτε να αντιληφθείτε ότι ο αριθμός των χρωματοσωμάτων του απογόνου θα διπλασιασθεί. Τέτοια γεγονότα είναι σπάνια, αλλά η πολυπλοειδία, ή πολλαπλός αριθμός χρωματοσωμάτων, είναι γνωστό ότι έχει συνεισφέρει πάρα πολύ στην εξέλιξη προς δημιουργία νέων ειδών κατά το παρελθόν. Μία από τις μεγαλύτερες οικογένειες ανθοφόρων φυτών, η οικογένεια των ορχιδέων, περιλαμβάνει πολλά παραδείγματα.

Η πολυπλοειδία δεν είναι απαλλαγμένη από προβλήματα. Το γονιμοποιημένο ωάριο συνήθως νεκρώνεται. Ο απόγονος μπορεί να είναι άγονος, επειδή ο νέος αριθμός χρωματοσωμάτων (δεν είναι πάντοτε διπλάσιος του φυσιολογικού αριθμού) δεν μπορεί να σχηματίσει ζεύγη φυσιολογικά πριν

2. Τι είναι ο κλώνος;
3. Ποια είναι τα αρσενικά και τα θηλυκά μέρη ενός άνθους;
4. Τι είναι ο γυρεόκοκκος;
5. Γιατί η γονιμοποίηση είναι αναγκαίο μέρος της εγγενούς αναπαραγωγής;
6. Ποιο είναι το πλεονέκτημα της εγγενούς αναπαραγωγής ενός είδους;
7. Συγκρίνατε τα πλεονεκτήματα της εσωτερικής και της εξωτερικής γονιμοποιήσεως.
8. Πώς έχει προσαρμοσθεί η μήτρα των θηλαστικών για να υποδεχθεί και να διατηρήσει το γονιμοποιημένο ωάριο;
9. Ποια είναι η διαδικασία γεννήσεως που είναι γνωστή ως τοκετός;
10. Ποιος είναι ο ρόλος των ωοθηκών στην ορμονική ρύθμιση του αναπαραγωγικού κύκλου;
11. Πώς επιδρά η υπόφυση στο αναπαραγωγικό σύστημα του αρσενικού ατόμου στον άνθρωπο;
12. Περιγράψτε τη σχέση της δραστηριότητας

από τη μείωση. Οι ορχιδέες έχει αποδειχθεί ότι είναι εξαιρετικά προσαρμόσιμες και όσοι ασχολούνται με τη βελτίωσή τους χρησιμοποιούν και το δεδομένο της πολυπλοειδίας για να αυξήσουν την ποικιλότητα στις ορχιδέες ακόμη περισσότερο. Στα πειράματα βελτιώσεως διασταυρώσεων χρησιμοποιούν διασταυρώσεις μεταξύ φυτών που είναι γνωστό ότι έχουν διαφορετικό αριθμό χρωματοσωμάτων.

Η κυρία στο θερμοκήπιό της (δεξιά) είναι η κ. Πατ Τρουμπλ από το Μπούλντερ του Κολοράντο. Το φυτό ορχιδέα που κρατά έχει προγόνους από τρία διαφορετικά γένη. Πρώτα διασταυρώθηκαν ορχιδέες από δύο διαφορετικά γένη. Ένα γόνιμο φυτό από αυτή τη διασταύρωση διασταυρώθηκε κατόπιν με ένα τρίτο γένος. Η διασταύρωση αυτή παρήγαγε την ορχιδέα που βλέπετε: Πήρε βραβείο, αλλά κανείς ακόμη δεν ξέρει αν είναι γόνιμη. Η κ. Τρουμπλ όμως γνωρίζει ότι ο αριθμός των χρωματοσωμάτων των τριών γενών δεν ήταν ίδιος.

Αν το φυτό είναι άγονο, η αγενής αναπαραγωγή μπορεί να βοηθήσει. Το φυτό μπορεί να βοηθήσει δημιουργώντας ένα νέο βλαστό. Ο μεριστωματικός ιστός, για τον οποίο θα μάθετε στο επόμενο κεφάλαιο, μπορεί να παραληφθεί από τα αυξανόμενα άκρα και να καλλιεργηθεί σε εργαστηριακά τρυβλία καλλιέργειας. Ορχιδέες οι οποίες θα παράγουν άνθη ακριβώς όπως τα άνθη του γονικού φυτού μπορούν να δημιουργηθούν ως κλώνοι από αυτή την καλλιέργεια. Η νέα ορχιδέα της κ. Τρουμπλ θα μπορεί κατόπιν να πολλαπλασιασθεί πιο τέλεια από ό,τι θα πολλαπλασιαζόταν με τη συνηθισμένη μεθοδολογία βελτιώσεως. Μπορείτε να εξηγήσετε γιατί;



της ωοθήκης με την ανάπτυξη του ενδομητρίου κατά τη διάρκεια του καταμήνιου κύκλου. Περιγράψτε τη σχέση του υποθαλάμου και του αδένα της υποφύσεως στην ανάπτυξη του ενδομητρίου.

ΑΡΘΡΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΒΑΣΜΑ

Avers, C. J. *Biology of Sex.* New York, John Wiley & Sons, 1974.

Epel, D. "The Program of Fertilization." *Scientific American,* November, 1977.

Dittmer, H. J. *Modern Plant Biology.* New York, Van Nostrand Reinhold, 1971.

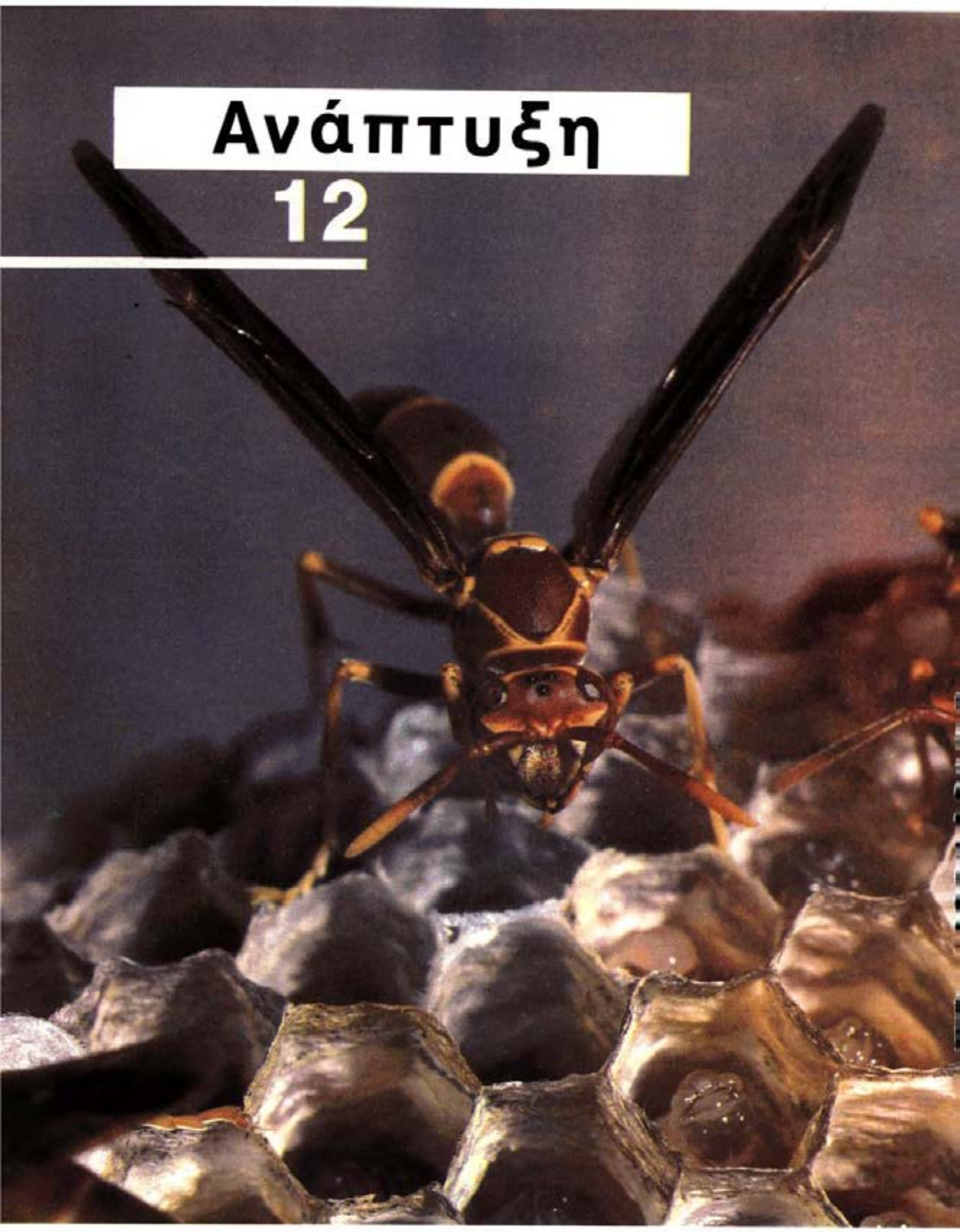
Gordon, R. and A. G. Jacobson. "The Shaping of Tissues in Embryos." *Scientific American,* June, 1978.

Hyde, J. S. *Understanding Human Sexuality.* New York, McGraw-Hill, 1979.

Palmer, J. D. "Biological Clocks of the Tidal Zone." *Scientific American,* February, 1975.

Saunders, D. S. "The Biological Clocks of Insects." *Scientific American,* February, 1976.

Ανάπτυξη
12



Φροντίδα για τα αναπτυσσόμενα νεαρά άτομα. Παρατηρήστε τις νεαρές προνύμφες σφήκας μέσα στις κυψελίδες.

Στο προηγούμενο κεφάλαιο μάθατε πώς αναπαράγονται οργανισμοί που ανήκαν σε έναν αριθμό διαφορετικών ειδών. Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθείτε με μερικές αλληλοεξαρτώμενες διαδικασίες, με τις οποίες οι οργανισμοί αναπτύσσονται από τα πρώτα στάδια της ζωής τους στο γονιμοποιημένο ωάριο.

Η διαρκώς αυξανόμενη γνώση μερικών από τις επιδράσεις του περιβάλλοντος στην ανάπτυξη είναι ακριβώς ένας από τους παράγοντες που κάνουν το θέμα αυτό ένα πεδίο αυξανόμενης σημασίας.

Οι απόγονοι των απλουστέρων οργανισμών μοιάζουν με τους γονείς τους ευθύς αμέσως. Όταν μία αμοιβάδα, ένα βακτήριο ή ένα μονοκύτταρο φύκος διαιρείται, το έμβιο υλικό του διαμοιράζεται μεταξύ των δύο νέων κυττάρων και το γονικό κύτταρο χάνει την ύπαρξή του.

Στα ανώτερα φυτά και ζώα όμως η διαδικασία της εγγενούς αναπαραγωγής δεν οδηγεί αμέσως στο σχηματισμό ατόμων που μοιάζουν με τους γονείς τους. Το γονιμοποιημένο ωάριο υφίσταται εντυπωσιακές αλλαγές καθώς διαιρείται, αυξάνει και τελικώς αναπτύσσεται σε ένα πλήρως σχηματισμένο οργανισμό με τα χαρακτηριστικά των γονέων του.

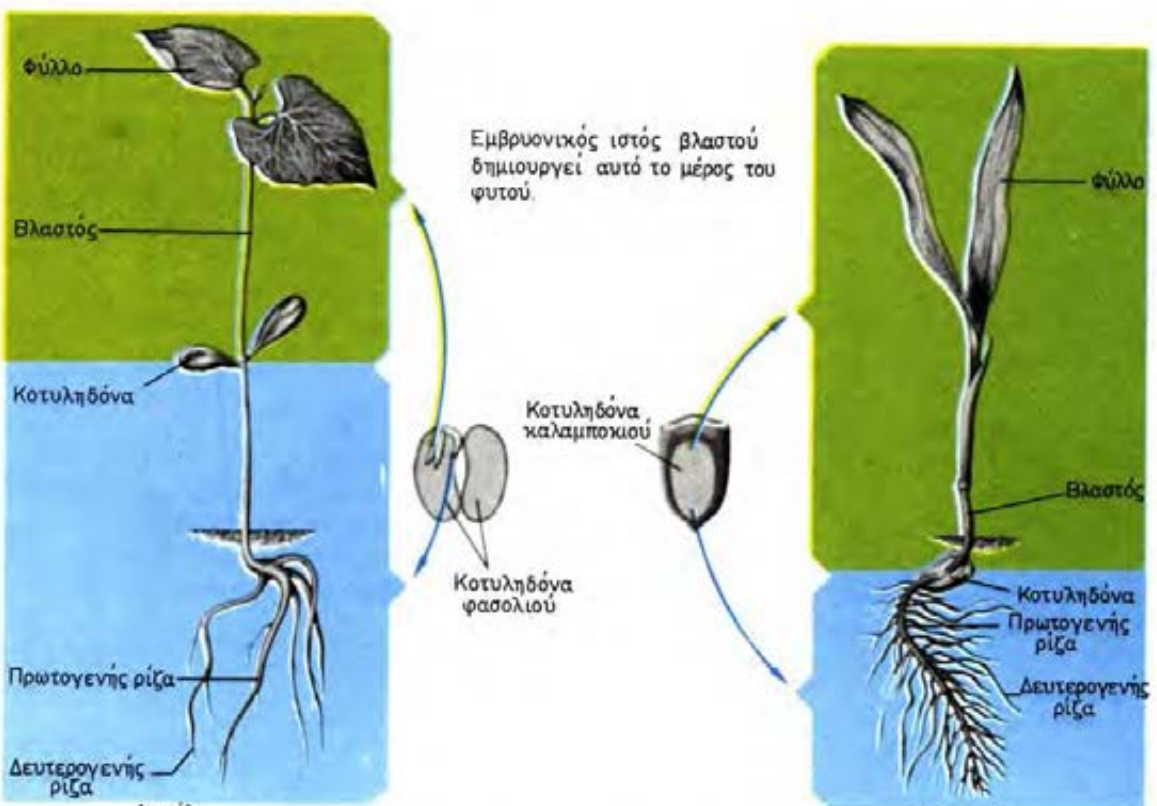
Τρόποι αναπτύξεως στα φυτά

12-1
Πώς το απλό κύτταρο αναπτύσσεται σε πολυκύτταρο οργανισμό;

Όλοι οι τρόποι αναπαραγωγής είναι όμοιοι ως προς το γεγονός ότι κάθε γονέας συνεισφέρει ένα μέρος του εαυτού του στο νέο άτομο. Η διαδικασία με την οποία τα κύτταρα που συνεισφέρει ο γονέας ή οι γονείς αναπτύσσονται σε ολοκληρωμένα νέα άτομα ονομάζεται ανάπτυξη. Στην εγγενή αναπαραγωγή τα χρωματοσώματα και του ωαρίου και του σπερματοζωαρίου συμμετέχουν ενεργώς στην ανάπτυξη των νέων ατόμων. Το γεγονός αυτό δεν θεμελιώθηκε παρά μόνο στα τέλη του 19ου αιώνα.

Ποιες διαδικασίες πραγματοποιούνται, ενώ αναπτύσσεται ο οργανισμός από ένα μικροσκοπικό γονιμοποιημένο ωάριο σε ένα ώριμο άτομο; Σκεφθείτε τον εαυτό σας, για παράδειγμα. Δεν είναι δύσκολο να καταγράψετε τα σπουδαιότερα σημεία στα οποία διαφέρετε από το γονιμοποιημένο ωάριο που ήταν το αρχικό σημείο της αναπτύξεώς σας. Πρώτα απ' όλα, αποτελείσθε από δισεκατομμύρια κύτταρα, ενώ το γονιμοποιημένο κύτταρο ήταν ένα και μοναδικό. Δεύτερο, είσθε αρκετά μεγαλύτεροι από ένα γονιμοποιημένο κύτταρο και τρίτο, αποτελείσθε από κύτταρα πολλών και διαφόρων ειδών, οργανωμένα σε διαφορετικούς ιστούς, όργανα και συστήματα, ενώ το ωό ήταν μόνο ένα κύτταρο, ενός είδους.

Η ανάπτυξη θεωρείται γενικά ως αύξηση στην ποσότητα του παρόντος έμβιου υλικού. Σε διαφορετικές περιόδους της αναπτύξεως ορισμένα τμήματα του οργανισμού βρίσκονται σε περίοδο ταχείας και κρίσιμης αναπτύξεως. Ο ρυθμός αναπτύξεως επιβραδύνεται συνήθως όταν ο οργανισμός πλησιάζει σε ένα ορισμένο μέγεθος. Μερικά τμήματα ενός οργανισμού όμως μπορεί να συνεχίσουν να μεγαλώνουν καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής. Η ανάπτυξη είναι στην πραγματικότητα το καθαρό αποτέλεσμα στο οποίο οδηγούν τρεις αλληλοσυνδεόμενες κυτταρικές διεργασίες:



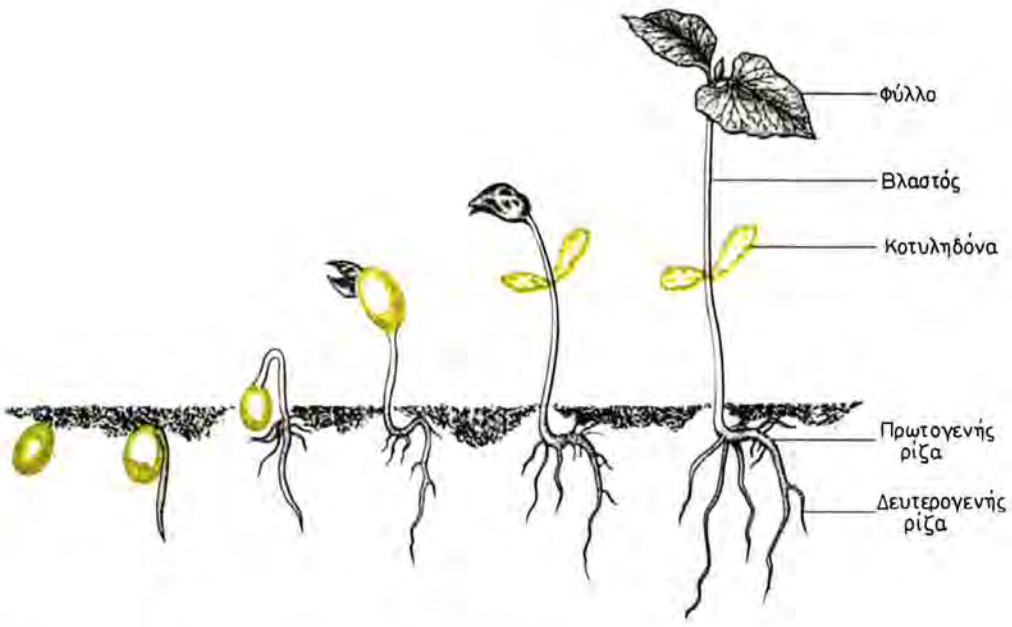
Εικόνα 12-1 *Σύγκρινε τα νεαρά φυτά φασολιού και καλαμποκιού. Το φυτό φασολιού έχει δύο κοτυληδόνες, του καλαμποκιού έχει μία. Πώς αλλιώς διαφέρουν τα φυτά αυτά; Σε τι μοιάζουν;*

1. ***Κυτταρική διαίρεση.*** Το ωό αρχίζει, σχεδόν αμέσως μετά τη γονιμοποίηση, να διαιρείται και η κυτταρική διαίρεση συνεχίζεται καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής. Πολλά κύτταρα του σώματός σας ανανεώνονται διαρκώς με την κυτταρική διαίρεση.
2. ***Αύξηση ή μεγέθυνση του κυττάρου.*** Μετά την κυτταρική διαίρεση τα δύο κύτταρα που προκύπτουν συνήθως αυξάνουν σε μέγεθος. Για τη σύνθεση περισσότερου κυτταροπλάσματος και την αύξηση του κυττάρου χρησιμοποιούνται υλικά και καταναλίσκεται ενέργεια.
3. ***Κυτταρική διαφοροποίηση.*** Καθώς διαιρούνται τα κύτταρα και μεγαλώνει ο οργανισμός, τα κύτταρα γίνονται διαρκώς και πιο διαφορετικά μεταξύ τους. Διάφοροι τύποι κυττάρων εξειδικεύονται και επιτελούν ειδικές λειτουργίες.

12-2
Η ανάπτυξη στα ανώτερα φυτά αρχίζει από το σπέρμα

Παρά το ότι στα φυτά έχουν εμφανισθεί, εξελικτικά, μηχανισμοί που είναι αρκετά διαφορετικοί από τους μηχανισμούς στα ζώα, τα βασικά σημεία είναι τα ίδια. Η ανάπτυξη ενός φυτού αρχίζει σχεδόν αμέσως μετά τη γονιμοποίηση (βλ. παράγρ. 11-5). Στις περισσότερες περιπτώσεις το μικρό έμβρυο αρχίζει να αναπτύσσεται ενώ είναι ακόμη προσκολλημένο στο γονικό φυτό. Το σπέρμα προστατεύει και διατρέφει το νεαρό έμβρυο έως ότου αρχίζει να ζει από μόνο του. Τα σπέρματα των ανωτέρων φυτών περιέχουν κοτυληδόνες οι οποίες μαζί με το ενδοσπέρμιο παρέχουν τροφή για το αναπτυσσόμενο έμβρυο.

Μερικά φυτά έχουν μόνο μία κοτυληδόνα στο σπέρμα. Τα φυτά αυτά ονομάζονται μονοκοτυλήδονα φυτά ή απλώς μονοκοτυλή-



Εικόνα 12-2 *Καθώς αναπτύσσεται από το σπέρμα ένα φυτώριο φασολιού, αναπτύσσεται και πάνω και κάτω από τις κοτυληδόνες.*

δονα για συντομία. Το καλαμπόκι είναι ένα κοινό μονοκοτυλήδονο φυτό. Τα αγρωστώδη, τα κρινάκια και τα ορχεοειδή είναι άλλα παραδείγματα μονοκοτυληδόνων. Τα δικοτυλήδονα φυτά ή δικοτυλήδονα περιλαμβάνουν τα φυλλώδη φυτά (π.χ. φασόλια, μπιζέλια, τριφύλλι), τα κοινά δένδρα και θάμνους (εκτός από τα περισσότερα αειθαλή) και τα περισσότερα λουλούδια και λαχανικά του κήπου.

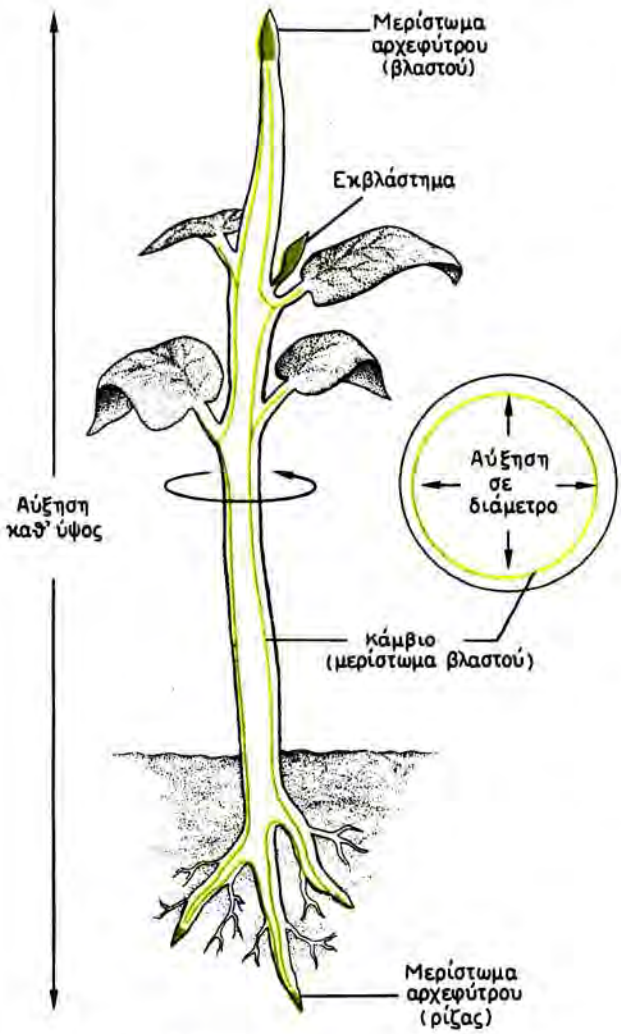
Τα τρία τμήματα ενός φυτικού εμβρύου μπορούν να διακριθούν εύκολα: Είναι το βλαστίδιο, το ριζίδιο και οι κοτυληδόνες (βλ. εικόνα 12-1). Οι κοτυληδόνες περιέχουν αρκετή τροφή, ώστε να δώσουν στο νεαρό φυτό θρεπτικά υλικά έως ότου μπορέσει να ανοίξει τα φύλλα του και να αρχίσει να δημιουργεί την τροφή του με φωτοσύνθεση. Οι κοτυληδόνες ορισμένων φυτών μπορούν για σύντομο χρονικό διάστημα να φωτοσυνθέτουν. Από το βλαστίδιο θα προέλθει το μεγαλύτερο μέρος του βλαστού, τα φύλλα και σταδιακά τα άνθη και οι καρποί. Το ριζίδιο σχηματίζει τις ρίζες του φυτού και το κατώτερο μέρος του βλαστού.

Αν το σπέρμα φυτευθεί και έχει στη διάθεσή του τις κατάλληλες συνθήκες υγρασίας, οξυγόνου και θερμοκρασίας, συνήθως θα φυτρώσει (θα βλαστήσει). Η εικόνα 12-2 δείχνει τα στάδια της αναπτύξεως του φασολιού.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 12-Α. Τι υπάρχει στο σπέρμα που μπορεί να αναπτυχθεί σε ένα ολόκληρο φυτό; Σελίδα 622.

12-3
Τα φυτικά έμβρυα αναπτύσσουν πρωτογενείς ιστούς αναπτύξεως

Με συχνές μιτώσεις νέα κύτταρα προωθούνται προς τα έξω από τις πρωτογενείς επιφάνειες αναπτύξεως, με αποτέλεσμα το φυτό να αυξάνει σε ύψος ή διάμετρο και να σχηματίζει δομές, όπως οι βλαστοί, τα φύλλα και τα άνθη. Οι πρωτογενείς ιστοί αναπτύξεως ονομάζονται μεριστώματα και διατηρούνται καθ' όλο το διάστημα της ζωής των περισσοτέρων φυτών. Όλοι οι μόνιμοι ιστοί του φυτού προκύπτουν από το ένα ή το άλλο μερίστωμα (βλ. εικόνα 12-3). Το κάμβιο, που επιτρέπει την ανάπτυξη του βλαστού εγκαρσίως, σπανίως υπάρχει στα μονοκοτυλήδονα φυτά. Γι' αυτό τα μονοκοτυλήδονα μπορούν να μεγα-



Εικόνα 12-3 *Οι ιστοί πρωτογενούς αναπτύξεως του δικοτυλήδονου αυτού του φυτού ονομάζονται μεριστώματα. Περιλαμβάνουν το κάμβιο, το μερίστωμα του αρχεφύτρου και τα μεριστώματα των άλλων οφθαλμών.*

λώσουν καθ' ύψος αλλά δεν μεγαλώνουν πολύ σε διάμετρο.

Τα δικοτυλήδονα γενικώς διατηρούν τη ζώνη του καμβίου, η οποία παράγει τα κύτταρα που αποτελούν και το ξύλωμα και το φλοίωμα. Το ξύλωμα είναι ο ξυλώδης ιστός του φυτού και χρησιμεύει για την υποστήριξη του φυτού και τη διακίνηση του νερού μέσα στο φυτό. Το φλοίωμα είναι ο ιστός που μεταφέρει την τροφή. Η προσθήκη προκαλεί την εγκάρσια αύξηση. Οι εποχιακές στρώσεις εμφανίζονται ως ετήσιοι δακτύλιοι (εικόνα 12-4).

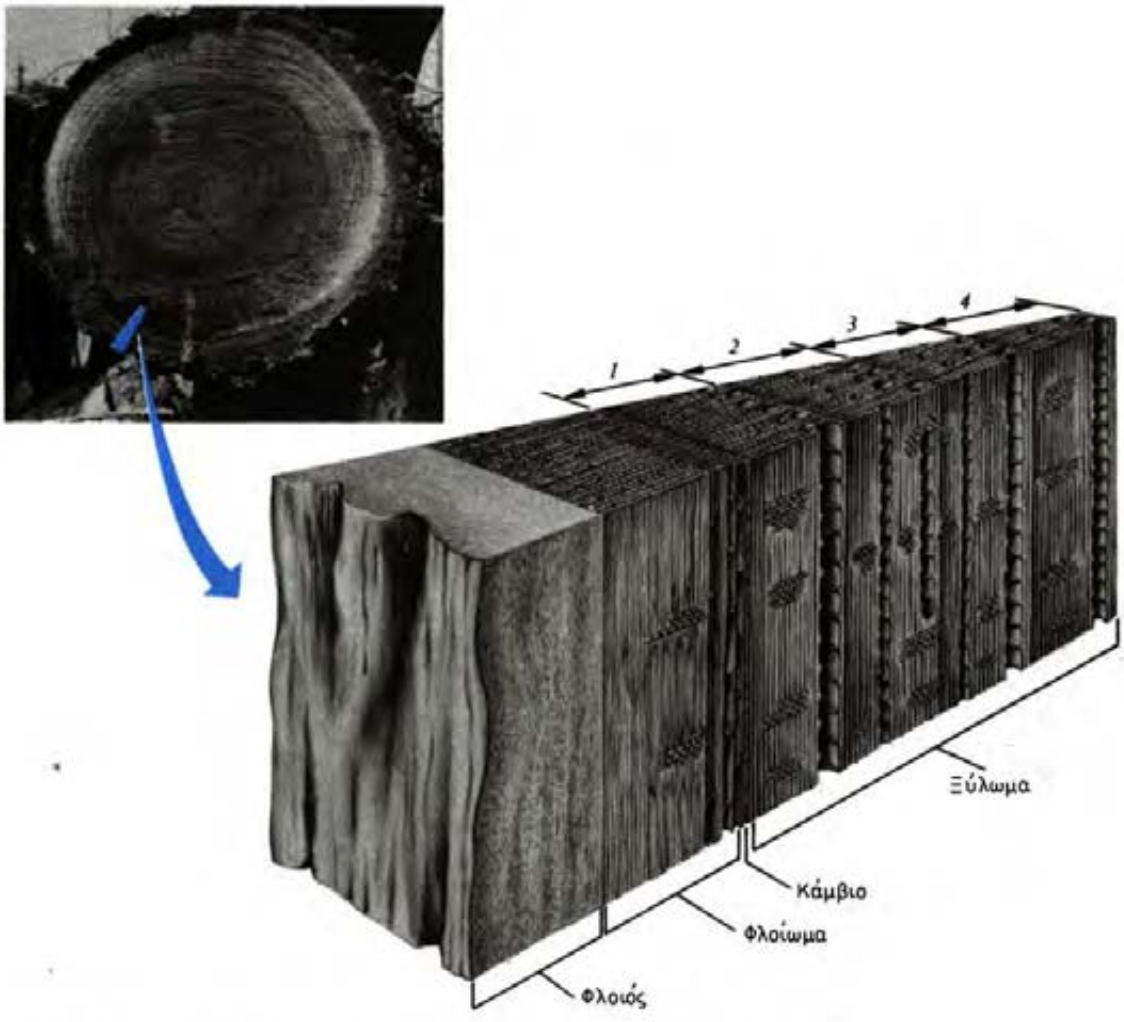
Το κέντρο ενός μεγάλου δένδρου δεν ζει. Αλλά τα παχιά και ανθεκτικά τοιχώματα των κυττάρων του, που κάποτε ζούσαν, συνήθως παραμένουν και αποτελούν το ξύλο του δένδρου. Παρόλο ότι αυτά τα εσωτερικά κύτταρα είναι καταστραμμένα, το δένδρο συνεχίζει τη φυσιολογική ανάπτυξή του, γιατί οι ζωντανοί ιστοί ενός κορμού δένδρου αποτελούν τμήμα του φλοιού. Το κάμβιο που αποτελεί το εσωτερικό στρώμα του φλοιού παράγει συνεχώς νέα στρώματα κυττάρων. Το γνωστό «δένδρο - καπνοδόχος» είναι μία τεράστια σεκόια, της οποίας το εσωτερικό έχει καεί, έτσι ώστε μόνο το εξωτερικό περίβλημα παραμένει. Μπορείτε να μπείτε μέσα στη βάση του κορμού και κοιτώντας προς τα επάνω να δείτε μέσα από το κέντρο του δένδρου το γαλάζιο ουρανό. Εξωτερικά το δένδρο μοιάζει φυσιολογικό και συνεχίζει να μεγαλώνει όπως τα άλλα δένδρα σεκόιας.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι γονείς συνεισφέρουν κάποιο μέρος του εαυτού τους στην επόμενη γενιά. Η ανάπτυξη του νέου ατόμου επιτυγχάνεται με τις διαδικασίες της κυτταρικής διαιρέσεως, του μεγαλώματος των κυττάρων και της διαφοροποιήσεως. Στα φυτά τα έμβρυα παράγουν κοτυληδόνες, που είναι ειδικές κατασκευές οι οποίες διατρέφουν και προφυλάσσουν τους αναπτυσσόμενους οργανισμούς. Τα μεριστώματα είναι εξειδικευμένες περιοχές αναπτύξεως από τις οποίες προκύπτουν όλοι οι μόνιμοι ιστοί ενός φυτού.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Ποιες διαδικασίες των κυττάρων ενός δένδρου πλέκονται στην ανάπτυξη ενός πολυκυττάρου οργανισμού;
2. Τι είναι ο ιστός του μεριστώματος των φυτών; Ποια είναι η λειτουργία του;
3. Τι είναι οι κοτυληδόνες; Ποια είναι η λειτουργία τους;
4. Ποια είναι μονοκοτυλήδονα; Ποια είναι δικοτυλήδονα;
5. Τι είναι ο ιστός του καμβίου; Πού βρίσκεται στα περισσότερα δένδρα;
6. Ποιες συνθήκες φαίνεται ότι είναι οι κατάλληλες για το μεγάλωμα και την ανάπτυξη των φυτικών εμβρύων;



Εικόνα 12-4 *Η αλληλουχία των δακτυλίων στο ξύλο ενός κορμού δένδρου σημειώνει την ανάπτυξή του κάθε χρόνο. Οι ετήσιοι δακτύλιοι προστίθενται από το κάμβιο, το μεριστωματικό ιστό κάτω από το φλοιό. Το ξύλωμα, που διακινεί νερό και άλατα, συνεχίζει να σχηματίζεται από το κάμβιο καθ' όλη την εποχή αναπτύξεως. Τα κύτταρα που σχηματίζονται κατά το τέλος της εποχής είναι μικρότερα από αυτά που σχηματίζονται στην αρχή και αυτή η διαφοροποίηση σχηματίζει τους δακτύλιους (1, 2, 3, 4 στο σχέδιο). Τα κύτταρα του φλοιώματος που διακινούν θρεπτικά υλικά σχηματίζονται επίσης από το κάμβιο.*

Τρόποι αναπτύξεως των ζώων

12-4
Παλαιότερες ιδέες για την ανάπτυξη

Πριν από τα χρόνια του Αριστοτέλη κανείς δεν ήξερε πώς αναπτύσσεται ένα κοτόπουλο από το αυγό μιας κότας ή ένας γυρίνος από τα αυγά ενός βατράχου ή ένα φυτό από ένα σπέρμα. Ο Αριστοτέλης παρατήρησε την ανάπτυξη του κοτόπουλου και έφθασε στο συμπέ-

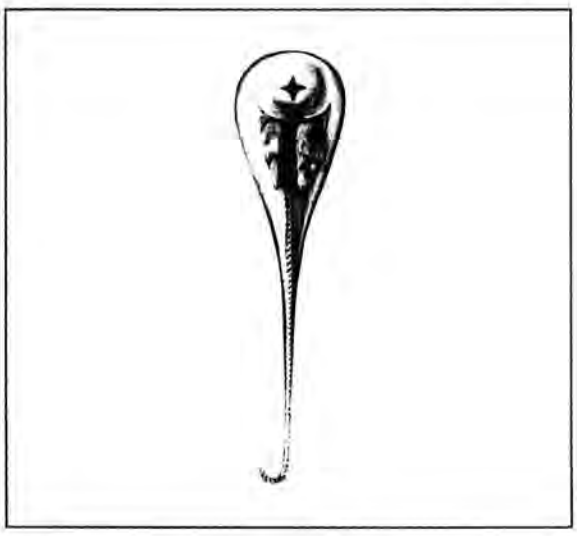
ρασμα ότι το κοτόπουλο αναπτυσσόταν από αδιοργάνωτα υλικά του αυγού. Ο Αριστοτέλης σκέφθηκε ότι το αδιαμόρφωτο υλικό, από το οποίο αναπτύσσεται ο οργανισμός, ήταν το «θηλυκό στοιχείο» και ότι το σπέρμα, το «αρσενικό στοιχείο», έδινε το «ζωογόνο σπινθήρα» για την ανάπτυξη. Η ιδέα ότι ένα νέο άτομο αναπτύσσεται σταδιακά από ακατέργαστα αδιαμόρφωτα υλικά ονομάζεται ***επιγένεση.***

Άλλοι πίστευαν ότι εξαιρετικά μικρά, τελείως διαμορφωμένα άτομα, υπήρχαν μέσα στα σπερματοζωάρια ή τα ωάρια. Η ιδέα αυτή ονομάζεται προσχηματισμός (εικόνα 12-5). Μόνο όταν χρησιμοποιήθηκαν καλύτερα μικροσκόπια και δόθηκε περισσότερη έμφαση τόσο στην άμεση παρατήρηση όσο και στα πειράματα, κατασίγασαν οι διαφωνίες μεταξύ εκείνων που πίστευαν στον προσχηματισμό ή στην επιγένεση. Μία σειρά προσεκτικών παρατηρήσεων σε επωαζόμενα αυγά κότας αποκάλυψαν ότι υπήρχε μία συνεχής ανάπτυξη και σταδιακή διαμόρφωση των οργάνων στο κοτόπουλο.

Οι σύγχρονοι βιολόγοι ωστόσο γνωρίζουν τώρα ότι το αυγό δεν είναι ανοργάνωτο. Φαίνεται ότι υπάρχει κάποιος βαθμός προσχηματισμού και ένας μεγάλος βαθμός επιγενέσεως κατά την ανάπτυξη κάθε οργανισμού. Μερικά από τα πειράματα που έδωσαν τις ενδείξεις περιγράφονται αργότερα σε αυτό το κεφάλαιο.

Τα αυγά της κότας αποδείχθηκαν πιο πρόσφορα για την παρατήρηση από τα ωάρια των θηλαστικών που είναι πολύ μικρά. Ο Κάρολος φον Μπάερ, κατά τον 19ο αιώνα, ήταν ίσως ο πρώτος άνθρωπος που είδε ένα ωάριο θηλαστικού. Ο φον Μπάερ μελέτησε την ανάπτυξη και του κουνελιού και του σκύλου, παρατηρώντας το ωάριο ενός σκύλου στο μικροσκόπιο.

Τα κύτταρα-ωάρια άλλων θηλαστικών ανακαλύφθηκαν αργότερα και τελικά παρατηρήθηκαν και τα ανθρώπινα ωάρια. Κάτω από το μικροσκόπιο το ανθρώπινο ωάριο δεν δείχνει διαφορές από τα ωάρια άλλων θηλαστικών. Όλα τα ωάρια θηλαστικών είναι περίπου ίδιου μεγέθους. Το ωάριο μιας φάλαινας είναι μόλις λίγο μεγαλύτερο από το ωάριο ενός ποντικού. Η εικόνα 12-6 συγκρίνει ωάρια και σπερματοζωάρια διαφόρων σπονδυλωτών.

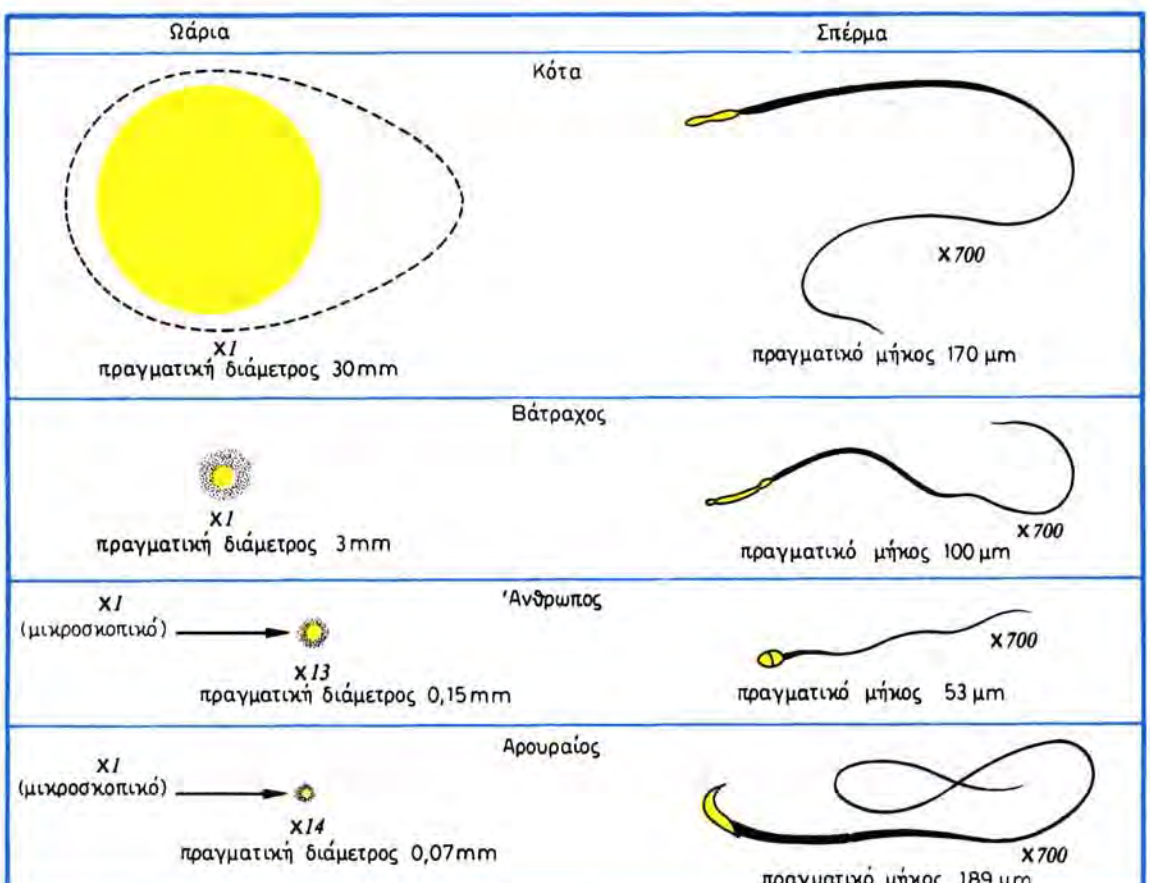


Εικόνα 12-5 *Όπως ένα φυτικό έμβρυο μπορεί να παρατηρηθεί σε ένα ανοιγμένο σπέρμα, έτσι φαντάστηκαν ότι μέσα στο ανθρώπινο σπέρμα υπήρχε αυτό το μικρό ανθρώπινο ον, λόγω του συγκεχυμένου περιγράμματος που «έβλεπαν» οι παλαιοί επιστήμονες με τα πρωτόγονα μικροσκόπια. Άλλοι επιστήμονες αμφισβήτησαν αυτή την εξήγηση. Μερικοί είδαν μικρά όντα στα ωάρια και όχι στο σπέρμα. Άλλοι ξεκάθαρα αρνήθηκαν ότι υπήρχε είτε στα ωάρια είτε στο σπέρμα.*

12-5
Οι αρχικές αναπτυξιακές διαδικασίες της αυλακώσεως

Μία ομάδα ζώων, των οποίων τα ωάρια έχουν χρησιμοποιηθεί, από πολύ καιρό, για τη μελέτη των σταδίων αναπτύξεως, είναι τα εχινόδερμα. Ο αστερίας και οι αχινοί ανήκουν σε αυτή την ομάδα. Τα ζώα αυτά παράγουν μεγάλο αριθμό ωαρίων που μπορούν να γονιμοποιηθούν εύκολα στο εργαστήριο. Κατόπιν είναι δυνατό να μελετήσει κανείς με λεπτομέρεια τα σπουδαιότερα στάδια από το γονιμοποιημένο ωάριο έως το πλήρως αναπτυγμένο ζώο. Με την πάροδο του χρόνου οι βιολόγοι έμαθαν ότι αυτά τα έμβρυα μοιάζουν με τα πρώτα στάδια της αναπτύξεως των περισσοτέρων ζώων που προκύπτουν από νομιμοποιημένα ωάρια (εικόνα 12-7).

Κατά τη διαδικασία της αυλακώσεως το γονιμοποιημένο ωάριο υφίσταται πολλές μιτωτικές διαιρέσεις και τελικά γίνεται μία



Εικόνα 12-6 *Παραβάλετε τα μεγέθη αυτών των ωαρίων και των σπερματοζωαρίων σπονδυλωτών. Πώς εξηγείτε τη μεγάλη διαφορά σε μέγεθος μεταξύ ενός ωαρίου κότας και ενός ανθρώπινου ωαρίου;*

σφικτοδεμένη σφαίρα από πολλά κύτταρα (βλ. εικόνα 12-8, στη σελίδα 253). Ποια νομίζετε ότι είναι η πηγή ενέργειας για όλες αυτές τις διαιρέσεις;

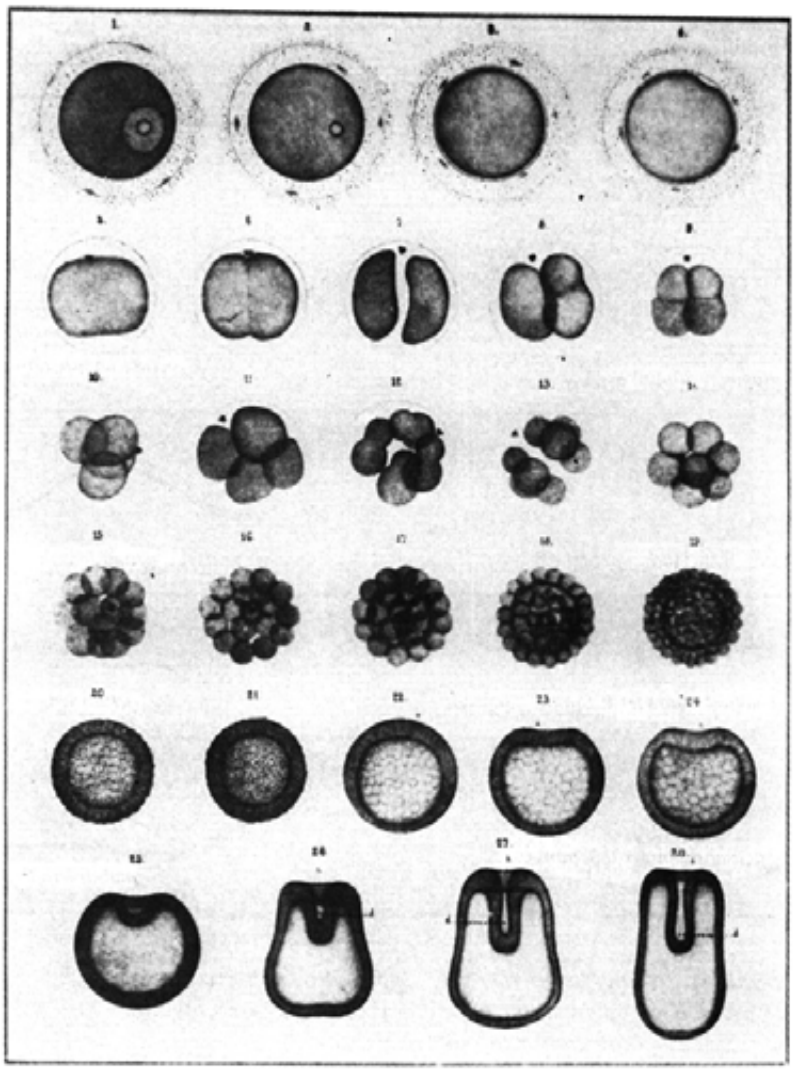
Η εικόνα 12-9, επίσης στη σελίδα 253, δείχνει το στάδιο δύο κυττάρων ενός γονιμοποιημένου ανθρώπινου ωαρίου. Η αυλάκωση συνεχίζεται, μέχρις ότου δημιουργηθούν εκατοντάδες μικρότερα κύτταρα. Το έμβρυο αναπτύσσεται από μερικά από τα κύτταρα αυτά. Από άλλα κύτταρα αναπτύσσονται μεμβράνες που προφυλάσσουν και διατρέφουν το έμβρυο μέσα στο σώμα της μητέρας.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 12-Β. Ανάπτυξη εμβρύου κότας, σελίδα 624.

12-6
Τα έμβρυα αναπτύσσουν εσωτερικά κοιλώματα μετά την αυλάκωση

Ένα κοίλωμα γεμάτο υγρό σχηματίζεται μέσα στη μάζα των κυττάρων που σχηματίζονται από την αυλάκωση. Στο στάδιο αυτό το έμβρυο είναι γνωστό ως βλαστίδιο (βλ. εικόνες 12-8 και 12-10). Το κοίλωμα του βλαστιδίου είναι μόνο προσωρινό, αλλά δημιουργεί χώρο για τις πρώτες σειρές αναδιπλώσεων που παρατηρούνται καθώς αναπτύσσεται το έμβρυο.

Στο επόμενο στάδιο αναπτύξεως, τα κύτταρα στην επιφάνεια του εμβρύου προωθούνται προς το εσωτερικό του. Αυτή η αναδίπλωση των κυττάρων προκαλεί σμίκρυνση του κοι-

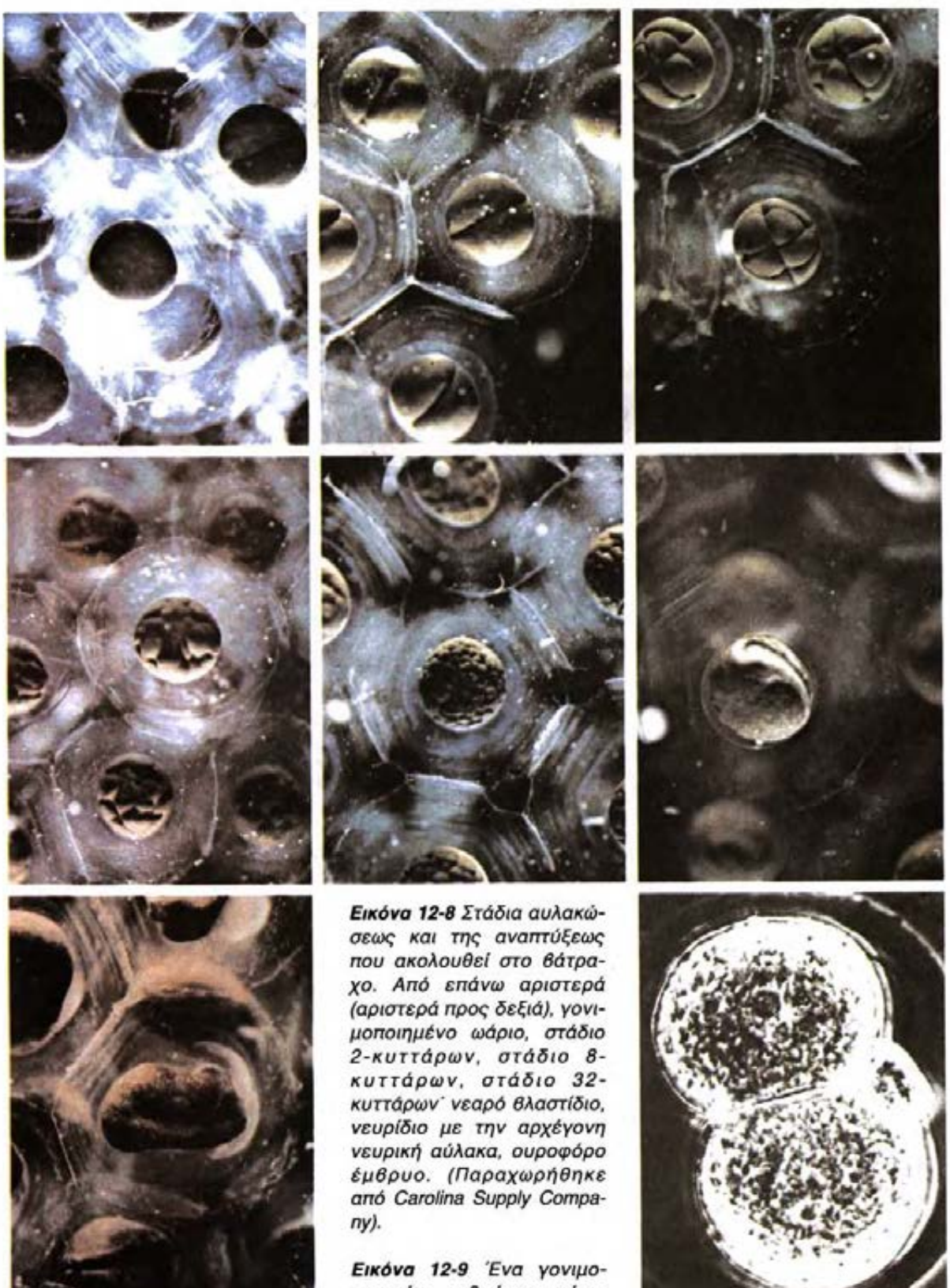


Εικόνα 12-7 *Σχέδια πρώτων σταδίων αναπτύξεως αστερία, που δημοσιεύθηκαν το 1877 από τον Λουί Αγγασσίζ. Το στάδιο 28 παρατηρείται 22 ώρες μετά τη γονιμοποίηση.*

λώματος του βλαστιδίου. Το έμβρυο που προκύπτει από αυτή τη διακίνηση των κυττάρων ονομάζεται γαστρίδιο (μελετήστε τα σχέδια β, γ και δ στην εικόνα 12-10).

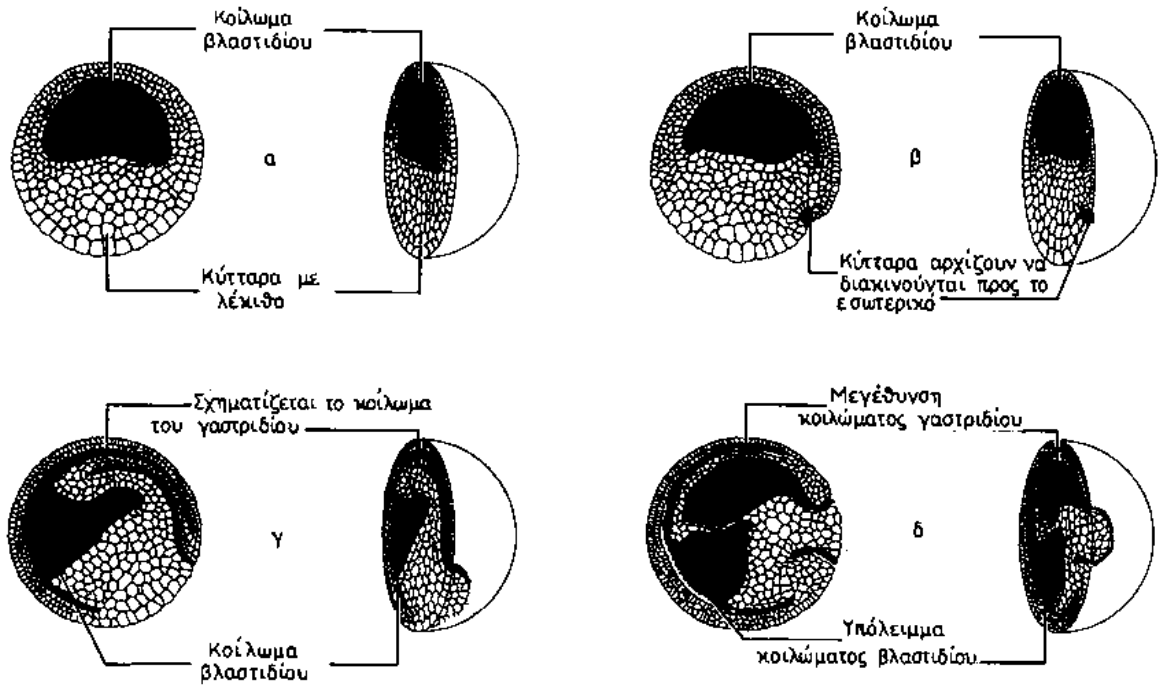
Η κοιλότητα του γαστριδίου σταδιακά οδηγεί στο σχηματισμό του πεπτικού συστήματος. Συνενώνει τα κύτταρα που έχουν προωθηθεί από το εμπρόσθιο άκρο του εμβρύου προς σχηματισμό του στόματος του ζώου. Παρόμοια εξέλιξη παρατηρείται στο ουραίο άκρο που οδηγεί στο σχηματισμό της έδρας. Το κοίλωμα του πεπτικού συστήματος είναι ένας σωλήνας, που βρίσκεται στο εσωτερικό ενός δεύτερου σωλήνα του κοιλώματος του σώματος (βλέπε εικόνα 12-11).

Με η διακίνηση κυττάρων στο εσωτερικό του εμβρύου σχηματίζονται τρεις επιφάνειες στο έμβρυο. Μικρές αβλαβείς ποσότητες ερυθρής και κυανής χρωστικής εκχύθηκαν στην εξωτερική επιφάνεια αναπτυσσομένων εμβρύων αμφιβίων. Όταν τα έμβρυα αργότερα τεμαχίστηκαν, περιοχές με διαφορετικά χρώματα μπορούσαν να εντοπισθούν σε μία ποικιλία από εσωτερικά όργανα. Το ίδιο είδος



Εικόνα 12-8 *Στάδια αυλακώσεως και της αναπτύξεως που ακολουθεί στο βάτραχο. Από επάνω αριστερά (αριστερά προς δεξιά), γονιμοποιημένο ωάριο, στάδιο 2-κυττάρων, στάδιο 8-κυττάρων, στάδιο 32-κυττάρων˙ νεαρό βλαστίδιο, νευρίδιο με την αρχέγονη νευρική αύλακα, ουροφόρο έμβρυο. (Παραχωρήθηκε από Carolina Supply Company).*

Εικόνα 12-9 *Ένα γονιμοποιημένο ανθρώπινο ωάριο στο στάδιο των 2-κυττάρων.*



Εικόνα 12-10 *Στάδια βλαστιδίου και γαστριδίου σε έμβρυο βατράχου. Το κοίλωμα του βλαστιδίου (α) μικραίνει (β, γ, δ) και τελικώς εξαφανίζεται καθώς η αναδίπλωση των επιφανειακών κυττάρων σχηματίζει το κοίλωμα του γαστριδίου.*

πειράματος μπορεί να γίνει με έμβρυα κότας με την τοποθέτηση μικρών τεμαχίων άνθρακα στο έμβρυο και παρακολουθώντας την κίνηση του άνθρακα καθώς αναπτύσσεται το κοτόπουλο.

Οι τρεις επιφάνειες ή στρώματα κυττάρων που σχηματίζονται είναι το ενδόδερμα, στο εσωτερικό, το εξώδερμα, στο εξωτερικό και το μεσόδερμα στη μέση. Αυτά τα τρία στρώματα περιέχουν τις απαρχές όλων των ιστών του σώματος του ώριμου ατόμου. Στον άνθρωπο π.χ. το μεσόδερμα δημιουργεί μεταξύ άλλων το αναπαραγωγικό, το εριστικό και το κυκλοφορικό σύστημα. Το εκτόδερμα δημιουργεί συστήματα που διαφέρουν πολύ μεταξύ τους, όπως το νευρικό σύστημα και το δέρμα και τα παράγωγά του. Χρησιμοποιήστε πάλι την εικόνα 12-11.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ένα γονιμοποιημένο ωάριο αναπτύσσεται ακολουθώντας ένα σύμπλεγμα διαδικασιών κυτταρικών διαιρέσεων, αναπτύξεως και διαφοροποιήσεως. Σε πολλά έμβρυα ζώων η ανάπτυξη αρχίζει με μία σειρά ταχέων κυτταρικών διαιρέσεων. Αυτό το στάδιο ονομάζεται στάδιο αυλακώσεως. Το στάδιο αυτό τελειώνει με το σχηματισμό του βλαστιδίου. Το βλαστίδιο αποτελείται από ένα έμβρυο σε σχήμα σφαίρας με ένα εσωτερικό κοίλωμα γεμάτο με υγρό. Κατόπιν ακολουθεί μία αναδίπλωση των κυττάρων, γνωστή ως στάδιο γαστριδίου. Με μετακινήσεις κυττάρων σχηματίζονται τρία στρώματα από κύτταρα: το εκτόδερμα, το μεσόδερμα και το εξώδερμα. Όλοι οι ιστοί και τα όργανα του σώματος αναπτύσσονται από τα στρώματα αυτά.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Τι είναι η αυλάκωση;
2. Περιέγραψε το στάδιο του βλαστιδίου στο έμβρυο.
3. Τι συμβαίνει στο στάδιο γαστριδίου ενός εμβρύου;
4. Εξήγησε τους όρους που χρησιμοποιούνται

για τα τρία πρώτα στρώματα κυττάρων ενός ζώου.

5. Γενικά, ποιοι ιστοί και όργανα αναπτύσσονται από κάθε στρώμα;



Εικόνα 12-11 *Τα τρία πρωτογενή στρώματα κυττάρων σε ένα έμβρυο σπονδυλωτών (εγκάρσια τομή). Μερικές από τις δομές των ωρίμων ατόμων, που προκύπτουν από κάθε στρώμα κατά τη διάρκεια της αναπτύξεως, αναφέρονται στα δεξιά του σχεδίου. Το εξώδερμα διακρίνεται σε επιδερμικό και νευρικό εξώδερμα.*

Εξήγηση της αναπτύξεως

12-7
Παλαιότερα πειράματα πρότειναν δύο τύπους αναπτυξιακών διαδικασιών

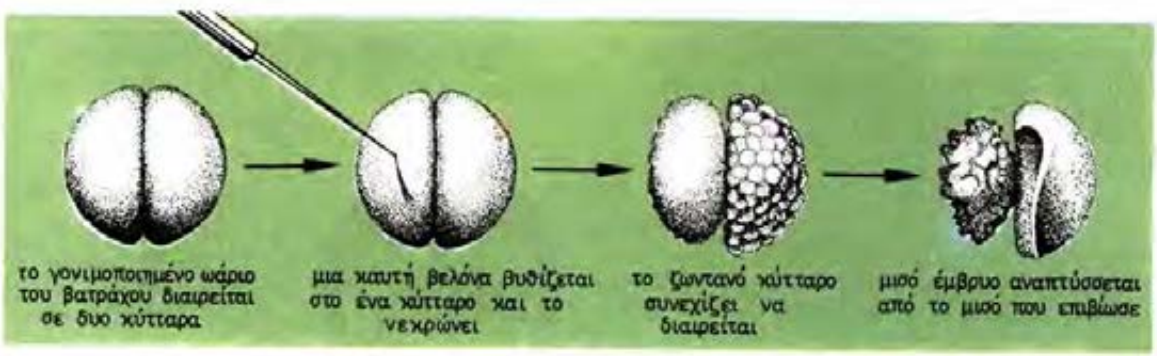
Η δυνατότητα περιγραφής του τι ακριβώς συμβαίνει κατά την ανάπτυξη είναι κάτι το τελείως διαφορετικό από τη δυνατότητα εξηγήσεως του πώς συμβαίνει αυτό. Πώς μπορεί ένα ωό βατράχου να αναπτυχθεί σε γυρίνο και κατόπιν σε βάτραχο και πώς ένας σπόρος φασολιού αναπτύσσεται σε μία φασολιά;

Οι βιολόγοι αρχίζουν να αντιλαμβάνονται ότι ο τρόπος που θα επιτρέψει να κατανοήσομε περισσότερα γύρω από τη φυσιολογική ανάπτυξη είναι να μελετήσομε τι συμβαίνει όταν γίνονται παρεμβάσεις στη φυσιολογική ανάπτυξη. Καμιά φορά στη φύση, η φυσιολογική ανάπτυξη αλλοιώνεται με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται ασυνήθιστα άτομα από προφανώς φυσιολογικά ωά ή φυσιολογικά σπέρματα.

Ένα από τα πρώτα πιο σπουδαία πειράματα έγινε το 1988 από το Γερμανό επιστήμονα Βίλχελμ Ρου. Ωάρια βατράχου γονιμοποιήθηκαν και αφέθηκαν να διαιρεθούν μία φορά. Κατόπιν ο Ρου τρύπησε με μία καυτή βελόνα ένα από τα δύο κύτταρα που προήλθαν από το ωό με σκοπό να το νεκρώσει. Το άλλο κύτταρο δεν τραυματιζόταν. Ο Ρου ανακάλυψε ότι το υγιές κύτταρο αναπτυσσόταν σε μισό έμβρυο – άλλες φορές ένα άκρο με κεφάλι, άλλες φορές ένα άκρο με ουρά, καμιά φορά ένα αριστερό μισό και καμιά φορά ένα δεξιό μισό, αλλά πάντοτε ένα μισό έμβρυο, ποτέ ένα ολόκληρο (εικόνα 12-12).

Ας σκεφθούμε λίγο το πείραμα του Ρου. Φαίνεται ότι υπάρχουν ενδείξεις για κάποιο είδος προσχηματισμού – όχι προσχηματισμού σώματος, αλλά προσχηματισμού σχεδίου που καθορίζει την ανάπτυξη. Αν ένα από τα δύο κύτταρα αναπτύσσεται στο αριστερό μισό ενός εμβρύου, το κύτταρο που επιβιώνει δεν είναι σε θέση να αλλάξει την οργάνωσή του και να σχηματισθεί ένα ολόκληρο έμβρυο.

Το πείραμα του Ρου ήταν τόσο ενδιαφέρον, ώστε πολλοί άρχισαν να κάνουν παρόμοια πειράματα τρυπώντας ωά με βελόνες ή διαχωρίζοντας με ένα οποιοδήποτε τρόπο τα δύο πρώτα κύτταρα. Ένας από αυτούς τους πειραματιστές ήταν ο Χανς Ντρις, που έκανε ένα πείραμα παρόμοιο με το πείραμα του Ρου αλλά με διαφορετικό ζώο. Ο Ντρις χρησιμοποίησε ωά θαλάσσιου αχινού, που ήταν στο στάδιο των δύο κυττάρων και διαχώρισε τα δύο κύτταρα αντί να νεκρώσει το ένα. Το αποτέλεσμα ήταν πολύ διαφορετικό από το αποτέλεσμα του Ρου. Κάθε κύτταρο έδωσε ένα ολόκληρο έμβρυο. Αυτό το αποτέλεσμα έπεισε τον Ντρις ότι μία εξήγηση βασισμένη στην επιγένεση ήταν πιο κοντά στην πραγματικότητα από όσο μία εξήγηση βασισμένη στον προσχηματισμό. Κάθε μισό ωάριο, που οι οπαδοί του προσχηματισμού νόμιζαν ότι



Εικόνα 12-12 *Το πείραμα του Ρου για τη διερεύνηση της αναπτύξεως του εμβρύου. Κατά το στάδιο των δύο κυττάρων το ένα κύτταρο καταστρέφεται. Το κύτταρο που επιβιώνει σχηματίζει συνήθως ένα μισό έμβρυο – μόνο το κεφάλι ή το ουραίο τμήμα ή μόνο το αριστερό ή δεξιό μισό.*

θα οδηγούσε μόνο σε μισό έμβρυο, στην πραγματικότητα δημιουργούσε ένα ολόκληρο έμβρυο.

Ο Ρου και ο Ντρις άρχισαν μία μακροχρόνια συζήτηση. Έγραψαν άρθρα σε επιστημονικά περιοδικά λέγοντας ο καθένας ότι ο άλλος είχε κάνει λάθος. Σήμερα γνωρίζομε ότι και οι δύο είχαν εν μέρει δίκιο. Σύγχρονοι βιολόγοι επανέλαβαν το πείραμα του Ρου και ανακάλυψαν ότι τα μισά ωά του βατράχου καμιά φορά αναπτύσσονταν σε ολόκληρα έμβρυα. Το εάν κάποιος θα πάρει μισό έμβρυο ή ολόκληρο έμβρυο εξαρτάται από το πώς γίνεται το πείραμα. Αν κάποιος αφαιρέσει το ένα από τα δύο πρώτα κύτταρα, αντί να το νεκρώσει, το κύτταρο που απομένει σχηματίζει συνήθως ένα ολόκληρο έμβρυο. Στο αρχικό πείραμα του Ρου η παρουσία προφανώς του νεκρού κυττάρου απαγόρευε το σχηματισμό ενός ολόκληρου εμβρύου.

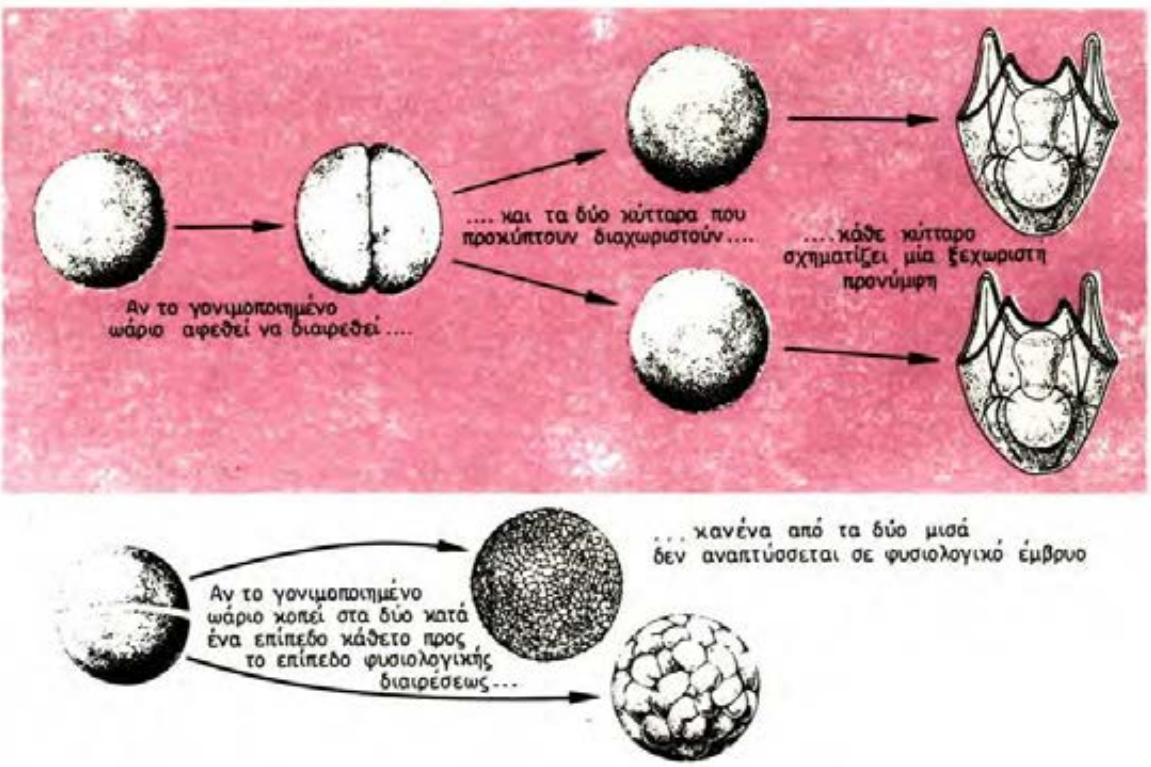
Και τα πειράματα του Ντρις με το θαλάσσιο αχινό έχουν επίσης επαναληφθεί και παρατηρήθηκαν παρόμοια αποτελέσματα. Παρόλα αυτά μερικές φορές ένα μισό ωό αχινού σχηματίζει ένα μισό έμβρυο. Αν τα δύο κύτταρα, που σχηματίζονται από την πρώτη διαίρεση διαχωρισθούν, καθένα από αυτά δίνει ένα ολόκληρο έμβρυο (εικόνα 12-13). Αλλά αν το κύταρο-ωό κοπεί κατά επίπεδο κάθετο προς το επίπεδο της φυσιολογικής κυτταρικής διαιρέσεως, κανένα από τα δύο μισά δεν δίνει ολόκληρο έμβρυο.

Ολόκληρη σειρά από πειράματα δείχνει ότι τα περισσότερα ωά συμπεριφέρονται με αυτόν τον τρόπο. Τα αποτελέσματα εξαρτώνται από τον τρόπο που γίνονται τα πειράματα. Η ανάπτυξη είναι κυρίως επιγενετική. Δεν υπάρχει προσχηματισμένος πυρήνας σε ένα ωάριο ή σπερματοζωάριο βατράχου, ούτε μικροσκοπικό ανθρώπινο ον σε ένα ανθρώπινο γαμέτη. Νέες δομές κάνουν διαρκώς την εμφάνισή τους κατά την ανάπτυξη.

Αλλά υπάρχει επίσης μία δόση αλήθειας στον προσχηματισμό – αν και όχι με τον τρόπο που το είχαν καταλάβει στην αρχή. Κατά κάποιο τρόπο μπορεί να πει κανείς ότι το έμβρυο προσχηματίζεται, επειδή παίρνει γονίδια από τους γονείς του. Η ανάπτυξή του θα εξαρτάται από τη δράση αυτών των γονιδίων. Ένα έμβρυο κληρονομεί μία προσχηματισμένη γενετική δομή. Αλλά αυτό είναι τελείως διαφορετικό από τη θεωρία του προσχηματισμού που πίστευαν παλαιότερα.

12-8
Είναι τα κύτταρα ενός νεαρού εμβρύου όλα όμοια;

Μερικά από τα πιο βασικά πειράματα για τη διερεύνηση της φύσεως των εμβρυονικών κυττάρων έγιναν από τον Χανς Σπέμαν. Το πιο πασίγνωστο από αυτά τα πειράματα αφορούσε στη διαφοροποίηση του εμβρυονικού νευρικού συστήματος. Από τα έμβρυα ο Σπέμαν έκοψε το εξώδερμα, το οποίο φυσιολογικά γίνεται ο νευρικός σωλήνας (παρατηρήστε πάλι την εικόνα 12-11) και τοποθέτησε τα κομμάτια αυτά του εξωδέρματος σε ένα ξεχωριστό τρυβλίο. Κάθε έμβρυο από το οποίο είχε αποκοπεί αυτό το τμήμα έκλεισε



Εικόνα 12-13 *Ο Ντρις διαχώρισε τα δύο ζωντανά κύτταρα κατά το στάδιο των δύο κυττάρων (επάνω αλληλουχία σχεδίου). Κάθε κύτταρο αναπτύχθηκε προς σχηματισμό ολόκληρης προνύμφης. Διαίρεση ή τμήση του ωού κατά οποιοδήποτε άλλο τρόπο εκτός από το φυσιολογικό επίπεδο διαιρέσεως οδηγεί σε ανώμαλα αποτελέσματα (κάτω αλληλουχία σχεδίων).*

την πληγή του και έζησε, αλλά ή είχε ελαττωματικό νευρικό σύστημα ή δεν είχε καθόλου. Επιπλέον τα απομονωμένα κομμάτια εξωδέρματος δεν σχημάτισαν νευρικά συστήματα παρόλο ότι παρέμειναν ζωντανά και υγιή. Γιατί κάθε κομμάτι σχηματίζει νευρικό σύστημα αν αφεθεί στο έμβρυο αλλά όχι από μόνο του;

Πιθανώς κάτι που συνδέεται με τις σχέσεις του εξωδέρματος προ το υπόλοιπο έμβρυο ήταν αναγκαίο για να αρχίσει η ανάπτυξη ενός νευρικού συστήματος. Ο Σπέμαν έβγαλε το συμπέρασμα ότι ένα κομμάτι έπρεπε να είναι συνδεδεμένο με το έμβρυο για να αναπτυχθεί κανονικά. Αν ξανασκεφθείτε το πρώτο στάδιο της δομής του εμβρύου, θα θυμηθείτε ότι υπάρχει ένα στρώμα μεσοδέρματος κάτω από το εξώδερμα. Ο Σπέμαν σκέφτηκε ότι ίσως το μεσόδερμα ενεργοποιεί το εξώδερμα προς ανάπτυξη σε νευρικό σύστημα.

Φάνηκε ότι η υπόθεση του Σπέμαν ήταν σωστή. Όταν απομακρυνθεί το μεσόδερμα, το εξώδερμα δεν διαφοροποιείται σε νευρικό ιστό. Το μεσόδερμα πρέπει να επιδρά κατά κάποιο τρόπο στο εξώδερμα, ώστε να προκαλεί διαφοροποίηση σε νευρικό ιστό.

Ο Σπέμαν έκανε ένα τρίτο πείραμα, για να υποστηρίξει καλύτερα την υπόθεση ότι το μεσόδερμα ενεργοποιεί το εξώδερμα να σχηματίσει νευρικό σωλήνα. Για να αντιληφθείτε το πείραμα αυτό, πρέπει να γνωρίζετε ότι το μεσόδερμα σε ένα προχωρημένο στάδιο βλαστιδίου ή σε ένα αρχικό γαστριδίου σχηματίζει μία ζώνη που περιβάλλει τον ισημερινό (εικόνα 12-14) του εμβρύου. Χρησιμοποιήθηκαν δύο έμβρυα γι' αυτό το πείραμα. Από το ένα ο Σπέμαν απομάκρυνε ένα τμήμα μεσοδέρματος ακριβώς μπροστά από το ραχιαίο χείλος (βλ. εικόνα 12-14) του βλαστοπόρου. Κατόπιν ο Σπέμαν απομάκρυνε από το δεύτερο έμβρυο ένα παρόμοιο μεγέθους κομμάτι, από την περιοχή μεσοδέρματος στην πλευρά



Εικόνα 12-14 *Το πείραμα του Σπέμαν. Το μεσόδερμα μεταναστεύει μέσα στο έμβρυο, όπου διεγείρει το εξώδερμα προς ανάπτυξη των νευρικών πτυχών και αργότερα του νευρικού συστήματος.*

του εμβρύου, ακριβώς αντίθετα από το ραχιαίο χείλος. Στη θέση του τοποθέτησε το κομμάτι μεσοδέρματος από το πρώτο έμβρυο. Το μεσόδερμα που μεταμοσχεύθηκε σχημάτισε ένα βλαστοπόρο και διακινήθηκε στο εσωτερικό του εμβρύου. Νευρικές καταφύσεις και αργότερα εγκέφαλος και νωτιαίος μυελός σχηματίζονται φυσιολογικά εμπρός από το ραχιαίο χείλος του αρχικού βλαστοπόρου του εμβρύου. Το πιο ενδιαφέρον είναι ότι οι ίδιοι σχηματισμοί εμπρός από το βλαστοπόρο παρατηρήθηκαν και εκεί που έγινε η μεταμόσχευση.

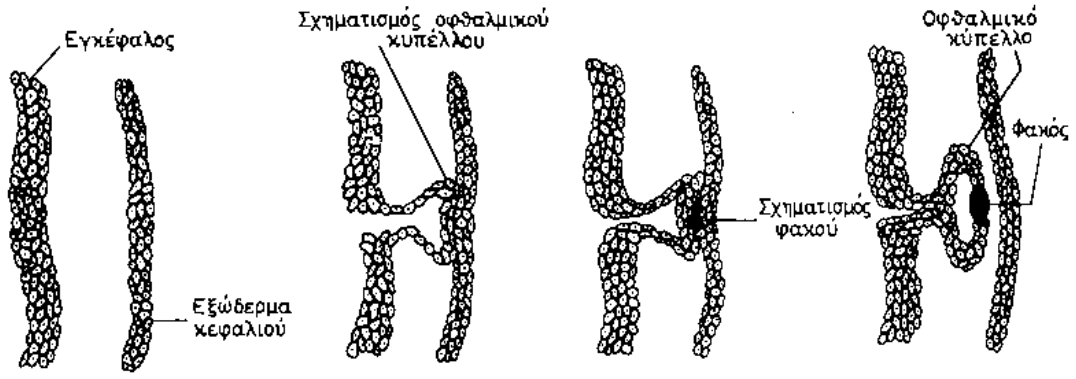
Έτσι δημιουργήθηκε ένα είδος διδύμου σιαμαίου εμβρύου. Από την κοιλιά ενός γυρίνου φυσιολογικού καθ' όλα τα άλλα πρόβαλε ένα άλλος με εγκέφαλο και νωτιαίο μυελό.

Προφανώς υπάρχει κάτι πολύ ενδιαφέρον στο μεσόδερμα της περιοχής του ραχιαίου χείλους. Αν απομακρυνθεί το ζώο, δεν σχηματίζει νευρικό σύστημα στη φυσιολογική του θέση. Αν τοποθετηθεί σε κάποια περίεργη θέση, το ζώο αναπτύσσει ένα πρόσθετο νευρικό σύστημα. Η περιοχή του μεσοδέρματος φαίνεται ότι ελέγχει τη διαφοροποίηση του νευρικού ιστού.

Για τα πειράματα αυτά και άλλες σημαντικές συνεισφορές στην πειραματική μελέτη της αναπτύξεως ο Σπέμαν πήρε το βραβείο Νόμπελ το 1935.

Γιατί αυτά τα πειράματα ήταν σπουδαία; Οι βιολόγοι προσπαθούν να καταλάβουν πώς τα κύτταρα ενός αναπτυσσόμενου οργανισμού γίνονται διαφορετικά το ένα από το άλλο. Ακόμη δεν καταλαβαίνομε πλήρως πώς δημιουργούνται αυτές οι αρχικές διαφορές, αλλά αν ένας ιστός έχει ήδη ενεργοποιηθεί προς διαφοροποίηση, αποκτά την ικανότητα να επάγει εξειδικευμένη ανάπτυξη σε ένα άλλο ιστό. Η περίπλοκη κατασκευή που βλέπει κανείς σε ένα πλήρως αναπτυγμένο έμβρυο φαίνεται ότι προκαλείται από μία σειρά αλληλοσυνδεομένων μεταβολών, κάθε μία από τις οποίες εξαρτάται από κάποια προηγούμενη μεταβολή.

Στα πειράματα αυτά φαίνεται ότι το μεσόδερμα έχει μία επαγωγική επίδραση στο εξώδερμα. Δηλαδή το μεσόδερμα επάγει ή αποτελεί την αιτία που προκαλεί τη διαφοροποίηση του εξωδέρματος σε νευρικά κύτταρα. Ο Σπέμαν ονόμασε τη διαδικασία αυτή εμβρυο-



Εικόνα 12-15 *Νευρικό εξώδερμα (μία εκδύπλωση του εγκεφάλου) επάγει το σχηματισμό του φακού του οφθαλμού.*

νική επαγωγή. Η εμβρυονική επαγωγή, η επίδραση δηλαδή ενός ιστού οτην ανάπτυξη ενός άλλου, είναι μία από τις βασικές διαδικασίες της διαφοροποιήσεως.

12-9
Η ανάπτυξη του οφθαλμού είναι ένα παράδειγμα εμβρυονικής επαγωγής

Ο οφθαλμός είναι μία πολύ περίπλοκη κατασκευή. Όταν οι βιολόγοι μελετούν την ανάπτυξη του οφθαλμού, βλέπουν ότι προέρχεται εν μέρει από το εξώδερμα, από το εξωτερικό μέρος του σώματος, εν μέρει από το μεσόδερμα και εν μέρει από το εξώδερμα των νευρώνων του νευρικού συστήματος. Λειτουργία του οφθαλμού είναι η σύλληψη των φωτεινών κυμάτων από το εξωτερικό του σώματος, η μετατροπή τους οε νευρικές ώσεις και η διαβίβασή τους στο οπτικό νεύρο που συνδέεται με τον εγκέφαλο.

Ο οφθαλμός αρχίζει την ανάπτυξή του οαν μία προβολή του εγκεφάλου, όπως φαίνεται στην εικόνα 12-15. Σε κάθε μία από τις πλευρές της κεφαλής αναπτύσσεται μία προέκταση του εγκεφάλου προς το εξώδερμα του εμπρόσθιου μέρους της κεφαλής. Κάθε μία από τις προεκτάσεις αυτές σχηματίζει ένα κύπελλο. Το κύπελλο αναστρέφεται σχηματίζοντας ένα διπλό στρώμα κυττάρων. Το διπλό κύπελλο συγκλίνει πάλι στην κορυφή περιβάλλοντας το σχηματιζόμενο φακό. Το κύπελλο συνδέεται προς το κυρίως σώμα του εγκεφάλου με ένα λεπτό στέλεχος. Η διάστρωση αυτού του διπλού κυπέλλου από εξώδερμα νευρώνων εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του οφθαλμού, το μέρος του οφθαλμού που είναι ευαίσθητο στη φωτεινή ενέργεια.

Ο φακός του οφθαλμού, το μέρος που εστιάζει τα φωτεινά κύματα πάνω στον αμφιβληστρσειδή χιτώνα, προέρχεται από το εξώδερμα της κεφαλής, από το έξω μέρος του σώματος. Το εξώδερμα της κεφαλής δεν αναπτύσσεται προς σχηματισμό φακού, έως ότου το εξώδερμα των νευρώνων αναπτυχθεί προς τα έξω και το συναντήσει. Με άλλα λόγια το κύπελλο του οφθαλμού αγγίζει το εξωτερικό εξώδερμα και τότε επάγει την ανάπτυξη του φακού.

Καθώς προχωρεί η ανάπτυξη, σχηματίζονται και άλλοι ιστοί στον οφθαλμό, ο οφθαλμός βυθίζεται και σχηματίζεται ο κερατοειδής χιτώνας στο εμπρόσθιο τμήμα του οφθαλμού. Ο οφθαλμός έχει δυνατότητα λειτουργίας αμέσως μετά τη γέννηση, αλλά εάν το εξώδερμα των νευρώνων δεν έρθει σε επαφή με το εκτόδερμα που υπέρκειται δεν σχηματίζεται φακός. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδειχθεί με την τοποθέτηση ενός στρώμοτος σελοφάν μεταξύ του οπτικού κυπέλλου και του υπερκείμενου εξωδέρματος. Τότε το οπτικό κύπελλο δεν μπορεί να έλθει σε επαφή με το εξώδερμα και δεν σχημοτίζεται φακός. Αλλά ποιο είναι το αίτιο της επαγωγής του φακού; Εάν μεταξύ του οπτικού κυπέλλου και του υπερκείμενου εξωδέρματος τοποθετηθεί ένα στρώμα άγαρ, τότε σχηματίζεται φακός. Χη-

μικές ουσίες, που δεν διαχέονται μέσα από το σελοφάν, διαχέονται μέσα από το άγαρ. Αυτές οι χημικές ουσίες απομονώθηκαν και αποδείχθηκε ότι έχουν την ικανότητα επαγωγής.

Πολλές άλλες περιπτώσεις εμβρυονικής επαγωγής κατά τη διάρκεια της αναπτύξεως και της διαφοροποιήσεως των ιστών και των οργάνων έχουν ανακαλυφθεί. Τα πρότυπα επαγωγής δεν είναι όλα όμοια και υπάρχουν πολλά ακόμη που δεν είναι γνωστά.

12-10
Φυτικοί και ζωικοί ιστοί είναι δυνατόν να αναπτύσσονται έξω από το σώμα

Η τεχνική της καλλιέργειας ιστών έξω από το σώμα του οργανισμού έχει αναπτυχθεί ταχύτατα κατά τα τελευταία χρόνια και υπόσχεται πολλά για την επίλυση και των άλλων μυστηρίων της αναπτύξεως.

Οι τεχνικές των κυτταροκαλλιεργειών έχει αποδειχθεί ότι είναι εξαιρετικά χρήσιμες στην ιατρική έρευνα. Έχουν χρησιμοποιηθεί, για παράδειγμα, στις έρευνες που οδήγησαν στη δημιουργία του εμβολίου κατά της πολυομυελίτιδας. Καρκινικά κύτταρα μπορούν να αναπτυχθούν και να μελετηθούν σε ιστοκαλλιέργιες. Φυσιολογικά κύτταρα μπορούν να αναπτυχθούν σε κυτταροκαλλιέργειες και να εμβολιασθούν με ιούς κατά τον ίδιο τρόπο που εμβολιάζονται βακτήρια με βακτηριακούς ιούς. Αυτές είναι λίγες από τις εφαρμογές των τεχνικών ιστοκαλλιέργειας.

Εμβρυονική επαγωγή πραγματώνεται και σε ιστοκαλλιέργειες. Αν ένα επιλεγμένο τετραγωνισμένο κομμάτι εξωδέρματος από έμβρυο βατράχου τοποθετηθεί σ' ένα τρυβλίο μαζί με ένα τετραγωνικό κομμάτι μεσοδέρματος, τότε σχηματίζεται νευρικός ιστός στο κομμάτι του εξωδέρματος.

Πρόσφατη αξιόλογη εργασία έχει γίνει επίσης και σε καλλιέργειες ιστών. Η κορυφή ενός φυτού αποκόπτεται και τοποθετείται προς ιστοκαλλιέργεια σε θρεπτικά υλικά αναγκαία για το φυτό. Παρατηρείται ανάπτυξη και διαφοροποίηση και τελικά αναπτύσσεται σε ένα ολόκληρο φυτό. Το νέο φυτό είναι ένας κλώνος (σελίδα 33). Μπορεί να μεταφυτευθεί στο έδαφος και να συνεχίσει να αναπτύσσεται ως φυσιολογικό φυτό. Είναι επίσης δυνατόν να καλλιεργηθούν απομονωμένα κύτταρα σε καλλιεργητικά υγρά. Με τις διαδικασίες αυτές πολλά γίνονται γνωστά για τις απαιτήσεις των διαφόρων φυτών σχετικά με τις απαιτήσεις θρέψεως.

Μια ακόμη πιο πρόσφατη εργασία έχει αποδείξει ότι και ορισμένα πολυκύτταρα ζώα μπορούν να κλωνοποιηθούν από κύτταρα που έχουν υποστεί ειδική επεξεργασία. Επιπλέον της ιστοκαλλιέργειας χρησιμοποιείται και η μεταφύτευση τμημάτων κυττάρων.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι βιολόγοι προσπαθούν να βρουν εξηγήσεις για το πρόβλημα της διαφοροποιήσεως προκαλώντας αλλοιώσεις στη φυσιολογική ανάπτυξη. Μία από τις τεχνικές είναι η παρατήρηση της αναπτύξεως μέρους ενός εμβρύου σε πρώιμο στάδιο αναπτύξεως. Όταν αφήνεται να αναπτυχθεί μόνο ένα από τα κύτταρα του σταδίου δύο κυττάρων, παρατηρήθηκε ότι προκύπτουν αλληλοσυγκρουόμενα αποτελέσματα που εξαρτώνται από τον οργανισμό και την πειραματική μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε. Έγινε σταδιακά γνωστό ότι το μισό ενός εμβρύου σε πρώιμο στάδιο της αναπτύξεώς του μπορεί να γίνει ένας πλήρης οργανισμός κάτω από ορισμένες συνθήκες. Ένα μεγάλο μέρος της αναπτύξεώς του εξαρτάται από τις φυσικές επαφές, την ανταλλαγή υλικών και τις αλληλοεπιδράσεις μεταξύ ιστών. Μερικά κύτταρα και ιστοί είναι δυνατό να αναπτυχθούν σε ιστοκαλλιέργειες, μακριά από το σώμα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Πώς ο Ρου αλλοίωσε τη φυσιολογική ανάπτυξη και ποια ήταν τα πειραματικά αποτελέσματα;
2. Πώς ο Ντρις αλλοίωσε τη φυσιολογική ανάπτυξη και ποια ήταν τα αποτελέσματα;
3. Πώς εξηγήθηκαν και συμβιβάστηκαν τα αλληλοσυγκρουόμενα αποτελέσματα στα οποία κατάληξαν ο Ρου και ο Ντρις;
4. Περιγράψτε άλλες ανδείξεις που έχουν προστεθεί στις σπουδές του Σπέμαν και που υποδεικνύουν τη σημασία της εμβρυονικής επαγωγής στη φυσιολογική ανάπτυξη.



Βιολογία Περιληπτικά

Ζώα με πολλαπλούς γονείς

Ανάμεσα στα κύτταρα που είναι δυνατόν να απομονωθούν από το σώμα και να αναπτυχθούν σε ιστοκαλλιέργεια είναι τα γονιμοποιημένα ωάρια. Για την ακρίβεια, τα θηλαστικά είναι σχεδόν τα μόνα ζώα των οποίων τα ωά δεν ρίπτονται στο νερό ή στην ξηρά μέσα σε κέλυφος. Τα ωά των περισσοτέρων ζώων αναπτύσσονται εκτός του μητρικού σώματος.

Με προσωρινή θρέψη των ωών σε υλικά καλλιέργειας οι γιατροί έχουν επιτυχώς μεταφέρει γονιμοποιημένα ανθρώπινα ωάρια από μία γυναίκα σε άλλη. Τα ονομαζόμενα «παιδιά του σωλήνα» δεν παράγονται καθόλου σε δοκιμαστικούς σωλήνες. Αναπτύσσονται μέσα στο σώμα μιας θετής μητέρας και γεννιώνται με το φυσικό τρόπο.

Άλλο ενδιαφέρον σημείο της καλλιέργειας των θηλαστικών είναι η μελέτη του ανοσοβιολογικού συστήματος του σώματος. Κατά τη διάρκεια της αναπτύξεως ένα θηλαστικό αποκτά την ικανότητα να αναγνωρίζει ξένες πρωτεΐνες, δηλαδή πρωτεΐνες που δεν είναι δικές του. Στους ανθρώπους αυτό δημιουργεί προβλήματα κατά τις μεταμοσχεύσεις οργάνων και ιστών, όταν ένα υγιές όργανο είναι διαθέσιμο για κάποιον που το χρειάζεται απεγνωσμένα: Το όργανο μεταμοσχεύεται, αλλά το σώμα του ανθρώπου αναγνωρίζει ότι οι πρωτεΐνες του οργάνου είναι ξένες και απορρίπτει το μόσχευμα. Αυτό είναι απίθανο να γίνει όταν μεταμοσχεύεται ένα ανθρώπινο ωό (αν και μερικές φορές η διαδικασία αυτή είναι επίσης ανεπιτυχής).

Ποιοι είναι οι παράγοντες που επεμβαίνουν στις ανοσοβιολογικές αντιδράσεις ενός ζώου; Σε πειράματα που έγιναν, για να διαλευκανθεί το σημείο αυτό, έμβρυα στο στάδιο των οκτώ κυττάρων δύο διαφορετικών καθαρών ποικιλιών ποντικιών συντήχθηκαν προκειμένου να γίνει εφικτό να μελετήσουν οι επιστήμονες αν δύο είδη κυττάρων είναι δυνατόν να ζήσουν μαζί. Κατά τη διαδικασία αυτή δύο πολύ πρώιμα έμβρυα τοποθετήθηκαν μαζί σε μία σταγόνα υγρού καλλιέργειας και οδηγήθηκαν με προσοχή σε επαφή το ένα με το άλλο έως ότου συντήχθηκαν. Το συντηγμένο «διπλό» έμβρυο εμφυτεύθηκε κατόπιν σε μία θετή μητέρα. Το ποντίκι που βλέπεις επάνω δημιουργήθηκε με τον τρόπον αυτό – έχει τέσσερις γονείς! Μερικά από τα κύτταρά του προήλθαν από ένα ζεύγος γονέων και μερικά από άλλο ζεύγος. Και μάλιστα τα υγρά των ιστών του περιέχουν συστατικά που ανακόπτουν την απόρριψη και των δύο τύπων κυττάρων. Γνώση περισσοτέρων πραγμάτων για τα συστατικά αυτά και τον τρόπο δράσεώς τους θα μπορούσε να δώσει στη χειρουργική μεταμοσχεύσεως οργάνων περισσότερες δυνατότητες.

12-11
Φυτά και ζώα έχουν δυνατότητα αναπληρώσεως χαμένων οργάνων

Κατά την αύξηση και την ανάπτυξη συνεχίζουν να διαφοροποιούνται τα εξειδικευμένα τμήματα του σώματος ενός εμβρύου, έως ότου σχηματισθεί ένα άτομο. Παρόλα αυτά η ανάπτυξη συνεχίζεται κατά κάποιο τρόπο, καθώς το άτομο ωριμάζει. Ακόμη και τότε ένας τραυματισμός μπορεί να ανανεώσει αναπτυξιακές διαδικασίες. Πολλά φυτά και ζώα, για παράδειγμα, μπορούν να ανανεώσουν απολεσθέντα σωματικά τμήματα. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται αναγέννηση.

Κατά την αναγέννηση εμφανίζεται πάλι το ίδιο σύστημα, που βρίσκομε στο έμβρυο – κυτταρική διαίρεση, κυτταρική ανάπτυξη και διαφοροποίηση. Σε αυτή την περίπτωση στόχος είναι συνήθως μόνο το μέρος του σώματος που λείπει, αν και πολλά φυτά διατηρούν μία καταπληκτική ικανότητα αναπαραγωγής ενός ολόκληρου φυτού. (Έχετε διαβάσει για την αγενή αναπαραγωγή στην παράγραφο 11-1).

Όταν δημιουργηθεί βλάβη σε ένα κορμό δένδρου, το δένδρο την επιδιορθώνει, παράγοντας ακόμη και νέο φλοιό. Μόνο όταν η βλάβη επεκταθεί γύρω από ολόκληρο τον κορμό (αποκόπτοντας όλη την κυκλοφορία νερού και τροφών) τότε ο κορμός και τα κλαδιά νεκρώνονται. Το δένδρο μπορεί να μην πεθάνει ακόμη· νέοι βλαστοί μπορεί να αναπτυχθούν από το βλαστό κάτω από την κυκλοτερή βλάβη. Οι άνθρωποι κλαδεύουν τα δένδρα και τους θάμνους τους σε σχέδιο και μέγεθος που τους αρέσει, υπολογίζοντας την καταπληκτική αναγεννητική ικανότητα του φυτού.

Πολλά ζώα έχουν τη δυνατότητα αναπληρώσεως χαμένων τμημάτων σε διάφορους βαθμούς. Αν αποκοπεί ένας από τους βραχίονες ενός αστερία, ένας καινούργιος βραχίονας αναγεννιέται σε σύντομο χρονικό διάστημα. Ο νέος βραχίονας θα συνεχίσει να αυξάνει σε μέγεθος, έως ότου έχει το ίδιο σχήμα και λειτουργίες με το βραχίονα που αντικατέστησε. Ακόμη πιο καταπληκτικό είναι το γεγονός ότι ένας αποκομμένος βραχίονας αστερία, εάν έχει διατηρήσει ένα τμήμα του κέντρου του σώματος, μπορεί να αναπτυχθεί σε έναν ολόκληρο νέο αστερία. Έτσι αναλόγως του οργανισμού αναγέννηση και αναπαραγωγή αλληλοεπικαλύπτονται.

Ακόμη και μερικά σπονδυλωτά ζώα έχουν μία αξιόλογη ικανότητα αναγεννήσεως. Αν αποκοπεί το πόδι μιας σαλαμάνδρας, η σαλαμάνδρα θα σχηματίσει ένα νέο πόδι. Πιο εκπληκτικό είναι το γεγονός ότι το πόδι θα είναι πανομοιότυπο προς αυτό που αποκόπηκε.

Τα οστά, οι μύες, τα νεύρα, τα αιμοφόρα αγγεία θα υποκατασταθούν με ακρίβεια και το πόδι θα λειτουργεί τέλεια.

Η ικανότητα αναπληρώσεως χαμένων τμημάτων ποικίλλει πολύ μεταξύ των σπονδυλωτών. Οι περισσότερες ομάδες σπονδυλωτών έχουν μικρότερη αναγεννητική ικανότητα από τους εξελικτικούς προγόνους τους. Γενικώς όσο πιο περίπλοκο είναι ένα ζώο, τόσο λιγότερη αναγεννητική ικανότητα έχει. Τα ανθρώπινα όντα έχουν κάποια αναγεννητική ικανότητα, αν και δεν έχουν δυνατότητα αναγεννήσεως ενός μέλους ή ακόμη και ενός δακτύλου. Τραύματα του δέρματος αποθεραπεύονται με την αναγέννηση των τύπων των κυττάρων που βρίσκονται στο δέρμα. Όταν υπάρχει μεγαλύτερη απώλεια ιστών, τότε το τραύμα αποθεραπεύεται αφήνοντας μία ουλή.

Μερικά εσωτερικά όργανα των ανθρώπων μπορούν να αναγεννηθούν μέχρις ενός βαθμού. Η γλώσσα, όταν τραυματίζεται, έχει καλή δυνατότητα αναγεννήσεως. Παρομοίως, όταν τμήματα του συκωτιού (ήπατος) απομακρύνονται χειρουργικά, ο ιστός του συκωτιού μπορεί να αναγεννήσει ένα μεγάλο μέρος της φυσιολογικής μάζας του. Οστικοί και μυικοί ιστοί μπορούν να αναγεννηθούν όταν ο τραυματισμός δεν είναι πολύ μεγάλος.

Υπάρχουν πολλά ακόμη που πρέπει να γνωρίσομε γύρω από την αναγέννηση, αλλά είναι φανερό ότι η αναγέννηση χαμένων τμημάτων περιλαμβάνει μερικές από τις διαδικασίες που παρατηρούνται κατά την αρχική ανάπτυξη ενός οργανισμού.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 12-Γ. Τι συμβαίνει στα τμήματα από κομμένες πλανάριες; Σελίδα 627.

12-12
Κληρονομικότητα και περιβάλλον δημιουργούν ποικιλότητα κατά την ανάπτυξη

Παρά το ότι οι διαδικασίες αναπτύξεως είναι αξιοσημείωτα ακριβείς, καθώς η μία γενιά διαδέχεται την άλλη, παρατηρούνται ανωμαλίες. Οι ανωμαλίες αυτές είναι δυνατόν να προέρχονται από γονιδιακές μεταλλάξεις (κεφάλαιο 9). Εξάλλου είναι δυνατόν κάποια κατάσταση που εμφανίζεται κατά τη διάρκεια της περιόδου αναπτύξεως του οργανισμού να αφήσει μόνιμα ίχνη στον οργανισμό.

Αν τα γονίδια που προσδιορίζουν τις διαδικασίες αναπτύξεως δεν λειτουργούν κανονικά, τότε τα αποτελέσματα μπορεί να είναι μία αφύσικη ανάπτυξη. Για παράδειγμα, ποντίκια μιας ορισμένης γενετικής ποικιλίας είναι πολύ παχιά και ζυγίζουν πολύ περισσότερο από τα φυσιολογικά ποντίκια. Στους ανθρώπους υπάρχουν εξατομικευμένες περιπτώσεις ασυνήθιστης αναπτύξεως που οδηγεί σε νανισμό ή γιγαντισμό. Υπάρχουν επίσης ολόκληροι πληθυσμοί γνωστοί για το μεγάλο ή μικρό μέγεθός τους. Τα μέλη της φυλής Βατούσι της Αφρικής υπερβαίνουν σε ύψος τα δύο μέτρα, ενώ, όχι πολύ μακριά τους, ζουν οι φυλές των νάνων Πυγμαίων. Τα άτομα των φυλών αυτών είναι αφύσικα μόνο όταν συγκριθούν με την πλειονότητα των ανθρωπίνων όντων.

Μία δραματική περίπτωση επιδράσεως ενός εξωτερικού παράγοντα στη φυσιολογική ανάπτυξη παρατηρήθηκε το 1962. Ανακαλύφθηκε στην Ευρώπη ότι ορισμένες μητέρες που είχαν χρησιμοποιήσει ένα συγκεκριμένο φάρμακο κατά της ναυτίας, τη θαλιδομίδη, γέννησαν αφύσικα μωρά. Μερικά από τα μωρά είχαν βραχείς ή παραμορφωμένους βραχίονες και κάτω άκρα, καθώς και διάφορα είδη εσωτερικών ανωμαλιών. Όταν ανακαλύφθηκε η επίδραση αυτή, που κανείς δεν είχε υποψιασθεί, το φάρμακο απομακρύνθηκε από την αγορά. Δυστυχώς εκατοντάδες γυναίκες είχαν χρησιμοποιήσει το φάρμακο κατά τη διάρκεια των πρώτων σταδίων της κυοφορίσεως, οπότε σχηματίζονται οι βραχίονες και τα κάτω άκρα. Οι αρχικές πειραματικές δοκιμασίες με εργαστηριακά πειραματικά ζώα δεν έδειξαν ότι το φάρμακο αυτό προκαλούσε αφύσικη ανάπτυξη. Πειραματικές δοκιμασίες που έγιναν αργότερα έδειξαν τα ίδια αποτελέσματα, όπως αυτά των ανθρωπίνων νεογνών, στα οποία εκδηλώθηκε η επίδραση του φαρμάκου.

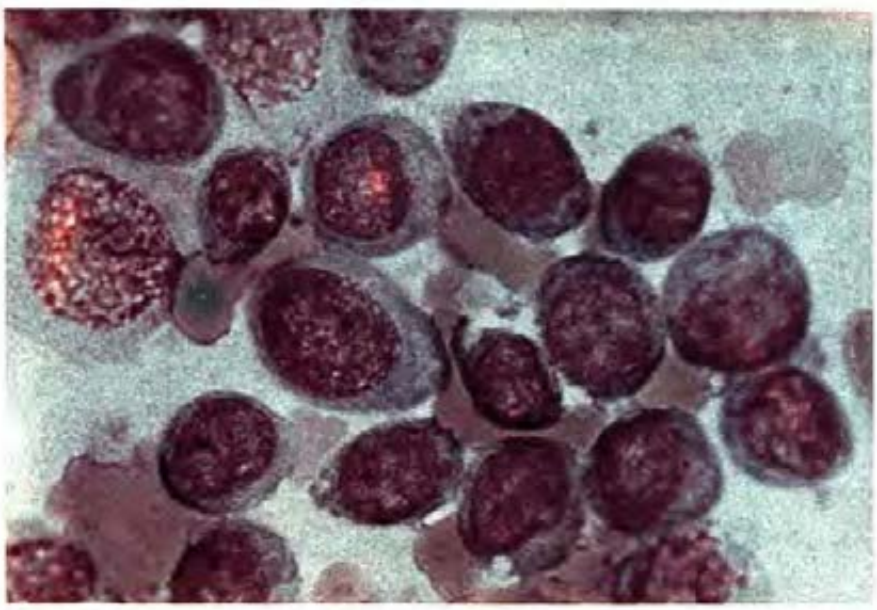
Είναι γνωστό ότι ο εμβρυονικός ιστός είναι εξαιρετικά ευαίσθητος σε περιβαλλοντολογικούς παράγοντες, οι οποίοι θα είχαν μικρότερη ή και μηδενική δυσμενή επίδραση σ' έναν πλήρως ανεπτυγμένο οργανισμό. Γενικώς, όσο πιο νεαρό είναι ένα άτομο τόσο πιο μεγάλος είναι ο κίνδυνος.

12-13
Ανεξέλεγκτη κυτταρική διαίρεση είναι δυνατόν να προκαλέσει καρκίνο

Καθώς ένας οργανισμός πλησιάζει το στάδιο ωριμότητας, ο ρυθμός αναπτύξεως ελαχιστοποιείται. Η διαφοροποίηση επιβραδύνεται ή παύει, όταν όλα τα όργανα έχουν φθάσει στο ώριμο στάδιο δομής και λειτουργίας τους. Η κυτταρική διαίρεση συνεχίζεται σε ορισμένους ιστούς, αλλά με ένα βραδύτερο ρυθμό. Παράγονται μόνο αρκετά κύτταρα για να αναπληρώσουν αυτά που χάνονται. Η ολική ανάπτυξη παύει, όταν ο οργανισμός φθάσει το μέγεθος του ώριμου σταδίου του. Χαρακτηριστικά, τα ανθρώπινα όντα δεν αναπτύσσονται υψηλότερα από δύο μέτρα. Τα δένδρα μπορούν να φθάσουν ένα ύψος μεγαλύτερο από 30 μέτρα. Μεταξύ των σκύλων, οι πολύ μεγάλοι, Μεγάλοι Δανοί, και οι πολύ μικροί, Τσιχουάουα, φθάνουν ένα ορισμένο μέγεθος.

Παρά το ότι ο ρυθμός κυτταρικής διαιρέσεως πέφτει γενικά σε χαμηλό επίπεδο, μερικά είδη κυττάρων εξακολουθούν να παράγονται με υψηλό ρυθμό. Τα ερυθρά αιμοσφαίρια, για παράδειγμα, καταστρέφονται σχετικά γρήγορα. Ζουν περίπου 120 ημέρες. Κάθε δευτερόλεπτο το σώμα αντικαθιστά περίπου 10.000 ερυθρά κύτταρα για να διατηρεί ένα σταθερό αριθμό στο αίμα που κυκλοφορεί. Τα φυτά εξακολουθούν να παράγουν νέους βλαστούς, φύλλα και άνθη καθ' όλη τη ζωή τους, αν και το ολικό μέγεθός τους μπορεί να αλλάζει σε περιορισμένο βαθμό.

Αν ο ρυθμός κυτταρικής διαιρέσεως σε ένα όργανο αυξηθεί απότομα πάλι, οι πιθανότητες είναι ότι παράγονται κύτταρα κάπως διαφορετικά από αυτά που χρειάζεται το σώμα. Αυτή η ανεξέλεγκτη ανάπτυξη ονομάζεται κακοήθης ανάπτυξη ή καρκίνος. Η δομική και λειτουργική ισορροπία του οργανισμού ανατρέπεται. Η λέξη «καρκίνος» δεν



Εικόνα 12-16 *Αφύσικος αριθμός από αυτά τα λευκά κύτταρα του αίματος με τον εντυπωσιακό πυρήνα χρησιμεύουν για τον προσδιορισμό ενός τύπου λευχαιμίας.*

αναφέρεται σε μία μοναδική αρρώστια, αλλά σε ποικιλία διαφορετικών τύπων αφύσικης αυξήσεως και αναπτύξεως. Η λευχαιμία, μία ιδιαίτερη μορφή καρκίνου, για παράδειγμα, είναι μία κατάσταση κατά την οποία παράγεται και εκλύεται στο αίμα που κυκλοφορεί ένας μεγάλος αριθμός αώρων λευκών κυττάρων (βλ. εικόνα 12-16). Υπερπαραγωγή αφύσικων λευκών κυττάρων καταλήγει συχνά στη δημιουργία πολύ λίγων ερυθρών κυττάρων και άλλων κυττάρων του αίματος που δεν είναι αρκετά για να διατηρήσουν τη ζωή του ατόμου.

Στην έρευνα για τον καρκίνο έχει σημειωθεί αρκετή πρόοδος, αλλά η λύση του προβλήματος βρίσκεται ακόμη μακριά. Τα διάφορα είδη καρκίνων έχουν ποικιλία αιτίων. Για να βρεθούν τα αίτια, πρέπει πρώτα να γίνουν κατανοητές οι βασικές διεργασίες του κυττάρου, που σχετίζονται με τη διαίρεση, τη μεγέθυνση και τη διαφοροποίηση. Οι τεχνικές για την ανίχνευση και αντιμετώπιση της ανάπτύξεως καρκίνου βελτιώνονται σταθερά. Μπορούμε να είμαστε βέβαιοι ότι η γνώση για τον καρκίνο θα αυξάνει, καθώς συνεχίζεται η βασική έρευνα στην παραγωγικότητα και τη δραστηριότητα του φυσιολογικού κυττάρου. Υπάρχει ελπίδα ότι κάποτε θα μπορέσομε να προλαμβάνομε όσο και να ελέγχομε τον καρκίνο.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 12-Δ. Τύπο αναπτύξεως σελίδα 628.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κατά τη διάρκεια της ζωής τους πολλά φυτά και ζώα διατηρούν την ικανότητα αναπλάσεως τμημάτων που έχουν απωλεσθεί. Η ιδιότητα αυτή αναγεννήσεως είναι μεγαλύτερη σε ορισμένες ομάδες παρά σε άλλες, αλλά ακόμη και οι πιο ανώτεροι οργανισμοί, όπως οι άνθρωποι, διατηρούν ορισμένες αναγεννητικές δυνάμεις. Η ανάπτυξη μπορεί να επηρεασθεί και από εσωτερικούς και από εξωτερικούς παράγοντες, οι οποίοι είναι δυνατόν να προκαλέσουν ανωμαλίες διαφόρων ειδών. Ενώ ο ρυθμός αναπτύξεως επιβραδύνεται, καθώς ένας οργανισμός πλησιάζει την ωρίμανση, μερικές φορές απομονωμένα κύτταρα ή ιστοί αρχίζουν να αναπτύσσονται πάλι σε ανεξέλεγκτους αριθμούς και τύπους και οδηγούν σε ανάπτυξη καρκίνου.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Τι είναι αναγέννηση;
2. Πώς η αναγέννηση συνδέεται με τη διαφοροποίηση;
3. Ποιες είναι μερικές από τις αναγεννητικές δυνάμεις που διαθέτει ένας άνθρωπος;
4. Ποια είναι μερικά παραδείγματα ποικιλο-

μορφίας αναπτύξεως λόγω γενετικής ποικιλότητας;
5. Ποια είναι μερικά παραδείγματα ποικιλομορφίας αναπτύξεως λόγω επιδράσεως εξωτερικών παραγόντων;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑ ΣΗΜΕΙΑ

Ένας οργανισμός αναπτύσσεται από ένα τμήμα ενός ή δύο γονικών οργανισμών. Τα γεγονότα μεγεθύνσεως και αναπτύξεως είναι δυνατόν να περιγραφούν σε σχέση με τρεις βασικές διεργασίες: (1) Την κυτταρική διαίρεση, (2) την κυτταρική αύξηση ή μεγέθυνση, (3) την κυτταρική διαφοροποίηση.

Η πιο εντυπωσιακή σειρά γεγονότων κατά την ανάπτυξη παρατηρείται σε μορφές που αναπαράγονται εγγενώς.

Είναι γνωστό ότι τα αρχέγονα στρώματα κυττάρων στα ζώα δημιουργούν καθορισμένες δομές στα ώριμα άτομα. Η εμβρυονική επαγωγή είναι μία αναγκαία και ακόμη ακατάληπτη φάση αναπτύξεως. Στα φυτά τα νέα κύτταρα και οι νέοι ιστοί προέρχονται από καθορισμένες περιοχές αναπτύξεως, τα μεριστώματα.

Ενώ οι βιολόγοι μπορούν να παρατηρούν τα όσα συμβαίνουν κατά την ανάπτυξη, είναι περισσότερο δύσκολο γι' αυτούς να εξηγήσουν πώς συμβαίνουν αυτά. Αρκετές γνώσεις προέρχονται από πειράματα στα οποία εξετάζονται φυσιολογικές αναπτυξιακές διαδικασίες.

Ένας τρόπος για τη μελέτη της αναπτύξεως, φυσιολογικής και μη, που υπόσχεται πολλά, είναι η καλλιέργεια ιστών ζώων και φυτών σε ειδικά υλικά καλλιέργειας. Με τη χρήση μεθόδων καλλιέργειας ιστών οι επιστήμονες μπορούν να μελετήσουν τις δυνατότητες και τις απαιτήσεις των διαφόρων ειδών εμβρυονικών και ωρίμων ιστών.

Ασυνήθιστα και αφύσικα είδη αναπτύξεως, όπως η ανάπτυξη καρκίνου, παρουσιάζουν προβλήματα για τους βιολόγους. Η λύση των προβλημάτων αυτών εξαρτάται σε σπουδαίο βαθμό από την πρόσκτηση περισσότερης γνώσεως για τις βασικές διαδικασίες της αναπτύξεως: κυτταρική διαίρεση; αύξηση και διαφοροποίηση.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιες κυτταρικές διαδικασίες σχετίζονται με την ανάπτυξη;
2. Ποια είναι η κατάσταση του εμβρύου στο τέλος της αυλακώσεως; Του βλαστιδίου; Του γαστριδίου;
3. Τι είναι τα μεριστώματα, πού βρίσκονται και τι σκοπό εξυπηρετούν;
4. Από ποιο αρχέγονο κυτταρικό στρώμα προέρχεται καθένας από τους ακόλουθους ιστούς;
   (α) Εγκέφαλος, (β) ετήσιοι δακτύλιοι, (γ) καρδιά, (δ) επιθήλιο στομάχου, (ε) τρίχες, (ζ) ακρορρίζια, (η) αρχέφυτα, (θ) σκελετός.
5. Ποιο είναι το δίδαγμα από τα πειράματα που έκανε ο Ρου και ο Ντρις και ποια είναι τα συμπεράσματά σας;
6. Σε τι μοιάζει η αναγέννηση και η εμβρυονική ανάπτυξη;
7. Πώς διαφέρει η αναπαραγωγή από την ανάπτυξη;
8. Γιατί ορισμένες μορφές ανεξέλεγκτης αναπτύξεως είναι επικίνδυνες για την υγεία;
9. Σχεδιάστε ένα διάγραμμα που να δείχνει τις υποθέσεις του Σπέμαν και τα αποτελέσματά του.
10. Γιατί οι ιδέες του προσχηματισμού και της επιγενέσεως είναι ανεπαρκείς για να εξηγήσουν την ανάπτυξη;

ΑΡΘΡΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΒΑΣΜΑ

Albrecht-Buehler, G. "The Tracks of Moving Cells." *Scientific American*, April, 1978.

Balinsky, B. I. *Introduction to Embryology*, 4th ed. Philadelphia, W. B. Saunders Co., 1974.

Davenport, R. *An Outline of Animal Development*. Reading, Mass., Addison-Wesley Publishing Co., 1979.

Gordon, R., and A. G. Jacobson. "The Shaping of Tissues in Embryos." *Scientific American*, June, 1978.

Moore, K. L. *Before We Are Born*. Philadelphia, W. B. Saunders Co., 1977.

Patten, B. M., and B. Carlson. *Foundations of Embryology*. New York, McGraw-Hill, 1974.

Patterson, P. H., D. D. Potter, and E. J. Furshpan. "The Chemical Differentiation of Nerve Cells." *Scientific American*, July, 1978.



ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ



Γενετική Συνέχεια

Το πρόβλημα που παρουσιάζουν τα άγρια ζώα είναι ότι φαίνονται να είναι όλα όμοια. Αυτό αποτελεί μία έκφραση της γενετικής τους υποδομής. Αλλά είναι πραγματικά όμοια; Ή δείχνουν την ίδια γενετική ποικιλότητα που δείχνουν και οι φίλοι σας; Ένα άλλο είδος αφρικανικής αντιλόπης μοιάζει πολύ με αυτά τα άγρια ζώα. Εάν ο γενετικός κώδικας διασφαλίζει ότι κάθε είδος θα αναπαράγει μόνο το δικό του είδος, πώς εξηγείται η εμφάνιση διαφορετικών ειδών, όπως αυτά τα είδη; Η γενετική ασχολείται με το πρόβλημα αυτό για περισσότερο από ένα αιώνα.

Πρότυπα Κληρονομικότητας 13



Δείχνουν όμοια και γεννούν όμοια. Το μικρό αγροδίαιτο τρωκτικό αντιγράφει τον τρόπο στάσεως της μητέρας του.

Κατά την εγγενή αναπαραγωγή ο σύνδεσμος μεταξύ της μιας γενιάς και της επόμενης είναι ένα πολύ μικρό κύτταρο-ωάριο, που έχει γονιμοποιηθεί από ένα ακόμη μικρότερο κύτταρο-σπερματοζωάριο. Όσο εκπληκτικό και αν φαίνεται, κάθε γονιμοποιημένο ωάριο μπορεί να αναπτυχθεί σε ένα περίπλοκο οργανισμό σύμφωνα προς τις χημικές οδηγίες που είναι κωδικοποιημένες στα μόρια του DNA του κυτταρικού πυρήνα.

Μετά από μία περίοδο αναπτύξεως το νέο άτομο γίνεται όμοιο με τους γονείς του στα περισσότερα σημεία. Εσείς είναι πιθανό να μοιάζετε με τους γονείς σας σε πολλά σημεία και να διαφέρετε απ' αυτούς σε πολλά άλλα. Στο κεφάλαιο αυτό μπορείτε να μάθετε πώς τα γονίδιά σας και το περιβάλλον σας αλληλοεπιδρούν με τελικό αποτέλεσμα τη δημιουργία του μοναδικού προσώπου που είσθε εσείς.

Κληρονομικότητα και περιβάλλον

13-1
Τι είναι γενετική;

Ένα βασικό σχέδιο φαίνεται ότι μεταβιβάζεται από τη μία γενιά στην επόμενη. Και ακόμη γίνεται φανερό από την παρατήρηση των ανθρωπίνων όντων, των ζώων, των φυτών και των πρωτίστων ότι υπάρχουν διαφορές μεταξύ των γονέων και των απογόνων.

Ο Κάρολος Δαρβίνος γνώριζε αυτές τις διαφορές και τις ονόμαζε ποικιλότητες. Η θεωρία της εξελίξεως του Δαρβίνου βασιζόταν στην ιδέα ότι ευνοϊκές ποικιλότητες επιβιώνουν μέσω της διαδικασίας της φυσικής επιλογής. Ποιοι παράγοντες συνεισφέρουν στις ομοιότητες και τις διαφορές των οργανισμών;

Ένας παράγοντας είναι η κληρονομικότητα. Η κληρονομικότητα ενός ατόμου αποτελείται από χημικές οδηγίες, κωδικοποιημένες στο DNA, και οι οποίες μεταφέρονται με τα αναπαραγωγικά κύτταρα των γονέων.

Ένας δεύτερος σπουδαίος παράγοντας που επιδρά στην ανάπτυξη και τη ζωή του ατόμου είναι το περιβάλλον. Το περιβάλλον κάθε ατόμου είναι πολύ σύνθετο. Περιλαμβάνει όλα τα υλικά και τις δυνάμεις και τους οργανισμούς που επιδρούν σε ένα άτομο κατά τη διάρκεια της αναπτύξεώς του και βεβαίως καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του.

Γενετική είναι ο κλάδος της βιολογίας που προσπαθεί να ανακαλύψει και να εξηγήσει τους παράγοντες που συνεισφέρουν στις κληρονομικές ομοιότητες και διαφορές. Η λέξη γενετική συνδέεται με τη λέξη ***γονίδιο,*** που είναι η μονάδα της κληρονομικότητας. Ένα γονίδιο αντιστοιχεί σε ένα τμήμα του DNA που προσδιορίζει μία λειτουργία όπως η δόμηση ενός πολυπεπτιδίου.

13-2
Οι άνθρωποι έχουν πάντοτε χρησιμοποιήσει την επιλεκτική αναπαραγωγή

Από την αρχή της ιστορίας οι άνθρωποι εξημέρωσαν ή εδάμασαν ζώα και φυτά που ήταν ωφέλιμα. Τα ζώα επιλέγονταν για τη χρησιμότητά τους ως τροφής, ως πηγής γάλακτος ή για τη χρησιμότητά τους στις μεταφορές ή το κυνήγι. Τα φυτά επιλέγονταν για την παραγωγή περισσοτέρων καρπών, περισσοτέρων φυλλωδών τμημάτων ή περισσοτέρων σπόρων από άλλα όμοια φυτά. Η επόμενη γενιά αναπτυσσόταν από αυτά τα επιλεγμένα φυτά. Με τον τρόπο αυτό της επιλεκτικής αναπαραγωγής κατά τη διάρκεια χιλιάδων ετών ανέπτυξαν τις ποικιλίες των φυτών και των ζώων (βλέπε εικόνα 13-1).

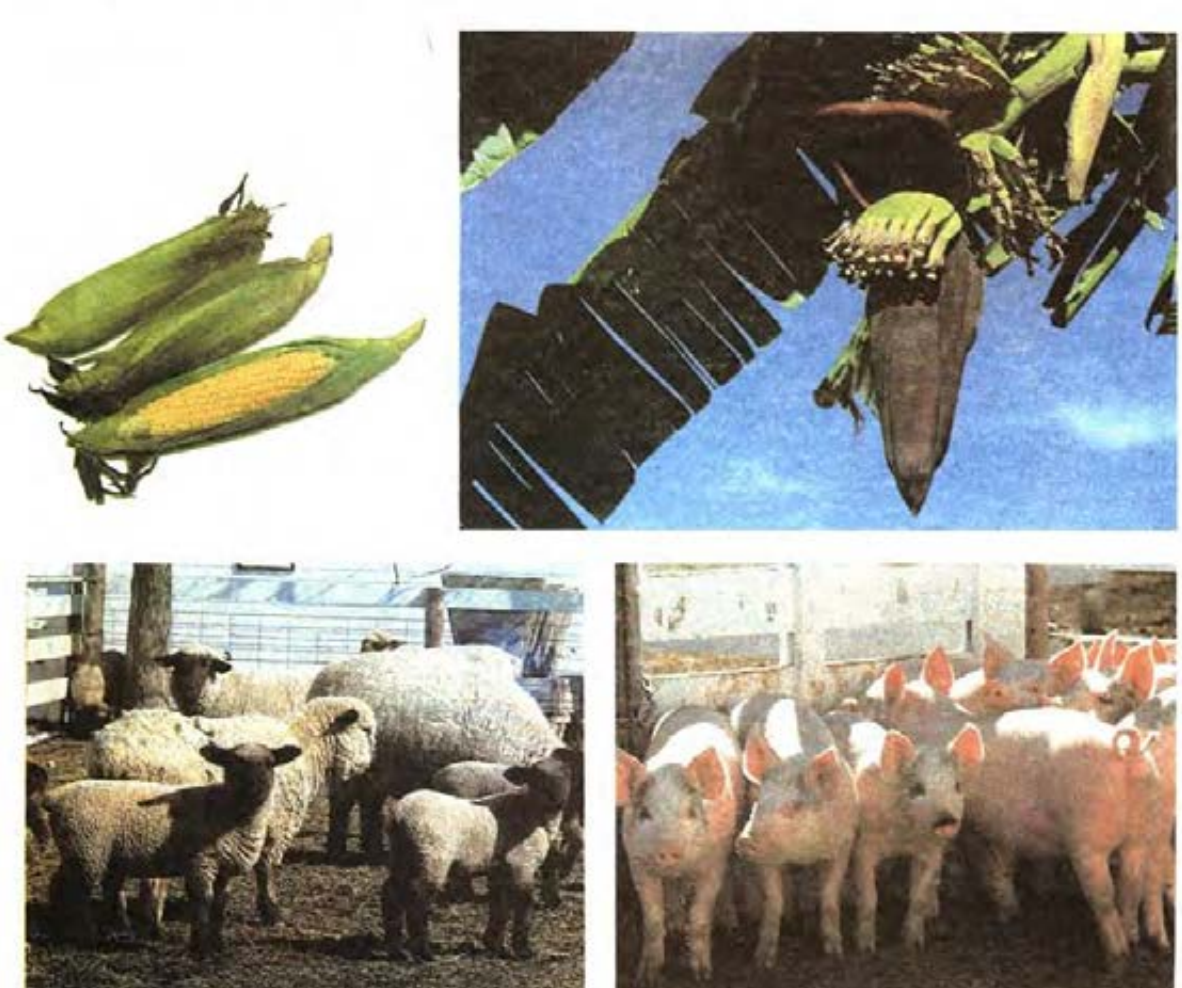
Η αναγραφή των όσων αναφέρονται στην κληρονομικότητα κατά τη διάρκεια ενός αριθμού γενεών ονομάζεται γενεαλογία. Το ζώο με γνωστή γενεαλογία, το ζώο του οποίου

είναι γνωστή η καταγωγή για πολλές γενιές, έχει μεγαλύτερη αξία από τα άλλα. Οι αγρότες θέλουν αγελάδες με γνωστή γενεαλογία, από τις οποίες θα αναπαράγουν τις γαλακτοφόρες αγελάδες. Οι κυνηγοί θέλουν σκύλους με γνωστή γενεαλογία. Οι αγρότες αγοράζουν σπόρους αραβοσίτου γνωστής γενεαλογίας σε όλες της τις λεπτομέρειες, όσον αφορά στις επιλεγμένες ποικιλίες από τις οποίες παράχθηκαν.

Ζώα και φυτά με γενεαλογία επιλέγονται για ειδικές ιδιότητες που χαρακτηρίζουν τους προγόνους τους για πολλές γενιές. Γι' αυτό είναι πολύ πιο πιθανό αυτά τα ζώα και φυτά να έχουν αυτές τις ιδιότητες παρά άλλα με άγνωστους προγόνους. Επίσης τα ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά έχουν αποκλεισθεί με την επιλεκτική αναπαραγωγή.

Επιλεκτική επιλογή με τη μέθοδο «δοκιμή-και-λάθος» δεν ήταν πάντοτε επιτυχής. Για παράδειγμα, ειδικοί που εργάζονταν για τη βελτίωση των σκύλων τύπου Δαλματίας ήθελαν οι σκύλοι τους να έχουν πολύ μικρές, διακριτές, μαύρες κηλίδες. Γι' αυτό επέλεγαν

Εικόνα 13-1 *Οι κώνοι καλαμποκιού που εικονίζονται εδώ είναι αρκετές φορές μεγαλύτεροι από το μέγεθος του πρώτου καλλιεργούμενου καλαμποκιού στο Μεξικό ή στις Νοτιοδυτικές Η.Π.Α. Οι πρώτοι Ινδιάνοι καλλιέργησαν καλαμπόκια με κώνους μήκους μόνο 7 έως 8 εκατοστών. Οι αναπτυσσόμενες μπανάνες είναι ένα τροπικό φρούτο. Τα πρόβατα και οι χοίροι είναι σύγχρονης επιλεκτικής αναπαραγωγής, αλλά προέρχονται από ποικιλίες που εξημερώθηκαν στην Ευρώπη και την Ασία πριν 2500 χρόνια.*



σκύλους που είχαν την όψη του τριχώματος που ήθελαν. Αλλά, καθώς περνούσαν οι γενιές, οποιαδήποτε όψη κι αν είχε το τρίχωμα που επέλεγαν στους γονείς, οι σκύλοι που γεννιόνταν είχαν κάθε είδους τρίχωμα. Άλλοι είχαν σχεδόν άσπρο τρίχωμα. Άλλοι είχαν μεγάλες μαύρες κηλίδες αντί για καθαρές στρογγυλές μικρές κηλίδες.

Περιληπτικά, οι άνθρωποι γνώριζαν ότι επιλεκτική αναπαραγωγή για βελτίωση μερικές φορές είχε θετικά αποτελέσματα αλλά όχι πάντοτε. Γνώριζαν ότι η κληρονομικότητα είχε επίδραση στα αποτελέσματα, αλλά δεν ήξεραν πώς επιδρούσε. Ήξεραν επίσης από προσεκτικές παρατηρήσεις ότι η κληρονομικότητα είχε επίδραση στην υγεία των ανθρώπων. Ακόμη και κατά τον έκτο αιώνα οι άνθρωποι γνώριζαν τη διασύνδεση ανάμεσα στην κληρονομικότητα και την αιμοφιλία. Αυτή ήταν η κατάσταση για χιλιάδες χρόνια. Πριν όμως εκατό περίπου χρόνια αναπτύχθηκε η επιστήμη της γενετικής και με τη βοήθειά της η κατανόηση της κληρονομικότητας.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 13-Α. Γιατί τα φυτά δημιουργούν χλωροφύλλη; Σελίδα 630.

13-3
Το περιβάλλον παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη

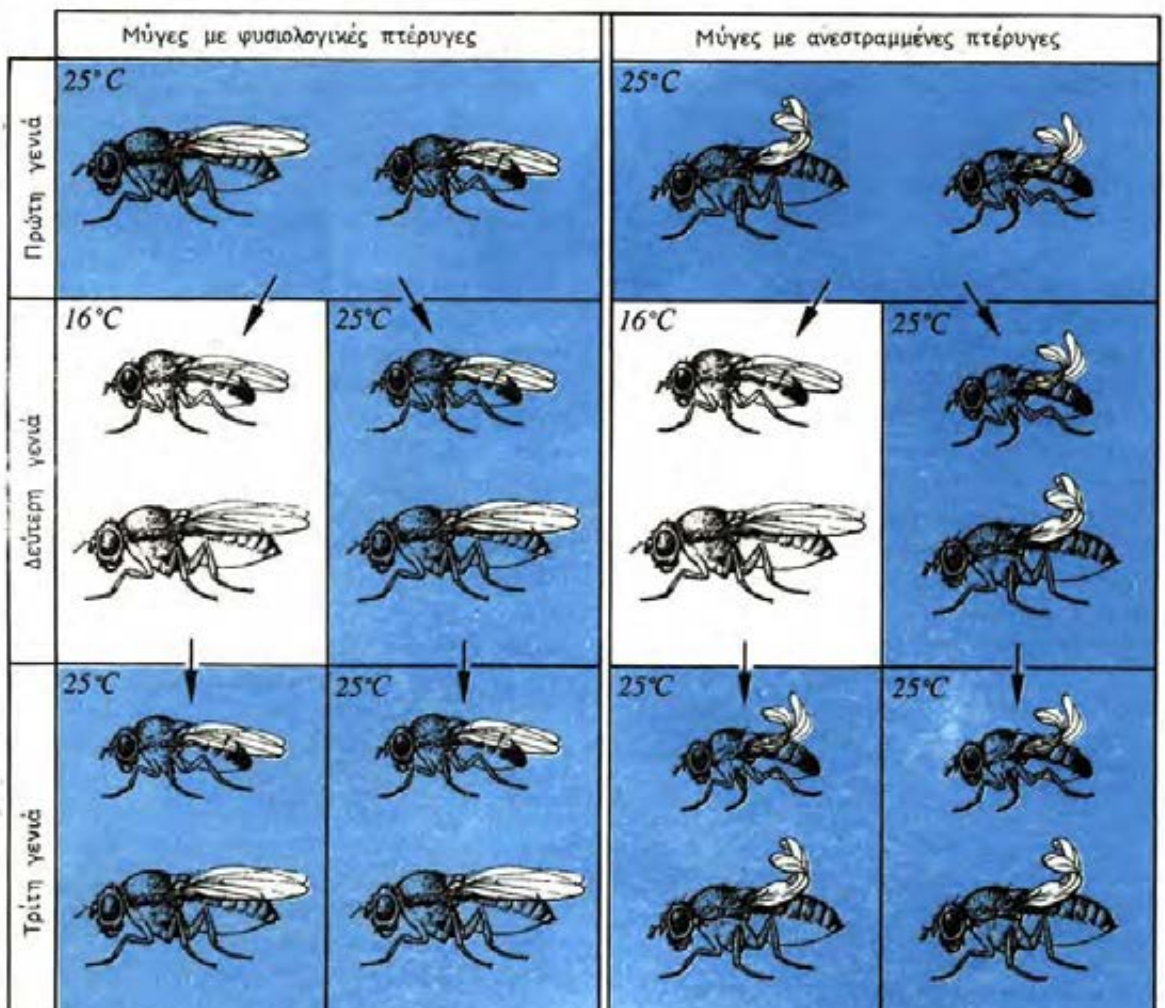
Όταν οι βιολόγοι άρχισαν να ενδιαφέρονται για τα προβλήματα της κληρονομικότητας, άρχισαν να καταγράφουν τα χαρακτηριστικά τα οποία έδειχναν ότι κληρονομούνται. Είδαν ότι τα περισσότερα χαρακτηριστικά της ζωής έχουν μία κληρονομική βάση και ότι πολλά χαρακτηριστικά είναι δυνατόν να εμφανίζονται υπό διάφορες μορφές. Για παράδειγμα, οι άνθρωποι είναι δυνατόν να έχουν ξανθά, κόκκινα, καστανά ή μαύρα μαλλιά. Είναι δυνατόν να έχουν μάτια διαφόρων χρωμάτων. Οι λοβοί των αυτιών τους είναι δυνατόν να είναι προσκολλημένοι ή ελεύθεροι (εικόνα 13-2). Είναι δυνατόν να έχουν ή όχι τη δυνατότητα να δημιουργούν ορισμένα ένζυμα. Μερικά από τα χαρακτηριστικά αυτά είναι περισσότερο σημαντικά για τη ζωή του ατόμου από όσο είναι άλλα, αλλά όλα είναι κληρονομήσιμα.

Οι γενετιστές δεν είναι δυνατόν να αναλύουν όλα τα χαρακτηριστικά ενός οργανισμού μαζί. Αντίθετα μελετούν μόνο λίγα χαρακτηριστικά κάθε φορά. Πολλά άλλα χαρακτηριστικά είναι παρόντα. Αυτό το «υπόβαθρο» των άλλων χαρακτηριστικών είναι πάντοτε παρών και είναι δυνατόν να επιδρά στην ακρίβεια των πειραμάτων και των παρατηρήσεων. Καθώς οι γενετιστές προσπαθούν να ανακαλύπτουν λύσεις για κάθε μυστήριο της κληρονομικότητας, δεν πρέπει να λησμονούν ότι όλοι οι οργανισμοί ζουν σε ένα περίπλοκο περιβάλλον, εσωτερικό και εξωτερικό. Το περιβάλλον αυτό είναι δυνατόν να έχει επίδραση στο βαθμό εκφράσεως των κληρονομησίμων χαρακτηριστικών. Οι γενετιστές πρέπει να προσδιορίσουν ποια από τα συστατικά του περιβάλλοντος είναι πιθανόν να επιδρούν στα αποτελέσματά τους. Πρέπει να προσπαθούν να διατηρούν όσο το δυνατόν σταθερούς αυτούς τους παράγοντες με τη χρήση ελεγχομένων πειραμάτων. Μόνον τότε μπορούν να ισχυρισθούν ότι οι διαφορές που παρατηρούν είναι πιο πιθανό να οφείλονται στην κληρονομικότητα.

Η κληρονομικότητα προσδιορίζει τι είναι δυνατόν να γίνει ένας οργανισμός, όχι τι θα γίνει. Το τι θα γίνει ένας οργανισμός εξαρτάται και από τα δύο, και από την κληρονομικότητά του και από το περιβάλλον του. Οι δύο αυτές δυνάμεις εργαζόμενες μαζί προσδιορίζουν το τελικό αποτέλεσμα. Τα παραδείγματα

Εικόνα 13-2 *Ελεύθεροι λοβοί αυτιών (αριστερά) και προσκολλημένοι λοβοί αυτιών (δεξιά). Πολλές παραλλαγές ελευθέρων και ημιπροσκολλημένων λοβών αυτιών υπάρχουν, αλλά συνήθως ένα άτομο μπορεί να καταταχθεί πλησιέστερα προς τον ένα τύπο παρά προς τον άλλο.*





Εικόνα 13-3 *Ανεστραμμένες πτέρυγες στη Δροσόφιλα προέρχονται από ένα χαρακτήρα που επηρεάζεται από τη θερμοκρασία. Εάν η τρίτη γενιά μυγών με ανεστραμμένες πτέρυγες αναπτυχθεί σε περιβάλλον 16° C, πώς θα δείχνουν οι πτέρυγες;*

που ακολουθούν δείχνουν συσχετισμούς μεταξύ κληρονομικότητας και περιβάλλοντος.

1. Μερικά κληρονομικά χαρακτηριστικά εκφράζονται μόνο κάτω από ορισμένες συνθήκες. Η μικρή μύγα των φρούτων, η *Δροσόφιλα*, είναι δυνατόν να έχει το κληρονομικό χαρακτηριστικό για ανεστραμμένες πτέρυγες. Η έκφραση αυτού του χαρακτηριστικού επηρεάζεται από τη θερμοκρασία στην οποία αναπτύσσεται. Στους 25° C οι πτέρυγες είναι ανεστραμμένες. Η ίδια μύγα θα έχει πτέρυγες με φυσική μορφή, αν αναπτυχθεί σε θερμοκρασία 16° C (μελέτησε την εικόνα 13-3).
2. Μερικά κληρονομικά χαρακτηριστικά δεν φαίνεται να επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από το εξωτερικό περιβάλλον. Ένα από τα πρώτα κληρονομικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν στον άνθρωπο ήταν η πολυδακτυλία. Ένα πολυδάκτυλο άτομο έχει περισσότερα από δέκα δάκτυλα στα χέρια ή στα πόδια, όπως φαίνεται στην εικόνα 13-4. Το χαρακτηριστικό δεν φαίνεται να επηρεάζεται από το εξωτερικό περιβάλλον σε μεγάλο βαθμό. Μερικά ακόμη χαρακτηριστικά του ανθρώπου, όπως η αχρωματοψία, ο τύπος αίματος, το χρώμα των ματιών, η ικανότητα γεύσεως ορισμένων υλικών, η παρουσία ή η απουσία τριχών στις μεσαίες φάλαγγες των δακτύλων και

οι ελεύθεροι ή οι προσκολημένοι λοβοί των αυτιών, δεν επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από το περιβάλλον κατά γενικό κανόνα.

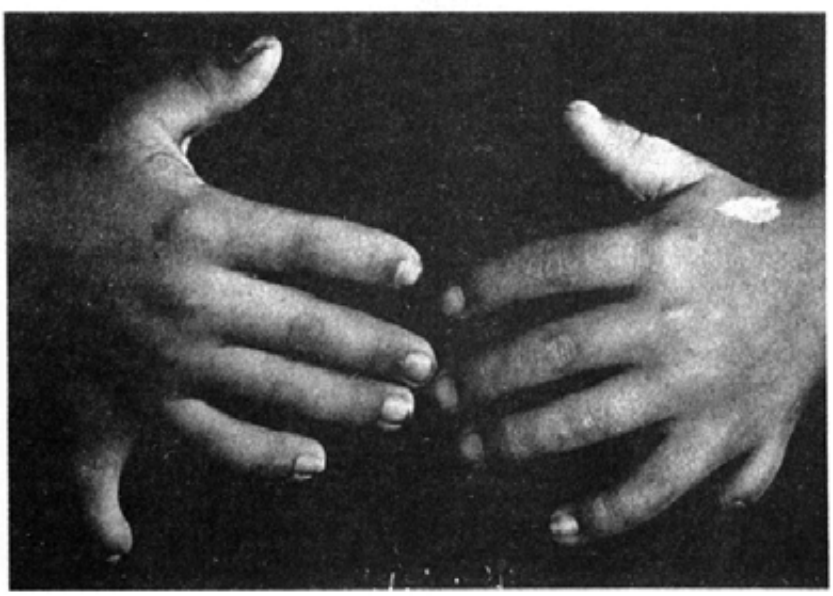
3. Πολλοί παράγοντες του περιβάλλοντος είναι δυνατόν να αλλοιώσουν μονίμως τα χαρακτηριστικά ενός οργανισμού. Ορισμένα αντιβιοτικά, εντομοκτόνα και άλλα υλικά έχουν απομακρυνθεί από την αγορά λόγω της επιβλαβούς επιδράσεώς τους στα χρωματοσώματα. Με συνεχή έρευνα συγκεντρώνονται περισσότερες πληροφορίες. Ειδικοί αναλύουν προσεκτικά τα δεδομένα, αλλά είναι σπουδαίο για τον κάθε πιθανό χρήστη, κατασκευαστή ή νομοθέτη να είναι πληροφορημένος. Έτσι είναι δυνατόν να λάβει καλύτερες αποφάσεις για τη χρήση των εντομοκτόνων, των παρασιτοκτόνων, των φαρμάκων, των προσθετικών των τροφών και των βιομηχανικών υλικών.

13-4
Μονοωογενή δίδυμα και μελέτες φύσεως και ανατροφής

Δεν είναι ασυνήθιστο για μερικά ζώα να έχουν περισσότερους από ένα απογόνους κάθε φορά. Στους ανθρώπους όμως, μόνο ένα άτομο αναπτύσσεται συνήθως σε κάθε κυοφορία. Περίπου μία φορά σε 85 τοκετούς αναπτύσσονται δύο μικρά στη μήτρα και γεννιώνται μαζί. Ακόμη πιο σπάνια τρία, τέσσερα, πέντε ή περισσότερα έμβρυα αναπτύσσονται μαζί.

Τα περισσότερα δίδυμα είναι διωογενή δίδυμα. Διωογενή δίδυμα αναπτύσσονται από δύο ξεχωριστά ωάρια. Αν δύο ωάρια είναι παρόντα κατά το χρόνο της γονιμοποιήσεως, κάθε ένα μπορεί να δεχθεί ένα σπερματοζωάριο και να αναπτυχθεί σε ξεχωριστό άτομο. Τα διωογενή δίδυμα δεν είναι περισσότερο συνδεδεμένα βιολογικά από ό,τι είναι άλλοι αδελφοί και αδελφές. Είναι δυνατόν να δείχνουν πολύ όμοια ή είναι δυνατόν να δείχνουν αρκετά διαφορετικά το ένα από το άλλο. Είναι δυνατόν να έχουν το ίδιο ή διαφορετικό φύλο.

Σπανιότερα ένα μόνο γονιμοποιημένο ωάριο είναι δυνατόν να διαιρεθεί σε δύο ξεχωριστές ομάδες κυττάρων. Εάν τα κύτταρα χωρισθούν σε ένα αρκετά πρώιμο στάδιο και παραμείνουν ξεχωριστά, αναπτύσσονται δύο πλήρη έμβρυα. Αυτή είναι ίδια περίπτωση με εκείνη που ανακάλυψε ο Ντρις στα ωάρια του αχινού (παράγραφος 12-7). Με εξαίρεση την πιθανότητα γενετικών σφαλμάτων, τα δύο έμβρυα έχουν ακριβώς την ίδια γενετική συγκρότηση και γι' αυτό ονομάζονται μονοωογενή δίδυμα. Τα μονοωογενή δίδυμα έχουν πάντα το ίδιο φύλο. Μοιάζουν πάντα πάρα πολύ από φυσικής απόψεως και έχουν τα ίδια βασικά κληρονομικά χαρακτηριστικά, όπως χρώμα ματιών και τύπο αίματος. Εάν ντύνονται όμοια, είναι δυνατόν να είναι αρκετά δύσκολο να διακρίνει κανείς το ένα



Εικόνα 13-4 *Πολυδακτυλία. Επιπλέον δάκτυλα χεριών ή ποδιών είναι σπάνια. Όσες φορές εμφανίζονται, είναι σχεδόν πάντοτε σε αφύσικη θέση ή με αφύσικη δομή και συνήθως αφαιρούνται χειρουργικά.*



Εικόνα 13-5 *Μονογενές δίδυμο. Μπορείς προσωρινά να τα ξεχωρίσεις, γιατί το ένα δίδυμο φοράει διορθωτικό σύστημα στα δόντια. Ακτινογραφίες όμως των σιαγόνων και των δοντιών συμπίπτουν σχεδόν τελείως. Στα πλαίσια μιας ερευνητικής εργασίας το ένα από τα δυο δίδυμα μελέτησε τον τρόπο που οι δύο τους βλέπουν τον εαυτό τους, πώς συγκρίνονται με βάση αθλοϊατρικές και ψυχολογικές δοκιμασίες και πώς οι φίλοι τους τις βλέπουν. Το συμπέρασμα ήταν ότι σύγχυση δημιουργείται μόνο στους ξένους.*

δίδυμο από το άλλο. Η εικόνα 13-5 δείχνει ένα ζεύγος μονοωογενών διδύμων.

Επειδή τα μονοωογενή δίδυμα έχουν την ίδια γονιδιακή συγκρότηση, παρέχουν στους γενετιστές τη μόνη λογικά «ελεγχόμενη» κατάσταση στον άνθρωπο για τη μελέτη της επιδράσεως της κληρονομικότητας (φύση), σε αντίθεση με την επίδραση του περιβάλλοντος (ανατροφής). Αν ένα χαρακτηριστικό παρουσιάζεται πολύ διαφορετικό σε κάθε ένα δίδυμο από πολλά ζεύγη διδύμων, τότε οδηγείται στην άποψη ότι το χαρακτηριστικό επηρεάζεται έντονα από το περιβάλλον. Αν όμως το χαρακτηριστικό παρουσιάζεται το ίδιο σε κάθε δίδυμο από πολλά ζεύγη διδύμων (ιδιαίτερα εάν έχουν ανατραφεί σε ξεχωριστά περιβάλλοντα, όπως συμβαίνει σε περίπτωση χωρισμού ή υιοθεσία) τότε υποστηρίζεται η άποψη ότι το χαρακτηριστικό ελέγχεται γενετικά.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Γενετική είναι ο κλάδος της βιολογίας που σπουδάζει και προσπαθεί να εξηγήσει τις ομοιότητες και τις διαφορές μεταξύ γονέων και απογόνων. Από πολύ παλιά οι άνθρωποι επέλεγαν για αναπαραγωγή εκείνα τα φυτά και ζώα που ήταν ιδαίτερα χρήσιμα ή όμορφα.

Με την πάροδο των χρόνων πολλοί γενετικά διαφορετικοί τύποι αναπτύχθηκαν με τον τρόπο αυτό. Αργότερα έγιναν κατανοητοί ειδικοί τρόποι κληρονομικότητας. Έγινε κατανοητό επίσης ότι το περιβάλλον ενός οργανισμού επιδρά στον τρόπο που εκδηλώνεται η κληρονομικότητα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Ποια είναι μερικά ανθρώπινα χαρακτηρι-

στικά που φαίνεται να παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλότητα; Ποια χαρακτηριστικά δεν φαίνεται να παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλότητα;
2. Πώς γίνεται η επιλεκτική αναπαραγωγή στα φυτά και στα ζώα;
3. Δώστε μερικά παραδείγματα χαρακτηριστικών που επηρεάζονται από το περιβάλλον.
4. Γράψτε κατάλογο μερικών ανθρωπίνων κληρονομικών χαρακτηριστικών που δεν φαίνεται να επηρεάζονται από το περιβάλλον.

Η εργασία του Μέντελ

13-5
Ο Γκρέγκορ Μέντελ θεμελίωσε την επιστήμη της Γενετικής

Ο Γκρέγκορ Μέντελ (εικόνα 13-6) μεγάλωσε κατά τον 19ο αιώνα στην περιοχή, που σήμερα ονομάζεται Τσεχοσλοβακία, και είχε χειροτονηθεί ιερέας. Οι πανεπιστημιακές του σπουδές στα μαθηματικά και τις επιστήμες οδήγησαν τον Μέντελ σε πειραματική εργασία με μπιζέλια σε ένα μέρος του κήπου ενός μοναστηριού. Τα πειράματα αυτά οδήγησαν στην πρώτη σε βάθος κατανόηση της κληρονομικότητας. Από αυτά ξεπήδησε η επιστήμη της Γενετικής.

Οι πρώτες γραπτές αναφορές του Μέντελ καλύπτουν περισσότερα από οκτώ χρόνια πειραματικής εργασίας. Η αξιοσημείωτη αυτή επιτυχία των μελετών οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στις μαθηματικές όσο και στις βιολογικές αρχές. Τα πειράματα διέφεραν σε τρία σπουδαία σημεία από τα προηγούμενα.

Πρώτο, αντί να περιλαμβάνουν μόνο τους λίγους απογόνους από μία και μόνη διασταύρωση, οι μελέτες περιλαμβάνουν όλους τους απογόνους πολλών ζευγών γονέων με όμοια γενετική συγκρότηση.

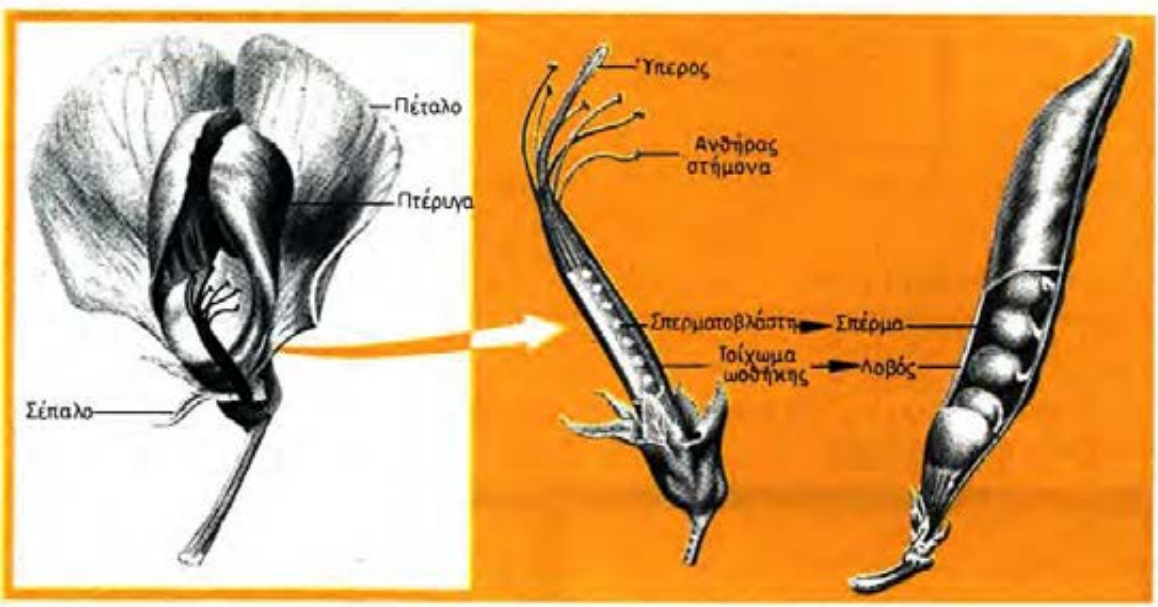
Δεύτερο, καθώς υπήρχε μεγάλος αριθμός απογόνων, τα μαθηματικά μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση των δεδομένων και να αποκαλύψουν στατιστικές τάσεις.

Τρίτο, οι μελέτες κατευθύνονταν σε ειδικούς χαρακτήρες και δεν εκάλυπταν κάθε τι για όλους τους απογόνους με μιας. Λίγοι επιλεγμένοι χαρακτήρες των μπιζελιών μελετήθηκαν λεπτομερώς. Ακόμη, οι χαρακτήρες αυτοί παρουσίαζαν ξεκάθαρες αντιθέσεις, όπως μήκος βλαστού (κοντός ή ψηλός) και σχήμα σπέρματος (στρογγυλό ή συρρικνωμένο).

Υπάρχει ένα ακόμη σημείο που πρέπει να θυμόμαστε. Στην εποχή που εργαζόταν ο Μέντελ τίποτα δεν ήταν γνωστό για γονίδια ή χρωματοσώματα ή για τις διαδικασίες της κυτταρικής διαιρέσεως. Οποιεσδήποτε αρχές επρόκειτο να ανακαλυφθούν θα βασίζονταν μόνο στα αποτελέσματα πειραμάτων διασταυρώσεως φυτών. Τίποτε δεν ήταν γνωστό σχετικά με τις αλλαγές που γίνονται στα κύτταρα. Πολλά χρόνια αργότερα οι γνώσεις για το κύτταρο συνδέθηκαν επιτυχώς με τις αρχές του Μέντελ, όπως θα δείτε στο επόμενο κεφάλαιο. Για να καταλάβετε αυτή την πρωταρχική εργασία θα εξετάσετε ορισμένα αρχικά δεδομένα.



Εικόνα 13-6 *Οι μελέτες του Γκρέγκορ Μέντελ στην κληρονομικότητα έθεσαν τις βάσεις της σύγχρονης γενετικής.*



Εικόνα 13-7 *Τα πέταλα του άνθους του μπιζελιού (αριστερά) περικλείουν τελείως τα αναπαραγωγικά όργανα. Ως αποτέλεσμα οι γυρεόκοκκοι από τους ανθήρες (κέντρο) πέφτουν στο στίγμα ή κορυφή του υπέρου του ίδιου άνθους. Οι προβολές των γυρεοκόκκων αναπτύσσονται μέσα στον ύπερο, έως ότου φθάσουν στις σπερμοβλάστες στην ωοθήκη. Τότε παρατηρείται αυτογονιμοποίηση. Η σπερμοβλάστες αναπτύσσονται σε σπέρματα και το τοίχωμα της ωοθήκης σχηματίζει το λοβό. Συνήθως όλα τα σπέρματα μέσα στο λοβό είναι πλήρως ανεπτυγμένα.*

Ο Μέντελ επέλεξε τα μπιζέλια για τα πειράματά του αυτά γιατί είχαν ορισμένα ευνοϊκά χαρακτηριστικά: Τα φυτά ήταν εύκολο να καλλιεργηθούν και δημιουργούσαν πολλές γενιές σε λίγο χρόνο. Ήταν δυνατόν να προμηθευθεί κανείς πολυάριθμες ποικιλίες. Οι απόγονοι μεταξύ των διασταυρώσεων διαφόρων ποικιλιών ήταν δυνατόν να αναπαραχθούν εύκολα. Το τελικό γεγονός ήταν ότι είναι εύκολο να ελέγχει κανείς τη γονιμοποίηση στα μπιζέλια.

Παρατηρήστε τη δομή του άνθους του μπιζελιού στην εικόνα 13-7 για να αντιληφθείτε πώς γίνεται συνήθως η γονιμοποίηση. Η γονιμοποίηση στα μπιζέλια μοιάζει με τη γονιμοποίηση των περισσοτέρων ανθοφόρων φυτών.

Θυμάστε ότι οι ωοθήκες βρίσκονται στο κέντρο ενός άνθους. Οι γυρεόκοκκοι, οι φορείς των αρρένων γαμετών, σχηματίζονται στους ανθήρες. Γύρη ή από τους ανθήρες του ίδιου του άνθους ή από κάποιο άλλο άνθος πέφτει συνήθως στην κορυφή του ύπερου, πάνω από τις ωοθήκες και γονιμοποιεί τα ωάρια μέσα σε κάθε ωοθήκη.

Καθώς ο ύπερος και οι ανθήρες σε ένα άνθος μπιζελιού περικλείονται τελείως από ειδικά ενωμένα πέταλα, οι ωοθήκες γονιμοποιούνται φυσιολογικά από γύρη του ίδιου άνθους. Αυτό είναι αυτογονιμοποίηση. Αυτό ήταν πολύ σπουδαίο για τη δημιουργία καθαρών ποικιλιών φυτών, με τις οποίες άρχισε η πειραματική εργασία. Σε μερικά από τα πειράματά του ο Μέντελ ήθελε να γονιμοποιήσει άνθη μπιζελιού με γύρη από άλλα άνθη. Για να αποφύγει αυτογονιμοποίηση στα άνθη αυτά, ο Μέντελ έκοβε τους ανθήρες στα άνθη αυτά πριν από την ωρίμανση της γύρεως. Με τον τρόπο αυτό κάθε ύπερος άνθους μπορούσε να επιπασθεί με γύρη από άλλο άνθος. Με τη σταυρογονιμοποίηση μπορεί ένας ερευνητής να διασταυρώσει φυτά με γνωστά κληρονομικά χαρακτηριστικά. Με τον τρόπο αυτό ο Μέντελ μπορούσε να ελέγχει τα πειράματα με τα μπιζέλια.

13-6
Επικρατή και υπολειπόμενα χαρακτηριστικά

Μετά την επιλογή των μπιζελιών για τα

πειράματά του ο Μέντελ επέλεξε τα χαρακτηριστικά που θα μελετούσε. Για να βεβαιωθεί ότι τα φυτά του δίνανε πάντοτε ίδιους απογόνους, τα άφησε να πολλαπλασιασθούν με αυτογονιμοποίηση για έναν αριθμό γενεών. Αυτό κράτησε αρκετά χρόνια. Τους απογόνους κάθε γενιάς τους μελετούσε, ώστε να είναι βέβαιος, όσον αφορά στα χαρακτηριστικά που είχε επιλέξει, ότι ήταν όμοιοι και μεταξύ τους και προς τα γονικά φυτά. Κατόπιν ο Μέντελ έκανε εκατοντάδες διασταυρώσεις με επίπαση γύρεως από φυτά με ένα επιλεγμένο χαρακτηριστικό πάνω στα στίγματα φυτών μπιζελιού με το αντίθετο χαρακτηριστικό. Αυτή η διασταύρωση ονομάζεται γονική διασταύρωση (P). Μετά από τις διασταυρώσεις ο Μέντελ εκάλυπτε τα άνθη με μία χαρτοσακούλα για να αποφύγει τυχαία σταυρογονιμοποίηση.

Ο Μέντελ ανακάλυψε ότι όλοι οι απόγονοι έμοιαζαν με τον ένα από τους γονείς και δεν έδειχναν ίχνος από το χαρακτήρα του άλλου. Όταν διαταυρώθηκαν φυτά που παρήγαν λεία σπέρματα με φυτά που παρήγαν συρρικνωμένα σπέρματα, όλοι οι απόγονοι παρήγαν λεία σπέρματα. Και ακόμη φαινόταν ότι δεν είχε σημασία από ποιο γονέα προερχόταν η γύρη. Αυτοί οι απόγονοι της γονικής διασταυρώσεως είναι η πρώτη θυγατρική γενιά ή F_1 γενιά.

Κατά την F_1 γενιά, το ένα χαρακτηριστικό φαινόταν ότι κυριαρχούσε ή «επικρατούσε» του άλλου χαρακτηριστικού. Γι' αυτό ο Μέντελ ονόμασε τα χαρακτηριστικά αυτά επικρατή, γιατί πάντοτε εμφανίζονταν στους απογόνους των γονέων με αντίθετα χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, λεία σπέρματα επικρατούσαν των συρρικνωμένων σπερμάτων και το πράσινο χρώμα στο λοβό επικρατούσε του κιτρίνου. Στο σύνολο ο Μέντελ περιέγραψε τα αποτελέσματα για επτά διαφορετικά ζεύγη αντιθέτων χαρακτηριστικών. Σε κάθε ζεύγος ένα χαρακτηριστικό ήταν επικρατές ως προς το άλλο. Τα επικρατή χαρακτηριστικά αναγράφονται στον πίνακα 13-Α-1 στο Παράρτημα 13-Α. Δείγματα από τα αρχεία του Μέντελ στη σελίδα 711.

Ο Μέντελ σημείωσε την ύπαρξη και άλλων χαρακτηριστικών, αλλά επέλεξε εκείνα στα οποία το πρότυπο της επικρατήσεως εμφανιζόταν καθαρά. Κατόπιν, στο δεύτερο κύριο στάδιο των πειραμάτων του τα F_1 φυτά αφέθηκαν να αυτογονιμοποιηθούν. Τα φυτά που προέκυψαν από αυτή τη δεύτερη διασταύρωση ήταν η F_2 γενιά. Τα τρία τέταρτα της F_2 γενιάς είχαν λεία σπέρματα αλλά το ένα τέταρτο των απογόνων είχε συρρικνωμένα σπέρματα. Καθώς το χαρακτηριστικό των συρρικνωμένων σπερμάτων είχε προφανώς υπολειφθεί και δεν ήταν εμφανές κατά την F_1 γενιά, ο Μέντελ ονόμασε το χαρακτηριστικό αυτό υπολειπόμενο. Στην εργασία του Μέντελ ένα χαρακτηριστικό ονομάζονταν επικρατές ή υπολειπόμενο ανάλογα με τον τρόπο συμπεριφοράς του κατά τα πειράματα επιλεκτικής αναπαραγωγής.

Ο πίνακας 13-Α-2, στο Παράρτημα 13-Α, δείχνει τα αποτελέσματα που είχε ο Μέντελ όταν τα άτομα της F_1 γενιάς έδωσαν F_2 γενιά με αυτογονιμοποίηση. Σε κάθε περίπτωση το επικρατές χαρακτηριστικό εμφανιζόταν στα τρία τέταρτα της F_2 γενιάς, ενώ το υπολειπόμενο χαρακτηριστικό εμφανιζόταν στο ένα τέταρτο των απογόνων. Τώρα μπορείς να δεις τη σημασία των μαθηματικών στον πειραματισμό. Σε κάθε περίπτωση η αναλογία των φυτών με το επικρατές χαρακτηριστικό προς τα φυτά με το υπολειπόμενο χαρακτηριστικό ήταν κοντά στο 3:1. Ο Μέντελ κατάλαβε ότι οι αναλογίες αυτές ήταν οι ίδιες είτε το χαρακτηριστικό που μελετούσε ήταν το σχήμα του σπέρματος, είτε το μήκος του βλαστού, είτε κάποιο άλλο. Ο Μέντελ αναγνώρισε στις μαθηματικές αυτές αναλογίες μία αρχή, που θα βοηθούσε στην εξήγηση της κληρονομικότητας πολλών διαφορετικών χαρακτηριστικών. Η αρχή αυτή αποτέλεσε τη βάση για πολλές επόμενες μελέτες στη γενετική.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 13-Β. Πώς κληρονομούνται τα χαρακτηριστικά στη μύγα των φρούτων; Σελίδα 631.

13-7
Τουλάχιστον δύο γονίδια προσδιορίζουν κάθε χαρακτηριστικό

Για την εξήγηση των αποτελεσμάτων των πειραμάτων ο Μέντελ χρησιμοποίησε απλά γράμματα σύμβολα για κάθε χαρακτηριστικό. Με αυτά και τις μαθηματικές αναλογίες τα πρότυπα της κληρονομικότητας μπορούσαν να εκφρασθούν πολύ καλύτερα παρά με τη

χρήση γραπτών περιγραφών. Ο Μέντελ χρησιμοποίησε ένα κεφαλαίο γράμμα Λ, για τον επικρατή παράγοντα και το ίδιο γράμμα αλλά μικρό, λ, για τον υπολειπόμενο παράγοντα. Στην παράγραφο 13-10 θα αντιληφθείτε πόσο εξυπηρετικό είναι το κωδικοποιημένο αυτό σύστημα. Κατά βάση χρησιμοποιούμε ακόμη το ίδιο σύστημα συμβόλων. Σήμερα οι παράγοντες αυτοί ονομάζονται γονίδια και είναι γνωστό ότι είναι ειδικά μόρια DNA ή τμήματά τους. Τα περισσότερα από αυτά τα γονίδια έχουν κωδικοποιημένες πληροφορίες για την παραγωγή πολυπεπτιδίων.

Ο Μέντελ είχε σημειώσει ότι μερικά γονικά φυτά με το επικρατές χαρακτηριστικό έδιναν μερικούς απογόνους με το υπολειπόμενο χαρακτηριστικό. Πώς μπορούσε να συμβεί αυτό; Πρώτο, ήταν φανερό ότι γονικά φυτά με επικρατές χαρακτηριστικό πρέπει να είχαν ένα γονίδιο για το επικρατές αυτό χαρακτηριστικό. Αλλά καθώς έδιναν απογόνους με το υπολειπόμενο χαρακτηριστικό, θα πρέπει να είχαν επίσης ένα γονίδιο για το υπολειπόμενο χαρακτηριστικό. Με άλλα λόγια ο Μέντελ κατέληξε στο συμπέρασμα ότι κάθε φυτό πρέπει να έχει τουλάχιστον δύο γονίδια για κάθε χαρακτηριστικό. Κάθε μέλος ενός τέτοιου ζεύγους γονιδίων είναι γνωστό ως αλληλόμορφο. Ο Μέντελ συμπέρανε ότι μόνο ένα αλληλόμορφο για κάθε χαρακτηριστικό μεταβιβάζεται από κάθε γονέα στον απόγονο.

Ένα φυτό από γονείς που έδιναν πάντοτε λεία σπέρματα θα μπορούσε με τον τρόπο αυτό να συμβολίζεται με ΛΛ. Αυτό σήμαινε ότι ο απόγονος είχε πάρει δύο αλληλόμορφα για λεία σπέρματα, ένα από κάθε γονέα. Ομοίως, ένα φυτό που έδινε μόνο συρρικνωμένα σπέρματα μπορούσε να συμβολίζεται με λλ, δείχνοντας ότι είχε πάρει ένα λ γονίδιο από κάθε γονέα. Η περιγραφή αυτή των γονιδίων για ένα χαρακτηριστικό, όπως δίνεται από τα ζεύγη των συμβόλων, ονομάζεται γονότυπος ενός οργανισμού. Ο τρόπος με τον οποίο ο γονότυπος εκφράζεται στην εμφάνιση ή τη λειτουργία του οργανισμού είναι γνωστό ως φαινότυπος.

Ο Μέντελ ήταν δυνατό τώρα να δοκιμάσει τις υποθέσεις αυτές σχετικά με τα αλληλόμορφα. Γνωρίζοντας τα γονίδια που ήταν παρόντα σε κάθε γονέα, ήταν σε θέση να προβλέπει το είδος των γονιδίων που θα ήταν παρόντα στα ωάρια και στους γυρεόκοκους. Ακόμη και η αναλογία κατανομής των γονιδίων αυτών ήταν δυνατόν να προβλεφθεί. Γι' αυτό ο Μέντελ ήταν δυνατό να προβλέψει τα είδη και τις αναλογίες των απογόνων που θα παρήγαν οι γαμέτες.

Ας υποθέσομε, για παράδειγμα, ότι ο γονότυπος ενός φυτού ήταν ΛΛ. Τι είδους γαμέτες μπορούσε να δώσει; Ο κανόνας του Μέντελ ήταν απλός. Μόνο ένα αλληλόμορφο από κάθε ζεύγος εισέρχεται σε ένα γαμέτη. Γι' αυτό, στην περίπτωση ενός φυτού ΛΛ, όπου τα μέλη ενός ζεύγους αλληλομόρφων είναι όμοια, όλοι οι γαμέτες είτε είναι ωάρια είτε είναι σπέρμα θα περιέχουν το ίδιο αλληλόμορφο. Σύμφωνα προς τον παραπάνω κανόνα κάθε γαμέτης θα περιέχει ένα Λ αλληλόμορφο.

Ας θεωρήσομε ένα δεύτερο φυτό, του οποίου ο γονότυπος είναι λλ. Όλοι οι γαμέτες, είτε είναι γυρεόκοκκοι είτε ωάρια, θα περιέχουν ένα λ αλληλόμορφο, καθώς λ αλληλόμορφα είναι το μόνο είδος που μπορεί να δώσει ο γονέας.

Μία τρίτη περίπτωση είναι δυνατή· το φυτό ήταν δυνατό να έχει γονότυπο Λλ. Σύμφωνα με τον κανόνα, ένας γαμέτης είναι δυνατόν να έχει το ένα ή το άλλο αλληλόμορφο, όχι όμως και τα δύο. Θα αναμένομε ότι οι μισοί γαμέτες θα έχουν Λ, ενώ οι άλλοι μισοί θα έχουν λ.

Ο κανόνας ότι τα μέλη ενός ζεύγους γονιδίων διαχωρίζονται και καταλήγουν σε ξεχωριστούς γαμέτες ονομάζεται αρχή του διαχωρισμού. Σύμφωνα με τον κανόνα του Μέντελ, η τύχη έπαιζε σπουδαίο ρόλο στην κληρονομικότητα. Ήταν θέμα τύχης ποιο από τα δύο αλληλόμορφα θα εισερχόταν σε ένα γαμέτη. Οι συνδυασμοί με τους οποίους οι γαμέτες αυτοί ενώνονταν κατά τη διάρκεια της γονιμοποιήσεως θα ήταν δυνατόν επίσης να εξηγηθούν ως αποτέλεσμα τυχαίων γεγονότων.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα δεδομένα από μία σειρά καλοσχεδιασμένων πειραμάτων με μπιζέλια επέτρεψαν στον Γκρέγκορ Μέντελ να ανακαλύψει τις πρώτες αρχές της γενετικής. Ο Μέντελ χρησιμοποίησε πολλά ζεύγη ομοίων γονέων για να δημιουργήσει μεγάλο αριθμό απογόνων που ήταν δυνατόν κατόπιν να μελετηθούν με μαθηματικό τρόπο. Μία μορφή ενός χαρακτηριστικού φαινόταν να είναι «επικρατής» επί

μιας δεύτερης μορφής του ίδιου χαρακτηριστικού, όταν οι δύο ποικιλίες του φυτού διασταυρώνονταν. Αλλά το δεύτερο χαρακτηριστικό ήταν δυνατόν να επανεμφανισθεί σε ακόλουθη γενιά και ως εκ τούτου ήταν μόνο «υπολειπόμενο». Ο Μέντελ έδωσε σύμβολα στα διάφορα χαρακτηριστικά και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι κάθε χαρακτηριστικό αντιπροσωπεύεται από ένα ζεύγος αλληλομορφίας σε κάθε φυτό. Όταν σχηματίζονται οι γαμέτες, μόνο ένα αλληλόμορφο από κάθε ζεύγος εισέρχεται σε κάθε γαμέτη. Είναι θέμα τύχης ποιο αλληλόμορφο θα εισέλθει σε κάθε γαμέτη.

Ο Μέντελ χρησιμοποίησε μεγάλο αριθμό δεδομένων, ανέλυσε τα δεδομένα και είδε το γενικότερο πρότυπο που προέκυπτε. Μπορείτε να σκεφτείτε τρόπους εφαρμογής των μεθόδων αυτών με προβλήματα του σημερινού περιβάλλοντος;

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Πώς βεβαιώθηκε ο Μέντελ ότι είχε καθαρές ποικιλίες μπιζελιών;
2. Τι είναι επικρατές χαρακτηριστικό;
3. Τι είναι υπολειπόμενο χαρακτηριστικό;
4. Ποιο είναι το πλεονέκτημα από τη χρήση συμβόλων για το συμβολισμό κάθε χαρακτηριστικού, όπως έκανε ο Μέντελ;
5. Τι είναι αλληλόμορφο;
6. Τι εννοούμε με το γονότυπο ενός οργανισμού; Ποια είναι η έννοια του φαινοτύπου; Δώστε ένα παράδειγμα τουλάχιστον για τον καθένα.

Πιθανότητες και γενετική

13-8
Γενικά περί πιθανοτήτων

Η γενετική ανάλυση χρησιμοποιεί τις πιθανότητες, τη μαθηματική επιστήμη που προσπαθεί να προβλέψει την «τύχη» ότι ένα συγκεκριμένο γεγονός είναι δυνατόν να συμβεί. Η ανάλυση των πιθανοτήτων είναι ένα μέσο για τη θεώρηση τυχαίων γεγονότων.

Τα πιο οφθαλμοφανή παραδείγματα τυχαίων γεγονότων βρίσκονται στα τυχερά παιχνίδια. Όταν ένα νόμισμα πετιέται στον αέρα, πόσο συχνά θα πέσει «κορώνα»; (Βλέπε εικόνα 13-8). Ποια είναι η πιθανότητα να



Εικόνα 13-8 *«Κορώνα» ή «γράμματα»; Η στροβοσκοπική αυτή φωτογραφία δείχνει την ανακύκλωση ενός νομίσματος. Ποια είναι η πιθανότητα για «κορώνα»;*

πέσει «γράμματα»; Πολλά τυχερά παιχνίδια χρησιμοποιούν μία τράπουλα παιγνιοχάρτων. Σε κάθε τράπουλα υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες παιγνιοχάρτων: κούπες, καρώ, μπαστούνια και σπαθιά. Σε μία συνηθισμένη τράπουλα κάθε κατηγορία περιλαμβάνει δεκατρία παιγνιόχαρτα. Όταν τραβάτε ένα παιγνιόχαρτο από την τράπουλα, είναι δυνατό να θέσετε ερωτήσεις όπως: Ποια είναι η πιθανότητα ότι θα είναι μία κούπα, ή ένας άσσος κούπα;

Αυτά όλα είναι τυπικά τυχαία γεγονότα και η ερώτηση «Πόσο συχνά;» είναι ένας σύντομος τρόπος για τη διατύπωση ενός ερωτήματος, στο οποίο η επιστήμη των μαθηματικών πιθανοτήτων προσπαθεί να απαντήσει. Ένας πιο ακριβής τρόπος για να θέσει κανείς την ερώτηση είναι: Πόσο συχνά πρέπει να αναμένεται ότι θα συμβεί το γεγονός αυτό σε ένα δεδομένο αριθμό δοκιμών; Σημείωσε ότι η ερώτηση είναι: «Πόσο συχνά πρέπει να αναμένεται ότι θα συμβεί;» και όχι «Πόσο συχνά θα συμβεί;». Γιατί είναι σπουδαία η διαφορά αυτή;

Ένας εύκολος τρόπος για να εκφρασθεί η πιθανότητα είναι να εκφρασθεί ως ένα απλό κλάσμα. Αν, για παράδειγμα, ένα γεγονός αναμένεται να συμβεί πέντε φορές σε χίλιες δοκιμές, τότε η πιθανότητα εκφράζεται απλώς ως 5/1000.

Τώρα ας εκφράσομε τις πιθανότητες μερικών απλών και συνηθισμένων γεγονότων. Για άσκηση, εξηγήστε στον εαυτό σας γιατί η πιθανότητα καθεμιάς από τις ακόλουθες καταστάσεις είναι σωστή.

1. Η πιθανότητα να τραβήξεις ένα σπαθί βγάζοντας μόνο ένα χαρτί από μία πλήρη τράπουλα παιγνιοχάρτων: 1/4.
2. Η πιθανότητα ενός Α γαμέτη από ένα ΑΑ γονέα: 1/1.
3. Η πιθανότητα ενός α γαμέτη από έναν ΑΑ γονέα: 0/1.
4. Η πιθανότητα ενός Α γαμέτη από ένα Αα γονέα: 1/2.
5. Η πιθανότητα ενός α γαμέτη από έναν Αα γονέα: 1/2.

Δύο αρχές πιθανοτήτων έχουν σπουδαιότητα στη γενετική. Η πρώτη αντίκειται σε μία γενικώς αποδεκτή πρόληψη παρά το ότι είναι σωστή:

> Το αποτέλεσμα μιας δοκιμής ενός τυχαίου γεγονότος δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα των δοκιμασιών για το ίδιο γεγονός που θα ακολουθήσουν.

Θεώρησε το ακόλουθο παράδειγμα: Υποθέστε ότι πετάτε στον αέρα ένα νόμισμα δέκα φορές και σε κάθε ρίψη βγαίνει «κορώνα». Στο σημείο αυτό, ακριβώς πριν από την ενδέκατη δοκιμασία, ποια είναι η πιθανότητα ότι θα βγει «γράμματα;». Το νόμισμα δεν γνωρίζει τι συνέβη στις προηγούμενες ρίψεις. Είναι εξίσου πιθανό να βγει «κορώνα» ή «γράμματα», όπως ακριβώς ήταν και κατά την πρώτη ρίψη. Με άλλα λόγια τα τυχαία γεγονότα δεν έχουν μνήμη.

Υποθέστε ότι τα πρώτα τρία παιδιά μιας ορισμένης οικογένειας είναι όλα κορίτσια. Ποια είναι η πιθανότητα ότι το τέταρτο παιδί θα είναι αγόρι; Το ωάριο και το σπερματοζωάριο που λαμβάνουν μέρος στη δημιουργία του νέου αυτού εμβρύου δεν είχαν λάβει μέρος σε καμιά από τις προηγούμενες κυοφορίες στην οικογένεια. Ενώνονται με πλήρη ανεξαρτησία από τα προηγούμενα γεγονότα. Γι' αυτό η πιθανότητα, εάν υποθέσομε ότι γεννήσεις αρρένων και θηλέων είναι εξίσου πιθανές, είναι απλώς 1/2, όπως ήταν και κατά τις προηγούμενες γεννήσεις στην οικογένεια. Μία προσωρινή έλλειψη καλής τύχης δεν αλλάζει τις πιθανότητες των γενότων εάν αυτά είναι πραγματικά τυχαία.

Η δεύτερη αρχή των πιθανοτήτων είναι εξίσου απλή:

> Η πιθανότητα ότι δύο ανεξάρτητα γεγονότα θα παρατηρηθούν συγχρόνως είναι το γινόμενο των πιθανοτήτων να παρατηρηθούν ξεχωριστά.

Για την παρουσίαση της αρχής αυτής υπόθεσε ότι ρίχνεις ένα από δύο ζάρια. Ποια είναι η πιθανότητα να βγει το τρία; Η απάντηση είναι 1/6. Τώρα ρίχνεις το άλλο ζάρι. Ποια είναι η πιθανότητα να βγει το τρία; Η ίδια, 1/6. Τώρα μία καινούργια ερώτηση: Ποια είναι η πιθανότητα και των δύο, εάν ριχτούν συγχρόνως, να βγάλουν τρία; Η απάντηση είναι 1/6 × 1/6, που είναι 1/36, το γινόμενο των ανεξαρτήτων πιθανοτήτων τους. Διαβάστε περισσότερα για παρόμοιες εφαρμογές των πιθανοτήτων στο επόμενο κεφάλαιο.

13-9
Πώς εφαρμόζονται οι αρχές των πιθανοτήτων;

Υποθέστε ότι σε κάποια πόλη ένα κορίτσι στα δύο έχει καστανά μαλλιά. Υποθέστε επίσης ότι ένα κορίτσι στα τρία είναι αδύνατο. Ποια είναι η πιθανότητα ότι το επόμενο κορίτσι που θα περάσει θα έχει καστανά μαλλιά και θα είναι αδύνατο; Η απάντηση είναι 1/2 × 1/3 ή 1/6.

Τώρα υποθέστε ότι στην ίδια πόλη ένα κορίτσι στα δύο έχει καστανά μαλλιά, ένα κορίτσι στα τρία είναι αδύνατο και ένα κορίτσι στα δέκα είναι πνευματώδες. Ποια είναι η πιθανότητα ότι το επόμενο κορίτσι που θα περάσει θα έχει καστανά μαλλιά, θα είναι αδύνατο και πνευματώδες; Η απάντηση είναι 1/2 × 1/3 × 1/10 που είναι 1/60. Η πιθανότητα ότι το πρώτο κορίτσι που θα συναντήσει κανείς θα είναι αδύνατο, θα έχει καστανά μαλλιά και θα είναι πνευματώδες είναι η ίδια πολύ αδύνατη!

Τώρα, ένα ακόμη παράδειγμα προτού επιστρέψομε πάλι στη γενετική. Εάν ρίξετε δύο νομίσματα συγχρόνως, ποια είναι η πιθανότητα ότι και τα δύο θα βγουν «κορώνα;». Όπως μάθατε στην προηγούμενη παράγραφο, η απάντηση είναι 1/2 × 1/2 ή 1/4. Τώρα, το «πονηρό» μέρος του προβλήματος. Ποια είναι η πιθανότητα ότι το ένα θα βγει «κορώνα» και το άλλο «γράμματα»; Η απάντηση δεν είναι 1/4. Είναι 1/2. Γιατί;

Αυτή η απάντηση δεν είναι αντίθετη προς τον κανόνα ότι η πιθανότητα ενός συνδυασμού γεγονότων είναι το γινόμενο των ανεξαρτήτων πιθανοτήτων. Το αποτέλεσμα προέρχεται από το γεγονός ότι υπάρχουν δύο τρόποι για να πάρει κανείς «κορώνα» και «γράμματα» μαζί. Το πρώτο νόμισμα μπορεί να βγει «κορώνα» (πιθανότητα 1/2). Η πιθανότητα να πάρει κανείς «κορώνα» και «γράμματα» συγχρόνως με τον τρόπο αυτό θα έχει μία πιθανότητα 1/4. Αλλά το πρώτο νόμισμα μπορούσε να είχε βγει «γράμματα» (πιθανότητα 1/2) και το δεύτερο θα μπορούσε να είχε βγει «κορώνα» (πιθανότητα 1/2). Έτσι υπάρχουν δύο τρόποι για να πάρει κανείς ένα συνδυασμό «κορώνα - γράμματα», κάθε μία με πιθανότητα 1/4. Δύο φορές 1/4 είναι 1/2. Αυτή είναι η απάντηση στο πρόβλημα.

Για τον υπολογισμό των πιθανοτήτων όλων των δυνατών συνδυασμών των δύο νομισμάτων (ή δύο γονιδίων), ακολουθείτε πάντα τον ίδιο τρόπο. Έστω ότι Κ συμβολίζει την «κορώνα» και Γ τα «γράμματα». Για κάθε νόμισμα υπάρχει πιθανότητα 1/2 για «κορώνα» (1/2 Κ) και 1/2 για «γράμματα» (1/2 Γ), ώστε οι ολικές πιθανότητες για το νόμισμα είναι 1/2 Κ + 1/2 Γ. Για να υπολογίσετε τις ολικές πιθανότητες για κάθε συνδυασμό των δύο νομισμάτων που είναι δυνατό να έχομε, πολλαπλασιάζετε τις πιθανότητες για τα νομίσματα. Το σύνολο είναι ίσο προς 1.

πιθανότητες του ενός νομίσματος: 1/2 Κ + 1/2 Γ

πιθανότητες του άλλου νομίσματος: × 1/2 Κ + 1/2 Γ

1/4 ΚΓ + 1/4 ΓΓ

1/4 ΚΚ + 1/4 ΚΓ

1/4 ΚΚ + 1/2 ΚΓ + 1/4 ΓΓ

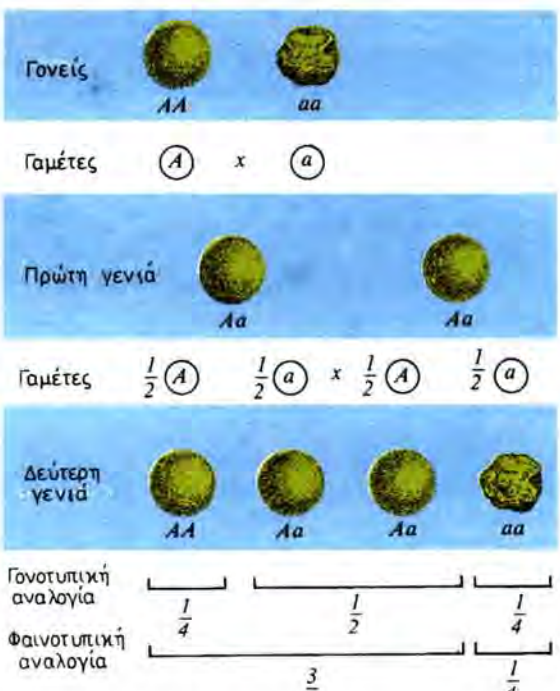
13-10
Εφαρμογή των πιθανοτήτων στους γαμέτες και τους απογόνους

Τα απλούστερα προβλήματα στη γενετική είναι ακριβώς όμοια με το πρόβλημα της ρίψεως δύο δεκαεξάχμων. Τίποτα το καινούργιο δεν προστίθεται εκτός από το ότι τα γονίδια ή οι γαμέτες χρησιμοποιούνται αντί για δεκάεδρα και ότι προβλέπονται τα είδη των απογόνων αντί για τους συνδυασμούς «κορώνα» – «γράμματα».

Υποθέστε ότι ο ένας γονέας έχει γονότυπο ΑΑ. Τι είδη γαμετών θα παράγει και σε ποια αναλογία; Να θυμάστε ότι όταν οι γονείς παράγουν γαμέτες, ένα ζεύγος αλληλομόρφων διασχίζεται σε δύο διαφορετικούς γαμέτες. Ένα και μόνο ένα αλληλόμορφο από κάθε ζεύγος εισέρχεται σε ένα γαμέτη. Αυτό μοιάζει σαν να ρίχνετε στον αέρα ένα νόμισμα που έχει «κορώνα» και στις δύο πλευρές. Οι μισοί γαμέτες που σχηματίζονται θα πάρουν Α και οι άλλοι μισοί θα πάρουν το άλλο Α.

πιθανοί γαμέτες από ΑΑ γονέα:
1/2 Α + 1/2 Α (όλοι Α)

Υπάρχουν μόνο άλλες δύο πιθανότητες και είναι δυνατό να καταχωρισθούν με τον ίδιο τρόπο.



Εικόνα 13-9 *Όταν ο Μέντελ διασταύρωσε φυτά, που παρήγαν λεία μπιζέλια, με φυτά, που παρήγαν συρρικνωμένα, πήρε αυτά τα αποτελέσματα. Ποιο χαρακηριστικό είναι επικρατές;*

πιθανοί γαμέτες από αα γονέα:
1/2 α + 1/2 α (όλοι α)

πιθανοί γαμέτες από Αα γονέα:
1/2 Α + 1/2 α

Τώρα λύστε ένα απλό γενετικό πρόβλημα: Εάν ένα άτομο με διαφορετικά γονίδια (Αα) διασταυρωθεί με ένα άτομο με όμοια γονίδια (αα), τι είδους απόγονοι μπορεί να αναμένονται; Εάν ένας οργανισμός έχει γονότυπο ΑΑ ή αα, τα δύο αλληλόμορφα είναι όμοια και το άτομο ονομάζεται ομόζυγο. Ένας οργανισμός με γονότυπο Αα ονομάζεται ετερόζυγος. Το επικρατές χαρακτηριστικό θα εκφρασθεί, το υπολειπόμενο όχι. Τουλάχιστον αυτό συμβαίνει όταν η κληρονομικότητα των χαρακτηριστικών ακολουθεί ένα πρότυπο, σύμφωνα με το οποίο το επικρατές χαρακτηριστικό καλύπτει τελείως την έκφραση του υπολειπόμενου. Τα μπιζέλια που διάλεξε ο Μέντελ έτυχε να ακολουθούν αυτό το απλό πρότυπο (βλ. εικόνα 13-9).

Οι γονότυποι των ζυγωτών (γονιμοποιημένων ωαρίων) είναι δυνατό να προσδιορισθούν από τον πολλαπλασιασμό των πιθανοτήτων των γαμετών, που παράγονται από τον ένα γονέα, επί τις πιθανότητες των γαμετών, που παράγονται από τον άλλο γονέα.

γαμέτες από Αα γονέα: 1/2 Α + 1/2 α
γαμέτες από αα γονέα: × 1/1 α
1/2 Αα + 1/2 αα

Ένας άλλος τρόπος για να βρεθεί η λύση του προβλήματος αυτού είναι η χρήση του «πίνακα γενετικού πολλαπλασιασμού». Οι πιθανοί γαμέτες από τον ένα γονέα αναγράφονται κατά μήκος της μιας πλευράς και οι γαμέτες από τον άλλο γονέα κατά μήκος της κορυφής του πίνακα, όπως φαίνεται πιο κάτω. Πάντοτε να προσδιορίζετε τις αιτίες για τον τρόπο αναγραφής των γαμετών που προτιμάτε. Κατόπιν πολλαπλασιάζετε τις πιθανότητες μέσα στα τετράγωνα για να βρείτε όλους τους πιθανούς συνδυασμούς των γαμετών.

	πιθανοί γαμέτες από Αα γονέα	
	1/2 Α	1/2 α
πιθανοί γαμέτες από αα γονέα 1/1 α	1/2 Αα	1/2 αα

Τώρα λύστε ένα πρόβλημα στο οποίο και οι δύο γονείς είναι ετερόζυγοι. Αυτό είναι ακριβώς όμοιο με το πρόβλημα που περιλάμβανε τη ρίψη των δύο νομισμάτων. Διαχώρισε πάλι τα αλληλόμορφα σαν γαμέτες με πιθανές συχνότητες και πολλαπλασίασε:

πιθανοί γαμέτες από ένα Αα γονέα 1/2 Α + 1/2 α
πιθανοί γαμέτες από ένα άλλο Αα γονέα × 1/2 Α + 1/2 α
1/4 Αα + 1/4 αα
1/4 ΑΑ + 1/4 Αα
πιθανοί απόγονοι 1/4 ΑΑ + 1/2 Αα + 1/4 αα

Μελετήστε πάλι την εικόνα 13-9. Θα πάρετε τα ίδια αποτελέσματα που δίνονται εκεί αν χρησιμοποιήσετε τον πίνακα γενετικού πολλαπλασιασμού. Δοκιμάστε το.

Στη διασταύρωση των δύο ετεροζυγωτών οι πιθανότητες είναι ότι 1/4 των απογόνων θα είναι ομόζυγοι επικρατείς (και τα δύο αλληλόμορφα όμοια και επικρατή), 1/2 θα είναι ετερόζυγα και 1/4 θα είναι ετερόζυγοι υπολειπόμενοι.

13-11
Τα αποτελέσματα του Μέντελ εξηγούνται

Ας επιστρέψομε τώρα στο πειραματικό αποτέλεσμα του Μέντελ και ας προσπαθήσομε να βρούμε μία εξήγηση. Αν Α συμβολίζει το αλληλόμορφο για λεία σπέρματα και α συμβολίζει το αλληλόμορφο για συρρικνωμένα σπέρματα, τότε οι αρχικές καθαρές ποικιλίες του Μέντελ θα πρέπει να είχαν προφανώς γονότυπο ΑΑ και αα. Ο πίνακας 13-1 δείχνει αυτή τη γονική διασταύρωση.

P φαινότυποι	λεία	×	συρρικνωμένα
P γονότυποι	ΑΑ	×	αα
P γαμέτες	1/1 Α	×	1/1 α
E_1 γονότυπος	1/1 Αα		
F_1 φαινότυπος	όλα λεία		

Πίνακας 13-1

Προκειμένου ο Μέντελ να προχωρήσει στην επόμενη γενιά F_2, επέτρεψε στα φυτά F_1 να αυτογονιμοποιηθούν και ως εκ τούτου το πρόβλημα είναι όμοιο με αυτό που λύσατε στην παράγραφο 13-10. Είναι η διασταύρωση ετεροζυγώτης × ετεροζυγώτης που φαίνεται στον πίνακα 13-2. Ένας άλλος τρόπος να εκφράσετε την αναλογία 3/4 λεία προς 1/4 συρρικνωμένα είναι με τη χρήση της αναλογίας 3:1 ή 3/1.

F_1 φαινότυποι	λεία	×	συρρικνωμένα
F_1 γονότυποι	Αα	×	Αα
F_1 γαμέτες	(1/2 Α + 1/2α)	×	1/2 Α + 1/2 α
F_2 γονότυποι	(1/4 ΑΑ + 1/2 Αα)	+	1/4 αα
F_2 φαινότυποι	λεία λεία λεία	λεία	συρρικνωμένα
	3/4	+	1/4

Πίνακας 13-2

Σε ένα μεγάλο σύνολο πειραμάτων με λεία και συρρικνωμένα σπέρματα ο Μέντελ έλαβε 7.324 απογόνους. Από αυτούς, 5.474 ήταν στρογγυλά σπέρματα μπιζελιών και 1.850 ήταν συρρικνωμένα.

Αυτή είναι μία αναλογία 2,96/1. Σημειώστε ότι τα πραγματικά αποτελέσματα βρίσκονται πολύ κοντά στην αναμενόμενη αναλογία 3/1. Αυτά τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 13-Α-2 του Παραρτήματος.



Εικόνα 13-10 *Η ποικιλία των προβάτων Άνκον (κέντρο και δεξιά) αναπτύχθηκε από μία μετάλλαξη που προσδιόριζε κοντά πόδια. Η ποικιλία αυτή ήταν δημοφιλής στους βοσκούς γιατί τα πρόβατα δεν μπορούσαν να πηδούν τους φράκτες. Το πρόβατο με κοντά πόδια φέρει δύο υπολειπόμενα γονίδια για το χαρακτηριστικό αυτό.*

Έχοντας υπόψη τα δεδομένα και τις αναλογίες, ο Μέντελ κατάφερε να καταλήξει σε ορισμένα συμπεράσματα. Παρά το ότι η λέξη «στοιχείο» ή «παράγων» χρησιμοποιήθηκε αντί για το γονίδιο, η έννοια ήταν η ίδια. Τα συμπεράσματα συνοψίζονται ως εξής:

1. Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες (γονίδια), που προσδιορίζουν την κληρονομικότητα διαφόρων χαρακτηριστικών.
2. Για κάθε ένα χαρακτηριστικό το φυτό διαθέτει δύο γονίδια, που μπορεί να είναι όμοια ή διαφορετικά.
3. Όταν τα δύο γονίδια είναι διαφορετικά, το ένα καθορίζει το χαρακτηριστικό (επικρατές), ενώ το άλλο παραμένει καλυμμένο (υπολειπόμενο).
4. Και τα δύο γονίδια κατανέμονται αναλλοίωτα στους γαμέτες, με ίση πιθανότητα.
5. Κατά τη γονιμοποίηση γίνεται τυχαία συνένωση των γαμετών, η οποία απολήγει σε προβλεπόμενη αναλογία χαρακτηριστικών στους απογόνους.

Η εικόνα 13-10 δείχνει την αρχή του επικρατούντος υπολειπόμενου, που προήλθε από την έρευνα με τα μπιζέλια, σε ένα άλλο είδος κατοικίδιου οργανισμού – μία από τις πολλές φορές που έχει επιβεβαιωθεί η εργασία του Μέντελ.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο Μέντελ έκανε εφαρμογή των μαθηματικών και βιολογικών δεδομένων κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων από τα πειράματα διασταυρώσεων στα μοσχομπίζελα, μεταξύ ποικιλιών γενετικά καθαρών, που επί πολλές γενιές είχαν σταθερά χαρακτηριστικά. Με τον τρόπο αυτό οδογήθηκε στη διατύπωση μιας υποθέσεως προς εξήγηση της κατανομής των χαρακτηριστικών στους απογόνους.

Προς ερμηνεία των αποτελεσμάτων ο Μέντελ χρησιμοποίησε πιθανότητες και διατύπωσε την άποψη ότι τα γονίδια κατανέμονται στους γαμέτες και ότι η συνένωσή τους κατά τη γονιμοποίηση ακολουθεί τους κανόνες των πιθανοτήτων. Είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν οι τεχνικές αυτές και σήμερα προς λύση πολλών προβλημάτων γενετικής.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Ποιες είναι οι δύο αρχές των πιθανοτήτων που χρησιμοποιούνται στη γενετική;
2. Πώς βοηθά η χρήση των πιθανοτήτων κατά την εκτέλεση πειραμάτων με μεγάλο αριθμό οργανισμών;
3. Δώσε ένα παράδειγμα για ένα ομόζυγο ζεύγος και ένα ετερόζυγο ζεύγος αλληλομόρφων.
4. Πώς συνδέεται ο γονότυπος προς το φαινότυπο;
5. Γιατί ήταν χρήσιμα τα σύμβολα στον Μέντελ;
6. Αν η πιθανότητα γεννήσεως άρρενος παιδιού κατά τη γέννηση είναι $^1/_2$ και η πιθανότητα στην ίδια οικογένεια για κοκκινωπά μαλιά είναι $^1/_4$, ποια θα είναι η πιθανότητα ότι το επόμενο παιδί της οικογένειας θα είναι άρρεν με κοκκινωπά μαλλιά;

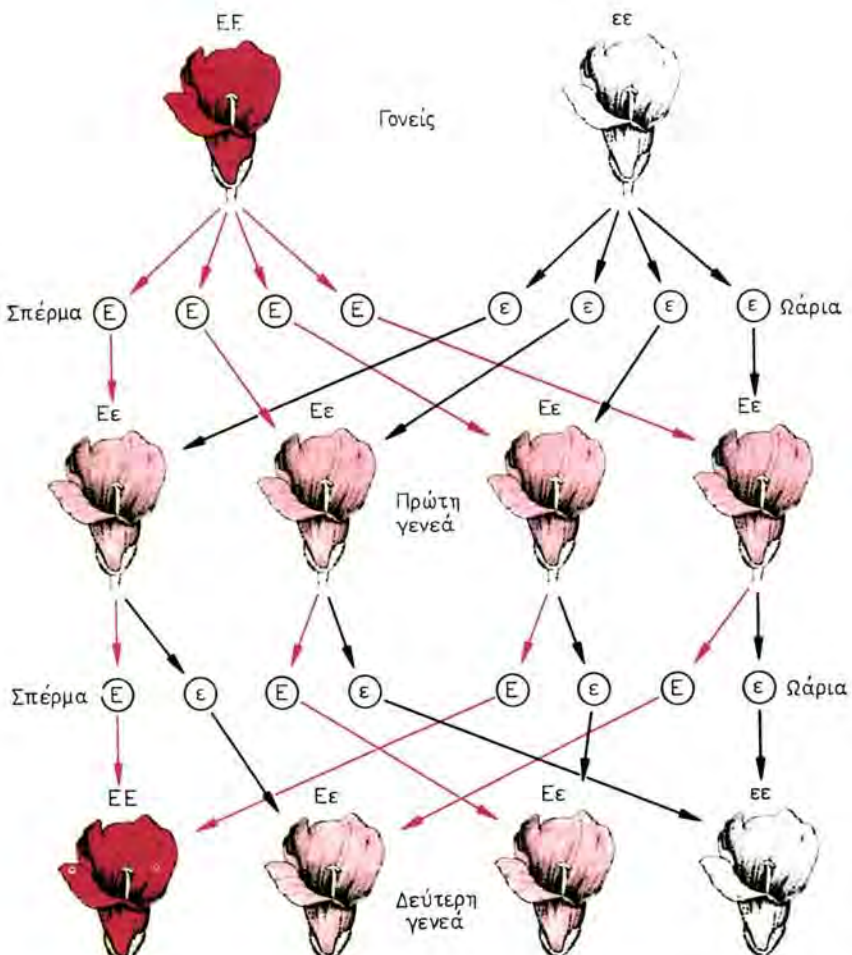
Τρόποι κληρονομικότητας

13-12
Επικράτηση παρατηρείται σε πολλά χαρακτηριστικά αλλά όχι και σε όλα

Επικράτηση παρατηρείται σε πολλά χαρακτηριστικά αλλά όχι σε κάθε χαρακτηριστικό. Τα περισσότερα χαρακτηριστικά δεν είναι τόσο απλά όσο αυτό που επέλεξε ο Μέντελ για μελέτη στα μπιζέλια. Χρειάστηκε αρκετό χρόνο για να βρει αυτά τα χαρακτηριστικά, στα οποία μόνο δύο «χαρακτήρες» ή «παράγοντες» ελάμβαναν μέρος, από τους οποίους μάλιστα ο ένας ή ο άλλος επικρατούσαν. Επίσης, τα συμπεράσματα του Μέντελ βασίζονταν σε πειράματα με ένα περιορισμένο αριθμό ειδών φυτών, τα περισσότερα πειράματα έγιναν με τα μπιζέλια. Χωρίς την εκτέλεση πειραμάτων σε πολλούς άλλους διαφορετικούς οργανισμούς – ζώα, φυτά και πρώτιστα – ο Μέντελ δεν μπορούσε να είναι βέβαιος ότι αυτές οι αρχές είχαν γενική εφαρμογή στα χαρακτηριστικά όλων των ζωντανών οργανισμών. Όπως γνωρίζομε σήμερα, υπάρχουν περισσότερες εξαιρέσεις παρά παραδείγματα απλής κληρονομικότητας επικρατούντος υπολειπόμενου τύπου. Σε μία εξαίρεση π.χ. υπάρχουν ζεύγη αλληλομόρφων στα οποία το ένα αλληλόμορφο δεν είναι επικρατές στο άλλο.

Στα φυτά που ονομάζονται σκυλάκια, αν ένα γενετικά καθαρό για ερυθρό χρώμα άνθους (KK) διασταυρωθεί με ένα καθαρό για λευκό (kk), όλοι οι απόγονοι είναι ροδόχροοι. Αν οι αριθμοί είναι μεγάλοι, τότε η αναλογία στην F_2 θα πλησιάσει 1/4 ερυθρά, 1/4 λευκά και 1/2 ροδόχροα. Αυτό είναι ένα παράδειγμα συγκυριαρχίας ή κληρονομικότητας μίξεως στην οποία ο φαινότυπος αποκαλύπτει το γονότυπο (βλέπε εικόνα 13-11).

Υπάρχουν πολλοί και διαφορετικοί τρόποι κληρονομικότητας στα άλογα. Τα άλογα Παλομίνο είναι ετερόζυγα για ένα γονίδιο που αναφέρεται ως γονίδιο αραιώσεως. Αυτός ο τύπος του γονιδίου ατονεί όποιο χρώμα και αν προσδιορίζεται από τα γονίδια χρώματος που υπάρχουν. Είναι δυνατόν να παραχθεί ένα Παλομίνο (κίτρινο σώμα και ανοικτόχρωμη χαίτη και ουρά) από τη διασταύρωση ενός καθαρού καστανόχρωμου αλόγου με ένα λευκό ομόζυγο για το γονίδιο αραιώσεως. Παλομίνο που διασταυρώνονται με Παλομίνο αναμένεται να παράγουν 50% Παλομίνο, 25%



Εικόνα 13-11 *Σε μία διασταύρωση μεταξύ καθαρών ποικιλιών από ερυθρά και λευκά φυτά σκυλάκια, η πρώτη γενιά είναι ετερόζυγη και δείχνει ανάμιξη των γενετικών χαρακτηριστικών. Ο φαινότυπος διαφέρει οφθαλμοφανώς από το φαινότυπο των δύο γονέων.*

καστανόχρωμα και 25% λευκά άλογα. Τη διασταύρωση αυτή γενικώς την αποφεύγουν, γιατί το λευκό άλογο δεν είναι ούτε συνηθισμένο ούτε επιθυμητό. Τα Παλομίνο τα παίρνουν συνήθως από διασταύρωση καστανόχρωμου με Παλομίνο άλογο. Η πιθανότητα ενός Παλομίνο από τη διασταύρωση αυτή είναι 50% και δεν υπάρχουν λευκοί απόγονοι (βλέπε εικόνα 13-12).

13-13
Επαναδιασταύρωση

Στα φυτά σκυλάκια το χρώμα αποκαλύπτει το γονότυπο. Αυτό όμως δεν συμβαίνει στην περίπτωση των μπιζελιών που εξετάστηκε προηγουμένως. Ένα λείο μπιζέλι είναι δυνατόν να είναι ή ομόζυγο ή ετερόζυγο για το γονίδιο της λείας επιφάνειας. Καθώς το λείο είναι επικρατές, είναι αδύνατο να το γνωρίζει κανείς. Όταν είναι ανάγκη να γνωρίζουμε αν ένα τέτοιο άτομο είναι ετερόζυγο, χρησιμοποιούμε την επαναδιασταύρωση.

Σε μία επαναδιασταύρωση ο οργανισμός, του οποίου αναζητείται ο γονότυπος, διασταυρώνεται με έναν οργανισμό που είναι γνωστό ότι είναι ομόζυγος για το υπολειπόμενο χαρακτηριστικό που εξετάζεται. Κάθε απόγονος από μία τέτοια διασταύρωση θα πάρει ένα υπολειπόμενο γονίδιο και από τον άλλο γονέα τότε θα εμφανίσει τον υπολειπόμενο φαινότυπο. Στην περίπτωση του άγνωστου λείου μπιζελιού, θα το διασταυρώσομε με ένα συρρικνωμένο (ομόζυγο υπολειπόμενο, λλ) μπιζέλι. Αν κάποιοι από τους απογόνους είναι συρρικνωμένοι, τότε το εξεταζόμενο μπιζέλι θα έπρεπε να ήταν φορέας του υπολειπόμενου αλληλόμορφου και ως εκ τούτου ετερόζυγο (Λλ).







Εικόνα 13-12 *Η φοραδίτσα Παλομίνο επάνω αριστερά είναι απόγονος του καστανόχρωμου επιβήτορα στην ίδια φωτογραφία και της φοράδας Παλομίνο άνω δεξιά. Στην κάτω αριστερή φωτογραφία φαίνεται ένα καστανόχρωμο άλογο ενός χρόνου, αδελφή της φοραδίτσας Παλομίνο.*

Εξετάστε πάλι την εκόνα 13-9. Τι θα αναμένετε από μία διασταύρωση ενός συρρικνωμένου μπιζελιού (λλ) με ένα λείο με γονότυπο ΛΛ; Τι θα αναμένετε αν ο γονότυπος του λείου ήταν Λλ;

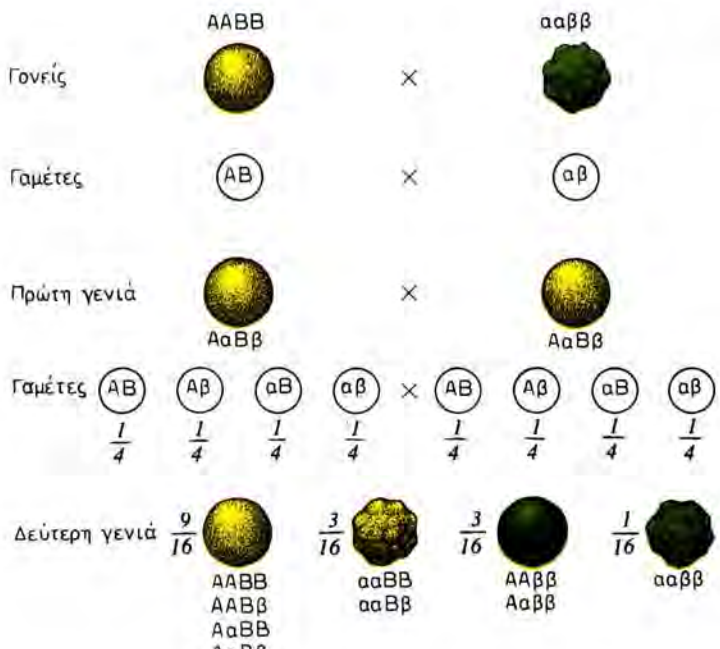
13-14
Ακολουθώντας την κληρονομικότητα δύο χαρακτηριστικών συγχρόνως

Σε ένα από τα πειράματα με μπιζέλια ο Μέντελ κατόρθωσε να ακολουθήσει δύο ζεύγη αλληλομόρφων συγχρόνως, το αλληλόμορφο για το σχήμα και τα αλληλόμορφα για το χρώμα. Χρησιμοποιήστε τις ίδιες μεθόδους που έχουν ήδη εξηγηθεί. Δεν είναι πιο δύσκολο· χρειάζεται όμως περισσότερο χρόνο. Καθώς κάθε ζεύγος αλληλομόρφων συμπεριφέρεται ανεξαρτήτως του άλλου, μπορεί να αναλύσετε καθένα πρώτα ξεχωριστά και κατόπιν σε συνδυασμό χρησιμοποιώντας τη δεύτερη αρχή των πιθανοτήτων.

Ο Μέντελ παρακολούθησε τα χαρακτηριστικά του σχήματος των σπερμάτων (λεία ή συρρικνωμένα) και του χρώματός των, όπως προσδιορίζονται από τις κοτυληδόνες των σπερμάτων (κίτρινο ή πράσινο) στο ίδιο πείραμα. Μία προηγούμενη διασταύρωση είχε αποδείξει ότι τα κίτρινα σπέρματα ήταν επικρατή στα πράσινα.

Από την προηγούμενη εργασία μας γνωρίζομε ότι η διασταύρωση ενός φυτού με λεία σπέρματα και ενός φυτού με συρρικνωμένα δίνει φυτά στην F_1, που έχουν όλα λεία σπέρματα και που θα δώσουν στην F_2 3/4 με λεία και 1/4 με συρρικνωμένα σπέρματα. Ο Μέντελ ανακάλυψε επίσης ότι τα κίτρινα σπέρματα σε διασταύρωση με πράσινα δίνουν κίτρινα μόνο σπέρματα στην F_1 και 3/4 κίτρινα και 1/4 πράσινα στην F_2. Ακολουθήστε τα σπέρματα του συνδυασμού των δύο χαρακτηριστικών στην εικόνα 13-13.

Προκειμένου να έχετε τις αναμενόμενες αναλογίες σπερμάτων στα διάφορα χαρακτηριστικά, πολλαπλασιάστε τα αποτελέσματα της F_2 από τα δύο αυτά ζεύγη αλληλομόρφων που δρουν ανεξαρτήτως το ένα του άλλου:



Εικόνα 13-13 *Πιθανότητες συνδυασμών μεταξύ δύο χαρακτηριστικών που τα μελετούν μαζί.*

	3/4 λεία × 3/4 κίτρινα	+ 1/4 συρ/μένα + 1/4 πράσινα	
9/16 λεία κίτρινα	3/16 + συρ/μένα κίτρινα	3/16 + λεία πράσινα	1/16 + συρ/μένα πράσινα

Ένας πίνακας γενετικού πολλαπλασιασμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να λυθεί το ίδιο πρόβλημα, αλλά η διαδικασία είναι πιο μακροχρόνια και πιο περίπλοκη. Ένας τέτοιος πίνακας φαίνεται στο Παράρτημα, πίνακας 13-Α-3. Το άθροισμα των αποτελεσμάτων από τους εννέα διαφορετικούς γονότυπους φαίνεται στον πίνακα 13-Α-4.

Ο Μέντελ ανακάλυψε ότι τα γονίδια για διάφορα χαρακτηριστικά εμφανίζονται να συμπεριφέρονται ανεξάρτητα το ένα από το άλλο καθώς κατανέμονται στους γαμέτες. Το συμπέρασμα αυτό ονομάζεται αρχή του ανεξάρτητου συνδυασμού.

13-15
Τι είναι τα πολλαπλά αλληλόμορφα;

Γνωρίζετε τώρα πώς να λύνετε γενετικά προβλήματα όπου υπάρχουν δύο διαφορετικά αλληλόμορφα – για παράδειγμα Α και α. Για μερικά χαρακτηριστικά μπορεί να υπάρχουν περισσότερα από δύο αλληλόμορφα που να επιδρούν στην εμφάνιση ενός εξειδικευμένου χαρακτηριστικού. Αυτά ονομάζονται πολλαπλά αλληλόμορφα. Παράδειγμα μιας τέτοιας καταστάσεως υπάρχει στην περίπτωση των βασικών τύπων αίματος στον άνθρωπο.

Οι ανθρώπινοι τύποι αίματος Α, Β, ΑΒ και Ο βρίσκονται κάτω από γενετικό έλεγχο. Είναι γνωστό ότι υπάρχουν τρία κύρια αλληλόμορφα που ελέγχουν τον τύπο αίματος. Τα αλληλόμορφα αυτά ονομάζονται Α, Β και Ο. Ένα άτομο είναι δυνατόν να έχει μόνο δύο από τα τρία αλληλόμορφα στη γενετική συγκρότησή του ή συγκρότησή της. Τα αλληλόμορφα είναι δυνατόν να είναι τα ίδια ή οποιοσδήποτε συνδυασμός των τριών ανά δύο.

Οι διάφοροι τύποι αίματος κατατάσσονται ανάλογα προς την παρουσία ή την απουσία δύο πρωτεϊνικών συστατικών του αίματος. Οι δύο αυτοί τύποι πρωτεΐνης χαρακτηρίζονται με τα γράμματα Α και Β. Αν ένα άτομο έχει μόνο την πρωτεΐνη Α στα ερυθρά αιμοσφαίρια, ο τύπος αίματος θα είναι Α. Αν έχει μόνο τη Β, τότε ο τύπος αίματος θα είναι Β. Αν και οι δύο, και η Α και η Β πρωτεΐνη είναι παρούσες στα ερυθρά κύτταρα του αίματος, τότε ο τύπος αίματος θα είναι ΑΒ. Αν καμιά από τις δύο πρωτεΐνες δεν είναι παρούσα,

Βιολογία Περιληπτικά



Ο Μέντελ στην ιατρική

Η διακρίβωση των γονοτύπων στον άνθρωπο είναι ένα ειδικό πρόβλημα: τα ανθρώπινα όντα δεν χρησιμοποιούνται σε πειράματα επιλογής. Τα περισσότερα από όσα μαθαίνομε ανακαλύπτονται όταν κάτι δεν πάει καλά. Γενετικές ανωμαλίες που «υπάρχουν σε οικογένειες» μας δίνουν τις περισσότερες πληροφορίες.

Η ασθένεια Τάι-Σαχς είναι μία γενετική ανωμαλία της οποίας η κληρονομικότητα ακολουθεί τις αρχές του Μέντελ. Την ελέγχει ένα ζεύγος αλληλομόρφων. Το φυσιολογικό αλληλόμορφο είναι επικρατές και οδηγεί στην παραγωγή ενός ενζύμου τύπου «Α». Το ελαττωματικό αλληλόμορφο είναι υπολειπόμενο και η ΕΞ-Α (εξοζοαμινιδάση-Α) δεν παράγεται πλέον όπως θα έπρεπε. Κατά την απουσία της ΕΞ-Α τα λιπίδια (λίπη) συγκεντρώνονται στα σωματικά κύτταρα και ειδικά στα νευρικά κύτταρα.

Ένα παιδί πρέπει να δεχθεί δύο υπολειπόμενα αλληλόμορφα για να αναπτύξει την ασθένεια Τάι-Σαχς. Στην αρχή το παιδί φαίνεται υγιές, αλλά τα λιπίδια συγκεντρώνονται, τα κύτταρα του εγκεφάλου και των άλλων νευρικών ιστών καταστρέφονται. Το παιδί πεθαίνει συνήθως σε ηλικία τεσσάρων ετών.

Μελλοντικοί γονείς που είναι ετερόζυγοι για Τάι-Σαχς μπορεί να μην το γνωρίζουν. Δεν αισθάνονται καμιά εκδήλωση ασθένειας. Μία γενετική

τότε ο τύπος αίματος είναι Ο. Οι σχέσεις αυτές εξετάζονται περιληπτικά στο πείραμα 13-C.

φαινότυπος	γονότυπος	πρωτεΐνη στα ερυθρά αιμοσφαίρια
τύπος Α	ΑΑ ή ΑΟ	Α
τύπος Β	ΒΒ ή ΒΟ	Β
τύπος ΑΒ	ΑΒ	Α και Β
τύπος Ο	ΟΟ	ούτε Α ούτε Β

Πίνακας 13-3 Γενετική των τύπων αίματος Α-Β-Ο.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 13-Γ. Πώς κληρονομούνται οι τύποι αίματος Α, Β, ΑΒ και Ο; Σελίδα 632.

Τα αλληλόμορφα για τους τύπους αίματος και για χιλιάδες άλλα χαρακτηριστικά που έχουν μελετηθεί σε διαφορετικούς οργανισμούς εμφανίζουν ανεξάρτητη διάσχιση στους γαμέτες. Αυτό υποστηρίζει τα συμπεράσματα του Μέντελ, που βασίζονταν στην κληρονομικότητα παραγόντων στα μπιζέλια.

σύμβουλος, όπως η Δρ. Μαρία-Λουίζα Λουμπς, μπορεί να κάνει ορισμένες εξετάσεις και να καθοδηγήσει τους γονείς, όταν είναι φορείς του υπολειπόμενου αλληλόμορφου. Ας δούμε πώς η Δρ. Λουμπς ή οποιοσδήποτε γενετικός σύμβουλος θα προχωρήσει ύστερα από θετικά αποτελέσματα εξετάσεων.

Έστω τ το υπολειπόμενο (Τάι-Σαχς) αλληλόμορφο και Τ το επικρατές γονίδιο. Εάν ο γενετικός σύμβουλος αντιληφθεί ότι μόνο ο ένας από τους μελλοντικούς γονείς είναι φορέας, τότε μπορεί να εξηγήσει τις πιθανότητες.

Ττ (ένας γονέας)	Τ (άλλος γονέας)
1/2 Τ και 1/2 τ γαμέτες	Τ γαμέτες μόνο

Πιθανότητες για παιδιά

1/2 Τ × 1 Τ = 1/2 ΤΤ μη φορείς 1/2 τ × 1 Τ = 1/2 Ττ φορείς

Κανένα παιδί δεν θα έχει την ασθένεια, αλλά μερικά (ή όλα) είναι δυνατόν να είναι φορείς.

Τώρα ας υποτεθεί ότι ο γενετικός σύμβουλος βρίσκει ότι και οι δύο μελλοντικοί γονείς είναι φορείς:

Ττ (ένας γονέας)	Ττ (άλλος γονέας)
1/2 Τ και 1/2 τ γαμέτες	1/2 Τ και 1/2 τ γαμέτες

Πιθανότητες για παιδιά

1/2 Τ × 1/2 Τ = 1/4 ΤΤ μη φορείς
1/2 Τ × 1/2 τ = 1/4 Ττ φορείς
1/2 τ × 1/2 Τ = 1/4 Ττ μη φορείς
} χωρίς ασθένεια Τάι-Σαχς
1/2 τ × 1/2 τ = 1/4 ττ με την ασθένεια Τάι-Σαχς

Σημειώστε ότι οι πιθανότητες είναι ίδιες με την F_2 γενιά του Μέντελ: 3 προς 1 ή κατά τους γονότυπους 1 προς 2 προς 1. Ο γενετικός σύμβουλος θα πρέπει να προσέξει πολύ για να εξηγήσει ότι κάθε γονιμοποίηση ενός ωαρίου είναι ένα ανεξάρτητο γεγονός. Γι' αυτό οι ίδιες πιθανότητες ισχύουν για κάθε κυοφορία. Υπάρχει ένας ξεκάθαρος κίνδυνος.

Ευτυχώς είναι δυνατή η εξέταση για την ασθένεια Τάι-Σαχς σε αγέννητα παιδιά. Ο σύμβουλος θα αναφέρει και αυτό στους μελλοντικούς γονείς. Θα διαβάσετε περισσότερα γι' αυτό στις διαδικασίες εξετάσεων στο κεφάλαιο 14.

Παρόλη την ανεξάρτητη κατανομή, μερικές φορές ορισμένοι συνδυασμοί γονιδίων σε ορισμένους οργανισμούς παρατηρούνται πιο συχνά από ό,τι θα εξηγόταν με τις πιθανότητες. Στο κεφάλαιο αυτό μάθατε προηγουμένως ότι η γέννηση τριών κοριτσιών, το ένα πίσω από το άλλο σε μία οικογένεια, δεν επιδρά στο φύλο, αγόρι ή κορίτσι, του επόμενου παιδιού, αν η κατάσταση διέπεται τελείως από την τύχη. Εντούτοις ορισμένοι γαμέτες σε ορισμένες οικογένειες φαίνεται ότι έχουν μικρότερη πιθανότητα επιβιώσεως από άλλους, λόγω κάποιου άγνωστου γενετικού χαρακτηριστικού. Οι γαμέτες που επιβιώνουν, για να λάβουν μέρος στη γονιμοποίηση, είναι δυνατόν να προσδιορίζουν οι περισσότεροι θηλυκό άτομο. Τότε όμως τα γεγονότα δεν είναι πλέον τυχαία.

Σε μερικούς οργανισμούς είναι γνωστή η ύπαρξη γονιδίων τα οποία έχουν σαφώς θλαπτική επίδραση κατά το στάδιο των τετράδων της μειώσεως (σελίδα 222). Τα κύττα-

ρα που επιβιώνουν από μία τέτοια μείωση και γίνονται ώριμοι γαμέτες είναι σχεδόν όλα κύτταρα που φέρουν αυτά τα «γονίδια-που-κάνουν-απάτη». Γι' αυτό στις περιπτώσεις αυτές η αναλογία μεταξύ των απογόνων δεν ακολουθεί τις προβλέψεις του Μέντελ. (Βλέπε «Γονίδια που παραβιάζουν τους κανόνες του Μέντελ» στα βιβλία για μελέτη, σελίδα 291). Παρόλα αυτά, η μεγάλη πλειονότητα των γονιδίων και των αλληλομόρφων των φαίνεται ότι παίζει «τίμιο παιχνίδι», ακολουθεί την τύχη, όπως προσδιόρισε ο Μέντελ για πρώτη φορά μετά τις έρευνές του στα μπιζέλια.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Όταν δύο αλληλόμορφα επιδρούν το ένα επί του άλλου, το ένα μπορεί να είναι επικρατές. Ένα άτομο με ένα μόνο επικρατές γονίδιο θα δείχνει το ίδιο χαρακτηριστικό όπως ένα άτομο με δύο επικρατή γονίδια. Για τη διάκριση μεταξύ τους χρειάζεται μία επαναδιασταύρωση μεταξύ ενός ατόμου που είναι γνωστό ότι είναι υπολειπόμενο ομοζυγωματικό και του ατόμου του οποίου ο γονότυπος είναι άγνωστος. Σε μερικά ζεύγη αλληλομόρφων όμως δεν υπάρχει επικράτηση. Στις περιπτώσεις αυτές το άτομο με τα διαφορετικά αλληλόμορφα είναι δυνατόν να διακριθεί από ένα άτομο που έχει το ένα ή το άλλο είδος ομοίων αλληλομόρφων. Σε μερικές περιπτώσεις υπάρχουν πολλαπλά αλληλόμορφα για ένα χαρακτηριστικό· παράδειγμα οι τύποι αίματος του ανθρώπου. Παρόλα αυτά μόνο δύο από τα πολλαπλά αλληλόμορφα είναι δυνατόν να είναι παρόντα σε κάθε άτομο. Επικράτηση είναι δυνατόν να υπάρχει ή όχι σε χαρακτηριστικά με πολλαπλά αλληλόμορφα, ανάλογα του ειδικού ζεύγους αλληλομόρφων, που είναι παρόν σε ένα άτομο.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Δώστε ένα παράδειγμα κληρονομικού χαρακτηριστικού όπου δεν υπάρχει επικράτηση. Υπάρχει διαφορά μεταξύ γονοτύπου και φαινοτύπου;
2. Τι είναι πολλαπλά αλληλόμορφα;
3. Εάν οι γονείς έχουν τύπο Ο και τύπο ΑΒ αίματος, τι τύπο αίματος είναι δυνατόν να έχουν τα παιδιά τους; Εξηγήστε.
4. Παρουσιάστε την εφαρμογή του δεύτερου κανόνα των πιθανοτήτων σε ένα πρόβλημα κληρονομικότητας που να περιλαμβάνει δύο χαρακτηριστικά.
5. Οι αρχές του Μέντελ που προσδιορίστηκαν από πειράματα με μπιζέλια έχουν εφαρμογή σε άλλους τύπους οργανισμών; Εξηγήστε.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑ ΣΗΜΕΙΑ

Δύο σπουδαίες δυνάμεις ελέγχουν την ανάπτυξη και ζωή ενός ατόμου: η κληρονομικότητα και το περιβάλλον. Η διαμόρφωση ενός οργανισμού εξαρτάται από την περίπλοκη αλληλοεπίδραση μεταξύ κληρονομικότητας και περιβάλλοντος.

Πριν αρχίσει ο Γκρέγκορ Μέντελ τα πειράματά του με τα μπιζέλια, πολύ λίγα ήταν κατανοητά γύρω από την κληρονομικότητα. Οι σπουδές του Μέντελ έδειξαν ότι την κληρονομικότητα την ελέγχει ένας αριθμός ανεξαρτήτων παραγόντων, που ονομάστηκαν αργότερα γονίδια. Κάθε κληρονομούμενο χαρακτηριστικό, όπως το σχήμα σπόρου ή η θέση του άνθους ή το ύψος του φυτού, φαίνεται ότι ελέγχονται από ένα ζεύγος γονιδίων.

Μία από τις σπουδαίες συνεισφορές του Μέντελ ήταν η αναγνώριση ότι τα ζεύγη γονιδίων διασχίζονται στους γαμέτες (αρχή της διασχίσεως). Τα γονίδια αυτά κατανέμονται τυχαία, μεταξύ των απογόνων, ζευγαρώνοντας με νέα γονίδια στο ζυγωτό (αρχή του ανεξάρτητου συνδυασμού).

Ο Μέντελ υπέθεσε επιπλέον ότι τα μέλη ενός ζεύγους γονιδίων δεν μεταβάλλονταν από τη διασύνδεσή τους με ένα άλλο εντός των κυττάρων ενός οργανισμού. Αυτό φαινόταν ότι ήταν σωστό, γιατί χαρακτηριστικά που ελέγχονται από υπολειπόμενα γονίδια εμφανίζονται πάλι σε απογόνους μερικών φυτών. Τα χαρακτηριστικά εμφανίζονται ακόμη και όταν η επίδραση των υπολειπομένων γονιδίων δεν ήταν ορατή στους γονείς. Το γονίδιο για λευκό περίβλημα του σπέρματος, για παράδειγμα, παρέμενε ως ο ίδιος «προσδιοριστής» της λευκότητας, ακόμη και αν συνδεόταν με το γονίδιο για έγχρωμο περίβλημα σπέρματος.

Τα περισσότερα γονίδια και τα αλληλόμορ-

φά τους που ερευνήθηκαν από την εποχή του Μέντελ συμφωνούν με τις υποθέσεις που έγιναν για τους κληρονομικούς παράγοντες των μπιζελιών, αν και μερικά «γονίδια-που-κάνουν-απάτη», είναι γνωστά. Μόνο λίγα όμως γονίδια ελέγχονται από μόνο δύο αλληλόμορφα. Οι τύποι αίματος A-B-O είναι παράδειγμα πολλαπλών αλληλομόρφων. Πλήρης επικράτηση επίσης δεν είναι τόσο κοινή όσο φάνηκε από τις πρώτες μελέτες του Μέντελ.

Οι αρχές της πιθανότητας μας βοηθούν στην κατανόηση των πειραματικών αποτελεσμάτων. Μας επιτρέπουν επίσης να προβλέπομε τα είδη και τις αναλογίες των απογόνων που αναμένομε όταν κάνομε ορισμένες διασταυρώσεις. Οι μέθοδοι αυτές είναι κατάλληλοι ασχέτως της παρουσίας επικρατήσεως ή της απουσίας της και ασχέτως αν ερευνώνται ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά συγχρόνως σε μία γενετική διασταύρωση.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Γιατί τα ζώα και τα φυτά που προέρχονται από επιλεγμένη αναπαραγωγή έχουν μεγαλύτερη αξία από αυτά που δεν προέρχονται από παρόμοια αναπαραγωγή;
2. Ποια είναι η σχέση των καθαρών ποικιλιών ζώων και φυτών προς τους ομόζυγους ή ετερόζυγους φαινότυπους;
3. Ποιο χαρακτηριστικό των ανθέων των μπιζελιών έκανε αυτά τα φυτά πιο κατάλληλα από άλλα είδη φυτών για πειράματα επιλεκτικής αναπαραγωγής;
4. Ποιες πειραματικές διαδικασίες συνεισέφεραν ιδιαίτερα στην επιτυχία του Μέντελ ως γενετιστή; Μπορούν οι διαδικασίες αυτές να εφαρμοσθούν σε άλλους τύπους πειραμάτων;
5. Δείξτε τη διαφορά μεταξύ των P, F_1, F_2 ως όρων που σχετίζονται με διάφορες γενιές κατά τα πειράματα επιλογής.
6. Εάν το A είναι επικρατές επί του α, τι σημαίνει η έκφραση 1/4 AA + 1/2 Aα + 1/4 αα;
7. Τι είδους πείραμα θα διευκρίνιζε αν ένας οργανισμός που παρουσιάζει ένα επικρατές χαρακτηριστικό είναι ομόζυγος ή ετερόζυγος;
8. Εξηγήστε την επικράτηση, τη συγκυριαρχία και τα πολλαπλά αλληλόμορφα.
9. Θα μπορούσε μία μαιευτική κλινική ενός νοσοκομείου να βασίζεται τελείως στη διαπίστωση των τύπων αίματος ως τρόπου ταυτοποιήσεως των νεογνών; Εξηγήστε.
10. Κάτω από ποιες συνθήκες οι φαινότυποι αποκαλύπτουν τους γονότυπους; Κάτω από ποιες συνθήκες φαινοτύπων πρέπει να γίνει πειραματική εξακρίβωση των γονοτύπων;

ΑΡΘΡΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΒΑΣΜΑ

Croce, C. M., and H. Koprowski. "The Genetics of Human Cancer." *Scientific American*, February, 1978.

Crow, J. F. "Genes That Violate Mendel's Rules." *Scientific American*, February, 1979.

Edwards, A. W. F. *Foundations of Mathematical Genetics*. New York, Cambridge University Press, 1976.

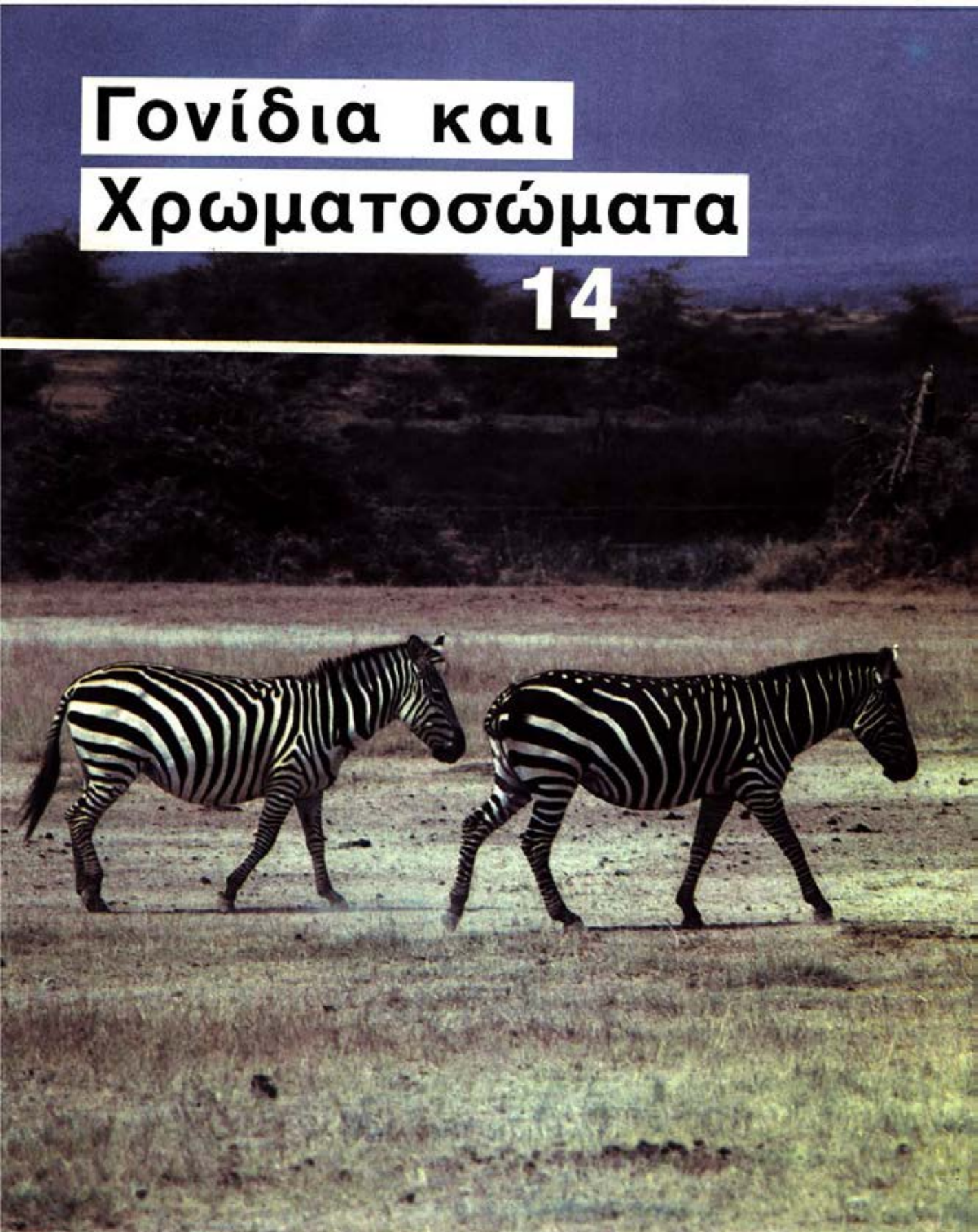
Kemp, R. *Cell Division and Heredity*. Baltimore, University Park Press, 1976.

Lewis, K. R., and J. B. Lewis. *The Matter of Mendelian Heredity*. New York, John Wiley & Sons, 1972.

Winchester, A. M. *Genetics: A Survey of the Principles of Heredity*. Boston, Houghton Mifflin, 1972.

Γονίδια και Χρωματοσώματα

14



Ναι, αλλά είμαστε μαύρα με άσπρες λωρίδες ή άσπρα με μαύρες λωρίδες;

Χωρίς μικροσκόπιο ή γνώση των χρωματοσωμάτων ο Μέντελ ανακάλυψε ενδείξεις για την ύπαρξη γονιδίων. Τι ήταν αυτοί οι κληρονομικοί «παράγοντες»; Εμφανίζονταν σε ζεύγη στα μπιζέλια, αλλά τα ζεύγη διασχίζονταν και ανασυνδυάζονταν με την πάροδο των γενιών. Ορισμένα γονίδια, όταν είναι παρόντα, επιδρούν στην εμφάνιση του φυτού. Άλλα είναι δυνατόν να υπάρχουν στο φυτό απαραίτητα και να επιδράσουν στα χαρακτηριστικά του απογόνου.

Ο Μέντελ υπέθεσε ότι η τύχη προσδιορίζει τους συνδυασμούς των γονιδίων σε κάθε νέα γενιά. Η τύχη μπορούσε να εξηγήσει θαυμάσια τα αποτελέσματα για κάθε χαρακτηριστικό που μελετήθηκε στα μπιζέλια. Αλλά με την πάροδο του χρόνου η κληρονομικότητα άλλων οργανισμών δημιουργούσε ερωτήματα. Πώς είναι δυνατόν η τύχη να εξηγήσει την εμφάνιση ορισμένων χαρακτηριστικών μόνο στα άρρενα άτομα και άλλων μόνο στα θήλεα άτομα πολλών ειδών; Συχνά τα χαρακτηριστικά αυτά φαίνονταν ότι δεν σχετίζονταν με το φύλο. Υπήρχαν νέες πληροφορίες, που θα μπορούσαν να συγκεντρωθούν και να επιβεβαιώσουν τα δεδομένα του Μέντελ ή να είναι αντίθετες με αυτά; Ένας αγώνας δρόμου άρχισε για την ανακάλυψη αρχών που θα μπορούσαν να εξηγήσουν καλύτερα την κληρονομικότητα.

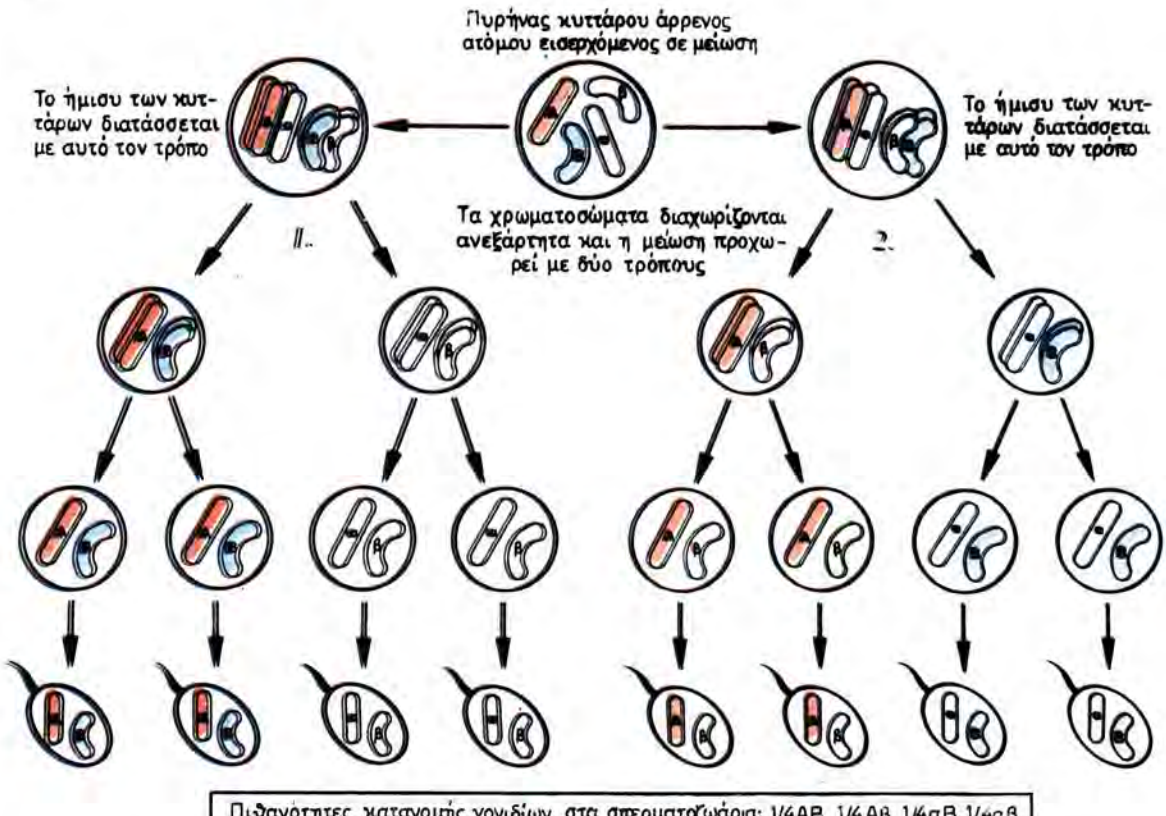
Αναζητώντας μία εξήγηση για τις αρχές του Μέντελ

14-1
Η εργασία του Μέντελ γίνεται γνωστή μετά 35 χρόνια

Οι μελέτες του Μέντελ με τα μπιζέλια δημοσιεύτηκαν το 1865. Κατά τη διάρκεια των ετών που ακολούθησαν διάφορα είδη φυτών και ζώων χρησιμοποιήθηκαν σε πειράματα επιλογής. Παρά το ότι οι βιολόγοι προσπάθησαν να εξηγήσουν τα αποτελέσματά τους, αποτύγχαναν. Πολλοί που ασχολούνταν με τη βελτίωση φυτών και ζώων δεν γνώριζαν ούτε καν την ύπαρξη της δημοσιεύσεως του Μέντελ. Εκείνοι που γνώριζαν την ύπαρξή της προφανώς δεν κατάλαβαν τη σπουδαιότητά της. Δεν γνώριζαν ότι υπήρχαν ήδη απαντήσεις σε πολλά από τα ερωτήματά τους.

Η παρατεταμένη περιφρόνηση της δημοσιεύσεως του Μέντελ αποτελεί ενδιαφέρουσα σελίδα της ιστορίας της επιστήμης. Οι λίγοι βιολόγοι που γνώριζαν τη δημοσίευση αυτή δεν παραδέχονταν ότι τα μαθηματικά θα ήταν δυνατόν να εξηγήσουν μία βιολογική διαδικασία, όπως η βελτίωση με επιλογή ενός φυτού. Ο Μέντελ βλέποντας μακριά διατύπωσε την άποψη ότι τα ευρήματά του είχαν σπουδαιότητα για τη σπουδή της εξελίξεως. Αλλά οι βιολόγοι δεν ήταν προετοιμασμένοι να καταλάβουν ή να εκτιμήσουν την αξία της μαθηματικής αναλύσεως.

Μόλις το 1900, τριάντα πέντε χρόνια μετά την παρουσίαση από το Μέντελ των αποτελεσμάτων του και αρκετά χρόνια μετά το θάνατό του τρεις βιολόγοι ανακάλυψαν την αξία της δημοσιεύσεως των ερευνών του. Οι τρεις αυτοί βιολόγοι εργάζονταν ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλο σε πειράματα επιλογής, όμοια με εκείνα που διερεύνησε ο Μέντελ. Ο Κόρενς στη Γερμανία, ο Ντε Βρις στην Ολλανδία και ο Τσέμαρκ στην Αυστρία, καθένας ξεχωριστά, ανακάλυψαν την ύπαρξη της δημοσιεύσεως των ερευνών του Μέντελ, καθώς περιέγραφαν τα πειραματικά τους αποτελέσματα. Προφανώς ο καιρός είχε ωριμάσει. Καθένας τους τίμησε το Μέντελ αναφέροντας την πρωτοποριακή εργασία του. Σε μία πρωταρχική ερώτηση είχε ήδη δοθεί απάντηση: Οι



Εικόνα 14-1 *Δύο ζεύγη γονιδίων – A,a και B,β – σε χρωματοσώματα σε ένα πυρήνα κυττάρου που εισέρχεται στο στάδιο της μειώσεως. Παρακολουθήστε πώς η θεωρία του Σάττον για τη θέση των γονιδίων υποστηρίζει τις πιθανότητες κατανομής που είχε υπολογίσει ο Μέντελ.*

παράγοντες ή γονίδια εμφανίζονταν ότι ήταν παρόντες και σε άλλους οργανισμούς εκτός από τα μπιζέλια. Η σύγχρονη επιστήμη της γενετικής ήταν έτοιμη να αναπτυχθεί.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 14-Α. Γιατί ορισμένα μπιζέλια είναι συρρικνωμένα και άλλα όχι; Σελίδα 634.

14-2
Η θεωρία του Σάττον συμφωνεί με τις προβλέψεις του Μέντελ

Στην αρχή του αιώνα, ο δρ. Γουόλτερ Σ. Σάττον, ένας νεαρός μεταπτυχιακός φοιτητής του Πανεπιστημίου Κολούμπια, πρότεινε την εξής υπόθεση: Τα γονίδια είναι πραγματικές φυσικές μονάδες που εδράζονται στα χρωματοσώματα των οργανισμών. Κάθε αλληλόμορφο ενός ζεύγους γονιδίων εδράζεται σε κάθε μέλος ενός ζεύγους χρωματοσωμάτων. Με αυτό ο Σάττον εννοούσε ότι το ένα μέλος ενός ζεύγους γονιδίων βρίσκεται στο άλλο χρωματόσωμα του ζεύγους. Υπό τις προϋποθέσεις αυτές η συμπεριφορά των χρωματοσωμάτων κατά τη μείωση και τη γονιμοποίηση εξηγεί τα αποτελέσματα των πειραμάτων επιλογής οργανισμών.

Η ύπαρξη δύο ζευγών γονιδίων σε δύο ζεύγη χρωματοσωμάτων δίνεται στο διάγραμμα της εικόνας 14-1. Ακολουθήστε τα διάφορα αλληλόμορφα διά μέσου της μειώσεως και δείτε πώς εξηγούν τις αναλογίες του Μέντελ.

Η θεωρία ότι τα γονίδια εδράζονται στα χρωματοσώματα φαινόταν πολύ καλή. Αλλά δεν υπήρχαν ακόμη αρκετές ενδείξεις. Χρειαζόταν πολύ περισσότερη εργασία, προτού οι βιολόγοι αποδεχθούν πλήρως τη θεωρία αυτή. Λίγες θεωρίες στη βιολογία έχουν αποδειχθεί πλήρως. Παρόλα αυτά, αν μία θεωρία εξακολουθεί να ισχύει, ενώ συγκεντρώνονται

νέα γεγονότα, τότε η θεωρία θεωρείται ως θεμελιωμένη (βλέπε Παράρτημα 14-Α, Θεωρία του Σάττον, σελίδα 712).

Για να αποδειχθεί η θεωρία του Σάττον, χρειαζόταν ένας οργανισμός, του οποίου τα χρωματοσώματα θα ήταν δυνατόν να μελετηθούν συγχρόνως με την εκτέλεση πειραμάτων επιλογής. Κατόπιν τα δύο ήδη πληροφοριών θα μπορούσαν να συγκριθούν και να προσφέρουν πειστική υποστήριξη για τη θεωρία.

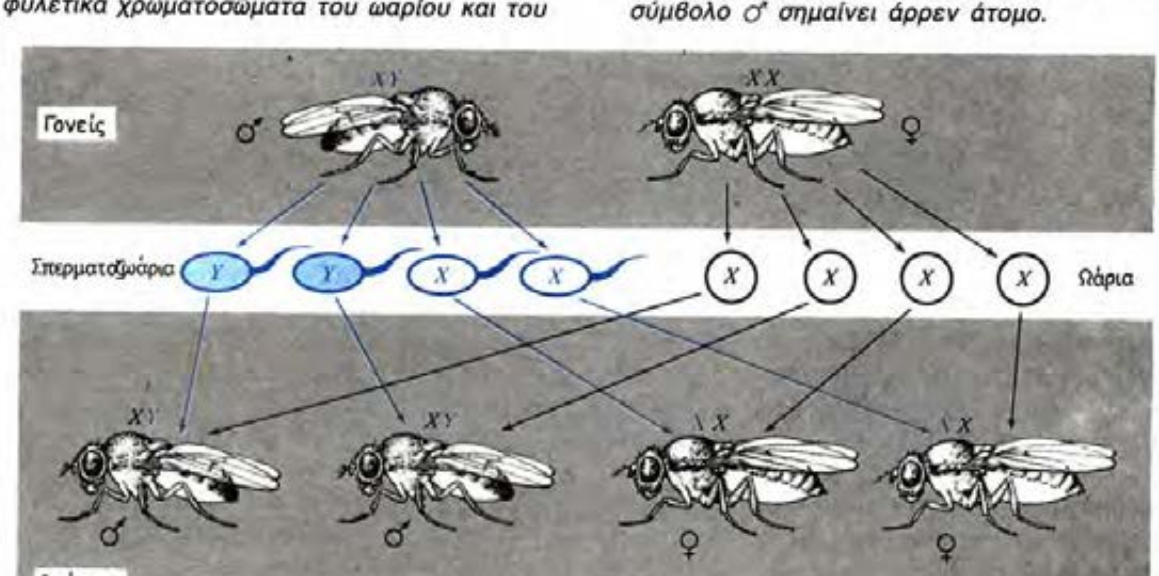


Εικόνα 14-2 *Ζεύγη χρωματοσωμάτων σε άρρενα και θήλεα άτομα. Δροσόφιλα. Ποιο ζεύγος χρωματοσωμάτων παρουσιάζει διαφορά στα δύο φύλλα; Θήλυ, άρρεν;*

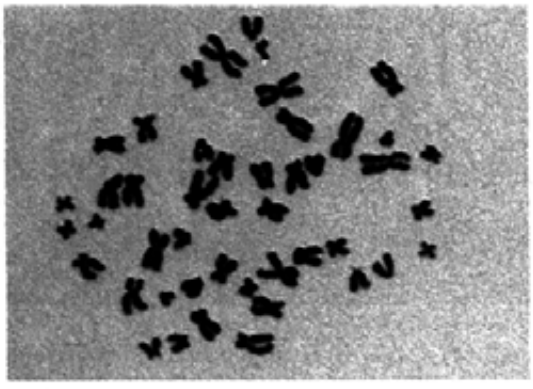
14-3
Τα χρωματοσώματα καθορίζουν το φύλο των απογόνων

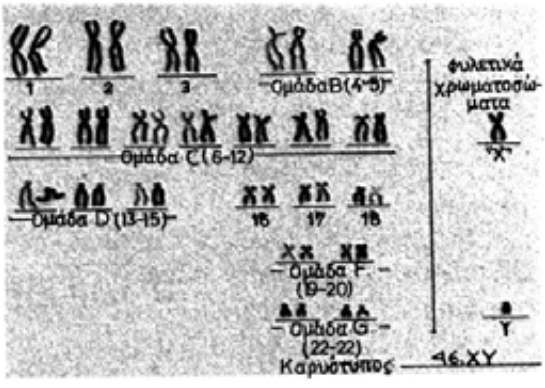
Ακόμη και η θεωρία του Σάττον δεν εξηγούσε τη διαφορά στα χρωματοσώματα μεταξύ αρρένων και θηλέων ατόμων. Προσεκτική όμως εργασία στα κύτταρα των σιελογόνων αδένων της *Δροσόφιλας* αποκάλυψε μία διαφορά. Η *Δροσόφιλα* έχει τέσσερα ζεύγη χρωματοσωμάτων. Τρία ζεύγη χρωματοσωμάτων ***(αυτοσωμάτων)*** είναι όμοια και στα δύο φύλα, ενώ το ένα διαφέρει (εικόνα 14-2). Το ζεύγος αυτό αναφέρεται ως ζεύγος ***φυλετικών χρωματοσωμάτων.*** Στα θήλεα άτομα είναι όμοια (χαρακτηριζόμενα XX). Στα άρρενα άτομα ένα μέλος του ζεύγους είναι όμοιο προς τα αντίστοιχα των θηλυκών ατόμων. Το άλλο μέλος του ζεύγους είναι διαφορετικό και σε σχήμα και σε μέγεθος. Τα φυλετικά χρωματοσώματα του άρρενος ατόμου αναφέρονται ως XY (βλέπε εικόνα 14-3).

Στον άνθρωπο το πρότυπο της κληρονομικότητας του φύλου είναι όμοιο με αυτό της *Δροσόφιλας*, XX στα θήλεα άτομα και X και ένα μικρό Y στα άρρενα. Το XX-XY πρότυπο κληρονομικότητας του φύλου είναι ένα είδος από τα πολλά που υπάρχουν στους ζωντανούς οργανισμούς. Και παρά το ότι και η *Δροσόφιλα* και ο άνθρωπος έχουν XX-XY τύπο, υπάρχουν διαφορές στην έκφραση. Η *Δροσόφιλα* είναι πάντα θηλυκού φύλου, εφόσον



Εικόνα 14-3 *Το φύλο της Δροσόφιλας προσδιορίζεται τη στιγμή της γονιμοποιήσεως από τα φυλετικά χρωματοσώματα του ωαρίου και του σπερματοζωαρίου. XX δημιουργεί θήλυ, XY άρρεν άτομο. Το σύμβολο ♀ σημαίνει θήλυ, το σύμβολο ♂ σημαίνει άρρεν άτομο.*





Εικόνα 14-4 *(Αριστερά) Τα 46 χρωματοσώματα ενός θήλεος ατόμου του ανθρώπου. Καθένα εμφανίζεται διπλό, γιατί διπλασιάζεται πριν από την κυτταρική διαίρεση. Κατά μία τεχνική, την τεχνική της καρυοτυπίας, τα χρωματοσώματα έχουν διαχωρισθεί από το κύτταρο του οποίου αποτελούσαν μέρος. Ένα καρυόγραμμα είναι δυνατόν να ετοιμασθεί από μία τέτοια φωτογραφία ξεχωρίζοντας με το ψαλίδι τα χρωματοσώματα, παρατάσσοντάς τα στα 23 ζεύγη τους και ξαναφωτογραφίζοντάς τα. Το καρυόγραμμα αυτό έγινε από μία άλλη φωτογραφία αρκετά όμοια με αυτή αριστερά. Δείχνει τα 23 ζεύγη των χρωματοσωμάτων του ανθρώπου. Εξέτασε το 23ο ζεύγος δεξιά από την κάθετη γραμμή. Είναι καρυόγραμμα άρρενος ή θήλεος ατόμου;*

υπάρχουν δύο Χ. Σε σπάνιες περιπτώσεις όπου υπάρχουν δύο Χ και ένα Υ η *Δροσόφιλα* εξακολουθεί να είναι θήλυ άτομο. Στον άνθρωπο όμως, αν είναι παρόν το Υ, τότε το άτομο θα είναι άρρεν, ακόμη και αν υπάρχουν επιπλέον Χ.

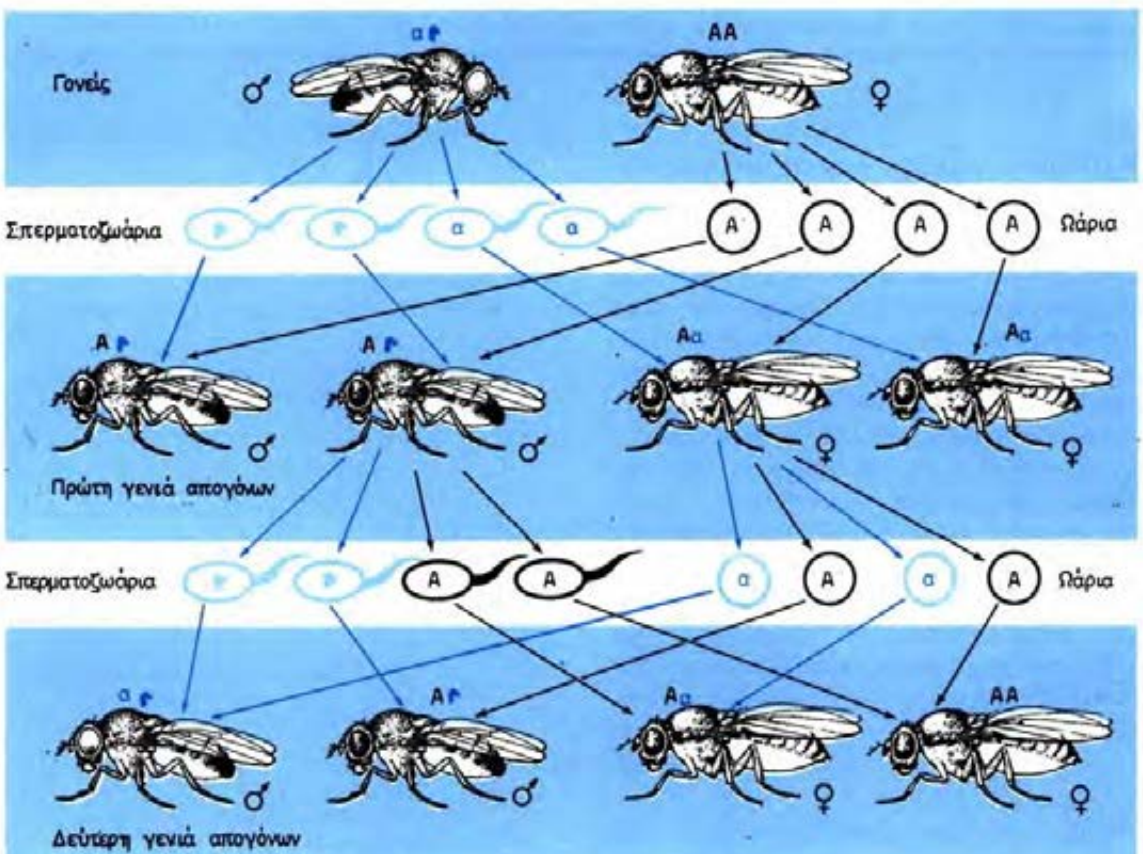
Ο ολικός αριθμός των χρωματοσωμάτων διαφέρει στα διάφορα είδη. Στους ανθρώπους υπάρχουν 46, συμπεριλαμβανομένων των φυλετικών χρωματοσωμάτων (εικόνα 14-4). Κι όμως ο ολικός αριθμός των χρωματοσωμάτων δεν είναι ο μόνος παράγοντας που προσδιορίζει τα χαρακτηριστικά ενός οργανισμού. Για παράδειγμα και ο άνθρωπος και το ψάρι μαύρη ποεσίλια έχουν ολικό αριθμό χρωματοσωμάτων 46.

14-4
Ανακαλύπτεται η φυλοσύνδετη κληρονομικότητα

Περί το 1910, ο Τόμας Χαντ Μόργκαν ανέτρεφε στα εργαστήρια του Πανεπιστημίου Κολούμπια χιλιάδες μύγες των φρούτων, όπως ονομάζονται κοινώς οι *Δροσόφιλες*. Αυτές που βρίσκονταν στη φύση είχαν σκούρα ερυθρά μάτια, από όσα ήταν γνωστά. Αλλά καθώς εξέταζε τις καλλιέργειες της μύγας των φρούτων, ο Μόργκαν βρήκε μία μύγα αρσενικού φύλου, που είχε λευκά μάτια. Τη διασταύρωσε με ένα θήλυ άτομο με ερυθρά μάτια και όλη η F_1 γενιά είχε ερυθρά μάτια. Αυτό δεν αποτελούσε έκπληξη, αν γίνει αποδεκτό ότι το γονίδιο για τα λευκά μάτια ήταν υπολειπόμενο. Μύγες από την F_1 γενιά διασταυρώθηκαν μεταξύ τους. Στην F_2 γενιά παρατηρήθηκε μία αναλογία 3/4 μύγες με ερυθρά μάτια προς 1/4 μύγες με λευκά μάτια. Η αναλογία αυτή αναμενόταν. Αλλά όλες οι μύγες με λευκά μάτια ήταν άρρενα άτομα. Το χαρακτηριστικό αυτό φαινόταν συνδεδεμένο με το φύλο του κάθε ατόμου. Γι' αυτό τα λευκά μάτια ονομάσθηκαν φυλοσύνδετος χαρακτήρας (εικόνα 14-5). Η γνώση του Μόργκαν για τη μείωση τον οδήγησε στο συμπέρασμα ότι τα άρρενα άτομα θα πρέπει να παράγουν δύο είδη σπερματοζωαρίων. Τα μισά σπερματοζωάρια θα έφεραν το Χ χρωματόσωμα και τα άλλα μισά το Υ. Κάθε χρωματόσωμα θα έφερε επίσης ένα χρωματόσωμα από κάθε ζεύγος αυτοσωμάτων. Τα θήλεα άτομα εξάλλου θα έφεραν ένα Χ χρωματόσωμα. Επιπλέον ένα χρωματόσωμα φαινόταν ότι ήταν αδρανές ως προς χρώμα των ματιών.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία του Μέντελ, η οποία έδωσε ενδείξεις για μερικές σπουδαίες αρχές της κληρονομικότητας, παρέμεινε άγνωστη για 35



Εικόνα 14-5 *Κληρονομικότητα των λευκών οφθαλμών στη Δροσόφιλα. Το γονίδιο που προσδιορίζει λευκούς οφθαλμούς εδράζεται στο Χ χρωματόσωμα. Σε τι είδους οφθαλμούς θα καταλήξει η διασταύρωση ενός θήλεος με λευκούς οφθαλμούς με ένα άρρεν άτομο με ερυθρούς οφθαλμούς;*

χρόνια. Μετά την ανάλυψή της άρχισε η έρευνα για ένα υλικό υπόβαθρο που θα εξηγούσε τη συμπεριφορά των υποθετικών γονιδίων του Μέντελ. Ο Σάττον, σημειώνοντας τις καταπληκτικές ομοιότητες μεταξύ της συμπεριφοράς των γονιδίων στην κληρονομικότητα και της συμπεριφοράς των χρωματοσωμάτων, που ήταν δυνατόν να παρατηρηθεί, πρότεινε την υπόθεση ότι τα γονίδια είναι υλικές μονάδες εδραζόμενες στα χρωματοσώματα. Η υπόθεση έγινε ευρέως αποδεκτή, αλλά σαφείς ενδείξεις δεν είχαν συγκεντρωθεί.

Μελετώντας τη *Δροσόφιλα*, ο Μόργκαν κατάλαβε ότι μερικά χαρακτηριστικά είναι φυλοσύνδετα. Δηλαδή ότι υπήρχε μία διαφορά μεταξύ αρρένων και θηλέων ατόμων της μύγας αυτής όσον αφορά σε ένα ζεύγος χρωματοσωμάτων. Τα θήλεα έχουν δύο Χ χρωματοσώματα και τα άρρενα ένα Χ και ένα Υ χρωματόσωμα. Αυτά τα χρωματοσώματα ονομάζονται φυλετικά χρωματοσώματα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

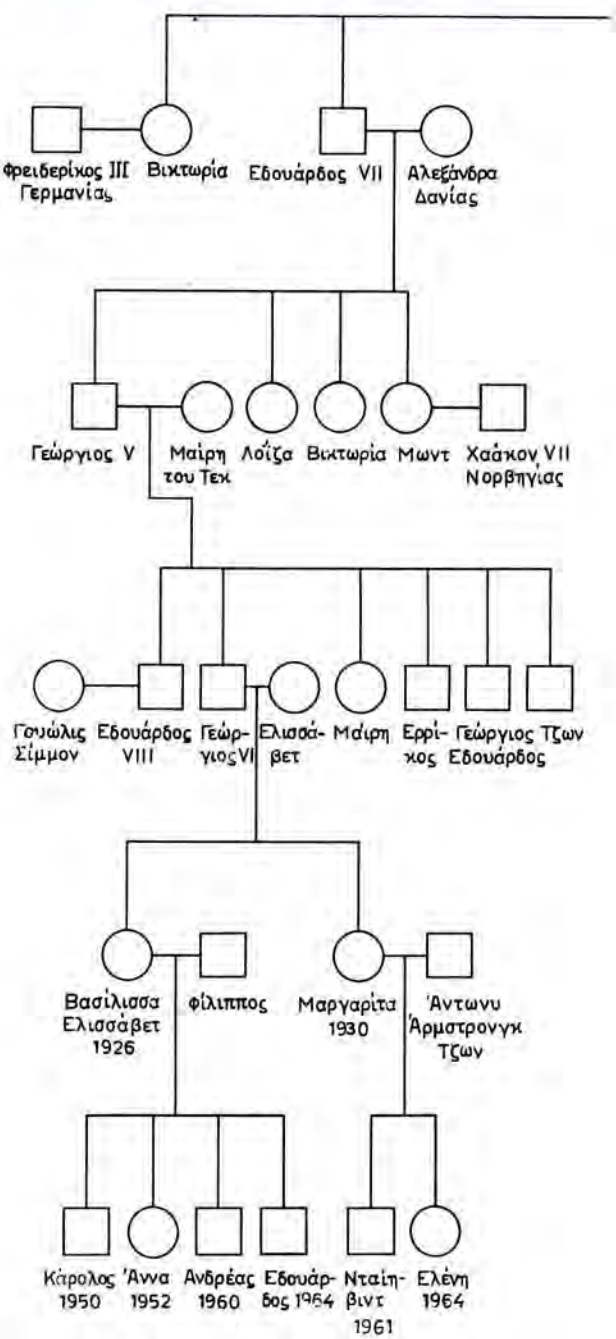
1. Γιατί δεν αναγνωρίσθηκε η σπουδαιότητα της εργασίας του Μέντελ όταν παρουσιάστηκε;
2. Καταγράψτε τις αξιόλογες ομοιότητες μεταξύ της κινητικότητας των χρωματοσωμάτων και της συμπεριφοράς των γονιδίων.
3. Σε ποιο συμπέρασμα κατέληξε ο Σάττον από τις καταπληκτικές ομοιότητες της 2ης ερωτήσεως;
4. Γιατί οι επιστήμονες είναι διστακτικοί, προκειμένου να δηλώσουν ότι μία επιστημονική θεωρία έχει αποδειχθεί;
5. Πώς μπορείτε να ξεχωρίσετε τα αυτοσώματα από τα φυλετικά χρωματοσώματα στη μύγα των φρούτων;

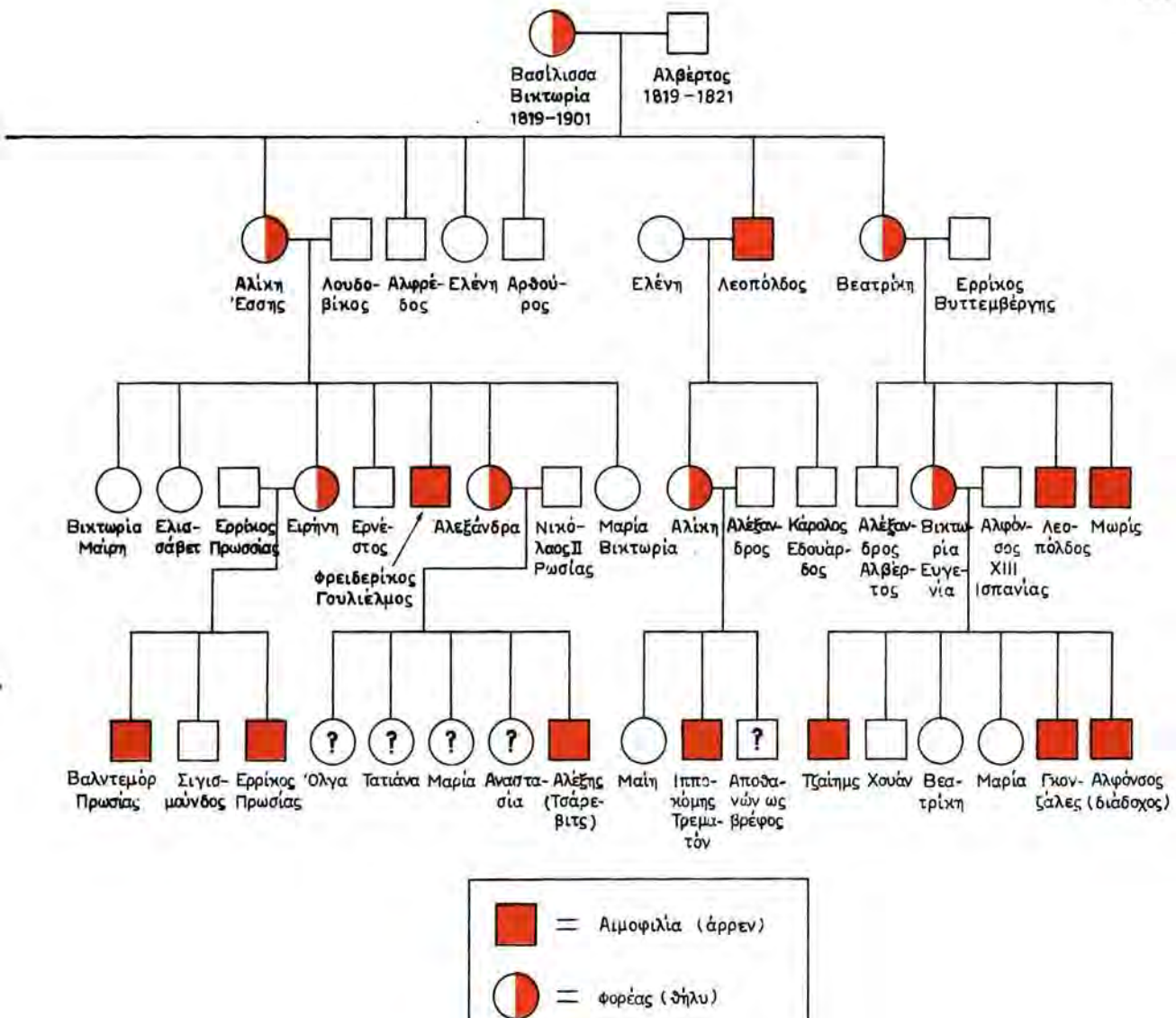
14-5
Οι άνθρωποι έχουν επίσης φιλοσύνδετα χαρακτηριστικά

Καθώς οι άνθρωποι έχουν ένα ζεύγος φυλετικών χρωματοσωμάτων ομοίων με τα φυλετικά χρωματοσώματα της *Δροσόφιλας*, είναι λογικό να αναμένει κανείς ότι μερικά ανθρώπινα χαρακτηριστικά θα είναι φυλοσύνδετα. Στον άνθρωπο είναι γνωστό ότι ένας αριθμός χαρακτηριστικών, μεταξύ των οποίων η αχρωματοψία και η αιμοφιλία, είναι φυλοσύνδετα. Η αχρωματοψία ερυθρού - πρασίνου είναι η ανικανότητα διακρίσεως του ερυθρού ή του πρασίνου χρώματος ή και των δύο από τα άλλα χρώματα. Είναι αρκετά κοινό χαρακτηριστικό. Η αχρωματοψία εξακριβώνεται με τη χρήση ειδικών εικόνων, που αποτελούνται από έγχρωμες κηλίδες τοποθετημένες έτσι, ώστε άτομα με αχρωματοψία να βλέπουν διαφορετικό σχέδιο από ό,τι άτομα με φυσιολογική όραση.

Υπάρχουν πολύ περισσότεροι άνδρες με αχρωματοψία παρά γυναίκες. Δεν είναι δύσκολο να αντιληφθεί κανείς την αιτία. Αν ένας άνδρας πάρει ένα Χ χρωματόσωμα, που φέρει το γονίδιο της αχρωματοψίας από τη μητέρα του, τότε θα πάσχει από αχρωματοψία. Μία γυναίκα όμως, για να εκδηλώσει αχρωματοψία, πρέπει να πάρει δύο Χ χρωματοσώματα, που να φέρουν το γονίδιο της αχρωματοψίας, ένα από τη μητέρα της και ένα από τον πατέρα της.

Αν ένα χρωματόσωμα στα δέκα φέρει το γονίδιο της αχρωματοψίας, τότε ένα άρρεν άτομο στα δέκα θα έχει αχρωματοψία. Για να βρείτε πόσο συχνά τα θήλεα άτομα θα πάσχουν από αχρωματοψία, εφαρμόστε τη δεύτερη αρχή των πιθανοτήτων. Θυμηθείτε από την παράγραφο 13-8 ότι η αρχή αυτή λέει: Η πιθανότητα δύο ανεξαρτήτων γεγονότων να συμβούν μαζί είναι το γινόμενο των πιθανοτήτων να συμβούν ξεχωριστά. Γι' αυτό η πιθανότητα ενός θήλεος ατόμου να πάρει δύο Χ χρωματοσώματα, καθένα φορέα του γονιδίου της αχρωματοψίας, είναι το γινόμενο των δύο ξεχωριστών πιθανοτήτων, 0,1 × 0,1, ή 0,01. Γι' αυτό, οι γυναίκες που έχουν αχρωματοψία θα παρατηρούνται με συχνότητα ίση με το ένα δέκατο της συχνότητας των ανδρών με αχρωματοψία (0,01 για τις γυναίκες σε σύγκριση με 0,1 για τους άνδρες). Η πραγματική συχνότητα των ανδρών με αχρωματοψία ποικίλλει από 5% ώς 9% σε διάφορους πληθυσμούς.





Εικόνα 14-6 *Γενεαλογικό δένδρο που δείχνει την κατανομή της αιμοφιλίας στους απογόνους της βασίλισσας Βικτωρίας. Κάθε γάμος δείχνεται από μία οριζόντια γραμμή, που ενώνει ένα κύκλο με ένα τετράγωνο. Άτομα στην ίδια γραμμή είναι μέλη της ίδιας γενιάς.*

Ο πιο κοινός τύπος αιμοφιλίας είναι ένα φυλοσύνδετο ανθρώπινο χαρακτηριστικό (βλέπε εικόνα 14-6). Στην κατάσταση της αιμοφιλίας το αίμα δεν μπορεί να πήξει σε μία πληγή ή πήζει πολύ αργά. Άτομα με ακραίες καταστάσεις αιμοφιλίας αιμορραγούν μέχρι θανάτου από ένα μικρό κόψιμο ή γρατζουνιά. Η κληρονομική αιμοφιλία δημιουργεί πολύ σοβαρότερα προβλήματα στον άνθρωπο από ό,τι η αχρωματοψία, και, ευτυχώς, είναι αρκετά σπανιότερη. Μάλιστα σύμφωνα με τη θεωρία της φυσικής επιλογής θα μπορούσατε να προβλέψετε ότι οι αιμοφιλικοί θα έχουν μικρή πιθανότητα επιβιώσεως και αναπαραγωγής. Ως εκ τούτου η αιμοφιλία θα είναι πιο σπάνια από ό,τι η αχρωματοψία.

Η φυλοσύνδετη αιμοφιλία είναι γενετική ανωμαλία με βασιλική ιστορία. Το χαρακτηριστικό αυτό παρουσιάστηκε σε ένα γιο και τρεις εγγονούς της βασίλισσας Βικτωρίας της Μεγάλης Βρετανίας. Λόγω των μεταξύ των βασιλικών οίκων γάμων το γονίδιο διαδόθηκε στις βασιλικές οικογένειες της Ευρώπης. Το γονίδιο διαδόθηκε τόσο πολύ στις ευρωπαϊ-

κές βασιλικές οικογένειες κατά τον 19ο και τις αρχές του 20ού αιώνα, ώστε να επιδράσει στην ιστορική εξέλιξη της Ισπανίας και της Ρωσίας.

Στη Ρωσία, για παράδειγμα, ο Ρασπούτιν, ένας κυβερνητικός αξιωματούχος, ισχυριζόταν ότι είχε τη δύναμη να ελέγχει τις αιμορραγίες του νεαρού πρίγκιπα Αλέξη Τσάρεβιτς, που ήταν αιμοφιλικός. Ο φόβος της δυνάμεως του Ρασπούτιν προφανώς επέδρασε στις αποφάσεις του Τσάρου σε ορισμένα κρατικά θέματα.

Η εικόνα 14-6 δείχνει το γενεαλογικό δένδρο της κατανομής της αιμοφιλίας στους απογόνους της βασίλισσας Βικτωρίας. Σημειώστε ότι κανένα θήλυ άτομο δεν είχε αιμοφιλία. Σύμφωνα με τη θεωρία, για να έχει ένα θήλυ άτομο αιμοφιλία, θα πρέπει να έχει πάρει από ένα γονίδιο για τα χαρακτηριστικά και από τη μητέρα της και από τον πατέρα της. Θήλεα άτομα αιμοφιλικά παρατηρούνται σπάνια.

14-6
Ο μη-διαχωρισμός εξηγεί εξαιρέσεις της φυλοσύνδετης κληρονομικότητας

Με την πάροδο του χρόνου βρέθηκε ότι ένας μεγάλος αριθμός γονιδίων της *Δροσόφιλας* ήταν φυλοσύνδετος. Όλα αυτά τα γονίδια ακολουθούν κληρονομικότητα όμοια με αυτή για τα λευκά μάτια και για το λόγο αυτό, προφανώς, όλα εδράζονται στο Χ χρωματόσωμα. Μερικά χρόνια ενωρίτερα ο Σάττον είχε αναφέρει ότι είναι πιθανό να υπάρχουν πολλά γονίδια σε κάθε χρωματόσωμα. Όταν είναι δυνατόν να αποδειχθεί ότι ένας αριθμός γονιδίων εδράζεται στο ίδιο χρωματόσωμα, τότε λέγεται ότι τα γονίδια είναι συνδεδεμένα μαζί με μία φυσική ενότητα.

Ένας από τους μεταπτυχιακούς φοιτητές του Μόργκαν, ο Κάλβιν Μπ. Μπρίτζες, εργαζόταν με ένα γονίδιο για το χρώμα των οφθαλμών της *Δροσόφιλας*. Αυτό το γονίδιο του χρώματος των ματιών, που εδράζεται στο Χ χρωματόσωμα, ονομάζεται κιτρινέρυθρο, λόγω του φωτεινού ερυθρού χρώματος ορισμένων μεταλλαγμάτων της *Δροσόφιλας*. Το γονίδιο για τους ερυθροκίτρινους οφθαλμούς είναι υπολειπόμενο. Η κανονική ή η άγρια, όπως ονομάζεται, *Δροσόφιλα* έχει βαθύχρωμα ερυθρά μάτια. Από τις γνώσεις σας για τα φυλοσύνδετα χαρακτηριστικά τι χρώμα οφθαλμών θα αναμένετε να έχει ένας απόγονος από ένα θήλυ άτομο με ερυθροκίτρινους οφθαλμούς και ένα φυσιολογικό ως προς το χρώμα των ματιών άρρεν;

Αυτή η διασταύρωση τύπων ματιών διαγράφεται στην εικόνα 14-7. Δείχνονται μόνο τα χρωματοσώματα Χ και Υ, καθώς μόνο αυτά λαμβάνουν μέρος στην κληρονομικότητα του χαρακτηριστικού αυτού.

Να θυμάσθε ότι τα μέλη ενός ζεύγους χρωματοσωμάτων διαχωρίζονται κατά τη μείωση, όταν σχηματίζονται οι γαμέτες. Όπως βλέπετε στην εικόνα 14-7, ο φυσιολογικός διαχωρισμός των χρωματοσωμάτων Χ και Υ στη μείωση οδηγεί όχι μόνο στον προσδιορισμό του φύλου αλλά και στην κατανομή του γονιδίου για ερυθροκίτρινα μάτια. Η παρατήρηση αυτή συμφωνεί με τη θεωρία ότι το ερυθροκίτρινο γονίδιο εδράζεται από φυσικής απόψεως στο Χ χρωματόσωμα. Επίσης, το Υ χρωματόσωμα δεν έχει γονίδιο για ερυθροκίτρινα μάτια. Γι' αυτό το γονίδιο για ερυθροκίτρινα μάτια εκδηλώνεται στα άρρενα άτομα παρά τό ότι είναι υπολειπόμενα. Ως εκ τούτου, στη διασταύρωση αυτού του τύπου όλα τα θήλεα άτομα (αλλά κανένα από τα άρρενα) θα έχουν κανονικά ερυθρά μάτια, ενώ όλα τα άρρενα (αλλά κανένα από τα θήλεα) θα έχουν ερυθροκίτρινα μάτια. Αν δεν μπορείτε να το καταλάβετε αυτό, ξαναμελετήσετε το διάγραμμα, για να διαπιστώσετε ότι η περιγραφή αυτή είναι ορθή.

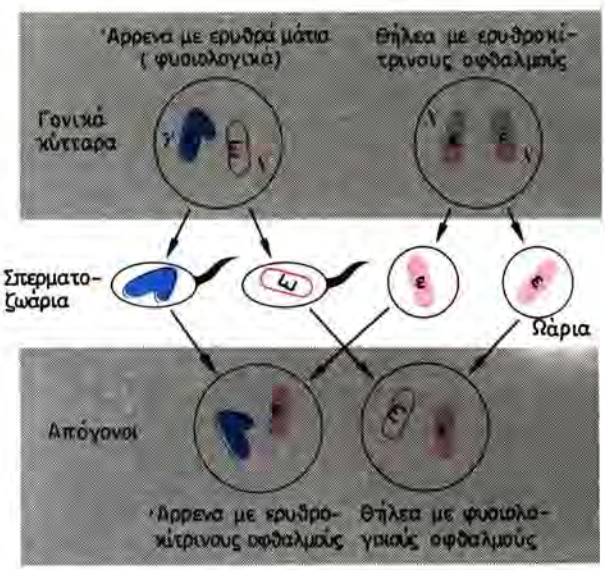
Αλλά και όταν ακόμη μία θεωρία είναι καλώς εδραιωμένη, ο οξυδερκής επιστήμονας δεν πρέπει να εκπλήσσεται όταν επισημαίνει εξαιρέσεις στον κανόνα. Η μελέτη των εξαιρέσεων μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση και ενδυνάμωση μιας θεωρίας. Ενώ έκανε αυτή την ειδική διασταύρωση (που φαίνεται στην εικόνα 14-7) εκατοντάδες φορές και παρατηρούσε χιλιάδες απογόνους, ο Μπρίτζες σημείωσε ότι σπάνια (περίπου μία φορά στις 2.000 μύγες) παράγονταν επίσης θηλυκά άτομα με ερυθροκίτρινα μάτια. Σπάνια επίσης εμφανιζόταν ένα άρρεν άτομο με κανονικά μάτια. Οι μύγες αυτές αποτελούσαν καθαρές εξαιρέσεις στον κανόνα και ξεσήκωναν μερικές αμφιβολίες για την ορθότητα της χρωματοσωματικής θεωρίας της κληρονομικότητας.

Θα ήταν δυνατό οι εξαιρέσεις αυτές να εξηγηθούν χωρίς να εγκαταλειφθεί η θεωρία;

Σύμφωνα με τη χρωματοσωματική θεωρία της κληρονομικότητας, αν ένα άτομο με ερυθροκίτρινα μάτια εμφανιζόταν, θα έπρεπε να υπάρχουν δύο γονίδια για ερυθροκίτρινα μάτια, γιατί το ερυθροκίτρινο χαρακτηριστικό είναι υπολειπόμενο ως προς τα φυσιολογικά μάτια. Ένα από τα δύο γονίδια που είναι απαραίτητα είναι βέβαιο ότι το παρείχε η μητέρα στο ωάριο. Από πού όμως προερχόταν το άλλο γονίδιο;

Μελετώντας ξανά την εικόνα 14-7 μπορείτε να διαπιστώσετε ότι δεν υπάρχουν ερυθροκίτρινα γονίδια στον άρρενα γονέα. Γι' αυτό το δεύτερο ερυθροκίτρινο γονίδιο πρέπει να έχει προέλθει επίσης από το θηλυκό γονέα! Η παρουσία αυτών των έξω από τον κανόνα θηλέων και αρρένων ατόμων θα μπορούσε ίσως να εξηγηθεί από το ότι μερικές φορές τα δύο Χ χρωματοσώματα της μητέρας, καθένα από τα οποία φέρει ένα γονίδιο για ερυθροκίτρινα γονίδια, δεν διαχωρίσθηκαν κατά τη μείωση. Αυτή η υποθετική αποτυχία των δύο Χ χρωματοσωμάτων να διαχωρισθούν, όπως γίνεται κατά τη φυσιολογική μείωση, ονομάζεται ***μη-διαχωρισμός.*** Αν τα δύο Χ χρωματοσώματα δεν διαχωρισθούν το ένα από το άλλο, τότε θα μπορούσαν και τα δύο να περάσουν στο ίδιο ωάριο.

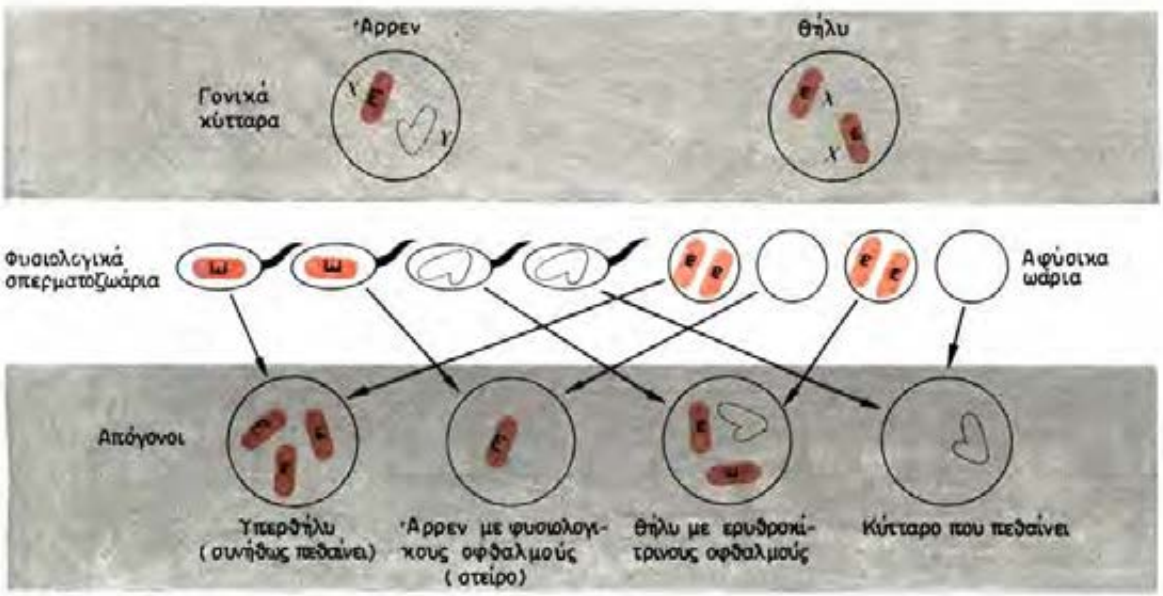
Η εικόνα 14-8 δείχνει τις πιθανότητες να παρατηρηθεί μη-διαχωρισμός στα Χ χρωματοσώματα. Όταν τα δύο χρωματοσώματα δεν διαχωρίζονται, παράγονται δύο είδη ωαρίων: Τα ωάρια με τα μη-διαχωρισμένα Χ χρωματοσώματα (και ως εκ τούτου με δύο ερυθροκίτρινα γονίδια) και τα ωάρια που δεν έχουν καθόλου Χ χρωματόσωμα. Όταν τα δύο είδη των μη φυσιολογικών ωαρίων γονιμοποιούνται από φυσιολογικά σπερματοζωάρια, τα γονιμοποιημένα ωάρια θα περιέχουν επίσης μη φυσιολογικό αριθμό χρωματοσωμάτων. Θα υπάρχουν δύο είδη φυσιολογικών σπερματοζωαρίων, αυτών που περιέχουν ένα Χ χρωματόσωμα και αυτών που περιέχουν ένα Υ χρωματόσωμα. Όταν τα ωάρια με τα δύο χρωματοσώματα γονιμοποιούνται από φυσιολογικά σπερματοζωάρια, το μισό από τα γονιμοποιημένα ωάρια θα είναι ΧΧΥ και το άλλο μισό θα είναι ΧΧΧ, όπως φαίνεται στο διάγραμμα. Όταν τα ωάρια δεν έχουν Χ



Εικόνα 14-7 *Η κανονική κληρονομικότητα των ερυθροκιτρίνων ματιών, που είναι φυλοσύνθετο χαρακτηριστικό στη Δροσόφιλα. Ε συμβολίζει το επικρατές γονίδιο για φυσιολογικά βαθύχρωμους ερυθρούς οφθαλμούς και ε συμβολίζει το υπολειπόμενο γονίδιο για ερυθροκίτρινους οφθαλμούς. Ποιο φυλετικό χρωματόσωμα δεν φέρει κανένα από αυτά τα γονίδια; (Και πώς αυτό επιδρά στην έκφραση του υπολειπόμενου χαρακτηριστικού των ερυθροκιτρίνων οφθαλμών;)*

χρωματόσωμα, τα γονιμοποιημένα ωάρια θα έχουν μόνο το φυλετικό χρωματόσωμα που συνεισφέρει το σπερματοζωάριο. Το μισό των γονιμοποιημένων ωαρίων θα έχει μόνο ένα Χ χρωματόσωμα και το άλλο μισό μόνο ένα Υ χρωματόσωμα. Τα γονιμοποιημένα ωάρια με τρία Χ χρωματοσώματα ή χωρίς καθόλου Χ χρωματόσωμα, συνήθως δεν επιβιώνουν. Φαίνεται ότι η γενετική διαταραχή είναι προφανώς πολύ μεγάλη.

Αν μία μύγα των φρούτων έχει ένα Χ χρωματόσωμα αλλά όχι Υ χρωματόσωμα, τότε έχει την εμφάνιση άρρενος ατόμου, αλλά δεν είναι δυνατόν να δώσει απογόνους, και ως εκ τούτου είναι στείρα (εικόνα 14-8). Μπορείτε να συμπεράνετε ότι το Υ χρωματόσωμα είναι υπεύθυνο για τη γονιμότητα των μυγών άρρενος φύλου, παρά το ότι φέρει πολύ ολίγα γονίδια. Ομοίως, καθώς ένα άτομο ΧΧΥ είναι θήλυ, παρά την παρουσία του Υ χρωματοσώματος, φαίνεται ότι ο αριθμός των Χ χρωματοσωμάτων προσδιορίζει το φύλο –



Εικόνα 14-8 *Ο Μπρίτζες εξήγησε την ύπαρξη των σπανίων θηλέων ατόμων με ερυθροκίτρινους οφθαλμούς με την υπόθεση ότι μερικές φορές τα Χ χρωματοσώματα δεν διαχωρίζονται κατά τη μείωση. Το διάγραμμα αυτό δείχνει τον απόγονο που θα προέλθει από τέτοια αφύσικα ωάρια.*

δηλαδή μία μύγα με ένα χρωματόσωμα Χ είναι άρρεν άτομο και μία μύγα με δύο Χ χρωματοσώματα είναι θήλυ άτομο.

Ο Μπρίτζες εξέτασε τα κύτταρα των μυγών που χρησιμοποίησε στις υπό έλεγχο διασταυρώσεις και βρήκε ότι η υπόθεση του μη-διαχωρισμού υποστηριζόταν από την πλήρη συμφωνία μεταξύ: (1) Της κληρονομικότητας των ερυθροκιτρίνων οφθαλμών, (2) του φύλου της μύγας, (3) των χρωματοσωμάτων της μύγας. Τα εκτός κανόνα θήλεα άτομα με ερυθροκίτρινους οφθαλμούς, για παράδειγμα, που υποτίθεται ότι είχαν γονότυπο εεΟ είχαν στην πραγματικότητα δύο Χ χρωματοσώματα και ένα Υ χρωματόσωμα. Το Ο χρησιμοποιείται για να δείξει ότι το Υ χρωματόσωμα δεν έχει αλληλόμορφο για ερυθροκίτρινα μάτια. Κάθε ε προέρχεται από ένα Χ χρωματόσωμα.

Ολόκληρη αυτή η σειρά των πειραμάτων ήταν εντυπωσιακή και πειστική απόδειξη ότι τα γονίδια εδράζονται στα χρωματοσώματα. Η χρωματοσωματική θεωρία της κληρονομικότητας είχε θεμελιωθεί. Ο Μπρίτζες δημοσίευσε το 1916 μία εργασία του με τίτλο: «Ο μη-διαχωρισμός ως απόδειξη της χρωματοσωματικής θεωρίας της κληρονομικότητας». Ο ερευνητής αυτός παρουσίασε λεπτομερή δεδομένα, που θεμελίωναν το συμπέρασμα ότι τα γονίδια είναι υλικώς συνδεδεμένα με τα χρωματοσώματα. Μελέτες της κληρονομικότητας και παρατηρήσεις των κυττάρων, προερχόμενες από δύο διαφορετικές πηγές, θεμελίωσαν τη βάση της σύγχρονης επιστήμης της γενετικής.

Παρόλα αυτά, τα ευρήματα του Μπρίτζες που αφορούν στην κληρονομικότητα του φύλου δεν μπορούν να εφαρμοσθούν σε άλλους οργανισμούς απευθείας. Μη-διαχωρισμός είναι γνωστό σήμερα ότι συμβαίνει σε πολλούς οργανισμούς, συμπεριλαμβανόμενου του ανθρώπου, αλλά τα αποτελέσματα ποικίλλουν. Στον άνθρωπο, για παράδειγμα, ένας συνδυασμός ΧΧΥ οδηγεί σε άρρεν άτομο, καμιά φορά με ανωμαλίες. Θα μάθετε περισσότερα γι' αυτό στη βιολογία περιληπτικά (σελ. 308) και στην παράγραφο 14-9.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η θεωρία του Σάττον ότι τα γονίδια είναι υλικές μονάδες εδραζόμενες στα χρωματοσώματα ονομάζεται χρωματοσωματική θεωρία της κληρονομικότητας. Για μερικά χρόνια όλα τα δεδομένα υποστήριζαν αυτή τη θεωρία. Η ανακάλυψη της φυλοσύνδετης κληρονομικότητας και των δύο διαφορετικών ειδών φυλε-

τικών χρωματοσωμάτων στις μύγες των φρούτων και άλλους οργανισμούς, συμπεριλαμβανόμενου του ανθρώπου, αποτέλεσαν συμπληρωματικές ενδείξεις για τη θεωρία. Το πρότυπο που ακολουθεί η φυλοσύνδετη κληρονομικότητα είναι δυνατό να εξηγηγθεί εύκολα, αν υποθέσομε ότι τα γονίδια εδράζονται στο Χ χρωματόσωμα.

Νεότερη εργασία από το Μπρίτζες με ένα φυλοσύνδετο γονίδιο οδήγησε στην ανακάλυψη ότι μερικές μύγες αποτελούσαν εξαίρεση του κανόνα. Παρατηρώντας απευθείας τα χρωματοσώματα των μυγών αυτών, που αποτελούσαν εξαιρέσεις, ο Μπρίτζες ανακάλυψε ότι μερικές φορές τα Χ χρωματοσώματα δεν διαχωρίζονται κατά τη μείωση. Αυτός ο μη-διαχωρισμός, όπως ονομάστηκε, έδωσε οριστικές ενδείξεις ότι τα δεδομένα της γενετικής εξηγούνται από τη λειτουργικότητα των χρωματοσωμάτων. Η εργασία του Μπρίτζες υποστήριξε πάρα πολύ τη χρωματοσωματική θεωρία της κληρονομικότητας.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Εξηγήστε τι προσδιορίζει το φύλο στις μύγες των φρούτων.
2. Πόσα χρωματοσώματα έχουν οι άνθρωποι; Από αυτά πόσα είναι αυτοσώματα και πόσα είναι φυλετικά χρωματοσώματα;
3. Αναφέρετε μερικά φυλοσύνδετα χαρακτηριστικά του ανθρώπου.
4. Τι είναι τα συνδεδεμένα γονίδια;
5. Εξηγήστε τα αποτελέσματα του μη-διαχωρισμού.
6. Γιατί στους ανθρώπους η αχρωματοψία είναι πιο κοινή στους άνδρες από ό,τι στις γυναίκες;

Η προοδευμένη τεχνολογία αποκαλύπτει περισσότερα για τα γονίδια και τα χρωματοσώματα

14-7
Τα γονίδια είναι συνδεδεμένα στα αυτοσώματα όπως και στα φυλετικά χρωματοσώματα

Οι βιολόγοι προσπαθούν να προσδιορίσουν όσα γενετικά χαρακτηριστικά είναι δυνατόν. Στη *Δροσόφιλα*, μόνο, είναι γνωστά εκατοντάδες γονίδια από τα χαρακτηριστικά που προσδιορίζουν. Καθώς υπάρχουν περισσότερα γονίδια από χρωματοσώματα, πολλά γονίδια πρέπει να εδράζονται σε ένα και μόνο χρωματόσωμα. Όλα τα γονίδια που εδράζονται στο ίδιο χρωματόσωμα ονομάζονται συνδεδεμένα. Σχηματίζουν ένα συνδεδεμένο σύνολο και κληρονομούνται ως ένα σύνολο. Ο Μέντελ πιθανώς επέλεξε χαρακτηριστικά που δεν ήταν συνδεδεμένα. Αλλιώς τα αποτελέσματα από τα πειράματα με τα μπιζέλια θα ήταν αρκετά διαφορετικά από το πρότυπο του ανεξάρτητου συνδυασμού που πήρε από όλα τα πειράματά του. Η αρχή του ανεξάρτητου συνδυασμού ισχύει μόνο όταν τα γονίδια εδράζονται σε διαφορετικά χρωματοσώματα. Πιο προωθημένη έρευνα έδειξε ότι ακόμη και συνδεδεμένα γονίδια δεν παραμένουν πάντοτε μαζί. Τα πειράματα έδειξαν ότι τα χρωματοσώματα είναι δυνατόν να θραυσθούν οπουδήποτε καθόλο το μήκος τους. Όταν τα χρωματοσώματα αλληλοεπικαλύπτονται, καμιά φορά ανταλλάσσουν τμήματα, κάτι που απολήγει στην ανταλλαγή γονιδίων. Η ανταλλαγή γονιδίων μεταξύ των χρωματοσωμάτων ονομάζεται ανασυνδυασμός (βλέπε εικόνα 14-9 στη σελίδα 305). Όσο πιο μακριά βρίσκονται δύο γονίδια σε ένα χρωματόσωμα, τόσο πιο πιθανό είναι να παρατηρηθεί μία θραύση μεταξύ τους. Οι επιστήμονες αποφάσισαν να ερευνήσουν αν η σχετική απόσταση μεταξύ δύο γονιδίων στο χρωματόσωμα θα μπορούσε να μετρηθεί από την παρατήρηση της συχνότητας των θραύσεων μεταξύ αυτών.

Μετρώντας τη συχνότητα με την οποία δύο συνδεδεμένα γονίδια διαχωρίζονται, είναι δυνατόν να κατασκευασθούν ακριβείς χάρτες της αλληλουχίας με την οποία τα γονίδια εμφανίζονται στα χρωματοσώματα. Η πληροφορία αυτή είναι δυνατόν να ληφθεί χωρίς κανείς να δει ποτέ τα ίδια τα γονίδια ή τη

λεπτομερή δομή των χρωματοσωμάτων. Γενετικοί χάρτες κατασκευάστηκαν αρκετά νωρίς για τα χρωματοσώματα της *Δροσόφιλας* (εικόνα 14-10, στη σελίδα 305). Υπάρχουν τώρα για πολλούς άλλους οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων φυτών, ζώων και πρωτίστων. Συγχρόνως περισσότερα από 200 ανθρώπινα χαρακτηριστικά έχουν τοποθετηθεί πάνω σε χρωματοσώματα.

14-8
Γιγαντιαία χρωματοσώματα παρέχουν γενετικές πληροφορίες

Όταν οι γενετιστές στην αρχή έκαναν πειράματα επιλογής για τον προσδιορισμό των σχετικών θέσεων των γονιδίων στα χρωματοσώματα, πολλές φορές ευχήθηκαν να είχαν ένα μαγικό μικροσκόπιο που θα μπορούσε να μεγεθύνει τα χρωματοσώματα αρκετές εκατοντάδες φορές. Θα ήταν τότε δυνατόν να φανεί πώς είναι η λεπτομερής δομή ενός χρωματοσώματος. Ίσως θα μπορούσαν οι γενετιστές να αναγνωρίσουν και συγκεκριμένα γονίδια.

Η ευχή των γενετιστών αποδείχθηκε αληθινή με έναν τρόπο που δεν τον περίμεναν. Οι βιολόγοι είχαν ανακαλύψει το 1881 ότι ορισμένα κύτταρα της προνύμφης της *Δροσόφιλας* και μερικών άλλων εντόμων περιείχαν γιγαντιαία χρωματοσώματα. Μόλις το 1931 όμως οι βιολόγοι κατάλαβαν πως αυτά τα γιγαντιαία χρωματοσώματα θα μπορούσαν να βοηθήσουν στις γενετικές σπουδές. Αυτά τα γιγαντιαία χρωματοσώματα ήταν περίπου 200 φορές μεγαλύτερα από τα συνηθισμένα χρωματοσώματα της *Δροσόφιλας*. Ήταν τόσο μεγάλα, ώστε ήταν δυνατό να τα δει κανείς ακόμη και με μικροσκόπιο μικρής μεγεθύνσεως. Τα κύτταρα που περιείχαν τα γιγαντιαία χρωματοσώματα προέρχονταν από τους σιελογόνους αδένες. Οι αδένες αυτοί μπορούν να εξαχθούν από μία προχωρημένη σε ηλικία προνύμφη, να χρωσθούν με ειδική χρωστική και να ξεδιπλωθούν σε μία αντικειμενοφόρα πλάκα. Όταν τα χρωματοσώματα ξεδιπλώνονταν με αυτόν τον τρόπο, παρατηρήθηκε ότι είχαν χιλιάδες εγκάρσιες ταινίες πολλών διαφορετικών μορφών. Η εικόνα 14-11, στη σελίδα 306 δείχνει ένα μόνο κύτταρο σιελογόνου αδένα που έχει ξεδιπλωθεί και χρωσθεί κατάλληλα.

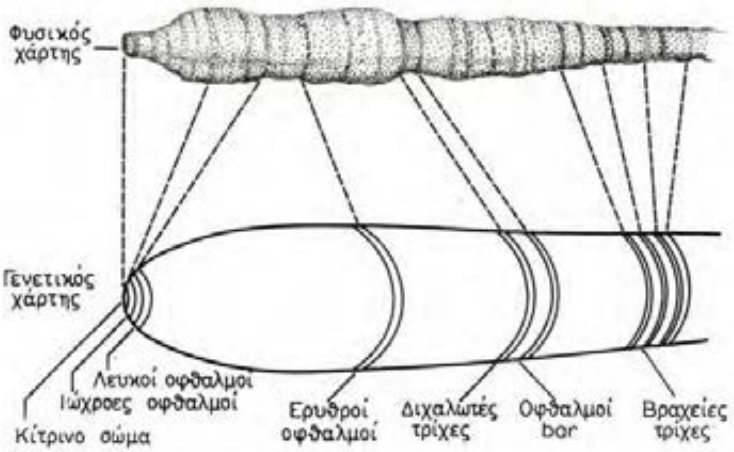
Όταν τα χρωματοσώματα αυτά εξετάσθηκαν κάτω από μεγάλη μεγέθυνση, έμοιαζαν σαν οδικοί χάρτες γονιδίων. Και πειράματα επιλογής και κυτταρολογικές παρατηρήσεις χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση ενός μεγάλου αριθμού μεταλλάξεων στη *Δροσόφιλα*. Τα γονίδια θεωρούνται ότι εδράζονται σε ειδικές ταινίες των χρωματοσωμάτων των σιελογόνων αδένων. Αλλά υπήρχαν αρκετές διαφορές μεταξύ των γενετικών δεδομένων και των απευθείας παρατηρήσεων στα κύτταρα. Η εικόνα 14-10 είναι ένα διάγραμμα ενός τμήματος του Χ χρωματοσώματος που δείχνει τη φυσική θέση μερικών γονιδίων και τον αντίστοιχο γενετικό χάρτη που προσδιορίστηκε πειραματικά. Για παράδειγμα, όταν εξειδικευμένα τμήματα του χρωματοσώματος έχουν υποστεί αλλαγές από έκθεση σε ακτινοβολία, το αέριο υπερίτης ή άλλες χημικές ουσίες, ορισμένες φαινοτυπικές αλλαγές μπορούν να συνδυασθούν με τμήματα του χρωματοσώματος που έχουν υποστεί αλλοιώσεις. Μερικές φορές οι αιτίες των αλλοιώσεων δεν είναι γνωστές. Μία επικρατούσα μετάλλαξη στη μύγα των φρούτων, γνωστή ως οδοντωτή πτέρυγα, οφείλεται σε έλλειμμα (απουσία) ενός μικρού τμήματος του Χ χρωματοσώματος. Ο Χ. Τζ. Μίλλερ ανακάλυψε ότι αυτό το χρωματοσωματικό έλλειμμα, συσχετιζόταν με το γεγονός ότι ένα τμήμα της πτέρυγας έλειπε. Όμως, οι μύγες με οδοντωτές πτέρυγες είχαν ανακαλυφθεί πριν από τα πειράματα του Μίλλερ με τις ακτίνες Χ. Ένα χρωματόσωμα Χ από κάθε μύγα με οδοντωτές πτέρυγες, που έχει εξετασθεί έως τώρα, δείχνει ότι έχει μία τοπική έλλειψη που περιλαμβάνει πάντα την ίδια ταινία. Καθώς λείπει από το χρωματόσωμα περισσότερο από μία ταινία, υπάρχουν και άλλα γονίδια που συμπεριλαμβάνονται στο τμήμα που λείπει. Μερικά από τα γονίδια αυτά έχουν προσδιορισθεί.

14-9
Ανακαλύπτονται τεχνικές για τη μελέτη των ανθρωπίνων χρωματοσωμάτων

Η μελέτη των ανθρωπίνων χρωματοσωμάτων δεν προχώρησε πολύ γρήγορα στην αρχή. Τα ανθρώπινα χρωματοσώματα είναι μικρά. Έπρεπε να μελετηθούν σε ιστούς, που δεν είναι εύκολο να ληφθούν και που συχνά ήταν



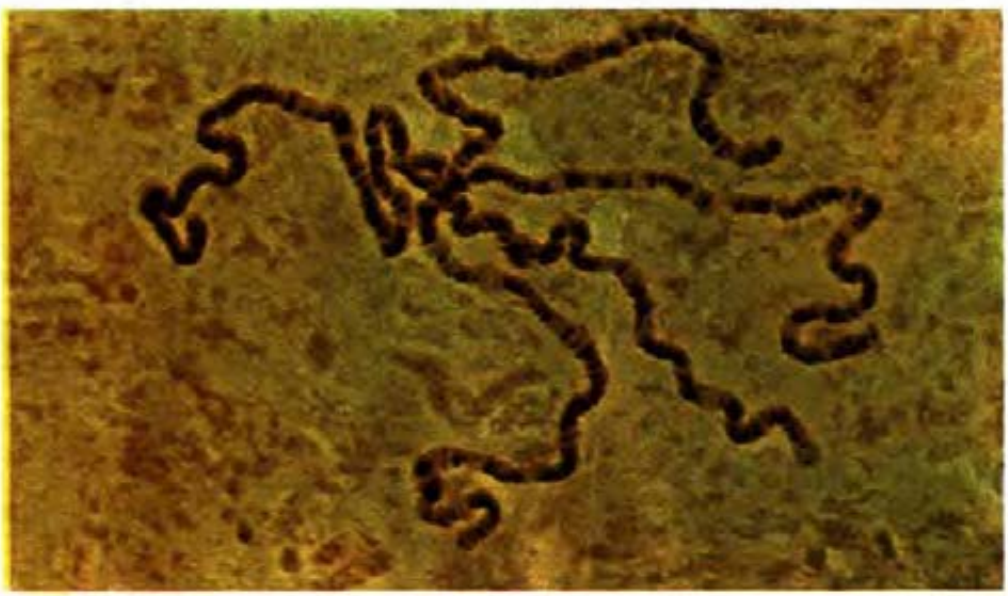
Εικόνα 14-9 *Φωτογραφία χρωματοσωμάτων ακρίδας που υφίστανται ανασυνδυασμό. Θραύσεις και ανταλλαγές είναι δυνατόν να παρουσιασθούν. Ο ανασυνδυασμός έχει τη μεγαλύτερη πιθανότητα πραγματοποιήσεως, όταν τα ζεύγη των χρωματοσωμάτων πλησιάζουν κατά τη διάρκεια του σταδίου της τετράδας, που προηγείται της μειώσεως.*



Εικόνα 14-10 *Για ένα τμήμα ενός Χ χρωμα[illegible]ματος (άνω) της Δροσόφιλας έχει κατασκευασθεί ένας χάρτης (κάτω), που δείχνει τη θέση ορισμένων γονιδίων, βασισμένος σε δεδομένα από θραύσεις, απωλεσθέντα τμήματα και ανασυνδυασμούς στο τμήμα αυτό του Χ χρωματοσώματος.*

σε κακή κατάσταση. Ο ιστός υποβαλλόταν σε επεξεργασία με εξειδικευμένη μεθοδολογία, χρώση και κοβόταν σε λεπτές τομές. Παρά την προσεκτική μελέτη ακόμη και ο ολικός αριθμός των χρωματοσωμάτων ήταν αντικείμενο αμφισβητήσεων για πολλά χρόνια.

Το 1956 η μελέτη των ανθρωπίνων χρωματοσωμάτων βελτιώθηκε με την ανάπτυξη μιας τεχνικής που εισήγαγαν οι Τζ. Χ. Τζιο και Α. Λέβαν. Χρησιμοποίησαν επαλείψεις μαλακών ιστών ή κύτταρα που αναπτύσσονταν σε κυτταροκαλλιέργειες. Τα παρασκευάσματά

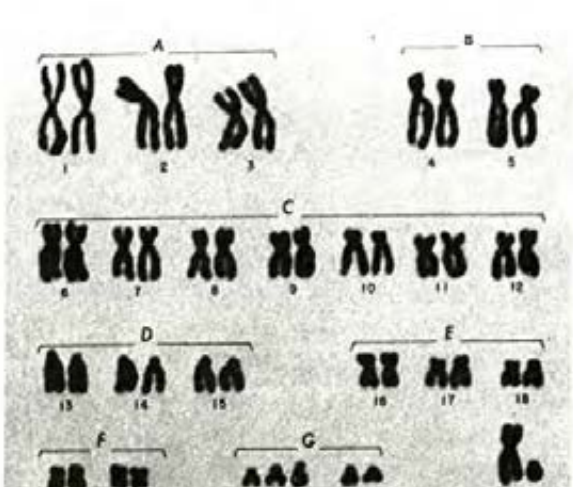


Εικόνα 14-11 *Μεγάλα ταινιωτά χρωματοσώματα από σιελογόνο αδένα Δροσόφιλας. Μελέτες τέτοιων γιγαντιαίων χρωματοσωμάτων βοήθησαν τους βιολόγους στην κατάρτιση των γενετικών χαρτών.*

τους έδειξαν όλα τα χρωματοσώματα όμορφα ξεδιπλωμένα και όχι συμπυκνωμένα και ανακατεμένα μέσα σε ένα μικρό πυρήνα.

Το πρώτο κέρδος από αυτές τις νέες τεχνικές ήταν μία ακριβής μέτρηση των ανθρωπίνων χρωματοσωμάτων. Βρέθηκε ότι σε ένα φυσιολογικό άτομο υπάρχουν μόνο 46 χρωματοσώματα αντί των 48 που νομιζόταν νωρίτερα. Με τις τεχνικές ζωνώσεως που αναπτύχθηκαν στα τέλη του 1960 οι βιολόγοι ανακάλυψαν ότι μπορούσαν να διακρίνουν κάθε χρωματόσωμα από τα άλλα μετρώντας συγχρόνως με ακρίβεια το μέγεθός του και σημειώνοντας τη θέση του κεντρομεριδίου. Τα ζεύγη των αυτοσωμάτων αριθμήθηκαν από το 1 έως το 22. Τα δύο φυλετικά χρωματοσώματα, το X και το Y, έκαναν το εικοστό τρίτο ζεύγος (βλέπε εικόνα 14-4 σελίδα 296).

Ασυνήθιστοι αριθμοί χρωματοσωμάτων βρέθηκαν σε μερικούς ασθενείς ψυχιατρείων. Σε άτομα που πάσχουν από το σύνδρομο Ντόουν βρίσκονται συνήθως 47 χρωματοσώματα αντί 46. Οι άτυχοι αυτοί άνθρωποι έχουν χαμηλή διανοητική ανάπτυξη, κοντό σώμα, που προέρχεται από επιβράδυνση της



Εικόνα 14-12 *Το καρυόγραμμα ενός άρρενος ατόμου με το σύνδρομο Ντόουν. Πώς θα βεβαιώσετε ότι το άτομο αυτό είναι άρρεν; Πού είναι δυνατόν να βρείτε τα χρωματοσωματικά δεδομένα για σύνδρομο Ντόουν; (Εξετάστε πρώτα καρυογράμματα για ζεύγη χρωματοσωμάτων και κατόπιν για θραυσμένα χρωματοσώματα, που δείχνουν διαχωρισμένα τμήματα. Ποια από τις τεχνικές αυτές αποκαλύπτει την αναμενόμενη εμφάνιση για σύνδρομο Ντόουν;)*

φυσικής αναπτύξεως, και ανωμαλίες στο πρόσωπο, τα χέρια και τα πόδια. Βρέθηκε ότι τα άτομα αυτά είχαν ένα μικρό επιπλέον χρωματόσωμα, προφανώς ένα επιπλέον χρωματόσωμα 21 (εικόνα 14-12). Εδώ, για πρώτη φορά στον άνθρωπο, μία σοβαρή κατάσταση συνδέθηκε με την παρουσία ενός ειδικού επιπλέον χρωματοσώματος.

Είναι τώρα γνωστό ότι αρκετές πολύ ανώμαλες καταστάσεις στον άνθρωπο συνδέονται με μη-διαχωρισμό μερικών ειδικών χρωματοσωμάτων.

Η εργασία του Μπρίτζες, που οδήγησε στην ανακάλυψη του μη-διαχωρισμού σε ένα άλλο οργανισμό, τη *Δροσόφιλα*, βοήθησε στην εξήγηση της νέας ανακαλύψεως στην ανθρώπινη βιολογία. Το επιπλέον χρωματόσωμα ήταν δυνατόν να εξηγηθεί, αν υποθέσομε ότι είχε παρατηρηθεί μη-διαχωρισμός στον ένα γαμέτη ενός από τους γονείς. Με τον τρόπο αυτό τρία αντί για δύο από αυτά τα μικρά χρωματοσώματα θα βρεθούν στο γονιμοποιημένο ωάριο.

Για τους βιολόγους και τους γιατρούς έχει μεγάλο ενδιαφέρον η ανακάλυψη ότι τα φυλετικά χρωματοσώματα είναι δυνατό να παρέμβουν στη φυσιολογική ανάπτυξη των φυλετικών χαρακτηριστικών και της διανοητικής ικανότητας.

Σε μερικά άτομα υπάρχει μόνο ένα φυλετικό χρωματόσωμα, ένα Χ χρωματόσωμα. Οι βιολόγοι ονομάζουν αυτή την κατάσταση Χ0. Ο ιατρικός όρος για την κατάσταση αυτή είναι το σύνδρομο Τέρνερ. Τα άτομα αυτά είναι συνήθως υποαναπτυγμένα και στείρα θηλυκά, κοντά στο ύψος, με ευφυΐα κατώτερη του φυσιολογικού. Έχουν επίσης διάφορες αλλοιώσεις του δέρματος και του σκελετού. Ένα άλλο είδος χρωματοσωματικής διατάξεως μοιάζει με αυτό που ανακάλυψε ο Μπρίτζες: Μία ΧΧΥ κατάσταση που ονομάζεται σύνδρομο Κλινεφέλτερ. Τα άτομα αυτά είναι συνήθως ψηλά, φυλετικώς υποανάπτυκτα άρρενα, που είναι δυνατόν να έχουν ή να μην έχουν διανοητική διατάραξη.

Επιστήμονες που μελετούσαν τα ανθρώπινα χρωματοσώματα ανακάλυψαν άλλες ασυνήθιστες καταστάσεις, όπως ΧΥΥ, ΧΧΧ, ΧΧΧΥ και ακόμη ΧΧΧΧΥ. Γενικώς όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των Χ χρωματοσωμάτων τόσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός



Εικόνα 14:13 *Αναστροφή σε τμήματα γονιδιακής αλληλουχίας ενός χρωματοσώματος. Μία αλληλουχία τεσσάρων γονιδίων – ΕΖΗ και Θ – έχει αναστραφεί με δημιουργία ανακυκλώσεως, θραύσεων και επιδιορθώσεως.*

της ανωμαλίας ή της αναπηρίας. Επίσης, ακόμη και αν ένα μόνο Υ χρωματόσωμα υπάρχει, το άτομο είναι άρρεν. Αυτό σημαίνει ότι οι βασικοί μηχανισμοί προσδιορισμού του φύλου στη *Δροσόφιλα* και στους ανθρώπους είναι κάπως διαφορετικοί. Ο ολικός αριθμός των Χ χρωματοσωμάτων φαίνεται ότι είναι σπουδαίος παράγοντας στη *Δροσόφιλα*. Ο σπουδαίος παράγοντας στον άνθρωπο είναι αν είναι παρόν ή όχι το χρωματόσωμα Υ.

Επιπλέον της ποικιλότητας στον αριθμό των χρωματοσωμάτων, πολλές αλλαγές έχουν διαπιστωθεί στη δομή των χρωματοσωμάτων των ανθρωπίνων όντων. Ένα κομμάτι χρωματοσώματος είναι δυνατόν να λείπει ή να είναι θραυσμένο και προσκολλημένο σε ένα άλλο χρωματόσωμα. Η μία θραύση και η μία επιδιόρθωση, που ακολουθεί, κάπου, κατά



Πάρα πολλά χρωματοσώματα

Αρσενικές γάτες με χελωνόχρωμο τρίχωμα (ανάμικτο μαύρο και πορτοκαλί) είναι σπάνιες, περίπου 1 στις 3000. Το γονίδιο για μαύρο τρίχωμα εδράζεται στο Χ χρωματόσωμα. Ένα αλληλόμορφό του, για πορτοκαλί χρώμα τριχώματος, εδράζεται επίσης στο Χ χρωματόσωμα. Αναμένονται θηλυκές γάτες με χελωνόχρωμο τρίχωμα· αλλά αρσενικές; Οι αρσενικές (ΧΥ) είναι συνήθως μαύρες ή πορτοκαλιές αλλά όχι ανάμικτες ως προς το χρώμα.

Ακόμη και πριν γίνει χρωματοσωματική ανάλυση ήταν δυνατόν να προβλεφθεί ότι οι αρσενικές γάτες με χελωνόχρωμο τρίχωμα θα είχαν ανώμαλο χρωματοσωματικό τύπο. Αυτό αποδείχθηκε αληθινό. Συνήθως βρίσκεται ένα η περισσότερα επιπλέον Χ χρωματοσώματα (ΧΧΥ). Οι επιστήμονες που μελετούν αυτές τις γάτες προσπαθούν να καταλάβουν τις αιτίες του μη-διαχωρισμού όχι μόνο στις γάτες αλλά και στους ανθρώπους, μελετώντας επίσης τα αποτελέσματα του μη-διαχωρισμού. Αρσενικές γάτες ΧΧΥ σπανίως γίνονται πατέρες. Δεν είναι ικανές σ' όλη τους τη ζωή ή είναι ικανές για πολύ σύντομο διάστημα.

Οι χελωνόχρωμες στο τρίχωμα αρσενικές γάτες δείχνουν αξιοσημείωτη ομοιότητα με μία κατάσταση που υπάρχει στον άνθρωπο. Μετά από ανάλυση ο χρωματοσωματικός τύπος της καταστάσεως αυτής βρέθηκε ότι είναι ΧΧΥ – δηλαδή ότι υπάρχει μη-διαχωρισμός. Άρρενα άτομα ανθρώπου τύπου ΧΧΥ, σε αντίθεση με τις γάτες, δεν έχουν ανάμικτα χρώματα στα

μήκος του χρωματοσώματος, είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε αντιστροφή της αλληλουχίας των γονιδίων (βλέπε εικόνα 14-13).

Οι περισσότερες από αυτές τις αλλαγές δημιουργούν σοβαρές φυσικές και πνευματικές ανωμαλίες. Πολλές είναι θανατηφόρες ή πριν από το στάδιο αναπτύξεως του νεογνού ή συντόμως μετά τη γέννηση. Γενικά τα γεγονότα δείχνουν ότι τέτοιες αλλαγές στα αυτοσωματικά χρωματοσώματα συνήθως δεν είναι διώσιμες στον ίδιο βαθμό που είναι διώσιμες όταν βρίσκονται στα φυλετικά χρωματοσώματα. Υπάρχουν γνωστές περιπτώσεις, όπου άτομα που έχουν χάσει ένα φυλετικό χρωματόσωμα επιβιώνουν μέχρι ωριμότητας. Δεν υπάρχουν γνωστές περιπτώσεις όπου νεογνά γεννηθέντα ζωντανά είχαν χάσει ένα αυτόσωμο.



μαλλιά. Αλλά είναι δυνατόν να έχουν προβλήματα, που δεν γνωρίζουν ότι μερικώς προέρχονται από τα χρωματοσώματά τους. Η ειδική αυτή κατάσταση των φυλετικών χρωματοσωμάτων ονομάζεται σύνδρομο Κλινεφέλτερ. Άνδρες με την κατάσταση αυτή είναι συχνά πολύ υψηλοί, μερικές φορές έχουν προβλήματα κοινωνικής προσαρμογής, είναι δυνατόν ή όχι να έχουν κάποιο βαθμό διανοητικών προβλημάτων και είναι δυνατόν να είναι ή όχι πλήρως αναπτυγμένοι και ικανοί.

Βιολόγοι, όπως η δρ. Κάρολιν Τρούνκα, που εικονίζεται εδώ, έχουν ειδικευθεί στη μελέτη και την παροχή συμβουλών σε άτομο με αφύσικο τύπο χρωματοσωμάτων. Εργάζονται επίσης ερευνητικά σε προβλήματα μειώσεως για τον υπολογισμό των κινδύνων που διατρέχουν άτομα με μη εξισορροπημένες ανακατατάξεις του χρωματοσωματικού υλικού. Πολλοί άνθρωποι δεν έχουν επίγνωση ότι έχουν χρωματοσωματικές αλλοιώσεις. Είναι πιο τυχεροί από αυτούς που παρουσιάζουν φοβαρά συμπτώματα λόγω χρωματοσωματικών αλλοιώσεων. Η δρ. Τρούνκα και πολλοί άλλοι εργάζονται ερευνητικά και παρέχουν συμβουλές για να τους βοηθήσουν.

14-10
Συνεχώς ανακαλύπτονται νεότερες τεχνικές

Μία από τις νεότερες και πιο σπουδαίες εργαστηριακές τεχνικές για τη μελέτη των χρωματοσωμάτων του ανθρώπου χρησιμοποιεί ειδικές χρωστικές, που δημιουργούν μία εξειδικευμένη ζώνωση σε κάθε χρωματόσωμα (εικόνα 14-14). Καθώς ο τρόπος ζωνώσεως είναι διαφορετικός για κάθε χρωματόσωμα, είναι ευκολότερη η ταυτοποίηση και διάκριση των διαφόρων χρωματοσωμάτων από ό,τι ήταν με τις χρώσεις που χρησιμοποιούσαν παλαιότερα. Οι χρώσεις αυτές αντιδρούσαν περίπου κατά τον αυτό τρόπο με όλα τα χρωματοσώματα με ομοιόμορφη χρώση καθόλο το μήκος τους. Οι εξειδικευμένες ζωνώσεις επιτρέπουν στους ερευνητές να ανακαλύψουν

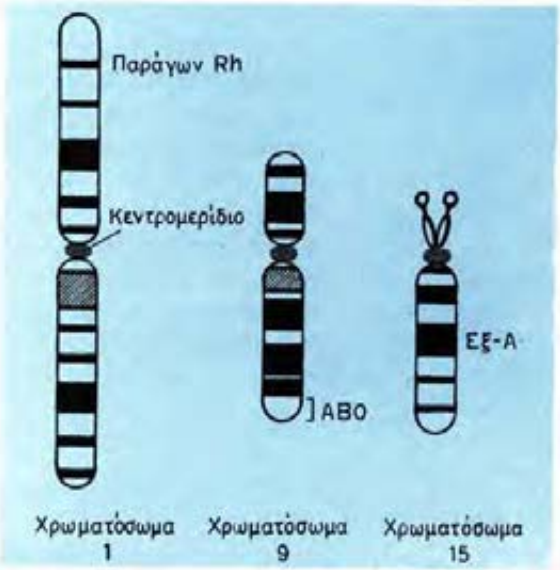


Εικόνα 14-14 *Ειδικές χρωστικές παράγουν ζωνώσεις σε χρωματοσώματα του ανθρώπου. Η ζώνωση επιτρέπει στους βιολόγους να ανακαλύψουν ελλείποντα ή επιπλέον χρωματοσωματικά τμήματα ευκολότερα από την εξέταση χρωματοσωμάτων που έχουν χρωσθεί ομοιόμορφα. Οι ζωνώσεις έχουν επιτρέψει επίσης τη χαρτογράφηση των γονιδίων στα χρωματοσώματα με μεγαλύτερη ακρίβεια.*

πιο εύκολα τμήματα χρωματοσωμάτων που λείπουν ή επιπλέον τμήματα χρωματοσωμάτων. Έχουν αποκαλυφθεί ακόμη αναδιατάξεις του χρωματοσωματικού υλικού που δεν ήταν εύκολο να εντοπισθούν προηγουμένως. Ηλεκτρονικοί υπολογιστές παρέχουν πιο ακριβείς αναλύσεις των ζωνώσεων.

Επίσης σπουδαίες είναι ορισμένες νέες τεχνικές, που επιτρέπουν την ταυτοποίηση καθενός από τα χρωματοσώματα του ανθρώπου, στα οποία εμφανίζονται περισσότερα από 200 γονίδια και τα αλληλόμορφά τους. Σε ορισμένες περιπτώσεις η χαρτογράφηση ειδικών τμημάτων των χρωματοσωμάτων όπου εδράζονται τα γονίδια έχει επιτευχθεί. Η εικόνα 14-15 δείχνει τις θέσεις των γονιδίων και των αλληλομόρφων για τρία χαρακτηριστικά που έχομε εξετάσει.

Μία από τις πιο σπουδαίες προόδους της ιατρικής κατά τα τελευταία δέκα χρόνια είναι η διάγνωση γενετικών ανωμαλιών στον απόγονο (στο κυοφόρημα), ενώ αναπτύσσεται ακόμη μέσα στη μήτρα της μητέρας. Προγεννητική (πριν τη γέννηση) διάγνωση χρησιμοποιήθηκε πρώτα για την εξακρίβωση επιπλο-



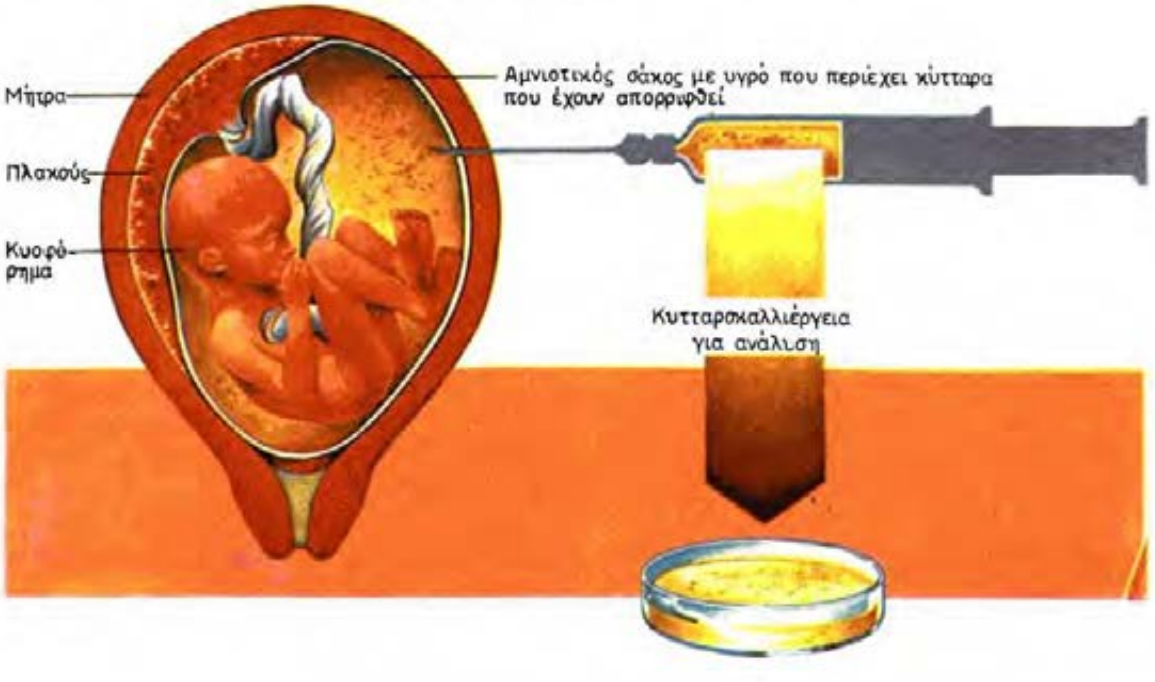
Εικόνα 14-15 *Οι αριθμοί χρωματοσωμάτων 1, 9 και 15 αναφέρονται σε αριθμημένα αυτοσώματα σε καρυογράμματα ανθρώπου (βλέπε εικόνες 14-4 και 14-12). Σε αυτά ειδικά τα χρωματοσώματα έχει σημειωθεί η θέση των γονιδίων για τον παράγοντα Rh, τις ομάδες αίματος ΑΒΟ και την Εξ-Α (βιολογία περιληπτικά, σελίδα 288). Παράγων Rh κεντρομερίδιο ΑΒΟ Εξ-Α*

κών στην περίπτωση ενός Rh-θετικού κυοφορήματος από μία Rh-αρνητική μητέρα. Επειδή η μητέρα είναι δυνατό να παράγει αντισώματα εναντίον του παράγοντος του κυοφορούμενου Rh, το κυοφόρημα είναι δυνατό να υποστεί βλάβες. Σήμερα η προγεννητική διάγνωση είναι δυνατό να του σώσει τη ζωή του. Στη σύγχρονη διάγνωση μερικών γενετικών ανωμαλιών παραλαμβάνεται με σύριγγα αμνιοτικό υγρό γύρω από το νεογνό και κύτταρα του νεογνού που έχουν απορριφθεί στο υγρό επωάζονται και καλλιεργούνται στο εργαστήριο. Όταν έχουν αναπαραχθεί αρκετά από τα κύτταρα αυτά για εξετάσεις, τότε εξετάζονται για χρωματοσωματικές αλλοιώσεις ή παρουσία ορισμένων ενζύμων. Αν, για παράδειγμα, μία χρωματοσωματική ανάλυση δείξει ότι υπάρχει ένα επιπλέον χρωματόσωμα 21, τότε γίνεται η διάγνωση ότι το κυοφόρημα έχει σύνδρομο Ντόουν. Ή, αν βρεθεί ότι τα καλλιεργούμενα κύτταρα δεν παράγουν Εξ-Α (βλέπε βιολογία περιληπτικά, σελίδα 288) ένας ιατρικός γενετιστής είναι δυνατό να διαγνώσει ότι το κυοφόρημα έχει την ασθένεια Τάι-Σαχς.

Η παραλαβή του αμνιοτικού υγρού (ονομάζεται αμνιοκέντηση) γίνεται μεταξύ της δεκάτης τετάρτης και της δεκάτης πέμπτης εβδομάδας κυοφορίας από ειδικώς εκπαιδευμένο μαιευτήρα (εικόνα 14-16). Το υπογάστριο της γυναίκας εξετάζεται με ηχητικά κύματα για τον εντοπισμό του κυοφορήματος και του πλακούντα. Κατόπιν ο μαιευτήρας εισάγει τη βελόνα διά μέσου του υπογαστρίου μέσα στον αμνιοτικό σάκο, αποφεύγοντας το κυοφόρημα και τον πλακούντα. Παραλαμβάνει για ανάλυση 10-20 κυβ. εκ.

Όταν άρχισε η ευρεία χρήση της αμνιοκεντήσεως, πολλοί αμφισβητούσαν την ασφαλή χρήση της μεθοδολογίας αυτής. Υπήρχε ο φόβος να προκληθούν βλάβες στο κυοφόρημα. Είναι αλήθεια ότι το κυοφόρημα (και ο

Εικόνα 14-16 *Καθώς το κυοφόρημα εξακολουθεί να αναπτύσσεται, ένα δείγμα αμνιοτικού υγρού παραλαμβάνεται με μία διαδικασία που ονομάζεται αμνιοκέντηση. Μία τέτοια εξέταση συνιστάται ιατρικώς, όταν ένα πρόβλημα είναι δυνατό να διαγνωσθεί από το υγρό ή τα κύτταρα του κυοφορήματος που υπάρχουν στο υγρό. Τα κύτταρα είναι δυνατόν να καλλιεργηθούν για συμπληρωματικές μελέτες. Η κατανόηση ενός προβλήματος είναι δυνατόν να σώσει τη ζωή ενός βρέφους.*



πλακούντας) πρέπει να εντοπισθούν με ακρίβεια και ότι η μέθοδος αυτή πρέπει να χρησιμοποιηθεί πριν μεγαλώσει αρκετά το κυοφόρημα και πληρώσει όλο το αμνιοτικό σάκο.

Το 1975 το Εθνικό Ινστιτούτο Υγείας, Παιδιού και Αναπτύξεως του Ανθρώπου έδωσε στη δημοσιότητα τα αποτελέσματα μιας ελεγχόμενης μελέτης 1040 γυναικών που είχαν υποστεί αμνιοκέντηση και 902 γυναικών που δεν είχαν υποστεί. Το συμπέρασμα της μελέτης ήταν ότι δεν υπήρχε αυξημένος κίνδυνος βλαβών στο κυοφόρημα ή στη συνέχιση της κυοφορίας. Επιπλέον δόθηκε η πληροφορία ότι η παρουσία ή απουσία κάποιας γενετικής ανωμαλίας είχε εντοπισθεί με ακρίβεια στο 99,4% των περιπτώσεων.

Αυτές και άλλες μέθοδοι θα συνεχίσουν να συνεισφέρουν στη μελέτη της γενετικής του ανθρώπου, ειδικά δε στη διάγνωση και αντιμετώπιση πιθανών ανωμαλιών. Από τα δεδομένα που συλλέγονται από όλες αυτές τις μελέτες όλο και περισσότερα γίνονται γνωστά καθημερινά για τη γενετική του ανθρώπου.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κάθε χρωματόσωμα ενός οργανισμού περιέχει πολλά γονίδια, ίσως εκατοντάδες, που είναι βιοχημικά συνδεδεμένα μεταξύ τους. Τα περισσότερα χρωματοσώματα είναι πολύ μικρά για να μελετηθούν κάτω από οπτικό μικροσκόπιο, αλλά τα κύτταρα των σιελογόνων αδένων της *Δροσόφιλας* και άλλων εντόμων περιέχουν πολύ μεγάλα χρωματοσώματα. Τα χρωματοσώματα αυτά κάτω από το μικροσκόπιο δείχνουν χαρακτηριστικούς τρόπους ζωνώσεως. Χρησιμοποιώντας μία τεχνική που μετρά τη συχνότητα, με την οποία τα γονίδια ανασυνδυάζονται, οι γενετιστές κατόρθωσαν να διασυνδέσουν πολλά γονίδια σε εξειδικευμένες ζώνες.

Η μελέτη των χρωματοσωμάτων του ανθρώπου έχει προχωρήσει πολύ τα τελευταία χρόνια με την ανάπτυξη τεχνικών για την καλλιέργεια ιστών ανθρώπου, παρατήρηση των χρωματοσωμάτων, τη χρώση ζωνώσεως χρωματοσωμάτων και την ανάλυσή τους. Τα χρωματοσώματα είναι δυνατόν να μετρηθούν, να ταυτοποιηθούν και ορισμένες μη φυσιολογικές σωματικές καταστάσεις είναι δυνατό να διασυνδεθούν με χρωματοσωματικές αλλοιώσεις. Περισσότερα από τα κανονικά ή λιγότερα είναι δυνατό να διασυνδεθούν με σωματικές ή ψυχικές ανωμαλίες.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Τι είναι τα συνδεδεμένα γονίδια;
2. Πώς επιδρά ο ανασυνδυασμός στη σύνδεση;
3. Ποιες είναι μερικές από τις παραλλαγές στον αριθμό των χρωματοσωμάτων του ανθρώπου που έχουν παρατηρήσει οι κυτταροβιολόγοι;
4. Τι φαίνεται ότι προσδιορίζει το αν ένας άνθρωπος θα είναι αρσενικού ή θηλυκού φύλου;
5. Ανάφερε μία ή περισσότερες νέες τεχνικές για τη μελέτη των χρωματοσωμάτων του ανθρώπου και γενετικών ανωμαλιών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑ ΣΗΜΕΙΑ

Η έννοια του γονιδίου βασίστηκε σε πειράματα επιλογής με οργανισμούς που διέφεραν σε ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά. Ο Μέντελ, για να εξηγήσει τα δεδομένα του, υπέθεσε ότι θα έπρεπε να υπάρχουν γενετικές μονάδες οι οποίες όχι μόνο είναι ξεχωριστές αλλά και οι οποίες συμπεριφέρονταν ανεξάρτητα των άλλων μονάδων. Δεν είχε καμιά γνώση της φυσικής δομής των μονάδων αυτών. Μετά από την ανακάλυψη των χρωματοσωμάτων και την εξακρίβωση της συμπεριφοράς τους κατά τη μίτωση και τη μείωση εμφανίστηκε η υπόθεση ότι τα γονίδια εδράζονται στα χρωματοσώματα.

Η χρωματοσωματική θεωρία της κληρονομικότητας εδραιώθηκε περισσότερο από τις αποδείξεις του Μπρίτζες ότι ασυνήθη γενετικά γεγονότα θα ήταν δυνατόν να εξηγηθούν από ασυνήθη συμπεριφορά χρωματοσωμάτων (όπως το φαινόμενο του μη-διαχωρισμού). Ο μη-διαχωρισμός των χρωματοσωμάτων έχει τώρα βρεθεί ότι παρατηρείται και σε άλλους οργανισμούς, συμπεριλαμβανόμενου του ανθρώπου. Ορισμένες μη φυσιολογικές καταστάσεις στον άνθρωπο, όπως το σύνδρομο Ντόουν, συνδέονται με φυσιολογική κατανομή των χρωματοσωμάτων κατά τη μείωση.

Γονίδια που εδράζονται στα φυλετικά χρωματοσώματα προσδιορίζουν χαρακτηριστικά που δείχνουν ασυνήθη τρόπο κληρονομικότητας. Φυλοσύνδετη κληρονομικότητα είναι γνωστή σε πολλά είδη οργανισμών, συμπεριλαμβανόμενου του ανθρώπου. Γονίδια εδραζόμενα στο χρωματόσωμα Χ εκφράζονται στα άρρενα άτομα καθώς δεν υπάρχουν σχεδόν καθόλου γονίδια στο Υ χρωματόσωμα για να καλύψουν τη δράση τους.

Πολλά έχουν γίνει γνωστά για τη δομή των χρωματοσωμάτων. Τα γιγαντιαία χρωματοσώματα των σιελογόνων αδένων της *Δροσόφιλας* και μερικών άλλων εντόμων δείχνουν ότι τα χρωματοσώματα έχουν εξειδικευμένους τρόπους ζωνώσεως. Νέες τεχνικές χρώσεως παράγουν ζωνώσεις στα ανθρώπινα χρωματοσώματα. Γενετικοί χάρτες των χρωματοσωμάτων σχηματίζονται για πολλούς οργανισμούς, συμπεριλαμβανόμενου του ανθρώπου. Η αμνιοκέντηση παρέχει μία ιατρική μεθοδολογία για την εξέταση των χρωματοσωμάτων αγεννήτων ακόμη κυοφορουμένων εμβρύων ανθρώπου.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποια ήταν η βασική υπόθεση που έκανε ο Σάττον για τη διασύνδεση της γενετικής με τη δομή του κυττάρου;
2. Ποια επιχειρήματα προώθησε ο Σάττον για να υποστηρίξει τη βασική του υπόθεση;
3. Με ποιο τρόπο τα πειράματα με *Δροσόφιλα* έδωσαν ενδείξεις για τη χρωματοσωματική θεωρία της κληρονομικότητας;
4. Τι είναι τα αυτοσώματα; Τα φυλετικά χρωματοσώματα;
5. Ποια νέα άποψη προστέθηκε στη θεωρία περί γονιδίων και χρωματοσωμάτων από τα αποτελέσματα των πειραμάτων του Μόργκαν με *Δροσόφιλα;*
6. Πώς συνδέεται η αιμοφιλία των ανθρώπων με την ανακάλυψη του Μόργκαν;
7. Πώς πρέπει να διαφοροποιηθεί η αρχή του Μέντελ περί ανεξάρτητου συνδυασμού κάτω από το φως της σύγχρονης γνώσεως;
8. Τι είναι ο μη-διαχωρισμός; Τι είδους συλλογιστική οδήγησε στην άποψη ότι μπορεί να παρατηρηθεί ο μη-διαχωρισμός;
9. Πώς προσδιορίζεται το φύλο στις μύγες των φρούτων; Στους ανθρώπους;
10. Περιγράψτε πειράματα που οδηγούν στο συμπέρασμα ότι υπάρχουν φυλοσύνδετα χαρακτηριστικά.
11. Ποια δεδομένα είσθε σε θέση να περιγράψετε που να υποστηρίζουν τη χρωματοσωματική θεωρία της κληρονομικότητας;

ΑΡΘΡΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΒΑΣΜΑ

Baer, A. S. *The Genetic Perspective*. Philadelphia, W. B. Saunders Co., 1977.

Friedmann, T. "Prenatal Diagnosis of Genetic Disease." *Scientific American*, November, 1971.

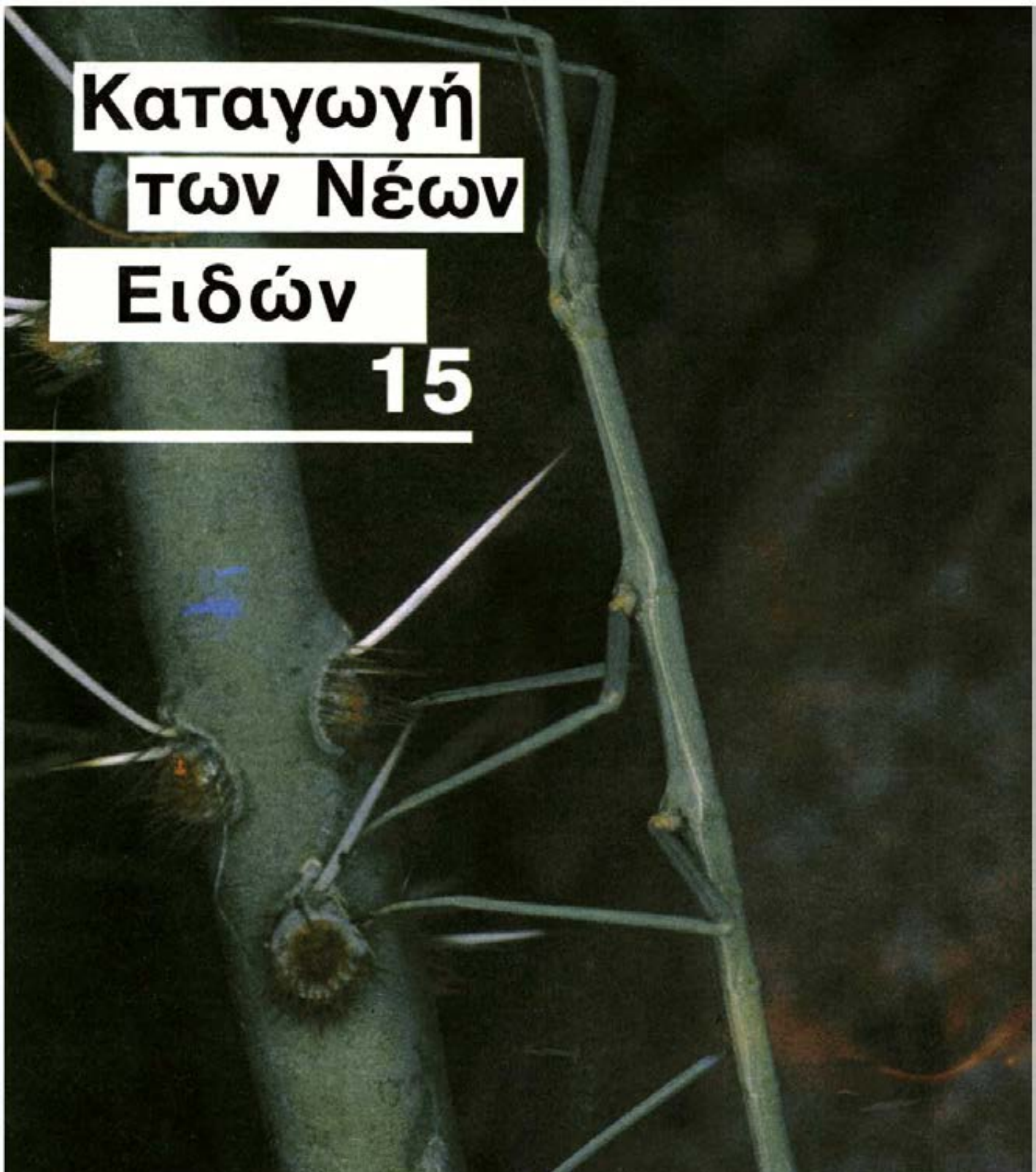
Miller, O. L., Jr. "The Visualization of Genes in Action." *Scientific American*, March, 1973.

Stein, G. S., J. S. Stein, and L. J. Kleinsmith. "Chromosomal Proteins and Gene Regulation." *Scientific American*, February, 1975.

White, M. J. D. *The Chromosomes*. New York, John Wiley & Sons, 1973.

Καταγωγή των Νέων Ειδών

15



Με ποιο τρόπο η φυσική επιλογή έχει ευνοήσει την εξέλιξη ενός πλάσματος όπως αυτό;

Η ζωή δείχνει να αλλάζει βαθμιαία μορφή από τότε που πρωτοεμφανίστηκε στη γη. Οι οργανισμοί εξελίσσονται προς νέες κατευθύνσεις. Οι ικανότητές τους προς επιβίωση σε εξειδικευμένο περιβάλλον έχουν βελτιωθεί. Κατά τη διάρκεια εκατομμυρίων ετών η ζωή συνεχίζει να εξελίσσεται προς διαρκώς υψηλότερα επίπεδα από απόψεως περιπλοκής της κατασκευής.

Ο γενετικός έλεγχος εδραιώθηκε στα ζωντανά κύτταρα πιθανώς νωρίς, κατά την εξέλιξη των ετεροτρόφων. Καθώς οι οργανισμοί γίνονταν πιο περίπλοκοι και οι γενετικοί μηχανισμοί ελέγχου γίνονταν επίσης πιο σύνθετοι. Μερικά γονίδια άλλαζαν και οι αλλαγές αυτές με τη σειρά τους επιδρούσαν στην εξέλιξη της ζωής. Στο κεφάλαιο αυτό θα μάθετε περισσότερα για τα είδη των αλλαγών που είναι δυνατόν να παρατηρηθούν στα γονίδια και τον τρόπο με τον οποίο εμφανίζονται. Κατόπιν θα δείτε πώς οι αλλαγές αυτές επιδρούν στους πληθυσμούς των οργανισμών και πώς πληθυσμοί με νέα είδη γονιδίων δίνουν βαθμιαία γένεση σε νέα είδη.

Αλλαγές στα γονίδια

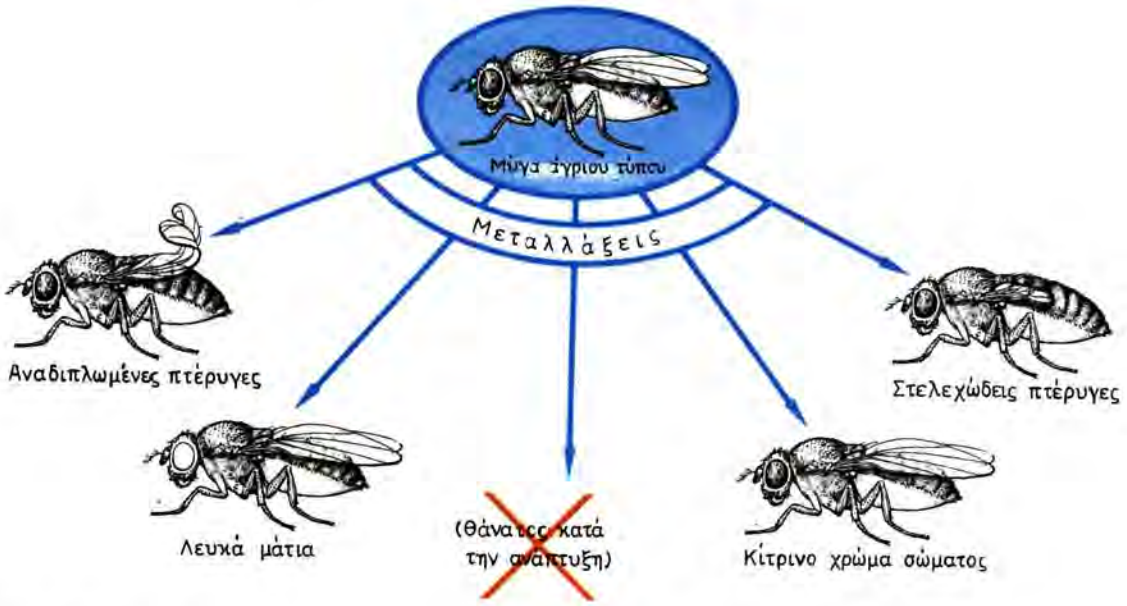
15-1
Νέα είδη γονιδίων δημιουργούνται από μεταλλάξεις

Στο τελευταίο κεφάλαιο εξηγήθηκε πώς οι βιολόγοι έμαθαν ότι τα γονίδια εδράζονται στα χρωματοσώματα. Πολλές παρατηρήσεις και πειράματα ταυτοποιούν τα γονίδια με τα νουκλεϊνικά οξέα, συνήθως το DNA. Ένα γονίδιο είναι μέρος ενός μορίου DNA που ελέγχει μία εξειδικευμένη αντίδραση στο κύτταρο. Όλα μαζί τα γονίδια ελέγχουν τις ζωικές λειτουργίες ενός κυττάρου.

Υπάρχουν πολλά είδη γονιδίων σε κάθε ένα από τα εκατομμύρια διαφορετικά είδη οργανισμών. Πώς προέκυψαν όλα αυτά τα νέα είδη γονιδίων; Πριν από κάθε κυτταρική διαίρεση, κάθε μόριο DNA του κυττάρου αναδιπλασιάζεται. Επειδή τα νουκλεοτίδια ζευγαρώνουν μόνο κατά ορισμένους τρόπους, σύμφωνα προς το πρότυπο του DNA των Ουάτσον-Κρικ (παράγρ. 8-7), τα γονίδια έχουν τη δυνατότητα να δημιουργούν ακριβή αντίγραφα του εαυτού τους. Αυτός ο μηχανισμός αντιγραφής λειτουργεί σχεδόν πάντοτε και τα γονίδια είναι δυνατόν να αναδιπλασιάζονται εκατομμύρια φορές χωρίς λάθος.

Ευκαιριακά όμως παρατηρούνται μεταλλάξεις. Για λόγους που δεν έχουν γίνει πλήρως κατανοητοί, ένα διαφορετικό νουκλεοτίδιο εισέρχεται στο μόριο του DNA ή ένα νουκλεοτίδιο παραλείπεται ή ένα επιπλέον προστίθεται. Αυτό αλλάζει ελάχιστα το μόριο του DNA, ώστε να μην είναι πλέον ένα ακριβές αντίγραφο του αρχικού. Το γενετικό μήνυμα, που είναι γραμμένο με το αλφάβητο των νουκλεοτιδίων (σελίδα 174), αλλάζει επίσης ελαφρώς και αυτό είναι δυνατόν να οδηγήσει στη σύνθεση μιας ελαφρώς διαφορετικής πρωτεΐνης στο κύτταρο.

Μία μετάλλαξη είναι δυνατόν να έχει μόνο μία ασήμαντη επίδραση στο κύτταρο. Η επίδραση μάλιστα είναι δυνατόν να είναι τόσο μικρή, ώστε να είναι δύσκολο να ανιχνευθεί. Εξάλ[illegible]αν μία μετάλλαξη επιδρά στην παραγωγή ενός πολύ σπουδαίου ενζύμου ή μια δομικής πρωτεΐνης, η αλλαγή είναι δυνατόν να οδηγήσει σε θάνατο του κυττάρου. Αυτό το είδος της μεταλλάξεως ονομάζεται θανατογόνος μετάλλαξη, επειδή το κύτταρο δεν είναι δυνατόν να επιβιώσει. Οι περισσότερες μεταλλάξεις από αυτές που μελετούν οι βιολόγοι βρίσκονται κάπου ανάμεσα στις ακραίες αυτές καταστάσεις. Οι μεταλλάξεις αυτές επάγουν ορατά αποτελέσματα αλλά δεν είναι βλαβερές αρκετά ώστε να προκαλέσουν το θάνατο του κυττάρου.



Εικόνα 15-1 *Μερικές από τις γνωστές μεταλλάξεις στη δροσοφίλα. Αν μία μετάλλαξη είναι θανατογόνος, το γονιμοποιημένο ωάριο συνήθως δεν αναπτύσσεται ως το ώριμο στάδιο. Μεταλλάγματα με θανατογόνο σύνδρομο σπάνια επιβιώνουν αρκετά ώστε οι βιολόγοι να μελετήσουν τη φύση της μεταλλάξεως.*

Τα γονίδια είναι δυνατόν να μεταλλάσσονται κατά πολλούς τρόπους. Για παράδειγμα, το φυσιολογικό χρώμα των οφθαλμών της *Δροσόφιλας* είναι βαθύ ερυθρό. Λόγω όμως μεταλλάξεων σε διάφορα γονίδια το χρώμα των οφθαλμών είναι δυνατόν να είναι λευκό ή ανοικτό ερυθρό ή ερυθροκίτρινο ή ιώδες ή φαιό ή ακόμη να είναι και αποχρώσεις αυτών των χρωμάτων. Κανείς όμως μέχρι τώρα δεν έχει ανακαλύψει μία μετάλλαξη προς κυανούς ή πράσινους οφθαλμούς, αν και άλλα είδη ζώων είναι δυνατόν να έχουν μάτια με τα χρώματα αυτά. Φαίνεται ότι τα γονίδια ή τα αδιαμόρφωτα υλικά για δημιουργία κυανών ή πρασίνων οφθαλμών δεν υπάρχουν στη μύγα των φρούτων.

Οι βιολόγοι έχουν παρατηρήσει ότι ένα ορισμένο γονίδιο είναι δυνατόν να μεταλλάσσεται προς ένα αριθμό διαφορετικών μορφών ή αλληλομόρφων. Κάθε μορφή αυτού του γονιδίου εδράζεται πάντοτε στην ίδια θέση του χρωματοσώματος. Χρωματοσωματικές θραύσεις, που παρατηρούνται σπανίως, καθώς και άλλα χρωματοσωματικά συμβάντα είναι δυνατόν να αλλάξουν τη θέση ενός γονιδίου.

Σχεδόν κάθε όψη της ζωής ενός οργανισμού είναι δυνατόν να μεταβληθεί από γενετική μετάλλαξη. Οι μεταλλάξεις είναι δυνατόν να επιδρούν στο σχήμα ή τη μορφή ενός οργανισμού, την εσωτερική του δομή, την ικανότητα του νευρικού του συστήματος να λειτουργεί, τη συμπεριφορά του ή την αποδοτικότητα των κυτταρικών μηχανισμών. Η εικόνα 15-1 δείχνει μερικές μεταλλάξεις της *Δροσόφιλας*. Οι μεταλλάξεις είναι δυνατόν να επιδρούν σε ασήμαντες πλευρές της ζωής ενός οργανισμού ή σε βασικά σημεία της δομής και της λειτουργίας.

Γι' αυτό οι γονιδιακές μεταλλάξεις παρέχουν μία ατελείωτη ποικιλία νέων ειδών μορίων DNA. Αυτά τα νέα μεταλλαγμένα γονίδια παρέχουν στον οργανισμό νέες δομές, ικανότητες και μορφές. Λίγα από αυτά αποτελούν βελτιώσεις όταν συγκριθούν με τα χαρακτηριστικά που ελέγχουν τα μη μεταλλαγμένα γονίδια. Οι περισσότερες μεταλλάξεις στους οργανισμούς που εξελίσσονται σήμερα επάγουν χαρακτηριστικά κατώτερα εκείνων των προηγουμένων γενιών.

Μεταλλάξεις παρατηρούνται σε σωματικά κύτταρα καθώς και σε κύτταρα που θα δώσουν ωάρια και σπερματοζωάρια. Φυσικά οι μεταλλάξεις που παρατηρούνται στα γονίδια

των ωαρίων και των σπερματοζωαρίων είναι δυνατόν να περάσουν στις επόμενες γενιές. Στους οργανισμούς όμως που αναπαράγονται εγγενώς οι μεταλλάξεις που παρατηρούνται στα σωματικά κύτταρα έχουν επιπτώσεις μόνο στα άτομα που παρατηρήθηκαν. Οι περισσότερες μεταλλάξεις είναι υπολειπόμενες και οι περισσότερες είναι βλαβερές. Αλλά οι σπάνιες ευνοϊκές μεταλλάξεις αποτελούν το υλικό της εξελίξεως.

15-2
Πότε μεταλλάσσονται τα γονίδια;

Οι βιολόγοι ενδιαφέρονται να γνωρίζουν πόσο συχνά μεταλλάσσονται τα γονίδια και ποια είναι τα αίτια που οδηγούν στην επαγωγή μεταλλάξεων. Από τις νεότερες πληροφορίες γι' αυτό το θέμα προσπαθούν να εξηγήσουν τον τρόπο εμφανίσεως νέων ειδών οργανισμών στη γη.

Όταν οι βιολόγοι συγκρίνουν τα αποτελέσματα ενός ικανοποιητικού αριθμού προσεκτικών μελετών, συμπεραίνουν ότι υπάρχει ένα ευρύ φάσμα ποικιλότητας στο ρυθμό των γονιδιακών μεταλλάξεων. Μερικά γονίδια μεταλλάσσονται πιο συχνά – περίπου μία φορά σε κάθε 2000 γαμέτες. Άλλα γονίδια είναι δυνατόν να μη μεταλλάσσονται για αρκετά δισεκατομμύρια κυτταρικών διαιρέσεων. Ή, αν μεταλλαχθούν, οι μεταλλάξεις είναι θανατογόνες και δεν είναι δυνατόν να εντοπισθούν γιατί νεκρώνουν αμέσως τα μεταλλαγμένα κύτταρα. Τα περισσότερα γονίδια, συμπεριλαμβανομένων όσων είναι γνωστά στον άνθρωπο, μεταλλάσσονται μία φορά κάθε δέκα δισεκατομμύρια κύτταρα.

Αφού οι μεταλλάξεις δεν παρατηρούνται τόσο συχνά, πώς είναι δυνατόν να οδηγούν στη δημιουργία τόσο μεγάλης γενετικής ποικιλότητας; Οι ρυθμοί μεταλλάξεων που δόθηκαν προηγουμένως αφορούν μόνο ένα απομονωμένο γονίδιο. Πόσες όμως μεταλλάξεις αναμένονται αν εξετασθούν μαζί όλα τα γονίδια ενός οργανισμού;

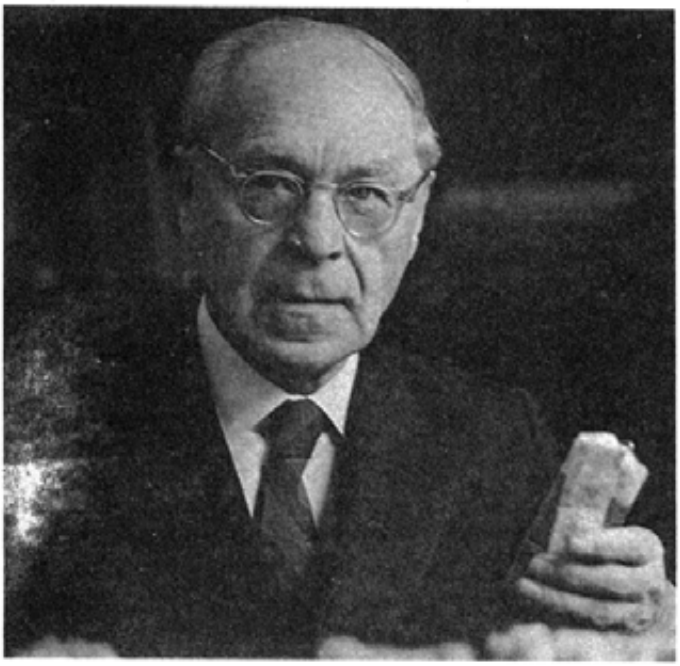
Δεν είναι γνωστό πόσα ακριβώς γονίδια περιλαμβάνει ένας οργανισμός. Ορισμένοι βιολόγοι υπολογίζουν ότι ένας άνθρωπος έχει το λιγότερο 40.000 γονίδια. Εάν αυτό είναι αλήθεια και αν κάθε γονίδιο μεταλλάσσεται με τον ίδιο περίπου ρυθμό, τότε σε κάθε 20 έως 25 περίπου γαμέτες θα υπάρχει τουλάχιστον μία μετάλλαξη σε ένα γονίδιο. Λαμβάνοντας υπόψη τα εκατομμύρια των ατόμων που υπάρχουν στα περισσότερα είδη, είναι φανερό ότι ο αριθμός των νέων μεταλλάξεων σε κάθε γενιά είναι δυνατόν να είναι αρκετά μεγάλος. Οι μεταλλάξεις λοιπόν παρέχουν μία τεράστια γενετική ποικιλότητα στους οργανισμούς.

Τα αίτια των περισσοτέρων μεταλλάξεων είναι άγνωστα. Ούτε οι βιολόγοι γνωρίζουν γιατί ένα δεδομένο γονίδιο μεταλλάσσεται σε συγκεκριμένο χρόνο. Προκειμένου να μάθουν περισσότερα για τα προβλήματα αυτά, οι βιολόγοι μελετούν τις γονιδιακές μεταλλάξεις στα κύτταρα. Έχουν επίσης αναπτυχθεί τεχνικές που επιτρέπουν αύξηση του αριθμού των μεταλλάξεων. Ο πιο άμεσος τρόπος για να αυξηθεί ο ρυθμός των μεταλλάξεων είναι η έκθεση των αναπαραγωγικών κυττάρων σε εξωτερικούς παράγοντες διαφόρων ειδών. Μερικοί από τους παράγοντες που αυξάνουν τη συχνότητα των γονιδιακών μεταλλάξεων είναι:

1. Θερμοκρασία: Όταν αυξάνει η θερμοκρασία των αναπαραγωγικών κυττάρων, αυξάνει και ο ρυθμός μεταλλάξεων.
2. Χημικά: Όταν τα κύτταρα εκθέτονται στην επίδραση ορισμένων ειδών χημικών ενώσεων, αυξάνει ο ρυθμός μεταλλάξεων. Μερικές από τις ενώσεις αυτές είναι ο υπερίτης (ένα πολεμικό αέριο), η φορμοαλδεΰδη, τα υπεροξείδια και το νιτρώδες οξύ. Αρκετός επίσης αριθμός άλλων χημικών, όπως ο υδράργυρος, το Ντι-ντι-ντι, διάφορα φάρμακα, και ορισμένα προσθετικά τροφών είναι γνωστό ή υπάρχουν υποψίες ότι έχουν δυσμενείς επιδράσεις στα χρωματοσώματα.
3. Ακτινοβολία: Ακτινοβολίες υψηλής ενέργειας, υπό τη μορφή ακτίνων Χ, ακτίνων β ή γ, νετρονίων και το υπεριώδες φως είναι γνωστό ότι αυξάνουν το ρυθμό μεταλλάξεων των γονιδίων. Μερικές φορές αυτή η αύξηση του ρυθμού είναι πολύ εντυπωσιακή.

15-3
Πώς αποδείχθηκε ότι η ακτινοβολία επάγει μεταλλάξεις;

Η απόδειξη ότι η ακτινοβολία επάγει μεταλλάξεις παρουσιάσθηκε από τον Χ. Τζ. Μίλλερ το 1927 στο Πανεπιστήμιο του Τέξας. Ως μεταπτυχιακός φοιτητής στο Πανεπιστή-



Εικόνα 15-2 *Το 1927 ο Τζ. Χ. Μίλλερ απέδειξε ότι οι ακτίνες Χ αυξάνουν τη συχνότητα μεταλλάξεων στα χρωματοσώματα της Δροσόφιλας.*

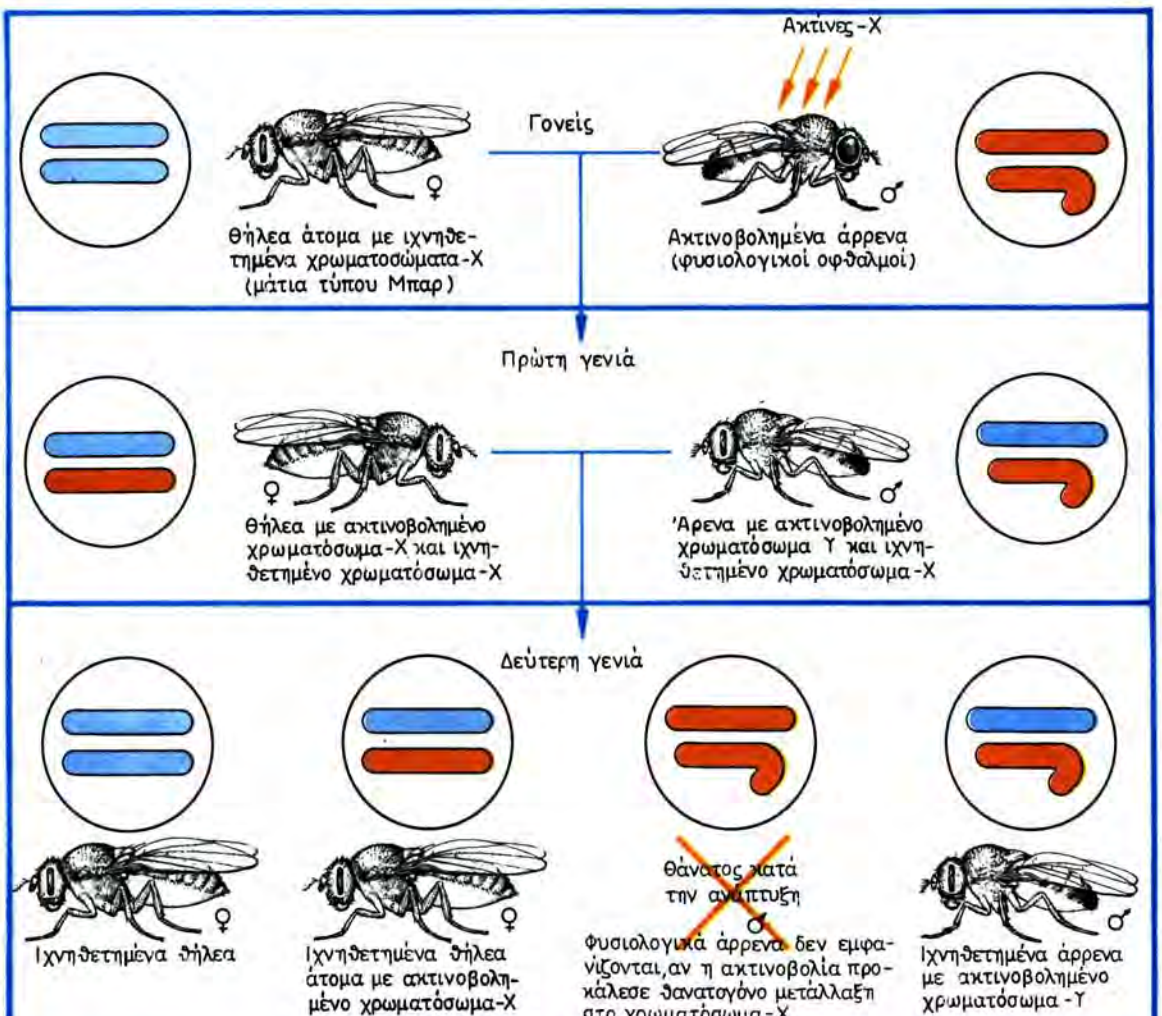
μιο Κολούμπια, ο Μίλλερ είχε εργασθεί με τον Θ. Χ. Μόργκαν και τον Κ. Μπ. Μπρίτζες κατά τη διάρκεια της λαμπρής περιόδου της γενετικής της *Δροσόφιλας*. Αργότερα ο Μίλλερ χρησιμοποίησε τη *Δροσόφιλα*, όταν σχεδίαζε πειράματα αναπαραγωγής, που θα του επέτρεπαν την ανακάλυψη ορισμένων θανατογόνων μεταλλάξεων, εφόσον αυτές μπορούσαν να παρατηρηθούν (βλέπε εικόνα 15-2).

Τα σχέδια του Μίλλερ ήταν να ανακαλύψει και να μετρήσει τις θανατογόνες μεταλλάξεις που γίνονταν στο χρωματόσωμα Χ. Αν ένα γονίδιο είναι στο χρωματόσωμα Χ, το χαρακτηριστικό του θα εκφραστεί στα άρρενα, καθώς στο Υ χρωματόσωμα υπάρχουν μόνο λίγα γονίδια για να καλύψουν την έκφρασή του (βλέπε παράγραφο 14-5). Γι' αυτό μία θανατογόνος μετάλλαξη ακόμη και σε ένα υπολειπόμενο γονίδιο του Χ χρωματοσώματος θα ανέστελλε την ανάπτυξη ενός άρρενος ατόμου. Αν είχαν γίνει θανατογόνες μεταλλάξεις στο Χ χρωματόσωμα, θα υπήρχαν τότε μόνο λίγα άρρενα άτομα μεταξύ των απογόνων. Συγκρίνοντας τον αριθμό των αρρένων προς τα θήλεα άτομα ο Μίλλερ θα ήταν δυνατό να προσδιορίσει πόσες μεταλλάξεις είχαν γίνει. Ακολουθήστε το διάγραμμα της εικόνας 15-3 για να καταλάβετε τη διαδικασία που ακολούθησε ο Μίλλερ.

Η εργασία του Μίλλερ έδωσε ώθηση σε ένα τεράστιο αριθμό μελετών για τις μεταλλάξεις που επάγουν εξωτερικοί παράγοντες όπως οι ακτίνες Χ. Πειράματα που έγιναν αργότερα έδειξαν ότι οι ακτινοβολίες υψηλής ενέργειας επάγουν και πολλά άλλα είδη μεταλλάξεων σε όλα τα χρωματοσώματα της *Δροσόφιλας*. Η εργασία του Μίλλερ αποκάλυψε επίσης ότι οι ακτίνες Χ θραύουν τα χρωματοσώματα και δημιουργούν χρωματοσωματικές αναδιατάξεις διαφόρων ειδών. Ο Μίλλερ έλαβε το βραβείο Νόμπελ το 1946 για την πρωτοποριακή του εργασία που απέδειξε οριστικά ότι οι ακτίνες Χ επάγουν μεταλλάξεις.

Οι μεταλλάξεις που επάγει η ακτινοβολία στο DNA των γαμετών έχουν πιθανότητα να περάσουν στην επόμενη γενιά. Οι μεταλλάξεις γίνονται μέρος της γενετικής ποικιλότητας ενός είδους. Πολλά από τα γενετικά αποτελέσματα των ακτινοβολιών είναι δύσκολο να μετρηθούν, γιατί οι υπολειπόμενες μεταλλάξεις είναι δυνατόν να μην εκφρασθούν για πολλές γενιές.

Είναι μία από τις ειρωνείες της επιστημονικής ζωής ότι ο Κ. Τζ. Στάντλερ, που καταγινόταν με τις μεταλλάξεις στο κριθάρι στο Πανεπιστήμιο του Μισσούρι, διενεργούσε ακριβώς τα ίδια πειράματα που έκανε και ο Μίλλερ. Το 1928 ο Στάντλερ είχε συγκεντρώσει αποδείξεις ότι οι ακτινοβολίες επάγουν μεταλλάξεις. Ο Στάντλερ και ο Μίλλερ εργάζονταν συγχρόνως, αλλά ο Μίλλερ βρήκε την απάντηση πρώτος. Χρειάζεται περισσότερος



Εικόνα 15-3 *Σε ένα από τα πειράματά του ο Μίλλερ διασταύρωσε ένα άρρεν άτομο (μετά από έκθεση σε ακτίνες Χ) και ένα θήλυ άτομο με γονίδια στο χρωματόσωμα Χ για οφθαλμούς τύπου Μπαρ. Στην πρώτη (F_1) γενιά, μόνο θήλεα άτομα ήταν δυνατόν να πάρουν ένα χρωματόσωμα Χ από τον άρρενα γονέα (βλέπε διάγραμμα). Η παρουσία οφθαλμών τύπου Μπαρ βεβαίωνε ότι τα θήλεα αυτά άτομα πήραν και ένα δεύτερο χρωματόσωμα Χ, αυτό από το θηλυκό γονέα. Αυτό το δεύτερο χρωματόσωμα Χ αναμένεται ότι θα προστατεύει τις μύγες από πιθανές μεταλλάξεις του χρωματοσώματος Χ από τον άρρενα γονέα. Αλλά στην F_2 γενιά, ένα σύνολο αρρένων ατόμων θα αναμένεται να πάρει ένα χρωματόσωμα Χ όπως το ακτινοβοληµένο χρωματόσωμα Χ του αρχικού άρρενος γονέα. Τα άρρενα αυτά άτομα δεν θα είχαν στρογγυλούς οφθαλμούς (παρατήρησε το διάγραμμα). Ο Μίλλερ κατέληξε στο συμπέρασμα ότι, αν δεν παρουσιάζονταν καθόλου στην F_2 άρρενα άτομα με φυσιολογικούς οφθαλμούς, τότε μία θανατογόνος μετάλλαξη του χρωματοσώματος Χ θα έπρεπε να είχε παρατηρηθεί στο αρχικό ακτινοβοληµένο άρρεν άτομο.*

χρόνος για τη δημιουργία μιας γενιάς κριθαριού από το χρόνο που χρειάζεται για την παραγωγή πολλών γενιών μύγας των φρούτων. Ενώ όλοι οι οργανισμοί δείχνουν τις ίδιες βασικές αρχές της ζωής, ορισμένοι είναι ευκολότερο να μελετηθούν από άλλους. Οι βιολόγοι προσπαθούν να εργάζονται για τη διερεύνηση των σπουδαίων αρχών, χρησιμοποιώντας οργανισμούς που είναι κατάλληλοι για κάθε πείραμα. Ο Μέντελ δεν θα είχε ανακαλύψει ποτέ τις αρχές τις γενετικής αν εργαζόταν με ελέφαντες αντί για τα μπιζέλια που χρησιμοποίησε.

Βιολογία Περιληπτικά

Πώς είναι δυνατόν να αναγνωρίσομε τα μεταλλαξογόνα του περιβάλλοντός μας;

Ένα μεταλλαξονόνο είναι κάθε παράγοντας που προκαλεί κληρονομικές αλλαγές DNA (τα γονίδια). Σχεδόν ο καθένας γνωρίζει ότι οι ακτίνες Χ και ορισμένες άλλες ακτινοβολίες είναι μεταλλαξογόνες (σελίδα 317). Λίγοι όμως γνωρίζουν ποιες χημικές ουσίες είναι επίσης μεταλλαξογόνες. Εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, υλικά συσκευασίας, χρώματα, ακόμη και συντηρητικά τροφών είναι δυνατόν να είναι πιθανά μεταλλαξογόνα.

Το Εθνικό Κέντρο Τοξικολογικών Ερευνών στο Τζέφερσον του Αρκάνσο, αναπτύσσει εργαστηριακές εξετάσεις για τον προσδιορισμό των μεταλλάξεων. Το πρόβλημα μεγαλώνει με την πάροδο του χρόνου, γιατί νέα προϊόντα εισάγονται διαρκώς από τις διάφορες βιομηχανίες της χώρας. Πολλές άλλες τοξικολογικές έρευνες γίνονται στις υπηρεσίες της Διευθύνσεως Εδωδίμων και Φαρμάκων του υπουργείου Υγείας, Παιδείας και Κοινωνικής Αντιλήψεως.

Τυπικά ένα υλικό που εξετάζεται ως πιθανό μεταλλαξογόνο υποβάλλεται στις ακόλουθες διαδικασίες:

Εξετάζεται εργαστηριακά για τις προσμίξεις του ή τα συστατικά του αν είναι μίγμα ουσιών.

Κάθε συστατικό ή πρόσμιξη, καθώς και κάθε κύρια ουσία ή προϊόν εξετάζεται ως προς τη χημική του συγγένεια προς κάθε γνωστό μεταλλαξογόνο.

Γίνονται εργαστηριακές εξετάσεις με τη χρήση μικροοργανισμών ως δεικτών μεταλλαξογόνων συστατικών. Η εικονιζόμενη βιολόγος στην απέναντι σελίδα ετοιμάζει μία τέτοια εργαστη-

15-4
Βιολογικές επιδράσεις των ακτινοβολιών

Η ακτινοβολία αποτελεί συστατικό του φυσικού περιβάλλοντος. Ορισμένα πετρώματα περιέχουν ραδιενεργά υλικά όπως το ουράνιο. Οι κοσμικές ακτίνες βομβαρδίζουν διαρκώς τη γη από τον αστρικό χώρο. Η ζωή αναπτύχθηκε σε ένα περιβάλλον γεμάτο με ραδιενέργεια, αλλά και οι σύγχρονες πρόοδοι στην τεχνολογία έχουν αυξήσει την ποσότητα ραδιενέργειας στην οποία εκτίθεται η ζωή. Η πυρηνική ενέργεια πρωτοχρησιμοποιήθηκε στον πόλεμο και τώρα κυρίως σε εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρισμού και στην ακτινοθεραπεία (θεραπεία του καρκίνου). Από βιολογικής απόψεως είναι σπουδαία η γνώση ότι η έκλυση ενέργειας από τα άτομα περιλαμβάνει ακτινοβολίες. Οι συσκευές ακτίνων Χ είναι επίσης πηγές ακτινοβολίας. Χρησιμοποιούνται καθημερινώς στην ιατρική διαγνωστική.

Οι άνθρωποι και τα άλλα θηλαστικά είναι πιο ευαίσθητα στην ακτινοβολία από πολλές μορφές ζωής, συμπεριλαμβανόμενης και της





ριακή εξέταση, που ονομάζεται εργαστηριακή δοκιμασία κατά Έιμς.

Άλλες εργαστηριακές εξετάσεις γίνονται με κυτταροκαλλιέργειες ιστών θηλαστικών.

Αν υπάρχουν ενδείξεις, τότε γίνονται και άλλες εξετάσεις με τη χρήση πειραματοζώων, συνήθως τρωκτικών.

Παραπροϊόντα των συστατικών που δημιουργούνται από το μεταβολισμό του ζώου απομονώνονται και μελετώνται.

Φυτά, ιδίως ρίζες και αναπτυσσόμενα ακρορίζια, όπου οι μιτώσεις και οι κυτταρικές διαιρέσεις είναι συχνές, είναι επίσης ευαίσθητα στα μεταλλαξογόνα, αλλά οι περισσότερες εξετάσεις γίνονται σε μικροοργανισμούς και πειραματόζωα. Οι μικροοργανισμοί είναι ταχείς δείκτες πολλών μεταλλαξογόνων. Τα πειραματόζωα όμως είναι πιο πιθανό να δώσουν ενδείξεις, αν ένα πιθανό μεταλλαξογόνο έχει επιπτώσεις στον άνθρωπο.

Η παρακολούθηση των πιθανών μεταλλαξογόνων είναι ένα τεράστιο έργο. Το Εθνικό Κέντρο Τοξικολογικών Ερευνών είναι ένας από τους σπουδαιότερους φρουρούς της ανθρώπινης υγείας.

μύγας των φρούτων. Δόση ακτινοβολίας που θα ήταν θανατογόνος σε έναν άνθρωπο δεν προκαλεί μετρήσιμες βλάβες στις μύγες των φρούτων, αν και αυξάνει το ρυθμό μεταλλάξεων στα γονίδια των αναπαραγωγικών κυττάρων. Οι γιατροί είναι πολύ προσεκτικοί και χρησιμοποιούν την ακτινοβολία μόνο όπου είναι απαραίτητο. Οι ίδιοι καθώς και το υπόλοιπο νοσηλευτικό προσωπικό παίρνουν επίσης μέτρα για να προστατεύσουν τους εαυτούς τους και τον ασθενή από μη απαραίτητη έκθεση (εικόνα 15-4).

Η ακτινοβολία επιδρά στη ζωή κατά δύο τρόπους. Ο πρώτος είναι η επίδρασή της στα σωματικά κύτταρα του ατόμου. Για παράδειγμα, οι μεγάλες δόσεις ακτινοβολίας που έλαβαν εκείνοι που ήταν κοντά στα σημεία εκρήξεως των ατομικών βομβών στην Ιαπωνία κατά τη διάρκεια του 2ου παγκοσμίου πολέμου, οδήγησαν σε σοβαρές καταστάσεις ακτινικής νόσου. Είχαν ως αποτέλεσμα να εκδηλωθούν βλάβες στο δέρμα και τα επιθήλια των εσωτερικών οργάνων. Αναπτυσσόμενοι ιστοί, όπως κύτταρα του αιμοποιητικού



Εικόνα 15-4 *Τα δύο τεμάχια μολύβδου που φαίνονται στο ανώτερο μέρος της φωτογραφίας χρησιμοποιούνται για την προστασία των πνευμόνων του ασθενούς κατά τη διάρκεια εκθέσεως σε ακτινοβολία των ανώτερου τμήματος του κορμού για έλεγχο της ασθένειας του Χόντγκινς. Μόνο εξειδικευμένες περιοχές εκθέτονται σε ακτινοβολίες με τις σύγχρονες θεραπευτικές μονάδες. Οι σκιές στην πλάτη του ασθενούς δείχνουν τις προστατευόμενες περιοχές.*

συστήματος, όταν υποστούν την επίδραση υψηλών δόσεων ακτινοβολίας οδηγούν σε άμεση εκδήλωση αναιμίας. Όταν ολόκληρο το σώμα ενός θηλαστικού εκτίθεται σε ακτινοβολίες παρατηρείται γενική κατάπτωση. Για παράδειγμα, όταν ένα σκυλάκι εκτεθεί σε ολόσωμη ακτινοβολία για μεγάλη περίοδο χρόνου, γερνά γρήγορα και αποκτά την όψη γέρικου σκύλου με σταχτόχρωμο τρίχωμα, δύσκαμπτα άκρα κλπ. Ο πρώτος τρόπος με τον οποίο η ακτινοβολία επιδρά στους ζωντανούς οργανισμούς είναι λοιπόν διά της βλάβης των σωματικών κυττάρων κατά τη διάρκεια της ζωής ενός ατόμου.

Ο δεύτερος τρόπος με τον οποίο η ακτινοβολία επιδρά στη ζωή είναι μέσω αλλαγών που επάγει στα αναπαραγωγικά κύτταρα. Από την άποψη της γενετικής και της εξελίξεως οι επιπτώσεις αυτές είναι πιο σπουδαίες. Οι αλλαγές αυτές είναι δυνατόν να έχουν επιπτώσεις σε όλες τις μελλοντικές γενιές.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Παρά το ότι τα μόρια του DNA αναδιπλασιάζονται συνήθως με μεγάλη ακρίβεια, τυχαία σφάλματα οδηγούν σε μεταλλάξεις. Οι μεταλλάξεις είναι μόνιμες αλλοιώσεις των γενετικών μηνυμάτων που αφορούν τα κύτταρα. Επιδρούν σε κάθε πλευρά της αναπτύξεως ενός οργανισμού ή της ζωής τους. Ορισμένα γονίδια μεταλλάσσονται σπάνια. Όταν όμως θεωρηθούν συνολικά οι μεταλλάξεις όλων των γονιδίων ενός οργανισμού, είναι φανερό ότι ένα ευρύ φάσμα γενετικής ποικιλότητας εισάγεται διά των μεταλλάξεων. Η γενετική ποικιλότητα όμως αποκαλύπτεται βαθμιαία γιατί οι περισσότερες μεταλλάξεις είναι υπολειπόμενες. Η δράση τους καλύπτεται από το επικρατές αλληλόμορφο άλλου γονέα.

Διάφορα εξωτερικά αίτια τείνουν να αυξήσουν το ρυθμό των γονιδιακών μεταλλάξεων. Οι μεταλλάξεις στους γαμέτες έχουν τη δυνατότητα να μεταβιβασθούν στις μελλοντικές γενιές και γι' αυτό έχουν μεγάλη σπουδαιότητα στις σπουδές της γενετικής και της εξελίξεως.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Πόσο συχνά ένα μεμονωμένο γονίδιο είναι πιθανόν να μεταλλάσσεται κατά τη διάρκεια του σχηματισμού των γαμετών στον άνθρωπο;
2. Γιατί η *Δροσόφιλα* είναι οργανισμός των μεταλλάξεων;
3. Ποια είναι μερικά από τα αποτελέσματα των μεταλλάξεων;
4. Ποιοι είναι μερικοί από τους εξωτερικούς παράγοντες που αυξάνουν το ρυθμό των μεταλλάξεων;
5. Γιατί οι επιπτώσεις από τις μεταλλάξεις στα αναπαραγωγικά κύτταρα είναι πιο σπουδαίες για ένα είδος από τις αλλαγές στα σωματικά κύτταρα;
6. Πώς προσδιορίζεται μία μετάλλαξη σε συσχετισμό με τον αναδιπλασιασμό του DNA σύμφωνα με το πρότυπο των Ουάτσον και Κρικ;



Εικόνα 15-5 *Οικογενειακή πρσωπογραφία της κας Μαίρης Άννας Κόντμαν Ροπς και των τεσσάρων παιδιών της, ζωγραφισμένη το 1844 στην Αγία Πετρούπολη της Ρωσίας. Ποιες οικογενειακές ομοιότητες παρατηρείτε;*

Γονίδια και πληθυσμοί

15-5
Πόσο συχνά παρατηρούνται ορισμένα γονίδια σε ένα πληθυσμό;

Ο Μέντελ ενδιαφερόταν για τα γονίδια μεμονωμένων φυτών μπιζελιών και «οικογενειών» φυτών μπιζελιών. Οι αρχές που προσδιόρισε ο Μέντελ εφαρμόζονται σε πολλά γενετικά χαρακτηριστικά που είναι εύκολο να αναγνωρισθούν. Είναι εύκολο να διακρίνομε τους προσκολλημένους λοβούς αυτιών από τους ελεύθερους λοβούς αυτιών, τα λεία μπιζέλια από τα συρρικνωμένα μπιζέλια, μαύρο χρώμα τριχώματος από λευκό χρώμα και τον τύπο Α αίματος από τον τύπο Β.

Οι γενετιστές εργάζονταν στην αρχή με τέτοια χαρακτηριστικά. Μελετούσαν τέτοια χαρακτηριστικά σε μεμονωμένες οικογένειες. Οι γενετιστές ανίχνευαν τα εξειδικευμένα χαρακτηριστικά από τους γονείς στα τέκνα και συχνά στα εγγόνια (εικόνα 15-5). Από τέτοιες πληροφορίες αναγνώριζαν «τύπους κληρονομικότητας». Χρησιμοποιώντας τις βασικές αρχές του Μέντελ οι γενετιστές ήταν σε θέση να καταλάβουν τον τρόπο κληρονομικότητας αρκετών διαφορετικών χαρακτηριστικών.

Υπάρχουν επίσης άλλες ερωτήσεις που απασχολούν τους γενετιστές. Οι ερωτήσεις αυτές αποκτούν όλο και περισσότερη σημασία σήμερα. Είναι ερωτήσεις οι οποίες μόνο μερική απάντηση είναι δυνατόν να λάβουν από τη μελέτη της κληρονομικότητας σε οικογένειες. Γι' αυτό είναι ανάγκη να αναπτυχθούν νέες τεχνικές μελέτης.

Φαντασθείτε ένα άτομο που έχει οδηγηθεί στο χειρουργείο εφημερεύοντος νοσοκομείου μετά από σοβαρό ατύχημα. Το άτομο αυτό έχει υποστεί απώλεια αίματος και έχει ανάγκη από μεταγγίσεις. Το εργαστήριο του νοσοκομείου μετά από έλεγχο έχει προσδιορίσει την ομάδα αίματος ως AB, αρνητικού -Rh. Ελέγχοντας την τράπεζα αίματος το νοσοκομείο ανακαλύπτει ότι έχει λίγο αίμα αυτού του τύπου. Στέλνει επείγον σήμα ζητώντας από

αιμοδότες του τύπου αυτού αίματος να δώσουν αίμα. Η ερώτηση που είναι σημαντική και για τον ασθενή και για τους άλλους που βρίσκονται σε παρόμοια ανάγκη είναι: Πόσοι άνθρωποι στους εκατό έχουν αίμα που είναι και τύπου AB και αρνητικού -Rh;

Καθώς και οι τύποι αίματος A-B-O και οι τύποι αίματος Rh κληρονομούνται με συγκεκριμένο τρόπο, γνωρίζομε ότι πρόσωπα με AB αρνητικό -Rh αίμα γεννιώνται από γονείς με συγκεκριμένους γονότυπους. Πόσο συχνά υπάρχουν στον πληθυσμό αυτοί οι γονότυποι; Αυτή είναι μία ερώτηση στην οποία οι συνηθισμένες γενετικές μελέτες δεν είναι δυνατόν να απαντήσουν. Μία ειδική υποδιαίρεση του πεδίου της γενετικής, που ονομάζεται πληθυσμιακή γενετική, απασχολείται με προβλήματα του τύπου αυτού. Η παράγραφος 15-6 διερευνά τη συχνότητα του γονιδίου για τύπο αίματος B, ως ένα παράδειγμα.

Ο βιολόγος που ενδιαφέρεται για τη γενετική των πληθυσμών ασχολείται με κάτι περισσότερο από τα γονίδια των ατόμων και των οικογενειών. Πρέπει να μελετήσει τα γονίδια ενός ολόκληρου πληθυσμού. Είναι δύσκολο να εργάζεται κανείς με ένα ολόκληρο πληθυσμό. Είναι βέβαιο ότι ένας ανθρώπινος πληθυσμός είναι ένα πολύ περίπλοκο σύνολο ατόμων. Υπάρχουν άτομα όλων των ηλικιών. Μερικά είναι παντρεμένα, μερικά όχι. Μερικά ζευγάρια έχουν μεγάλες οικογένειες· άλλα δεν έχουν καθόλου παιδιά. Προκειμένου να εργασθεί ένας γενετιστής με γονίδια σε πληθυσμούς, πρέπει να κάνει ορισμένες αποδοχές. Ο γενετιστής πρέπει να καταλαβαίνει ότι οι αποδοχές αυτές δεν είναι απολύτως ακριβείς. Από την πείρα όμως του παρελθόντος γνωρίζομε ότι τα συμπεράσματα, που βασίζονται σε αυτές τις αποδοχές, θα είναι πολύ κοντά στην πραγματικότητα.

Ο γενετιστής θεωρεί ότι τα γονίδια ενός πληθυσμού είναι παρόντα ως ένα μεγάλο ***απόθεμα γονιδίων.*** Υπάρχουν μάλιστα δύο αποθέματα: ένα απόθεμα όλων των αρρένων γαμετών και ένα άλλο όλων των θηλέων γαμετών. Αυτά είναι τα γονίδια που είναι δυνατόν να βρεθούν μαζί κατά τη γονιμοποίηση. Σημειώστε τη διατύπωση ότι ορισμένα γονίδια είναι δυνατόν να βρεθούν μαζί και όχι θα βρεθούν μαζί με ορισμένα άλλα γονίδια. Τα γονίδια έχουν μόνο πιθανότητες να βρεθούν μαζί.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 15-Α. Ένα τυπικό απόθεμα γονιδίων, σελίδα 636.

15-6
Πώς προσδιορίζεται η συχνότητα ενός γονιδίου;

Υποθέστε ότι η συχνότητα ενός χαρακτηριστικού σε ένα ορισμένο πληθυσμό είναι γνωστή. Πώς είναι δυνατόν να υπολογισθεί η συχνότητα του γονιδίου που προσδιορίζει αυτό το χαρακτηριστικό και η σχυνότητα του αλληλόμορφού του; Οι βιολόγοι χρησιμοποιούν μερικές απλές αποδοχές για τα αποθέματα γονιδίων, προκειμένου να προσδιορίσουν τη συμπεριφορά των γονιδίων σε έναν πληθυσμό. Για να καταλάβεις πώς είναι δυνατό να προσδιορισθεί η συχνότητα ενός γονιδίου σε ένα πληθυσμό, ας θεωρήσομε το γενετικό χαρακτηριστικό των τύπων αίματος M-N.

Κάθε άτομο είναι δυνατό να δειχθεί ότι ανήκει σε ένα από τους τρεις τύπους αίματος: M, MN ή N. Όπως και οι τύποι αίματος A-B-O, οι τύποι M-N προσδιορίζονται από συστατικά που βρίσκονται στα ερυθρά κύτταρα. Τα συστατικά M-N όμως δεν δημιουργούν δυσκολίες κατά τις μεταγγίσεις, γιατί κατά κανόνα οι άνθρωποι δεν δημιουργούν αντισώματα για τα συστατικά αυτά. Οι τύποι αίματος M-N είναι δυνατόν να προσδιορισθούν με εισαγωγή μιας μικρής ποσότητας αίματος σε ένα κουνέλι, που με τη σειρά του δημιουργεί αντισώματα για τα ανθρώπινα συστατικά M-N. Αν ένα άτομο έχει τύπου M αίμα, το κουνέλι παράγει αντί-M αντισώματα. Αν ένα άτομο έχει αίμα τύπου N, το κουνέλι παράγει αντι-N αντισώματα. Αν ένα άτομο έχει MN αίμα, το κουνέλι παράγει και τα δύο αντι-M και αντι-N αντισώματα.

Όλα τα σημερινά δεδομένα δείχνουν ότι οι τύποι αίματος MN προσδιορίζονται από ένα απλό ζεύγος γονιδίων. Κανένα από τα γονίδια του ζεύγους δεν είναι επικρατές για το άλλο.

Σε μία μελέτη που έγινε στη Σουηδία βρέθηκε ότι περίπου το 16% του πληθυσμού είχε τύπο N αίματος. Από την πληροφορία αυτή είναι δυνατόν να υπολογίσετε ποιο ποσοστό ανθρώπων φέρει ένα γονίδιο για αίμα τύπου N; Να θυμάστε ότι δεν υπάρχει επικράτηση στο σύστημα M-N. Γι' αυτό άτομα με τύπο MN αίματος φέρουν ένα γονίδιο

Πίνακας 15-1

		Ποσοστό και τύποι γαμετών από άρρενες γονείς	
		$^1/_2$ M	$^1/_2$ N
Ποσοστό και τύποι γαμετών από θήλεις γονείς	$^1/_2$ M	$^1/_4$ MM	$^1/_4$ MN
	$^1/_2$ N	$^1/_4$ MN	$^1/_4$ NN

Μπορείτε να διατυπώσετε τα ίδια στοιχεία (δεδομένα) σε δεκαδικούς ως ακολούθως:

Πίνακας 15-2

		Ποσοστό και τύποι γαμετών από άρρενες γονείς	
		0,5 M	0,5 N
Ποσοστό και τύποι γαμετών από θήλεις γονείς	0,5 M	0,25 MM	0,25 MN
	0,5 M	0,25 MN	0,25 NN

για αίμα τύπου N και ένα γονίδιο για αίμα τύπου M.

Για να λύσετε το πρόβλημα, υποθέστε πρώτα ότι δύο γονείς έχουν κάθε ένας τύπο αίματος MN. Τι τύπους αίματος αναμένετε μεταξύ των απογόνων τους; Αυτή είναι μία απλή διασταύρωση ενός παράγοντα και θα παράγει απογόνους με γονοτυπική αναλογία 1 MM προς 2 MN προς 1 NN, όπως φαίνεται στους πίνακες γενετικού πολλαπλασιασμού (πίνακες 15-1 και 15-2). Έχεις μελετήσει προβλήματα παρόμοια με την περίπτωση αυτή στην παράγραφο 13-10. Ένας απλός γονέας παράγει μόνο δύο τύπους γαμετών και κάθε γαμέτης εμφανίζεται σε ίσα ποσοστά. Ακολούθως 1/4 ή 25% των απογόνων θα έχει αίμα τύπου M, 50% των απογόνων θα έχει αίμα τύπου MN και 25% θα έχει αίμα τύπου N.

Τώρα πρέπει να κάνετε ένα ακόμη βήμα και να εφαρμόσετε παρόμοια συλλογιστική στην περίπτωση της Σουηδίας, όπου το 16% περίπου των ανθρώπων έχουν αίμα τύπου N. Σκεφθείτε τον πληθυσμό σαν να περιέχει δύο αποθέματα γονιδίων. Όλα τα γονίδια των θηλέων γαμετών αποτελούν ένα απόθεμα και όλα τα γονίδια των αρσενικών γαμετών αποτελούν το άλλο. Καθώς δεν υπάρχει καμιά αντίθετη ένδειξη, πρέπει να αποδεχθείτε ότι οι αναλογίες των γονιδίων είναι ίδιες και στα δύο αποθέματα. Αν 16% περίπου του πληθυσμού έχει τύπο N αίματος, περίπου 16% του πληθυσμού έχει γονότυπο NN. Η πληροφορία αυτή είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί για να ξεκινήσετε έναν πίνακα πολλαπλασιασμού για την ανάλυση του πληθυσμού. Η μόνη συχνότητα γονιδίων που εισέρχεται για την ώρα στον πίνακα είναι η αναλογία του πληθυσμού, που είναι γνωστό ότι έχει γονότυπο αίματος NN (πίνακας 15-3).

Είναι δυνατόν να διαπιστώσετε ότι η αναλογία των N γονιδίων στο απόθεμα γονιδίων των θηλέων ατόμων πολλαπλασιαζόμενη με την αναλογία των N γονιδίων του αποθέματος γονιδίων των αρρένων ατόμων, πρέπει να ισούται με 0,16 NN. Καθώς οι αναλογίες των διαφόρων γονιδίων είναι οι ίδιες για άρρενα και θήλεα άτομα, η αναλογία των N γαμετών σε κάθε απόθεμα πρέπει να είναι ένας αριθμός, που πολλαπλασιαζόμενος επί τον εαυτό του, να ισούται με 0,16. Ή, αλλιώς, η αναλογία των N γαμετών είναι ίση με την τετραγωνική ρίζα του 0,16 ή 0,40 ($\sqrt{0,16} = 0,40$). Ως εκ τούτου, το 40% των γαμετών περιέχει το γονίδιο N.

Αν το 40% των γαμετών φέρει το γονίδιο N, το άλλο 60% των γαμετών πρέπει να περιέχει το γονίδιο M. Με την πληροφορία αυτή είναι δυνατόν να συμπληρωθεί το μεγαλύτερο τμήμα του πίνακα (πίνακας 15-4).

Πίνακας 15-3

		Συχνότητα τύπων αρρένων γαμετών M;	N;
Συχνότητα τύπων θηλέων γαμετών	M;	MM;	MN;
	N;	MN;	0,16 NN

Πίνακας 15-4

		Συχνότητα τύπων αρρένων γαμετών 0,6 M	0,4 N
Συχνότητα τύπων θηλέων γαμετών	0,6 M	MM;	MN;
	0,4 N	MN;	0,16 NN

Με αφετηρία τη διαπίστωση ότι το 16% του πληθυσμού έχει τύπο αίματος N, είδατε ότι η γονιδιακή συχνότητα στα αποθέματα γονιδίων είναι 0,6 M και 0,4 N. Γονιδιακή συχνότητα είναι το ποσοστό (συνήθως εκφράζεται ως δεκαδικός) ενός πληθυσμού που περιέχει ένα ορισμένο αλληλόμορφο. Το σύνολο όλων των συχνοτήτων πρέπει να είναι 1. Για παράδειγμα: 0,4 + 0,6 = 1.

Όταν οι γονιδιακές συχνότητες είναι γνωστές, η γενετική συγκρότηση όλου του F_1 πληθυσμού είναι δυνατόν να υπολογισθεί από τον πίνακα, όπως κάνατε στην παράγραφο 13-10. Ολόκληρη F_1 γενιά είναι δυνατόν να υπολογισθεί ως 0,36 MM + 0,48 MN + 0,16 NN (βλέπε πίνακα 15-5).

Διαπιστώσατε τη συγκρότηση των αποθεμάτων γονιδίων της γονικής γενιάς και υπολογίσατε τη γενετική συγκρότηση του F_1 πληθυσμού. Τι θα συμβεί, όταν η F_1 γενιά παράγει γαμέτες; Δεχτείτε πάλι ότι η F_1 γενιά θα σχηματίσει τους γαμέτες τυχαία. Ποιο θα είναι το απόθεμα γονιδίων των γαμετών αυτών;

Το 16% των F_1 ατόμων που είναι NN θα προσφέρει το 16% των γαμετών και όλοι αυτοί οι γαμέτες θα είναι N. Το 48% που είναι MN θα παράγει το 48% των γαμετών και το μισό αυτών, ή το 24%, θα είναι N. Ως εκ τούτου στο ολικό απόθεμα γονιδίων 16% συν 24% ή 40% θα είναι γαμέτες N. Το υπόλοιπο 60% των γαμετών θα είναι M (36% από MM και 24% από το μισό των ατόμων MN).

Αυτές οι αναλογίες είναι όμοιες με τις αναλογίες της γονικής γενιάς. Οι αναλογίες γονιδίων και για το γονίδιο M και για το γονίδιο N έχουν παραμείνει ίδιες για δύο γενιές! Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι, αν δεν υπάρχει μετάλλαξη ή επιλογή (ή μετανάστευση: βλέπε παράγραφο 15-7) οι συχνότητες των γονιδίων θα παραμείνουν οι ίδιες. Οι συχνότητες γονιδίων σε ένα δεδομένο πληθυσμό παραμένουν σταθερές, αν: το ζευγάρωμα γίνεται τυχαία, δεν υπάρχουν μεταλλάξεις και δεν προστίθενται ή αφαιρούνται γονίδια από τον πληθυσμό με επιλογή ή μετανάστευση.

Όταν οι επιστήμονες έλεγξαν ένα δείγμα από 1200 Σουηδούς για τους τύπους αίματος M-N, βρήκαν ότι το 36,1% ήταν τύπου M, το 47% ήταν τύπου MN και το 16,9% ήταν τύπου N. Με τα ποσοστά αυτά τύπων αίματος είναι δυνατόν να υπολογισθεί ότι η πραγματική συχνότητα γονιδίων για το γονίδιο N ήταν 0,404 και για το M ήταν 0,596. Το σύνολο των ποσοστών, 40,4% και 59,6%, ισούται με 100,0%. Σύμφωνα με την αρχή ότι οι συχνότητες των γονιδίων παραμένουν σταθερές, όταν δεν υπάρχει μετάλλαξη, επιλογή ή μετανάστευση, η συχνότητα αυτή των M-N γονιδίων θα παραμένει σταθερή. Καθώς η αρχή αυτή είναι γενική, η μέθοδος για τον υπολογισμό της συχνότητας των αλληλομόρφων M-N είναι δυνατόν να εφαρμοσθεί για οποιοδήποτε ζεύγος αλληλομόρφων. Οι τύποι αίματος M-N χρησιμοποιήθηκαν ως παράδειγμα της αλληλοεπιδράσεως αποθεμάτων γονιδίων. Η σχέση μεταξύ γονιδίων σε ένα πληθυσμό μελετήθηκε πρώτα το 1908 από τον Άγγλο μαθηματικό Γ. Χάρντι και το Γερμανό γιατρό Β. Βέινμπεργκ και είναι γνωστή ως αρχή

Πίνακας 15-5

		Συχνότητα τύπων αρρένων γαμετών 0,6 M	0,4 N
Συχνότητα τύπων θηλέων γαμετών	0,6 M	0,36 MM	0,24 MN
	0,4 N	0,24 MN	0,16 NN

Χάρντι-Βέινμπεργκ (βλέπε Παράρτημα 15-Α, Η αρχή Χάρτνι-Βέινμπεργκ, σελίδα 731).

Η γνώση της γενετικής των πληθυσμών βοηθά στη λύση πολλών ειδών προβλημάτων. Είναι σπουδαία η γνώση της συχνότητας, στην οποία ορισμένα γονίδια παρατηρούνται σε ένα πληθυσμό, ειδικά αυτών που αφορούν θέματα υγείας. Ο διαβήτης, η σχιζοφρένεια, η μυική δυστροφία και πολλές άλλες ασθένειες φαίνεται ότι έχουν γενετική βάση. Όσο περισσότερα γνωρίζομε για την εμφάνιση των ασθενειών αυτών στους πληθυσμούς, τόσο μεγαλύτερη πιθανότητα επιτυχίας θα έχομε στην αντιμετώπισή τους. Σε προβλήματα όπως αυτά το καλό ολόκληρου του πληθυσμού εξαρτάται από τη γνώση της πληθυσμιακής γενετικής.

Γενετική ενημέρωση βρίσκεται τώρα στη διάθεση ανθρώπων που έχουν γενετικές ασθένειες ή είναι φορείς γενετικών ασθενειών. Ο σύμβουλος για θέματα γενετικής εξηγεί την πιθανότητα αποκτήσεως παιδιών με γενετική ασθένεια καθώς και τις άλλες δυσκολίες που είναι δυνατόν να προκύψουν.

Πολλές γενετικές ασθένειες είναι δυνατόν να ανιχνευθούν τώρα με εργαστηριακές εξετάσεις. Αυτό επιτρέπει στους ανθρώπους να διαπιστώσουν αν είναι φορείς κάποιας γενετικής ανωμαλίας. Επίσης η αμνιοκέντηση (παράγραφος 14-10) χρησιμοποιείται για την ανίχνευση ορισμένων γενετικών ανωμαλιών στα αγέννητα κυοφορήματα.

Ένα από τα σύγχρονα προβλήματα είναι η αποτίμηση των γενετικών επιπτώσεων της ακτινοβολίας υψηλής ενέργειας. Στην περίοδο αυτή του ατόμου πρέπει να υπάρχει ακριβής μεθοδολογία προσδιορισμού της συχνότητας των δυσμενών γονιδίων σε ένα πληθυσμό. Είναι σπουδαίο να γνωρίζομε, αν ο συνολικός αριθμός των δυσμενών γονιδίων αυξάνει λόγω της ακτινοβολίας, που συνδέεται με τη ραδιενεργό επίπτωση, τις ιατρικές και οδοντιατρικές χρήσεις και τις βιομηχανικές χρήσεις της πυρηνικής ενέργειας.

Ο πληθυσμός γίνεται μία αξιόλογη μονάδα γενετικής μελέτης. Οι πληθυσμοί εξελίσσονται κατά τη διάρκεια μακρών χρονικών περιόδων, γιατί οι αριθμοί και τα είδη των αλληλομόρφων σε ένα πληθυσμό αλλάζουν. Οι βιολόγοι που μελετούν την εξέλιξη σε ένα σύγχρονο πληθυσμό σημειώνουν πώς μεταβάλλονται με το χρόνο οι συχνότητες των διαφόρων αλληλομόρφων. Με τον τρόπο αυτό οι βιολόγοι είναι δυνατόν να αποκτήσουν πολύ σπουδαίες γνώσεις για ό,τι συμβαίνει στα γονίδια ενός πληθυσμού.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι γενετιστές ενδιαφέρονται όχι μόνο για το πώς ένα συγκεκριμένο γονίδιο κληρονομείται σε μία οικογένεια, αλλά επίσης και για τη συχνότητα ενός γονιδίου σε ένα ολόκληρο πληθυσμό. Η γνώση της συχνότητας των γονιδίων σε πληθυσμούς έχει γενικότερο ενδιαφέρον και εφαρμογές στην ιατρική, την παιδεία και τη διακυβέρνηση. Οι πληθυσμοί είναι περίπλοκες μονάδες όσον αφορά τη μελέτη, αλλά οι πληθυσμιακοί γενετιστές έχουν αναπτύξει τεχνικές για τη συλλογή δεδομένων και εξαγωγή συμπερασμάτων από τη μελέτη των πληθυσμών ως συνόλων. Πρακτικά όλα τα γονίδια των αναπαραγωγικών μελών ενός πληθυσμού θεωρούνται ως ένα απόθεμα γονιδίων. Η ένωση γαμετών συγκεκριμένου είδους και η ανάπτυξη συγκεκριμένου είδους ατόμων είναι δυνατόν να προβλεφθεί με σχετική ακρίβεια με βάση τις πιθανότητες. Αλληλόμορφα γονιδίων που παρατηρούνται πιο συχνά σε έναν πληθυσμό θα μεταδοθούν πιο συχνά στους απογόνους. Η συχνότητα γονιδίων που έχει σταθεροποιηθεί σε ένα πληθυσμό θα παραμένει η ίδια στις ακόλουθες γενιές, εκτός αν παρατηρηθεί μετάλλαξη, επιλογή ή μετανάστευση.

Εργαστηριακές εξετάσεις είναι σήμερα δυνατόν να ανιχνεύσουν την παρουσία ορισμένων γενετικών ανωμαλιών στα ώριμα άτομα και τα αγέννητα κυοφορήματα. Με τον τρόπο

αυτό η πληθυσμιακή γενετική και η ιατρική συνεργάζονται.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Τι είναι ένας πληθυσμός; Δώστε ένα παράδειγμα.
2. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ «οικογενειακής γενετικής» και «πληθυσμιακής γενετικής»;
3. Από απόψεως γενετικής ποια μέλη του πληθυσμού είναι αξιόλογα;
4. Τι είναι απόθεμα γονιδίων;
5. Κάτω από ποιες συνθήκες η συχνότητα γονιδίων ενός δεδομένου πληθυσμού παραμένει σταθερή;
6. Ποιοι πρακτικοί λόγοι κάνουν την πληθυσμιακή γενετική σπουδαίο πεδίο μελέτης;
7. Υποθέστε ότι το 25% των προβάτων ενός πληθυσμού έχουν μαύρο τρίχωμα. Υποθέστε ότι το γονίδιο για μαύρο τρίχωμα είναι υπολειπόμενο σε αυτό για λευκό τρίχωμα. Ποιες είναι οι συχνότητες των γονιδίων για τους δύο τύπους τριχώματος σε αυτόν τον πληθυσμό;

Μεταβαλλόμενοι πληθυσμοί

15-7
Πώς αλλάζουν οι πληθυσμοί;

Αν οι συχνότητες όλων των διαφορετικών γονιδίων σε ένα πληθυσμό τείνουν να παραμείνουν ίδιες, πώς είναι δυνατόν να αλλάζει η γενετική συγκρότηση ενός πληθυσμού; Διάφοροι παράγοντες είναι δυνατόν να επάγουν αλλαγή στη συχνότητα ενός γονιδίου;

Ο πρώτος από τους παράγοντες είναι η μετάλλαξη για την οποία έχετε ήδη μάθει. Αν το ένα αλληλόμορφο ενός γονιδίου μεταλλαχθεί σε άλλο αλληλόμορφο, όπως όταν ένα αλληλόμορφο για αίμα τύπου Μ μεταλλάσσεται σ' ένα αλληλόμορφο για αίμα τύπου Ν, ο αριθμός των γονιδίων για τύπο αίματος Ν θα τείνει να αυξηθεί μέσα στον πληθυσμό. Μετά όμως από κάθε μετάλλαξη το απόθεμα γονιδίων φθάνει σε ένα νέο σταθερό στάδιο και οι συχνότητες των γονιδίων παραμένουν σε αυτό το νέο επίπεδο. Μακροχρόνια, αν ένα αλληλόμορφο συνεχίζει να μεταλλάσσεται σε ένα άλλο αλληλόμορφο, η συχνότητα του δεύτερου αλληλομόρφου είναι δυνατόν να αυξηθεί μέσα σε ένα πληθυσμό σε πολύ υψηλό επίπεδο.

Ο δεύτερος παράγοντας που είναι δυνατόν να επιδράσει στη συχνότητα των γονιδίων σε ένα πληθυσμό είναι η επιλογή. Στη γενετική επιλογή σημαίνει ότι ορισμένα αλληλόμορφα έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα επιβιώσεως σε ένα πληθυσμό παρά άλλα. Το σύνδρομο ονύχων-επιγονατίδας είναι ένα καλό παράδειγμα του τρόπου με τον οποίο η επιλογή δρα εναντίον ενός αλληλομόρφου. Η κατάσταση αυτή παίρνει αυτό το όνομα γιατί χαρακτηρίζεται από ατελή ανάπτυξη ονύχων και επιγονατίδων. Κυρίως όμως ο κίνδυνος αυξημένης θνησιμότητας προέρχεται από μια παράλληλη ανώμαλη λειτουργία των νεφρών. Επειδή το αλληλόμορφο επάγει αυτή την κατάσταση, είναι βλαβερό και γι' αυτό υφίσταται αρνητική επιλογή. Με τον τρόπο αυτό η συχνότητα του αλληλομόρφου για το σύνδρομο ονύχων-επιγονατίδας τείνει να μειώνεται στον ανθρώπινο πληθυσμό.

Τότε γιατί υπάρχουν ακόμη αλληλόμορφα για τα οποία γίνεται αρνητική επιλογή; Το αλληλόμορφο για το σύνδρομο ονύχων-επιγονατίδας είναι επικρατές. Εξακολουθεί να υπάρχει γιατί φυσιολογικά αλληλόμορφα μεταλλάσσονται σε ανώμαλα με ένα ορισμένο ρυθμό. Αλλά πολλά αλληλόμορφα για βλαβερές καταστάσεις είναι υπολειπόμενα. Αυτά δεν υφίστανται αρνητική επιλογή σε άτομα που φέρουν επίσης το φυσιολογικό επικρατές αλληλόμορφο, γιατί τα άτομα αυτά αισθάνονται λίγο ή και καθόλου τις δυσμενείς επιδράσεις. Μόνο εκείνα που δέχονται «διπλή δόση» του υπολειπόμενου γονιδίου υφίστανται αρνητική επιλογή. Στο μεταξύ το αλληλόμορφο συνεχίζει να υφίσταται στον πληθυσμό, γιατί τα περισσότερα άτομα που το φέρουν, φέρουν



Εικόνα 15-6 *Ο χάρτης των νησιών Γκαλαπάγκος δείχνει πόσα είδη από τα 13 είδη σπίνων που βρήκε ο Δαρβίνος υπάρχουν σε κάθε νησί. Ο ωκεανός απαγορεύει την εύκολη διακίνηση μεταξύ μερικών, αλλά όχι όλων, των νησιών. Σημειώστε ότι τα πιο απομακρυσμένα νησιά – Κονλπέππερ, Βένμαν και Χουντ – έχουν μόνο τρία είδη το καθένα.*

επίσης ζευγαρωμένο με αυτό και το επικρατές φυσιολογικό αλληλόμορφο. Το βλαβερό υπολειπόμενο αλληλόμορφο επιτυγχάνει ουσιαστικά σταθερή παρουσία στον πληθυσμό.

Η τάση σήμερα είναι δυνατόν στην πραγματικότητα να είναι ευμενής για μερικά βλαβερά γονίδια, τα οποία προκαλούν καταστάσεις που είναι δυνατόν να αντιμετωπισθούν ιατρικά. Η παροχή συμβουλών από σύμβουλο επί γενετικών θεμάτων παίζει ένα διαρκώς αυξανόμενο ρόλο στις περιπτώσεις αυτές.

Ένας τρίτος παράγοντας που είναι δυνατόν να επιδράσει στη συχνότητα ενός αλληλομόρφου σε ένα πληθυσμό είναι η μετανάστευση. Πολύ λίγοι πληθυσμοί είναι τελείως απομονωμένοι από άλλους πληθυσμούς του ίδιου είδους. Μερικά άτομα είναι δυνατόν να προστεθούν ή να φύγουν από τον πληθυσμό από καιρού εις καιρό. Όταν φεύγουν, απομακρύνουν τα γονίδιά τους από το απόθεμα γονιδίων του πληθυσμού αυτού και τα προσθέτουν στο απόθεμα γονιδίων του πληθυσμού στον οποίο πηγαίνουν. Από γενετικής απόψεως οι μεταναστεύσεις αυτές ατόμων με ελαφρώς διαφορετικά σύνολα γονιδίων απολήγουν σε αλλαγές στα αποθέματα γονιδίων και των δύο πληθυσμών.

Ένας ακόμη παράγοντας, που παίζει σπουδαίο ρόλο στην εξέλιξη, είναι η ***απομόνωση.*** Όταν μεγάλος πληθυσμός διαμοιράζεται σε μικρότερους, όπως γίνεται συχνά, τα αποθέματα των μικροτέρων πληθυσμών είναι δυνατόν να διαφέρουν αρκετά από το συνολικό απόθεμα γονιδίων. Αν, για παράδειγμα, ένας μεγάλος πληθυσμός διαμοιρασθεί σε μικρότερα σύνολα, ένας μικρός πληθυσμός είναι δυνατόν να έχει υψηλή συχνότητα γονιδίων για αιμοφιλία (παράγραφος 14-5), ενώ ένας άλλος μικρός πληθυσμός είναι δυνατόν να έχει χαμηλή συχνότητα. Σε κάθε ένα νέο πληθυσμό, τυχαία σύζευξη και αναπαραγωγή δημιουργεί μία νέα γονιδιακή ισορροπία. Η



Εικόνα 15-7 *Οι σκίουροι Κάιμπαμπ (αριστερά) και Άμπερτ (δεξιά) είναι συγγενείς. Όταν απομονώθηκαν γενετικά σε διαφορετικές πλευρές του Γκραντ Κάνυο, άρχισαν να αναπτύσσουν διαφορές. Πόσες διαφορές βλέπετε;*

νέα γονιδιακή ισορροπία είναι δυνατόν να είναι αρκετά διαφορετική σε δύο απομονωμένους πληθυσμούς.

Οι πληθυσμοί είναι δυνατόν να απομονωθούν κατά πολλούς τρόπους. Νησιώτικοι πληθυσμοί είναι κατάλληλοι για τέτοιες σπουδές, επειδή τα νησιά συχνά διαχωρίζονται από μεγάλες υδάτινες εκτάσεις. Η εικόνα 15-6 δείχνει τα διάφορα είδη σπίνων, που βρήκε ο Δαρβίνος, να έχουν εξελιχθεί στα απομονωμένα νησιά των Γκαλαπάγκος. Αν θέλετε γυρίστε στο κεφάλαιο 3 και διαβάστε για τους σπίνους του Δαρβίνου.

Και άλλοι φυσικοί φραγμοί είναι δυνατόν να διαχωρίσουν πληθυσμούς. Ένα πολύ βαθύ φαράγγι με ένα ποταμό στο βάθος είναι δυνατόν να διαχωρίσει δύο πληθυσμούς. Το φαράγγι Γκραντ Κάνυον του ποταμού Κολοράντο στην Αριζόνα αποτελεί ένα τέτοιο παράδειγμα. Ενώ οι θερμοκρασίες στο άνω μέρος του φαραγγιού είναι παρόμοιες με αυτές υψομέτρου 2100 μέτρων, οι θερμοκρασίες κάτω στο φαράγγι είναι δυνατόν να φθάσουν τους 50°C, ή και περισσότερο, τυπικές για μία έρημο. Γι' αυτό παρά το ότι η μία πλευρά του άνω μέρους του φαραγγιού είναι ορατή από την άλλη, οι πληθυσμοί των ζώων διαχωρίζονται από την άξενη έρημο και τον ποταμό.

Μερικά ζώα που ζουν στη βορεινή πλευρά του φαραγγιού διαφέρουν από αυτά που ζουν στη νότια πλευρά, αν και είναι συγγενή. Οι διακριτοί πληθυσμοί σκιούρων που ζουν στη βόρεια και νότια πλευρά ήταν ίσως άτομα του

ίδιου είδους κάποτε. Μετά όμως από μακροχρόνια περίοδο απομονώσεως έχουν αρχίσει να γίνονται βαθμιαία διαφορετικοί. Οι σκίουροι Κάιμπαμπ που ζουν στη νότια πλευρά έχουν μαύρη κοιλιά και άσπρη ουρά, ενώ οι σκίουροι Άμπερτ της νότιας πλευράς έχουν άσπρη κοιλιά και στακτόχρωμη ουρά (βλέπε εικόνα 15-7). Οι δύο τύποι δεν αναπαράγονται μεταξύ τους και οι βιολόγοι τους θεωρούν ως δύο διαφορετικά είδη. Και τα δύο είδη είναι περιορισμένα στα υψίπεδα λόγω της διατροφής τους, αφού τρέφονται από το εσωτερικό μέρος του φλοιού των πεύκων. Τα δένδρα αυτά δεν φύονται στο φραγμό της ερήμου στο βάθος του φαραγγιού.

Είναι σπουδαίο να θυμάστε ότι, όταν οι επιστήμονες μιλούν για απομονωμένους πληθυσμούς, όπως οι σκίουροι που ζουν στις δύο πλευρές του Γκραντ Κάνυον, στην πραγματικότητα έχουν στο νου τους αποθέματα γονιδίων. Είναι τα γονίδια των δύο πληθυσμών που είναι απομονωμένα μεταξύ τους και που βαθμιαία γίνονται διαφορετικά λόγω μεταλλάξεων. Επίσης τα είδη των αλληλομόρφων σε ένα πληθυσμό αλλάζουν βαθμιαία ως προς τη συχνότητα λόγω φυσικής επιλογής.

Οι φραγμοί στην αναπαραγωγή δεν είναι κατ' ανάγκη γεωγραφικοί. Πληθυσμοί οργανισμών είναι δυνατόν να ζουν στην ίδια περιοχή και εντούτοις να μην αναπαράγονται μεταξύ τους. Στους ανθρώπινους πληθυσμούς, για παράδειγμα, αποθέματα γονιδίων παραμένουν σχετικά απομονωμένα, παρά το ότι τα άτομα του πληθυσμού ζουν στην ίδια περιοχή, γιατί λόγω διαφόρων αιτίων δεν γίνονται γάμοι ελεύθερα μεταξύ τους.

15-8
Απομόνωση και μετάλλαξη οδηγούν προς νέες ποικιλίες

Όταν δύο πληθυσμοί απομονώνονται από μία οποιαδήποτε αιτία, αποθέματα γονιδίων τους αλλάζουν ελαφρά κατά διαφορετικό τρόπο. Με την πάροδο μεγάλου χρονικού διαστήματος οι διαφορές αυτές είναι δυνατόν να γίνουν εντυπωσιακές. Μερικές φορές γίνονται τόσο μεγάλες, ώστε τα άτομα των δύο πληθυσμών δεν είναι δυνατόν να διασταυρωθούν μεταξύ τους και να παράγουν γόνιμους απογόνους. Μερικές φορές οι περίοδοι αναπαραγωγής δύο στενά συνδεδεμένων πληθυσμών ζώων διαφοροποιούνται χρονικά τόσο πολύ, ώστε δεν αλληλοεπικαλύπτονται πλέον. Ενδοαναπαραγωγή και ανταλλαγή γενετικού υλικού δεν είναι πλέον δυνατή. Για παράδειγμα, στην Ινδιάνα ένα είδος φρύνων αναπαράγεται στην αρχή του καλοκαιριού, ενώ ένα άλλο συγγενές είδος αναπαράγεται στο τέλος. Παρά το ότι οι φρύνοι αυτοί ζουν στο ίδιο περιβάλλον και είναι δυνατόν να διασταυρωθούν στο εργαστήριο με τεχνητή γονιμοποίηση, τα αποθέματα γονιδίων τους διατηρούνται σχεδόν τελείως ξεχωριστά. Οι φρύνοι αυτοί θα συνεχίσουν προφανώς να γίνονται όλο και περισσότερο διαφορετικοί, οι μεν από τους δε, παρά το ότι κάποτε ήσαν μέλη του ίδιου είδους.

Με την πάροδο του χρόνου, καθώς τα αποθέματα γονιδίων απομονώνονται όλο και περισσότερο, οι πληθυσμοί γίνονται όλο και πιο διαφορετικοί. Μετά από πάροδο ικανού χρόνου είναι εύκολο να διακριθούν οι μεν από τους δε. Τότε ονομάζονται υποείδη του αυτού είδους. Τα υποείδη όταν έλθουν σε επαφή, αναπαράγονται μεταξύ τους. Αυτά που είναι τελείως απομονωμένα έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες να εξελιχθούν σε νέα είδη που δεν είναι δυνατόν να αναπαράγονται μεταξύ τους και να παράγουν γόνιμους απογόνους.

Οι βιολόγοι αναγνωρίζουν τα υποείδη στα συστήματα ταξινομήσεως. Στη Βόρεια Αμερική, για παράδειγμα, υπάρχουν αρκετά υποείδη μερικών ορεινών πτηνών. Κάθε υποείδος καταλαμβάνει μία ορισμένη γεωγραφική έκταση, αν και καμιά φορά οι εκτάσεις αυτές αλληλοεπικαλύπτονται (βλέπε εικόνα 15-8).

Περιληπτικά οι μεγάλοι πληθυσμοί υποδιαιρούνται σε μικρότερους πληθυσμούς. Με την πάροδο του χρόνου τα αποθέματα γονιδίων τους είναι δυνατόν να απομονωθούν μερικώς και νέοι γενετικοί χαρακτήρες να εμφανισθούν σε κάθε πληθυσμό. Με τον τρόπο αυτό εμφανίζονται νέες ποικιλίες ή υποείδη εντός ενός είδους.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Όταν μελετώνται πληθυσμοί από γενετικής απόψεως, η προσοχή επικεντρώνεται στα αποθέματα γονιδίων τους. Οι αναλογίες των διαφόρων αλληλομόρφων σε ένα απόθεμα



Εικόνα 15-8 *Τρία υποείδη μικρόσωμης κίσσας. Αφελοκόμα κοερουλέσενς: Μία κίσσα Γουντχάουζ (αριστερά), μία κίσσα Μεξικού (κέντρο) και μία κίσσα Σάντα Κρουζ (δεξιά). Όλες είναι εκθέματα μουσείου.*

γονιδίων παραμένουν περίπου οι ίδιες από γενιά σε γενιά. Η γενετική αυτή ισορροπία είναι δυνατόν όμως να αλλάξει διά μεταλλάξεων, επιλογής θετικής ή αρνητικής ενός συγκεκριμένου χαρακτηριστικού, διά μεταναστεύσεων ή διά γενετικής απομονώσεως σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον. Όταν πληθυσμοί οργανισμών που ανήκουν στο ίδιο είδος απομονώνονται γενετικά, είναι δυνατόν να γίνονται όλο και περισσότερο διαφορετικοί ο ένας από τον άλλο. Γεωγραφικοί και άλλοι φραγμοί που παρεμβάλλονται στην ενδοαναπαραγωγή οδηγούν τελείως στη δημιουργία νέων υποειδών ή ποικιλιών.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Αφού η επιλογή απομακρύνει τα βλαβερά γονίδια από ένα απόθεμα γονιδίων ενός πληθυσμού, πώς είναι δυνατόν τέτοια γονίδια να παραμένουν στον πληθυσμό;
2. Πώς η μετανάστευση προς ή από ένα απόθεμα γονιδίων είναι δυνατόν να την αλλάξει;
3. Πώς επιδρά η απομόνωση στο απόθεμα γονιδίων ενός πληθυσμού;
4. Ποιοι φραγμοί διαχώρισαν τους σκίουρους Κάιμπαμπ από τους σκίουρους Άμπερτ;

Η καταγωγή νέων τύπων

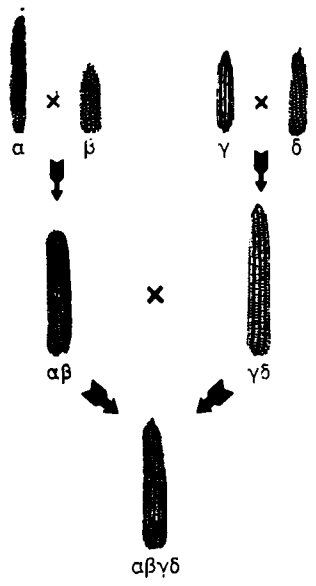
15-9
Νέοι γενετικοί τύποι και γεωπονία

Ακόμη και πριν από την ανατολή της ιστορίας, οι άνθρωποι γνώριζαν τη χρήση διαφόρων φυτών και ζώων για διατροφή, ρουχισμό, μεταφορά και προστασία. Οι άνθρωποι μετέβαλαν τη δεξαμενή γονιδίων των οργανισμών με τη διαδικασία της τεχνητής επιλογής. Με τον όρο αυτό εννοούμε ότι διασταύρωναν οργανισμούς με επιθυμητά χαρακτηριστικά αντί να τους αφήνουν να διασταυρώνονται τυχαία.

Οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν τεχνητή επιλογή και γενετική απομόνωση, για να εξασφαλίσουν την επιβίωση των τύπων που εξυπηρετούσαν περισσότερο κάποιο συγκεκριμένο σκοπό. Μη επιτρέποντας την ελεύθερη αναπαραγωγή τους με οργανισμούς, που δεν παρουσίαζαν εξίσου επιθυμητά χαρακτηριστικά, απέτρεπαν την είσοδο μη επιθυμητών γονιδίων στις ειδικές καθαρές φυλές.

Στους νεότερους χρόνους οι επιστήμονες, εξοπλισμένοι με τις γνώσεις και τη μεθοδολογία της γενετικής, κατάφεραν να χρησιμοποιήσουν νέες τεχνικές στο παλαιό πρόβλημα της τεχνητής επιλογής. Ένα από τα πιο θαυμαστά παραδείγματα χρησιμοποιήσεως των αρχών της γενετικής ήταν η ανάπτυξη των υβριδίων του καλαμποκιού. Το 1914 ο Τζορτζ Χ. Σουλλ αφιέρωσε μία εκτεταμένη σειρά μελετών στα αποτελέσματα που είχε όταν δημιούργησε υβρίδια από διασταύρωση δύο διαφορετικών ποικιλιών καλαμποκιού. Όταν διασταυρώνονταν δύο συγκεκριμένες ποικιλίες, το υβρίδιο έδειχνε μία γενική βελτίωση από άποψη στερεότητας, ομοιομορφίας, μεγέθους, ρώμης και αντιστάσεως σε ασθένειες: Η βελτίωση αυτή ονομάζεται ***υβριδική ρώμη.*** Η γνώση για την υβριδική ρώμη χρησιμοποιήθηκε απευθείας στο πρόβλημα βελτιώσεως της ποιότητας του καλαμποκιού που αναπτύσσεται στις ΗΠΑ. Διπλά υβρίδια καλαμποκιού από τέσσερις ποικιλίες αναπτύχθηκαν σε μικρό χρονικό διάστημα (εικόνα 15-9). Οι προσπάθειες αυτές ήσαν τόσο επιτυχημένες, ώστε όλο σχεδόν το καλαμπόκι που καλλιεργείται σήμερα στις ΗΠΑ είναι υβρίδια καλαμποκιού.

Παράδειγμα του τρόπου που αναπτύσσονται ειδικά χαρακτηριστικά σε οικιακά ζώα δίνεται από τη βελτίωση των αμερικανικών αγελάδων. Οι ανατρεφόμενες αγελάδες προσβάλλονταν από ασθένειες που επηρεάζονταν από τη ζέστη του καλοκαιριού. Οι οργανισμοί που προκαλούσαν ασθένειες μεταφέρονταν στην αγελάδα από έντομα και τσιμπούρια που τρυπούσαν το δέρμα της. Εκείνοι που εργάζονταν στη βελτίωση της αγελάδας άρχισαν να διασταυρώνουν τις αμερικανικές αγελάδες τύπου Σόρτχορν με αγελάδες τύπου Βράχμαν, που είναι πολύ ανθεκτικές στα έντομα και τα δήγματα από τσιμπούρια. Οι αγελάδες τύπου Βράχμαν αντέχουν επίσης στις υψηλές θερμοκρασίες αλλά έχουν μικρή παραγωγή κρέατος. Μεταξύ των απογόνων από τις διασταυρώσεις αυτές απομόνωσαν για μελλοντικές διασταυρώσεις ζώα με ανθεκτικότητα στις υψηλές θερμοκρασίες, αντίσταση στις ασθένειες και καλή παραγωγή κρέατος. Μετά από επανειλημμένη επιλογή αναπτύχθηκε τελικά μία σταθερή, καθαρή ποικιλία. Το αποτέλεσμα ήταν μία θαυμάσια ποικιλία γνωστή ως Σάντα Γερτρούδη. Οι αγελάδες αυτές είναι δυνατόν να βόσκουν σε περιοχές που θα ήταν θανατηφόρες για Σόρτχορν αγελάδες (βλέπε εικόνα 15-10).



Εικόνα 15-9 *Μία ποικιλία διπλού υβριδικού καλαμποκιού προέρχεται από δύο γενιές ειδικών διασταυρώσεων. Πολλά χρόνια παρόμοιας επιλεγμένης αναπαραγωγής έχουν δημιουργήσει ποικιλίες από τις οποίες σήμερα γίνονται μόνο μονές διασταυρώσεις.*

Μία αξιόλογη τεχνική που χρησιμοποιείται σήμερα για τη βελτίωση των ζώων, προκειμένου να διαδοθούν περισσότερο οι καλές γενετικά ποικιλίες, είναι η τεχνητή γονιμοποίηση. Συλλέγεται σπέρμα από ζώα με υψηλής ποιότητας χαρακτηριστικά, που αναπαράγονται σταθερά, αποθηκεύεται στην κατάψυξη και χρησιμοποιείται για τη γονιμοποίηση θηλυκών με έγχυση, κατά την κατάλληλη χρονική περίοδο. Με τη βελτίωση των τεχνικών αποθηκεύσεως είναι πλέον δυνατόν να διατηρείται ζωντανό σπέρμα από εξαιρετικά ζώα για πολύ χρόνο μετά το θάνατο του δότη. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται πιο συχνά με τις αγελάδες, αλλά είναι δυνατόν να χρησιμο-







Εικόνα 15-10 *Η ποικιλία αγελάδας Σάντα Γερτρούδη κρεατοπαραγωγής (κάτω) προήλθε από διασταύρωση αγελάδας ποικιλίας Βράχμαν (επάνω) με ποικιλία Σόρτχαρν (μέση).*

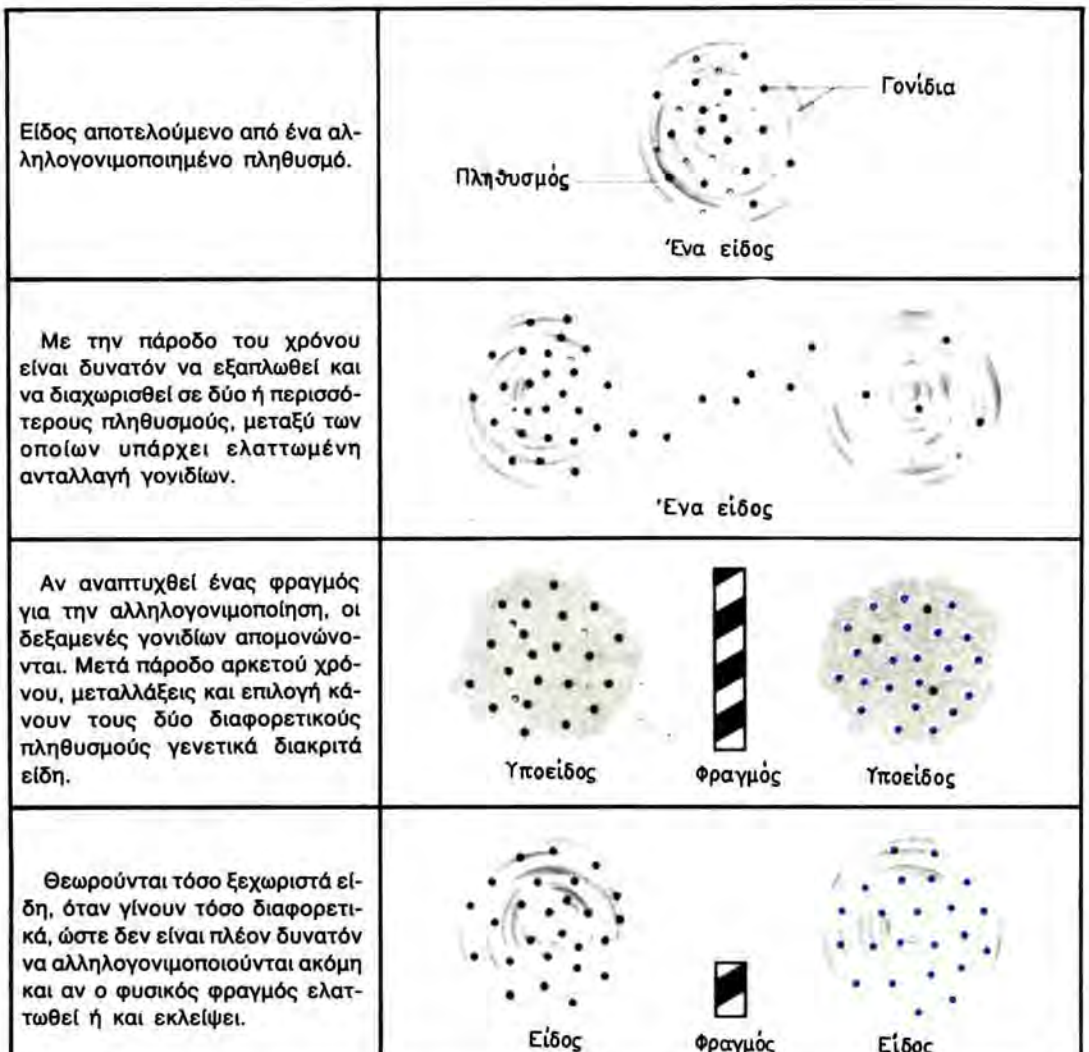
ποιηθεί και με άλλα ζώα.

Μία άλλη τεχνική που χρησιμοποιείται σε μεγάλη έκταση στη βελτίωση των ζώων σήμερα είναι η παραγωγή εμβρύων στο εργαστήριο με τη γονιμοποίηση ωαρίων, που έχουν εξαχθεί από επιλεγμένα θήλεα άτομα, με σπέρμα που έχει συλλεγεί από επιλεγμένα άρρενα άτομα. Τα έμβρυα αυτά είναι δυνατόν να αποσταλούν αεροπορικώς (μέσα σε ένα μικρό φιαλίδιο θρεπτικού υγρού, που τα τρέφει), οπουδήποτε στον κόσμο. Εμφυτεύονται οπουδήποτε στον κόσμο σε θηλυκές αγελάδες που χρησιμεύουν ως θετές μητέρες. Ολόκληρη αγέλη από επιλεγμένες αγελάδες είναι δυνατόν να αποσταλεί με τον τρόπο αυτό μέσα σε ένα μικρό ταχυδρομικό δέμα, από την Αμερική στην Αυστραλία, την Αφρική, την Ασία.

15-10
Πώς εμφανίζονται τα νέα είδη;

Οι κυριότεροι τρόποι εμφανίσεως ειδών είναι εμφανείς πλέον. Στην απλούστερη περίπτωση, όταν υπάρχουν μόνο δύο πληθυσμοί ενός είδους, είναι δυνατόν να προϋποθέσει κανείς μία σειρά γεγονότων όπως τα πιο κάτω:

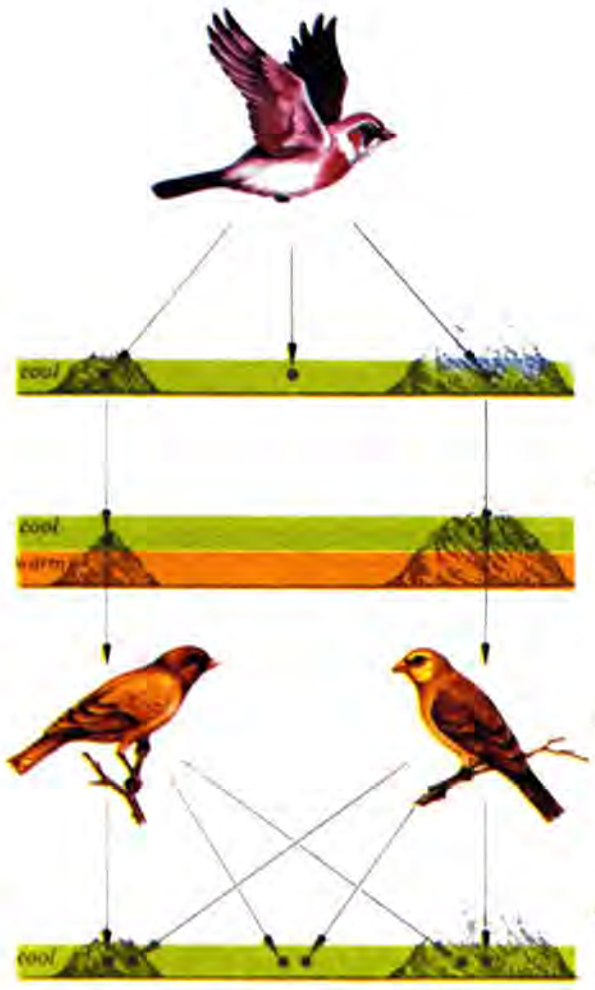
1. Δύο πληθυσμοί ενός είδους απομονώνονται, ώστε η αλληλογονιμοποίηση να είναι σπάνια. Συνήθως οι πληθυσμοί διαχωρίζονται από μεγάλες αποστάσεις ή από κάποιο γεωγραφικό φράγμα. Η αναπαραγωγική όμως απομόνωση είναι δυνατόν να προέρχεται και από αιτίες εποχιακές, λειτουργικές ή συμπεριφοράς. Επειδή οι δεξαμενές γονιδίων είναι διαχωρισμένες, τα μέλη ενός πληθυσμού δεν αναπαράγονται με μέλη του άλλου πληθυσμού.
2. Ως αποτέλεσμα της μακράς περιόδου αναπαραγωγής απομονώσεως οι δεξαμενές γονιδίων των δύο πληθυσμών γίνονται σημαντικά διαφορετικές. Με την πάροδο του χρόνου οι δύο πληθυσμοί γίνονται τόσο διαφορετικοί, ώστε τα γονίδια ενός ατόμου από τον ένα πληθυσμό δεν είναι δυνατόν πλέον να «συνεργάζονται» με τα γονίδια ενός ατόμου από τον άλλο πληθυσμό, ώστε να παράγουν ζωντανούς και γόνιμους απογόνους.
3. Όταν αυτό παρατηρηθεί, ο φραγμός εναντίον της αλληλογονιμοποιήσεως έχει



Εικόνα 15-11 *Ένα απλό πρότυπο του τρόπου με τον οποίο δύο πληθυσμοί ενός είδους απομονώνονται και εξελίσσονται προς δημιουργία δύο ειδών.*

συμπληρωθεί. Δύο είδη υπάρχουν εκεί που προηγουμένως υπήρχε μόνο ένα. Ακόμη και αν τα δύο είδη ζουν τώρα πλάι-πλάι, θα παραμένουν διακριτά και πιθανώς να συνεχίζουν να αναπτύσσουν ακόμη μεγαλύτερες διαφορές. Δεν είναι δυνατόν πλέον να αλληλογονιμοποιούνται και τα έμβρυα που προκύπτουν από τυχαία ζευγαρώματα συνήθως δεν αναπτύσσονται. Δύο νέα είδη έχουν εμφανισθεί στη θέση του ενός που υπήρχε πριν. Η εικόνα 15-11 δείχνει ένα πρότυπο του τρόπου με τον οποίο είναι δυνατόν να δημιουργηθεί ένα νέο είδος με τον τρόπο αυτό.

Μελέτησε την εικόνα 15-12 που παρέχει ένα πρότυπο για την εμφάνιση των ειδών πτηνών. Το παράδειγμα αυτό αρχίζει με ένα υποθετικό απλό είδος πτηνού. Το είδος αυτό ζει μόνο σε ψυχρά κλίματα. Τα πτηνά αυτά βρίσκονται σε μία μεγάλη περιοχή, η οποία περιλαμβάνει τους πρόποδες δύο οροσειρών, που βρίσκονται σε απόσταση 200 χιλιομέτρων η μία από την άλλη, καθώς και την πεδιάδα ανάμεσά τους (1). Με τον καιρό το κλίμα ολόκληρης της περιοχής αλλάζει και η δροσερή ζώνη μετατίθεται προς τα επάνω στις πλαγιές των οροσειρών (2). Όταν αυτό πραγματωθεί, τα πτηνά δεν είναι δυνατόν πλέον να ζήσουν στην πεδιάδα, παρά το ότι κατέχουν ακόμη



1. Ένα απλό είδος πτηνού περιορισμένου στις δροσερές ζώνες, που βρίσκονται σε δύο όρη, τα οποία απέχουν μεταξύ τους 200 χιλιόμετρα και που συνδέονται από μία πλατιά πεδιάδα.

2. Με την πάροδο του χρόνου το κλίμα αλλάζει και οι κατώτερες περιοχές γίνονται θερμές. Τα πτηνά δεν είναι δυνατόν να ζουν πλέον σε διαρκή επαφή και οι δύο πληθυσμοί σχεδόν απομονώνονται. (Άτομα που πετούν μεταξύ των ορέων αποτελούν εξαιρέσεις).

3. Κατά τη διάρκεια χιλιάδων ετών μεταλλάξεις και επιλογή κάνουν τους δύο πληθυσμούς γενετικά διακριτούς.

4. Ακόμη αργότερα η δροσερή ζώνη κινείται και πάλι και ξαναπεριλαμβάνει την πεδιάδα. Οι δύο πληθυσμοί παρά το ότι ενδημούν τώρα στην ίδια περιοχή δεν αλληλογονιμοποιούνται και έχουν γίνει δύο ξεχωριστά είδη.

Εικόνα 15-12 *Ένα πρότυπο όμοιο με εκείνο της εικόνας 15-11 για την καταγωγή δύο συγγενικών ειδών πτηνών.*

τις ανώτερες ψυχρές πλαγιές στα όρη.

Ο αρχικός πληθυσμός έχει τώρα διαχωρισθεί σε δύο πληθυσμούς, καθένας από τους οποίους ζει σε διαφορετική ορεινή περιοχή και διαχωρίζεται από την άλλη από τη μεγάλη πεδιάδα. Εκτός από τυχαίες πτήσεις ατόμων μεταξύ των ορέων, οι δύο πληθυσμοί είναι γεωγραφικά και με την πάροδο του χρόνου αναπαραγωγικά απομονωμένοι. Νέες μεταλλάξεις παρατηρούνται συνεχώς στους δύο πληθυσμούς και κάθε πληθυσμός αρχίζει να δείχνει διαφορές σε χρώμα, δομή ή λειτουργία (3). Οι διαφορές αυτές έχουν γενετική βάση και γίνονται τα χαρακτηριστικά του κάθε πληθυσμού. Τα αποθέματα γονιδίων σταδιακά γίνονται αρκετά διαφορετικά.

Μερικές χιλιάδες χρόνια αργότερα, όταν το κλίμα αλλάξει πάλι και η δροσερή ζώνη μετατοπισθεί πάλι κάτω, ώστε να περιλάβει την κοιλάδα μεταξύ των δύο οροσειρών, οι δύο πληθυσμοί έρχονται πάλι σε επαφή (4). Αλλά έχουν πλέον αναπτυχθεί λόγω της μακράς περιόδου απομονώσεως μεγάλες διαφορές ως αποτέλεσμα διαφόρων μεταλλάξεων και φυσικής επιλογής. Οι δύο πληθυσμοί δεν είναι πλέον δυνατόν να αλληλογονιμοποιούνται. Τα γονίδιά τους δεν είναι πλέον δυνατόν να συνεργάζονται προς δημιουργία γονίμων απογόνων. Οι δύο πληθυσμοί έχουν πλέον γίνει δύο διαφορετικά είδη.

Ένα άλλο παράδειγμα προέρχεται από τη λεπτομερή μελέτη της ποικιλότητας μεταξύ βατράχων. Η εικόνα 15-13 δείχνει βατράχους που θεωρούνταν προηγουμένως ότι ανήκαν

όλοι στο είδος ***Ράνα πίπιενς.*** Όπως βλέπετε, όλοι είναι αρκετά όμοιοι: βάτραχοι μέσου μεγέθους, με κηλίδες στη ράχη τους. Και όμως δεν είναι ίδιοι.

Οι βάτραχοι αυτοί έχουν μελετηθεί από τον Τζον Α. Μουρ στο Πανεπιστήμιο Κολούμπια. Όλα τα άτομα που προέρχονται από την ίδια περιοχή μοιάζουν μεταξύ τους, αλλά διαφέρουν από τα άτομα που προέρχονται από άλλες γεωγραφικές περιοχές. Όπου συναντιώνταν δύο πληθυσμοί, εκεί παρατηρείται κάποιος βαθμός αλληλογονιμοποιήσεως. Παρόλα αυτά οι πληθυσμοί των βατράχων παραμένουν διακριτοί εκτός των στενών περιοχών όπου συναντώνται.

Πώς θα ήταν δυνατόν να ονομάζουν οι βιολόγοι τους διαφορετικούς πληθυσμούς; Σήμερα θεωρούνται διαφορετικά είδη, αλλά η σπουδαία βιολογική ερώτηση δεν είναι το λατινικό τους όνομα· αυτό δεν εξηγεί τις διαφορές τους. Η σύγχρονη υπόθεση είναι ότι ο αρχικός πληθυσμός ήταν διεσπαρμένος σε μία μεγάλη περιοχή. Με την πάροδο του χρόνου, ο μεγάλος πληθυσμός διαχωρίστηκε σε ένα σύστημα τοπικών πληθυσμών, καθένας από τους οποίους προσαρμόστηκε στις τοπικές συνθήκες. Βαθμιαία οι τοπικοί αυτοί πληθυσμοί αποχωρίσθηκαν, ο ένας από τον άλλο, έως ότου καθένας από αυτούς έγινε γενετικά διάφορος από τους άλλους. Όλοι μαζί δίνουν ένα παράδειγμα εξελίξεως εν δράσει. Οι πληθυσμοί αυτοί βρίσκονται σε οριακό στάδιο διαχωρισμού σε είδη και αναγνωρίζονται σήμερα από τους βιολόγους ως ξεχωριστά είδη, παρά το ότι αλληλογονιμοποίηση είναι ακόμη εφικτή.

Οι βιολόγοι λοιπόν υποθέτουν ότι τα περισσότερα είδη προκύπτουν από βαθμιαία ανάπτυξη διαφορετικών δεξαμενών γονιδίων. Είναι δυνατόν να εξηγηθούν με τον ίδιο τρόπο οι ακόμη μεγαλύτερες διαφορές που διακρίνουν τους οργανισμούς σε ομοταξίες ή φύλα; Είναι αυτός ο τρόπος που προέκυψαν «σκυλόμορφα» ή «γατόμορφα» ζώα εκατομμύρια χρόνια πριν και είναι αυτός ο τρόπος με τον οποίο προέκυψε το σύγχρονο άλογο από τους μικρόσωμους προγόνους του;

Οι μεγάλοι αυτοί δρόμοι της εξελίξεως δεν είναι δυνατόν φυσικά να μελετηθούν άμεσα. Πραγματώθηκαν στο απώτερο παρελθόν. Ας θυμόμαστε όμως ότι σε προηγούμενα στάδια



Εικόνα 15-13 *Λεοπαρδαλόμορφοι βάτραχοι, που πρώτα θεωρούνταν ως ένα είδος* ***Ράνα πίπιενς.*** *Σήμερα όμως οι βιολόγοι θεωρούν ορισμένους πληθυσμούς ως διαφορετικά είδη. Οι εικονιζόμενοι είναι από τη Μασσαχουσέτη (επάνω), την Οκλαχόμα (μέση) και την Αριζόνα (κάτω).*

εξελίξεως, όπως και τώρα, μόνο μικρές διαφορές μεταξύ δύο στενά συνδεομένων πληθυσμών υπήρχαν. Καθώς οι διαφορές μεταξύ τους αύξαναν, έφθασαν σε ένα σημείο όπου η αληλογονιμοποίηση δεν ήταν πλέον εφικτή. Βρίσκονταν στο δρόμο για τη δημιουργία διαφορετικών ειδών. Κατά τη διάρκεια πολύ μεγάλων χρονικών περιόδων η πρόσκτηση ουσιαστικών διαφορών θα διαχώριζε τα είδη σε γένη, τάξεις και σε άλλα μεγάλα σύνολα φυτών και ζώων. Τα συγγενή άτομα που ταξινομούνται σήμερα σε είδη, γένη και τάξεις μιας ομοταξίας είναι δυνατόν να προέρχονται όλα από ένα σύνολο πληθυσμών που κάποτε ήταν πολύ συγγενείς. Από τη μελέτη των απολιθωμάτων γνωρίζομε ότι οι πρόγονοι του σκύλου και της γάτας δε διέφεραν πολύ μεταξύ τους πριν 40 εκατομμύρια χρόνια. Ίσως μάλιστα ήταν άτομα του ίδιου είδους.

Οι βιολόγοι γενικά συμφωνούν ότι το είδος της ποικιλότητας, που παρατηρείται σήμερα στους πληθυσμούς, δίνει ισχυρές ενδείξεις ότι οι δυνάμεις, που λειτουργούν σήμερα, είναι οι ίδιες με εκείνες που ήταν υπεύθυνες για την εξέλιξη στο παρελθόν.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι άνθρωποι έχουν δημιουργήσει νέους τύπους φυτών και ζώων. Έμαθαν από τα πολύ παλαιά χρόνια να εξημερώνουν οργανισμούς που τους ήταν χρήσιμοι. Αργότερα εφάρμοσαν την επιλογή για την ανάπτυξη νέων ποικιλιών για γεωργικούς σκοπούς. Οι βιολόγοι έχουν την άποψη ότι οι ίδιες αρχές έχουν εφαρμογή και κατά την ανάπτυξη νέων τύπων στη φύση.

Οι πληθυσμοί όταν διαχωρισθούν γεωγραφικά, αναπτύσσουν διακριτά αποθέματα γονιδίων λόγω μεταλλάξεων και επιλογής. Κατά τη διάρκεια εκτεταμένων χρονικών περιόδων οι πληθυσμοί αυτοί είναι δυνατόν να γίνουν τόσο διαφορετικοί, ώστε δεν αναπαράγονται πλέον μεταξύ τους· τότε, λέγεται, ότι έχουν δημιουργηθεί νέα είδη. Παρά το ότι μακροχρόνιες εξελικτικές αλλαγές είναι δύσκολο να παρατηρηθούν, οι βιολόγοι είναι σε θέση να παρατηρούν τις σταδιακές αλλαγές που προκύπτουν σε πληθυσμούς ως αποτέλεσμα επιλογής. Οι ενδείξεις δείχνουν ότι οι ίδιες διαδικασίες, που είναι χαρακτηριστικές της ζωής επάνω στη γη, εξακολουθούν να λειτουργούν και σήμερα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Πώς διαφέρει η τεχνητή επιλογή από τη φυσική επιλογή;
2. Τι είναι η «υβριδική ρώμη»;
3. Ποιοι είναι μερικοί από τους παράγοντες που λειτουργούν κατά την απομόνωση ενός πληθυσμού και της δεξαμενής των γονιδίων του;
4. Κατά ποιο στάδιο εξελίξεως δύο αποθέματα γονιδίων θεωρούνται ότι ανήκουν σε ξεχωριστά είδη;
5. Ποιες εργαστηριακές ενδείξεις υποδεικνύουν ότι μερικά αποθέματα γονιδίων είναι δυνατόν να αναμιχθούν, αν αντιμετωπισθούν ή απομακρυνθούν οι παράγοντες απομονώσεως;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑ ΣΗΜΕΙΑ

Νέα είδη πληροφοριών στο DNA παρουσιάζονται στα κύτταρα ως αποτέλεσμα μοριακών αλλοιώσεων. Οι νέες αυτές πληροφορίες ονομάζονται μεταλλάξεις και παρατηρούνται σπανίως. Συνήθως ένα συγκεκριμένο γονίδιο μεταλλάσσεται μόνο μία φορά σε κάθε εκατό χιλιάδες ή και περισσότερες γενιές κυττάρων. Επειδή όμως υπάρχουν τόσα πολλά γονίδια μέσα σε κάθε κύτταρο, είναι πιθανό ότι ένα κύτταρο στα δέκα ή στα είκοσι θα έχει μία μετάλλαξη σε κάποιο γονίδιο σε κάθε γενιά κυττάρων.

Παρά το ότι οι ρυθμοί φυσικών μεταλλάξεων είναι χαμηλοί, είναι δυνατόν να επιταχυνθούν από ορισμένους εξωτερικούς παράγοντες. Ακτινοβολία υψηλής ενέργειας, για παράδειγμα, είναι πολύ αποτελεσματική για την επαγωγή μεταλλάξεων. Η ακτινοβολία είναι επίσης δυνατόν να έχει σοβαρές επιπτώσεις στα σωματικά κύτταρα. Μεταλλάξεις όμως που παρατηρούνται σε αναπαραγωγικά κύτταρα είναι πιο σπουδαίες από γενετικής απόψεως, γιατί οι μεταλλάξεις αυτές μεταδίδονται στους απογόνους.

Κατά τη μελέτη των πληθυσμών, όλα τα γονίδια που συνεισφέρονται από τα μέλη του

πληθυσμού κατά τη δημιουργία της επόμενης γενιάς εξετάζονται συγκεντρωτικά, θεωρούμενα ως ένα απόθεμα γονιδίων. Λόγω των πολλαπλών παραγόντων που επηρεάζουν την επιλογή του συντρόφου για το ζευγάρωμα, τα γονίδια κατά τη γονιμοποίηση ομαδοποιούνται σχεδόν επί τυχαίας βάσεως. Κατά κανόνα οι αναλογίες των διαφόρων αλληλομόρφων παραμένουν σταθερές από γενιά σε γενιά.

Τα αποθέματα γονιδίων των πληθυσμών αλλάζουν σταδιακά λόγω διαφόρων παραγόντων. Νέα γενετική ποικιλότητα εισάγεται διά των μεταλλάξεων. Μερικά αλληλόμορφα εμφανίζονται πιο συχνά από άλλα λόγω των πλεονεκτημάτων που εμφανίζουν σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον. Άτομα είναι δυνατόν να προσθέτονται ή να απομακρύνονται από πληθυσμούς, αλλάζοντας τις αναλογίες των γονιδίων. Και οι πληθυομοί απομονώνονται, μειώνοντας τη δυνατότητα γενετικής ανταλλαγής με άλλους πληθυσμούς.

Λόγω των βραδέων αλλαγών των αποθεμάτων γονιδίων των πληθυσμών, που είναι μερικά ή ολικά απομονωμένοι, οι πληθυσμοί γίνονται όλο και πιο διαφορετικοί. Τα μέλη κάθε πληθυσμού έχουν εμφάνιση και λειτουργικότητα διαφορετική και τελικά γίνονται διακριτοί γενετικά. Με την πάροδο του χρόνου τα μέλη ενός πληθυσμού είναι δυνατόν να αναπαράγονται μόνο με άλλα από τους δικούς τους πληθυσμούς. Απομονώνονται γενετικά από άλλους πληθυσμούς. Με τον τρόπο αυτό προκύπτουν νέες ποικιλίες και υποείδη και τελικά είναι δυνατόν να δημιουργηθούν νέα είδη. Οι παράγοντες που συνεισφέρουν στη δημιουργία νέων ειδών είναι βασικά οι ίδιοι που χρησιμοποιήθηκαν από τους ανθρώπους για την ανάπτυξη νέων τύπων φυτών και ζώων για γεωργικούς και άλλους σκοπούς.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πότε γίνεται αρνητική επιλογή βλαβερών υπολειπομένων μεταλλάξεων;
2. Γιατί είναι σπουδαίο από βιολογικής απόψεως να διακρίνονται τα αποτελέσματα της ακτινοβολίας στα σωματικά κύτταρα από τα αποτελέσματα στα γαμετοκύτταρα;
3. Δώστε ένα παράδειγμα μελέτης «οικογενειακής γενετικής» ή «πληθυσμιακής γενετικής».
4. Γιατί, κατά τη γνώμη σας, οι αναλογίες των αλληλομόρφων σε ένα πληθυσμό παραμένουν γενικά σταθερές από γενιά σε γενιά;
5. Τι προκαλεί τη γενετική απομόνωση των ακολούθων πληθυσμών;
   (α) Του σπίνου Γούντπεκερ και του ωδικού σπίνου στα νησιά Γκαλαπάγκος;
   (β) Του σκίουρου Κάιμπαμπ και του σκίουρου Άμπερτ;
6. Γιατί ένα γονίδιο, όπως αυτό της αιμοφιλίας, είναι απίθανο να εξαλειφθεί τελείως από ένα πληθυσμό;
7. Πώς οι διάφοροι πληθυσμοί βατράχων που κάποτε κατατάσσονταν μαζί ως ***Ράνα πίπιενς*** παρέχουν ενδείξεις ότι η εξέλιξη παρατηρείται και σήμερα;
8. Δώστε ένα παράδειγμα για το πώς η επιλεκτική αναπαραγωγή έχει δημιουργήσει μία βελτιωμένη ποικιλία φυτών ή ζώων.
9. Ποια πειράματα δείχνουν ότι η ακτινοβολία Χ επάγει πραγματικά θανατογόνες μεταλλάξεις; Περιγράψτε σύντομα τέτοια πειράματα.
10. Ποιοι παράγοντες της ατμόσφαιρας και των πετρωμάτων της γης είναι δυνατόν να έχουν επαγάγει μεταλλάξεις; Περιγράψτε τους.

ΑΡΘΡΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΒΑΣΜΑ

Baer, A. S. *The Genetic Perspective*. Philadelphia, W. B. Saunders Co., 1977.

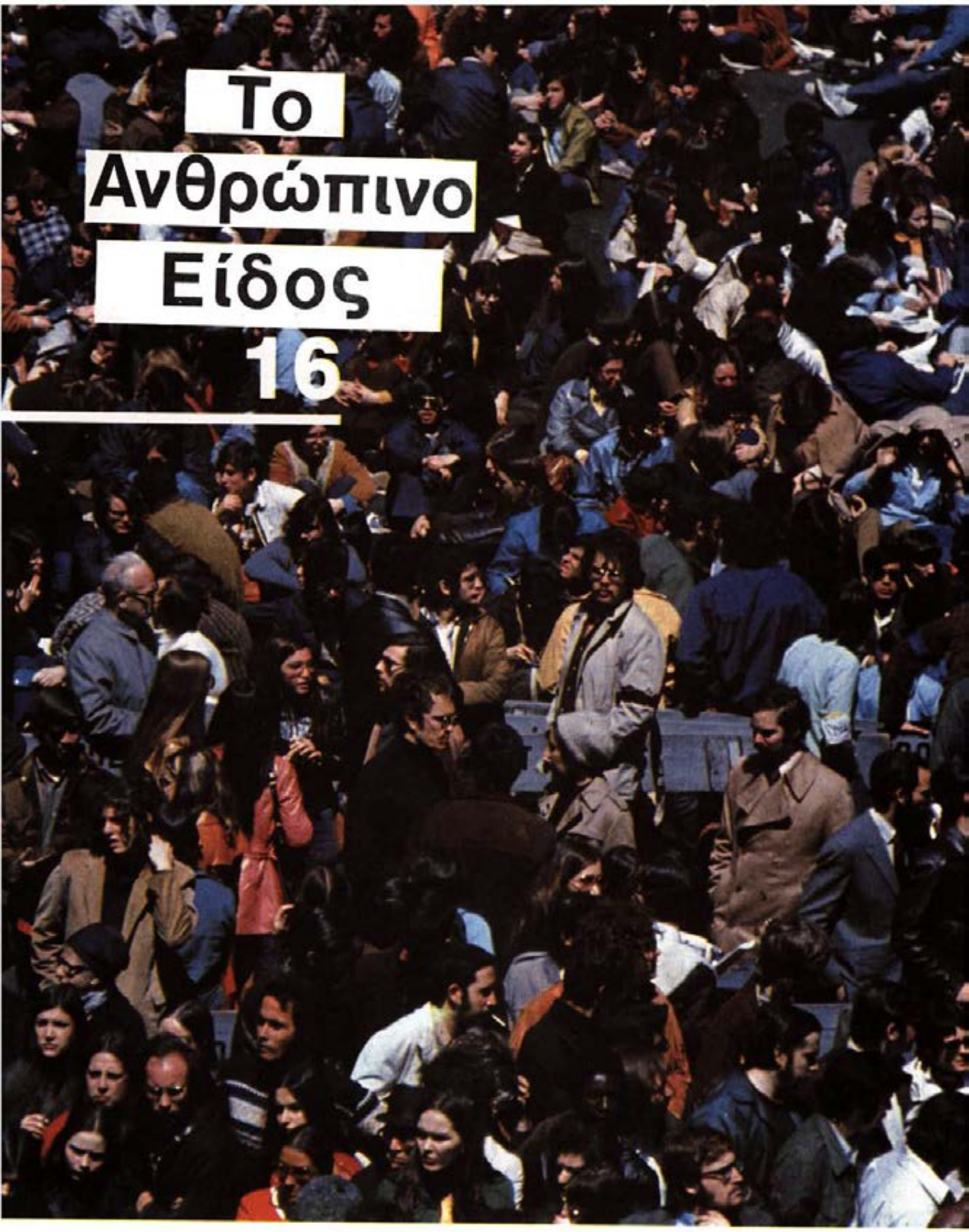
Novitski, E. *Human Genetics*. New York, Macmillan, 1977.

Solbrig, O., and D. Solbrig. *An Introduction to Population Biology and Evolution*. Reading, Mass., Addison-Wesley Publishing Co., 1979.

Spiess, E. B. *Genes in Populations*. New York, John Wiley & Sons, 1977.

Wallace, B. *Essays in Social Biology, Volume II: Genetics, Evolution, Race, Radiation Biology*. Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, 1972.

Το Ανθρώπινο Είδος 16



Ένα πλήθος αυτού του μεγέθους επιβεβαιώνει την τεράστια ποικιλία που ενυπάρχει στο απόθεμα των γονιδίων του ανθρώπου.

Αν τα νέα είδη εξελίσσονται από τα παλαιά, από ποιο είδος προέκυψαν τα σύγχρονα ανθρώπινα όντα; Οι βιολόγοι συμφωνούν ότι αυτό ήταν ένα άλλο ανθρώπινο είδος. Είναι γνωστό ότι η ιστορία των ανθρωπίνων όντων περιλαμβάνει αρκετά και διαφορετικά είδη, παρά το ότι μόνον ένα υπάρχει σήμερα.

Μεταξύ των συγχρόνων ατόμων του είδους *Άνθρωπος ο έμφρων* δεν υπάρχουν γενετικοί φραγμοί, που να εμποδίζουν τη δημιουργία απογόνων μεταξύ τους. Οι μόνες γενετικές διαφορές μεταξύ διαφόρων ανθρωπίνων συνόλων είναι αυτές, που προέκυψαν από μακροχρόνια απομόνωση λόγω φυλετικών, κοινωνικών ή γεωγραφικών αιτίων. Συγχρόνως ο χρόνος μας έχει απομονώσει από τα άλλα είδη του *Ανθρώπου* που ζούσαν στο παρελθόν. Γενετικές διαφορές επισωρεύονται με την πάροδο του χρόνου. Υπήρξε ανταγωνισμός κατά το παρελθόν, όταν ανθρώπινα όντα έρχονταν σε επαφή με άλλα ή τα είδη αυτά απομονώνονται κατά το παρελθόν μεταξύ τους χρονικώς; Οι ανθρωπολόγοι – οι βιολόγοι που μελετούν τον ανθρώπινο πολιτισμό και την εξέλιξη – δεν είναι βέβαιοι για τις απαντήσεις τους. Όλοι αναζητούν ακόμη περισσότερα δεδομένα.

Στο κεφάλαιο αυτό θα μάθετε ότι είναι γνωστό για την περίπλοκη γενετική και την ιστορία της εξελίξεως των ανθρωπίνων όντων.

Η εξέλιξη των ανθρωπίνων όντων

16-1
Πώς μεταδίδονται τα ανθρώπινα χαρακτηριστικά;

Οι περισσότερες από τις ανακαλύψεις που αφορούν τη γενετική του ανθρώπου έχουν προέλθει από περιπτώσεις όπου κάτι δεν πάει καλά. Ανθρώπινα όντα δεν χρησιμοποιούνται σε πειράματα διασταυρώσεων, όπως θα διαβάσετε στη Βιολογία περιληπτικά στη σελίδα 288.

Ακόμη και οι ομάδες αίματος Α-Β-Ο ανακαλύφθηκαν, όταν κάτι δεν πήγε καλά. Στις πρώτες προσπάθειες να σωθούν ανθρώπινες ζωές με μεταγγίσεις, πολλές φορές παρατηρήθηκε συγκόλληση ή θρόμβωση των κυττάρων του δότη στο σώμα του ασθενούς. Με την πάροδο του χρόνου έγινε γνωστό ότι η αντίδραση αυτή είχε ως αιτία το διαφορετικό γενετικό τύπο του αίματος του ασθενούς. Η άμυνα του σώματος του ασθενούς αντιδρούσε με τη συγκόλληση και την απομόνωση των κυττάρων του δότη.

Βαθμιαία έχουν πολλά ανακαλυφθεί στον τομέα της γενετικής του ανθρώπου, που δείχνουν ότι τα περισσότερα ανθρώπινα χαρακτηριστικά έχουν γενετική προέλευση. Γονίδια για περισσότερα από 200 χαρακτηριστικά έχουν χαρτογραφηθεί στα ανθρώπινα χρωματοσώματα. Αλλά είναι πιθανό ότι περισσότερα από 40.000 γονίδια υπάρχουν στα χρωματοσώματα αυτά. Η δράση τους είναι πολύ πιο δύσκολο να αποκαλυφθεί από ό,τι νόμιζαν παλαιότερα. Ακόμη και χαρακτηριστικά που πίστευαν ότι ελέγχονται από ένα απλό ζεύγος γονιδίων, έχει συνήθως αποδειχθεί ότι ελέγχονται από αρκετά αλληλόμορφα ή από δύο ή περισσότερα ζεύγη γονιδίων. Το χρώμα των ματιών και της κόμης και το σχήμα των λοβών των αυτιών ανήκουν σ' αυτή την κατηγορία. Δεν είναι χαρακτηριστικά ελεγχόμενα από ένα απλό ζεύγος γονιδίων. Οι βιολόγοι συνεχίζουν να αντιλαμβάνονται όλο και περισσότερο πόσο περίπλοκη είναι η ιστορία της εξελίξεως των 46 ανθρωπίνων χρωματοσωμάτων. Μεταλλάξεις και άλλα γενετικά ατυχήματα έχουν οδηγήσει στη δημιουργία των



Εικόνα 16-1 *Ο χιμπαντζής Σάρα έχει δύο πλαστικές «λέξεις», που τις συνδέει με τις έννοιες «ίδιο» (ανοικτό χρώμα) και «διαφορετικό» (έντονο χρώμα). Έχει παρατηρήσει να χύνουν υγρό από ένα γεμάτο δοχείο υγρού, όμοιο με αυτό στα αριστερά, σε ένα δοχείο με μεγάλο άνοιγμα στα δεξιά. Η δοκιμασία αυτή της ευφυΐας είναι γνωστή ως* ***διατήρηση της ποσότητας του υγρού.*** *Δεν φαίνεται τώρα, ότι το ένα δοχείο δεν περιέχει πιο πολύ υγρό από το άλλο; Η Σάρα όμως, όταν αφεθεί μόνη της, το ξανασκέπτεται και κατόπιν τοποθετεί την πλαστική λέξη «ίδιο» ανάμεσα στα δύο δοχεία. Όλα τα ανθρώπινα όντα της ηλικίας της Σάρας (14 χρόνων) δεν τα καταφέρνουν το ίδιο καλά, αν και αποτυχίες είναι πιο κοινές σε αρκετά νεότερους μαθητές σχολείου.*

χρωματοσωμάτων αυτών κατά τη διάρκεια δισεκατομμυρίων ετών. Το αποτέλεσμα είναι ένας ανθρώπινος γενετικός μηχανισμός τόσο περίπλοκος, ώστε προφανώς έχει μόνο λίγα χαρακτηριστικά ελεγχόμενα με τόσο απλούς μηχανισμούς όσο αυτούς που ο Μέντελ μελέτησε στα μπιζέλια. Ακόμη και ο ίδιος ο Μέντελ είχε ερευνήσει για αρκετά χρόνια τα μπιζέλια, μέχρις ότου απομόνωσε λίγα χαρακτηριστικά, τα οποία φαίνονταν ότι ήταν εύκολο να μελετηθούν. Τα ίδια τα μπιζέλια είναι προϊόν μακροχρόνιας εξελίξεως.

Τα ανθρώπινα χαρακτηριστικά, όπως το μέγεθος και το σχήμα του σώματος, συγκαταλέγονται μεταξύ των φυσικών χαρακτηριστικών που έχει αποδειχθεί ότι είναι πολύ δύσκολο να διερευνηθούν. Κανένα από τα χαρακτηριστικά αυτά δεν ελέγχεται από ένα ή δύο ζεύγη γονιδίων. Η ανθρώπινη ευφυΐα είναι ένα ακόμη πιο περίπλοκο πρόβλημα από γενετικής απόψεως. Δοκιμασίες της ευφυΐας, για παράδειγμα, οδηγούν στην αναγνώριση πολλών και διαφόρων ποιοτικών τύπων ανθρώπινης ευφυΐας. Αυτός είναι ο λόγος, ότι κάθε τυποποιημένη δοκιμασία ευφυΐας, που παίρνετε, αποτελείται από τόσο πολλά και διαφορετικά παραρτήματα. Θυμάσθε μερικά από τα παραρτήματα αυτά;

Οι βιολόγοι είναι βέβαιοι ότι ορισμένα από τα χαρακτηριστικά, που ονομάζονται «ευφυΐα», δεν είναι ούτε καν μοναδικά στον άνθρωπο. Άλλα ανώτερα ζώα δείχνουν επίσης τα ίδια χαρακτηριστικά σε διάφορους βαθμούς (εικόνα 16-1). Αν σκεφθείτε προσεκτικά, θα περιμένετε ότι όλα τα χαρακτηριστικά, που προσδιορίζουν την ευφυΐα, θα εμφανίζονταν σταδιακά με τη διαδικασία της εξελίξεως αντί να εμφανισθούν όλα μαζί με μιας σε ένα είδος οργανισμού. Τα ανθρώπινα είδη κληρονόμησαν αναμφισβήτητα από τους προγόνους τους πολλά από τα χαρακτηριστικά, που συνδέονται με την ευφυΐα, αλλά εξακολουθούν να εξελίσσονται.

Περιβαλλοντικοί παράγοντες περιπλέκουν ακόμη πιο πολύ τη μελέτη των χαρακτηριστικών, όπως το μέγεθος και το σχήμα του σώματος ή την ευφυΐα. Βελτιωμένη διατροφή έχει οδηγήσει σε αύξηση του μεγέθους του σώματος στο μεγαλύτερο τμήμα του κόσμου. Επίσης τακτική άσκηση αυξάνει την ανάπτυξη των μυών και αλλάζει το σχήμα του σώματος. Σχετικώς με την ευφυΐα, πολλοί παράγοντες, όπως οικογένεια, γειτονιά και πολιτιστικό περιβάλλον, την επηρεάζουν (ή επηρεάζουν τις μεθόδους, που τη μετρούμε), ειδικώς στα νεαρά παιδιά. Το περιβάλλον είναι δυνατόν να επιδράσει στην ευφυΐα ακόμη και πριν από τη γέννηση. Ένα ελλιπές διαιτολόγιο της γυναίκας, που κυοφορεί, ιδίως κατά τις πρώτες εβδομάδες της αναπτύξεως του εμβρύου, είναι δυνατόν να επιδράσει αρνητικά στην ταχεία διαφοροποίηση και ανάπτυξη του εγκεφάλου του εμβρύου.



Εικόνα 16-2 *Κατά την τελευταία παγετώδη περίοδο πρωτόγονα ανθρώπινα όντα κατοικούσαν σε σπήλαια στην Ευρώπη. Συχνά ζωγράφιζαν τα τοιχώματα των σπηλαίων με ζώα και αντικείμενα που ήταν μέρος της ζωής τους.*

Η γενετική είναι βασικό στοιχείο στην κατανόηση της εξελίξεως. Και όμως αρχίζετε να αντιλαμβάνεσθε ότι η γενετική του ανθρώπου αυτή καθαυτή δεν έχει ακόμη κατανοηθεί πλήρως. Υπάρχουν λόγοι γι' αυτή την έλλειψη κατανοήσεως της ανθρώπινης γενετικής. Τα ανθρώπινα όντα δεν είναι ιδανικοί οργανισμοί για τη μελέτη της κληρονομικότητας. Τα πολλά χρόνια κάθε ανθρώπινης γενιάς, η δυσκολία ακριβούς μετρήσεως πολλών χαρακτηριστικών, η αδυναμία χρήσεως προσχεδιασμένων διασταυρώσεων και ο μικρός αριθμός των απογόνων κατά οικογένεια δημιουργούν δυσκολίες για το γενετιστή. Παρά τις δυσκολίες αυτές, η κατανόηση της γενετικής του ανθρώπου αυξάνει γρήγορα. Βαθμιαία είναι δυνατόν να δώσει μια ολοκληρωμένη εικόνα της εξελίξεως του ανθρώπου.

Στο μεταξύ, οι γενετιστές και οι βιοχημικοί έχουν βρει τρόπους να παρακάμψουν το πρόβλημα της ελλείψεως γενετικών δεδομένων για τη μελέτη της εξελίξεως του ανθρώπου. Η δομή του DNA των γονιδίων και των πρωτεϊνών που δημιουργούνται κάτω από τον έλεγχο των γονιδίων είναι δυνατόν να αναλυθούν χημικώς. Οι δομές αυτών στους ανθρώπους είναι δυνατόν να συγκριθούν κατόπιν με τη δομή του DNA και των πρωτεϊνών σε άλλους οργανισμούς. Τα ένζυμα, οι ορμόνες και άλλες πρωτεΐνες (δομικά συστατικά του σώματος) είναι τα κύρια συστατικά που δημιουργούνται υπό τον έλεγχο των γονιδίων. Πληροφορίες για την εξέλιξη του ανθρώπου είναι δυνατόν να συγκεντρωθούν από βιοχημικές συγκρίσεις του DNA και των πρωτεϊνών του ανθρώπου και άλλων ανωτέρων ζώων.

Θα διαβάσετε για τα αποτελέσματα μερικών από τις βιοχημικές αυτές έρευνες σε άλλα τμήματα του κεφαλαίου αυτού. Οι περισσότερες όμως ενδείξεις για την εξέλιξη του ανθρώπου προέρχονται από τη μελέτη των απολιθωμάτων.

16-2
Ποιοι είναι οι πρόγονοι των ανθρώπων;

Απολιθωμένα υπολείμματα ανθρωπομόρφων κρανίων και οστών έχουν βρεθεί και μελετηθεί εδώ και εκατό χρόνια περίπου. Στην αρχή κανείς δεν συνειδητοποίησε την ηλικία τους ή τη σπουδαιότητά τους. Περιοχές με αρχαία σπήλαια στη Γαλλία και άλλα μέρη της Ευρώπης και της Ανατολής οδήγησαν τους ανθρώπους στη μερική κατανόηση του μακρού χρόνου κατά τον οποίο οι πρόγο-



Εικόνα 16-3 *Εκμαγεία κάψας κρανίου και μηριαίου οστού από τα πρώτα ανθρωπόμορφα απολιθώματα που βρέθηκαν στην Ιάβα. Τα πραγματικά, που περιλαμβάνουν επίσης μία γνάθο και δόντια, βρίσκονται σε μουσείο στην Ολλανδία.*

νοί τους ζούσαν στη γη πριν από αυτούς. Υπολείμματα φωτιάς, καμένα οστά ζώων, ακόμη και ωραίες ζωγραφικές παραστάσεις (εικόνα 16-2) βρέθηκαν σε αυτές τις σπηλιές. Ενώ τα ευρήματα αυτά ήταν γνωστό ότι ήταν αρχαία, οι πρώτοι ερευνητές δεν είχαν ιδέα πότε άρχισε η ανθρώπινη ζωή πάνω στη γη.

Μέχρι τον αιώνα μας τα αρχαιότερα γνωστά ανθρωπόμορφα απολιθώματα ήταν ένα κρανίο, δόντια, σιαγόνες και οστά του άνω σκέλους, που βρέθηκαν στην Ιάβα, ένα νησί της Ινδονησίας απέναντι από τις ακτές της νοτιοανατολικής Ασίας. Το κρανίο δεν ήταν πλήρες (εικόνα 16-3). Η σιαγόνα πρόβαλλε προς τα εμπρός και η κρανιακή κοιλότητα ήταν μικρή (περίπου 1100 κυβικά εκατοστά) σε σύγκριση με τα 1400 των συγχρόνων ανθρώπων. Στην αρχή τα απολιθώματα αυτά δεν τα κατέταξαν στο γένος των ανθρωπίνων όντων *Άνθρωπος*. Σήμερα τα κατατάσσουν σε αυτό. Πρόσθετες ανακαλύψεις, όπως απολιθώματα με αποξυσμένα και λειασμένα εργαλεία από οστά, υπολείμματα φωτιάς καθώς και συγκεντρωμένα οστά ζώων, που προφανώς χρησιμοποιήθηκαν για τροφή, συνηγορούν στην άποψη ότι τα όντα που βαδίζουν όρθια ήταν άνθρωποι. Το γεγονός ότι συνέλεγαν την τροφή τους και τη μετέφεραν στην κατοικία τους, όπου τη διαμοιράζονταν μεταξύ τους, θεωρείται ως σπουδαίο στοιχείο για το χαρακτηρισμό τους ως ανθρώπων. Αυτό το είδος της συμπεριφοράς συγκεντρώσεως και διανομής της τροφής είναι έμφυτο σε ορισμένα είδη εντόμων. (Για παράδειγμα, τα μυρμήγκια σε μία αποικία μυρμηγκιών συγκεντρώνουν τροφή και τη μεταφέρουν στη φωλιά τους). Αλλά το ίδιο είδος συμπεριφοράς δεν είναι έμφυτο στα ανώτερα θηλαστικά· είναι προϊόν βουλήσεως ή μαθήσεως. Η βουλητική συμπεριφορά προσιδιάζει σε μία κοινωνική οργάνωση, γνωστή μόνο στους ανθρώπους. Οι άνθρωποι διαμοιράζονται την τροφή ως αποτέλεσμα της διαιρέσεως του εργατικού δυναμικού μεταξύ της προσκτήσεως της τροφής και των άλλων ασχολιών. Το γεγονός ότι αυτά τα πρωτόγονα όντα που βάδιζαν όρθια είχαν εγκέφαλο μικρότερου του σύγχρονου ανθρώπου δεν θεωρείται αναγκαστικά σπουδαίο για τη μη αναγνώρισή τους ως ανθρώπων. Τα μεγέθη του εγκεφάλου και η ευφυΐα δεν συνδέονται στενά ακόμη και μεταξύ συγχρόνων ανθρώπων. Η δομή του εγκεφάλου εντός των ορίων της σχετικής διακυμάνσεως του μεγέθους του εγκεφάλου είναι πιο σπουδαία από τα αποτελέσματα των μετρήσεων του μεγέθους.

Ευρήματα απολιθωμάτων που συμφωνούν με τα πρώτα, τα οποία βρέθηκαν στην Ιάβα, βρέθηκαν αργότερα στην Ασία, στην Πρόσω Ανατολή, στην Ευρώπη και στην Αφρική. Τα απολιθώματα αυτά κατατάσσονται στο είδος *Άνθρωπος ο ορθός* (που σημαίνει ανθρώπινα όντα με όρθια στάση). Και αυτά όμως τα άτομα, που ζούσαν ακόμη και 1,5 εκατομμύριο χρόνια πριν, ίσως να μην ήταν τα πρώτα ανθρώπινα όντα.

Ακόμη και πριν 20 έως 35 εκατομμύρια χρόνια ζούσαν εξελιγμένα όντα μεγαλύτερα από αυτά τα οποία εξελίχθηκαν σε πιθήκους. Είναι γνωστά από πολλά υπολείμματα σιαγόνων, δοντιών και οστών. Αυτά τα πρωτόγονα όντα έχουν καταταχθεί στο γένος *Δρυοπίθηκος*. Σχετικώς πιο πρόσφατα απολιθώματα δείχνουν ότι τρία άλλα είδη παρομοίων όντων εμφανίσθηκαν πριν 10 έως 15 εκατομμύρια χρόνια. Ένα από αυτά, ο *Ραμαπίθηκος*, είχε ένα μικρό πρόσωπο όπως συμπεραίνεται από τη σιαγόνα του και τα δόντια του. Δεν έχουν βρεθεί πλήρη ή σχεδόν πλήρη απολιθώματα από κανένα από τα όντα αυτά. Από αυτό είσθε σε θέση να συμπεράνετε ότι υπάρχει μεγάλος βαθμός αβεβαιότητας στην υπόθεση ότι ο *Ραμαπίθηκος*, με το μικρό πρόσωπο και τις κάπως μη πιθηκόμορφες σιαγόνες, ίσως ήταν ο αρχαίος πρόγονος των ανθρωπίνων όντων.

Υπάρχει ένα κενό στον κατάλογο των απολιθωμάτων από την εποχή του *Ραμαπιθήκου* έως και 3 ή 4 εκατομμύρια χρόνια πριν από την εποχή μας. Από τότε, δηλαδή εδώ και περίπου ένα εκατομμύριο χρόνια, έζησαν αρκετά είδη που ενδιαφέρουν τους ανθρωπογόνους και τα οποία άφησαν απολιθώματα. Αλλά ακόμη και οι ανακαλύψεις τέτοιων απολιθωμάτων είναι σχετικώς σπάνιες. Παρόλα αυτά μερικά από τα απολιθώματα αυτά έχουν προσθέσει και άλλα τμήματα κρανίων καθώς και άλλα τμήματα ή πλήρη οστά από βραχίονες και σκέλη. Η ιστορία των ανθρωπίνων όντων αποκαλύπτεται κατά το μεγαλύτερο μέρος της από τα απολιθώματα αυτά.

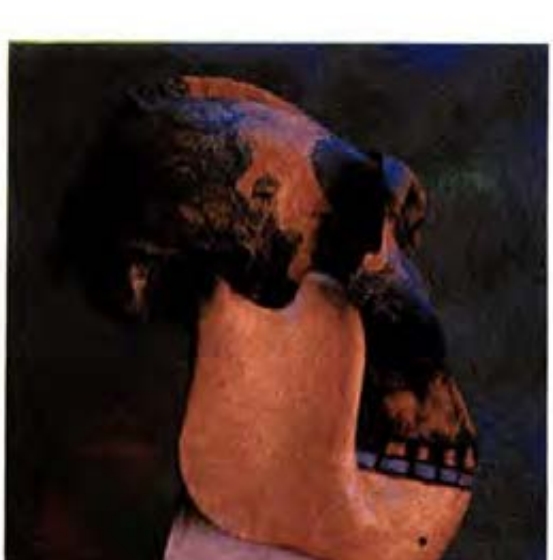


16-3
Ο κρίκος προς τον άνθρωπο

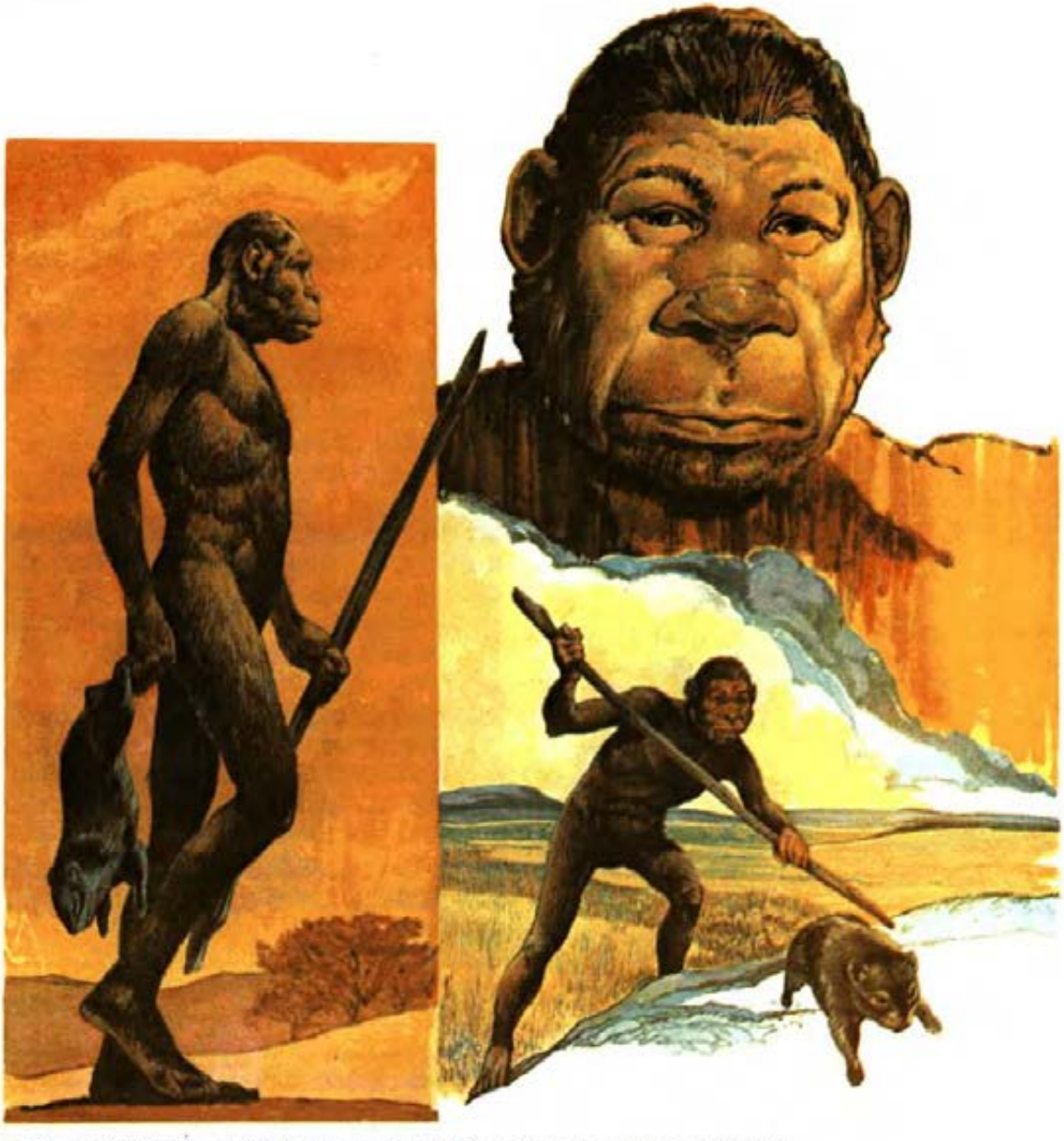
Τουλάχιστον τέσσερα διαφορετικά είδη ορθο-βαδιστικών ατόμων είναι τώρα γνωστά από τα εκτεταμένα απολιθωματοφόρα στρώματα της Αφρικής. Ένα από αυτά είναι το είδος στο οποίο ανήκουν επίσης και τα απολιθώματα της λάβας, *Άνθρωπος ορθός*.

Καμιά φορά λιθάρια, λειασμένα στα άκρα, βρίσκονται μαζί με τα διάφορα αυτά απολιθώματα. Επίσης οστά ζώων, τα οποία προφανώς χρησιμοποιήθηκαν ως τροφή. Τα λειασμένα λιθάρια έχουν βρεθεί μαζί με τα απολιθώματα τόσο σε εναποθέσεις εδάφους, που περιέχουν και άλλα λιθάρια, όσο και σε εναποθέσεις, που δεν περιέχουν άλλα λιθάρια αλλά μόνον αυτά. Οι ανθρωπολόγοι πιστεύουν ότι τα άτομα των διαφόρων ορθοβαδιστικών ειδών συγκέντρωσαν τα λιθάρια στις τοποθεσίες αυτές για να τα χρησιμοποιήσουν ως εργαλεία.





Εικόνα 16-4 *(Άνω) Ένα κρανίο Αυστραλοπιθήκου του είδους Αυστραλοπίθηκος ο αφρικανός (ή λεπτός). Τα χαρακτηριστικά του είναι λεπτότερα από αυτά των άλλων κρανίων, που φαίνονται σε αυτή την εικόνα. (Μέση). Ένα κρανίο του είδους Αυστραλοπίθηκος μπόζει (ή εύρωστος) με την οστέινη παρυφή στο άνω μέρος του κρανίου. (Κάτω). Ένα άλλο κρανίο του Αυστραλοπιθήκου μπόζει με την οστέινη παρυφή στο άνω μέρος του κρανίου και μία αναπαράσταση της κάτω σιαγόνας. Και τα τρία κρανία βρέθηκαν χωρίς κάτω σιαγόνα. Αντιπροσωπευτικές όμως σιαγόνες έχουν βρεθεί ξεχωριστά και υποδεικνύουν ότι ο Αφρικανός είχε μικρότερη κάτω σιαγόνα από τον μπόζει.*



Εικόνα 16-5 *Ο Αυστραλοπίθηκος ο αφρικανός, όπως τον αναπαριστά ένας καλλιτέχνης, στο φυσικό του περιβάλλον, κυνηγώντας με ένα μακρύ εργαλείο που έμοιαζε με ραβδί ή ακόντιο. Το μεγάλο στοματικό άνοιγμα και το πλήρες κάτω χείλος, όπως φαίνεται εδώ, εμφάνιζαν την κάτω σιαγόνα μικρότερη από ό,τι θα έδειχνε κάτω από άλλες συνθήκες.*

Δύο από αυτά τα απολιθωμένα είδη, περιλαμβανομένων των αρχαιοτέρων γνωστών από τα τέσσερα είδη, κατατάσσονται σήμερα στο γένος *Αυστραλοπίθηκος*. Παλαιότερα είχαν μελετηθεί ως πιθανοί πρόγονοι των ανθρωπίνων όντων. Εντούτοις σήμερα φαίνεται ότι και τα δύο αυτά είδη του *Αυστραλοπιθήκου* ζούσαν την ίδια εποχή με τα πρωτόγονα ανθρώπινα όντα. Νέες ανακαλύψεις απολιθωμάτων στο μέλλον θα βοηθήσουν στη διαλεύκανση του ερωτήματος, αν κάποιο από τα δύο αυτά είδη εμφανίσθηκε πριν από τα ανθρώπινα όντα.

Τα γνωστά απολιθώματα αποδεικνύουν ότι ο *Αυστραλοπίθηκος* (εικόνες 16-4 και 16-5) εβάδιζε όρθιος, πολύ περισσότερο όρθιος από ό,τι οι σύγχρονοι πίθηκοι. Αυτό σημαίνει ότι η όρθια στάση εκείνον τον καιρό ήταν κοινό





Εικόνα 16-6 *Δύο όψεις αναπαραστάσεως ενός από τα πιο περίφημα κρανία του είδους Άνθρωπος ο ορθός. Τα πραγματικά απολιθωμένα τμήματα ήταν μέρος του μεγαλύτερου αθροίσματος που βρέθηκε ποτέ, και που περιλάμβανε δώδεκα κρανιακές κάψες και άλλα υπολείμματα (δόντια, σιαγόνες, μηριακά οστά) περίπου 40 ατόμων. Τα απολιθώματα βρέθηκαν κοντά στο Πεκίνο, στην Κίνα. Μελετήθηκαν και φωτογραφήθηκαν από πολλούς και κατόπιν χάθηκαν ή καταστράφηκαν κατά τον 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο. Μικρότερες ποσότητες απολιθωμάτων του Ανθρώπου του ορθού έχουν βρεθεί από τότε στην Κίνα, την Ιάβα, την Ανατολική Αφρική, την Ευρώπη και τη Μέση Ανατολή.*

χαρακτηριστικό αρκετών ειδών. Τα ευρήματα αυτά αποδεικνύουν ότι η δομή των οστών και των μυών, που οδηγούν στην όρθια βάδιση, εμφανίσθηκαν πριν από την εμφάνιση των ανθρωπίνων όντων. Τα δύο είδη *Αυστραλοπιθήκων* έζησαν αρκετά εκατομμύρια χρόνια, χρησιμοποιώντας άτεχνα εργαλεία και κατόπιν εξαφανίσθηκαν. Δεν είναι γνωστή η επίδραση του ανταγωνισμού τους προς τα ανθρώπινα όντα πριν εξαφανισθούν. Αλλά οι άνθρωποι απέμειναν οι μόνοι οργανισμοί με πλήρως όρθια στάση που επιβίωσαν.

Τα άλλα είδη που έχουν αναγνωρισθεί, εκτός από τους *Αυστραλοπιθήκους*, ίσως ήταν άνθρωποι. Για το ένα από αυτά οι ανθρωπολόγοι συμφωνούν· είναι ο *Άνθρωπος ο ορθός*. Απολιθώματα έως και 1,5 εκατομμύριο χρόνια πριν συνδέουν τον *Άνθρωπο τον ορθό* με λειασμένα και αποξυσμένα λίθινα εργαλεία, φωτιά και μία ποικιλία σκοτωμένων ζώων ή ζώων που βρέθηκαν νεκρά και μεταφέρθηκαν στην ίδια τοποθεσία, πιθανώς για να διαμοιρασθούν. Υπάρχουν σήμερα πολυάριθμα απολιθωμένα κρανία του *Ανθρώπου του ορθού* (εικόνα 16-6).

Το άλλο είδος όμως δημιουργεί πολλές ερωτήσεις. Δεν συμφωνούν όλοι οι ανθρωπολόγοι ότι είναι πραγματικά διαφορετικό από τα άλλα απολιθώματα, ιδίως τα απολιθώματα του *Αυστραλοπιθήκου*. Ένα ενδιαφέρον μυστήριο περιβάλλει αυτό το απολίθωμα, γιατί



Εικόνα 16-7 *Το κρανίο 1470 του Εθνικού Μουσείου της Κένυας στην ανατολική Αφρική. Οι ανθρωπολόγοι συμφωνούν ότι είναι ένα αξιοσημείωτο ανθρωπόμορφο κρανίο. Είναι τουλάχιστον 2,2 εκατομμυρίων ετών. Η αμφιβολία, αν είναι ανθρώπινο, οφείλεται στη μη ανακάλυψη εργαλείων, κατασκευασμένων από άνθρωπο, μαζί με το κρανίο. Άλλα απολιθώματα της ίδιας ηλικίας ανήκουν σε Αυστραλοπίθηκους, αλλά πολλοί ανθρωπολόγοι πιστεύουν τώρα ότι το κρανίο 1470 ανήκει σε κάποιο πρωτόγονο είδος ανθρώπου.*

είναι πολύ αρχαιότερο από τον *Άνθρωπο τον ορθό*. Ένα κρανίο 2,2 εκατομμυρίων ετών ή και πιο παλαιό (εικόνα 16-7) αντιπροσωπεύει αυτό το πιθανώς πιο πρωτόγονο είδος του *Ανθρώπου*. Το πρόβλημα της ταυτοποιήσεως του κρανίου αυτού ξεκινά από το γεγονός ότι δεν βρέθηκε μαζί με εργαλεία κατασκευασμένα από άνθρωπο και υπολείμματα νεκρών ζώων για διατροφή. Αλλά τέτοιες ενδείξεις εργαλείων διακομιδής και διανομής τροφής έχουν βρεθεί σε γειτονικές περιοχές και έχει προσδιορισθεί ότι είναι παλαιότερες των 2,2 εκατομμυρίων ετών.

Το κρανίο στην εικόνα 16-7 δείχνει να συνδέεται περισσότερο με τα σύγχρονα ανθρώπινα όντα παρά με τα πολύ νεότερα κρανία του *Ανθρώπου του ορθού*. Η κρανιακή κοιλότητα είναι τόσο μεγάλη όσο η μέση κοιλότητα του *Ανθρώπου του ορθού*. Το ενοχλητικό σημείο σε αυτή την καταπληκτική ανακάλυψη είναι το ότι έγινε σε μία περιοχή, που δεν είναι δυνατόν να διασυνδεθεί με άλλες ενδείξεις ανθρώπινης παρουσίας. Ανήκουν στην ίδια γεωλογική ηλικία όλα τα διαφορετικά ευρήματα, δηλαδή το κρανίο, τα εργαλεία και τα οστά των άλλων ζώων; Ή είναι πιθανό ένα άλλο είδος (που δεν άφησε ίχνη της ανατομίας του) να έκανε τα εργαλεία και να διατρεφόταν με υπολείμματα του κυνηγιού;

16-4
Η ιστορία του ανθρώπου

Η ερώτηση, πόσο αρχαίο είναι το παλαιότερο είδος ανθρώπου, δεν είναι δυνατόν να λάβει θετική απάντηση σήμερα. Ίσως ποτέ δεν θα είναι δυνατόν. Διαβάσατε ήδη για μερικά από τα προβλήματα που υπάρχουν. Ακόμη και συμφωνία στον προσδιορισμό της έννοιας του ανθρώπινου όντος είναι δύσκολη. Ο *Αυστραλοπίθηκος* χρησιμοποιούσε άτεχνα εργαλεία· άτεχνα εργαλεία χρησιμοποιούν επίσης οι χιμπαντζήδες σήμερα (εκόνα 16-8). Εντούτοις σε προηγούμενα χρόνια νομιζόταν ότι η κατασκευή εργαλείων είναι ιδιότητα του ανθρώπου μόνο. Η όρθια στάση επίσης εθεωρείτο ότι παρατηρείται μόνο μεταξύ των ανθρώπων, αλλά σήμερα είναι γνωστό, ότι είναι επίσης χαρακτηριστικό του *Αυστραλοπιθήκου*.

Αυτό που δείχνει το ιστορικό των απολιθωμάτων είναι, ότι είδη ορθο-βαδιστικά, όπως ο *Άνθρωπος* και ο *Αυστραλοπίθηκος*, εξελίχθηκαν μαζί με τους πιθήκους σε μία περίοδο εκατομμυρίων ετών. Ο *Άνθρωπος*, ο *Αυστραλοπίθηκος* και οι πίθηκοι ήταν πιθανόν να χρησιμοποιούσαν όλοι άτεχνα εργαλεία. Όσον αφορά το σημείο αυτό όλοι ήταν «ευφυείς».

Οι χιμπαντζήδες σήμερα έχουν αποδείξει ότι είναι ευφυείς σε έναν ευρύ κύκλο ασχολιών. Η απόδοσή τους σε διάφορες δοκιμασίες ευφυΐας είναι αρκετά καλή (εικόνα 16-1). Είναι δυνατόν να διδαχθούν να συζητούν με ανθρώπινα όντα μέσω μιας γλώσσας συμβόλων. Έχουν επίσης διεξαχθεί βισχημικά πειράματα για ομοιότητα μεταξύ του DNA και των πρωτεϊνών των χιμπαντζήδων και των ανθρώπων και μεταξύ ανθρώπων και άλλων ζώων. Τα πειράματα αυτά δείχνουν ότι οι πλησιέστεροι ζώντες συγγενείς των ανθρώπων είναι οι χιμπαντζήδες (πίνακας 16-1). Ορισμένες άλλες δοκιμασίες, όπως επί της ομοιότητας των γονιδίων, των χρωματοσωμάτων, φαίνεται να δείχνουν τη στενή συγγένεια μεταξύ γορίλα και ανθρώπου. Η εξελικτική απόσταση μεταξύ χιμπαντζή και ανθρώπου και μεταξύ γορίλα και ανθρώπου είναι ακόμη πιο μικρή από την απόσταση μεταξύ αλεπούς και σκύλου και περίπου η ίδια όπως μεταξύ αλόγου και ζέμπρας.

Πίνακας 16-1 Παραδείγματα ομοιότητας πρωτεϊνών μεταξύ χιμπαντζήδων και ανθρώπων

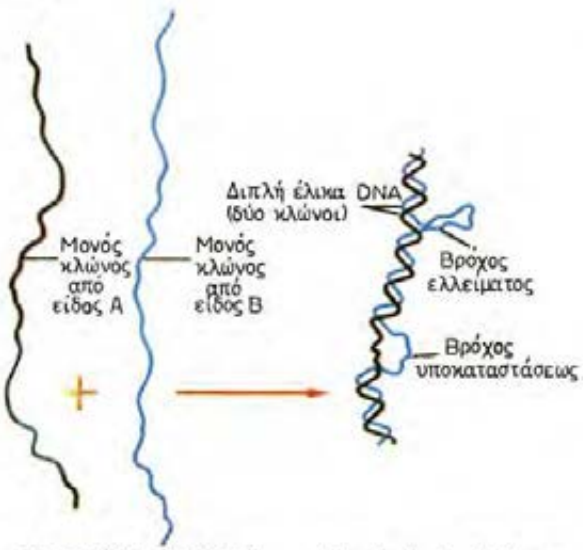
Πρωτεΐνη	Διαφορές αμινοξέων	Αριθμός αμινοξέων
Αιμοσφαιρίνη	1	579
Μυοσφαιρίνη	1	153
Κυτόχρωμα C	0	104
Αλβουμίνη ορρού	6(;)*	580
Καρβονική ανυδράση	3(;)*	264
Τρανσφερίνη	8(;)*	647

*Δεδομένα από συγκριτικές κατά προσέγγιση μεθόδους. Ο ακριβής αριθμός των αμινοξέων δεν έχει ακόμη προσδιορισθεί.

Τα περισσότερα από αυτά τα βιομηχανικά δεδομένα εκφράζονται ως ποσοστά ταυτότητας σε αλληλουχίες αμινοξέων στις πρωτεΐνες και σε αλληλουχίες νουκλεονιδίων στο DNA. Ορισμένα δεδομένα βασίζονται επίσης σε τεχνικές ζωνώσεως χρωματοσωμάτων (παράγρ. 14-10) και σύγκριση μεταξύ των ζωνώ-



Εικόνα 16-8 *Η Τζέιν βαν Λάβικ - Γκούντολ ήταν η πρώτη που παρουσίασε την ικανότητα των χιμπαντζήδων να φτιάχνουν εργαλεία. Στην εργασία πεδίου που έκανε στην Αφρική κατά τα πρώτα χρόνια της δεκαετίας του 1960, παρατήρησε χιμπαντζήδες να κόβουν καλάμια και να βγάζουν τα φύλλα, ώστε να φτιάξουν εργαλεία που μοιάζουν με ραβδιά. Οι χιμπαντζήδες χρησιμοποιούσαν τα εργαλεία αυτά, για να αποκτήσουν το αγαπημένο τους «ορεκτικό»: τερμίτες από φωλιές τερμιτών.*



Μονοί κλώνοι DNA από συγγενή χρωματοσώματα δύο διαφορετικών ειδών.

Υβριδικό διπλόκλωνο DNA, που δείχνει τις διαφορές μεταξύ δύο ειδών.

Εικόνα 16-9 *Όταν το διπλόκλωνο DNA διαχωρίζεται σε δύο μονούς κλώνους, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για έλεγχο της συγγενικότητας μεταξύ DNA δύο διαφορετικών οργανισμών. Ένας κλώνος DNA από το ένα είδος και ένας από το ίδιο τμήμα DNA ενός συγγενικού χρωματοσώματος από το άλλο τοποθετούνται μαζί. Όπου οι δύο κλώνοι είναι όμοιοι, σχηματίζουν μία τυπική διπλή έλικα DNA. Όσο πιο πολύ ταιριάζουν, τόσο πιο συγγενή είναι. Στην εικόνα αυτή το είδος Β έχει ένα τμήμα, που δεν το έχει το είδος Α. Τα δύο είδη διαφέρουν επίσης και σε ένα άλλο τμήμα.*

σεων σε διαφορετικά είδη. Ένα ακόμη απλούστερο πείραμα σχετικό με τη συγγενικότητα του DNA δίνεται στην εικόνα 16-9.

Πρωτεΐνες και DNA δεν επιδιώνουν, δυστυχώς, στα απολιθώματα. Αλλιώς θα ήταν δυνατόν να γίνουν διοχημικά πειράματα για τη συγγένεια των εξαφανισθέντων και του ζώντος είδους του *Ανθρώπου*.

Είναι πιθανόν ότι η εξέλιξη των ανθρωπίνων όντων, του αυστραλοπιθήκου και των πιθήκων διακλαδίσθηκαν και διαχωρίσθηκαν περίπου 5 έως 15 εκατομμύρια χρόνια πριν. Δύο από τις τρεις ομάδες εξακολουθούν να εξελίσσονται και σήμερα, ενώ η τρίτη εξαφανίσθηκε.

Οι αλλαγές στους πληθυσμούς του ανθρώπου πραγματώθηκαν σε συνεχή αλληλοδιαδοχή. Πολλά απολιθώματα αντικατοπτρίζουν αυτή τη συνεχή εξέλιξη. Είναι δύσκολο να καταταχθούν στο ένα ή στο άλλο είδος. Μία τέτοια περίπτωση είναι ο άνθρωπος του νεάντερνταλ (εικόνα 16-10) της Ευρώπης, της Ασίας και της Αφρικής, που «εξαφανίσθηκε» μόλις πριν από 40 έως 50 χιλιάδες χρόνια. Ήταν οι νεατερντάλιοι το τέλος του είδους *Άνθρωπος ο ορθός;* Ή ήταν η αρχή του είδους *Άνθρωπος ο έμφρων;* Ή, δεν ήταν ούτε το ένα ούτε το άλλο, αλλά ένα διαφορετικό είδος ανθρώπου, όπως είχε προταθεί από παλαιότερους ανθρωπολόγους, ο *άνθρωπος του νεάντερνταλ;* Πολλοί ανθρωπολόγοι παρατηρούν τα ανθρώπινα όντα του παρελθόντος, όπως θα παρατηρούσαν διάφορες φυλετικές ομάδες των συγχρόνων ανθρώπων. Αποδέχονται, ότι οι νεατερντάλιοι θα ήταν δυνατόν να ανήκουν στο είδος *Άνθρωπος ο έμφρων.* Αμφισβητούν επίσης το ότι οι νεατερντάλιοι έχουν εξαφανισθεί. Ένα επιχείρημα γι' αυτό είναι ότι ο *Άνθρωπος ο έμφρων* διέσωσε πολλά νεατερντάλια γονίδια σε ορισμένες παραλλαγές χαρακτηριστικών του προσώπου και σωματικών αναλογιών, που βρίσκονται σήμερα μεταξύ συγχρόνων ανθρώπων.

Βεβαίως οι άνθρωποι του Κρο-Μανιόν (εικόνα 16-11), που ζούσαν 30.000-35.000 χρόνια πριν, ανήκαν στο είδος *Άνθρωπος ο έμφρων.* Ζούσαν σε σπήλαια και ήταν υψηλό-

Εικόνα 16-10. *Απολιθωμένο κρανίο Νεάντερταλ. Η εξαφάνιση αυτών των πολύ διαδεδομένων ανθρώπων δεν έχει ποτέ εξηγηθεί ικανοποιητικά. Επιβίωσαν 40.000 έως 50.000 χρόνια πριν.*







Εικόνα 16-11 *Δύο κρανία Κρο-Μανιόν που αντιπροσωπεύουν πιθανώς δύο κάπως διαφορετικούς γενετικούς πληθυσμούς. Οι άνθρωποι του Κρο-Μανιόν κατατάσσονται, όπως και όλοι οι σύγχρονοι άνθρωποι σήμερα, στο είδος Άνθρωπος ο έμφρων.*

τεροι από τους προγόνους τους. Πολλοί ήταν υψηλότεροι και από τους περισσότερους σύγχρονους ανθρώπους. Έφτιαχναν ωραιότατα ωστέινα εργαλεία και άλλα πιο λεπτά εργαλεία από χαυλιόδοντες των τριχωτών μαμούθ. Ζωγράφιζαν επίσης υπέροχα σε σπηλιές (εικόνα 16-2) και βεβαιώνουν γενικά την εμφάνιση του *Ανθρώπου του έμφρονος*. Ήταν κυρίως Ευρωπαίοι και σήμερα αναγνωρίζεται ότι αποτελούν ένα από τα πολλά και διαφορετικά γένη του *Ανθρώπου του έμφρονος* που ζούσαν την ίδια εποχή σε διαφορετικές ηπείρους. Αυτή η πρώιμη διάσχιση σε διαφορετικά είδη αυξάνει το μυστήριο της «εξαφάνισεως» των νεατερνταλίων. Οι ανθρωπολόγοι συνεχίζουν να αναρωτιούνται, γιατί τα απολιθώματα των νεατερνταλίων δεν εμφανίζουν σαφή συγγένεια προς ένα από τα σύγχρονα γένη του *Ανθρώπου του έμφρονος*.

Αν οι άνθρωποι που ζούσαν έως και 40 ή 50 χιλιάδες χρόνια πριν έχουν δημιουργήσει ερωτήματα, στα οποία οι ανθρωπολόγοι δεν είναι δυνατόν να απαντήσουν, κατανοείτε ότι άλλα ερωτήματα για παλαιότερους ακόμη ανθρώπους εξακολουθούν να υπάρχουν. Η καταγωγή, για παράδειγμα, του ανθρώπινου έναρθρου λόγου δεν έχει αναφερθεί έως εδώ, γιατί οι ενδείξεις από τα απολιθώματα δεν έχουν βοηθήσει στη διερεύνησή της. Και όμως, η ανάπτυξη του έναρθρου λόγου πρέπει να είχε συγκλονιστικές επιπτώσεις στην εξέλιξη των ανθρωπίνων όντων.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η γενετική του ανθρώπου είναι πολύ περίπλοκη και γι' αυτό δεν έχει δώσει ακόμη απαντήσεις στα καίρια ερωτήματα γύρω από την εξέλιξη του ανθρώπου. Εντούτοις η δομή των πρωτεϊνών και του DNA του ανθρώπου είναι δυνατόν να αναλυθούν και να συγκριθούν προς τη δομή των ιδίων συστατικών άλλων οργανισμών. Με τον τρόπο αυτό η εξελικτική «απόσταση» μεταξύ ειδών συγχρόνων οργανισμών είναι δυνατόν να εκτιμηθεί από τις διαφορές στην αλληλουχία των αμινοξέων παρομοίων πρωτεϊνών, καθώς και από τις διαφορές της αλληλουχίας των νουκλεοτιδίων και τις ζωνώσεις αντιστοίχων τμημάτων DNA στα χρωματοσώματα.

Οι περισσότερες άμεσες ενδείξεις για την εξέλιξη του ανθρώπου προέρχονται από τη μελέτη των απολιθωμάτων. Οι ενδείξεις από τα απολιθώματα αποδεικνύουν ότι είδη ανθρωπίνων όντων, *Αυστραλοπιθήκων* και πιθήκων εξελίχθησαν ξεχωριστά και ότι τα είδη των *Αυστραλοπιθήκων* βαθμιαία εξαφανίσθηκαν. Σχετικά με τους ανθρώπους είναι γνωστό ότι τα απολιθώματα του *Ανθρώπου του ορθού* έχουν ηλικία τουλάχιστον 1,5 εκατομμυρίων ετών. Περίπου μισό εκατομμύ-

Βιολογία
Περιληπτικά

Χριστίνα και Λουκάς στην περιοχή ΔΚ, Ολντουβάι

Η φωτογραφία αυτή βρέθηκε μαζί με τις φωτογραφίες των απολιθωμάτων ανθρώπων και αυστραλοπιθήκων που είδατε. Πώς βρέθηκε εκεί; Ποιοι είναι η Χριστίνα και ο Λουκάς; Πίσω από τη φωτογραφία ήταν γραμμένες μόνο επτά λέξεις (κοιτάξτε τον τίτλο).

Μία προσπάθεια ξεκίνησε σύντομα για να βρεθεί η Χριστίνα και ο Λουκάς. Ολντουβάι είναι ένα όνομα συνδεδεμένο με τα πλούσια ευρήματα απολιθωμάτων της ανατολικής Αφρικής. Ο δρ. Λ.Σ. Μπ. Λήκεϊ, που τώρα έχει πεθάνει, η γυναίκα του Μαίρη Λήκεϊ και ο γιος τους Ριχάρδος Λήκεϊ ανακάλυψαν πολλά από τα απολιθώματα των Ολντουβάι, για τα οποία διαβάσατε, καθώς και άλλων γειτονικών περιοχών.

Με τον καιρό ο Λουκάς βρέθηκε, αλλά αποδείχθηκε, ότι ήταν δύσκολο να του τηλεφωνήσει κανείς. Βρίσκεται στην περιοχή των ανασκαφών ως μόνιμο στέλεχος. Η Χριστίνα βρέθηκε πιο εύκολα. Βρίσκεται τώρα στις ΗΠΑ, ως επιστήμων ερευνήτρια του Αμερικανικού Ινστιτούτου των Επιστημών Κοινωνικής Συμπεριφοράς. Το πλήρες όνομά της είναι δρ. Χριστίνα Κάννον-Μπονβέντρε.

Πώς έτυχε να φωτογραφηθούν η Χριστίνα και ο Λουκάς στο Ολντουβάι; Ήταν η ημέρα μιας μεγάλης ανακαλύψεως; Όχι, απάντησε η Χριστίνα, σε μία τηλεφωνική συνέντευξη. Και εξήγησε, πόσο αναγκαίο είναι, κατά τη διάρκεια μιας εξερευνήσεως για ανεύρεση απολιθωμάτων να είναι σε θέση κανείς να διαμορφώνει τις σωστές ερωτήσεις και να αναζητεί τις σωστές απαντήσεις από τη μελέτη των απολιθωμάτων.

Η Χριστίνα και ο Λουκάς φωτογραφήθηκαν, καθώς ήταν αφοσιωμένοι στην ταφονομία, δηλαδή τη λεπτομερή εκσκαφή της περιοχής, σε μία προσπάθεια κατανοήσεως των γεωλογικών συνθηκών και περιβαλοντολογικών συνθηκών που επιδρούν στη διατήρηση και διασπορά των υπολειμμάτων των ζώων. Σύγχρονες και παλαιές περιοχές εξετάζονται συγχρόνως. Η

ριο χρόνια νωρίτερα υπήρχαν ήδη περιοχές, όπου αποδεδειγμένα γινόταν κατασκευή εργαλείων, χρήση εργαλείων καθώς και συλλογή τροφής σε χώρους «κατοικίας». Ένα κρανίο, καταπληκτικά όμοιο με ανθρώπινο, έχει διασωθεί από αυτή την εποχή, αλλά η ύπαρξή του δεν έχει διασυνδεθεί ούτε με εργαλεία ούτε με υπολείμματα κυνηγιού. Για όλους αυτούς τους λόγους λίγα είναι γνωστά σχετικά με την ύπαρξη ανθρωπίνων όντων πριν από τον *Άνθρωπο τον ορθό*.

Μυστήριο περιβάλλει ακόμη και πιο πρόσφατες ομάδες ανθρωπίνων όντων, όπως τους ανθρώπους του νεάτερνταλ. Η εξαφάνισή τους από τους απολιθωματοφόρους ορίζοντες σε σύντομο χρόνο μετά την εμφάνιση των απολιθωμάτων του Κρο-Μανιόν αποτελεί ακόμη θέμα έρευνας για τους ανθρωπολόγους.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Σε τι διαφέρουν τα περισσότερα ανθρώπινα χαρακτηριστικά όσον αφορά την κληρο-

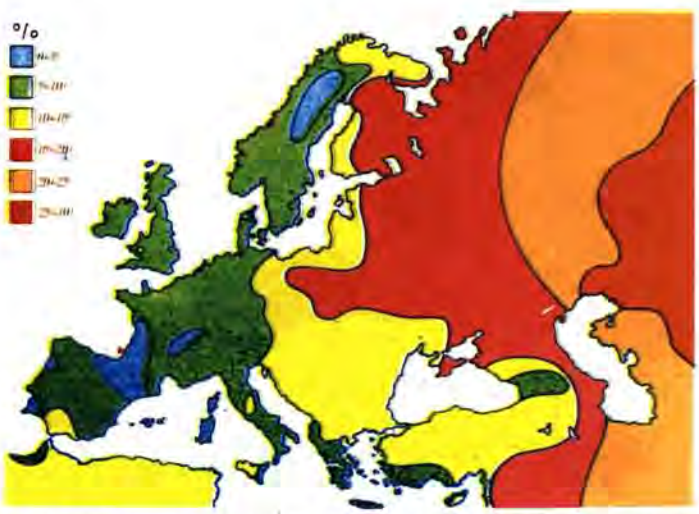


ταφονομία και η συγγενής προς αυτή εθνοαρχαιολογία συλλέγουν πληροφορίες για ό,τι συμβαίνει στα ζώα όταν πεθάνουν και τα υπολείμματά τους διασκορπισθούν από νεκροφάγα ζώα, ή σαπίσουν ή θαφτούν. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τις μελέτες αυτές παρουσιάζουν τοποθεσίες στις οποίες έχουν στρατοπεδεύσει άνθρωποι. Οι τοποθεσίες αυτές και ό,τι κόκαλα υπήρχαν είναι δυνατόν να σκεπασθούν από νερό και να θαφτούν κάτω από ιζήματα. Με τον τρόπο αυτό προστατεύονται από νεκροφάγα ζώα και αερόβιους μικροοργανισμούς. Μία άλλη μορφή ταφής, που οδηγεί σε παρόμοια προστασία των υπολειμμάτων των ζώων, είναι η ταφή κάτω από στάχτη ηφαιστείου. Στην ανατολική Αφρική υπάρχουν πολλά ενεργά ηφαίστεια. Χωρίς ταφή όμως (και αυτό είναι το πιο συνηθισμένο) οτιδήποτε είναι δυνατό να συμβεί. Τα νεκροφάγα ζώα δαγκώνουν και σκορπίζουν τα οστά, ο ήλιος τα ασπρίζει, άλλα ζώα τα καταπατούν και τα σπάνε· σε ένα χρόνο περίπου μόνο μικρά κομμάτια από οστά παραμένουν. Η γεωλογική επικάλυψη, που πιθανόν θα επακολουθήσει, θα διατηρήσει μόνο ελάχιστα δείγματα από τον αρχικό σκελετό. Αυτό ακριβώς βρίσκεται στις περισσότερες απολιθωματοφόρες περιοχές ηλικίας άνω των δύο δισεκατομμυρίων χρόνων.

Η ανεύρεση των απολιθωμάτων αποτελεί μόνο το πρώτο γιγαντιαίο βήμα. Η πραγματική δοκιμασία αρχίζει, όταν κανείς θελήσει να τα αξιολογήσει μέσα στα αποθέματα που τα περιβάλλουν. Και αυτό ακριβώς είναι εκείνο που προσπαθούσαν να κάνουν η Χριστίνα και ο Λουκάς.

νομικότητά τους από τα χαρακτηριστικά που μελέτησε ο Μέντελ στα μπιζέλια;

2. Αν τα χαρακτηριστικά που συνδέονται με την ευφυΐα έχουν εξελιχθεί με τον ίδιο τρόπο που εξελίχθηκαν τα άλλα χαρακτηριστικά, με ποια κατηγορία οργανισμών θα θέλατε να πειραματισθείτε σχετικά με την ευφυΐα;
3. Ποια άλλα δεδομένα, εκτός από τα απολιθώματα, χρησιμοποιούν οι ανθρωπολόγοι για να προσδιορίζουν αν τα απολιθώματα ανήκουν σε ανθρώπινα όντα;
4. Με βάση τα αρχαιότερα γνωστά απολιθώματα και τους χώρους κατοικίας που έχουν ανακαλυφθεί από εκσκαφές, πόσα χρόνια πριν ζουν ανθρώπινα όντα; Ποια είναι η πιο πρόσφατη χρονική περίοδος για την οποία οι ανθρωπολόγοι συμφωνούν ότι ζούσε ο *Άνθρωπος ο ορθός*;
5. Ποιες είναι οι δυνατές εξηγήσεις που θα θέλατε να διερευνήσετε σχετικά με την «εμφάνιση» των ανθρώπων του νεάτερνταλ;



Εικόνα 16-12 *Η κατανομή του αλληλόμορφου για ομάδα αίματος τύπου Β στην Ευρώπη, τη δυτική Ασία και τη βόρειο Αφρική. Οι συχνότητες εκφράζονται ως εκατοστιαίες αναλογίες του αλληλόμορφου στους πληθυσμούς στους οποίους βρίσκονται.*

Αλλαγές στους ανθρώπινους πληθυσμούς

16-5
Διαφορές στα αποθέματα γονιδίων αντικατοπτρίζουν μερική απομόνωση

Οι άνθρωποι του νεάτερνταλ και οι άνθρωποι Κρο-Μανιόν διέφεραν αρκετά. Αλλά ούτε ακόμη και οι άνθρωποι του Κρο-Μανιόν ήταν μεταξύ τους όλοι ίδιοι. Τρεις διαφορετικοί πολιτισμοί, όλοι Κρο-Μανιόν, συνυπήρχαν στην Ευρώπη. Άλλοι πολιτισμοί είχαν αναπτυχθεί σε κάθε ήπειρο εκτός της Ανταρκτικής. Η εποχή των συγχρόνων ανθρωπίνων όντων άρχισε με παρόμοια γενετική ποικιλότητα ή και περισσότερη από αυτή που υπάρχει στους ανθρώπινους πληθυσμούς σήμερα. Γι' αυτό και οι αρχέγονοι πληθυσμοί των ανθρωπίνων όντων, όπως και οι μετέπειτα, παρουσίαζαν τα αποτελέσματα της γεωγραφικής απομονώσεως μεταξύ τους.

Ευκαιριακά, μικρές ορδές τυχοδιωκτών βοηθούσαν στην ανάμιξη των αποθεμάτων των γονιδίων των διαφόρων πληθυσμών. Μεταξύ των συγχρόνων τεραστίων ανθρωπίνων πληθυσμών ακόμη και οι συχνές μεταναστεύσεις, που είναι πιο εύκολες λόγω της διεθνούς κινητικότητας, δεν προκαλούν τόσο μεγάλες αλλοιώσεις στα αποθέματα των γονιδίων των διαφόρων πληθυσμών. Μεταξύ όμως μικροτέρων ανθρωπίνων πληθυσμών τα αποθέματα των γονιδίων αλλάζουν σημαντικά λόγω της αυξημένης κινητικότητας και της δημιουργίας αποικιών από ομάδες διαφόρων πληθυσμών.

Οι ομάδες αίματος Α-Β-Ο παρείχαν πάλαιότερα ένα καθαρό παράδειγμα διαφορών μεταξύ πληθυσμών. Οι ομάδες αίματος ανακαλύφθηκαν γύρω στα 1900. Γύρω στα 1920 δείγματα ομάδων αίματος από όλο τον κόσμο αναλύθηκαν για πιστοποίηση του τύπου του αίματος. Φαντασθείτε την έκπληξη των γενετιστών, όταν ανακαλύφθηκε ότι μεταξύ των Ινδιάνων της Αμερικής, των Βάσκων της Β. Ισπανίας και των ιθαγενών της νότιας Αυστραλίας δεν υπήρχαν σχεδόν καθόλου γονίδια του τύπου Β. Οι γενετιστές πιστεύουν τώρα ότι το γονίδιο απουσίαζε τελείως από τους πληθυσμούς αυτούς, έως ότου εισαχθεί με επιμιξία.

Η έρευνα για συλλογή περισσοτέρων δεδομένων για τις συχνότητες των γονιδίων των ομάδων αίματος συνεχίζεται. Οι επιστήμονες έχουν σήμερα αρκετά δεδομένα, ώστε να καταστρώνουν χάρτες που δείχνουν την κατανομή των γονιδίων των ομάδων αίματος στις διάφορες περιοχές του κόσμου. Μελετήστε το χάρτη κατανομής γονιδίων στην Ευρώπη στην εικόνα 16-12. Θα δείτε ότι η συχνότητα του γονιδίου του αίματος τύπου Β είναι περισσότερο από 25% στην ανατολική Ευρώπη και τη δυτική Ασία. Βαθμιαία μειώνεται στις δυτι-

κές περιοχές, έως ότου φθάσει να είναι κάτω από 5% σε μερικές περιοχές στη Γαλλία, Ισπανία, Πορτογαλία και Σκανδιναυΐα. Σε ένα παρόμοιο χάρτη που περιλαμβάνει όλη την Ασία θα βλέπατε ότι η υψηλή συχνότητα του τύπου Β γονιδίου εξαπλώνεται σε όλη την Ασία έως τον Ειρηνικό Ωκεανό και προς νότο ως τον Ινδικό Ωκεανό. Φαίνεται σαν τα γονίδια να εξαπλώθηκαν από ένα κέντρο υψηλής συγκεντρώσεως. Είναι δυνατόν να εξηγήσετε την εξάπλωση και τις διαφορετικές ζώνες συχνότητας που δημιουργήθηκαν;

Ο προσδιορισμός της κατανομής των γονιδίων των ομάδων αίματος είναι μόνο ένας από τους τρόπους με τους οποίους είναι δυνατόν να μελετήσετε τους ανθρώπινους πληθυσμούς. Και άλλα γονίδια έχουν μελετηθεί και το ίδιο είδος διαφορών στις κατανομές έχει βρεθεί. Ίσως θα μπορούσατε ακόμη και να προσδιορίσετε ένα σχετικό πληθυσμό, αν γνωρίζατε αρκετά για τις συχνότητες των διαφόρων γονιδίων σ' αυτό τον πληθυσμό και κατόπιν σας παρουσίαζαν τα γενετικά δεδομένα. Τέτοιου είδους πληροφορίες έχουν οδηγήσει σε νέους τρόπους μελέτης της αναπτύξεως των ανθρωπίνων πληθυσμών.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό του αίματος, που βρέθηκε στους ανθρώπινους πληθυσμούς, είναι η δρεπανοκυτταρική αναιμία. Οι μελέτες έχουν δείξει ότι, όταν η συγκέντρωση οξυγόνου στο φλεβικό αίμα των ανθρώπων, που φέρουν το γονίδιο αυτό είναι χαμηλή, τότε πολλά ερυθρά κύτταρα παίρνουν σχήμα δρεπανιού. Το σχήμα αυτό οφείλεται σε μία γενετικά προσδιοριζόμενη αλλοίωση της αιμοσφαιρίνης, που είναι το συστατικό των ερυθρών αιμοσφαιρίων που μεταφέρει το αίμα. Τα κύτταρα που επηρεάζονται από την αλλοίωση αυτή και παίρνουν το δρεπανοειδές σχήμα (εικόνα 16-13) έχουν τάση να σχηματίζουν θρόμβους και να φράζουν τα μικρότερα αγγεία. Η ροή του αίματος στους γειτονικούς ιστούς αναστέλλεται και αυτό οδηγεί σε ακόμη πιο μεγάλη έλλειψη οξυγόνου καθώς και σε δημιουργία οιδήματος και εμφάνιση ισχυρού πόνου. Ο συνδυασμός των συμπτωμάτων είναι γνωστός ως κρίση δρεπανοκυτταρικής αναιμίας. Άνθρωποι με δρεπανοκυτταρική αναιμία υφίστανται πολλές τέτοιες κρίσεις και πολλοί πεθαίνουν σε μικρή ηλικία.

Καθώς εξαπλώνονται οι κλινικές εξετάσεις, έχει αποκαλυφθεί ότι η δρεπανοκυτταρική αναιμία είναι ένα πολύ συνηθισμένο κληρονομικό χαρακτηριστικό. Παρατηρείται σχεδόν αποκλειστικά σε πληθυσμούς μαύρων. Φορείς που κληρονομούν το γονίδιο από τον ένα μόνο γονέα χαρακτηρίζονται ότι φέρουν το στίγμα της δρεπανοκυτταρικής αναιμίας. Εκείνοι που κληρονομούν το γονίδιο και από τους δύο γονείς παρουσιάζουν τη δρεπανοκυτταρική αναιμία. Ο φορέας είναι δυνατόν να μην παρουσιάσει συμπτώματα αλλά είναι δυνατόν να μεταβιβάσει το γονίδιο στους απογόνους του. Ο φορέας όμως είναι δυνατόν να παρουσιάσει συμπτώματα, όταν βρεθεί κάτω από φυσιολογική ή ψυχική καταπίεση, όπως στην περίπτωση μιας μολυσματικής ασθένειας, ή όταν περπατά ή αναρριχάται σε υψηλά όρη.

Η ασθένεια του Τάι-Σαχς για την οποία διαβάσατε στη βιολογία περιληπτικά στη σελίδα 288 περιορίζεται σχεδόν μόνο μεταξύ των ατόμων ενός ειδικού πληθυσμού ή μεταναστών από τον πληθυσμό αυτό.

Εικόνα 16-13 *Δρεπανοειδή κύτταρα αίματος. Η μη αδρή όψη του περιγράμματός τους οφείλεται στο βάθος του οπτικού πεδίου. Διακρίνεται όμως το επιμηκυσμένο και πολλές φορές καμπυλωμένο σχήμα τους. Τα κανονικά ερυθροκύτταρα έχουν σχήμα κουλουριού, είναι στρογγυλά και πεπιεσμένα στο κέντρο. Στο δείγμα αυτό του αίματος μόνο λίγα κανονικά ερυθροκύτταρα είναι ορατά.*



Ακόμη και το χρώμα των ματιών ή της κόμης, καθώς και η υφή της, διαφέρουν μεταξύ των διαφόρων ανθρωπίνων πληθυσμών, καθώς και το χρώμα της επιδερμίδας και ένας αριθμός άλλων χαρακτηριστικών. Οι διαφορές στα χαρακτηριστικά αυτά αντικατοπτρίζουν διαφορές στα αποθέματα γονιδίων των διαφόρων πληθυσμών. Όλες οι ποικιλότητες που αποκαλύπτονται είναι ενδείξεις μακροχρόνιας γεωγραφικής και γενετικής απομονώσεως ενός πληθυσμού από άλλους.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 16-Α. Μία ανωμαλία στο αίμα ενός ανθρώπινου πληθυσμού, σελίδα 639.

16-6
Το ανθρώπινο είδος παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία

Οι διαφορές που έχουν πιστοποιηθεί στα αποθέματα γονιδίων των ανθρωπίνων πληθυσμών έχουν βοηθήσει τους γενετιστές να δουν με διαφορετικό τρόπο ό,τι παλαιότερα ονομάζονταν φυλές. Χαρακτηριστικά που αναγνωρίζονται εύκολα, όπως η δομή του προσώπου, το χρώμα του δέρματος, η υφή της κόμης, η παρουσία ή απουσία τριχωτής επιφάνειας στο πρόσωπο, το χρώμα των ματιών και άλλα παρόμοια οδήγησαν στο παρελθόν σε διαίρεση των ανθρώπων σε φυλές. Η έρευνα όμως άλλων γενετικών χαρακτηριστικών συνετέλεσε στην κατάργηση αυτής της διαιρέσεως. Για την ακρίβεια, η κατάταξη των ανθρώπων με βάση τα αποθέματα γονιδίων δημιουργεί πολλαπλούς τρόπους υποδιαιρέσεως των ανθρώπων σε ομάδες, που παριστούν «φυλές». Παρόλα αυτά ορισμένες γενικές ομαδοποιήσεις έχουν αποδειχθεί χρήσιμες από την άποψη της περιγραφής και διακρίσεως λίγων κυρίων ποικιλιών ανθρώπων. Οι ομάδες αυτές περιλαμβάνουν τον καυκάσιο τύπο (κυματοειδείς τρίχες, στενή μύτη, «γενικό» δέρμα), το νεγροειδή ή μαύρο τύπο (σπειροειδείς τρίχες, πλατιά μύτη «μαύρο» δέρμα), το μογγολοειδή τύπο (ίσες τρίχες, μετρίως πλατιά μύτη, «φαιοκίτρινο» δέρμα) και τον αυστραλοειδή τύπο (σπειροειδείς τρίχες, μετρίως πλατιά μύτη, «φαιό» δέρμα). Βεβαίως είναι δυνατόν διαβάζοντας αυτές τις περιγραφές να ανακαλύψετε ότι δεν ταιριάζετε ακριβώς σε κανένα από τους τύπους αυτούς. Αυτός είναι ένας από τους λόγους για τους οποίους η χρήση των αποθεμάτων των γονιδίων είναι καλύτερη μέθοδος για την περιγραφή ενός πληθυσμού παρά η προσπάθεια κατατάξεώς του σε συγκεκριμένη φυλή.

Η εικόνα 16-14 δείχνει την οφθαλμοφανή ποικιλότητα στα χαρακτηριστικά διαφόρων συγχρόνων ανθρώπων.

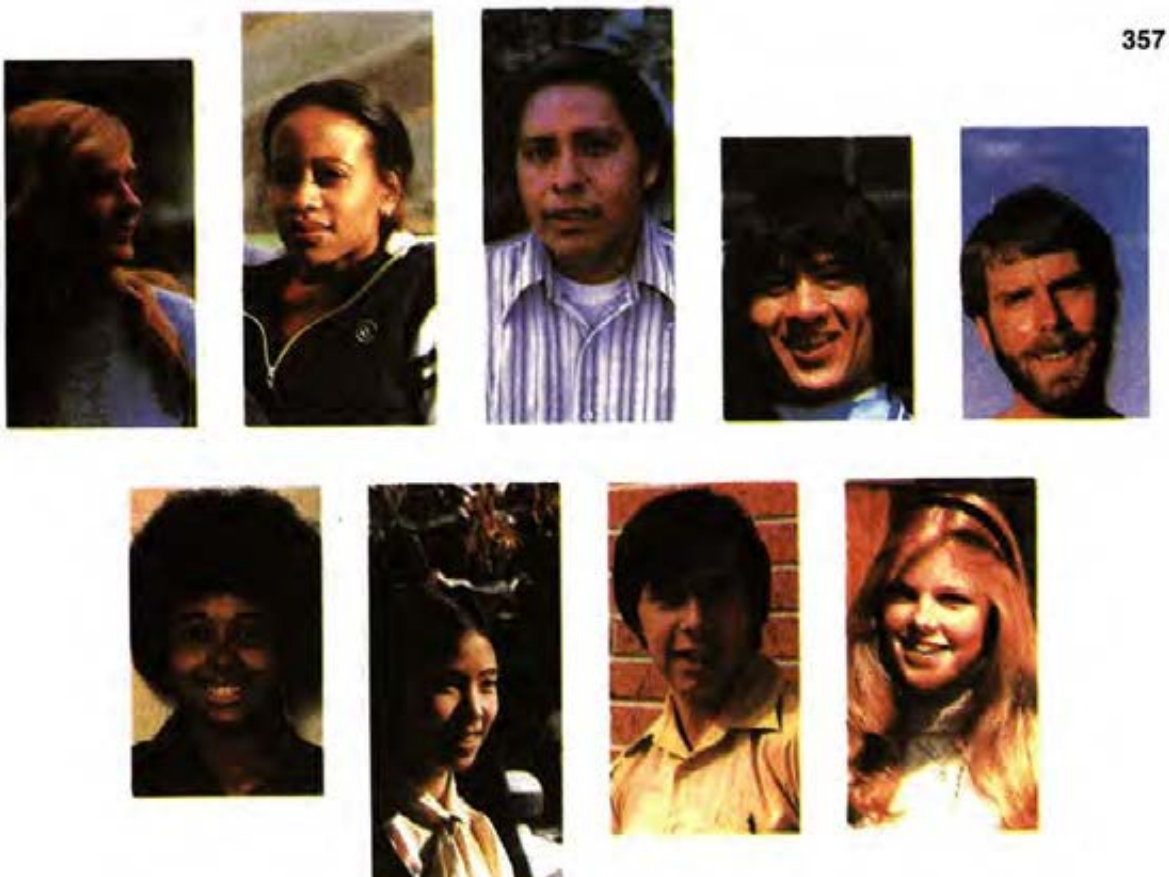
Τα άτομα των διαφόρων ανθρωπίνων πληθυσμών δεν είναι φυσικώς απομονωμένα σήμερα, όπως παλαιότερα. Τα ταξίδια έχουν καταργήσει τους φραγμούς. Παρόλα αυτά η ανάπτυξη του πληθυσμού έχει αντισταθμίσει τις επιπτώσεις της μεταναστεύσεως και της επιμιξίας για τους περισσότερους ανθρώπινους πληθυσμούς. Εξαιρέσεις αποτελούν ορισμένες ομάδες, όπως οι Ινδιάνοι της Αμερικής. Έχουν γενετικώς «αποτελματωθεί» από τη μετανάστευση και ανάπτυξη άλλων πληθυσμών. Στις ανατολικές ΗΠΑ οι περισσότεροι απόγονοι των Ινδιάνων είναι επίσης απόγονοι μεταναστών. Οι πληθυσμοί, που κάποτε αποτελούσαν διακριτούς πληθυσμούς, ενοποιούνται σήμερα από γενετικής απόψεως.

Σε άλλα μέρη του κόσμου, γηγενείς πληθυσμοί των περιοχών αυτών δεν έχουν επηρεασθεί τόσο πολύ από τη μετανάστευση και την επιμιξία. Μία μειοψηφία μόνον από τους ανθρώπους ακόμη και σήμερα ταξιδεύουν περισσότερο από λίγες εκατοντάδες χιλιόμετρα από την περιοχή που γεννήθηκαν. Τεράστια αποθέματα γονιδίων αλλάζουν σχετικά λίγο από τη συνεισφορά των περιορισμένων αποθεμάτων γονιδίων των μεταναστών. Κατ' αυτόν τον τρόπο η γενετική απομόνωση συνεχίζεται και σήμερα παρά τα παγκόσμια ταξίδια. Παρόλα αυτά είναι αλήθεια ότι τα σύνολα μεταξύ των αποθεμάτων των γονιδίων των διαφόρων πληθυσμών βαθμιαία εξαφανίζονται.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 16-Β. Ποικιλότητα στο είδος άνθρωπος.

16-7
Το μέλλον του είδους άνθρωπος

Αν το είδος *Άνθρωπος* έχει ηλικία 2,2 εκατομμυρίων χρόνων και περισσότερο – ίσως 3 ή και περισσότερα – το χρονικό αυτό διάστημα είναι λιγότερο από το 1% της παρουσίας ζωής πάνω στη γη, που υπάρχει εδώ και 3 δισεκατομμύρια χρόνια. Τα ανθρώπινα όντα επομένως είναι πολύ νέα από



Εικόνα 16-14 *Σήμερα δεν είναι απαραίτητο να κάνει κανείς το γύρο του κόσμου για να παρατηρήσει ανθρώπους με διάφορα χαρακτηριστικά προσώπου. Όλες αυτές οι φωτογραφίες πάρθηκαν σε μία και μοναδική πόλη στις δυτικές Η.Π.Α.*

απόψεως εξελίξεως της ζωής. Τι δεδομένα έχουν οι βιολόγοι για τη ζωή του ανθρώπου στο μέλλον;

1. Μερικοί γενετιστές υποθέτουν ότι οι διακριτοί σήμερα ανθρώπινοι πληθυσμοί θα συγκλίνουν κάποτε προς ένα πληθυσμό. Άλλοι γενετιστές έχουν αντίθετη άποψη. Είστε σε θέση, από όσα έχετε διαβάσει, να παρουσιάσετε επιχειρήματα που να υποστηρίζουν και τις δύο αυτές θέσεις;
2. Η μέση διάρκεια ζωής θα συνεχίσει να αυξάνει εντυπωσιακά. Οι κύριοι παράγοντες για μεγαλύτερη διάρκεια ζωής είναι η καλύτερη διατροφή, η καλύτερη υγεία και ιατρική περίθαλψη. Στο μέλλον οι ανθρώπινοι πληθυσμοί είναι δυνατόν να περιλαμβάνουν τέσσερις γενιές συγχρόνως. Στο παρελθόν υπήρχε αλληλοεπικάλυψη μεταξύ δύο και αργότερα τριών γενιών.
3. Οι παράγοντες φυσικής επιλογής θα αλλάξουν και αλλάζουν ακόμη και σήμερα. Η κλινική αγωγή πολλών γενετικών συνδρόμων επιτρέπει τη γέννηση περισσοτέρων απογόνων, που φέρουν τα σύνδρομα αυτά. Επιτυχής αντιμετώπιση δυσπλασιών της καρδιάς, του κυκλοφορικού συστήματος και άλλων τύπων δυσπλασιών, που είναι δυνατόν να έχουν και γενετικό υπόβαθρο, επιτρέπει τη γέννηση περισσοτέρων απογόνων, που έχουν τις ίδιες τάσεις. Αντιθέτως ορισμένοι νέοι παράγοντες επιλογής επιδρούν υπό τη μορφή περιβαλλοντικής ρυπάνσεως και άλλων τεχνολογικών φαινομένων.
4. Ο πληθυσμός του κόσμου θα εξακολουθήσει να αυξάνει. Αυξημένη διάρκεια ζωής και ρυθμοί γεννητικότητας ανώτεροι του επιπέδου αντικαταστάσεως των ατόμων, που αποβιώνουν, οδηγούν μαζί σε συνεχή αύξηση του πληθυσμού. Περισσότεροι άνθρωποι σημαίνει μεγαλύτερο συνωστισμό, περισσότερη κατανάλωση ενεργειακών αποθεμάτων και νέα προβλήματα παραγωγής εδωδίμων προϊόντων. Η περιβαλλοντική ρύπανση θα αυξάνει, έστω και αν λαμβάνονται προστατευτικά μέτρα, γιατί

οι βιομηχανίες θα πολλαπλασιασθούν προκειμένου να καλύψουν τις ανάγκες του ολοένα αυξανόμενου ανθρώπινου πληθυσμού. Σήμερα ο ανθρώπινος πληθυσμός υπερβαίνει τα 4 δισεκατομμύρια. Όταν θα είστε ώριμο άτομο και θα έχετε οικογένεια, αν θα έχετε, ο πληθυσμός ίσως θα έχει φθάσει τα 5 δισεκατομμύρια.

5. Ίσως οι άνθρωποι γίνουν ανταγωνιστές του εαυτού τους. Οι ανθρώπινες κοινωνίες αυξάνουν και εξελίσσονται πολύ γρήγορα για να επιτρέπουν στα μέλη τους να σχεδιάζουν το μέλλον τους. Μελλοντικός σχεδιασμός ίσως να είναι πιο χρήσιμος στο μέλλον από ό,τι είναι σήμερα. Η εφευρετικότητα και η ικανότητα παραγωγής όλο και περισσότερο ανταγωνίζονται με την αυξανόμενη ανάγκη σχεδιασμού. Είναι επίσης αξιοσημείωτο το ότι η παραγωγή όλο και περισσοτέρων προϊόντων περιλαμβάνει όλο και περισσότερα ανθρωπογενή μεταλλαξογόνα και απορρίμματα. Εκτός από τις επιβλαβείς μεταλλάξεις, μήπως θα παρατηρηθούν και μεταλλάξεις που θα επιταχύνουν την εξέλιξη του ανθρώπου; Θα είναι δυνατόν να υπάρξει ένα άλλο είδος *Ανθρώπου;*
6. Ίσως ακόμη οι άνθρωποι να μεταβάλουν τους εαυτούς τους. Ο ανασυνδυασμός του DNA (παράγρ. 9-14) είναι δυνατόν να οδηγήσει στην εισαγωγή νέων γονιδίων στα χρωματοσώματα του ανθρώπου στο μέλλον. Γονίδια που έχουν συντεθεί τεχνικά, ή φυσικά γονίδια από άλλους οργανισμούς, έχουν ήδη εισαχθεί πειραματικά σε μικροοργανισμούς. Για παράδειγμα, έχει δημιουργηθεί ένα βακτήριο που παράγει χρήσιμη ανθρώπινη ινσουλίνη. Τα γονίδια της ινσουλίνης έχουν προστεθεί στα γονίδια του βακτηρίου. Ακόμη πιο πρόσφατα ένα γονίδιο από κουνέλι έχει ανασυντεθεί με γονίδια κυττάρων πιθήκων σε κυτταροκαλλιέργεια. Τα κύτταρα του πιθήκου άρχισαν να παράγουν αλύσους αιμοσφαιρίνης (την πρωτεΐνη των ερυθρών κυττάρων που μεταφέρει το οξυγόνο) του κουνελιού. Αν οι τεχνικές ανασυνδυασμένου DNA εφαρμοσθούν στον άνθρωπο στο μέλλον, τότε θα ανοίξει ένα νέο πεδίο ***γενετικής μηχανικής.*** Είναι εύκολο να φαντασθείτε ότι τα αποθέματα γονιδίων του ανθρώπου θα αλλοιωθούν. Προς το παρόν η γενετική μηχανική ασχολείται μόνο με την αντικατάσταση γονιδίων που δυσλειτουργούν και συνδέονται με γενετικές ασθένειες.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα αποθέματα γονιδίων των διαφόρων πληθυσμών δημιουργούν τον *Άνθρωπο τον έμφρονα.* Ίσως αυτό να αλήθευε ακόμη και την εποχή του ανθρώπου του Κρο-Μανιόν. Η ποικιλότητα, που περιλαμβάνει φυλετικούς πληθυσμούς, έχει διατηρηθεί. Ορισμένοι γενετιστές προβλέπουν ότι οι διαφορετικοί ανθρώπινοι πληθυσμοί θα συγκλίνουν σε ένα. Άλλοι πιστεύουν ότι μόνο μικροί πληθυσμοί «κατακλύζονται» γενετικά και ότι οι μεγάλοι πληθυσμοί θα παραμείνουν διαφορετικοί, γιατί τα αποθέματα των γονιδίων τους είναι τεράστια και η μετανάστευση ακόμη και σήμερα είναι περιορισμένη. Οι περισσότεροι γενετιστές συμφωνούν πάντως στο ότι τα σύνορα των αποθεμάτων των γονιδίων γίνονται διαρκώς και λιγότερο αισθητά. Με την πάροδο του χρόνου αυτό θα επιδράσει μέχρις ενός βαθμού ακόμη και στα μεγάλα αποθέματα γονιδίων.

Το μέλλον του *Ανθρώπου του έμφρονος* παρουσιάζει ακόμη πολλά ερωτήματα. Οι πληθυσμοί συνεχίζουν να αυξάνουν και οι κοινωνίες θα γίνονται πιο σύνθετες. Οι παράγοντες της φυσικής επιλογής αλλάζουν και ακόμη η γενετική μηχανική πρέπει να θεωρείται ως παράγοντας που είναι δυνατόν να έχει επιπτώσεις στο μέλλον.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Ποια είναι τα επιχειρήματα που στηρίζουν την άποψη ότι στο μέλλον όλοι οι ανθρώπινοι πληθυσμοί θα συγκλίνουν προς ένα; Ποια είναι τα επιχειρήματα εναντίον αυτής της απόψεως;
2. Ποιοι είναι μερικοί από τους νέους παράγοντες φυσικής επιλογής σε μία τεχνολογική κοινωνία;
3. Τι είναι το ανασυνδυασμένο DNA; Σε ποιες ομάδες οργανισμών έχει χρησιμοποιηθεί;
4. Εάν επρόκειτο να προτείνετε νόμους, σχετικούς με τη γενετική μηχανική, ποιες δραστηριότητες θα προωθούσατε; Ποιες δραστηριότητες θα απαγορεύατε;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΣΗΜΕΙΑ

Με βάση τα απολιθώματα που έχουν παρα-

τηρηθεί στις τρεις κύριες ηπείρους – την Ασία, την Αφρική και την Ευρώπη – έχει γίνει ανασύνθεση της καταγωγής και της εξελίξεως του ανθρώπου. Τρεις διακριτές κατευθύνσεις εξελίξεως είναι αποδεκτές, μία του *Ανθρώπου*, μία του *Αυστραλοπιθήκου* και μία των πιθήκων. Δύο από αυτές συνεχίζουν την εξέλιξή τους και σήμερα. Ο *Αυστραλοπίθηκος* έχει προφανώς εξαφανισθεί.

Τα γνωστά απολιθώματα του *Ανθρώπου* έχουν ηλικία 2,2 εκατομμυρίων χρόνων ή και περισσότερο. Ακόμη και τα απολιθώματα του *Ανθρώπου του ορθού* έχουν ηλικία περίπου 1,5 εκατομμυρίων χρόνων.

Κατά την εποχή της «εξαφανίσεως» των νεατερνταλίων και την κυριαρχία των ανθρώπων του Κρο-Μανιόν άρχισε η επικράτηση του σύγχρονου είδους του *Ανθρώπου του έμφρονος*. Ποικιλία διαφόρων φυλετικών ομάδων υπήρχε και τότε, όπως και σήμερα.

Οι διάφορες φυλετικές ομάδες έχουν διατηρηθεί μαζί με προβλέψεις υπέρ και κατά της απόψεως, ότι θα συνεχισθεί η ύπαρξή τους στο μέλλον. Οι γενετιστές μελετώντας τα αποθέματα των γονιδίων των πληθυσμών έχουν οδηγηθεί στο συμπέρασμα ότι τα αποθέματα των γονιδίων είναι πολύ πιο αξιόπιστα από επιπόλαιες διαφορές στο δέρμα, στις τρίχες ή άλλες διαφορές που χρησιμοποιούνται σήμερα για την περιγραφή ανθρωπίνων πληθυσμών. Για την ακρίβεια, οι σπουδές των αποθεμάτων των γονιδίων επιβεβαιώνουν την ύπαρξη πιο διακριτών ομάδων από αυτών που βασίζονται στην εμφάνιση μόνο.

Όλοι οι μεγάλοι ανθρώπινοι πληθυσμοί αυξάνουν σε αριθμό. Υπάρχουν όμως πολλά ερωτήματα για την πιθανή ύπαρξη ορίων στην αύξηση του πληθυσμού. Οι παράγοντες της φυσικής επιλογής μεταβάλλονται, αλλά η μεθοδολογία του ανασυνδυασμού του DNA επιτρέπει πιθανώς επιδιορθώσεις ή προσθήκες στα χρωματοσώματα με τη βοήθεια της γενετικής μηχανικής. Είναι άγνωστο ακόμη αν η γενετική μηχανική θα αποδειχθεί ή όχι χρήσιμη για την επιδιόρθωση των βλαβών, που επάγει στο γενετικό υλικό η ανθρώπινη τεχνολογία.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πού υπάρχουν κενά στην αλληλουχία απολιθωμάτων της εξελίξεως του ανθρώπου;
2. Γιατί είναι σπουδαίο να συνεχισθεί η έρευνα από τους επιστήμονες για απολιθώματα των προγόνων του σύγχρονου ανθρώπου;
3. Για ποια ανώτερα ζώα είναι γνωστό ότι χρησιμοποιούν ή ότι είχαν χρησιμοποιήσει στο παρελθόν ακατέργαστα εργαλεία;
4. Ποιο πρόβλημα υπάρχει για την κατάταξη του ηλικίας 2,2 εκατομμυρίων ετών κρανίου, που μοιάζει τόσο πολύ με ανθρώπινο στο γένος *Άνθρωπος;*
5. Τι δείχνουν οι αναλύσεις πρωτεϊνών και DNA για τη γενετική συγγένεια των ανθρώπων προς άλλα ζώα όσον αφορά τους πλησιέστερους ζώντες συγγενείς;
6. Ανέφερε άλλες ενδείξεις, εκτός από τα απολιθώματα, που βοηθούν τους ανθρωπολόγους να προσδιορίσουν αν κάποια απολιθώματα είναι ανθρώπινα.
7. Ποια ζώα εκτός από τον άνθρωπο είναι γνωστό ότι περπατούσαν όρθια όπως περίπου ο άνθρωπος;
8. Τι είναι η γενετική μηχανική; Πώς εφαρμόζεται στην περίπτωση του ανασυνδυασμού DNA;
9. Κατά ποιο τρόπο, μια μορφή «γενετικής μηχανικής» εμφανίζεται κατά τη φυσική επιλογή κατά τη διάρκεια της εξελίξεως;
10. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ των φυλών σήμερα και της ταξινομήσεως του πληθυσμού από τα γνωστά γονίδια των γενετικών αποθεμάτων τους;

ΑΡΘΡΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΒΑΣΜΑ

Campbell, B. *Humankind Emerging*. Boston, Little, Brown and Company, 1976.

Goodall, J. *In the Shadow of Man*. Boston, Houghton Mifflin, 1971.

Isaac, G. "The Food-sharing Behavior of Protohuman Hominids." *Scientific American*, April, 1978.

Leakey, R. S. "Skull 1470." *National Geographic*, June, 1973.

Miller, D. A. "Evolution of Primate Chromosomes." *Science*, December 16, 1977.

Simons, E. L. "Ramapithecus." *Scientific American*, May, 1977.

Washburn, S. L. "The Evolution of Man." *Scientific American*, September, 1978.



ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ



Λειτουργίες Απαραίτητες για τη Ζωή Ι: Χρησιμοποίηση Ενέργειας

Ένα θήλυ κολιμπρί αποκαλύπτει το χαρακτηριστικό τρόπο της καθημερινής της ασχολίας για τη διατροφή του ίδιου και των νεοσσών του. Μια φωτογραφική μηχανή, αλλά όχι το ανθρώπινο μάτι, είναι δυνατό να «δει» τις πτέρυγές του σε κίνηση. Εσείς θα βλέπατε μόνο θαμπή εικόνα και θα ακούγατε μόνο καθαρά το χαρακτηριστικό ήχο που κάνουν οι πτέρυγές του καθώς κτυπούν στον αέρα· κάνουν περίπου 80 κινήσεις το δευτερόλεπτο! Ένα τρομακτικό ποσό ενέργειας πρέπει να προωθείται σταθερά στα κύτταρά του. Και το ίδιο συμβαίνει όταν πετά γύρω από άνθη για τη διαρκή διατροφή του. Η ενέργεια είναι το πρώτο που είναι απαραίτητο για κάθε δραστηριότητα ζωής.

Συστήματα Κυκλοφορίας 17



Ένα φύλλο φυτού δείχνει το διακλαδιζόμενο δίκτυο των νεύρων. Τι άλλο κάνουν τα νεύρα εκτός από την υποστήριξη των φύλλων;

Κάθε ζωντανό κύτταρο χρειάζεται και ενέργεια. Τα κύτταρα επίσης χρειάζεται αν αποβάλλουν ορισμένα άχρηστα συστατικά. Ένας πολυκύτταρος οργανισμός πρέπει να διακινεί διαρκώς υλικά από ένα τμήμα του σώματός του σε άλλο.

Η βασική πηγή ενέργειας στη γη είναι ο ήλιος. Τμήμα της ακτινοβολούμενης ενέργειάς του περνά στα έμβια όντα κατά τη φωτοσύνθεση. Τα ανώτερα φυτά έχουν ειδικά συστήματα κυκλοφορίας, που προσκομίζουν στα κύτταρα υλικά για τη φωτοσύνθεση. Αυτά τα ειδικά συστήματα τα κατανέμουν επίσης τα προϊόντα της φωτοσυνθέσεως για τη χρήση τους από το φυτό.

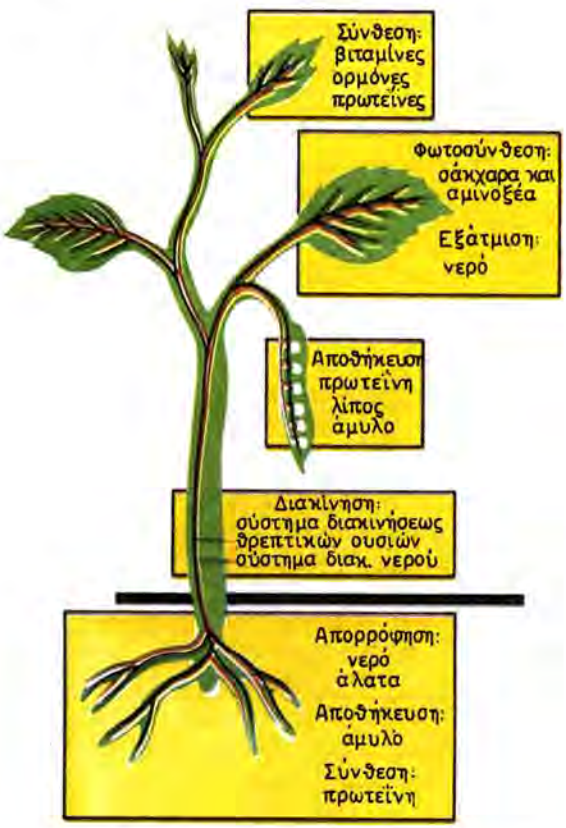
Τα ανώτερα ζώα παίρνουν ενέργεια με τη μορφή τροφής. Χρειάζονται επίσης ειδικά συστήματα για την κατανομή των απαραιτήτων συστατικών σε μεγάλες αποστάσεις σε τεράστιο αριθμό κυττάρων. Στο κεφάλαιο αυτό θα ανακαλύψετε πώς τα ανώτερα φυτά έχουν λύσει το πρόβλημα κυκλοφορίας ακατεργάστων υλικών για τη φωτοσύνθεση και το πρόβλημα κατανομής των προϊόντων της σε όλα τα τμήματα του φυτού. Θα είσθε σε θέση να συγκρίνετε τις μεθόδους αυτές με τα συστήματα που έχουν αναπτύξει τα ανώτερα ζώα για την κυκλοφορία της τροφής και του οξυγόνου σε όλα τα κύτταρά τους και τη μεταφορά των αχρήστων υλικών μακριά από τα κύτταρα.

Εξέλιξη των συστημάτων κυκλοφορίας στα φυτά

17-1
Το πολυκύτταρο φυτό είναι προσαρμοσμένο να ζει στην ξηρά

Περίπου 440 εκατομμύρια χρόνια πριν, κατά τη διάρκεια της εξελίξεως, τα φυτά άρχισαν να ζουν στην ξηρά όσο και στο νερό. Παρά το ότι η σειρά των γνωστών απολιθωμάτων δεν είναι πλήρης, πολλοί επιστήμονες συμφωνούν ότι τα πρωτόγονα πράσινα φύκη είναι οι πιο πιθανοί πρόγονοι των χερσαίων φυτών (των φυτών που ζουν στην ξηρά). Οι τύποι των χρωστικών που βρίσκονται στα κύτταρα των συγχρόνων πρασίνων φυκών είναι όμοιοι με τις χρωστικές των χερσαίων φυτών και οι δύο ομάδες παράγουν άμυλο από τη φωτοσύνθεση.

Η λειτουργία της φωτοσυνθέσεως είναι αρκετά ίδια και σε ένα μονοκύτταρο πράσινο φύκος και στα φύλλα του πλατάνου. Αλλά τα μεγάλα πολυκύτταρα χερσαία φυτά αντιμετωπίζουν πολλά προβλήματα που δεν αντιμετωπίζουν τα φύκη. Για παράδειγμα, τα ακατέργαστα υλικά για τη φωτοσύνθεση απλώς διαχέονται μέσα στα μονοκύτταρα φύκη που ζουν στο νερό. Πολλά από αυτά τα υλικά δεν είναι προσιτά σε ένα κύτταρο ενός πλατανοφύλλου. Στα πολυκύτταρα πράσινα φυτά, ειδικά συστήματα έχουν δημιουργηθεί εξελικτικώς, που επιτρέπουν στο φυτό να παραλαμβάνει υλικά από το περιβάλλον, να τα διακινεί προς κάθε κύτταρο που τα χρησιμοποιεί και να αποθηκεύει τα νέα υλικά που παρασκευάζει από αυτά. Μερικές από τις δραστηριότητες αυτές που γίνονται στα φυτά αναφέρονται περιληπτικά στην εικόνα 17-1 στην επόμενη σελίδα.



Εικόνα 17-1 *Τα διάφορα τμήματα του φυτού έχουν διαφορετικές λειτουργίες. Όλες αυτές οι λειτουργίες συνδέονται με υλικά, που πρέπει να διακινηθούν όπου χρειάζονται. Το νερό είναι το υλικό που απαιτείται σε μεγάλες ποσότητες. Χρησιμεύει επίσης σαν υγρό διακινήσεως, που μεταφέρει άλατα και θρεπτικά υλικά κατασκευασμένα από το φυτό σε ορισμένα είδη φυτικών ιστών προς άλλα.*

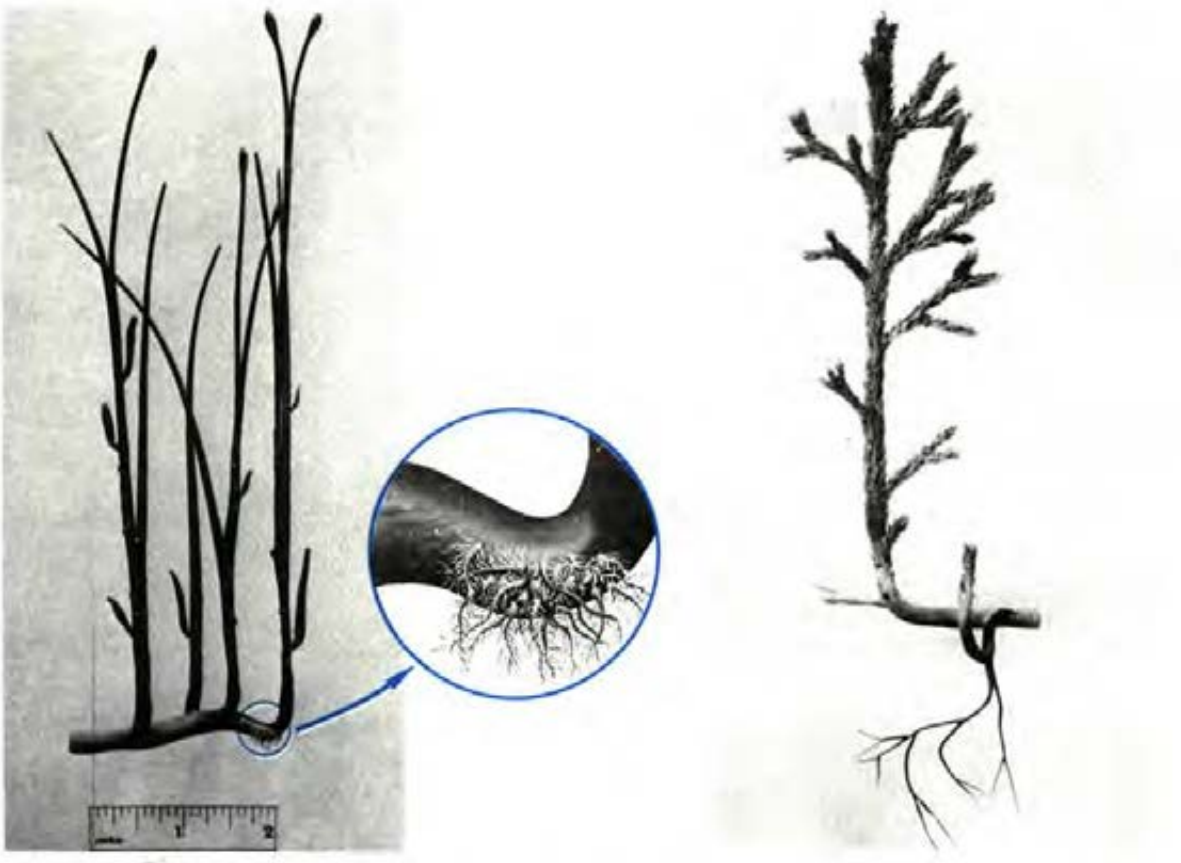
17-2
Το φύλλο είναι μία αποδοτική κατασκευή για φωτοσύνθεση

Μερικά απολιθωμένα φυτά φαίνεται ότι δεν είχαν φυλλοειδείς κατασκευές όμοιες με των συγχρόνων φυτών, αλλά μικρότερες (εικόνα 17-2). Η παρουσία των φύλλων αυξάνει την επιφάνεια που εκτίθεται στο φως, μία προσαρμογή που ευνοεί τη φωτοσύνθεση. Επιπλέον τα φυτά δημιούργησαν εξελικτικώς φύλλα με δέσμες κυττάρων αγωγών, που λέγονται νεύρα και τα οποία μεταφέρουν νερό στα κύτταρα των φύλλων και προϊόντα φωτοσυνθέσεως (κυρίως γλυκόζη) στα άλλα μέρη του φυτού.

Έκθεση στον αέρα θα εξάτμιζε γρήγορα όλο το νερό από ένα πρωτόγονο υδρόβιο φυτό. Γι' αυτό, για να επιβιώσουν στην ξηρά, τα φυτά ανέπτυξαν μία αδιάβροχη εξωτερική επιφάνεια. Το κηρώδες επικάλυμμα, η εφυμενίδα, που βρίσκεται στα σύγχρονα χερσαία φυτά, εμφανίζεται επίσης σε πολύ παλαιά απολιθώματα φυτών. Η εφυμενίδα δεν είναι ένα στρώμα κυττάρων, αλλά απλώς μία λεπτή μεμβράνη που καλύπτει την εξωτερική επιφάνεια των φυτών. Παρατηρήστε τη δομή ενός τυπικού φύλλου στην εικόνα 17-3 τη σελίδας 366. Παρατηρήστε ότι η άνω και κάτω επιφάνεια του φύλλου καλύπτονται από κηρώδη εφυμενίδα που εμποδίζει την απώλεια νερού.

Η κύρια λειτουργία των φύλλων είναι η φωτοσύνθεση. Διοξείδιο του άνθρακα και νερό πρέπει να βρίσκονται διαθέσιμα ως ακατέργαστα υλικά για τη φωτοσύνθεση. Συγχρόνως το φύλλο πρέπει να διατηρεί νερό για περιόδους ξηρασίας. Η κάτω επιφάνεια του φύλλου έχει ανοίγματα ή πόρους στην εφυμενίδα, μέσα από τα οποία περνούν υδρατμοί και διοξείδιο του άνθρακα. Οι πόροι αυτοί ονομάζονται ***στόματα*** (εικόνα 17-3). Τα απολιθωμένα ευρήματα δείχνουν ότι στόματα υπήρχαν στο εξωτερικό επικάλυμμα των φυτών ακόμη και πριν από την εμφάνιση των φύλλων.

Κάθε στόμα περιβάλλεται από δύο κύτταρα, τα καταφρακτικά, που είναι εξειδικευμένα κύτταρα τα οποία αλλάζοντας σχήμα ανοίγουν ή κλείνουν το στόμα. Η εικόνα 17-4 δείχνει ότι το τοίχωμα του καταφρακτικού κυττάρου προς το μέρος του στόματος είναι παχύτερο από το τοίχωμα που βρίσκεται μακριά από το στόμα. Όταν τα καταφρακτικά κύτταρα παίρνουν νερό και διογκώνονται, η πίεση που ασκείται στα κυτταρικά τοιχώματα κάμπτει προς τα έξω τα λεπτά τοιχώματα. Αυτή η προς τα έξω διόγκωση καταλήγει στην απομάκρυνση των παχυτέρων τοιχωμάτων που περιβάλλουν το άνοιγμα, με αποτέλεσμα το άνοιγμα του στόματος. Όταν η πίεση του νερού μέσα στα καταφρακτικά κύτταρα μειώνεται, παρατηρείται αντίθετο φαινόμενο. Τα παχύτερα τοιχώματα πλησιάζουν το ένα το άλλο και κλείνουν το στόμα (βλ. παράρτημα 17-Α, Άνοιγμα και κλείσιμο των στομάτων,

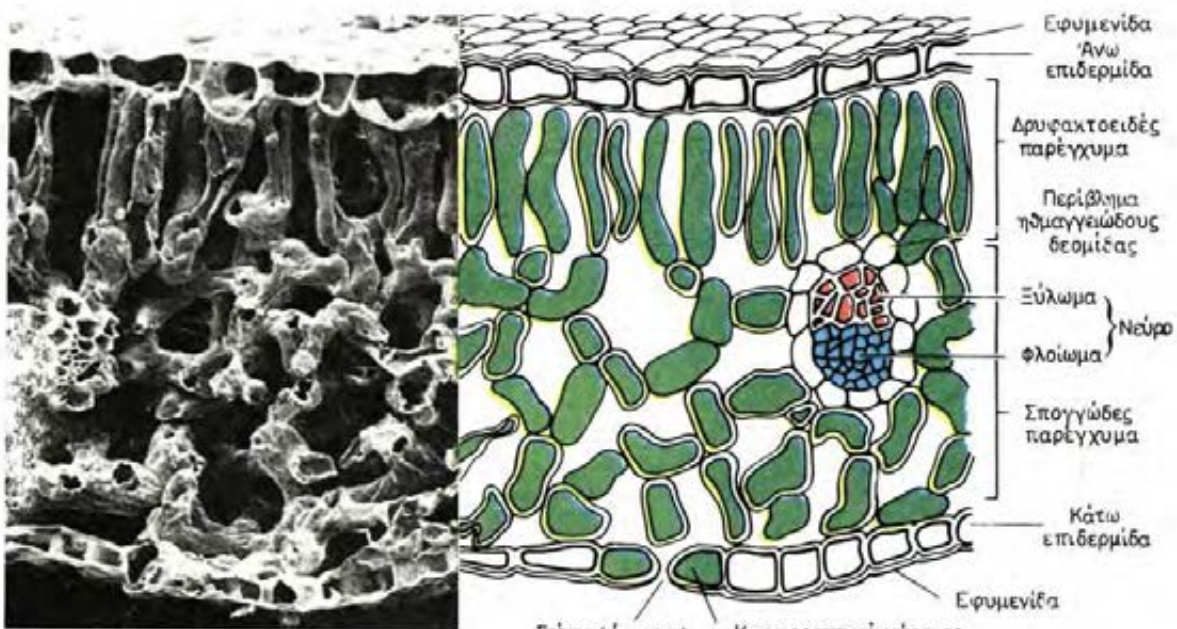


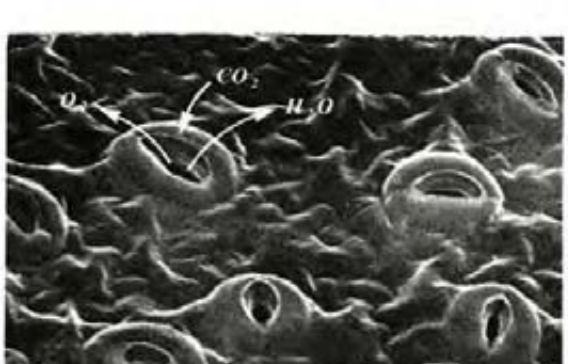
Εικόνα 17-2 *Τα λεπτά ριζικά τριχίδια στον οριζόντιο βλαστό του απολιθωμένου φυτού στα αριστερά φαίνονται σε μεγαλύτερη μεγέθυνση στο πλάι του φυτού. Συγκρίνετε αυτά τα ριζικά τριχίδια με τις πλέον εξελιγμένες μορφές ριζοειδών του απολιθωμένου φυτού στα δεξιά. Ο βλαστός του πλέον εξελιγμένου φυτού έχει επίσης φυλλοειδείς προεκτάσεις.*

σελίδα 716).

Τα κύτταρα μέσα στο φύλλο (εικόνα 17-3), που βρίσκονται ακριβώς κάτω από τα στόματα, αφήνουν ελεύθερους χώρους μεταξύ τους. Αυτή η ανοικτή, σπογγώδης, διευθέτηση των κυττάρων επιτρέπει την άμεση και γρήγορη διάχυση του διοξειδίου του άνθρακα μέσα σε κάθε κύτταρο του φύλλου που φωτοσυνθέτει. Θα θεωρούσατε αυτή τη διευθέτηση των κυττάρων ως προϊόν εξελικτικής προσαρμογής;

Τα φυτά χρησιμοποιούν διοξείδιο του άνθρακα και εκλύουν οξυγόνο κατά τη διάρκεια της φωτοσυνθέσεως. Όλα όμως τα φυτικά κύτταρα χρησιμοποιούν οξυγόνο για την αναπνοή και εκλύουν διοξείδιο του άνθρακα, ακριβώς όπως και τα ζωικά κύτταρα. Μέρος του οξυγόνου που εκλύεται κατά τη φωτοσύνθεση χρησιμοποιείται αμέσως από τα κύτταρα για την αναπνοή. Κατά τη διάρκεια της ημέρας η φωτοσύνθεση παράγει πολύ περισσότερο οξυγόνο από ό,τι χρειάζεται αμέσως για την αναπνοή. Η περίσσεια του οξυγόνου διαχέεται έξω από το φυτό μέσα από τα στόματα προς τον αέρα. Το βράδυ όμως, όταν πραγματώνονται οι σκοτεινές αντιδράσεις της φωτοσυνθέσεως (παράγραφος 6-7), απαιτείται διάχυση οξυγόνου από τον αέρα μέσω των στομάτων προς το εσωτερικό του φύλλου για τα κύτταρα που αναπνέουν. Διοξείδιο του άνθρακα που εκλύεται κατά την αναπνοή διαχέεται το βράδυ έξω από το φύλλο.





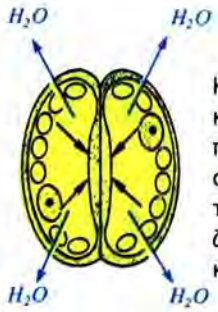


Εικόνα 17-3 *Η δομή ενός φύλλου. Μικροφωτογραφία, ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σαρώσεως, ενός φύλλου σε εγκάρσια τομή (επάνω αριστερά) αποκαλύπτει τις δομές που σημειώνονται στο σχεδιάγραμμα (επάνω δεξιά). Άλλες μικροφωτογραφίες δείχνουν στόματα φύλλου ανοικτά (κάτω αριστερά) και κλειστά (κάτω δεξιά). Πώς έχει προσαρμοσθεί το φύλλο στην εσωτερική κυκλοφορία του αέρα;*

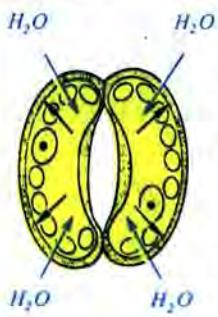
Νερό, υπό μορφή ατμού, διακινείται επίσης μέσω των στομάτων. Ο ρυθμός της διακινήσεώς του επηρεάζεται από τη σχετική υγρασία του αέρα. (Η υγρασία του φύλλου είναι πάντοτε ανώτερη από την υγρασία του αέρα). Όταν η υγρασία του αέρα πέφτει, το νερό εξατμίζεται από το φύλλο μέσω των στομάτων με μεγαλύτερο ρυθμό. Πώς μεταβάλλεται ο ρυθμός εξατμίσεως του νερού, όταν η θερμοκρασία αυξάνει; Πώς μεταβάλλεται ο ρυθμός, όταν η θερμοκρασία πέφτει;

17-3
Νερό και άλατα απορροφώνται από τις ρίζες των φυτών

Μία βασική διαφορά μεταξύ των χερσαίων και των υδροβίων φυτών βρίσκεται στο ριζικό σύστημα. Καθώς τα χερσαία φυτά εξελίσσονται προς μεγαλύτερους και πιο σύνθετους οργανισμούς, αναπτύχθηκε ένα εξαπλούμενο και διακλαδιζόμενο ριζικό σύστημα (βλ. παράρτημα 17-Β, Απολιθωμένη ιστορία της αναπτύξεως των ριζών, σελίδα 717). Οι πραγ-



Καθώς το νερό αφήνει τα κύτταρα, μία μείωση της πιέσεως έχει ως αποτέλεσμα τα παχέα τοιχώματα των κυττάρων να πλησιάζουν το ένα το άλλο και να κλείνουν το στόμα.



Καθώς το νερό εισέρχεται στα κύτταρα, μία αύξηση στην πίεση έχει ως αποτέλεσμα τα λεπτότερα τοιχώματα των κυττάρων να κυρτώνουν προς τα έξω ανοίγοντας το στόμα.

Εικόνα 17-4 *Τα τοιχώματα των καταφρακτικών κυττάρων που περιβάλλουν ένα στόμα κινούνται αναλόγως της πιέσεως του νερού στο εσωτερικό των κυττάρων, με αποτέλεσμα το άνοιγμα ή το κλείσιμο του στόματος.*

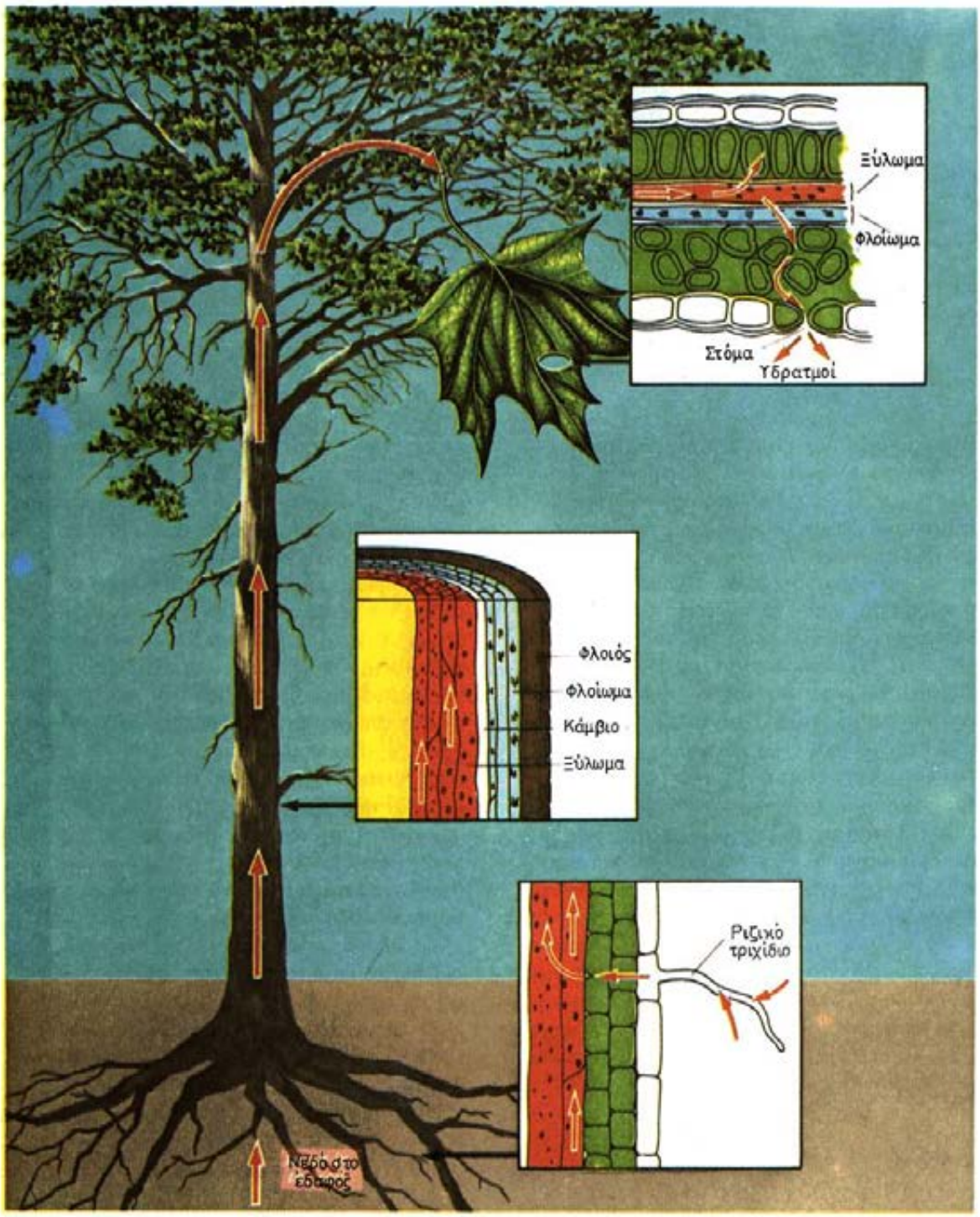
ματικές ρίζες διαφέρουν από τις απλές ριζοειδείς δομές των πρωτογόνων φυτών ως προς τη διασύνδεσή τους προς τους αγωγούς κυκλοφορίας που διασχίζουν όλα τα τμήματα του φυτού. Η εικόνα 17-5 στη σελίδα 368 δείχνει τις υδροφόρες δομές ενός δένδρου. Μερικά κύτταρα της ρίζας έχουν λεπτές προβολές, τα ριζικά τριχίδια. Το νερό και τα άλατα που βρίσκονται διαλυμένα στο νερό εισέρχονται στα κύτταρα μέσω των ριζικών τριχιδίων. Το νερό και τα άλατα διαχέονται, μετά, από τα ριζικά τριχίδια σε άλλα κύτταρα της ρίζας και τελικώς εισέρχονται στους αγωγούς κυκλοφορίας νερού.

Τα κύτταρα της ρίζας χρειάζονται ενέργεια για να διακινήσουν τα υλικά αυτά. Από πού παίρνουν την ενέργεια για να επιτελούν τις λειτουργίες τους; Αν το νερό διακινείται προς τα πάνω από τις ρίζες προς το υπόλοιπο φυτό, είναι δυνατό η γλυκόζη να παράγεται στα φύλλα με τη φωτοσύνθεση να διακινείται προς τα κάτω και να παρέχει ενέργεια στις ρίζες; Τα πειράματα έχουν αποδείξει ότι αυτό ακριβώς συμβαίνει.

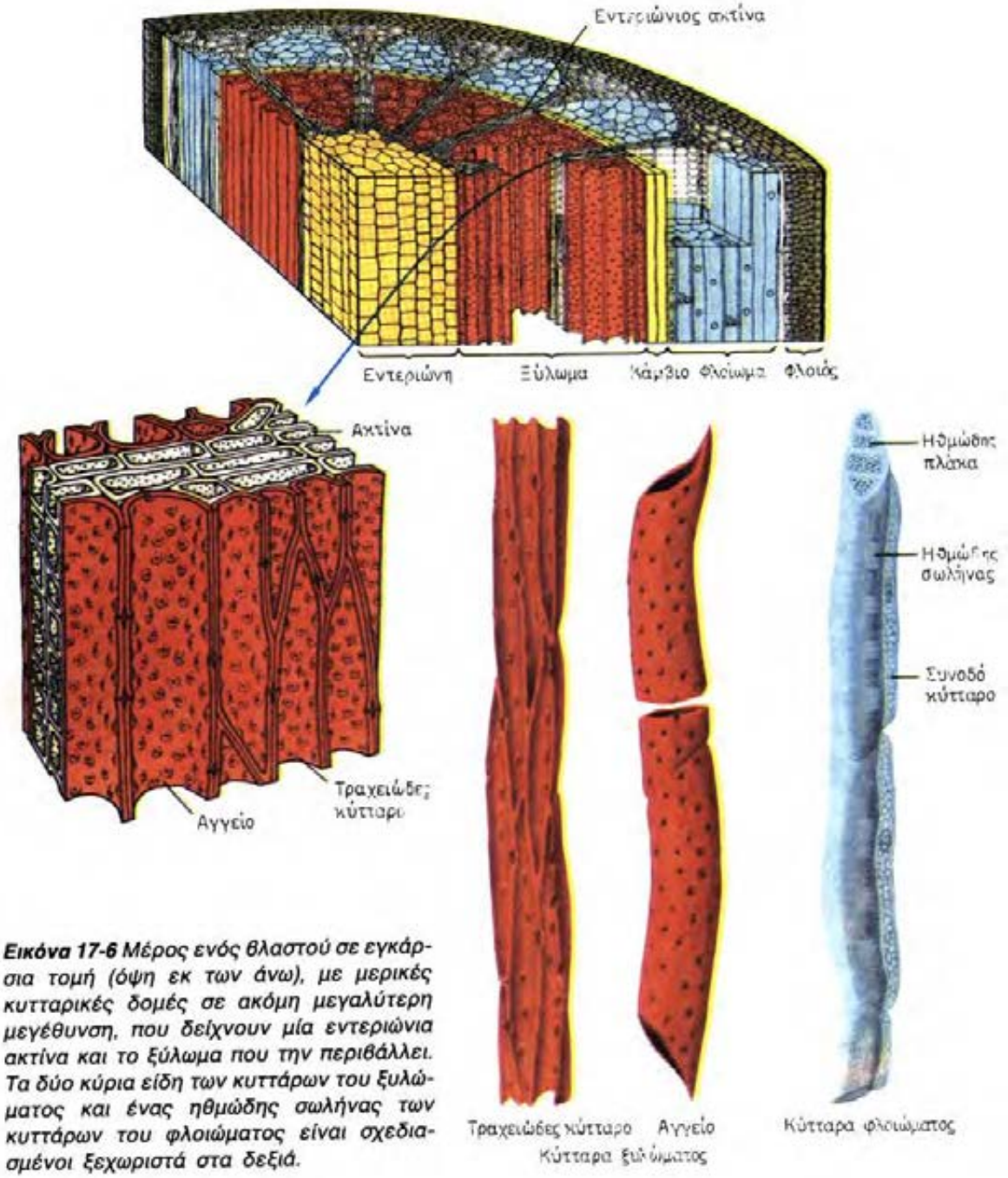
17-4
Αγωγοί διακινούν υλικά μέσα στο φυτό

Τα κυκλοφορικά συστήματα που μεταφέρουν νερό, άλατα και οργανικά υλικά μέσα στο σώμα του φυτού εμφανίσθηκαν αρκετά ενωρίς ως προσαρμογή των χερσαίων φυτών. Απολιθωμένα φυτά είχαν δέσμες κυττάρων, που διέσχιζαν πάνω-κάτω τόσο τους βλαστούς τους όσο και τα φύλλα τους. Οι βοτανικοί πιστεύουν ότι αυτές ήταν οι πρόδρομοι των συνθέτων συστημάτων αγωγών σωλήνων που παρατηρούνται σήμερα στα φυτά. Οι πρωτόγονες δέσμες των κυττάρων εξελίχθηκαν σε δύο τύπους αγωγών. Ο ένας τύπος αγωγών, ονομαζόμενος ξύλωμα, διακινεί νερό και άλατα. Ο άλλος τύπος αγωγών, ονομαζόμενος φλοίωμα, διακινεί τροφή. Το φλοίωμα βρίσκεται πλησιέστερα προς το εξωτερικό του βλαστού και το ξύλωμα βρίσκεται προς το κέντρο του βλαστού. Η εικόνα 17-6, στη σελίδα 369, δείχνει τα δύο αυτά είδη αγωγών σωλήνων ενός ξυλώδους φυτού. Σημείωσε τη σχέση του ξυλώματος και του φλοιώματος προς το κάμβιο. Κάμβιο είναι μία στρώση κυττάρων που παράγει νέους ιστούς κάθε περίοδο αναπτύξεως.

Τα κύτταρα που αποτελούν τους ξυλώδεις σωλήνες είναι νεκρά. Μερικά ξυλώδη κύτταρα, τα τραχειώδη κύτταρα, έχουν λεπτά άκρα και παχιά τοιχώματα με βοθρία, που τα συνδέουν με γειτονικά κύτταρα. Άλλα ξυλώδη κύτταρα, τα αγγεία, είναι βραχείς σωλήνες χωρίς τοιχώματα στις άκρες τους. Ενωμένα κατ' αυτόν τον τρόπο μεταξύ τους τα κύτταρα αυτά δημιουργούν ένα συνεχή αγωγό. Το φλοίωμα μέσω του οποίου διακινείται η τροφή αποτελείται από ζωντανά κύτταρα, ενωμένα στα άκρα τους. Τα άκρα των κυττάρων του φλοιώματος έχουν λεπτούς πόρους, μέσω των οποίων τα περιεχόμενα των κυττάρων επικοινωνούν. Επειδή οι πορώδεις επιφάνειες στα άκρα των κυττάρων αυτών υπενθυμίζουν



Εικόνα 17-5 *Τα ερυθρά βέλη δείχνουν τις κύριες δομές που διακινούν νερό σε αυτό το δένδρο. Ακολουθήστε τη διαδρομή του νερού από τα ριζικά τριχίδια μέσω του ξυλώματος προς τα φύλλα.*



Εικόνα 17-6 *Μέρος ενός βλαστού σε εγκάρσια τομή (όψη εκ των άνω), με μερικές κυτταρικές δομές σε ακόμη μεγαλύτερη μεγέθυνση, που δείχνουν μία εντεριώνια ακτίνα και το ξύλωμα που την περιβάλλει. Τα δύο κύρια είδη των κυττάρων του ξυλώματος και ένας ηθμώδης σωλήνας των κυττάρων του φλοιώματος είναι σχεδιασμένοι ξεχωριστά στα δεξιά.*

μικρούς ηθμούς, οι αγωγοί του φλοιώματος ονομάζονται συχνά ηθμώδεις σωλήνες.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα φύλλα, οι ρίζες και οι αγωγοί κυκλοφορίας εμφανίσθηκαν εξελικτικώς πολύ νωρίς. Τα φύλλα παρέχουν μία μέγιστη επιφάνεια για φωτοσύνθεση. Ανοίγματα στην επιφάνεια των φύλλων, που ονομάζονται στόματα, ρυθμίζουν τη δίοδο του διοξειδίου του άνθρακα, του οξυγόνου και του νερού υπό μορφή υδρατμών μέσα και έξω από τα φύλλα. Το νερό και τα άλατα απορροφώνται από το έδαφος και διακινούνται προς άλλα τμήματα

του φυτού με τα τραχειώδη κύτταρα και τα αγγεία του ξυλώματος. Τα προϊόντα της φωτοσυνθέσεως διακινούνται από τα φύλλα προς όλα τα μέρη του φυτού μέσω των ηθμωδών σωλήνων του φλοιώματος.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Από ποιο τύπο πρωτόγονου αυτότροφου υδρόβιου εμβίου όντος εξελίχθηκαν τα πρώτα χερσαία φυτά;
2. Πώς προάγουν τη φωτοσύνθεση τα φύλλα ενός πολυκυττάρου χερσαίου φυτού;
3. Ποιες δομές των ριζών απορροφούν νερό και άλατα από το έδαφος;
4. Ποια είναι η κύρια διαφορά μεταξύ των κυττάρων του ξυλώματος και των κυττάρων του φλοιώματος;

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 17-Α. Τι ρυθμίζει την κίνηση του νερού στα φυτά; Σελίδα 649.

Λειτουργία των συστημάτων διακινήσεως των ανωτέρων φυτών

17-5
Ένα πρόβλημα μηχανικής: Πώς διακινείται το νερό στα φυτά;

Το νερό εισέρχεται στο φυτό μέσω των ριζικών τριχιδίων και διακινείται μέσω του ξυλώματος σε όλα τα μέρη του φυτού. Το νερό εξατμίζεται από τις επιφάνειες των φύλλων μέσω των στομάτων. Κάθε μέρα εξατμίζονται τρομακτικές ποσότητες νερού από τα μεγάλα χερσαία φυτά. Για παράδειγμα, ένας πλάτανος που αναπτύσσεται σε υγρό κλίμα χάνει έως και 200 λίτρα νερό την ημέρα. Το νερό αυτό, για να επιζήσει ο πλάτανος, πρέπει να το αναπληρώσει. Το νερό που εισέρχεται στη ρίζα πρέπει συχνά να διακινηθεί σε μεγάλες αποστάσεις προς τα επάνω. Τα φυτά όμως δεν έχουν αντλίες, όπως τα ζώα καρδιές.

Οποιαδήποτε υπόθεση που αναπτύσσεται προς εξήγηση της ανόδου στα φυτά, πρέπει να λαμβάνει υπόψη της τις παρατηρήσεις που έχουν γίνει από επιστήμονες επί πάρα πολλά χρόνια. Οι επιστήμονες έχουν σημειώσει ότι:

1. Μερικά δένδρα έχουν ύψος περισσότερο από 100 μέτρα.
2. Πρέπει να παραχθεί έργο, για να διακινηθεί το νερό προς τα επάνω.
3. Η απώλεια του νερού είναι δυνατόν να είναι γρήγορη. Για το λόγο αυτό η διακίνηση του νερού πρέπει να είναι γρήγορη.
4. Η απώλεια του νερού είναι μεγαλύτερη κατά τη διάρκεια μιας ζεστής ηλιόλουστης ημέρας και μικρότερη το βράδυ.
5. Κλάδοι που κόβονται από φυτά είναι δυνατό να παραλαμβάνουν νερό παρά το ότι στερούνται ριζών.
6. Βλαστοί στους οποίους το φλοίωμα έχει νεκρωθεί είναι σε θέση να διακινούν ακόμη νερό. (Θυμηθείτε ότι οι αγωγοί του ξυλώματος αποτελούνται από νεκρά κύτταρα).

Τρεις εξηγήσεις έχουν προταθεί για τη διακίνηση του νερού στα φυτά:

1. Τριχοειδής κίνηση είναι δυνατόν να ανυψώσει νερό σε περιορισμένο ύψος μέσα στους σωλήνες.
2. Ριζική πίεση, τουλάχιστον ορισμένες φορές, είναι δυνατόν να ανυψώσει νερό σε ένα ύψος 30 μέτρων.
3. Δυνάμεις συνοχής θα ήταν δυνατόν να ανυψώσουν νερό σε ένα ύψος μεγαλύτερο και από 100 μέτρα.

Τριχοειδής κίνηση επιδεικνύεται με την τοποθέτηση ενός λεπτού γυάλινου σωλήνα μέσα σε ένα δοχείο με χρωματισμένο νερό ή

σινική μελάνη. Το υγρό στο σωλήνα θα ανέλθει σε επίπεδο υψηλότερο από το επίπεδο του νερού στο δοχείο. Όσο μικρότερη είναι η διάμετρος του σωλήνα, τόσο υψηλότερα ανέρχεται το νερό. Το υγρό ανέρχεται στο σωλήνα, γιατί τα μόρια της επιφάνειας του νερού έλκονται προς τα μόρια της επιφάνειας του σωλήνα. Η τριχοειδής άνοδος του υγρού σε μικρούς σωλήνες δεν είναι γρήγορη ούτε φθάνει σε μεγάλο ύψος. Γι' αυτό η τριχοειδής κίνηση δεν θα ήταν δυνατόν να εξηγήσει την άνοδο του νερού σε πολύ ψηλά φυτά.

Η ριζική πίεση έχει επίσης χρησιμοποιηθεί για την εξήγηση της ανοδικής κινήσεως του νερού στα φυτά. Όταν ο βλαστός ενός φυτού αποκόπτεται, το νερό και τα άλλα υλικά εκρέουν από την επιφάνεια τομής. Η πίεση που έχει ως αποτέλεσμα αυτή την εκροή προέρχεται από το ριζικό σύστημα. Παρόλα αυτά η ριζική πίεση έχει μετρηθεί και δεν θα ήταν δυνατόν από μόνη της να ανεβάσει νερό σε δένδρα ψηλότερα από 30 μέτρα.

Η θεωρία των δυνάμεων συνοχής εξηγεί πώς το νερό ανυψώνεται σε μεγάλα ύψη σε ένα δένδρο. Σύμφωνα με την ιδέα αυτή, το νερό υπάρχει ως μία συνεχής στήλη, μέσα στα κύτταρα του ξυλώματος, από το κάτω μέρος έως την κορυφή του δένδρου. Τα κύτταρα του φύλλου χάνουν νερό διά της εξατμίσεως μέσω των στομάτων. Η συνοχή, μία δύναμη που συγκρατεί τα μόρια του νερού μαζί, έχει ως αποτέλεσμα περισσότερο νερό να διακινείται στα κύτταρα των φύλλων από ξύλωμα. Το νερό που απομένει στο ξύλωμα βρίσκεται πλέον υπό πίεση και αντλεί προς τα επάνω την αδιάκοπη στήλη του νερού. Περισσότερο νερό εισέρχεται από τα κύτταρα της ρίζας στο ξύλωμα. Τα κύτταρα της ρίζας εκχυλίζουν νερό από το έδαφος με ώσμωση. Η ώσμωση παρατηρείται, γιατί η συγκέντρωση των ανοργάνων υλικών μέσα στα κύτταρα της ρίζας είναι μεγαλύτερη από τη συγκέντρωση των υλικών στο έδαφος. Με τον τρόπο αυτό μία συνεχής στήλη νερού υπό πίεση εξαπλώνεται μέσα στο δένδρο από τα κύτταρα της ρίζας έως τα κύτταρα του φύλλου. Οι δυνάμεις συνοχής και υποπιέσεως της στήλης αυτής είναι δυνατόν να εξηγήσουν την ανοδική κίνηση του νερού.

Η αναρροφητική αυτή δύναμη μπορεί να μετρηθεί. Είναι αρκετά μεγάλη, για να εξηγήσει τη διακίνηση νερού σε ύψος ακόμη και 100 μέτρων (βλ. παράρτημα 17-Γ). Το πείραμα συνοχής-υποπιέσεως του Μπομ, σελίδα 717.

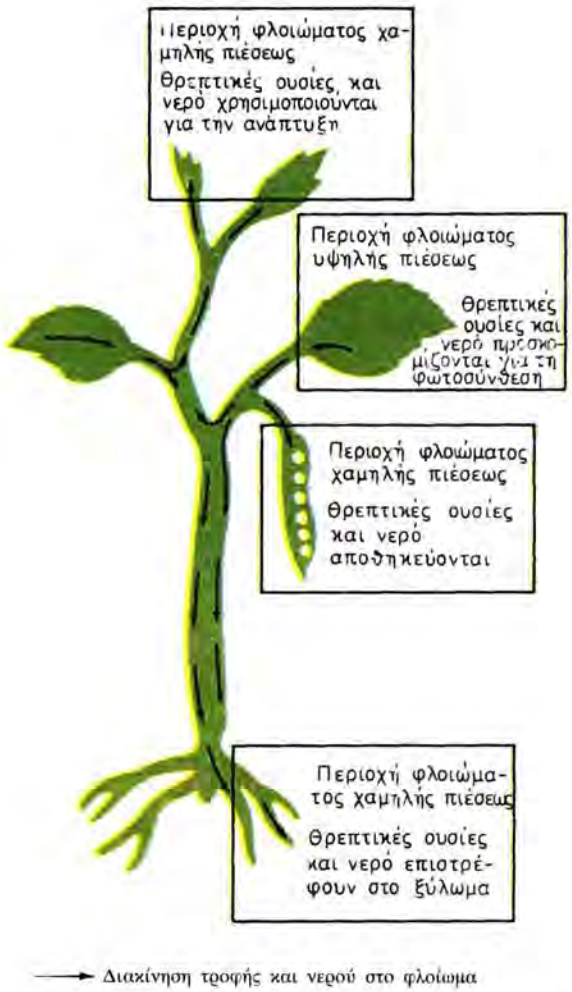
Τη θεωρία συνοχής-υποπιέσεως προτιμούν οι περισσότεροι βιολόγοι σήμερα ως την καλύτερη εξήγηση για την ανύψωση του νερού στα φυτά. Αν η στήλη του νερού διακοπεί σε κάποιο σημείο του δένδρου, το νερό εξακολουθεί να ανέρχεται από τη μία ή τις δύο πλευρές της τομής. Διακόπτεται η στήλη του νερού με την τομή του ξυλώματος με τον τρόπο αυτό; (εισάγοντας αέρα εκεί που έγινε η τομή). Ή η υδάτινη στήλη στο δένδρο είναι ένα συνεχές δίκτυο που καταλαμβάνει όλο το εσωτερικό του κορμού και διακόπτεται μόνο στο σημείο που έγινε η τομή; (Βλ. παράρτημα 17-Δ, Πειράματα με ραδιοϊσότοπα, σελίδα 718).

17-6
Τροφή διακινείται στα φυτά μέσα από το φλοίωμα

Πώς διακινείται η τροφή μέσα στο φλοίωμα; Ορισμένα δεδομένα είναι γνωστά γύρω από αυτό το πρόβλημα, αλλά πλήρης εξήγηση δεν έχει βρεθεί ακόμη. Να θυμάστε ότι τα κύτταρα του φλοιώματος είναι ζωντανά και κάθε εξήγηση πρέπει να λαμβάνει υπόψη ότι η τροφή πρέπει να διέλθει μέσα από το κυτταρόπλασμα των κυττάρων αυτών.

Κάποτε ήταν αποδεκτό ότι η αργή, απλή διάχυση, ή η ανακύκλωση του πρωτοπλάσματος διακινούσε τα μόρια της τροφής κατά μήκος των σωλήνων του φλοιώματος. Όμως η ταχύτητα με την οποία τα υλικά διακινούνται μέσα στο φλοίωμα έχει μετρηθεί. Ορισμένες φορές ο ρυθμός ροής φθάνει έως και 100 εκατοστά ανά ώρα, που είναι ένδειξη ότι διάχυση ή ανακύκλωση του πρωτοπλάσματος δεν είναι οι μηχανισμοί διακινήσεως τροφής στο φλοίωμα.

Μία πιο πρόσφατη υπόθεση βασίζεται στις διαφορές πιέσεως των υγρών στα διάφορα τμήματα του φυτού. Σύμφωνα με αυτή την υπόθεση, νερό και διαλυμένη τροφή υπό μορφή υδατανθράκων ρέει μέσω των ηθμωδών σωλήνων από περιοχές υψηλότερης πιέσεως προς περιοχές χαμηλότερης πιέσεως. Καθώς παράγεται τροφή υπό μορφή υδατανθράκων μέσω της φωτοσυνθέσεως στα κύτταρα των πρασίνων φύλλων, το νερό κινείται σε



Εικόνα 17-7 *Μία υπόθεση για τη διακίνηση τροφής και νερού στο φλοίωμα, που βασίζεται στην πίεση των υγρών.*

αυτά τα κύτταρα των φύλλων ωσμωτικώς. Η διακίνηση του νερού αυξάνει την πίεση των υγρών μέσα στα κύτταρα των φύλλων. Υψηλή πίεση σε ένα κύτταρο τείνει να προωθήσει τα συστατικά στα διπλανά κύτταρα. Με τον τρόπο αυτό το νερό και η διαλυμένη υπό μορφή υδατανθράκων τροφή προωθείται μέσα στους ηθμώδεις σωλήνες των ανωτέρων τμημάτων των φυτών. Τα κύτταρα του φλοιώματος στα ανώτερα τμήματα των φυτών θεωρούνται, ακολούθως, ότι βρίσκονται κάτω από υψηλότερη πίεση από τα άλλα τμήματα του φυτού. Στα αποθηκευτικά όργανα και τα ενεργώς αναπτυσσόμενα τμήματα των φυτών, τα σάκχαρα και η υπό μορφή υδατανθράκων τροφή αποθηκεύεται ή χρησιμοποιείται. Καθώς η υπό μορφή υδατανθράκων τροφή απομακρύνεται από τους ηθμώδεις σωλήνες προς τα αποθηκευτικά όργανα ή τις περιοχές αναπτύξεως, οι ηθμώδεις σωλήνες τείνουν να χάνουν νερό. Η απώλεια νερού οδηγεί σε πτώση της πιέσεως. Τότε, μέσα στο σύστημα των ηθμωδών σωλήνων υπάρχουν περιοχές του φυτού όπου υπάρχουν υγρά υπό υψηλή πίεση και άλλες περιοχές υπό χαμηλή πίεση. Νερό και διαλυμένη υπό μορφή υδατανθράκων τροφή διακινείται από περιοχές υψηλότερης πιέσεως (συνήθως τα φύλλα) προς περιοχές χαμηλότερης πιέσεως (συνήθως περιοχές αποθηκεύσεως ή ταχέως αναπτυσσόμενα μέρη του φυτού). Ολόκληρη η διαδικασία εξαρτάται από την αναρρόφηση νερού από τα κύτταρα των φύλλων και την απώλεια από τα κύτταρα των περιοχών αποθηκεύσεως ή τις ταχέως αναπτυσσόμενες περιοχές (βλ. εικόνα 17-7 και Παράρτημα 17-Ε, Μία πρακτική εφαρμογή, σελίδα 719).

Το υγρό που διακινείται μέσα στους ηθμώδεις σωλήνες είναι δυνατόν να παραληφθεί και να αναλυθεί χημικώς. Το υγρό αυτό περιέχει έναν αριθμό ενώσεων σακχάρων, μερικά αμινοξέα, ενώσεις φωσφόρου και ανόργανα ιόντα. Τα χημικά αυτά προϊόντα είναι παράγωγα της φωτοσυνθέσεως και του μεταβολισμού των κυττάρων των φύλλων.

Μία ευφυής μέθοδος παραλαβής πολύ καθαρών δειγμάτων του υγρού του φλοιώματος φαίνεται στην εικόνα 17-8. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί φυτικά παράσιτα, που ονομάζονται αφίδες, τα οποία εισάγουν τα πολύ λεπτά στοματικά των όργανα μέσα σε ένα και μοναδικό κύτταρο του φλοιώματος. Η πίεση από τη ροή των υλικών στα κύτταρα του φλοιώματος προωθεί τα υλικά μέσω του πεπτικού συστήματος των αφίδων, σχηματίζοντας σταγονίδια δροσοσταλίδων στο οπίσθιο μέρος των αφίδων. Καθαρά δείγματα του υλικού συλλέγονται δια αποσπάσεως του σώματος της αφίδας από τα στοματικά όργανα. Το υλικό συλλέγεται, καθώς ρέει μέσα από τα στοματικά όργανα. Με τον τρόπο αυτό δεν έρχεται σε επαφή με τα εσωτερικά όργανα της αφίδας.

Διάφορα υλικά σε διάλυμα διακινούνται κατά μήκος του φυτού μέσω του ξυλώματος και του φλοιώματος. Νερό, άλατα και άλλα διαλυτά υλικά μετακινούνται επίσης πλευρι-



Εικόνα 17-8 *Η προβοσκίδα μια αφίδας βυθίζεται σε κύτταρο φλοιώματος ενός δένδρου, καθώς το έντομο απορροφά χυμούς από το φλοίωμα. Σημειώστε το σταγονίδιο στο άκρο του σώματος της αφίδας.*

κώς από το ξύλωμα προς το φλοίωμα ή από το φλοίωμα προς το ξύλωμα μέσω των κυττάρων των ακτίνων εντεριώνης. Η εικόνα 17-6 δείχνει πώς αυτά τα κύτταρα των ακτίνων διατάσσονται σε σχέση με το ξύλωμα και το φλοίωμα. Τα βόθρια στα κύτταρα των κυττάρων των ακτίνων δημιουργούν οδούς επικοινωνίας προς τα βόθρια του ξυλώματος και του φλοιώματος. Νερό και ανόργανα άλατα προωθούνται προς το φλοίωμα. Υλικά τροφής πρωθούνται προς τα διαιρούμενα κύτταρα του καμβίου ή τα κύτταρα του ξυλώματος, καθώς αναπτύσσονται προς σχηματισμό φυτικού ιστού.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Συστήματα κυκλοφορίας παρέχουν σε όλα τα φυτικά κύτταρα οργανικά προϊόντα φωτοσυνθέσεως νερό και ανόργανα άλατα από το έδαφος. Η θεωρία συνοχής-υποπιέσεως είναι η περισσότερο αποδεκτή εξήγηση για τη διακίνηση του νερού στο ξύλωμα. Η θεωρία αυτή υποστηρίζει ότι η εξάτμιση του νερού από τα φύλλα δημιουργεί μία ελκτική δύναμη. Η συνοχή συγκρατεί τα μόρια του νερού και το νερό αναρροφάται προς τα επάνω υπό μορφή συνεχούς στήλης. Τα οργανικά υλικά διακινούνται μέσω των ηθμωδών σωλήνων στο φλοίωμα. Υλικά διακινούνται πλευρικώς επίσης στα φυτά και με τον τρόπο αυτό τα κύτταρα αποκτούν τα ανόργανα υλικά.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Πώς διακινείται το νερό και τα άλατα από το έδαφος προς τα συστήματα διακινήσεως των ριζών;
2. Ποιες δομές του φυτικού βλαστού διακινούν νερό μεταξύ των νεύρων των φύλλων και των αγωγών νερού των ριζών;
3. Αν εισαγάγετε φυσαλίδες αέρα στα αγγεία του ξυλώματος ενός δένδρου, τι θα συμβεί στη διακίνηση του νερού στα αγγεία αυτά; Γιατί;
4. Η απώλεια νερού από τις επιφάνειες των φύλλων επιδρά στη διακίνηση υλικών στους ηθμώδεις σωλήνες του φλοιώματος;
5. Τι είναι οι ακτίνες εντεριώνης;

17-7
Τα κυκλοφορικά συστήματα έχουν εξελιχθεί στα πολυκύτταρα ζώα

Παρά το ότι τα φυτικά και τα ζωικά συστήματα κυκλοφορίας διαφέρουν στη δομή και τη λειτουργία, υπηρετούν τις ίδιες βασικές ανάγκες. Μεταφέρουν απαραίτητα συστατικά στα κύτταρα, απομακρύνουν προϊόντα των κυτταρικών λειτουργιών και βοηθούν στη διατήρηση ενός σταθερού εσωτερικού περιβάλλοντος για τα κύτταρα του σώματος.

Ακόμη και μονοκύτταροι οργανισμοί φαίνεται να έχουν ένα απλό είδος συστήματος κυκλοφορίας. Ίσως έχετε παρατηρήσει ένα *Παραμήκυο* να προσλαμβάνει τροφή και να δημιουργεί ένα κενοτόπιο. Τα θρεπτικά κενοτόπια μετακινούνται κυκλικά μέσα στο κύτταρο προς ορισμένη κατεύθυνση λόγω της κινήσεως του πρωτοπλάσματος του *Παραμηκύου*, όπως φαίνεται στην εικόνα 17-9. Η *Ύδρα*, ένα απλό πολυκύτταρο ζώο, φαίνεται επίσης ότι έχει «κυκλοφορία». Το υγρό στη σωματική κοιλότητα περιέχει τροφή, οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Το υγρό διακινείται καθώς το σώμα της *Ύδρας* κινείται. Αλλά ούτε το *Παραμήκυο* ούτε η *Ύδρα* έχουν πραγματικό κυκλοφορικό σύστημα, γιατί δεν έχουν αγγεία για τη μεταφορά των υγρών. Πραγματικό κυκλοφορικό σύστημα είναι αυτό, στο οποίο το αίμα κυκλοφορεί μέσα στο σώμα σε ένα συνεχές σύστημα αγγείων.

Καθώς τα ζώα εξελίσσονταν προς μεγαλύτερες μορφές, αναπτύχθηκαν αντλίες που ήταν σε θέση να προωθήσουν τα υγρά, και σωλήνες που περιείχαν τα υγρά. Οι αντλίες συνήθως ονομάζονται καρδιές και οι σωλήνες αιμοφόρα αγγεία. Αυτά τα συστήματα μεταφοράς των πολυκυττάρων οργανισμών είναι «κλειστά» ή «ανοικτά». Ο γεωσκώληκας που φαίνεται στην εικόνα 17-9, έχει ένα κλειστό σύστημα, με μία αλληλουχία συνδετικών αγγείων που περιέχουν ένα αριθμό από καρδιές που συστέλλονται. Το αίμα από τις καρδιές αυτές προωθείται υπό πίεση στο κεντρικό αγγείο κάτω από τον πεπτικό σωλήνα. Από το μεγάλο αυτό αγγείο το αίμα ρέει προς πολλά μικρότερα αγγεία, τα τριχοειδή, που εκτείνονται σε όλα τα όργανα του δακτυλιοσκώληκα. Τροφή, νερό και άχρηστα παράγωγα ανταλλάσσονται μέσω των τοιχωμάτων των τριχοειδών. Το αίμα κατόπιν επιστρέφει σε ένα μεγαλύτερο αγγείο, που βρίσκεται πάνω από τον πεπτικό σωλήνα και επιστρέφει στις καρδιές για να προωθηθεί πάλι στα διάφορα σημεία του σώματος.

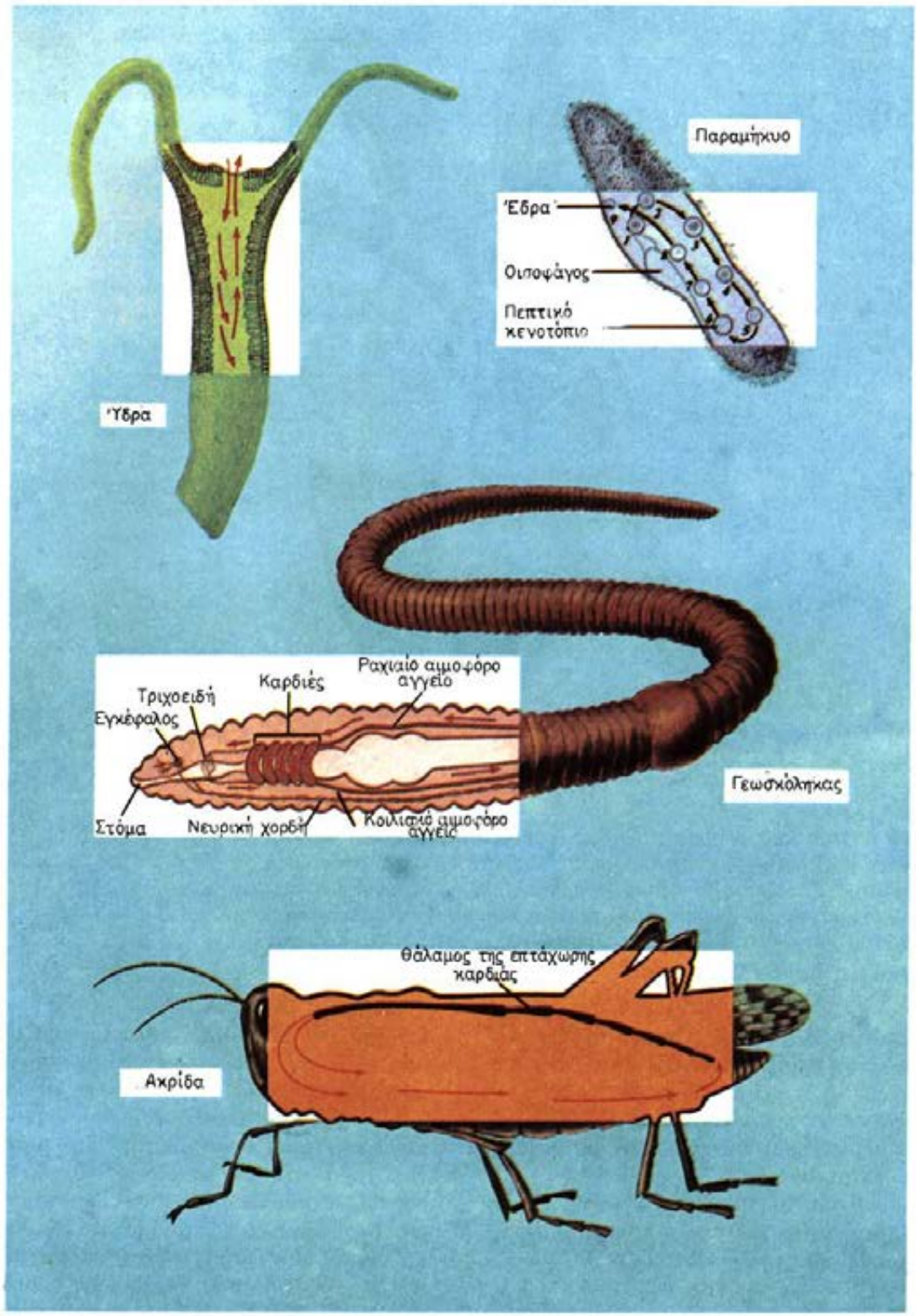
Η ακρίδα έχει ένα ανοικτό σύστημα, που φαίνεται επίσης στην εικόνα 17-9. Το υγρό διακινήσεως της ακρίδας, το «αίμα» της, προωθείται από μία μυώδη επτάχωρο καρδιά σε μεγάλες ανοικτές περιοχές μεταξύ των ιστών του σώματος. Οι περιοχές αυτές ονομάζονται κόλποι και είναι διεσπαρμένες σε όλο το σώμα. Το αίμα ρέει μέσω των κόλπων στην καρδιά. Το είδος αυτό συστήματος διακινήσεως περιγράφεται ως ανοικτό, γιατί το αίμα δεν βρίσκεται εγκλεισμένο πάντα μέσα σε αγγεία. Σημειώστε τη διαφορά μεταξύ του συστήματος κυκλοφορίας του γεωσκώληκα και της ακρίδας.

Τα συστήματα διακινήσεως και στα σπονδυλωτά και στα ασπόνδυλα προσκομίζουν τροφή και οξυγόνο στα κύτταρα του σώματος και απομακρύνουν τα άχρηστα παράγωγα και το διοξείδιο του άνθρακα. Η ανθρώπινη καρδιά προωθεί αίμα υπό πίεση στις αρτηρίες, από όπου κατόπιν τρέχει στα τριχοειδή και τελικώς μέσω των φλεβών επιστρέφει στην καρδιά. (Βλ. Παράρτημα 17-ΣΤ, Ο Γουίλιαμ Χάρβεϊ ανακαλύπτει ότι το αίμα κυκλοφορεί, σελίδα 719).

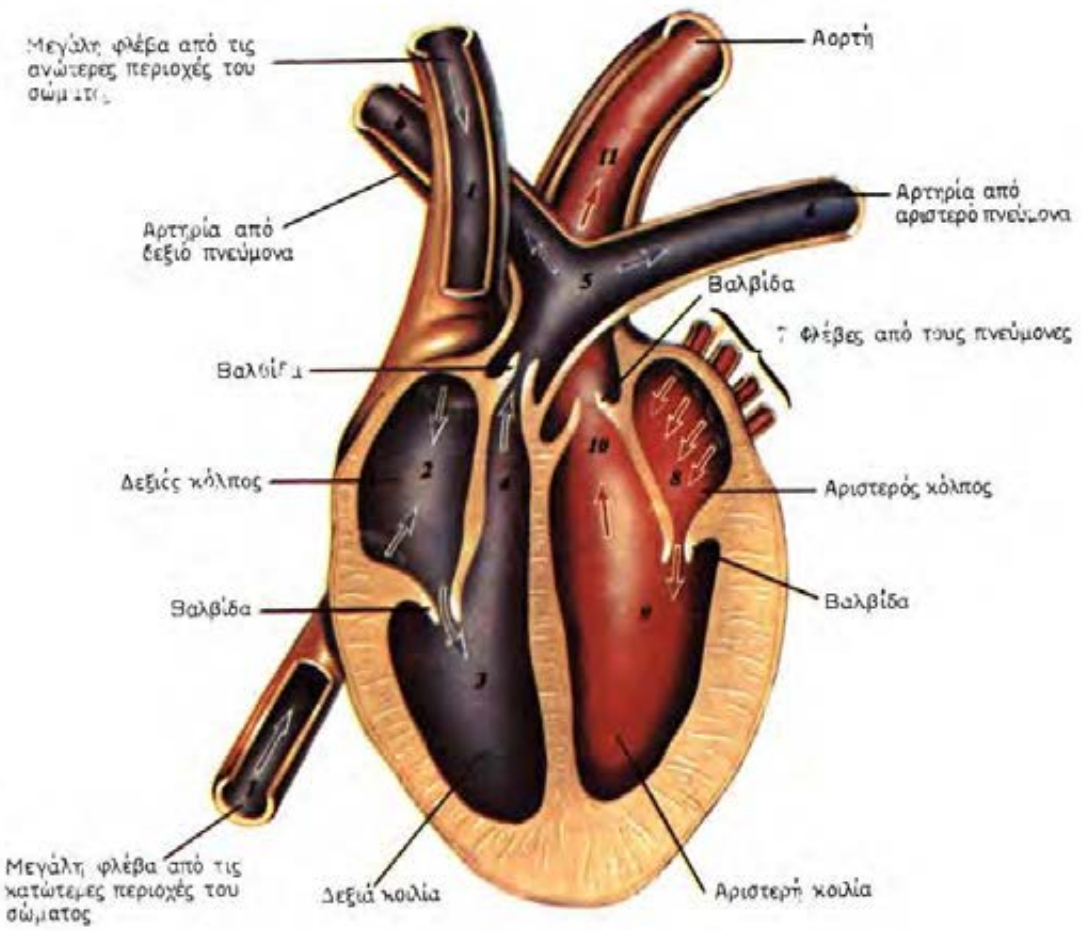
Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 17-Β. Ποικιλότητα στο ρυθμό καρδιακών παλμών της *Δάφνιας*, σελίδα 652.

17-8
Η ανθρώπινη καρδιά προωθεί αίμα στο σώμα

Η ανθρώπινη καρδιά είναι μία δίχωρη αντλία (εικόνα 17-10). Κάθε ήμισυ της καρδιάς έχει δύο θαλάμους. Ο ανώτερος θάλαμος, που ονομάζεται κόλπος, έχει λεπτότερα τοιχώματα από τον κατώτερο θάλαμο, που ονομάζεται κοιλία. Το τοίχωμα της κοιλίας είναι παχύ και μυώδες. Η καρδιά πάλλεται σε



Εικόνα 17-9 *Διακίνηση σε ένα πρώτιστο και μερικά ασπόνδυλα ζώα. Συγκρίνετε τα απλά συστήματα διακινήσεως στο Παραμήκυο και την Ύδρα με τα πιο πολύπλοκα συστήματα στο Γεωσκώληκα και το έντομο. Και το έντομο και ο γεωσκώληκας έχουν σφυγμώδεις καρδιές, αλλά ποιο από τα δύο έχει συνεχές σύστημα αιμοφόρων αγγείων;*

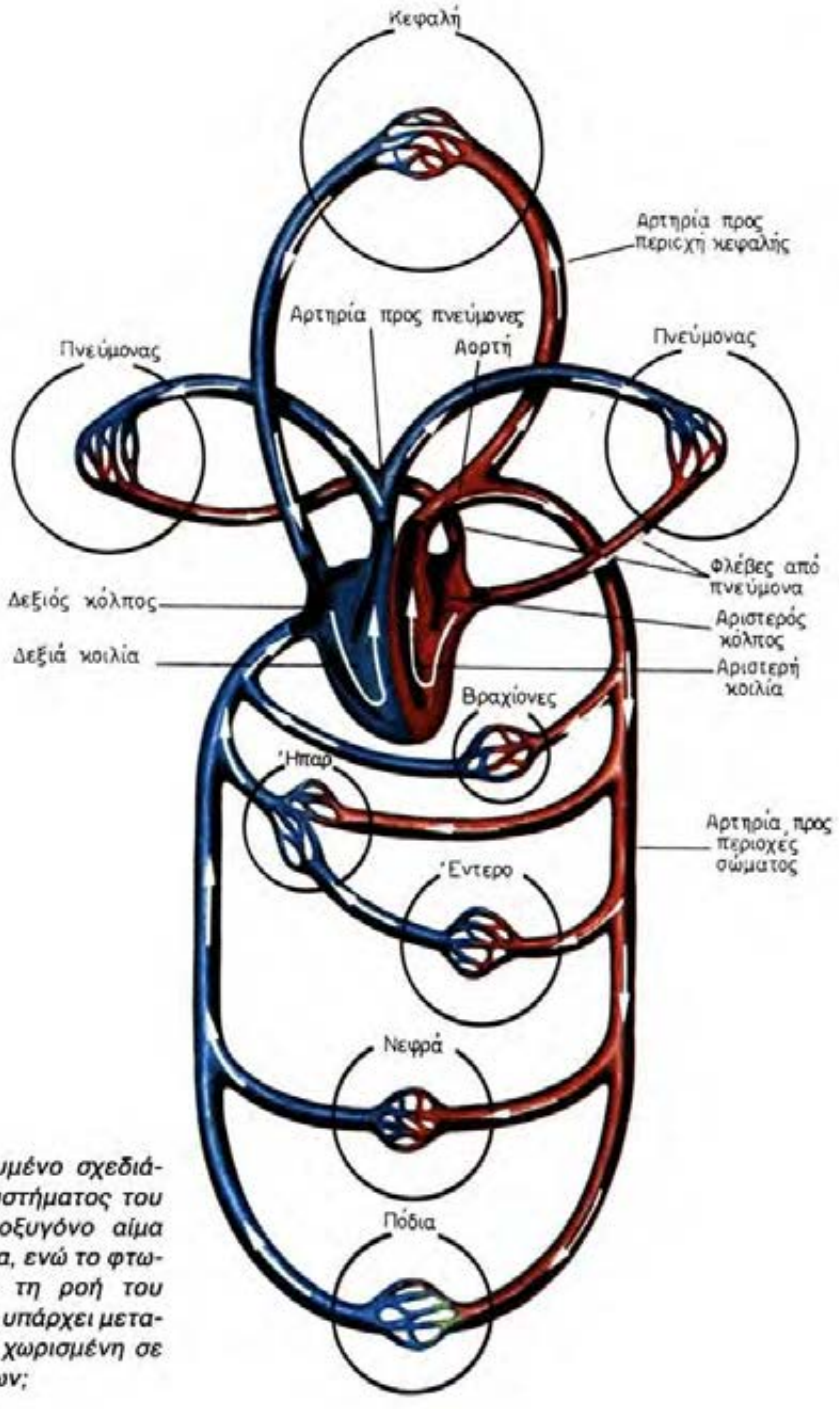


Εικόνα 17-10 *Σχεδιάγραμμα κατά μήκος τομής ανθρώπινης καρδιάς και των αιμοφόρων αγγείων που οδηγούν αίμα προς την καρδιά ή απάγουν αίμα από αυτήν. Στα διάφορα άτομα ο αριθμός των πνευμονικών φλεβών ποικίλλει από τέσσερις, όπως φαίνεται εδώ, έως έξι ή επτά. Ακολουθήστε τη ροή του αίματος στην καρδιά ακολουθώντας τους αριθμούς και τα βέλη.*

δύο σταδια. Πρώτα, οι μύες του τοιχώματος του κόλπου συστέλλονται δρώντας ως είδος προ-αντλίας, που προωθεί το αίμα στην κοιλία. Κατόπιν οι μύες του παχέος τοιχώματος της κοιλίας προωθούν το αίμα με μεγάλη δύναμη στις αρτηρίες.

Ο Ουίλιαμ Χάρβεϊ, ένας Άγγλος γιατρός και επιστήμονας, μελέτησε το ρυθμό παλμών της καρδιάς σε πολλά είδη ζώων. Ο Χάρβεϊ παρατήρησε ότι οι συστολές της καρδιάς φαίνεται να βασίζονται στους ίδιους τους καρδιακούς μύες. Πειράματα που έγιναν αργότερα έδειξαν ότι κάτω από κατάλληλες συνθήκες οι παλμοί της καρδιάς συνεχίζονται, ακόμη και όταν έχει απομακρυνθεί από το σώμα. Οι καρδιακοί παλμοί ρυθμίζονται από ρυθμικές ώσεις, που προέρχονται από κύτταρα της ίδιας της καρδιάς. Οι ώσεις αυτές προέρχονται από ειδικό μυικό ιστό, που ονομάζεται βηματοδότης. Ο βηματοδότης στους ανθρώπους και σε μερικά ζώα εδράζεται στο δεξιό κόλπο. Η ώση του καρδιακού παλμού διαχέεται από εκεί σε όλο τον καρδιακό μυ. Παρά το ότι οι καρδιακοί παλμοί εδράζονται στην καρδιά, ο ρυθμός των καρδιακών παλμών προσδιορίζεται από νεύρα εκτός της καρδιάς.

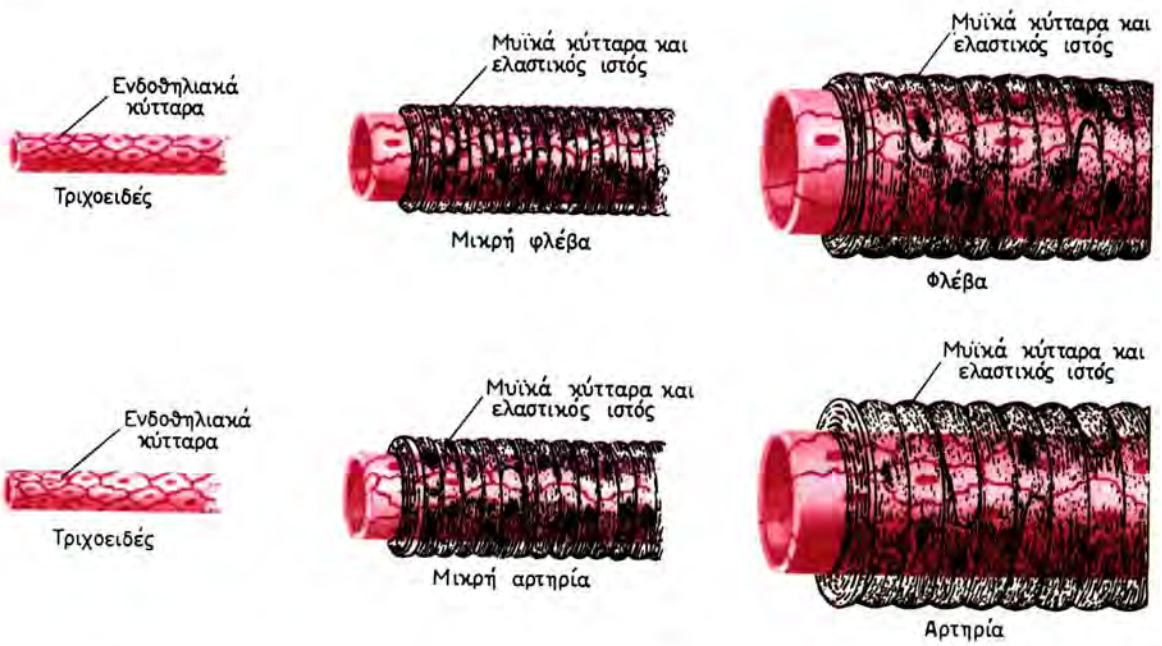
Θα παρατηρήσετε στην εικόνα 17-10 ότι τα ανοίγματα μεταξύ κόλπων και κοιλιών έχουν αναδιπλώσεις, τους ιστούς μορφής πετασμά-



Εικόνα 17-11 *Ένα απλουστευμένο σχεδιάγραμμα του κυκλοφορικού συστήματος του ανθρώπου. Το πλούσιο σε οξυγόνο αίμα συμβολίζεται με ερυθρό χρώμα, ενώ το φτωχό με κυανό. Ακολουθήστε τη ροή του αίματος στο σώμα. Ποια σχέση υπάρχει μεταξύ της καρδιάς η οποία είναι χωρισμένη σε δύο ήμισυ, και των πνευμόνων;*

των που ο Χάρβεϊ ονόμασε βαλβίδες. Οι βαλβίδες λειτουργούν ως δίοδοι μιας κατευθύνσεως, ώστε το αίμα να μην επιστρέφει από τις κοιλίες στους κόλπους.

Η δίοδος του αίματος μέσω των δύο ημίσεων της καρδιάς φαίνεται στην εικόνα 17-11. Το αίμα εισέρχεται από τις φλέβες στο δεξιό κόλπο. Στο σημείο αυτό το αίμα έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε οξυγόνο και υψηλή σε διοξείδιο του άνθρακα, καθώς επιστρέφει από τα όργανα και τους ιστούς του σώματος. Από το δεξιό κόλπο το αίμα εισέρχεται στη



Εικόνα 17-12 *Η δομή των αρτηριών, φλεβών και τριχοειδών συνδέεται με τις λειτουργίες τους στο κυκλοφορικό σύστημα. Οι αρτηρίες έχουν παχύτερα τοιχώματα, λόγω συνδυασμού μυικού και ελαστικού ιστού, από τις φλέβες. Τα τριχοειδή έχουν τα λεπτότερα τοιχώματα.*

δεξιά κοιλία. Κατόπιν προωθείται στην πνευμονική αρτηρία, που οδηγεί στους πνεύμονες. Στους πνεύμονες το διοξείδιο του άνθρακα απομακρύνεται από το αίμα και προσλαμβάνεται οξυγόνο.

Το αίμα από τους πνεύμονες, όπου πλουτίζεται σε οξυγόνο, προωθείται στον αριστερό κόλπο. Το αίμα από τον αριστερό κόλπο εισέρχεται στην αριστερή κοιλία. Από εκεί προωθείται σε μία μεγάλη αρτηρία, που ονομάζεται αορτή. Η αορτή διακλαδίζεται στις αρτηρίες που μεταφέρουν το αίμα σε όλα τα μέρη του σώματος. Με τον τρόπο αυτό το πλούσιο σε οξυγόνο αίμα που προέρχεται από το αριστερό ήμισυ της καρδιάς προωθείται προς όλους τους ιστούς και τα όργανα του σώματος.

Παρά το ότι η διπλή αντλία της καρδιάς στέλνει το αίμα προς δύο διαφορετικές κατευθύνσεις, το δεξιό και το αριστερό ήμισυ της καρδιάς πάλλονται συγχρόνως. Καθώς μία ορισμένη ποσότητα αίματος προωθείται από την αριστερή πλευρά της καρδιάς, μία ίση ποσότητα εισέρχεται στη δεξιά πλευρά. (Βλ. Παράρτημα 17-Ζ, Πόσο αίμα αντλεί η καρδιά σας; Σελίδα 721).

17-9
Η δομή των αιμοφόρων αγγείων συνδέεται με τη λειτουργία τους

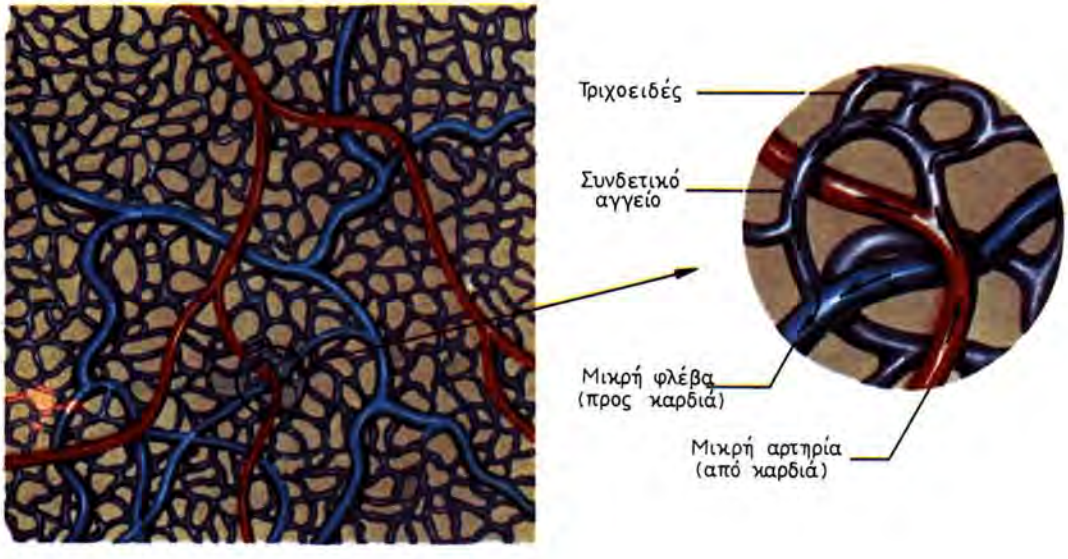
Το σύνολο του κυκλοφορικού συστήματος είναι καλό παράδειγμα της σχέσεως μεταξύ δομής και λειτουργίας. Τα αιμοφόρα αγγεία διαφέρουν μεταξύ τους στην ποσότητα των μυικών ινών και την ελαστικότητα των τοιχωμάτων τους. Για παράδειγμα, οι μεγαλύτερες αρτηρίες έχουν τοιχώματα, τα οποία αποτελούνται κυρίως από ελαστικό ιστό (βλ. εικόνα 17-12). Όταν η καρδιά συστέλλεται, ωθώντας το αίμα στις αρτηρίες αυτές υπό μεγάλη πίεση, τα τοιχώματα των μεγάλων αρτηριών λόγω της ελαστικότητάς τους τεντώνονται και εκτείνονται. Η έκταση αυτή δημιουργεί περισσότερο χώρο για το αίμα, που εισέρχεται και δεν αφήνει να αυξηθεί υπέρμετρα η πίεση.

Κατά τη φάση της χαλαρώσεως των καρδιακών παλμών τα τεντωμένα ελαστικά τοιχώματα των αρτηριών συνεχίζουν να ασκούν πίεση στο αίμα, βοηθώντας στην προώθησή του και τη διατήρηση της πιέσεώς του. Στην περίπτωση μιας ασθένειας που ονομάζεται αρτηριοσκλήρυνση, τα αρτηριακά τοιχώματα γίνονται άκαμπτα και δεν είναι σε θέση να εκτείνονται με κάθε νέο κύμα αίματος. Ως συνέπεια η πίεση του αίματος αυξάνει, με αποτέλεσμα να βρίσκεται η καρδιά κάτω από υπερβολική πίεση.

Οι μικρότερες αρτηρίες έχουν τοιχώματα κατασκευασμένα από μυικό και ελαστικό ιστό. Οι αρτηρίες αυτές είναι δυνατόν να συστέλλονται και να διαστέλλονται υπό τον έλεγχο του νευρικού συστήματος. Ελέγχουν την κατεύθυνση και την ποσότητα του αίματος, που ρέει προς τα διάφορα μέρη του σώματος. Η αντίσταση στη ροή του αίματος που ασκείται από τις πολύ μικρές αρτηρίες και τα τριχοειδή βοηθά επίσης στη διατήρηση της πιέσεως. Καθώς μέρος μόνο του αίματος των αρτηριών εισέρχεται στα τριχοειδή σε δεδομένο χρόνο μία «βοηθητική πίεση» αναπτύσσεται.

Τα τριχοειδή παρέχουν στα κύτταρα τα υλικά που είναι απαραίτητα για τη ζωή. Για την παροχή των υλικών αυτών στα εκατομμύρια των κυττάρων ενός ζώου το κυκλοφορικό σύστημα υποβοηθείται από την τεράστια επιφάνεια που δημιουργείται από το δίκτυο των μικρών τριχοειδών, το οποίο εκτείνεται σε όλους τους ιστούς κάθε οργάνου του σώματος. Η εικόνα 17-13 δείχνει πώς οι αρτηρίες και οι φλέβες συνδέονται με τα τριχοειδή μέσω της υπάρξεως μικροτέρων αγγείων. Τα υλικά ανταλλάσσονται μεταξύ των υγρών που περιβάλλουν τα κύτταρα του ιστού μέσω των λεπτών τοιχωμάτων των τριχοειδών. Παρά το μέγεθος ενός οποιουδήποτε ανθρώπου κανένα κύτταρό του δεν βρίσκεται μακριά από κάποιο τριχοειδές. Ένα παράδειγμα θα σας δώσει μία ιδέα της τεράστιας εκτάσεως του δικτύου των τριχοειδών στο σώμα, καθώς και του εξαιρετικά μικρού μεγέθους τους. Έχει υπολογισθεί ότι τα τριχοειδή ενός ανθρώπου, αν προστεθούν όλα μαζί, δημιουργούν μία επιφάνεια 30 εκ. σε φάρδος και 20 χιλιομέτρων σε μήκος. Η επιφάνεια αυτή είναι τόσο λεπτή, ώστε, αν την τύλιγε κανείς, ο κύλινδρος που θα σχηματιζόταν δεν θα ήταν

Εικόνα 17-13 *Αρτηρίες και φλέβες συνδέονται με τριχοειδή μέσω μικρών αγγείων ή συνδετικών αγγείων. Αίμα διέρχεται από τις αρτηρίες προς τα συνδετικά αγγεία και από αυτά προς τα τριχοειδή ή μέσω των συνδετικών αγγείων προς τις φλέβες.*



παχύτερος από ένα κοινό μολύβι. Αυτό είναι ένα εντυπωσιακό παράδειγμα της αρχής της αυξήσεως της επιφάνειας χωρίς αντίστοιχη αύξηση του μεγέθους ενός οργανισμού.

Το αίμα επιστρέφοντας στην καρδιά μέσω των φλεβών βρίσκεται κάτω από πολύ χαμηλότερη πίεση σχετικά με το αίμα που ρέει στις αρτηρίες. Οι φλέβες έχουν πολύ λεπτότερα τοιχώματα με λιγότερο μυικό και ελαστικό ιστό από τις αρτηρίες (βλ. εικόνα 17-12). Η ροή του αίματος μέσα στις φλέβες υποβοηθείται από διάφορους παράγοντες. Οι βαλβίδες των φλεβών δεν επιτρέπουν στο αίμα να κινηθεί προς τα πίσω. Σε μερικά τμήματα του σώματος, συστολή των σκελετικών μυών γύρω από τις φλέβες υποβοηθεί την προώθηση του αίματος. Η βαρύτητα επίσης βοηθεί την επιστροφή του αίματος στην καρδιά ιδίως από την περιοχή της κεφαλής. Μία από τις αιτίες, που οι αστροναύτες βρίσκονται ξαπλωμένοι κατά την αρχική προώθηση καθώς και κατά την επιστροφή των διαστημοπλοίων, είναι η αποφυγή επιστροφής μεγάλης ποσότητας αίματος στην καρδιά λόγω της βαρύτητας.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 17-Γ. Τριχοειδής κυκλοφορία, σελίδα 649.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα συστήματα κυκλοφορίας στα ζώα μεταφέρουν αναγκαία συστατικά για τη ζωή στα κύτταρα και απομακρύνουν τα άχρηστα παράγωγα των κυτταρικών δραστηριοτήτων. Τα συστήματα αγγείων κυκλοφορίας είναι δύο ειδών: ανοικτά συστήματα, στα οποία τα υγρά δεν βρίσκονται διαρκώς μέσα σε αγγεία, και κλειστά συστήματα, στα οποία τα υγρά που κυκλοφορούν βρίσκονται διαρκώς μέσα σε αγγεία. Τα μεγαλύτερα ζώα έχουν όργανα προωθήσεως ή καρδιές που προωθούν τα υγρά σε όλο το σώμα.

Η καρδιά των μεγαλυτέρων σπονδυλωτών είναι μία δίχωρη αντλία. Το αίμα ρέει προς το σώμα από το αριστερό ήμισυ της καρδιάς και προς τους πνεύμονες από το δεξιό. Οι αρτηρίες μεταφέρουν το αίμα σε όλα τα μέρη του σώματος. Το αίμα επιστρέφει στην καρδιά μέσω των φλεβών. Οι αρτηρίες είναι μυώδεις και ελαστικές και βοηθούν στη διατήρηση της πιέσεως του αίματος. Το αίμα των αρτηριών κινείται προς τα τριχοειδή κάτω από σχετικά υψηλή πίεση. Η ροή του αίματος στα τριχοειδή ελέγχεται από μικρές αρτηρίες που οδηγούν προς αυτά. Τα τριχοειδή είναι πολύ μικρά και πολλά. Κανένα κύτταρο του σώματος δεν βρίσκεται μακριά από ένα τριχοειδές. Η ολική επιφάνεια των τριχοειδών είναι τεράστια. Το αίμα φθάνει σε όλες τις κοιλότητες των ιστών του σώματος μέσω των τριχοειδών. Η πίεση του αίματος μειώνεται, καθώς η απόσταση από την καρδιά αυξάνει. Γι' αυτό το αίμα στις φλέβες βρίσκεται υπό μικρότερη πίεση παρά στις αρτηρίες. Οι φλέβες έχουν λεπτότατα τοιχώματα και λιγότερο μυικό και ελαστικό ιστό παρά οι αρτηρίες. Η επιστροφή του αίματος στην καρδιά μέσω των φλεβών βοηθείται από αρκετούς παράγοντες, όπως βαλβίδες, συστολή σκελετικών μυών και από τη βαρύτητα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Γιατί είναι απαραίτητο σε πολλά ζώα να έχουν συστήματα κυκλοφορίας;
2. Πώς διακρίνονται τα ανοικτά από τα κλειστά συστήματα κυκλοφορίας στα ζώα;
3. Στους ανθρώπους, πού εισέρχεται το αίμα, όταν αφήνει τη δεξιά κοιλία της καρδιάς; Πού, όταν αφήνει την αριστερή κοιλία;
4. Γιατί η πίεση του αίματος στις φλέβες είναι μικρότερη από την πίεση στις αρτηρίες;
5. Ονομάστε ένα παράγοντα, που υποβοηθεί στην επιστροφή του φλεβικού αίματος στην καρδιά.

Ρύθμιση του εσωτερικού περιβάλλοντος

17-10
Το αίμα είναι το υγρό διακινήσεως

Το σύστημα κυκλοφορίας των μεγάλων και περιπλόκων ζώων εξυπηρετεί δύο βασικές λειτουργίες: Προσκομίζει αναγκαία συστατικά στα κύτταρα και απομακρύνει τα άχρηστα

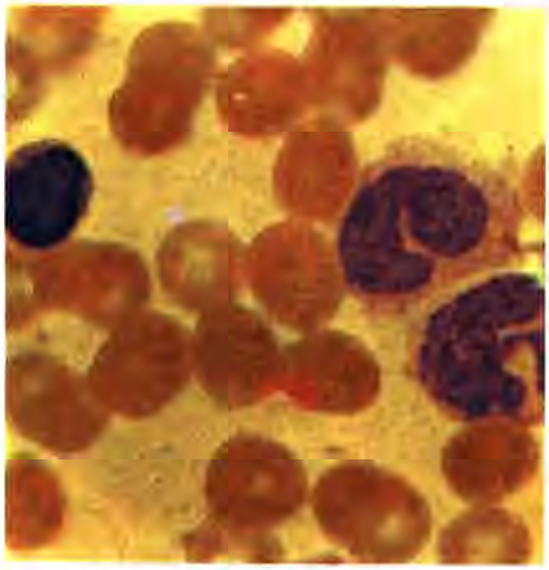
παράγωγα των κυτταρικών δραστηριοτήτων. Το αίμα όμως έχει και άλλες λειτουργίες.

Το αίμα αποτελείται από κύτταρα διαφόρων ειδών, που αιωρούνται σε ένα υγρό. Στους ανθρώπους, το αίμα μεταφέρει το οξυγόνο με ειδικά κύτταρα, που ονομάζονται ερυθροκύτταρα. Τα ερυθρά κύτταρα περιέχουν μία ερυθρή χρωστική, που ονομάζεται αιμοσφαιρίνη. Σε άλλα ζώα, χρωστικές διαφορετικής χημικής δομής και χρώματος συνδέονται με το οξυγόνο και το μεταφέρουν στα κύτταρα. (Βλ. Παράρτημα 17-Η, Οξυγόνο - Χρωστικές διακινήσεως, σελίδα 721). Κάθε μείωση στην ικανότητα των ερυθροκυττάρων να μεταφέρουν οξυγόνο είναι δυνατόν να εξακριβωθεί και πολλές φορές να αντιμετωπισθεί. Το αίμα μεταφέρει επίσης διοξείδιο του άνθρακα.

Τα ερυθροκύτταρα ανανεώνονται διαρκώς. Ένα ερυθρό κύτταρο ζει μόνο τρεις μήνες περίπου. Στους ανθρώπους, ένα νεαρό ερυθροκύτταρο περιέχει πυρήνα, αλλά, καθώς το κύτταρο ωριμάζει, ο πυρήνας χάνεται. Γι' αυτό τα ερυθροκύτταρα δεν αναπαράγουν άλλα ερυθροκύτταρα. Εξειδικεύονται σε μία λειτουργία, τη μεταφορά του οξυγόνου. Νέα ερυθροκύτταρα παράγονται στο μυελό των επιμήκων οστών του σώματος.

Τα εξειδικευμένα λευκοκύτταρα αποτελούν την πρώτη γραμμή άμυνας εναντίον οργανισμών που εισέρχονται στο σώμα, όπως τα βακτήρια. Ένα λευκοκύτταρο περιβάλλει τα βακτήρια και τα απορροφά περίπου με τον ίδιο τρόπο που μία αμοιβάδα παραλαμβάνει την τροφή της. Όταν υπάρχει μία μόλυνση του οργανισμού, ο αριθμός των λευκοκυττάρων αυξάνει πολύ. Τα λευκοκύτταρα βοηθούν στην καταπολέμηση της ασθένειας καταστρέφοντας τα βακτήρια. Το πύον που σχηματίζεται σε μία μολυσμένη πληγή αποτελείται κυρίως από λευκοκύτταρα, τα οποία έχουν νεκρωθεί, αφού ενέκλεισαν βακτήρια. Άλλα υλικά του αίματος είναι τα αντισώματα, που βοηθούν επίσης στην καταπολέμηση των ασθενειών. Η εικόνα 17-14 δείχνει μερικούς τύπους κυττάρων που βρίσκονται στο ανθρώπινο αίμα.

Το υγρό μέρος του αίματος ονομάζεται πλάσμα και είναι νερό, που περιέχει διαλυμένες πρωτεΐνες, άλατα, αμινοξέα, σάκχαρα και άλλες ουσίες. Το αίμα προσροφά θρεπτικά



Εικόνα 17-14 *Ανθρώπινο αίμα από υγιές άτομο. Μερικά ερυθροκύτταρα φαίνεται να έχουν οπές, γιατί είναι λεπτότερα στο κέντρο. Δύο μεγάλα λευκοκύτταρα (μονοκύτταρα) φαίνονται στα δεξιά και ένα μικρότερο λευκοκύτταρο (λεμφοκύτταρο) προς τα αριστερά.*

συστατικά, που έχουν υποστεί κατεργασία πέψεως, από το έντερο και τα μεταφέρει με το πλάσμα σε όλα τα κύτταρα του σώματος. Ασυνήθιστες διαφορές στην ποσότητα των αμινοξέων, σακχάρων ή λιπών δείχνει πολλές φορές ότι τα όργανα ή οι αδένες του πεπτικού συστήματος δεν εργάζονται κανονικά.

Οι αδένες εκκρίνουν ορμόνες, όπως οι ορμόνες αναπαραγωγής για τις οποίες διαβάσατε στο κεφάλαιο 11. Οι ορμόνες αυτές μεταφέρονται μέσω του πλάσματος σε όλο το σώμα. Ανωμαλίες του ορμονικού συστήματος πολλές φορές ανιχνεύονται με ανάλυση αίματος.

Το αίμα είναι δυνατόν επίσης να δημιουργήσει θρόμβους, που δρουν ως είδος συγκολλητικής ουσίας κάτω από ορισμένες συνθήκες. Αν κοπείτε, το αίμα σταματά γρήγορα να τρέχει από την πληγή και σχηματίζει ένα προστατευτικό επικάλυμμα πάνω από αυτήν. Ορισμένα συστατικά του αίματος αλληλοεπιδρούν προς σχηματισμό του επικαλύμματος.

Μερικά από τα συστατικά αυτά βρίσκονται σε μικρά σωματίδια του αίματος, που ονομάζονται αιμοπετάλια. Αδυναμίες του μηχανισμού θρομβώσεως ανιχνεύονται και πολλές φορές είναι δυνατόν να αντιμετωπισθούν. Η αιμοφιλία, μία γενετική ασθένεια που έχει περιγραφεί στην παράγραφο 14-5, οφείλεται σε κακή λειτουργία του μηχανισμού θρομβώσεως του αίματος.

17-11
Υγρά ανταλλάσσονται μεταξύ αίματος και κυττάρων του σώματος

Το αίμα φθάνει στα κύτταρα του σώματος μέσω των τριχοειδών. Το οξυγόνο και τα θρεπτικά συστατικά ανταλλάσσονται με τα άχρηστα συστατικά μέσω των τοιχωμάτων των τριχοειδών. Η ανταλλαγή γίνεται υπό μορφή ανταλλαγής υγρών μεταξύ του αίματος των τριχοειδών και των κοιλοτήτων μεταξύ των κυττάρων του σώματος.

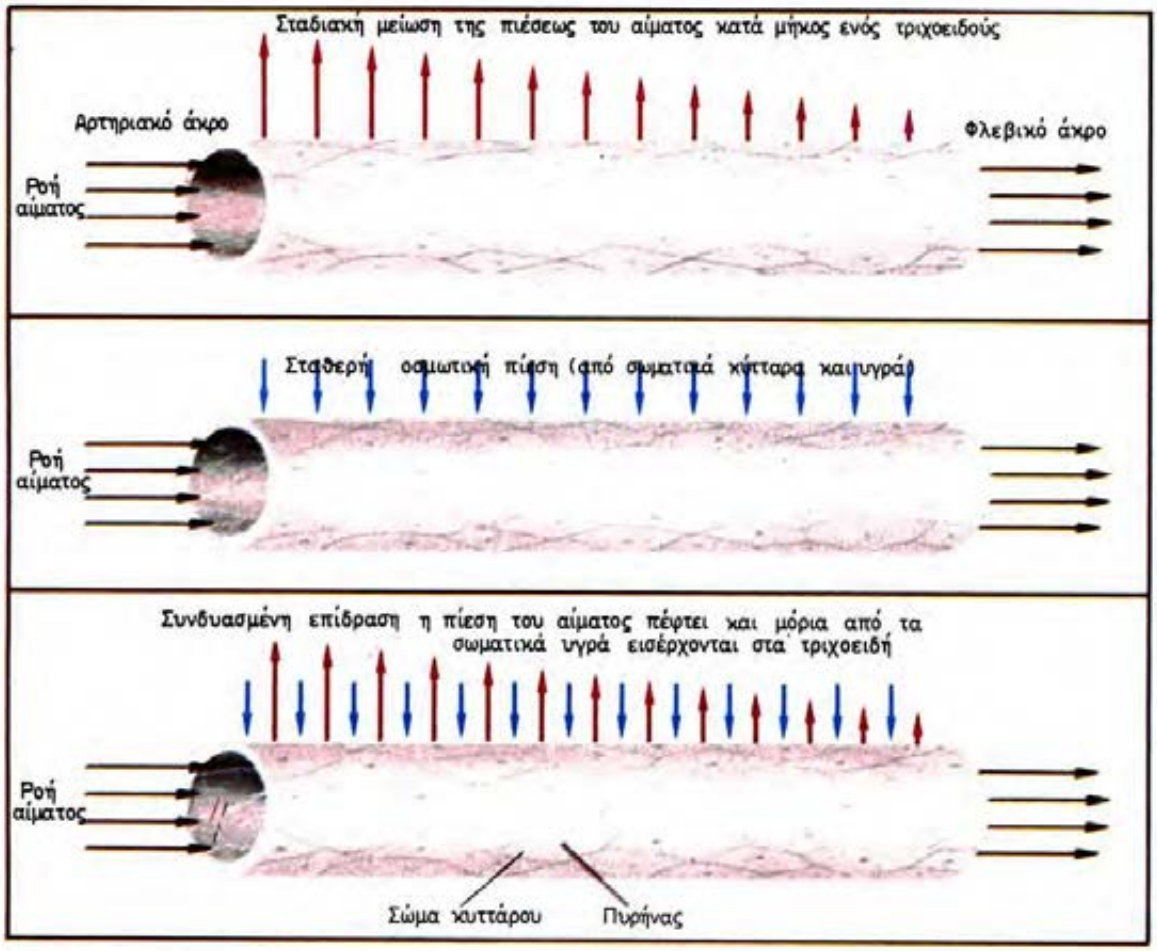
Στα τέλη της δεκαετίας του 1890 0 Ερνέστος Στάρλινγκ, ένας Άγγλος βιολόγος, πρότεινε μία υπόθεση για να εξηγήσει την ανταλλαγή υγρών. Ο Στάρλινγκ υπέθεσε ότι η πίεση του αίματος ωθούσε τα υγρά μέσω των τοιχωμάτων των τριχοειδών προς τις κοιλότητες των ιστών για τον εφοδιασμό των κυττάρων με οξυγόνο και θρεπτικά συστατικά. Ο Στάρλινγκ πρότεινε ότι οι δυνάμεις της οσμώσεως διακινούσαν τα υγρά πίσω προς τα τριχοειδή (για την όσμωση μάθατε στην παράγραφο 5-10). Την εποχή εκείνη νόμιζαν ότι τα μόρια των πρωτεϊνών που αιωρούνται μέσα στο αίμα είναι πολύ μεγάλα για να διαπεράσουν τα τοιχώματα των τριχοειδών. Γι' αυτό το μόνο υγρό που περνούσε προς τα έξω των τριχοειδών, προς τις κοιλότητες των ιστών, θα έπρεπε να είναι ένα υγρό αραιό, ένα αιώρημα μικροτέρων μορίων, όπως τα σάκχαρα, τα αμινοξέα, τα άλατα και άλλα συστατικά. Το υγρό εξωτερικώς των τριχοειδών μεταξύ των κυττάρων του σώματος περιέχει περισσότερα μόρια νερού παρά το αίμα στα τριχοειδή. Γι' αυτό το νερό θα έρρεε στα τριχοειδή δι' οσμωτικής πιέσεως, γιατί τα κύτταρα του νερού βρίσκονται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση στα υγρά των ιστών παρά στα τριχοειδή.

Ο Στάρλινγκ σημείωσε επίσης ότι η πίεση του αίματος στα αρτηριακά άκρα των τριχοειδών είναι μεγαλύτερη από την οσμωτική πίεση. Γι' αυτό, στο αρτηριακό άκρο περισσότερο υγρό θα εξερχόταν από το τριχοειδές παρά θα εισερχόταν. Στο φλεβικό άκρο η πίεση του αίματος θα ήταν μικρότερη από την οσμωτική πίεση και περισσότερο υγρό θα εισερχόταν. Στο φλεβικό άκρο η πίεση του αίματος θα ήταν μικρότερη από την οσμωτική πίεση και περισσότερο υγρό θα εισερχόταν στο τριχοειδές από τις κοιλότητες των ιστών. Η υπόθεση του Στάρλινγκ διαγράφεται στην εικόνα 17-15.

Ο Στάρλινγκ γνώριζε ότι ένα άλλο σύστημα αγγείων, το λεμφικό σύστημα, μετέφερε επίσης μερικά από τα υγρά των ιστών από τις κοιλότητες μεταξύ των κυττάρων πίσω στην κυκλοφορία του αίματος. Το υγρό του λεμφικού συστήματος, που περιέχει επίσης διάφορα είδη κυττάρων, νερό, μεγάλα μόρια πρωτεϊνών, άλατα και άλλες ουσίες, ονομάζεται λέμφος.

Η λέμφος διακινείται μέσω των τοιχωμάτων των μικρών λεμφικών τριχοειδών προς τα μεγαλύτερα αγγεία του λεμφικού συστήματος. Τελικώς όλο το υγρό της λέμφου εισέρχεται στην κυκλοφορία του αίματος μέσω δύο μεγάλων λεμφικών αγγείων, που απολήγουν στις φλέβες στην περιοχή του στήθους.

Πρόσφατα πειράματα δείχνουν ότι η υπόθεση του Στάρλινγκ, δηλαδή ότι μεγάλα μόρια πρωτεΐνης δεν είναι δυνατόν να διέλθουν μέσω των τοιχωμάτων των τριχοειδών, δεν ήταν σωστή. Διάφορες πρωτεΐνες του αίματος «ιχνηθετέθηκαν» με ραδιενεργά άτομα σε πειραματόζωα. Αυτά τα ιχνηθετημένα πρωτεϊνικά μόρια διακινήθηκαν έξω από τα τριχοειδή μαζί με τα υγρά. Κατά τη διάρκεια μιας ημέρας περίπου το ήμισυ του συνόλου των πρωτεϊνών που κυκλοφορούσαν στο αίμα διακινήθηκαν έξω από τα τριχοειδή. Αφού το αίμα δεν χάνει το ήμισυ των πρωτεϊνών του κάθε ημέρα, οι πρωτεΐνες αυτές πρέπει να επανέλθουν στην κυκλοφορία του αίματος με κάποιο τρόπο. Οι επιστήμονες παρατήρησαν την κίνηση των ραδιενεργών πρωτεϊνών. Βρήκαν ότι οι πρωτεΐνες αυτές επέστρεψαν στο αίμα μέσω των λεμφικών αγγείων.



Εικόνα 17-15 *Η υπόθεση του Στάρλινγκ για την ανταλλαγή των υγρών. Η οσμωτική πίεση των υγρών του σώματος στα τοιχώματα των τριχοειδών (κυανά βέλη) είναι σταθερή. Όπου η πίεση του αίματος (ερυθρά βέλη) είναι υψηλότερη από την οσμωτική, υγρά εξέρχονται από τα τριχοειδή. Όπου η πίεση είναι μικρότερη από την οσμωτική, υγρά επιστρέφουν στα τριχοειδή.*

17-12
Το σύστημα διακινήσεως υποβοηθεί στη διατήρηση ενός σταθερού εσωτερικού περιβάλλοντος

Οι περισσότεροι οργανισμοί ζουν σε ένα εξωτερικό περιβάλλον που αλλάζει διαρκώς. Παρόλα αυτά το εσωτερικό περιβάλλον των εμβίων όντων και τα υγρά, που διακινούνται προς τα κύτταρα του σώματος και τους ιστούς, πρέπει να διατηρούνται αρκετά σταθερά, με εξισορροπημένες ποσότητες οξυγόνου και μορίων θρεπτικών συστατικών. Τα άχρηστα υλικά πρέπει να απομακρύνονται διαρκώς από τα κύτταρα. Η ισορροπία διατηρείται στο εσωτερικό περιβάλλον μέσω διαφόρων λειτουργιών του σώματος, που ονομάζονται όλες μαζί ομοιόσταση. Ο Κλαύδιος Μπερνάρντ, ένας μεγάλος Γάλλος επιστήμονας του 19ου αιώνα, σημείωσε τη σημασία της ικανότητας ενός οργανισμού να διατηρεί ένα σταθερό εσωτερικό περιβάλλον.

Ο Μπερνάρντ τόνισε τη σημασία του συστήματος διακινήσεως για τη συντήρηση της ομοιοστάσεως. Για παράδειγμα, οι άνθρωποι αλλάζουν αρκετά το διαιτολόγιό τους κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ένα γεύμα είναι δυνα-

τόν να περιέχει μεγάλη ποσότητα σακχάρων, ενώ το επόμενο να περιέχει μικρή ποσότητα. Εντούτοις το ποσό των σακχάρων στο αίμα είναι σχεδόν σταθερό καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Κατά τη διάρκεια εντατικής ασκήσεως οι μύες απαιτούν μεγάλα ποσά μορίων οξυγόνου. Αλλά τα επίπεδα οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα στο αίμα δεν μεταβάλλονται πολύ. Η θερμοκρασία εξωτερικώς του σώματος είναι δυνατόν να μεταβληθεί πολύ και σε λίγο χρόνο, αλλά η θερμοκρασία του σώματος παραμένει καταπληκτικά σταθερή, περίπου 37° C (98,6 F).

Για τη διατήρηση του περιβάλλοντος των εσωτερικών υγρών σε σταθερά επίπεδα έχουν αναπτυχθεί διάφοροι ρυθμιστικοί μηχανισμοί. Οι ρυθμιστικοί αυτοί μηχανισμοί πρέπει να είναι σε θέση να πληροφορούνται για τις αλλαγές του εξωτερικού περιβάλλοντος. Πρέπει επίσης να είναι σε θέση να κάνουν τις αναγκαίες προσαρμογές για να διατηρηθεί σταθερό το εσωτερικό περιβάλλον. Το νευρικό σύστημα και το σύστημα ενδοκρινών αδένων είναι τα δύο συστήματα που είναι πιο άμεσα συνδεδεμένα με τις ρυθμίσεις αυτές. Θα μάθετε για πολλούς από αυτούς τους ρυθμιστικούς μηχανισμούς σε επόμενα κεφάλαια.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αίμα είναι το υγρό που περιέχουν τα αγγεία διακινήσεως των ζώων. Το αίμα μεταφέρει στα κύτταρα του σώματος τα αναγκαία για τη ζωή συστατικά και απομακρύνει τα άχρηστα υλικά. Το υγρό που διαχέεται από τα τριχοειδή προς τις κοιλότητες των ιστών δημιουργεί το εσωτερικό περιβάλλον που περιβάλλει τα κύτταρα. Η διακίνηση του υγρού διά μέσου των τοιχωμάτων των τριχοειδών επιτελείται από το συνδυασμό της πιέσεως του αίματος και της οσμωτικής πιέσεως. Το περισσότερο υγρό που διαχέεται μεταξύ των κυττάρων επιστρέφει στο αίμα μέσω των τοιχωμάτων των τριχοειδών, αν και μία μικρή ποσότητα επιστρέφει μέσω του λεμφικού συστήματος. Η ρύθμιση του εσωτερικού περιβάλλοντος ελέγχεται από σωματικές λειτουργίες που διατηρούν το αίμα σε μία φυσιολογική κατάσταση. Η συντήρηση της φυσιολογικής καταστάσεως του εσωτερικού περιβάλλοντος ονομάζεται ομοιόσταση.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Ποια είναι η λειτουργία των ερυθρών κυττάρων του αίματος;
2. Σύμφωνα με την υπόθεση του Στάρλινγκ, προς ποια διεύθυνση θα κινηθεί το περισσότερο αίμα μεταξύ του φλεβικού άκρου ενός τριχοειδούς και των κοιλοτήτων των ιστών που βρίσκονται σε επαφή με το τριχοειδές;
3. Όταν ο καιρός είναι πολύ κρύος, τα τριχοειδή του δέρματος συστέλλονται και λιγότερο αίμα ρέει στην εκτεθειμένη επιφάνεια του σώματος. Συνδέστε αυτό με την ύπαρξη της ομοιοστάσεως.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΣΗΜΕΙΑ

Η κύρια λειτουργία των συστημάτων διακινήσεως είναι η μεταφορά υλικών από το ένα σημείο του οργανισμού στο άλλο. Τα κύτταρα των μικροτέρων οργανισμών βρίσκονται σε στενή επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον. Γι' αυτό, τα αναγκαία συστατικά είναι δυνατόν να διαχέονται προς τα έξω και προς τα μέσα της επιφάνειας του σώματος και να φθάνουν σε κάθε κύτταρο. Οι μεγαλύτεροι οργανισμοί αποτελούνται από μεγάλο αριθμό κυττάρων, τα περισσότερα των οποίων είναι απομονωμένα από το εξωτερικό περιβάλλον. Ένα ειδικό σύστημα διακινήσεως είναι απαραίτητο για τη μεταφορά των θρεπτικών ουσιών, των αχρήστων υλικών, του νερού και των αερίων μεταξύ των κυττάρων και του εξωτερικού περιβάλλοντος.

Στα ανώτερα φυτά τα υλικά διακινούνται μέσω των τραχειωδών κυττάρων του ξυλώματος και των αγγείων και των ηθμωδών σωλήνων του φλοιώματος μέσω περιπλόκων μηχανισμών. Στα μεγάλα ζώα μία μυώδης αντλία, η καρδιά, κινεί το αίμα από τη μία περιοχή στην άλλη μέσα από ένα σύστημα αγγείων. Το υγρό μέρος του αίματος των ανωτέρω ζώων χρησιμεύει και ως φορέας εξειδικευμένων κυττάρων. Το αίμα δρα ως μεταφορέας υλι-

κών μεταξύ των διαφόρων τμημάτων του σώματος.

Η σταθερότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος ονομάζεται ομοιόσταση. Η διατήρηση της ομοιοστάσεως εξαρτάται από πολλά συστήματα του σώματος. Το σύστημα διακινήσεως αποτελεί το συνδετικό τους ιστό.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Γιατί το σύστημα κυκλοφορίας είναι πιο σπουδαίο για ένα χεροόβιο φυτό παρά για ένα υδρόβιο;
2. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ του συστήματος κυκλοφορίας μιας ακρίδας και ενός δακτυλιοσκώληκα;
3. Περιγράψτε τον τρόπο με τον οποίο οι βαλβίδες των φλεβών του ανθρώπου βοηθούν στην κυκλοφορία.
4. Ποια είναι η κύρια διαφορά μεταξύ των κυττάρων του ξυλώματος και των κυττάρων του φλοιώματος;
5. Περιγράψτε τον τρόπο με τον οποίο φαίνεται να συνεργάζονται σύμφωνα με την υπόθεση του Στάρλινγκ η πίεση του αίματος και η οσμωτική πίεση.
6. Ποια ήταν η σπουδαιότητα της εξελίξεως των φύλλων των πρασίνων φυτών της ξηράς;
7. Ποια είναι η σπουδαιότητα των κοιλοτήτων που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια των φύλλων και μεταξύ των κυττάρων;
8. Γιατί η ύπαρξη μιας συνεχούς στήλης νερού από τη ρίζα έως τα φύλλα αποτελεί ουσιαστικό μέρος της θεωρίας συνοχής - υποπιέσεως για τη διακίνηση του νερού στα φυτά;
9. Μέσω ποιων αγγείων το αίμα φθάνει από τις αρτηρίες στις φλέβες;
10. Ποια δομικά στοιχεία των αρτηριών και των φλεβών συνδέονται με τις λειτουργικές διαφορές τους;

ΑΡΘΡΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΒΑΣΜΑ

Benditt, E. P. "The Origin of Atherosclerosis." *Scientific American*, February, 1977.

Fein, J. M. "Microvascular Surgery for Stroke." *Scientific American*, April, 1978.

Meidner, H., and D. W. Sheriff. *Water and Plants*. New York, John Wiley & Sons, 1976.

Middleman, S. *Transport Phenomena in the Cardiovascular System*. New York, John Wiley & Sons, 1972.

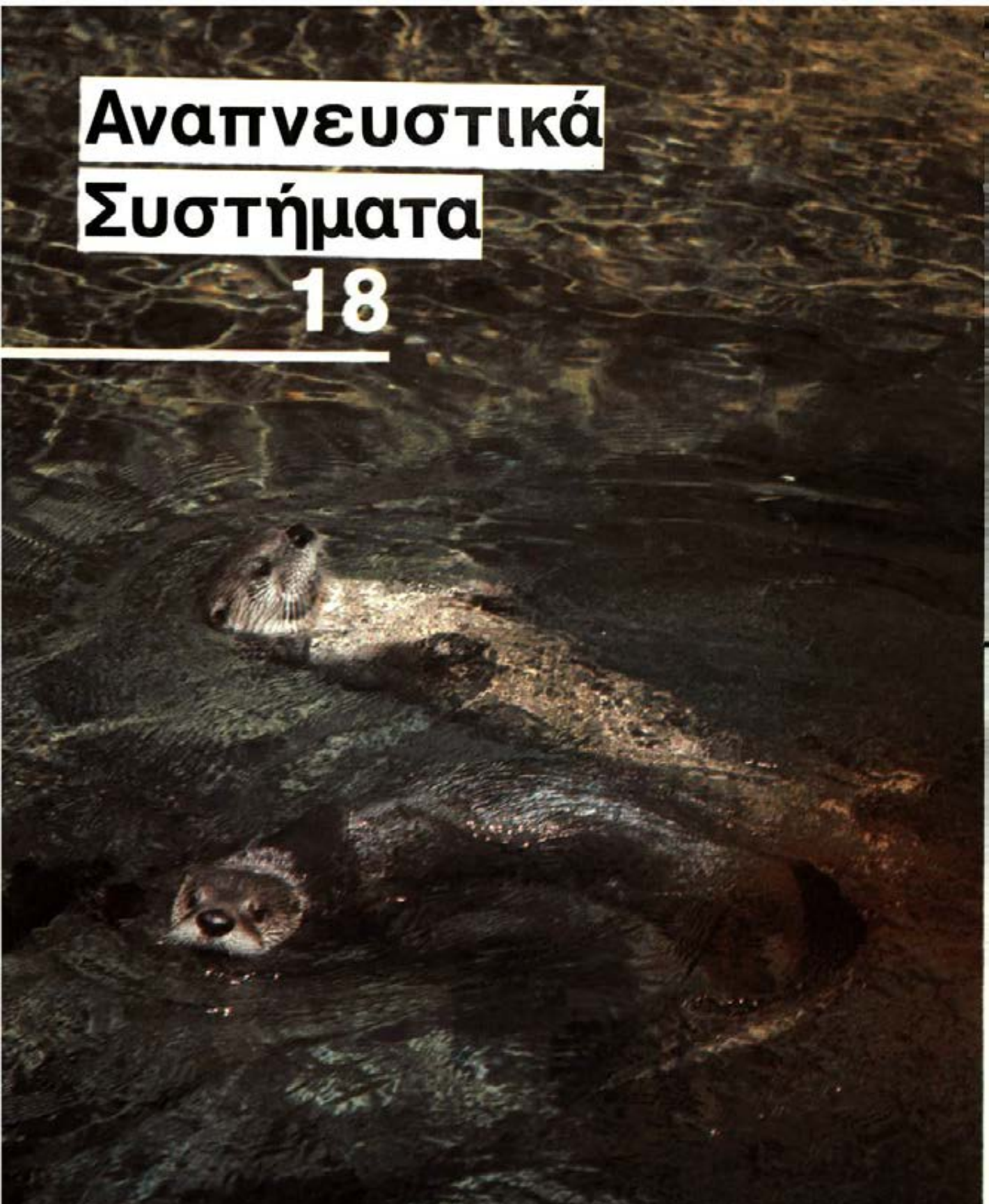
Navaratnam, V. *The Human Heart and Circulation*. New York, Academic Press, 1975.

Peel, A. J. *Transport of Nutrients in Plants*. New York, John Wiley & Sons, 1974.

Perutz, M. F. "Hemoglobin Structure and Respiratory Transport." *Scientific American*, December, 1978.

Αναπνευστικά Συστήματα

18



Παίζοντας στον ήλιο, κολυμπώντας και – το πιο σπουδαίο – αναπνέοντας. Οι ποτάμιες ενυδρίδες αναπνέουν με πνεύμονες.

Πνοή ζωής. Όλοι γνωρίζομε ότι η αναπνοή αέρα είναι τελείως απαραίτητη για να συνεχίσομε να ζούμε. Όμως, η αναπνοή είναι μόνο η αρχή μιας μακριάς σειράς γεγονότων, που οδηγούν το οξυγόνο από τον αέρα στα κύτταρα του σώματός μας. Πολλοί οργανισμοί δεν αναπνέουν όπως εμείς, αλλά πάντοτε έχουν κάποιο μηχανισμό για την ανταλλαγή με το περιβάλλον τους των αερίων που έχουν ανάγκη. Στο κεφάλαιο αυτό θα συγκρίνετε την εξέλιξη, δομή και λειτουργία μερικών από τα συστήματα αυτά ανταλλαγής αερίων στα ζώα.

Η ανταλλαγή των αερίων στους πολυκύτταρους οργανισμούς

18-1
Αναπνοή σημαίνει ζωή με οξυγόνο

Σχεδόν όλα τα κύτταρα χρησιμοποιούν οξυγόνο για την έκλυση ενέργειας από οργανικά μόρια. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι παραπροϊόν της εκλύσεως αυτής της ενέργειας. Η συνολική διαδικασία της χρήσεως οξυγόνου, εκλύσεως ενέργειας και παραγωγής ενέργειας από τα κύτταρα ονομάζεται κυτταρική αναπνοή. Μελετήσατε για πρώτη φορά την κυτταρική αναπνοή και συγκρίνατε προς τη ζύμωση στο κεφάλαιο 7. Για την επιτέλεση της κυτταρικής αναπνοής, οξυγόνο πρέπει να προσάγεται συνεχώς στα κύτταρα. Το διοξείδιο του άνθρακα πρέπει επίσης να απομακρύνεται. Το αναγκαίο οξυγόνο βρίσκεται στο περιβάλλον, που με τη σειρά του βρίσκεται γύρω από τον οργανισμό. Το οξυγόνο προσλαμβάνεται μέσω της επιφάνειας του σώματος ή των ανοιγμάτων του και κατόπιν μεταφέρεται στα κύτταρα. Η διαδικασία αυτή προσλήψεως οξυγόνου και εκλύσεως διοξειδίου του άνθρακα ονομάζεται γενική αναπνοή. Στους ανώτερους χερσαίους οργανισμούς ο αέρας κινείται προς τα μέσα και προς τα έξω του σώματος με την αναπνοή.

Οι οργανισμοί έχουν διάφορες απαιτήσεις για οξυγόνο. Στο κεφάλαιο 5 μάθατε πώς πρωτόγονοι οργανισμοί, ορισμένοι των οποίων ζουν ακόμη, εκλύουν ενέργεια μέσω ζυμώσεως, μιας διαδικασίας που δεν απαιτεί οξυγόνο. Οι περισσότεροι όμως οργανισμοί απαιτούν μεγάλα ποσά οξυγόνου, για να ζήσουν και να λειτουργούν κανονικά (βλ. Παράρτημα 18-Α, Η κατανόηση της αναπνοής ολοκληρώθηκε σταδιακά, σελίδα 722).

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 18-Α. Σύγκριση καταναλώσεως ενέργειας σε μικρά σπονδυλωτά, σελίδα 650.

18-2
Το ποσό της αναπνευστικής επιφάνειας ποικίλλει στα διάφορα ζώα

Η αναπνοή πραγματώνεται στα κύτταρα και τα αναγκαία υλικά πρέπει να μεταφερθούν εκεί. Διάφοροι τύποι αναπνευστικών οργάνων έχουν εμφανισθεί εξελικτικά στα ζώα. Η λειτουργία όλων είναι η ανταλλαγή μορίων αερίων μεταξύ της επιφάνειας του σώματος και των εσωτερικών υγρών του συστήματος κυκλοφορίας. Τα αέρια ακολούθως διακινούνται προς τα κύτταρα και τους ιστούς, όπου παρατηρείται η αναπνοή.

Σχεδόν όλα τα κύτταρα, είτε πρόκειται για απομονωμένους μικροοργανισμούς (που ζουν ελεύθερα) είτε αποτελούν τμήμα ιστών ενός ζώου ή φυτού, παραλαμβάνουν οξυγόνο και εκλύουν διοξείδιο του άνθρακα διά διαχύσεως αερίων μέσων της κυτταρικής μεμβράνης. Ακόμη, τα πιο μεγάλα πολυκύτταρα φυτά ανταλλάσσουν οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα με το περιβάλλον διά διαχύσεως.

Μικρότερα πολυκύτταρα ζώα, όπως οι



Εικόνα 18-1 *Οι πλανάριες και οι γεωσκώληκες δεν έχουν ειδικά αναπνευστικά όργανα. Τα αέρια ανταλλάσσονται απευθείας μεταξύ των οργανισμών αυτών και του περιβάλλοντος μέσω του δέρματος.*

πλανάριες (πλατυελμίνθες σκώληκες), παραλαμβάνουν οξυγόνο και αποδίδουν διοξείδιο του άνθρακα μέσω της επιφάνειας του σώματός τους (εικόνα 18-1). Τα ζώα αυτά δεν χρειάζονται εξειδικευμένο σύστημα κυκλοφορίας, γιατί όλα τα κύτταρά τους είναι αρκετά κοντά στο εξωτερικό περιβάλλον.

Ο γεωσκώληκας παραλαμβάνει επίσης οξυγόνο και αποδίδει διοξείδιο του άνθρακα με διάχυση μέσω του δέρματος (εικόνα 18-1). Η εξωτερική επιφάνεια του γεωσκώληκα καλύπτεται από ένα υμένιο υγρού βλεννώδους υλικού. Τα μόρια των αερίων διαλύονται στο υγρό αυτό υλικό και διαχέονται μέσω αυτού. Σημειώστε ότι ο γεωσκώληκας έχει ένα σύστημα κυκλοφορίας που αποτελείται από τριχοειδή και μεγαλύτερα αγγεία. Το αίμα προσκομίζει στο σώμα οξυγόνο, που διαχέεται μέσω του δέρματος.

Σε μεγαλύτερα και πιο σύνθετα στην κατασκευή ζώα απαιτούνται εξειδικευμένες επιφάνειες για την ανταλλαγή των αερίων. Διάφορες μορφές αναπνευστικών επιφανειών έχουν αναπτυχθεί σε οργανισμούς που ζουν σε διάφορους βιότοπους. Γενικά, οι επιφάνειες αυτές αποτελούνται από αναδιπλώσεις ή θύλακες ιστού, οι οποίες αυξάνουν πολύ την επιφάνεια και φυσικά την ποσότητα των αερίων που διαχέονται.

Τα αναπνευστικά όργανα που παρατηρούνται σε πολλά ζώα που ζουν στο νερό ονομάζονται βράγχια. Τα βράγχια παρέχουν στους υδρόβιους αυτούς οργανισμούς μεγάλη αναπνευστική επιφάνεια. Καθώς δεν υπάρχει πρόβλημα αποξηράνσεως, τα βράγχια είναι αναδιπλώσεις ιστού προς τα έξω του ζώου. Μερικοί υδρόβιοι σκώληκες, καρκινοειδή και μαλάκια αναπνέουν μέσω βραγχίων. Το βράγχιο ενός ψαριού, όπως φαίνεται στην εικόνα 18-2, αποτελείται από πολλές λεπτές νηματοειδείς απολήξεις. Κάθε νηματοειδής απόληξη αποτελείται από μία λεπτή επιφάνεια κυττάρων που περιβάλλουν ένα δίκτυο τριχοειδών. Το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα ανταλλάσσονται μεταξύ του αίματος που κυκλοφορεί και του νερού που περιβάλλει τις νηματοειδείς απολήξεις. Το νερό περιέχει διαλυμένο οξυγόνο, αλλά μόνο σε μικρές ποσότητες. Το νερό εισέρχεται στο στόμα του ιχθύος, προωθείται προς τα βράγχια και εξέρχεται από το σώμα μέσα από ένα άνοιγμα της εγκολπώσεως, που περιβάλλει τις λεπτεπίλεπτες απολήξεις των βραγχίων.

Δομές που μοιάζουν με βράγχια εμφανίζονται στα έμβρια των χερσοβίων ζώων περιλαμβανόμενου και του ανθρώπου. Τα «βράγχια» αυτά δεν χρησιμοποιούνται ποτέ για αναπνοή και εξαφανίζονται πριν από την ολοκλήρωση της αναπτύξεως του απογόνου. Στα πλακουντοφόρα θηλαστικά το οξυγόνο προσάγεται, πριν από τη γέννηση, στο αίμα του νεαρού ατόμου από το αίμα της μητέρας

που διαχέεται μέσω των αιμοφόρων του πλακούντα. Μετά από τη γέννηση τα σπονδυλωτά χερσόβια ζώα αναπνέουν μέσω των πνευμόνων, που είναι εσωτερικοί σάκοι χρησιμοποιούμενοι για παραλαβή του οξυγόνου από τον αέρα.

Παρά το ότι χερσόβια σπονδυλωτά ζώα δεν χρησιμοποιούν βράγχια για την αναπνοή τους, μερικοί από τους υδρόβιους προγόνους τους χρησιμοποιούσαν βράγχια. Δομές που είναι τμήματα πνευμονοφόρων συστημάτων φαίνεται να έχουν προέλθει από δομές που χρησιμοποιούσαν για αναπνοή με βράγχια. Για παράδειγμα, η αρτηρία που πηγαίνει στους πνεύμονες των ανωτέρων χερσοβίων σπονδυλωτών ζώων φαίνεται ότι προέρχεται από μία αρτηρία που μεταφέρει αίμα στα βράγχια των υδροβίων σπονδυλωτών.

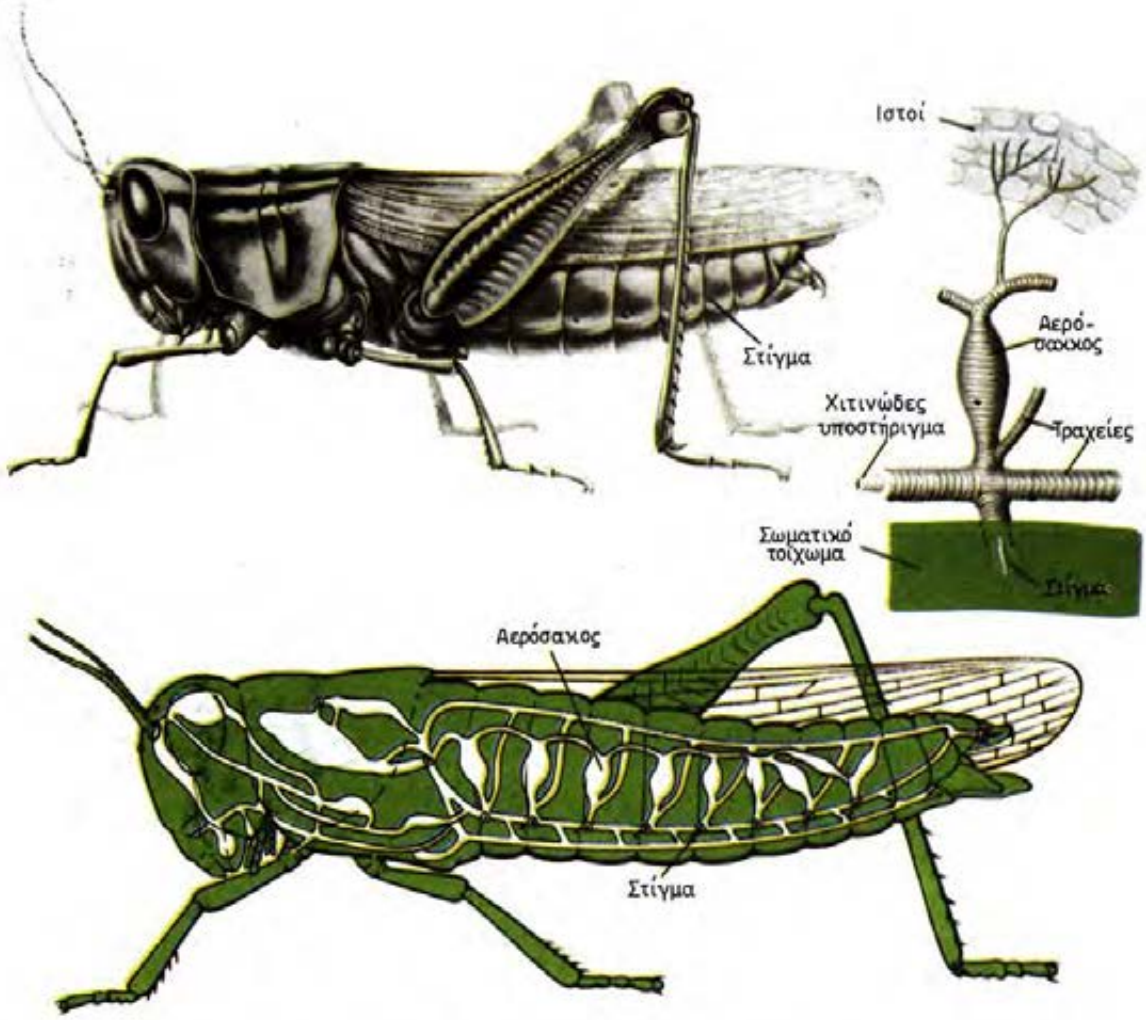
18-3
Ειδικές δομές χρησιμοποιούνται για την εισπνοή - εκπνοή αέρα

Στην καλύτερη περίπτωση το νερό είναι δυνατό να περιέχει 0,5% κατ' όγκο οξυγόνου. Στον ατμοσφαιρικό αέρα το 20% του ολικού όγκου είναι οξυγόνο. Γι' αυτό ο αέρας που διέρχεται μέσω των αναπνευστικών επιφανειών των χερσοβίων ζώων είναι πολύ πιο πλούσιος σε οξυγόνο από το νερό που διέρχεται από τα βράγχια ενός υδρόβιου ζώου. Δεν είναι λοιπόν περίεργο το γεγονός ότι τα θερμόαιμα ζώα με υψηλό ρυθμό μεταβολισμού και μεγάλη ανάγκη για οξυγόνο έχουν εξελιχθεί από αερόβια μόνο ζώα (βλ. Παράρτημα 18-Β, Η κατανάλωση οξυγόνου συνδέεται με τη ρύθμιση θερμοκρασίας στα ζώα, σελίδα 722).

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα της αναπνοής αέρα είναι ο κίνδυνος αποξηράνσεως των δομών για την ανταλλαγή των αερίων. Όπως λοιπόν τα πολυκύτταρα χερσαία φυτά ανέπτυξαν εξελικτικά μία κηρώδη εφυμενίδα, που τα προφυλάσσει από την αποξήρανση, έτσι και τα χερσαία ζώα έχουν διάφορα αδιάβροχα επικαλύμματα. Για παράδειγμα, αν έχετε αγγίξει ένα βάτραχο, θα έχετε διαπιστώσει ότι η επιδερμίδα του καλύπτεται από ένα γλοιώδες υμένιο. Το υμένιο αυτό αποτελείται από μία βλεννώδη ουσία που προφυλάσσει το νερό από την εξάτμιση. Το ίδιο



Εικόνα 18-2 *Στα ψάρια τα βράγχια είναι λεπτές νηματοειδείς απολήξεις, που υποστηρίζονται από οστέινα υποστηρίγματα και είναι πλούσια σε αιμοφόρα αγγεία. Κάθε νηματοειδής απόληξη αποτελείται από λεπτές φυλλοειδείς απολήξεις, που περιέχουν πολλά τριχοειδή. Ένα κάλυμμα, που ονομάζεται βραγχιακό επικάλυμμα, προστατεύει τις ευαίσθητες νηματοειδείς απολήξεις.*



Εικόνα 18-3 *Στα έντομα το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα ανταλλάσσονται μέσω διακλαδιζομένων αεροφόρων σωλήνων, που ονομάζονται τραχείες.*

είδος υμένιου επικαλύπτει μικρότερα χερσόβια ζώα, όπως οι γεωσκώληκες και τα σαλιγκάρια που ζουν σε υγρούς βιότοπους.

Δομές για την ανταλλαγή του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα βρίσκονται σε ορισμένες αερόβιες αράχνες και σκορπιούς. Οι δομές αυτές μοιάζουν αρκετά με τα βράγχια των ψαριών. Είναι όμως καλά προφυλαγμένες από την αποξηραντική επίδραση του αέρα λόγω υπάρξεως ειδικών καλυπτηρίων μεμβρανών.

Τα χερσόβια έντομα έχουν αναπτύξει ένα σύστημα αεραγωγών, που ονομάζονται τραχείες. Ο αέρας εισέρχεται στο έντομο μέσω ανοιγμάτων, που ονομάζονται τρήματα ή στίγματα, κατά μήκος των πλευρών του σώματος, και περνά σε κοιλότητες γεμάτες αέρα ή σάκους. Από τους σάκους οι τραχείες διακλαδίζονται σε όλο και μικρότερους σωλήνες, όπως φαίνεται στην εικόνα 18-3. Οι μικρότεροι σωλήνες βρίσκονται σε απευθείας επαφή με τους μύες και τα άλλα κύτταρα του σώματος. Γι' αυτό τα κύτταρα του σώματος είναι δυνατόν εύκολα να παίρνουν οξυγόνο και να αποδίδουν διοξείδιο του άνθρακα διά διαχύσεως μέσω των μεμβρανών τους και των τοιχωμάτων των αεραγωγών. Οι τραχείες διατηρούνται άκαμπτες από μία εσωτερική επικάλυψη με χιτίνη. Η χιτίνη είναι ένα σκληρό υλικό, που χρησιμοποιείται επίσης

στον άκαμπτο εξωσκελετό των εντόμων. Κινήσεις του σώματος οδηγούν σε πλήρωση και κένωση των αεροσάκων, αλλά η ροή του αέρα μέσω των τραχειών βρίσκεται κάτω από σχετικά μικρή πίεση.

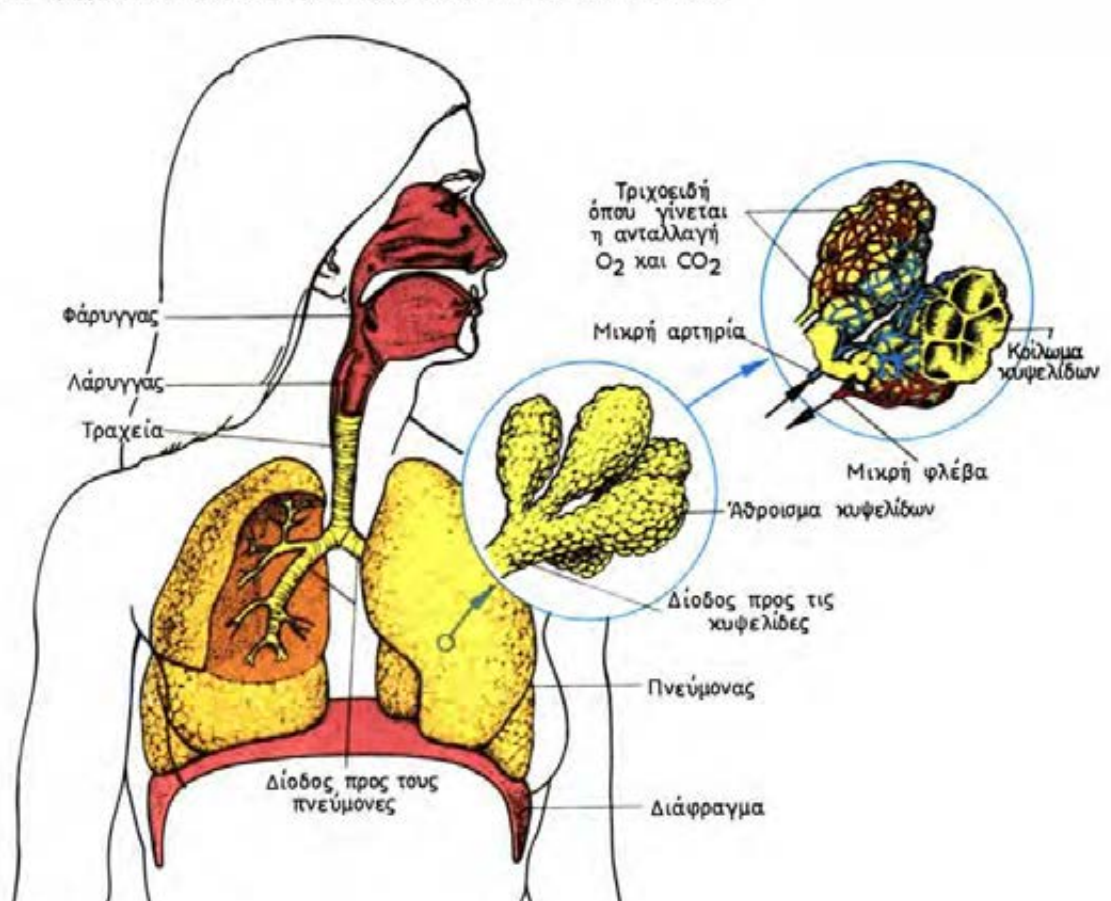
Το τραχειακό σύστημα των εντόμων δεν διασυνδέεται με το κυκλοφορικό τους σύστημα. Πώς, κατά τη γνώμη σας, το δεδομένο αυτό συνδέεται με τον «ανοικτό» τύπο κυκλοφορικού συστήματος, που περιγράφεται στην παράγραφο 17-7;

Στα θηλαστικά και στον άνθρωπο οι αναπνευστικές κινήσεις προέρχονται από τη λειτουργικότητα δύο ομάδων μυών, του ***διαφράγματος*** (εικόνα 18-4) και των μυών των πλευρών. Οι μύες αυτοί δρουν μαζί προς αλλαγή της χωρητικότητας της θωρακικής κοιλότητας (βλ. Παράρτημα 18-Γ, Η μηχανική της πνευμονικής αναπνοής, σελίδα 724).

Αλλαγές στο μέγεθος της θωρακικής κοιλότητας επιδρούν στην πίεση των αερίων στους πνεύμονες. Όταν η θωρακική κοιλότητα διαστέλλεται, η πίεση του αέρα μειώνεται και εισέρχεται αέρας από έξω, όπου βρίσκεται υπό μεγαλύτερη ατμοσφαιρική πίεση. Όταν ο όγκος της θωρακικής κοιλότητας μειώνεται, η εσωτερική πίεση γίνεται μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική και τα αέρια αναγκάζονται να εξέλθουν. Η ρυθμική αύξηση και μείωση του όγκου της θωρακικής κοιλότητας είναι μία μηχανική αντλία, που οδηγεί τον αέρα μέσα και έξω από τους πνεύμονες.

Ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι ξηρός, πολλές φορές κρύος και συχνά ακάθαρτος. Ο

Εικόνα 18-4 *Το αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου. Τα δύο υπό μεγέθυνση σχήματα δείχνουν αθροίσματα κυψελίδων και τα αιμοφόρα αγγεία τους. Η εικόνα 18-5 δείχνει την όψη των τοιχωμάτων των κυψελίδων και των τριχοειδών του αίματος, όπως φαίνονται με μικροσκόπιο.*



Προσοχή: Η αναπνοή μπορεί να είναι επικίνδυνη για την υγεία σας!

Η αιθαλομίχλη των πόλεων είναι δυσάρεστη και προκαλεί ερεθισμό. Διασπείρεται και καλύπτει μεγάλο μέρος της εξοχής. Υπό ορισμένες καιρικές συνθήκες, που ονομάζονται αναστροφές, ένα κάλυμμα ακίνητου ζεστού αέρα σχηματίζεται επάνω από τον ψυχρότερο αέρα, που βρίσκεται πλησιέστερα προς το έδαφος. Ο ψυχρότερος και πυκνότερος αέρας δρα ως επικάλυμμα και παγιδεύει ρυπαντές του αέρα, που κανονικά θα μεταφέρονταν μακριά. Όταν οι συνθήκες αυτές διατηρηθούν για περισσότερες από λίγες μέρες, παρατηρούνται επικίνδυνες ή και θανατηφόρες ακόμη συγκεντρώσεις ρυπαντών. Μερικοί άνθρωποι αρρωσταίνουν. Η συχνότητα θανάτων υπερβαίνει το φυσιολογικό επίπεδο.

Ποια είναι η πηγή των ρυπαντών; Η καύση θειούχων καυσίμων για θέρμανση και παραγωγή ηλεκτρισμού είναι πηγές ρυπαντών. Δημιουργούν διοξείδιο του θείου, που προκαλεί ισχυρό ερεθισμό κατά την αναπνοή. Όταν αναμιχθεί με βροχή, σχηματίζει ένα οξύ που καταστρέφει τα φυτά.

Οι εξατμίσεις των αυτοκινήτων αποτελούν την κύρια πηγή ρυπαντών του αέρα. Ένας από τους ρυπαντές αυτούς είναι το μονοξείδιο του άνθρακα. Η αναπνοή των αερίων από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων, που περιέχουν μονοξείδιο του άνθρακα, είναι πολύ επικίνδυνη, γιατί το μονοξείδιο του άνθρακα συνδέεται με την αιμοσφαιρίνη των ερυθροκυττάρων. Μετά από αυτό η αιμοσφαιρίνη δεν μπορεί να μεταφέρει οξυγόνο. Τα αέρια των εξατμίσεων των αυτοκινήτων, όταν αναμιχθούν με τον αέρα, δημιουργούν με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας μία χαμηλή ζώνη όζοντος. Το όζον είναι μία άλλη μορφή μοριακού οξυγόνου, το O_3, και όχι το O_2 που κανονικά αναπνέετε. Το όζον προκαλεί επίσης ερεθισμό. Αιθάλη και στάχτες από ατελή καύση

αέρας που αναπνέετε περνά μέσα από τη μύτη και κατέρχεται από την τραχεία. Ο αέρας υγραίνεται, θερμαίνεται και καθαρίζεται από τα κύτταρα που επικαλύπτουν τις αεροφόρους οδούς. Οι αεροφόρες οδοί οδηγούν στους πνεύμονες και καταλήγουν στις κυψελίδες. Οι κυψελίδες είναι κοιλότητες που σχηματίζονται από αναδιπλώσεις του πνεύμονα. Κάθε πνεύμονας έχει εκατομμύρια από τέτοιες κυψελίδες, των οποίων τα τοιχώματα είναι πλούσια σε τριχοειδή. Το αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου και οι λεπτομέρειες των κυψελίδων φαίνονται στην εικόνα 18-5. Η μικροφωτογραφία της εικόνας 18-5 δείχνει τη στενή διασύνδεση, συχνά σύντηξη των τοιχωμάτων των κυψελίδων και των τριχοειδών του αίματος. Στα τοιχώματα των κυψελίδων το οξυγόνο διαχέεται προς το αίμα. Ο πνεύμονας είναι δυνατό να εναλλάσσει μεγάλους όγκους αερίων σε πολύ λίγο χρόνο, γιατί οι πολυάριθμες κυψελίδες του πνεύμονα παρέχουν μία τεράστια επιφάνεια. Αν η επιφά-



των καυσίμων προσθέτουν τα ακάθαρτα σωματίδια που φαίνονται στο ρυπαρό αέρα. Η τεχνολόγος ρυπάνσεως που εικονίζεται εδώ κρατά δύο λευκά φίλτρα καλυμμένα με σωματιδιακούς ρυπαντές. Η παρακολούθηση της ρυπάνσεως του αέρα από τις αρχές της πόλεως, του νομού, καθώς και από τις κρατικές υπηρεσίες δίνει απογοητευτικά συνήθως αποτελέσματα. Παρόλα αυτά είναι πολύ αναγκαία. Παρέχει δεδομένα αναγκαία, για να πεισθούν οι κυβερνήσεις σε όλες τις βαθμίδες ότι το θέμα της τροχαίας κινήσεως και των βιομηχανιών που χρησιμοποιούν καύσιμα πρέπει να επανεξετασθεί από την κοινωνία μας.

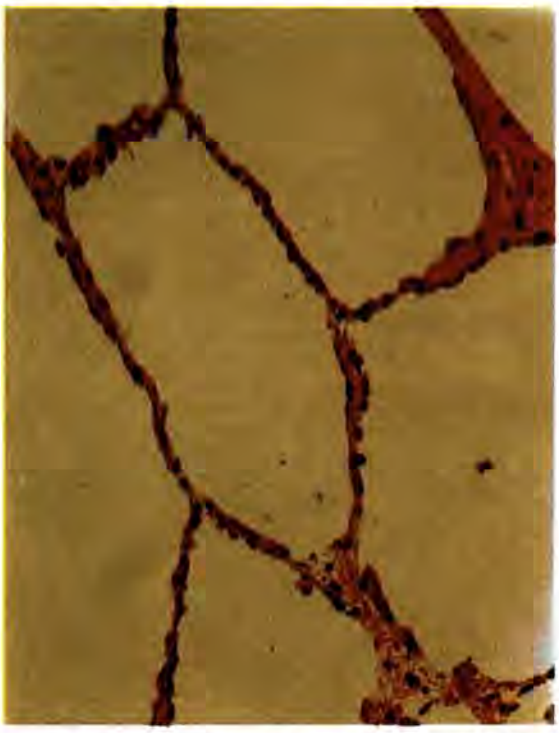
Τι μπορείτε να κάνετε για όλα αυτά; Όταν χρησιμοποιείτε Ι.Χ. αυτοκίνητο, πάρτε και άλλους μαζί. Χρησιμοποιήστε το ποδήλατό σας (αλλά με προσοχή). Υποστηρίξτε νέους νόμους που προτείνονται για τον περιορισμό των μη απαραιτήτων χρήσεων και υποστηρίξτε τη χρήση μικροτέρων αυτοκινήτων με πιο αποδοτικές μηχανές.

νεια των κυψελίδων ενός ανθρώπου απλωθεί, θα εκάλυπτε μία περιοχή 60 περίπου τετραγωνικών μέτρων (περίπου την επιφάνεια δύο μεγάλων θέσεων σταθμεύσεως αυτοκινήτων).

18-4
Μερικά ζώα χρησιμοποιούν περισσότερα από ένα αναπνευστικά συστήματα

Πολλά ζώα χρησιμοποιούν περισσότερα από ένα αναπνευστικά συστήματα για την ανταλλαγή του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα. Οι βάτραχοι, παρά το ότι έχουν καλά ανεπτυγμένους πνεύμονες, είναι σε θέση να παίρνουν οξυγόνο και να αποβάλλουν διοξείδιο του άνθρακα μέσω της υγρής επιδερμίδας τους. Αυτή η δερμική αναπνοή είναι όμοια με τη διάχυση των μορίων μέσω της επιφάνειας του σώματος του γεωσκώληκα που έχει περιγραφεί νωρίτερα.

Μερικά ζώα χρησιμοποιούν διάφορα αναπνευστικά συστήματα σε διάφορα στάδια της



Εικόνα 18-5 *Τοιχώματα κυψελίδων και τριχοειδή αίματος. Σημειώστε τους μεγάλους χώρους γεμάτους αέρα στο εσωτερικό των κυψελίδων. Οι κυψελίδες βρίσκονται σε τόσο στενή διασύνδεση με τα τριχοειδή, ώστε τα τοιχώματά τους πολλές φορές συνενώνονται. Τα στρογγυλά σκουρόχρωμα ή ανοικτόχρωμα σώματα είναι ερυθροκύτταρα.*

ζωής τους. Ο βάτραχος, για παράδειγμα, αλλάζει την αναπνοή του από βραγχιακή σε πνευμονική κατά τη μεταμόρφωσή του από γυρίνος σε ώριμο άτομο. Ίσως έχετε παρατηρήσει την ανάπτυξη του βατράχου ερευνώντας το πρόβλημα 11-Β. Σε ένα από τα στάδια της αναπτύξεώς του τα βράγχια διακρίνονται πολύ καθαρά. Η αναπνοή με βράγχια στους γυρίνους είναι ουσιαστικά ίδια με την αναπνοή ιχθύων με βράγχια. Όταν οι υδρόβιοι γυρίνοι αρχίζουν να μεταβάλλονται σε χερσόβιους βατράχους, τα βράγχια εξαφανίζονται και οι πνεύμονες αναπτύσσονται. Ακριβώς λόγω της αλλαγής αυτής από υδρόβιο ζώο σε χερσόβιο κατά τη διάρκεια της ζωή του ο βάτραχος κατατάσσεται στην ομάδα των αμφιβίων, δηλαδή ζώων με «διπλή ζωή». Στα αμφίβια ανήκουν και οι φρύνοι και οι σαλαμάνδρες.

Τα έμβρυα των ερπετών, των πτηνών και των θηλαστικών έχουν επίσης δομές αναπνευστικές, που διαφέρουν από τους πνεύμονες των ωρίμων ατόμων. Διαβάσατε για τις εμβρυονικές μεμβράνες που υπάρχουν στα κοτόπουλα. Θυμάστε ότι το χόριο και η αλλαντοΐδα χρησιμεύουν ως επιφάνειες αναπνοής για το αναπτυσσόμενο κοτόπουλο. Οι μεμβράνες αυτές συμπιέζονται προς το κέλυφος, όπου το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα διαχέονται εύκολα μεταξύ του κελύφους και των μεμβρανών. Τα πολλά τριχοειδή των μεμβρανών προσάγουν οξυγόνο και απάγουν διοξείδιο του άνθρακα από τους ιστούς του σώματος του κοτόπουλου. Στα περισσότερα θηλαστικά ο πλακούντας χρησιμεύει ως αναπνευστική επιφάνεια. Προσάγει στο έμβρυο οξυγόνο φέρνοντας σε στενή επαφή το πλούσιο σε οξυγόνο αίμα του κυκλοφορικού συστήματος της μητέρας με το αίμα του αναπτυσσόμενου εμβρύου. Μόλις όμως το κοτόπουλο εκκολάπτεται ή ένα θηλαστικό γεννιέται, οι πνεύμονές του αναλαμβάνουν τη μεταφορά οξυγόνου από το εξωτερικό περιβάλλον και αποδίδουν το διοξείδιο του άνθρακα.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σχεδόν όλα τα ζώα και τα φυτά χρειάζονται οξυγόνο για να ζήσουν. Τα κύτταρα παίρνουν οξυγόνο και αποδίδουν διοξείδιο του άνθρακα διά διαχύσεως. Η διάχυση των αερίων στην επιφάνεια του οργανισμού παρέχει στα φυτά οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Πολλά μικρά ζώα προσλαμβάνουν οξυγόνο με τον ίδιο τρόπο. Τα μεγάλα ζώα έχουν αναπτύξει εξειδικευμένα αναπνευστικά συστήματα. Βράγχια, τραχείες και πνεύμονες έχουν αναπτυχθεί σε πολλά από τα ζώα αυτά για να αναπνέουν. Η αναπνοή του αέρα παρουσιάζει ειδικά προβλήματα, που έχουν λυθεί με διάφορους τρόπους. Τα έμβρυα μερικών ζώων αναπνέουν με διαφορετικές δομές από αυτές που χρησιμοποιούν τα ώριμα άτομα. Κινήσεις του στήθους πιέζουν τον αέρα προς τα έξω ή προς τα μέσα των πνευμόνων στα θηλαστικά. Οι κυψελίδες των πνευμόνων αυξάνουν πάρα πολύ την αναπνευστική επιφάνεια των ανωτέρων ζώων. Έτσι η δυνατότητα προσλήψεως οξυγόνου αυξάνει πάρα πολύ στα ανώτερα ζώα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Ποια είναι η κύρια διαφορά στον τρόπο με τον οποίο το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα εισέρχονται και εξέρχονται στα κύτταρα των πλατυελμίνθων σκωλήκων και των γεωσκωλήκων;
2. Ονομάστε δύο τρόπους με τους οποίους προστατεύεται η αναπνευστική επιφάνεια των ζώων που αναπνεύουν αέρα.
3. Περιγράψτε τις διαφορές μεταξύ των αναπνευστικών δομών των χερσοβίων και των υδροβίων ζώων.
4. Τι είδους αναπνευστικές δομές έχουν οι φάλαινες, τα δελφίνια και οι φώκιες;
5. Τι είδους αναπνευστικές δομές έχουν τα αμφίβια;

Κυκλοφορία οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα

18-5
Ποια είναι η αιτία προσλήψεως και αποδόσεως του οξυγόνου από το αίμα;

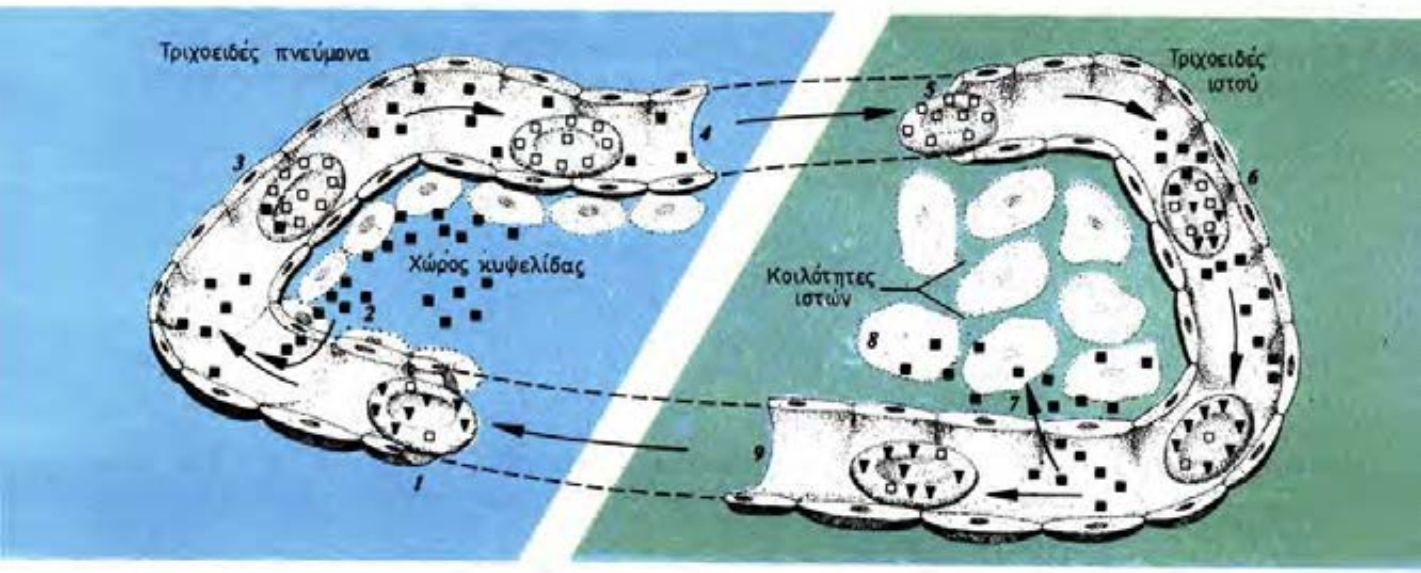
Το αίμα έχει μεγάλες δυνατότητες μεταφοράς και οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα. Εντούτοις το οξυγόνο δεν είναι πολύ διαλυτό στο νερό (ή το πλάσμα) υπό κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες. Εκατό χιλιοστά του λίτρου νερού περιέχουν μόνο 0,5 χιλιοστά του λίτρου διαλυμένου οξυγόνου. Κάτω από τις ίδιες συνθήκες 100 χιλιοστά του λίτρου αίματος είναι δυνατόν να συγκρατήσουν περίπου 20 χιλιοστά του λίτρου οξυγόνο σε διάλυμα. Έχετε μάθει ότι το αίμα αποτελείται από κύτταρα αιωρούμενα στο υδατώδες πλάσμα. Αν μετρούσατε το διαλυμένο οξυγόνο στο πλάσμα του αίματος θα βρίσκατε ότι περιέχει μόνο 0,3 χιλιοστά του λίτρου οξυγόνο ανά 100 χιλιοστά του λίτρου υγρού. Όμως, πρακτικά, το οξυγόνο του αίματος μεταφέρεται από τα κύτταρα. Πώς μεταφέρουν τα κύτταρα οξυγόνο;

Ο Ριχάρδος Λόουερ παρατήρησε το 1660 ότι το αίμα άλλαζε χρώμα όταν εξετίθετο στον αέρα. Έγραφε:

> «Είναι φανερό ότι το ερυθρό χρώμα οφείλεται αποκλειστικά στα σωματίδια του αέρα, που εισέρχονται στο αίμα, αφού το αίμα παίρνει ερυθρό χρώμα στους πνεύμονες μόνο λόγω της αναμίξεως μεταξύ των σωματιδίων του και των σωματιδίων του αέρα. Κατά τον ίδιο τρόπο η επιφάνεια του φλεβικού αίματος που βρίσκεται σε ένα δοχείο παίρνει ερυθρό χρώμα, γιατί εκτίθεται στον αέρα. Αυτό αποδεικνύεται με μεγαλύτερη βεβαιότητα, αν κανείς ξαφρίσει με ένα μαχαίρι αυτό το αίμα, οπότε το αίμα που βρίσκεται ακριβώς από κάτω παίρνει γρήγορα ερυθρό χρώμα λόγω της επαφής του με τον αέρα[1].

Γιατί ο αέρας αλλάζει το χρώμα του αίματος; Τα ερυθροκύτταρα περιέχουν μεγάλες ποσότητες μιας ερυθρόχρους πρωτεΐνης, που ονομάζεται αιμοσφαιρίνη. Η αιμοσφαιρίνη ανήκει σε ένα σύνολο ουσιών, που είναι γνωστές ως χρωστικές μεταφοράς. Οι χρωστικές μεταφοράς είναι σύνθετα οργανικά χημικά μόρια, καθένα από τα οποία περιέχει ένα μεταλλικό άτομο. Το μεταλλικό άτομο στο μόριο της αιμοσφαιρίνης είναι ο σίδηρος. Η χρωστική μεταφοράς του αίματος ορισμένων ζώων περιέχει ένα άτομο χαλκού. (Βλ. Παράρτημα 17-Η, Χρωστικές μεταφοράς οξυγόνου στα ζώα, σελίδα 721).

Οι χρωστικές μεταφοράς αυξάνουν τις δυνατότητες μεταφοράς αίματος, τόσο στα ασπόνδυλα όσο και στα σπονδυλωτά ζώα. Στα σπονδυλωτά η αιμοσφαιρίνη βρίσκεται πάντοτε στα κύτταρα, αλλά στα ασπόνδυλα βρίσκεται διαλυμένη στο υγρό μέρος του αίματος. Η διαφορά αυτή είναι σπουδαία, γιατί τα ερυθροκύτταρα έχουν μεγαλύτερες δυνατότητες μεταφοράς αίματος από το υγρό τμήμα του αίματος. Για παράδειγμα, αν όλη η αιμοσφαιρίνη στο ανθρώπινο αίμα διαλυόταν



υπόμνημα ■ οξυγόνο □ οξυαιμοσφαιρίνη, ▼ αιμοσφαιρίνη

1. Κύτταρο αίματος εισέρχεται σε τριχοειδές πνεύμονα.
2. Οξυγόνο από το χώρο της κυψελίδας εισέρχεται στο πλάσμα του τριχοειδούς του πνεύμονα.
3. Το οξυγόνο εισέρχεται στα κύτταρα του αίματος από το πλάσμα· συνδέεται με την αιμοσφαιρίνη προς σχηματισμό οξυαιμοσφαιρίνης.
4. Κύτταρα του αίματος μεταφέρουν την οξυαιμοσφαιρίνη έξω από τους πνεύμονες προς τους ιστούς του σώματος.
5. Κύτταρα φορτωμένα με οξυγόνο εισέρχονται σε τριχοειδές ιστού.
6. Η οξυαιμοσφαιρίνη διασπάται ελευθερώνοντας οξυγόνο στο πλάσμα.
7. Το οξυγόνο αφήνει το πλάσμα και εισέρχεται σε κοιλότητα του ιστού.
8. Το οξυγόνο εισέρχεται σε κύτταρο ιστού από την κοιλότητα του ιστού.
9. Κύτταρο του αίματος κινείται μέσω τριχοειδούς του ιστού και μέσω του κυκλοφορικού συστήματος επιστρέφει στους πνεύμονες.

Εικόνα 18-6 *Τα στάδια μεταφοράς οξυγόνου από τους πνεύμονες προς τους άλλους ιστούς του σώματος μέσω της κυκλοφορίας του αίματος.*

αντί να βρίσκεται μέσα στα ερυθροκύτταρα, η ολική συγκέντρωση της πρωτεΐνης στο αίμα θα ήταν 20%. Ο ρυθμός ροής θα ήταν όμοιος με το ρυθμό ροής ενός σιροπιού και θα απαιτούσε από την καρδιά μία τεράστια προσπάθεια για τη διακίνηση του αίματος. Τα κύτταρα, ως σωματίδια μέσα σε ένα αραιό υγρό, μεταφέρονται πολύ πιο εύκολα. Η παρουσία της αιμοσφαιρίνης στα ερυθροκύτταρα επιτρέπει τη διακίνηση ενός μεγάλου ποσού οξυγόνου ανά μονάδα αίματος. Αυτό επιτρέπει σε ορισμένα ζώα να έχουν ένα υψηλό ρυθμό μεταβολισμού.

Πώς εκλύει το οξυγόνο στους ιστούς η αιμοσφαιρίνη; Θα θυμάσθε από την παράγραφο 5-9 ότι τα μόρια του νερού διαχέονται από περιοχές υψηλότερης προς περιοχές χαμηλότερης συγκεντρώσεως. Τα μόρια του οξυγόνου επίσης διαχέονται από υψηλότερες προς χαμηλότερες συγκεντρώσεις. Ο αέρας που έρχεται από έξω προς τις κυψελίδες του πνεύμονα έχει υψηλότερη συγκέντρωση οξυγόνου. Το αίμα που έρχεται από το σώμα προς τα τριχοειδή των κυψελίδων έχει χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου. Έτσι το οξυγόνο διαχέεται από τις κυψελίδες προς το αίμα. Τα άτομα του σιδήρου στα μόρια της αιμοσφαιρίνης των ερυθροκυττάρων συνδέονται με το οξυγόνο. Αυτή είναι μία πολύ ασθενής χημική σύνδεση και το οξυγόνο μπορεί να ελευθερωθεί εύκολα. Η αιμοσφαιρίνη μετά τη σύνδεση παίρνει λαμπρό ερυθρό χρώμα και ονομάζε-

ται οξυαιμοσφαιρίνη. Η οξυαιμοσφαιρίνη μεταφέρεται από τα ερυθροκύτταρα στους ιστούς. Η συγκέντρωση του οξυγόνου στους μεσοκυττάριους χώρους είναι χαμηλή. Γι' αυτό το οξυγόνο αφήνει τα ερυθροκύτταρα και διαχέεται προς τους ιστούς. Όταν γίνει αυτό, η αιμοσφαιρίνη παίρνει σκούρο ερυθρό χρώμα.

Η ευκολία με την οποία το οξυγόνο περνά μέσα και έξω στα ερυθροκύτταρα καθιστά το σύστημα μεταφοράς οξυγόνου στο σώμα ταχύ και αποδοτικό. Η εικόνα 18-6 συνοψίζει τις αντιδράσεις της αιμοσφαιρίνης και του οξυγόνου στους πνεύμονες και στους ιστούς του σώματος.

18-6
Το διοξείδιο του άνθρακα μεταφέρεται επίσης από το αίμα

Το αίμα που έρχεται από τους ιστούς στους πνεύμονες περιέχει περισσότερο διοξείδιο από όσο ο αέρας στις κοιλότητες των κυψελίδων. Το διοξείδιο του άνθρακα διαχέεται από τα τριχοειδή (υψηλότερη συγκέντρωση). Η εικόνα 18-7 δείχνει τη διάχυση του διοξειδίου του άνθρακα από τις περιοχές των ιστών προς τα τριχοειδή και από αυτά προς τον αέρα στους πνεύμονες. Μόνο ένα μικρό μέρος του διοξειδίου του άνθρακα διαλύεται στο πλάσμα. Το μεγαλύτερο μέρος του διοξειδίου του άνθρακα εισέρχεται στα ερυθροκύτταρα, όπου αντιδρά με το νερό προς σχηματισμό ανθρακικού οξέος (H_2CO_3). Ίσως γνωρίζετε το οξύ αυτό, γιατί είναι η πηγή του αερίου που σχηματίζει φυσαλίδες στις λεμονάδες ή τις πορτοκαλάδες. Η παραγωγή ανθρακικού οξέος και ο σχηματισμός του δισανθρακικού ιόντος αποτελούν αναστρεπτές αντιδράσεις:

$$\underset{\text{διοξείδιο άνθρακα}}{CO_2} + \underset{\text{νερό}}{H_2O} \leftrightarrows \underset{\text{ανθρακικό οξύ}}{H_2CO_3} \leftrightarrows \underset{\text{ιόν υδρογόνου}}{H^+} + \underset{\text{δισανθρακικό ιόν}}{HCO_3^-}$$

Σχεδόν όλο το ανθρακικό οξύ διασπάται ταχέως προς σχηματισμό ιόντων υδρογόνου και δισανθρακικών ιόντων (βλ. εικόνα 18-7). Η αντίδραση αυτή γίνεται μέσα στα ερυθροκύτταρα. Κατόπιν το περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα του αίματος μεταφέρεται ως δισανθρακικό ιόν (HCO_3^-) (βλ. Παράρτημα 18-Δ, Μεταφορά διοξειδίου του άνθρακα στα ερυθροκύτταρα του αίματος, σελίδα 724).

Όταν σχηματισθεί το δισανθρακικό, διαχέεται έξω από τα ερυθροκύτταρα προς το πλάσμα. Μεταφέρεται στους πνεύμονες, όπου εισέρχεται πάλι στα ερυθροκύτταρα του αίματος. Εκεί το δισανθρακικό συνδέεται με τα ιόντα υδρογόνου και εν συνεχεία διασπάται σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Το διοξείδιο του άνθρακα διαχέεται προς τις κοιλότητες των πνευμόνων και εκπνέεται προς το εξωτερικό περιβάλλον. Μέρος του νερού εξέρχεται με μορφή υδρατμού. Ο μηχανισμός αυτός αντικατοπτρίζει τις σύνθετες, καλορυθμισμένες αντιδράσεις του σώματος (βλ. Παράρτημα 18-Ε, Διοξείδιο του άνθρακα και ρύθμιση της αναπνοής από το νευρικό σύστημα, σελίδα 724).

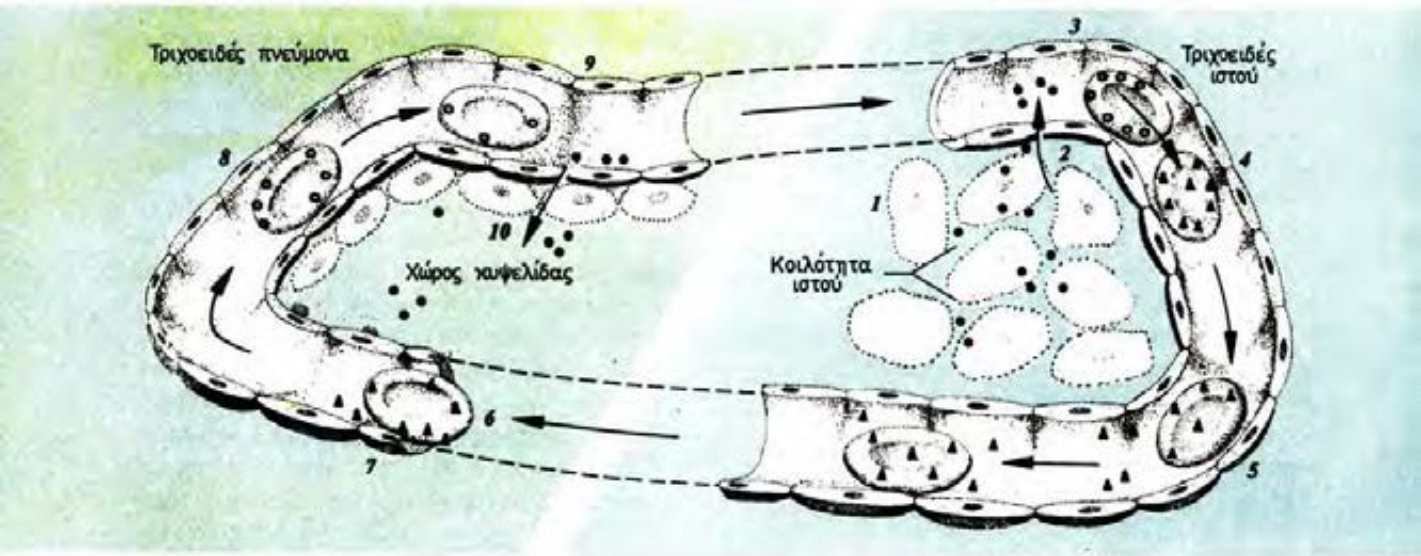
Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 18-Β. Μετρώντας τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ανθρώπινη αναπνοή, σελίδα 652.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αιμοσφαιρίνη των ερυθροκυττάρων στο αίμα που κυκλοφορεί στα σπονδυλωτά ζώα είναι μία χρωστική μεταφοράς. Συνδέεται προς το οξυγόνο στα τριχοειδή των πνευμόνων και εκλύει το οξυγόνο στα τριχοειδή των κοιλοτήτων των ιστών. Το διοξείδιο του άνθρακα μεταφέρεται στο αίμα υπό τη μορφή του δισανθρακικού ιόντος. Το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα διαχέονται από περιοχές υψηλής συγκεντρώσεως αερίων προς περιοχές χαμηλής συγκεντρώσεως. Στους ιστούς του σώματος το οξυγόνο κινείται από τις κυψελίδες προς τα τριχοειδή. Η κίνηση του διοξειδίου του άνθρακα είναι ακριβώς η αντίθετη. Στους ιστούς, το διοξείδιο του άνθρακα κινείται από τις μεσοκυττάριες κοιλότητες προς τα τριχοειδή. Στους πνεύμονες κινείται από τα τριχοειδή προς τις κυψελίδες.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Περιγράψτε πώς μεταφέρεται το οξυγόνο στο αίμα σας.
2. Περιγράψτε πώς μεταφέρεται το διοξείδιο



υπόμνημα: • διοξείδιο του άνθρακα ○ ανθρακικό οξύ ▼ υδρογόνο + δισανθρακικά ιόντα

1. Το διοξείδιο του άνθρακα αφήνει τα κύτταρα και εισέρχεται στα κοιλώματα των ιστών.
2. Το διοξείδιο του άνθρακα εισέρχεται στα τριχοειδή.
3. Το διοξείδιο του άνθρακα αντιδρά με το νερό μέσα στα ερυθροκύτταρα προς σχηματισμό ανθρακικού οξέος.
4. Το ανθρακικό οξύ διασπάται σε ιόντα υδρογόνου και δισανθρακικά ιόντα.
5. Τα δισανθρακικά ιόντα αφήνουν τα ερυθροκύτταρα και εισέρχονται στο πλάσμα.
6. Το αίμα πηγαίνει στους πνεύμονες μέσω των τριχοειδών των πνευμόνων.
7. Τα δισανθρακικά ιόντα αφήνουν το πλάσμα και εισέρχονται στα ερυθροκύτταρα.
8. Τα δισανθρακικά ιόντα συνδέονται με τα ιόντα υδρογόνου προς σχηματισμό ανθρακικού οξέος.
9. Το ανθρακικό οξύ διασπάται σε νερό και διοξείδιο του άνθρακα. Το διοξείδιο του άνθρακα εισέρχεται στο πλάσμα.
10. Το διοξείδιο του άνθρακα αφήνει το τριχοειδές του πνεύμονα και εισέρχεται στο χώρο της κυψελίδας.

Εικόνα 18-7 *Τα στάδια μεταφοράς διοξειδίου του άνθρακα από ιστούς του σώματος προς την κυκλοφορία του αίματος και τους πνεύμονες. Τα ερυθροκύτταρα παίζουν κεντρικό ρόλο, τόσο στη μεταφορά οξυγόνου όσο και στη μεταφορά διοξειδίου του άνθρακα.*

του άνθρακα στο αίμα σας.

3. Ποια χαρακτηριστικά του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα οδήγησαν στην τόσο μεγάλης αξίας εξέλιξη των εξειδικευμένων μεθόδων μεταφοράς;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑ ΣΗΜΕΙΑ

Το οξυγόνο απαιτείται από τις περισσότερες μορφές ζωής για την έκλυση ενέργειας. Η διαδικασία αυτή ελέγχεται στα κύτταρα από ενζυματικούς μηχανισμούς και ονομάζεται κυτταρική αναπνοή. Η ανταλλαγή αερίων μεταξύ των κυττάρων του σώματος και του εξωτερικού περιβάλλοντος πραγματώνεται χάρις στα αναπνευστικά συστήματα. Τα βράγχια, οι ταχείες και οι πνεύμονες έχουν σχετικά μεγάλες επιφάνειες, όπου το οξυγόνο και το διοξείδιο του άθρακα ανταλλάσσονται με το εξωτερικό περιβάλλον. Αρκετοί τύποι χρωστικών μεταφοράς έχουν εμφανισθεί εξελικτικά. Οι χρωστικές αυτές αυξάνουν τη χωρητικότητα του αίματος για μεταφορά οξυ-

γόνου. Η αιμοσφαιρίνη, ένας τύπος χρωστικής μεταφοράς, μεταφέρει μεγάλα ποσά οξυγόνου και τα εκλύει εύκολα στα κύτταρα. Τα αναπνευστικά και τα κυκλοφορικά συστήματα μεταφοράς οξυγόνου και θρεπτικών ουσιών προς κάθε κύτταρο ενός σύνθετου οργανισμού είναι απαραίτητα για τη ζωή.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πώς λειτουργούν τα βράγχια για την ανταλλαγή των αερίων;
2. Πώς βοηθά την αποδοτική λειτουργία των βραγχίων, μέσα στο υδάτινο περιβάλλον, η ταχεία ροή του νερού στα βράγχια των ψαριών; Γιατί η ταχεία αυτή ροή του νερού στα βράγχια έχει τόση σημασία;
3. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα των τραχειακών σωλήνων και πνευμόνων για την ανταλλαγή των αερίων στους οργανισμούς που αναπνέουν αέρα;
4. Πώς συνδέεται το κυκλοφορικό σύστημα των μεγάλων ζώων προς το αναπνευστικό σύστημα;
5. Ποια είναι η λειτουργία των ερυθροκυττάρων; Των λευκοκυττάρων; Των αιμοπεταλίων; (Ανακαλέστε το κεφάλαιο 17).
6. Πώς διαφέρουν ως προς την απορρόφηση του οξυγόνου το νερό και το πλάσμα από ολόκληρο το αίμα;
7. Ποια είναι η επίδραση της παρουσίας των αναπνευστικών χρωστικών, όπως η αιμοσφαιρίνη, για τη μεταφορά του οξυγόνου;
8. Θα ήταν δυνατό η ύπαρξη αιμοσφαιρίνης μόνο στο υγρό μέρος τους αίματος, όπως βρίσκεται σε ορισμένα κατώτερα ζώα, να συντηρήσει την ανθρώπινη ζωή; Εξηγήστε.
9. Πώς μεταβάλλεται η αναπνοή και η μεταφορά αερίων από την αναρρίχηση σε υψηλά υψόμετρα;

ΑΡΘΡΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΒΑΣΜΑ

Avery, M. E., N. S. Wang, and H. W. Taeusch, Jr. "The Lung of the Newborn Infant." *Scientific American*, April, 1973.

Comroe, J. H. *Physiology of Respiration: An Introductory Text*. Chicago, Yearbook Medical Publishers, 1974.

Fraser, R. G., and J. A. Pare. *Structure and Function of the Lung*. Philadelphia, W B. Saunders Co., 1971.

Lee, D. H. K. (ed). *Environmental Factors in Respiratory Disease*. New York, Academic Press, 1972.

Perutz, M. F. "Hemoglobin Structure and Respiratory Transport." *Scientific American*, December, 1978.

Schmidt-Nielsen, K. "How Birds Breathe." *Scientific American*, December, 1971.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΠΟΜΠΗ

1. M. L. Gabriel and S. Fogel, eds. *Great Experiments in Biology*. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, 1955, pp. 88 and 93.

Πεπτικά Συστήματα 19



Η φαιά άρκτος, ένα μεγάλο ετερότροφο ζώο της Αλάσκας, γευματίζει με σολωμό.

Σύμφωνα με την υπόθεση της ετεροτροφίας, τα πιο πρωτόγονα κύτταρα δεν ήταν σε θέση να παράγουν την τροφή τους. Ικανοποιούσαν τις ανάγκες τους με την πρόσληψη μικρών οργανικών χημικών μορίων από το περιβάλλον. Μεταξύ των μορίων αυτών ήταν σάκχαρα, αμινοξέα και άλλα απλά προϊόντα, τα οποία χρησιμοποιούσαν προς παραγωγή ενέργειας και ως δομικά υλικά. Πολλά από τα μόρια αυτά, όπως και τα σάκχαρα που χρησιμοποιείτε σήμερα, δεν απαιτούσαν πέψη.

Όταν όμως οι οργανισμοί άρχισαν να δημιουργούν πιο σύνθετα μόρια από τα απλά αυτά χημικά μόρια, η κατάσταση άλλαξε. Τα ευρισκόμενα στο φυσικό περιβάλλον θρεπτικά υλικά άρχισαν να σπανίζουν. Στη θέση τους υπήρχαν τα μεγάλα μόρια, που παράγονταν από τους διάφορους οργανισμούς. Τα μεγάλα αυτά μόρια δεν ήταν κατάλληλα για όλες τις ανάγκες κάθε οργανισμού. Αντίθετα ταίριαζαν ως προς τη δομή και λειτουργία μόνο για το είδος του οργανισμού που τα είχε δημιουργήσει για τις δικές του ανάγκες. Η πέψη και η φωτοσύνθεση ανανέωναν τις διαθέσιμες θρεπτικές ουσίες. Η πέψη έκανε δυνατή την αποικοδόμηση των μεγαλυτέρων μορίων και την ανακύκλωσή τους ως θρεπτικών υλικών. Η φωτοσύνθεση μετέβαλε το ηλιακό φως σε μία συνεχή πηγή ενέργειας για παραγωγή θρεπτικών ουσιών.

Διάφοροι τρόποι πέψεως

19-1
Η πέψη είναι χημική διεργασία

Τα απλούστερα χημικά μόρια που χρησιμοποιούνται σχεδόν από όλους τους οργανισμούς ως πηγή ενέργειας και ως δομικά ονομάζονται συνήθως θρεπτικά υλικά. Παραδείγματα θρεπτικών υλικών είναι τα σάκχαρα, οι βιταμίνες, τα αμινοξέα. Επιπλέον, ακόμη και απλούστερα μόρια, όπως τα άλατα που απορροφούν τα φυτά και τα χρησιμοποιούν για την κατασκευή θρεπτικών ουσιών, ονομάζονται συχνά θρεπτικά υλικά. Θρεπτικά υλικά επίσης είναι τα μεταλλικά ιόντα, που έχουν ανάγκη τα ζώα.

Τα θρεπτικά υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν συνήθως από πολλά είδη οργανισμών, ενώ οι μεγαλύτερες χημικές ενώσεις καθώς και τα κύτταρα και οι ιστοί χαρακτηρίζουν συγκεκριμένο είδος οργανισμών. Και αυτό είναι μία πραγματικότητα παρά το ότι οι περισσότεροι οργανισμοί περιέχουν τα ίδια θρεπτικά υλικά. Η πέψη είναι χημική διεργασία, κατά την οποία γίνεται αποικοδόμηση των μεγαλυτέρων αυτών συστατικών ενός οργανισμού προς τα θρεπτικά συστατικά που τα αποτελούν.

Θρεπτικές ουσίες είναι χημικές ενώσεις ή ιστοί, που είναι δυνατόν να υποστούν κατεργασία με την πέψη. Ένας οργανισμός αποτελεί τροφή για ένα άλλο οργανισμό, αν ο δεύτερος έχει τα ένζυμα που απαιτούνται για την πέψη των συστατικών του πρώτου. Ξύλα, χόρτα και άλλα μέρη φυτών, των οποίων η ενέργεια των θρεπτικών ουσιών αποθηκεύεται στην κυτταρίνη, δεν είναι χρήσιμα για τον άνθρωπο, γιατί δεν έχει ένζυμα που να αποικοδομούν την κυτταρίνη. Τρώτε μέρη φυτών, που είναι πλούσια σε σάκχαρα, άμυλο, βιταμίνες και μεταλλικά ιόντα. Τα υλικά που είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ως τροφή προσδιορίζονται πάντοτε από τα πεπτικά ένζυμα του οργανισμού.

Η πέψη περιλαμβάνει τη χημική διαδικασία της υδρολύσεως, δηλαδή τη διάσπαση θρεπτι-



Εικόνα 19-1 *Ένα φυτό του είδους Διοναια η μυιοπαγίς εν δράσει. Μόλις ένα έντομο καθίσει σε ένα φύλλο, τα ακανθοφόρα ελάσματα αρχίζουν να κλείνουν. Όταν τελικώς το έντομο (στην περίπτωση αυτή ένα μυρμήγκι) παγιδευθεί, αρχίζει η διαδικασία πέψεως από ένζυμα του φυτού που εκκρίνονται μέσα σε εξειδικευμένες κοιλότητες των φύλλων. Αλλά γιατί να υπάρχουν σαρκοφάγα φυτά; Οι βιολόγοι υποθέτουν ότι τα φυτά αυτά έχουν παρουσιασθεί εξελικτικά σε εδάφη πτωχά σε άζωτο. Τα σαρκοφάγα φυτά προσλαμβάνουν μέρος του αζώτου από τα ζωτούχα συστατικά των εντόμων που συλλαμβάνουν.*

κών χημικών μορίων με την προσθήκη νερού. Κατά την υδρόλυση, μεγάλα μόρια θρεπτικών ουσιών διασπώνται σε μικρότερα μόρια. Το μεγαλύτερο μέρος της τροφής ενός οργανισμού αποτελείται από υδατάνθρακες, λίπη και πρωτεΐνες. Σε κάθε είδος από τα μεγάλα διαφορετικά αυτά μόρια δρα ένα εξειδικευμένο πεπτικό ένζυμο, που επιταχύνει την υδρόλυση.

Μερικά από τα μικρότερα μόρια που παράγονται από την πέψη της τροφής είναι δυνατόν να μην είναι απαραίτητα αμέσως από τα κύτταρα ενός οργανισμού. Τα μόρια αυτά αποθηκεύονται στους ιστούς για μελλοντική χρήση. Στα ζώα η τροφή αποθηκεύεται είτε υπό μορφή μεγάλων μορίων υδατανθράκων, που ονομάζονται γλυκογόνο, είτε ως λίπος. Τα φυτά συνήθως αποθηκεύουν την τροφή τους ως άμυλο ή άλλο είδος μεγάλων μορίων υδατανθράκων. Το άμυλο συνήθως βρίσκεται στις ρίζες, τα σπέρματα ή τα φρούτα. Μερικά φυτά, όπως η φυστικιά, η κοκκοκαρυδιά και η ρετσινολαδιά, αποθηκεύουν μόρια λιπιδίων στα σπέρματά τους. Οι αποθηκευμένες ουσίες όμως πρέπει να υποστούν πάλι τη διαδικασία πέψεως ή να διασπασθούν ξανά σε απλούστερα συστατικά, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν από τα κύτταρα.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 19-Α. Πέψη σακχάρου, σελίδα 655.

19-2
Η πέψη γίνεται και εντός και εκτός των κυττάρων

Τα φυτά δεν έχουν συνήθως εξειδικευμένα πεπτικά όργανα. Ορισμένα φυτά όμως έχουν την ικανότητα να συλλαμβάνουν έντομα και να πραγματώνουν τη διαδικασία πέψεως σε ειδικές κοιλότητες των φύλλων. Η εικόνα 19-1 δείχνει ένα φυτό του είδους *Διοναία η μυιοπαγίς* την ώρα που συλλαμβάνει ένα έντομο. Μετά την παγίδευση του εντόμου τα κύτταρα του φυτού εκκρίνουν ένζυμο μέσα στις εξειδικευμένες για την πέψη κοιλότητες των φύλλων. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται εξωκυτταρική πέψη, γιατί γίνεται έξω από τα κύτταρα.

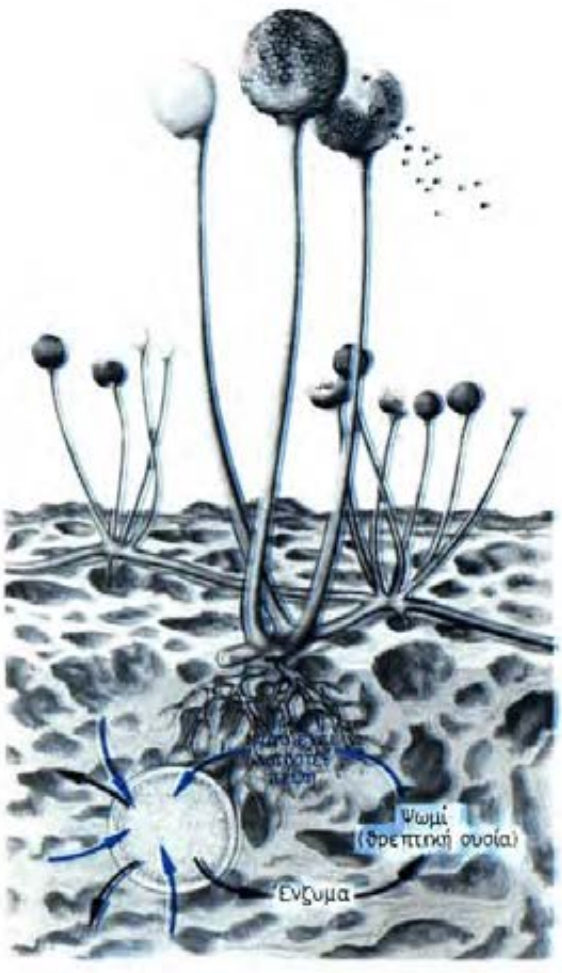
Το μεγαλύτερο μέρος πέψεως στα φυτά γίνεται μέσα στα κύτταρα. Οι θρεπτικές ουσίες που υφίστανται τη διαδικασία της πέψεως είναι εκείνες, τις οποίες το ίδιο το φυτό έχει δημιουργήσει. Αυτό ονομάζεται εσωκυτταρική πέψη. Οι εξαιρέσεις, όπως π.χ. η περίπτωση του είδους *Διοναία η μυιοπαγίς*, περιλαμβάνουν περιπτώσεις προσκτήσεως αζώτου, που υπάρχει σε θρεπτικές ουσίες (όπως έντομα), όταν το φυτό έχει εξελικτικώς προσαρμοσθεί σε εδάφη που είναι φτωχά σε άζωτο.

Πολλοί ετερότροφοι οργανισμοί παράγουν ένζυμα για πέψη της τροφής εκτός των κυττάρων. Η μούχλα του ψωμιού και τα συγγενή της είδη επεξεργάζονται με τη διαδικασία πέψεως υλικά από απονεκρωμένα φυτά ή ζώα. Η μούχλα του ψωμιού εκκρίνει ένζυμα, που διαχέονται έξω από τα κύτταρα προς πέψη της τροφής. Στη συνέχεια η μούχλα απορροφά τα προϊόντα της πέψεως μέσα στα κύτταρά της. Η εικόνα 19-2 δείχνει πώς γίνεται η διαδικασία πέψεως του ψωμιού από τη μούχλα. Ίσως επίσης έχετε παρατηρήσει ξύλα σκεπασμένα με μούχλες. Οι μούχλες αυτές παίρνουν θρεπτικές ουσίες από τα ξύλα

και κατά τη διαδικασία αυτή βοηθούν στην αποικοδόμηση οργανικών ενώσεων. Το έδαφος εμπλουτίζεται από τις διαδικασίες πέψεως που χαρακτηρίζουν αυτές τις μούχλες. Άλλες μούχλες αποικοδομούν και αλλοιώνουν φρούτα ή λαχανικά.

Το εξωτερικό περιβάλλον περιέχει διάφορα συστατικά, αναγκαία για τη ζωή του κυττάρου. Τα συστατικά αυτά βρίσκονται έξω από το κύτταρο υπό μορφή ή μικρών μορίων ή μεγαλυτέρων ενώσεων, που αποτελούνται από πολλά απλά μόρια. Πώς το κύτταρο παραλαμβάνει και χρησιμοποιεί, είτε ως ξεχωριστός οργανισμός είτε ως μονάδα ενός πολυκυττάρου οργανισμού, τα υλικά αυτά;

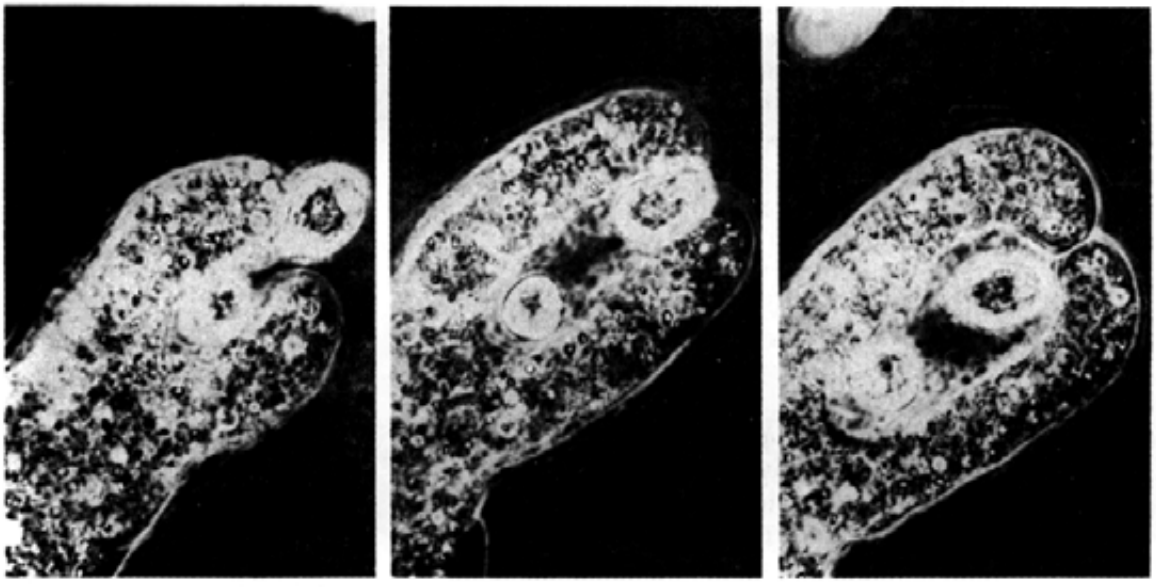
Τα μικρά μόρια που βρίσκονται στο περιβάλλον μπορούν να εισέλθουν στα κύτταρα με διάχυση. Για παράδειγμα, τα αμινοξέα, τα σάκχαρα, τα ανόργανα άλατα, το νερό, το οξυγόνο διαχέονται μέσα στα κύτταρα. Τα μεγαλύτερα όμως μόρια δεν είναι δυνατόν να εισέλθουν στο κύτταρο διά διαχύσεως. Πώς εισέρχονται στα κύτταρα τα μεγάλα χημικά μόρια;



Εικόνα 19-2 *(δεξιά) Τα ένζυμα από τη μούχλα του ψωμιού διαχέονται προς το ψωμί για την πέψη των υδατανθράκων προς σάκχαρα. Τα σάκχαρα απορροφώνται κατόπιν από τη μούχλα.*

Εικόνα 19-3 *(κάτω) Πινοκύττωση. Πόσες αναδιπλώσεις ή «θύλακες» μπορεί να μετρήσετε σε αυτή τη μικροφωτογραφία, ηλεκτρονικού μικροσκοπίου, ενός τριχοειδούς κυττάρου; Ποιες λειτουργίες των τριχοειδών του αίματος υποβοηθούν τη μεγάλη διακίνηση υλικών μέσω των τριχοειδών;*





Εικόνα 19-4 *Φαγοκύττωση. Το πρώτιστο Αμοιβάδα πλησιάζει την τροφή (αριστερά), την περιβάλλει (κέντρο) και σχηματίζει ένα πεπτικό κενοτόπιο (δεξιά).*

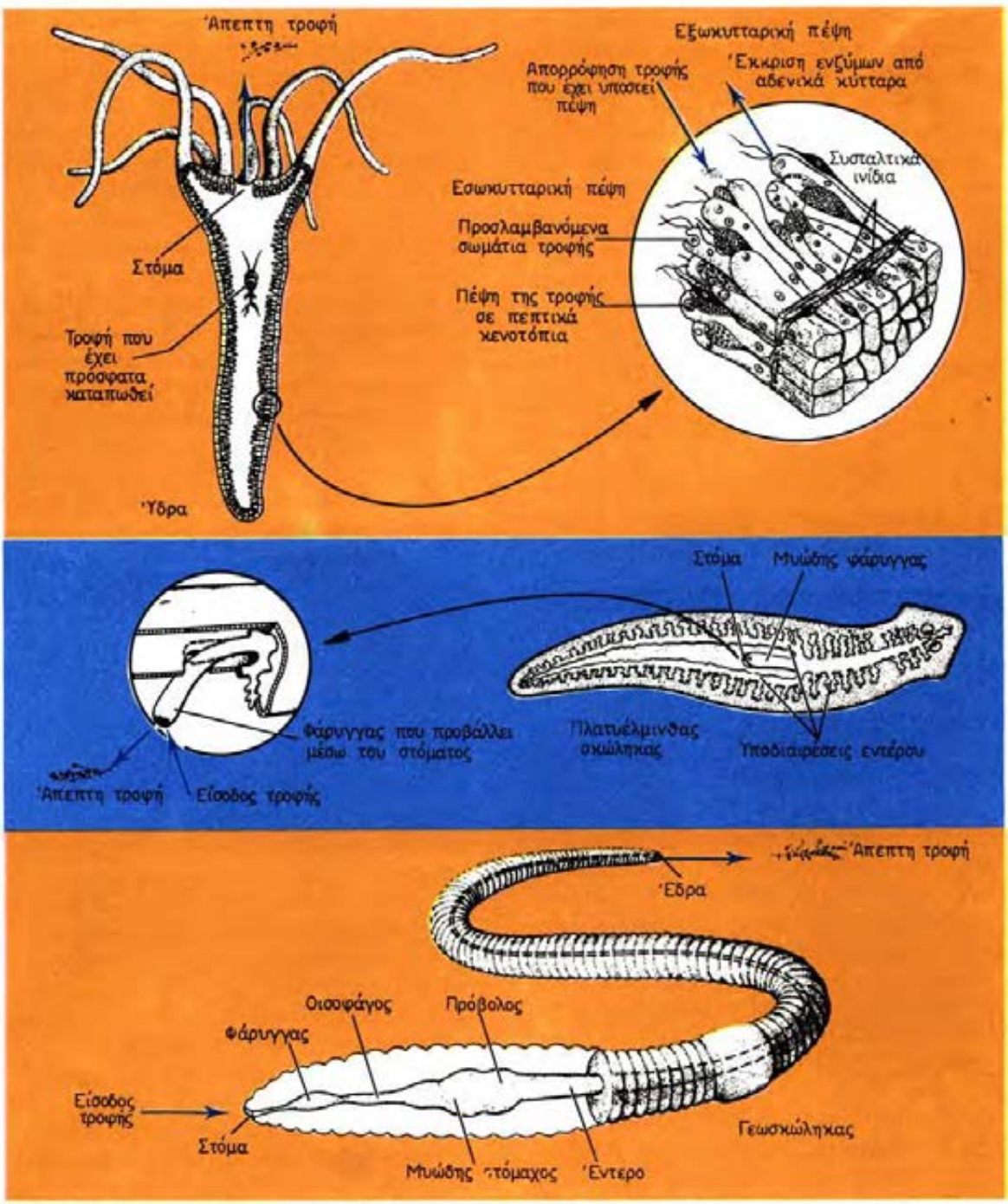
Μερικές φορές η εξωτερική επιφάνεια ενός κυττάρου αναδιπλώνεται και σχηματίζει ένα μικρό θύλακα. Λίγο υγρό από αυτό που περιβάλλει το κύτταρο εισέρχεται στο θύλακα. Το υγρό είναι δυνατόν να περιέχει μεγάλα μόρια σε διάλυμα. Τα άκρα του θύλακα κλείνουν το άνοιγμα και σχηματίζουν μία φυσαλίδα υγρού μέσα στο κύτταρο (εικόνα 19-3). Το υγρό που περιέχει τα μεγάλα μόρια βρίσκεται πλέον μέσα στα κύτταρα ως μέρος του κυτταροπλάσματος, παρά το ότι είναι απομονωμένο μέσα σε μία σφαιρική μεμβράνη. Η μεμβράνη και το περιεχόμενό της ονομάζονται κενοτόπιο. Πολλά είδη κυττάρων, συμπεριλαμβανομένων και ορισμένων κυττάρων του στομάχου και του λεπτού εντέρου του ανθρώπου, είναι ικανά να προσλαμβάνουν μεγάλα μόρια με τη διαδικασία αυτή, που ονομάζεται πινοκύττωση.

Μερικά κύτταρα μπορούν να προσλαμβάνουν στερεά σωματίδια τροφής μαζί με υγρά περιβάλλοντας τα σωματίδια με προβολές του κυτταρικού σώματος. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται φαγοκύττωση. Ίσως έχετε παρατηρήσει μία *Αμοιβάδα* στο εργαστήριο να τρώει την τροφή της με τον τρόπο αυτό. Η εικόνα 19-4 δείχνει μία *Αμοιβάδα* να προσλαμβάνει θρεπτικές ουσίες από το περιβάλλον και να τις περιβάλλει με μία μεμβράνη. Στο ανθρώπινο αίμα τα λευκά κύτταρα περιβάλλουν και εξαφανίζουν βακτήρια με παρόμοιο τρόπο όπως αυτός που χρησιμοποιεί η *Αμοιβάδα* κατά την εγκόλπωση και πέψη της τροφής της (βλ. παράγραφο 17-10).

Πρώτιστα όπως το *Παραμήκυο* έχουν σταθερές κυτταρικές δομές για την παραλαβή της τροφής. Η εικόνα 17-9 δείχνει το σχηματισμό πεπτικών κενοτοπιών στο *Παραμήκυο*. Τα κύτταρα που καλύπτουν τις εσωτερικές κοιλότητες απλών πολυκυττάρων οργανισμών, όπως οι σπόγγοι ή η *Ύδρα*, παραλαμβάνουν επίσης στερεά τροφή. Η εικόνα 19-5 (επάνω δεξιά) δείχνει ένα τέτοιο κύτταρο *Ύδρας*.

Τα μεγάλα μόρια και τα στερεά σωματίδια που προσλαμβάνουν τα κύτταρα τα κατεργάζονται πεπτικά ένζυμα. Αυτό είναι ένα παράδειγμα για τις περιπτώσεις των πρωτίστων και γενικά των ζώων εσωκυτταρικής πέψεως. Τα ένζυμα που παράγονται μέσα στο κύτταρο εκκρίνονται στα πεπτικά κενοτόπια, όπου γίνεται η πέψη. Τα μικρότερα μόρια που παράγονται από την πέψη διακινούνται ακολούθως μέσω της μεμβράνης του κενοτοπίου προς το κυτταρόπλασμα του κυττάρου.

Γιατί τα κύτταρα δεν αυτοκαταστρέφονται με διαδικασίες πέψεως του εαυτού τους; Ο τρόπος εκκρίσεως πεπτικών ενζύμων προτείνει μία απάντηση. Εξειδικευμένα τμήματα πολλών κυττάρων εκκρίνουν τα ένζυμα μέσα σε δικά τους κενοτόπια, που ονομάζονται



Εικόνα 19-5 *Πεπτικά συστήματα τριών ζώων κατά σειρά αυξανόμενης περιπλοκότητας κατασκευής: Ύδρα, πλατυέλμινθας σκώληκας και γεωσκώληκας. Η ύδρα, ο απλούστερος οργανισμός από αυτούς που παρουσιάζονται εδώ, χρησιμοποιεί το ίδιο άνοιγμα για την πρόσληψη της τροφής και για την αποβολή των αχρήστων υλικών. Οι λεπτομέρειες των εσωκυτταρικών και των εξωκυτταρικών διαδικασιών πέψεως εμφανίζονται σε λεπτομέρεια στη μικρή εικόνα. Το πεπτικό σύστημα του πλατυέλμινθα σκώληκα είναι πιο εξειδικευμένο από αυτό της ύδρας, αλλά έχει επίσης ένα άνοιγμα. Το σύστημα του γεωσκώληκα είναι ένα παράδειγμα ενός πλήρους πεπτικού σωλήνα με δύο ανοίγματα (το στόμα στο ένα άκρο από όπου προσλαμβάνεται η τροφή και η έδρα στο άλλο άκρο, όπου αποβάλλονται τα άχρηστα υλικά). Η πέψη γίνεται εξωκυτταρικώς, μέσα στο σωλήνα.*

λυσοσώματα. Τα λυσοσώματα ακολούθως συνενώνονται με τα νέα πεπτικά κενοτόπια. Σε άλλα κύτταρα τα ένζυμα εκκρίνονται απευθείας μέσα στα πεπτικά κενοτόπια. Οι βιολόγοι μελετούν ακόμη τις διαδικασίες αυτές, αλλά φαίνεται ότι τα κύτταρα έχουν δημιουργήσει εξελικτικούς τρόπους, που τους επιτρέπουν να απομονώνουν τα δικά τους πεπτικά ένζυμα από τα μέρη του κυττάρου τα οποία μπορούν να υποστούν πέψη από τα ένζυμα αυτά.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 19-Β. Περιέχουν τα φυτά ένζυμα που πραγματώνουν πέψη του αμύλου; Σελίδα 657.

19-3
Οι πολυκύτταροι οργανισμοί έχουν εξειδικευμένα πεπτικά συστήματα

Στα πολυκύτταρα ζώα η τροφή υφίσταται τη διαδικασία της πέψεως σε εξειδικευμένες κοιλότητες ή σωλήνες. Για παράδειγμα, ειδικά κύτταρα της *Ύδρας* εκκρίνουν ένζυμα στην κεντρική ή πεπτική κοιλότητα, όπου γίνεται η πέψη της τροφής (βλ. εικόνα 19-5). Τα προϊόντα της εξωκυτταρικής αυτής πέψεως απορροφώνται από τα σωματικά κύτταρα της *Ύδρας*. Όπως μάθατε στην παράγραφο 19-2, μερικά από τα κύτταρα που καλύπτουν την κεντρική κοιλότητα της *Ύδρας* είναι δυνατό να προσλάβουν και άπεπτη τροφή και να ακολουθήσει διαδικασία πέψεως μέσα στα κύτταρα.

Η κεντρική κοιλότητα της *Ύδρας* έχει μόνο ένα άνοιγμα. Υλικά που δεν είναι δυνατόν να υποστούν κατεργασία πέψεως, όπως π.χ. η κυτταρίνη, εξέρχονται από το ίδιο άνοιγμα, από όπου εισέρχεται η τροφή.

Η πεπτική κοιλότητα των πλατυελμίνθων σκωλήκων είναι πιο σύνθετη από την κοιλότητα της *Ύδρας*, αλλά έχει επίσης μόνο ένα άνοιγμα (εικόνα 19-5). Ένα μυώδες όργανο των πλατυελμίνθων, που ονομάζεται φάρυγγας, εξυπηρετεί την πρόσληψη στερεάς τροφής. Η τροφή υφίσταται επεξεργασία πέψεως σε μία διακλαδιζόμενη πεπτική κοιλότητα και κατόπιν απορροφάται από τα σωματικά κύτταρα.

Η πέψη σε μεγαλύτερα και πιο περίπλοκα ζώα γίνεται σε πεπτικούς σωλήνες που έχουν δύο ανοίγματα. Η τροφή εισέρχεται από το στόμα στο ένα άκρο του σωλήνα και τα άπεπτα υλικά αποβάλλονται από την έδρα στην άλλη άκρη του σωλήνα. Το πεπτικό σύστημα του γεωσκώληκα που φαίνεται στην εικόνα 19-5 αποτελεί παράδειγμα πεπτικού συστήματος με δύο ανοίγματα. Η διακίνηση της τροφής και των απέπτων αχρήστων υλικών γίνεται προς μία κατεύθυνση στα μεγάλα ζώα, των οποίων ο πεπτικός σωλήνας έχει δύο ανοίγματα, ένα σε κάθε άκρο.

Ο πεπτικός σωλήνας των πιο περιπλόκων ζώων διαιρείται επίσης σε διάφορες περιοχές με εξειδικευμένες λειτουργίες. Η εξειδίκευση εξαρτάται από το είδος της τροφής του ζώου. Για παράδειγμα, τα σαλιγκάρια και τα συγγενή τους είδη έχουν στο πρόσθετο μέρος του πεπτικού σωλήνα όργανα που μοιάζουν με ξέστρο ή λίμα για την κατάτμηση της τροφής σε κομμάτια. Πολλά από τα ανώτερα σπονδυλωτά έχουν σιαγόνες και δόντια για να μασούν την τροφή τους. Τι επίδραση έχει η κατάτμηση της τροφής σε μικρότερα κομμάτια στο ρυθμό της πέψεως; Σκεφθείτε τη μεγαλύτερη συνολική επιφάνεια που εκτίθεται στα πεπτικά ένζυμα λόγω υπάρξεως πολλών μικροτέρων κομματιών τροφής αντί για ένα ή δύο μεγαλύτερα κομμάτια τροφής.

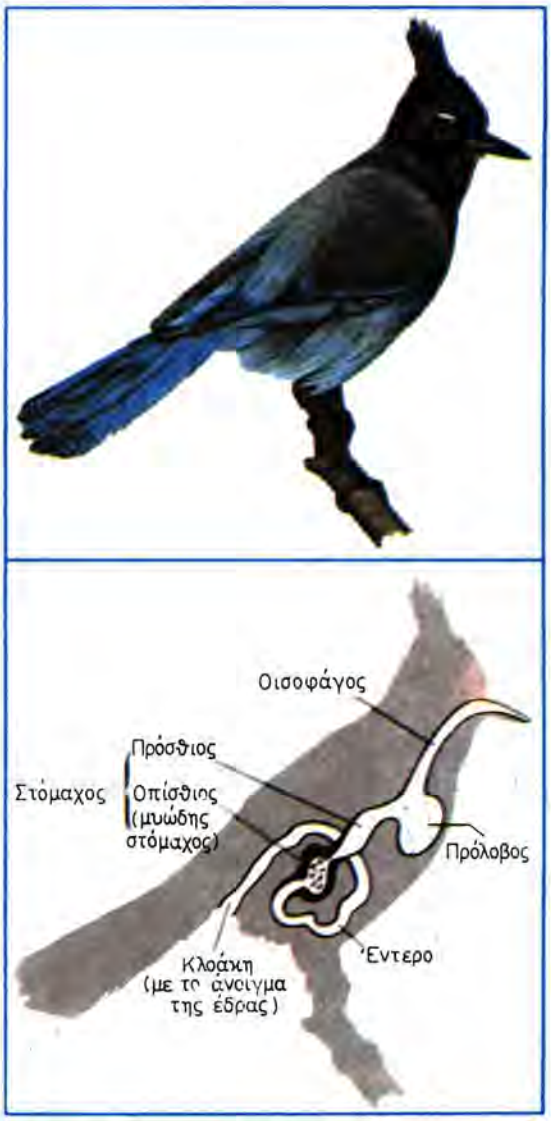
Στους γεωσκώληκες, όπως και στους πλατυέλμινθες, ο φάρυγγας είναι ένα μυώδες όργανο, που αναμιγνύει την τροφή με ένα υγραντικό έκκριμα και κατόπιν την προωθεί πιο βαθιά στο σωλήνα. Όπως μπορείτε να δείτε στην εικόνα 19-5, ο πεπτικός σωλήνας του γεωσκώληκα έχει μία διεύρυνση, που ονομάζεται πρόλοβος, όπου αποθηκεύεται η τροφή. Στα πτηνά (εικόνα 19-6) η τροφή αποθηκεύεται επίσης σε πρόλοβο. Η τροφή από τον πρόλοβο προωθείται προς το μυώδη στόμαχο τόσο στους γεωσκώληκες όσο και στα πτηνά. Ο μυώδης στόμαχος είναι ένα μυώδες όργανο, που κατατρίβει τα κομμάτια της τροφής σε μικρότερα. Τα πτηνά καταπίνουν χαλίκια ή μικρές πέτρες για να βοηθήσουν την κατεργασία αυτή. Οι γεωσκώληκες καταπίνουν άμμο και άλλα σκληρά σώματα μαζί με την τροφή τους, που την ανευρίσκουν στο χώμα.

Στο γεωσκώληκα το έντερο είναι η περιοχή όπου τα πεπτικά ένζυμα εκκρίνονται από κύτταρα που το καλύπτουν εσωτερικώς. Αυτό ισχύει και για μεγαλύτερα, πιο περίπλοκα, ζώα. Πολλά από τα τελευταία όμως έχουν

εξειδικευμένα όργανα, που ονομάζονται πεπτικοί αδένες και που εκκρίνουν περισσότερα πεπτικά ένζυμα στον πεπτικό σωλήνα. Η καραβίδα έχει ένα όργανο, το οποίο όχι μόνο εκκρίνει πεπτικά ένζυμα αλλά αποθηκεύει και θρεπτικές ουσίες μετά την πέψη τους. Οι αράχνες έχουν ένα παρόμοιο αδένα, που περιβάλλει το έντερο. Στα σπονδυλωτά το πάγκρεας αναλαμβάνει τη λειτουργία εκκρίσεως ενζύμων και το ήπαρ (συκώτι) εκκρίνει χημικές ουσίες που διασπούν λιπώδη συσσωματώματα σε μικρότερα σωματίδια. Ίσως έχετε ακούσει για το έκκριμα του ήπατος, που ονομάζεται χολή.

Το έντερο είναι το κύριο όργανο απορροφήσεως των μικρών χημικών μορίων της τροφής, που έχει υποστεί την πέψη. Η επιφάνεια του εντέρου είναι συνήθως αναδιπλωμένη, μερικές φορές αρκετά περίπλοκα, ώστε να αυξάνει η επιφάνεια της απορροφήσεως. Στα ζώα με κυκλοφορικό σύστημα, το έντερο έχει πολλά τριχοειδή, μέσω των οποίων τα μόρια των θρεπτικών ουσιών παραλαμβάνονται από το αίμα και μεταφέρονται στα κύτταρα του σώματος. (Βλ. παράρτημα 19-Α, Άλλοι οργανισμοί με ιδιαιτέρως εξειδικευμένα πεπτικά συστήματα, σελίδα 725).

Ο στόμαχος είναι ένα όργανο, που δεν υπάρχει στην *Ύδρα*, ή στους πλατυέλμινθες. Βρίσκεται όμως στα πτηνά (εικόνα 19-6) και σε πολλά άλλα ζώα, και ιδιαιτέρως στα υπόλοιπα σπονδυλωτά. Ο στόμαχος εκκρίνει πεπτικά ένζυμα και απορροφά επίσης θρεπτικές ουσίες. Στις αγελάδες αποτελεί ένα περίπλοκο όργανο με αρκετούς χώρους, που συνδέονται με μία σειρά λειτουργιών.

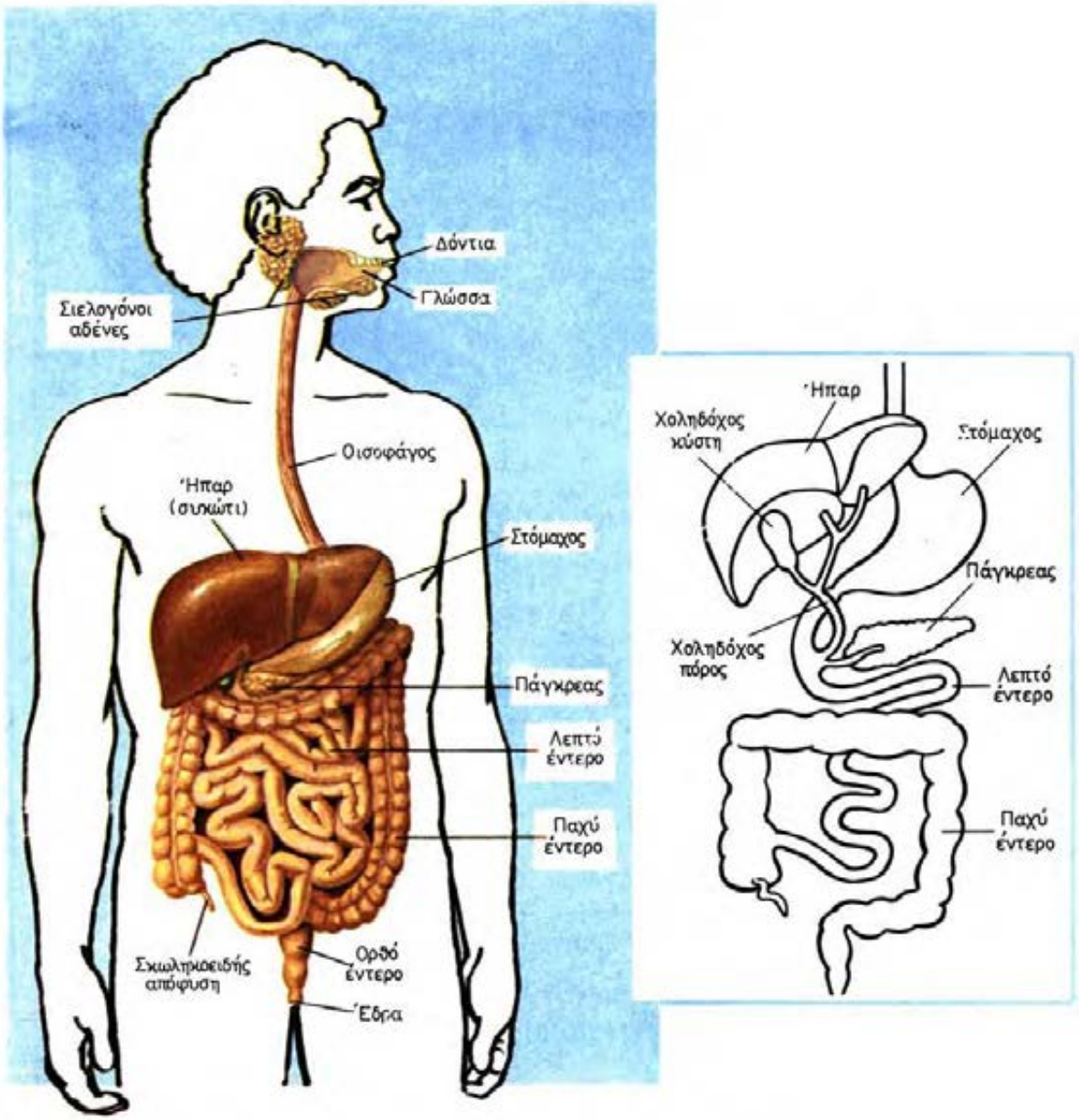


Εικόνα 19-6 *Στα πτηνά, η τροφή αποθηκεύεται προσωρινά στον πρόλοβο. Βαθύτερα στον πεπτικό σωλήνα, ένα εξειδικευμένο τμήμα του στομάχου, ο μυώδης στόμαχος, αλέθει την τροφή διευκολύνοντας την πέψη. Τα τοιχώματα του μυώδους στομάχου είναι παχέα και μυώδη (βλ. το σχήμα). Μέσα στο μυώδη στόμαχο υπάρχουν χαλίκια, που προσλαμβάνει το πτηνό. Μπορείτε να δώσετε πλήρη περιγραφή του αλέσματος και των επιπτώσεών του;*

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα ζώα παίρνουν την τροφή τους με πολλούς τρόπους, που εξαρτώνται από την περιπλοκότητα της κατασκευής τους και το περιβάλλον. Τα περισσότερα φυτά παράγουν μόνα τους τα θρεπτικά τους υλικά. Η πέψη στους διάφορους οργανισμούς μπορεί να είναι εξωκυτταρική ή ενδοκυτταρική ή και τα δύο. Παρά το ότι υπάρχουν διαφορές, το τελικό αποτέλεσμα της πέψεως είναι το ίδιο σε όλους τους οργανισμούς: μικρά απαραίτητα χημικά μόρια παράγονται προς διάθεσή τους στα κύτταρα. Η διαδικασία της αποικοδομήσεως της τροφής στα απαραίτητα αυτά μόρια ονομάζεται πέψη. Η τροφή πρέπει να υποστεί τη διαδικασία της πέψεως, γιατί τα κύτταρα δεν μπορούν να απορροφούν ή να χρησιμοποιούν μεγάλα χημικά μόρια που έχουν παραχθεί για τη δομή και λειτουργία άλλων οργανισμών.

Πεπτικά συστήματα υπάρχουν πολλών ειδών. Τα πιο εξειδικευμένα βρίσκονται στα



Εικόνα 19-7 *Το πεπτικό σύστημα του ανθρώπου. Είναι ένας συνεχής σωλήνας, που περιλαμβάνει πολύ εξειδικευμένα όργανα και ιστούς σε όλο το μήκος. Παράγει μερικά από τα ένζυμα και χρησιμοποιεί και άλλα ένζυμα, που παράγονται από γειτονικούς αδένες.*

μεγάλα, πιο περίπλοκα ζώα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

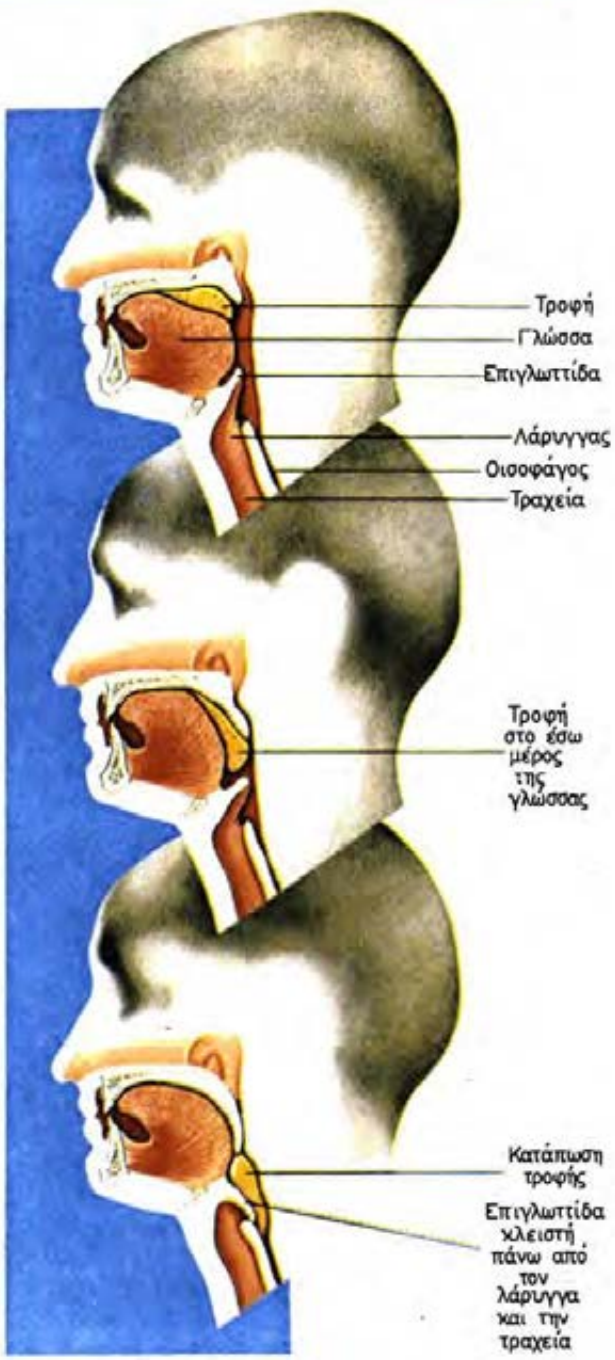
1. Τι είναι η πέψη;
2. Γιατί η πέψη είναι απαραίτητη;
3. Ποια συστατικά επιτελούν τη διαδικασία πέψεως;
4. Τι είναι η εσωκυτταρική πέψη; Τι είναι η εξωκυτταρική πέψη;
5. Πώς γίνεται η πέψη στα φυτά, που δεν έχουν πεπτικά όργανα;

19-4
Οι διάφορες περιοχές του πεπτικού συστήματος του ανθρώπου έχουν εξειδικευμένες λειτουργίες

Το πεπτικό σύστημα του ανθρώπου είναι βασικά ένας σωλήνας, που αποτελείται από μία σειρά εξειδικευμένων περιοχών. Διάφορες φάσεις της πέψεως παρατηρούνται σε κάθε περιοχή. Η εικόνα 19-7 δείχνει τα τμήματα του πεπτικού συστήματος του ανθρώπου.

Η τροφή μασιέται και κόβεται σε μικρότερα κομμάτια στο στόμα με τη δράση των σιαγόνων, των δοντιών και της γλώσσας. Η τροφή αναμιγνύεται με τον σίελο, που υγραίνει και λιπαίνει την τροφή και προσθέτει το πρώτο πεπτικό ένζυμο. Η γλώσσα βοηθά τη διαδικασία αναμίξεως και κατόπιν ωθεί την τροφή στο οπίσθιο τμήμα της στοματικής κοιλότητας. Κατόπιν η τροφή καταπίνεται και εισέρχεται στον οισοφάγο. Ο αναπνευστικός σωλήνας, η τραχεία, βρίσκεται πολύ κοντά στον οισοφάγο. Η είσοδος της τροφής στην τραχεία και το λάρυγγα, δηλαδή στην περιοχή των φωνητικών οργάνων, εμποδίζεται από την επιγλωττίδα (εικόνα 19-8).

Από τον οισοφάγο η τροφή περνά στο στόμαχο. Οι ισχυρές συσπάσεις των μυών που καλύπτουν το στομαχικό τοίχωμα κατακερματίζουν την τροφή και την αναμιγνύουν με τα εκκρίματα του στομάχου. Τα εκκρίματα αυτά, που ονομάζονται γαστρικό υγρό, είναι όξινα και περιλαμβάνουν πολλά ένζυμα. Ύστερα από αυτή την ανάμιξη η τροφή έχει μορφή ημίρευστης μάζας και ονομάζεται χυμός. Καθώς η τροφή αφήνει το στόμαχο, προστίθενται και άλλα ένζυμα και η τροφή εισέρχεται στο λεπτό έντερο. Το pH αλλάζει από όξινο σε βασικό και η αποικοδόμηση της τροφής σε μικρότερα χημικά μόρια ολοκληρώνεται. Η απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών που άρχισε στο στόμαχο γίνεται κυρίως στο έντερο. Τα θρεπτικά χημικά μόρια απορροφώνται από τα τοιχώματα του λεπτού εντέρου προς τα τριχοειδή του κυκλοφορικού συστήματος. Όταν ολοκληρωθεί η πέψη, τα άπεπτα υλικά περνούν στο παχύ έντερο. Τα περισσότερα από αυτά αποβάλλονται μέσω της έδρας.



Εικόνα 19-8 *Η διαδικασία καταπώσεως. Παρακολουθήστε το διάγραμμα, για να δείτε πώς η επιγλωττίδα κρατά την τροφή και το νερό μακριά από την τραχεία (από όπου αναπνέομε). Καμιά φορά, όταν άθελά σας πνίγεσθε και βήχετε, καθώς πίνετε κάτι, η επιγλωττίδα δεν έχει κλείσει τελείως το άνοιγμα ανάμεσα στο φάρυγγα και την τραχεία.*

Τα πεπτικά ένζυμα που δρουν σε κάθε περιοχή του πεπτικού σωλήνα παράγονται από αδενικά κύτταρα. Μερικά από τα ένζυμα αυτά εκκρίνονται από τα κύτταρα του επιθηλίου του στομάχου και άλλα από κύτταρα του λεπτού εντέρου. Τα ένζυμα και τα άλλα συστατικά που είναι αναγκαία για την πέψη εκκρίνονται επίσης από τους πεπτικούς αδένες, που συνδέονται με τα διάφορα τμήματα του πεπτικού συστήματος με μικρούς σωλήνες, οι οποίοι ονομάζονται εκφορητικοί πόροι. Για παράδειγμα, οι ***σιελογόνοι αδένες*** εκκρίνουν σίελο, που αναμιγνύεται με την τροφή στο στόμα. Επίσης το πάγκρεας και το ήπαρ (συκώτι) εκκρίνουν συστατικά, που μεταφέρονται στο λεπτό έντερο μέσω του ***παγκρεατικού*** και ***χοληφόρου*** εκφορητικού πόρου, που συχνά ενώνονται (εικόνα 19-7).

Η τροφή κινείται μέσα στον πεπτικό σωλήνα με αλληλοδιαδοχικές συσπάσεις και χαλαρώσεις των μυών του τοιχώματος του πεπτικού σωλήνα. Η κυματοειδής αυτή σειρά κινήσεων του πεπτικού σωλήνα ονομάζεται ***περίσταλση.*** Το πέρασμα της τροφής από τον οισοφάγο στο στόμαχο και από το στόμαχο στο λεπτό έντερο ελέγχεται από μυικούς δακτύλιους, που δρουν ως βαλβίδες. Όταν η βαλβίδα είναι ανοικτή, μέρη της τροφής κινούνται από το ένα τμήμα στο άλλο. Ένας άλλος δακτυλιοειδής μυς ελέγχει το πέρασμα των υλικών από την έδρα.

19-5
Η πέψη των υδατανθράκων παρέχει στο σώμα την πρωτογενή πηγή ενέργειας

Οι περισσότεροι υδατάνθρακες εισέρχονται στο σώμα υπό μορφή αμύλου, γλυκογόνου ή συνθέτων σακχάρων. Το άμυλο και το γλυκογόνο είναι πολύ μεγάλα μόρια που σχηματίζονται από τη συνένωση πολλών μορίων γλυκόζης. Η σακχαρόζη, που είναι η γνωστή μας ζάχαρη, είναι παράδειγμα σύνθετου σακχάρου. Το μόριο της σακχαρόζης αποτελείται από δύο μόρια σακχάρων, με έξι άτομα άνθρακα το καθένα, ενωμένα μεταξύ τους.

Οι υδατάνθρακες είναι η κύρια πηγή ενέργειας που εισέρχεται με την τροφή στο σώμα του ζώου. Εντούτοις η ενέργεια των υδατανθράκων δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα κύτταρα παρά μετά τη διάσπαση των συνθέτων σακχάρων προς γλυκόζη και άλλα απλά σάκχαρα. Η πέψη των υδατανθράκων πραγματώνεται σε δύο περιοχές του πεπτικού συστήματος, το στόμα και το λεπτό έντερο.

Η πέψη των υδατανθράκων αρχίζει στο στόμα με τη δράση ενός ενζύμου του σιέλου. Το ένζυμο αυτό ονομάζεται αμυλάση. Η αμυλάση δρα επί του αμύλου. Τα ένζυμα της ομάδας των ενζύμων όπου ανήκει η αμυλάση δρουν σε διάφορα είδη υδατανθράκων και ονομάζονται καρβοϋδράσες.

Όπως όλα τα ένζυμα της πέψεως, η αμυλάση του σιέλου δρα θραύοντας χημικούς δεσμούς. Στο εργαστήριο μπορείτε να μελετήσετε τη διάσπαση του αμύλου. Η αμυλάση θραύει μερικούς δεσμούς στα μόρια του αμύλου και προσθέτει τμήματα μορίων νερού του σιέλου στα παραγόμενα μόρια από την αποικοδόμηση του αμύλου. Η πιο κάτω εξίσωση δείχνει την αποικοδόμηση μορίων αμύλου από την αμυλάση:

$$\text{άμυλο} + \text{νερό} \xrightarrow{\text{αμυλάση}} \text{σάκχαρο (μαλτόζη)}$$

Στο στόμα, ή οπουδήποτε αλλού, η δράση ενός ενζύμου εξαρτάται από τη συγκέντρωση οξέων ή βάσεων (pH) στο περιβάλλον. Η αμυλάση του σιέλου δρα μόνο σε βασικά (αλκαλικά) διαλύματα. Ο σίελος είναι αλκαλικός. Τα περιεχόμενα όμως του στομάχου είναι όξινα. Γι' αυτό η πέψη του αμύλου από την αμυλάση του σιέλου σταματά στο στόμαχο, γιατί το ένζυμο απενεργοποιείται. Στο στόμαχο δεν γίνεται πέψη υδατανθράκων.

Η πέψη των υδατανθράκων συμπληρώνεται στο λεπτό έντερο, όπου τα παγκρεατικά εκκρίματα μετατρέπουν το όξινο μίγμα της τροφής πάλι σε βασικό. Η μαλτόζη που παράγεται από την αμυλάση του σιέλου διασπάται σε γλυκόζη από τις αμυλάσες, που προστίθενται στο έντερο. Το άμυλο που δεν έχει αποικοδομηθεί στο στόμα υπόκειται σε διαδικασία πέψεως στο λεπτό έντερο. Οι αμυλάσες από το πάγκρεας και οι υπόλοιπες καρβοϋδράσες από το έντερο συνεργάζονται για την αποικοδόμηση του αμύλου προς σάκχαρα.

Το τελικό αποτέλεσμα της πέψεως των

υδατανθράκων είναι η γλυκόζη, ένα σάκχαρο που τα κύτταρα μπορούν να χρησιμοποιήσουν κατά τη διαδικασία της αναπνοής. Η γλυκόζη είναι ένα μόριο σακχάρου με έξι άτομα άνθρακα.

Όταν ορισμένοι σύνθετοι υδατάνθρακες υφίστανται τη διαδικασία πέψεως παράγονται άλλα σάκχαρα, εκτός από τη γλυκόζη, που έχουν μόρια με πέντε άτομα άνθρακα. Η ριβόζη είναι παράδειγμα σακχάρου με πέντε άτομα άνθρακα. Γιατί η ριβόζη είναι σπουδαία για τη λειτουργία των κυττάρων;

19-6
Η πέψη των πρωτεϊνών αρχίζει στο στόμαχο

Σε μία σειρά παλαιοτέρων πειραμάτων από το στρατιωτικό γιατρό Δρ. Γουλιέλμο Μπωμόντ αποδείχθηκε ότι τα εκκρίματα του στομάχου υποβοηθούσαν την πέψη της τροφής. (Βλ. Παράρτημα 19-Β, Τα πειράματα του Μπωμόντ επί της πέψεως, σελίδα 726). Πολλές άλλες παρατηρήσεις και πειράματα έχουν δείξει ότι ο στόμαχος είναι ιδιαιτέρως δραστικός επί των πρωτεϊνών της τροφής. Η πέψη των πρωτεϊνών είναι μία διαδικασία διμερής. Το πρώτο μέρος γίνεται στο στόμαχο. Το δεύτερο γίνεται στο λεπτό έντερο. Όταν η τροφή εισέρχεται στο στόμαχο, το pH της τροφής είναι βασικό (αλκαλικό) λόγω των εκκριμάτων των σιελογόνων αδένων του στόματος. Παρόλα αυτά η αποικοδόμηση των μεγάλων πρωτεϊνικών μορίων στο στόμαχο απαιτεί μία όξινη κατάσταση. Υδροχλωρικό οξύ που εκκρίνεται από ορισμένα αδενικά κύτταρα του στομαχικού επιθηλίου αρχίζουν την πέψη των πρωτεϊνών στο στόμαχο. Τα ένζυμα πέψεως των πρωτεϊνών ονομάζονται πρωτεϊνάσες. Η ενεργός πρωτεϊνάση στο στόμαχο είναι η πεψίνη.

Το υδροχλωρικό οξύ που εκκρίνεται από τα αδενικά κύτταρα έχει τόσο υψηλή συγκέντρωση, ώστε θα μπορούσε να καταστρέψει κάθε ζώντα ιστό. Τα κύτταρα του στομαχικού επιθηλίου όμως δεν καταστρέφονται, γιατί το οξύ διαλύεται αμέσως στο μίγμα των τροφών στο στόμαχο. Μερικά από τα κύτταρα του στομαχικού επιθηλίου εκκρίνουν συνεχώς ένα παχύ στρώμα βλέννας, που προφυλάσσει τα κύτταρα από το οξύ. Μόνο όταν αυτές οι προστατευτικές λειτουργίες ανασταλούν, τότε το οξύ δρα επί των στομαχικών κυττάρων, τα οποία υφίστανται μερική πέψη. Οι πληγές που δημιουργούνται στο στομαχικό τοίχωμα ονομάζονται έλκη.

Μελέτες σε πειραματόζωα έχουν δείξει ότι η όξινη έκκριση του στομάχου καθορίζεται από την παρουσία τροφής σ' αυτόν. Καθώς η τροφή εισέρχεται στο στόμαχο, ορισμένα κύτταρα ενεργοποιούνται και εκκρίνουν μία ορμόνη που ονομάζεται γαστρίνη. Η γαστρίνη δρα ως χημική πληροφορία, που εισέρχεται στην κυκλοφορία του αίματος και έρχεται σε επαφή με τα στομαχικά κύτταρα που εκκρίνουν υδροχλωρικό οξύ. Η γαστρίνη ενεργοποιεί αυτά τα κύτταρα προς έκκριση υδροχλωρικού οξέος. Η έκκριση του οξέος στο στόμαχο ελέγχεται μερικώς από το νευρικό σύστημα. Ψυχική υπερένταση και καταπίεση επιδρούν επί του σχηματισμού του έλκους.

Το ένζυμο που διασπά τους πεπτιδικούς δεσμούς των πρωτεϊνικών μορίων είναι η πεψίνη. Αλλά πεψίνη παράγεται επίσης από κύτταρα και εκκρίνεται υπό μία ανενεργό μορφή, που ονομάζεται πεψινογόνο. Το υδροχλωρικό οξύ αλλάζει το πεψινογόνο προς σχηματισμό δραστικής πεψίνης.

Η έκκριση του πεψινογόνου από στομαχικά αδενικά κύτταρα ελέγχεται επίσης από τη γαστρίνη. Η γαστρίνη είναι η ίδια ορμόνη που ελέγχει την έκκριση του υδροχλωρικού οξέος. Η μετατροπή του πεψινογόνου προς πεψίνη επιταχύνεται από την παρουσία μικρού αριθμού μορίων ενεργού πεψίνης. Έτσι, η παρουσία τροφής στο στόμαχο, η έκκριση γαστρίνης, η παραγωγή υδροχλωρικού οξέος και η μετατροπή του πεψινογόνου προς πεψίνη αλληλοεξαρτώνται. Όπως βλέπετε, η είσοδος τροφής στο στόμαχο συνεπάγεται την έναρξη μιας περίπλοκης αλληλουχίας σταδίων πέψεως.

Η πεψίνη θραύει μερικούς πεπτιδικούς δεσμούς των μεγάλων πρωτεϊνικών μορίων. Αυτό οδηγεί προς μικρότερα μόρια, που ονομάζονται πολυπεπτίδια. Κάθε μόριο πολυπεπτιδίου εξακολουθεί να αποτελείται από ένα μεγάλο αριθμό αμινοξέων, ενωμένων μεταξύ τους. Για τη θραύση όλων των πεπτιδικών δεσμών απαιτείται παρατεταμένη διαδικασία πέψεως. Αυτό το επόμενο βήμα πέψεως της πρωτεΐνης γίνεται στο λεπτό έντερο.

19-7
Η πέψη της πρωτεΐνης συμπληρώνεται στο έντερο

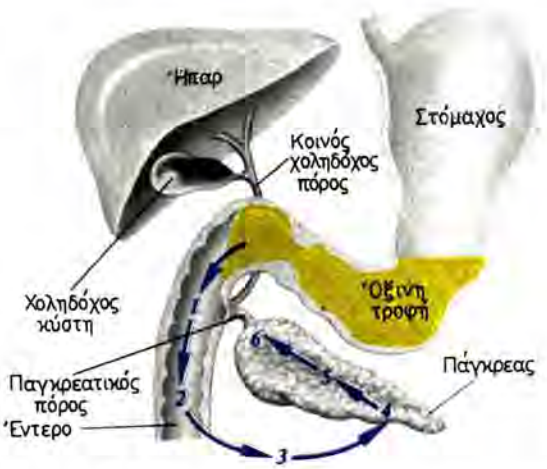
Η τροφή εισέρχεται από το στόμαχο στο ανώτερο τμήμα του λεπτού εντέρου υπό όξινη κατάσταση. Διαβάσατε προηγουμένως ότι το πάγκρεας εκκρίνει μία ουσία που αναμιγνύεται με την τροφή και τη μετατρέπει από όξινη σε βασική. Η τροφή πρέπει να είναι βασική, για να είναι δυνατή η δράση των ενζύμων. Αλλά, αν δεν υπάρχει τροφή στο λεπτό έντερο, οι εκκρίσεις του παγκρέατος είναι ελάχιστες. Τι ελέγχει το μηχανισμό εκκρίσεως;

Δύο Άγγλοι φυσιολόγοι, ο Γ. Μ. Μέιλις και ο Ε. Χ. Στάρλινγκ, ανακάλυψαν το 1902 ότι η τροφή, όταν εισέρχεται στο λεπτό έντερο, προκαλεί την έκκριση μίας ορμόνης από τα κύτταρα του λεπτού εντέρου. Η ορμόνη αυτή, που ονομάζεται εκκριματίνη (ή σεκρετίνη), εισέρχεται στην κυκλοφορία του αίματος και φθάνει στο πάγκρεας, όπου ενεργοποιεί τον αδένα προς παραγωγή και έκκριση παγκρεατικού υγρού.

Η εικόνα 19-9 δείχνει τη σχέση μεταξύ παγκρέατος και λεπτού εντέρου. Το παγκρεατικό υγρό εισέρχεται στο έντερο μέσω του παγκρεατικού εκφορητικού πόρου ή μέσω της συμβολής του εκφορητικού πόρου με το χοληφόρο εκφορητικό πόρο.

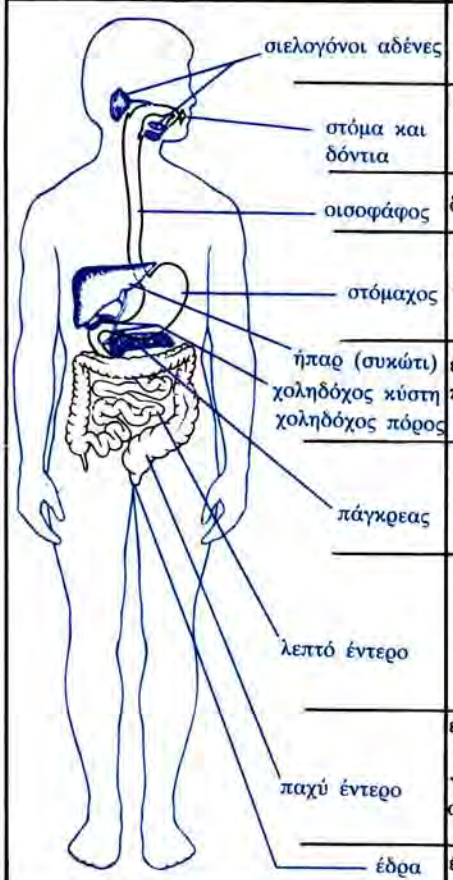
Επιπλέον των ουσιών αυτών, οι οποίες μετατρέπουν το μίγμα των τροφών από όξινο σε βασικό, το παγκρεατικό υγρό περιέχει ένα ισχυρό ένζυμο που ονομάζεται θρυψίνη. Η θρυψίνη εισέρχεται στο έντερο υπό ανενεργό μορφή που ονομάζεται θρυψινογόνο. Το θρυψινογόνο αλλάζει προς ενεργό θρυψίνη με τη δράση ενός άλλου ενζύμου, που εκκρίνεται μόνον όταν υπάρχει τροφή στο έντερο, και γι' αυτό η ενεργός μορφή της θρυψίνης δημιουργείται μόνο όταν υπάρχει τροφή. Η θρυψίνη ενεργοποιεί επίσης τη μετατροπή του θρυψινογόνου προς θρυψίνη.

Κανονικά τα κύτταρα του εντερικού επιθηλίου δεν προσβάλλονται από τη θρυψίνη. Μερικά από τα κύτταρα αυτά παράγουν μία προστατευτική βλέννα. Μπορείτε να συγκρίνετε τον προστατευτικό μηχανισμό του εντέρου, δηλαδή την παραγωγή θρυψίνης από θρυψινογόνο, μόνο όταν υπάρχει τροφή, με τον τρόπο με τον οποίο αποφεύγεται η πρόσκληση βλαβών στο στόμαχο από τα γαστρικά υγρά. Τα γαστρικά υγρά θα ήταν δυνατόν να βλάψουν επίσης το έντερο, αν δεν γινόταν η απενεργοποίησή τους. Για παράδειγμα, έλκη στο ανώτερο τμήμα του εντέρου σχηματίζονται όταν το μίγμα της τροφής που εισέρχεται από το στόμαχο δεν έχει ενεργοποιηθεί. Το μίγμα της όξινης τροφής και τα ένζυμα πέψεως πρωτεϊνών είναι δυνατόν να συντελέσουν στην πέψη ενός τμήματος του εντερικού τοιχώματος. Το παγκρεατικό υγρό δεν επιτρέπει να γίνει αυτό στους περισσότερους ανθρώπους.



Εικόνα 19-9 *Όξινη τροφή εισέρχεται στο λεπτό έντερο (1, επάνω) ενεργοποιώντας την έκκριση της εντερικής ορμόνης σεκρετίνης (2). Η εκκριματίνη (σεκρετίνη) εισέρχεται στην κυκλοφορία του αίματος και ενεργοποιεί την παραγωγή των παγκρεατικών υγρών (5), που ρέουν μέσω ενός αγωγού προς το έντερο. Τα παγκρεατικά υγρά αλλάζουν το pH του μίγματος της τροφής από όξινο σε βασικό. Προσκομίζουν επίσης τη θρυψίνη, ένα ένζυμο που διασπά τους πεπτιδικούς δεσμούς των πρωτεϊνών της τροφής.*

Η θρυψίνη θραύει πεπτιδικούς δεσμούς των πολυπεπτιδίων που έρχονται από το στόμαχο. Η θρυψίνη δρα επίσης και σε κάθε μεγάλο πρωτεϊνικό μόριο, που δεν αποικοδομήθηκε από την πεψίνη στο στόμαχο. Τα αδενικά κύτταρα του επιθηλίου του λεπτού εντέρου εκκρίνουν επίσης ένζυμα, που μπορούν να θραύουν πεπτιδικούς δεσμούς (βλ. Παράρτημα 4-ΣΤ για περισσότερες πληροφορίες για τον πεπτιδικό δεσμό). Τα τελικά προϊόντα όλων αυτών των διαδικασιών της πέψεως της πρωτεΐνης είναι τα αμινοξέα.

Μέρη του πεπτικού συστήματος	*κύρια λειτουργία*	*κύρια έκκριση*	*πηγή εκκρίσεως*	*συστατικά στα οποία δρα*	*παράγωγα δράσεως*
 σιελογόνοι αδένες	έκκριση σιέλου	αμυλάση σιέλου	σιελογόνοι αδένες	άμυλο	σύνθετος υδατάνθρακας (μαλτόζη)
στόμα και δόντια	είσοδος τροφής μάσηση μερική πέψη αμύλου				
οισοφάγος	διακίνηση τροφής				
στόμαχος	πέψη πρωτεϊνών	υδροχλωρικό οξύ πεψιγόνο (πεψίνη)	αδενικά κύτταρα στομάχου	πρωτεΐνες	πολυπεπτίδια
ήπαρ (συκώτι) χοληδόχος κύστη χοληδόχος πόρος	έκκριση, αποθήκευση και διακίνηση χολής	άλατα χολής	ηπατικά κύτταρα	μεγάλα σταγονίδια λιπών	μικρά σταγονίδια λιπών
πάγκρεας	έκκριση παγκρεατικού υγρού	θρυψιγόνο (θρυψίνη) λιπάση αμυλάση	πάγκρεας	πολυπεπτίδια λίπη υδατάνθρακες	αμινοξέα λιπαρά οξέα και γλυκερόλη
λεπτό έντερο	πέψη και απορρόφηση	πρωτεϊνάσες λιπάσες υδατανθρακάσες	αδενικά κύτταρα λεπτού εντέρου πάγκρεας	πεπτίδια λίπη σύνθετα σάκχαρα	αμινοξέα λιπαρά οξέα και γλυκερόλη γλυκόζη
παχύ έντερο	επαναπορρόφηση νερού, συγκέντρωση απέπτων αχρήστων συστατικών				
έδρα	έξοδος απέπτων συστατικών				

Εικόνα 19-10 *Περίληψη των τμημάτων και των λειτουργιών του πεπτικού συστήματος του ανθρώπου. Φαντασθείτε ένα απλό μπιφτέκι πάνω σε ένα κομμάτι ψωμί. Αρχίστε από το επάνω μέρος του πίνακα με τους σιελογόνους αδένες και περιγράψτε τη δράση του πεπτικού συστήματος στο κρέας (και το λίπος) και το ψωμί. Από πού απορροφάται το μπιφτέκι και το ψωμί, μετά την πέψη, προς την κυκλοφορία του αίματος;*

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 19-Γ. Πέψη λιπών, σελίδα 658.

19-8
Η πέψη των λιπών γίνεται στο λεπτό έντερο με τη βοήθεια του ήπατος

Η πέψη των λιπών γίνεται στο λεπτό έντερο. Αντιθέτως προς τους υδατάνθρακες και τις πρωτεΐνες, τα λίπη δεν αναμιγνύονται με το νερό. Τα ένζυμα είναι δυνατόν να δράσουν μόνο στα μόρια των λιπών, που βρίσκονται στην επιφάνεια των σταγονιδίων λίπους. Μεγάλα σταγονίδια λιπιδίων διασπώνται σε μικρότερα αυξάνοντας την επιφάνεια των σταγονιδίων που προσφέρεται στα ένζυμα πέψεως λιπών. Η διάσπαση πραγματώνεται από τα άλατα της χολής που παράγεται στο ήπαρ. Η χολή φθάνει στο λεπτό έντερο μέσω του χοληφόρου πόρου, όπως φαίνεται στην εικόνα 19-9.

Η χολή του ήπατος δεν περιέχει ένζυμα πέψεως. Το ένζυμο πέψεως του ήπατος, η λιπάση, βρίσκεται στο παγκρεατικό υγρό. Διασπά τα λίπη σε λιπαρά οξέα και γλυκερόλη. Τα λιπαρά οξέα και η γλυκερόλη είναι πηγές ενέργειας, που το σώμα χρησιμοποιεί, όταν δεν έχει στη διάθεσή του υδατάνθρακες. Μέρος της τροφής στα ζώα και στα φυτικά σπέρματα αποθηκεύεται υπό μορφή λίπους.

Βιολογία Περιληπτικά

Κίνδυνος! Δηλητήριο

Δεν είναι τροφή ό,τι φθάνει στο στομάχι των ανθρώπων. Μία αφηρημάδα μπορεί να μας οδηγήσει να πιούμε από λάθος μπουκάλι και να πάθομε δηλητηρίαση. Ή μπορεί να ξεχάσομε ότι πήραμε το φάρμακό μας και να το ξαναπάρομε· και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε δηλητηρίαση. Μερικές φορές η ίδια η τροφή μπορεί να είναι δηλητηριώδης. Πολλές φορές τοξίνες από μικροοργανισμούς μπορεί να έχουν μολύνει την τροφή. Η αλλαντίαση είναι ένα παράδειγμα τροφικής δηλητηριάσεως, που δεν αναγνωρίζεται ούτε από την εμφάνιση ούτε από τη μυρωδιά, και που μπορεί να είναι θανατηφόρος.

Έχει η κοινότητά σας κέντρο ελέγχου δηλητηριάσεων;

Ένα από τα μεγαλύτερα είναι το Κέντρο Δηλητηριάσεων των Βραχωδών Ορέων στο Ντένβερ (ΗΠΑ). Το προσωπικό του αποτελείται από 6 γιατρούς, 3 διδάκτορες της φαρμακολογίας, 2 φαρμακοποιούς, ένα χημικό, 11 νοσοκόμες και άλλα είκοσι επιτελικά στελέχη. Οποιαδήποτε ώρα της ημέρας ή της νύκτας μπορεί να τηλεφωνήσει κανείς στο κέντρο.

Η υπηρεσία άμεσης ανάγκης εξυπηρετεί συχνά ταχύτερα από τον οικογενειακό γιατρό σας, γιατί αυτός μπορεί να μην βρίσκεται στο γραφείο του ή να έχει άλλη επείγουσα απασχόληση. Οι τηλεφωνικές γραμμές είναι πάντα ανοικτές στο κέντρο. Μόνο οι υπεραστικές σε περιπτώσεις περιόδου διακοπών μπορεί να είναι κατειλημμένες.

Η αρχινοσοκόμος του κέντρου, Παμ Φορντ, φαίνεται στη φωτογραφία καθώς απαντά στο τηλέφωνο. Πληροφορίες για τις αναγκαίες πρώτες βοήθειες εμφανίζονται στην οθόνη τηλεοράσεως με το πρόγραμμα POISINDEX, που καλύπτει περίπου 250.000 προϊόντα, τα συστατικά τους και τις ενδεδειγμένες πρώτες βοήθειες. Ένα δεύτερο σύστημα, το DRYGDEC, χρησιμοποιείται επίσης.

19-9
Τα προϊόντα της πέψεως απορροφώνται προς το κυκλοφορικό σύστημα

Η εικόνα 19-10, στη σελίδα 413, δίνει περιληπτικά τις διαδικασίες πέψεως στον άνθρωπο. Τα τελικά προϊόντα της πέψεως των πρωτεϊνών, του αμύλου και των λιπών είναι τα αμινοξέα, τα απλά σάκχαρα, τα λιπαρά οξέα και η γλυκερόλη. Σε ποιο είδος τροφής βρίσκεται κάθε μία από αυτές τις θρεπτικές ουσίες;

Αυτά τα τελικά προϊόντα πέψεως έχουν τρία κοινά χαρακτηριστικά: (1) Είναι μικρά μόρια, που είναι δυνατόν να διέρχονται μέσω κυτταρικών μεμβρανών. (2) Είναι μόρια, που τα κύτταρα μπορούν να χρησιμοποιήσουν για παραγωγή ενέργειας. (3) Είναι το είδος των μορίων, που τα κύτταρα μπορούν να χρησιμοποιήσουν ως δομικά τους υλικά.

Αυτά τα μικρά μόρια διέρχονται μέσω του κυτταρικού επιθηλίου του λεπτού εντέρου. Η επιφάνεια εσωτερικά του εντέρου αυξάνει πάρα πολύ από την ύπαρξη εκατομμυρίων μικρών θηλών, που ονομάζονται λάχνες. Κάθε λάχνη περιέχει τριχοειδή και ένα λεμφικό αγγείο (εικόνα 19-11). Απλά σάκχαρα, αμινο-



Ο αριθμός τηλεφώνου του πλησιέστερου κέντρου δηλητηριάσεων πρέπει να υπάρχει στα τηλέφωνά σας. Χρησιμοποιήστε τον αριθμό αυτό όταν θέλετε να ερωτήσετε σχετικά με:

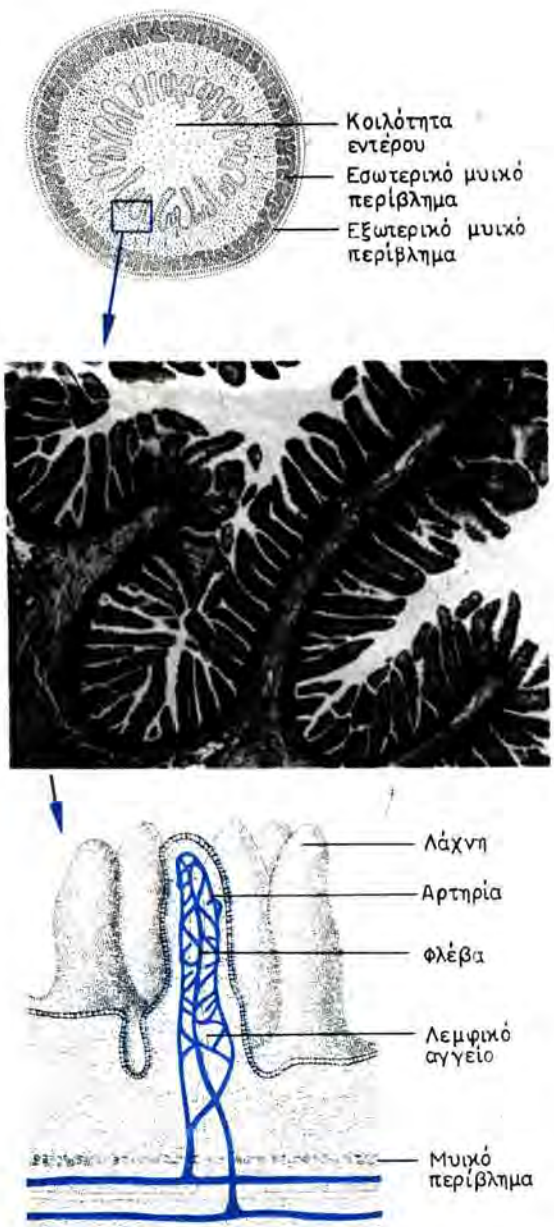
1. Δηλητηριώδη μανιτάρια, φυτά, φίδια ή αράχνες.
2. Τροφική δηλητηρίαση.
3. Οικιακά υλικά, όπως είδη καθαρισμού και καλλωπισμού.
4. Απομάκρυνση επικινδύνων προϊόντων και χημικών.
5. Δόσεις φαρμάκων πέραν των κανονικών, αλληλοεπίδραση φαρμάκων (δύο ή περισσότερα φάρμακα) και παρενέργειες φαρμάκων.
6. Φάρμακα που δρουν σε αγέννητα παιδιά ή μπορεί να εμφανισθούν στο μητρικό γάλα.
7. Εισπνοή δηλητηριωδών ατμών και αερίων.
8. Παρασιτοκτόνα (εντομοκτόνα ή ζιζανιοκτόνα).
9. Μαζικές δηλητηριάσεις και κίνδυνοι της δημόσιας υγείας (απώλειες από μεταφορικά μέσα, ακτινοβολία κλπ.).

ξέα, μέρος της γλυκερόλης, άλατα και βιταμίνες διέρχονται μέσω των κυττάρων των λαχνών και εισέρχονται στα τριχοειδή. Τα παράγωγα της πέψεως των λιπών διέρχονται επίσης μέσω των κυττάρων των λαχνών, αλλά εισέρχονται στο λεμφικό αγγείο αντί για τα τριχοειδή. Τα άλατα της χολής υποβοηθούν στην απορρόφηση των λιπαρών οξέων από τα λεμφικά αγγεία. Τελικώς τα λεμφικά αγγεία οδηγούν τα λιπαρά οξέα στο κυκλοφορικό σύστημα (βλ. παράγραφο 17-11).

Το αίμα μεταφέρει τα προϊόντα της πέψεως στα κύτταρα. Μέσα στα κύτταρα τα χημικά μόρια είτε αποικοδομούνται περισσότερο προς παραγωγή ενέργειας ή ενώνονται προς σύνθεση συστατικών, απαραιτήτων για την ανάπτυξη και τις επιδιορθώσεις του οργανισμού.

19-10
Το παχύ έντερο επαναπορροφά το περισσότερο νερό

Η άπεπτη τροφή περνά από το λεπτό έντερο στο παχύ μέσω των μυικών κινήσεων της περιστάλσεως. Τα πολυάριθμα βακτήρια που βρίσκονται στο παχύ έντερο παίζουν σημαντι-



Εικόνα 19-11 *Εγκάρσια τομή του λεπτού εντέρου (επάνω) μικροφωτογραφία (κέντρο) και σχήμα (κάτω) των εντερικών λαχνών. Η τροφή μετά την πέψη εισέρχεται στην κυκλοφορία του αίματος μέσω των λαχνών.*

κό ρόλο στην παραγωγή αρκετών βιταμινών, αερίων και άλλων συστατικών. Οι βιταμίνες απορροφώνται και χρησιμοποιούνται από το σώμα. Καθώς η άπεπτη τροφή προωθείται, το μεγαλύτερο μέρος του νερού απορροφάται από τα τοιχώματα του παχέος εντέρου. Η απορρόφηση αυτή αποξηραίνει μερικώς τα άχρηστα συστατικά, που ονομάζονται κόπρανα. Τα κόπρανα αποβάλλονται τελικά μέσω της έδρας.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το ανθρώπινο πεπτικό σύστημα είναι ένας εξαιρετικά εξειδικευμένος σωλήνας, στον οποίο τα διάφορα είδη μορίων των θρεπτικών ουσιών διασπώνται σε μικρότερα μόρια με τη δράση των ενζύμων πέψεως. Τα ένζυμα παράγονται είτε από εξειδικευμένους αδένες, που συνδέονται προς τον πεπτικό σωλήνα, ή από μερικά από τα κύτταρα του επιθηλίου του σωλήνα. Τα ένζυμα αυτά ενεργοποιούνται στα διάφορα τμήματα του πεπτικού συστήματος μέσω περιπλόκων μηχανισμών. Η αμυλάση είναι ένζυμο που αποικοδομεί το άμυλο και το γλυκογόνο, η πεψίνη και η θρυψίνη αποικοδομούν τις πρωτεΐνες και η λιπάση τα λίπη. Το άμυλο και το γλυκογόνο αποικοδομούνται προς μόρια γλυκόζης, οι πρωτεΐνες προς αμινοξέα και τα λίπη προς λιπαρά οξέα και γλυκερόλη. Τα μόρια αυτά είναι δομικά υλικά για την ανάπτυξη και τις επιδιορθώσεις των κυττάρων. Είναι επίσης πηγές ενέργειας που στηρίζουν τη ζωή του οργανισμού.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Ποια είναι τα κύρια τμήματα του πεπτικού συστήματος του ανθρώπου;
2. Ποια δραστηριότητα της πέψεως επιτελείται από την παρουσία του ενζύμου του σιέλου;
3. Ποιος είναι ο ρόλος του λεπτού εντέρου στην πέψη;
4. Ποια είναι η επίδραση του όξινου περιβάλλοντος στο πεψινογόνο;
5. Πώς αποικοδομούνται τα λίπη κατά την πέψη;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑ ΣΗΜΕΙΑ

Πέψη είναι η διαδικασία αποικοδομήσεως της τροφής σε μικρά μόρια, που απορροφώνται και χρησιμοποιούνται από τα κύτταρα. Τα ένζυμα πέψεως, πού δρουν χημικώς, έχουν

σαν αποτέλεσμα την αποικοδόμηση της τροφής. Τα διάφορα ένζυμα παράγονται στα φυτά, στα πρώτιστα, στα ζώα. Στην εσωκυτταρική πέψη, που χρησιμοποιείται από μερικά φυτά και πολλά ζώα, η πέψη γίνεται μέσα στο κάθε κύτταρο που θα χρησιμοποιήσει τις θρεπτικές ουσίες. Τα πλέον εξελιγμένα ζώα πραγματώνουν το μεγαλύτερο μέρος της πέψεως διά εξωκυτταρικής πέψεως, που γίνεται μέσα σε ένα σωλήνα εξειδικευμένο για την πέψη. Τα μικρά μόρια, που είναι τα τελικά προϊόντα της πέψεως, χρησιμοποιούνται από τα ζώντα κύτταρα ως πηγή ενέργειας ή ως υλικά αναπτύξεως και επιδιορθώσεων του κυττάρου.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι είναι τα θρεπτικά υλικά; Τι είναι οι θρεπτικές ουσίες; Σε τι διαφέρουν;
2. Πώς ένας οργανισμός μπορεί να είναι τροφή για μερικούς και όχι για άλλους οργανισμούς; Τι προσδιορίζει, αν ένα συστατικό είναι τροφή;
3. Ποια χαρακτηριστικά των πρωτεϊνών, των λιπών και των περισσοτέρων υδατανθράκων κάνουν την πέψη τους αναγκαία;
4. Ποιο είναι το τελικό προϊόν της πέψεως των υδατανθράκων; Των λιπών; Των πρωτεϊνών;
5. Ποια πλεονεκτήματα παρέχει η εξωκυτταρική πέψη στο ζώο;
6. Πώς πραγματώνεται σε όλα τα ζώα η αποικοδόμηση των μεγάλων μορίων προς μικρότερα; Εξηγήστε.
7. Πώς προφυλάσσεται το επιθήλιο του στομάχου από την πέψη του από την πεψίνη;
8. Ποιο είδος μηχανισμών δρα προς διέγερση ή αναστολή της εκκρίσεως των υγρών του στομάχου;
9. Ποιος είναι ο ειδικός ρόλος του παγκρέατος κατά τη διαδικασία πέψεως;
10. Ποιος είναι ο ειδικός ρόλος του ήπατος (συκωτιού) κατά τη διαδικασία πέψεως;
11. Πώς το λεπτό έντερο έχει προσαρμοσθεί στην απορρόφηση των τελικών προϊόντων της πέψεως;
12. Τα πτηνά δεν έχουν δόντια. Πώς αλέθουν την τροφή τους σε μικρότερα κομμάτια;

ΑΡΘΡΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΒΑΣΜΑ

Davenport, H. W. "Why the Stomach Does Not Digest Itself." *Scientific American,* January,1972.

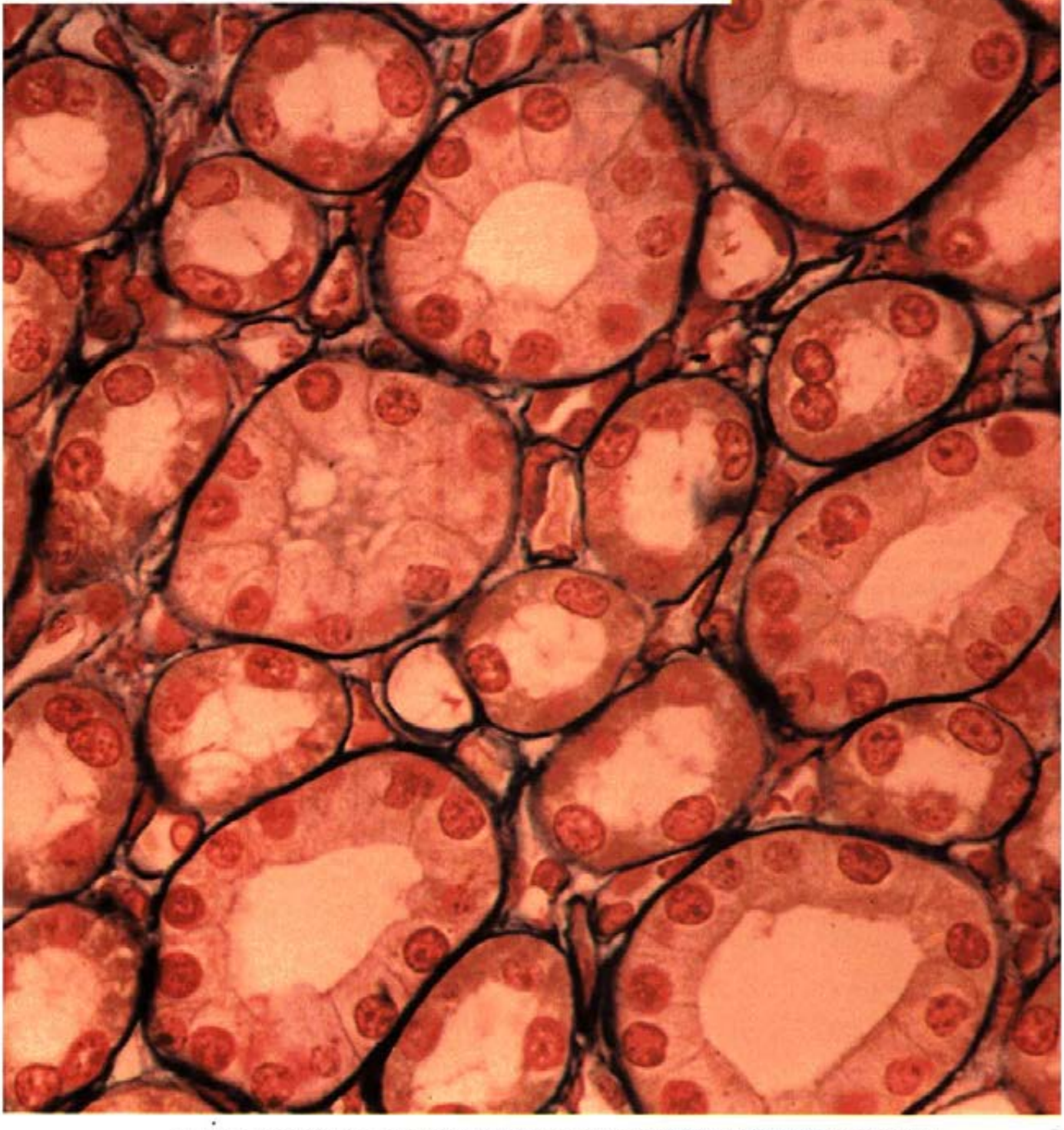
Heslop-Harrison, Y. "Carnivorous Plants." *Scientific American,* February, 1978.

Kappas, A., and A. P. Alvares. "How the Liver Metabolizes Foreign Substances." *Scientific American,* June, 1975.

McClintic, R. J. *Physiology of the Human Body.* New York, John Wiley & Sons, 1978.

Scrimshaw, N. S., and V. R. Young. "The Requirements of Human Nutrition." *Scientific American,* September, 1976.

Απεκκριτικά Συστήματα 20



Κυτταρικά τοιχώματα, σε εγκάρσια τομή, συλλεκτηρίων σωληναρίων νεφρού ανθρώπου.

Η ζωή ενός οργανισμού εξαρτάται από τη ζωή των κυττάρων του. Η προσαγωγή τροφής και οξυγόνου στα κύτταρα είναι αναγκαιότητα της ζωής. Η απομάκρυνση των αχρήστων υλικών των κυττάρων είναι μία άλλη αναγκαιότητα. Και οι δύο όμως αποτελούν μέρος μόνο της διατηρήσεως της ισορροπίας της ύλης στο φυσικό περιβάλλον ενός οργανισμού. Στο κεφάλαιο αυτό θα διερευνηθούν ορισμένες προσαρμογές για τη διατήρηση της ομοιοστάσεως και την απομάκρυνση των αχρήστων υλικών σε διάφορους οργανισμούς, από τα πρώτιστα και τα φυτά έως τον άνθρωπο.

Ομοιόσταση και ανταλλαγή υλικών

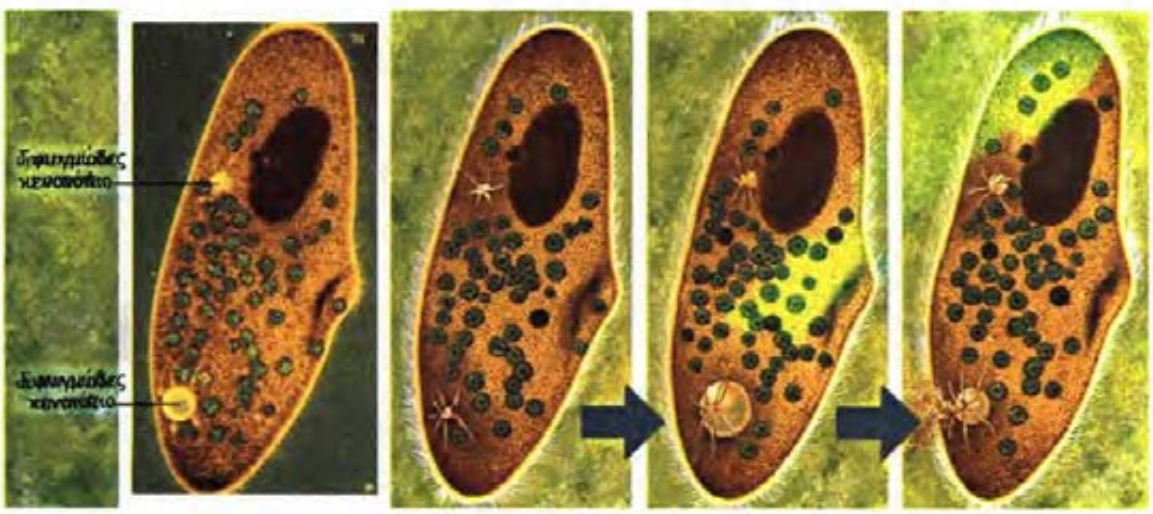
20-1
Η απέκκριση βοηθά στη διατήρηση ισορροπίας με το εξωτερικό περιβάλλον

Όλο το περιβάλλον κάθε οργανισμού διαφέρει από τον ίδιο τον οργανισμό όσον αφορά στα υλικά και στη σχετική κατανομή τους. Οι οργανισμοί χρησιμοποιούν την όσμωση, τη διάχυση, την ενεργό μεταφορά, την αναπνοή και τη διατροφή για να αποκτήσουν τα υλικά που χρειάζονται. Κάθε κύτταρο των πολύ μικρών οργανισμών είναι κοντά στο εξωτερικό περιβάλλον και τα υλικά που χρειάζεται από αυτό. Το αίμα, που κυκλοφορεί στους πιο περίπλοκους οργανισμούς, είναι ο ουσιαστικός κρίκος μεταξύ των σωματικών κυττάρων και του εξωτερικού περιβάλλοντος.

Επειδή όλοι οι οργανισμοί πρέπει να ανταλλάσσουν υλικά με το περιβάλλον, για να ζήσουν, τόσο τα άχρηστα όσο και τα χρήσιμα υλικά πρέπει να διακινηθούν μεταξύ του οργανισμού και του περιβάλλοντος. Ο οργανισμός παραλαμβάνει υλικά που δεν χρειάζεται μαζί με αυτά που χρειάζεται. Με τη σειρά του ο οργανισμός χάνει ορισμένα υλικά, που χρειάζεται, προς το περιβάλλον. Επιλεκτικοί μηχανισμοί στις κυτταρικές μεμβράνες βοηθούν στην ελαχιστοποίηση αυτών των μη παραγωγικών διακινήσεων, αλλά διάφορα υλικά του ίδιου μοριακού μεγέθους και σχήματος «ξεγελούν» εύκολα τους μηχανισμούς. Η ομοιόσταση (βλ. παράγραφο 17-12) καταστρέφεται, εκτός αν υπάρχει τρόπος να αποκατασταθεί η ισορροπία.

Τα αναγκαία υλικά μπορεί επίσης να αποτελέσουν πρόβλημα, όταν είναι διαθέσιμα σε ανεπαρκείς ποσότητες ή σε περίσσεια σε σχέση με τα αναγκαία για τη ζωή και την υγεία ενός οργανισμού. Για παράδειγμα, οι οργανισμοί των γλυκών υδάτων απαιτούν την ύπαρξη νερού στο σώμα τους, όπως και όλοι οι άλλοι οργανισμοί. Το νερό εισέρχεται διαρκώς στο σώμα τους πέρα από τις ανάγκες τους. Το πρόβλημα της ομοιοστάσεως είναι να απομακρύνει την περίσσεια του νερού χωρίς απώλεια σημαντικών ποσοτήτων ευδιαλύτων αλάτων του σώματος.

Οι οργανισμοί που ζουν σε αλμυρό νερό έχουν το αντίθετο σχεδόν πρόβλημα από αυτό των οργανισμών των γλυκών υδάτων. Στους ιχθείς των αλμυρών υδάτων και σε μερικά (αλλά όχι όλα) ασπόνδυλα, η συγκέντωση των αλάτων στο σώμα τους είναι γενικά μικρότερη από τη συγκέντρωση των αλάτων στο νερό του ωκεανού ή της λίμνης, το οποίο το περιβάλλει. Γι' αυτό, νερό από τους οργανισμούς τείνει να αποβάλλεται διά οσμώσεως προς το αλμυρό νερό που τα περιβάλλει. Η αναπλήρωση του νερού που χάνεται με αλμυρό νερό απαιτεί απομάκρυνση των αλάτων από το νερό που αντικαθιστά αυτό που χάνεται. Το



Εικόνα 20-1 *Σφυγμώδη κενοτόπια του Παραμήκυου αποβάλλουν την περίσσεια νερού. Τα κενοτόπια επεκτείνονται καθώς γεμίζουν με νερό μέσω των υπό μορφή ακτίνων διαταγμένων αγωγών. Κατόπιν τα κενοτόπια συστέλλονται και αποβάλλουν το νερό από τον οργανισμό.*

πρόβλημα της ομοιοστάσεως για τους οργανισμούς αυτούς είναι η διατήρηση του νερού του σώματός τους και η απομάκρυνση των αλάτων από το νερό που προσλαμβάνεται για την αποπλήρωση του νερού που χάνεται.

Οι χερσόβιοι οργανισμοί έχουν, σχετικά με το νερό και τα άλατα, προβλήματα περίπου όμοια με εκείνα των οργανισμών των αλμυρών νερών. Το νερό πρέπει να διατηρηθεί και τα άλατα να απομακρυνθούν από τους χερσόβιους οργανισμούς, συμπεριλαμβανόμενου και του ανθρώπου.

Τα δύο αυτά παραδείγματα, σχετικά με το νερό και τα άλατα, δείχνουν αμυδρά τους μηχανισμούς του σώματος που απαιτούνται για τη διατήρηση των αναγκαίων υλικών και την απομάκρυνση άλλων. Υπάρχουν πολλά άλλα παραδείγματα τέτοιων υλικών, τα οποία λόγω των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων τους, που συνδέονται είτε με το χημικό τους τύπο είτε με τις όξινες-βασικές ιδιότητές τους, πρέπει να διατηρηθούν σε ισορροπία.

Ένα πιο σπουδαίο και εξειδικευμένο πρόβλημα δημιουργείται από άχρηστα υλικά, που δημιουργούν οι οργανισμοί καθώς χρησιμοποιούν υλικά και ενέργεια. Αζωτούχα άχρηστα υλικά παράγονται κατά την αξιοποίηση της τροφής. Επίσης παράγονται όξινα άχρηστα υλικά ή περίσσεια άλλων υλικών. Η περίσσεια οξίνων υλικών στα υγρά του σώματος εμφανίζεται με αύξηση της συγκεντρώσεως των ιόντων υδρογόνου (H^+), που ελαττώνουν το εσωτερικό pH (παράγραφος 4-11). Οι οργανισμοί πρέπει να έχουν τρόπους απομακρύνσεως των αχρήστων αυτών υλικών.

Η ανταλλαγή των υλικών με το περιβάλλον περιλαμβάνει δύο γενικά προβλήματα για όλους του οργανισμούς. Το ένα είναι η διατήρηση της ομοιοστάσεως καθώς υλικά προσλαμβάνονται και απομακρύνονται. Το άλλο, που είναι εξειδικευμένο τμήμα του πρώτου προβλήματος, αλλά είναι και αυτό γενικό πρόβλημα, είναι η απομάκρυνση των αχρήστων υλικών. Τα άχρηστα υλικά περιλαμβάνουν προφανώς και όλα τα άχρηστα δευτερεύοντα προϊόντα από τη χρήση της τροφής και την κυτταρική αναπνοή. Άλλα όχι και τόσο εμφανή άχρηστα προϊόντα προέρχονται από κατεστραμμένα ή φθαρμένα τμήματα κυττάρων, ένζυμα, ορμόνες και άλλα συστατικά του οργανισμού που αντικαθίστανται και ανακυκλώνονται. (Θυμάστε, από την παράγραφο 17-10, πόσο συχνά πρέπει να αντικαθίστανται τα ερυθροκύτταρα και μόνο;).

20-2
Τα πρώτιστα έχουν μηχανισμούς για ισορροπία νερού και απέκκριση

Η όσμωση και η διάχυση δεν είναι οι μόνοι μηχανισμοί για ανταλλαγή υλικών στα πρώτιστα. Πολλά πρώτιστα που ζουν σε γλυκά νερά έχουν δομές, που ονομάζονται σφυγμώδη κενοτόπια, τα οποία ανάγουν την περίσσεια νερού που εισέρχεται διαρκώς στον οργανισμό. Το νερό συλλέγεται στα κενοτόπια και οι συστάσεις των κενοτοπίων οδηγούν το νερό έξω από το κύτταρο. Η εικόνα 20-1 δείχνει πώς λειτουργούν τα σφυγμώδη κενοτόπια στο *Παραμήκυο*. Η *Αμοιβάδα* και η *Ευγλήνα* έχουν παρόμοια σφυγμώδη κενοτόπια, όπως και πολλά άλλα πρώτιστα των γλυκών υδάτων.

Μερικά πρώτιστα, αλλά όχι όλα, έχουν εξειδικευμένα τμήματα του σώματός τους, που χρησιμοποιούνται για την πρόσληψη τροφής, ενώ τα άχρηστα υλικά αποβάλλονται συνήθως μέσω της κυτταρικής μεμβράνης. Το διοξείδιο του άνθρακα και τα άχρηστα αζωτούχα συστατικά της τροφής συναποβάλλονται πολλές φορές μαζί με το νερό των σφυγμωδών κενοτοπίων.

20-3
Τα φυτά έχουν μηχανισμούς για την ισορροπία του νερού και την απέκκριση

Τα χερσαία φυτά ασχολούνται συχνότερα με την αποθήκευση νερού παρά με την απομάκρυνσή του. Το περικάλυμμα της κηρώδους εφυμενίδας, που καλύπτει τα φύλλα και τους βλαστούς, μειώνει την απώλεια νερού, όπως και το κλείσιμο των στομάτων των φύλλων (παράγραφος 17-2). Οι μεγαλύτερες απώλειες νερού γίνονται μέσω των στομάτων διά διαχύσεως, αν και καμιά φορά τα φυτά έχουν περίσσεια νερού λόγω υγρασίας του περιβάλλοντος, θερμοκρασίας και πέψεως των θρεπτικών συστατικών τους. Σε ορισμένα φυτά το νερό απομακρύνεται από ειδικές κατασκευές, που εδράζονται στα άκρα των φύλλων. Τα σταγονίδια νερού, από όπου εξέρχονται από τέτοιες κατασκευές, αποτελούν μέρος της «δρόσου» που βλέπετε στα χόρτα και τα άλλα φυτά το πρωί. Η εικόνα 20-2 δείχνει τον τρόπο αυτό απομακρύνσεως νερού από τα φύλλα.

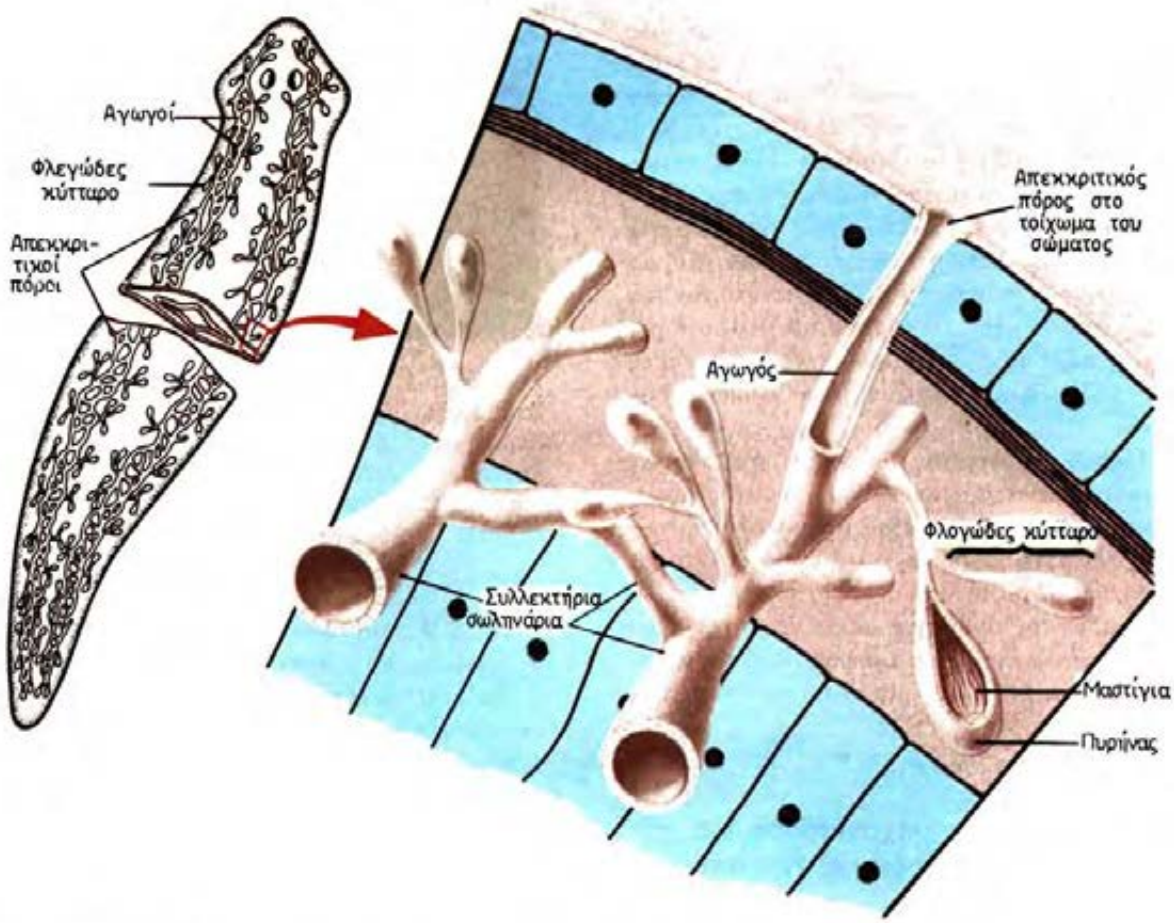


Εικόνα 20-2 *Αυτά τα φύλλα φράουλας έχουν σταγονίδια νερού, που σχηματίζονται στις άκρες τους. Αν το νερό είναι προϊόν κάποιας κυτταρικής λειτουργίας, ποια κυτταρική λειτουργία νομίζετε ότι είναι αυτή;*

Το διοξείδιο του άνθρακα δεν αποτελεί άχρηστο υλικό για τα πράσινα φυτά. Όπως παράγεται κατά την κυτταρική αναπνοή, χρησιμοποιείται συνήθως κατά τη φωτοσύνθεση. Εντούτοις, παράγεται στα κύτταρα, ακόμη και όταν δεν χρειάζεται για φωτοσύνθεση. Τότε το διοξείδιο του άνθρακα απομακρύνεται διά διαχύσεως, κυρίως μέσα από τα στόματα. Τα ριζικά τριχίδια αποβάλλουν στο χώμα άλλα συστατικά. Μερικά άλλα, τέλος, μετατρέπονται σε αδιάλυτα υλικά που παραμένουν στα φυτά. Γιατί αυτά τα αδιάλυτα συστατικά δεν προκαλούν βλάβες στα φυτά;

Ορισμένα φυτά που αναπτύσσονται σε εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα ασβεστίου πρέπει να αποβάλλουν στο περιβάλλον την περίσσεια του ασβεστίου που έχουν απορροφήσει. Απομακρύνουν την περίσσεια του ασβεστίου εναποθέτοντάς το στα φύλλα, που τελικά αποπίπτουν.

Οι ειδικές δομές στην άκρη των φύλλων, που απομάκρυναν την περίσσεια του νερού, απομακρύνουν περιοδικά και την περίσσεια των διαλυτών αλάτων. Ίσως έχετε παρατηρήσει ανοικτόχρωμες εναποθέσεις, που εμφανίζονται στα άκρα των φύλλων των φυτών εσωτερικών χώρων, τα οποία μεγαλώνουν σε έδαφος που έχει εμπλουτισθεί πολύ σε λίπασμα.



Εικόνα 20-3 *Τα φλογοκύτταρα των πλατυελμίνθων και το σύστημα των αγωγών, του οποίου αποτελούν μέρος, επιτελούν τις ίδιες λειτουργίες όπως και τα σφυγμώδη κενοτόπια στο Παραμήκυο. Και οι δύο οργανισμοί είναι οργανισμοί γλυκών νερών και γι' αυτό στο σώμα τους εισέρχεται περισσότερο νερό από όσο χρειάζονται.*

20-4
Τα ζώα έχουν αναπτύξει συστήματα για την ισορροπία των υλικών και την απέκκριση

Όπως τα πρώτιστα, οι σπόγγοι και η Ύδρα απεκκρίνουν τα άχρηστα υλικά από κάθε κύτταρο απευθείας στην εξωτερική επιφάνεια του σώματός τους. Στα μεγαλύτερα και πιο περίπλοκα ζώα όμως δεν επαρκούν τα κύτταρα που βρίσκονται σε άμεση επαφή με το περιβάλλον για την αποβολή των αχρήστων υλικών όλων των κυττάρων. Γι' αυτό τα μεγαλύτερα είδη ζώων έχουν αναπτύξει εξελικτικά εξειδικευμένα όργανα απεκκρίσεως και καμιά φορά όργανα για τη διατήρηση της ισορροπίας του νερού.

Οι πλανάριες είναι οργανισμοί των γλυκών υδάτων. Όπως και άλλοι οργανισμοί των

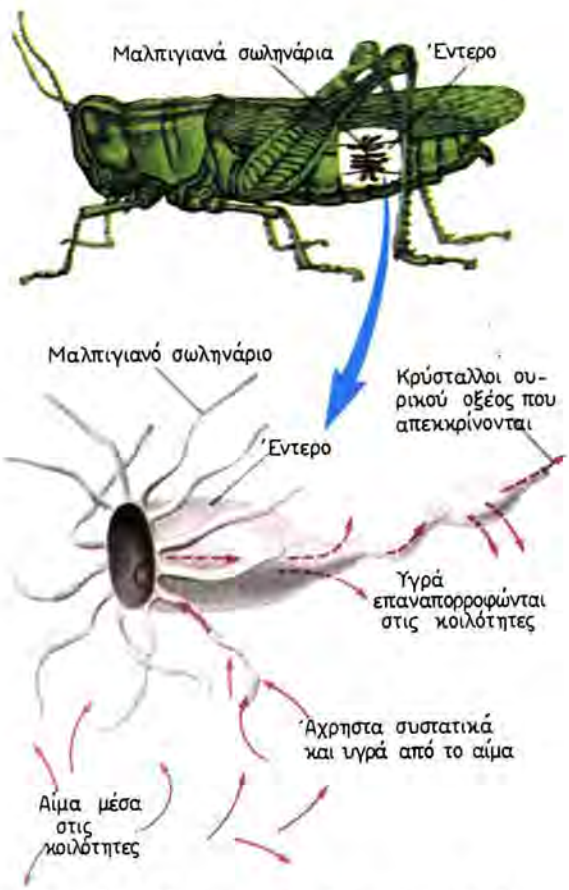
γλυκών υδάτων, έχουν υπεραφθονία νερού, που εισέρχεται στο σώμα τους. Το νερό αποβάλλεται από τα υγρά των ιστών μέσω ενός συστήματος αγωγών (εικόνα 20-3). Μέσα στο νερό υπάρχουν και μερικά άχρηστα συστατικά και άλλα διαλυτά υλικά. Τα φλογοκύτταρα, που ονομάζονται έτσι επειδή η κίνηση του μαστιγίου τους μοιάζει με το παίξιμο της φλόγας, δημιουργούν ένα ρεύμα μέσα στο σύστημα των αγωγών. Το νερό κινείται μέσω των αγωγών και αποβάλλεται μέσω των πόρων. Οι πόροι είναι ανοίγματα των αγωγών προς το σωματικό τοίχωμα.

Το διοξείδιο του άνθρακα στις πλανάριες εξέρχεται διά διαχύσεως μέσω του σωματικού τοιχώματος. Αζωτούχα άχρηστα υλικά, όπως διαλυτή αμμωνία (NH_3) και όλα τα επιπλέον άχρηστα υλικά, αποβάλλονται επίσης μέσω του σωματικού τοιχώματος και του στόματος (εικόνα 19-5).

Η ακρίδα, που είναι χερσόβιος οργανισμός, έχει διαφορετικό πρόβλημα ισορροπίας νερού από αυτό της πλανάριας. Η ακρίδα πρέπει να αποφύγει μεγάλες απώλειες νερού. Το απεκκριτικό της σύστημα είναι προσαρμοσμένο στην αποβολή αζωτούχων αχρήστων υλικών σε σχεδόν αδιάλυτη κατάσταση, όπως το ουρικό οξύ. Για την απέκκριση των κρυστάλλων του ουρικού οξέος απαιτείται πολύ μικρή ποσότητα νερού.

Η ακρίδα έχει εξειδικευμένους απεκκριτικούς σωλήνες, που ονομάζονται μαλπιγιανά σωληνάρια (εικόνα 20-4). Εκτείνονται στις σωματικές κοιλότητες, που κυκλοφορεί το αίμα. (Θα ανακαλείτε στη μνήμη σας ότι η ακρίδα έχει κυκλοφορικό σύστημα ανοικτού τύπου, όπου το αίμα δεν βρίσκεται διαρκώς σε αιμοφόρα αγγεία). Στο σώμα της το αίμα κυκλοφορεί ελεύθερα στις κοιλότητές του. Άχρηστα υλικά και υγρά παραλαμβάνονται από το αίμα και προωθούνται προς τα σωληνάρια. Τα άχρηστα υλικά εμφανίζονται υπό μορφή κρυστάλλων ουρικού οξέος. Τα σωληνάρια εκβάλλουν στον πεπτικό σωλήνα, από όπου τα υγρά επαναπορροφώνται από τις κοιλότητες. Οι κρύσταλλοι του ουρικού οξέος αποβάλλονται από την έδρα μαζί με τα άπεπτα συστατικά της τροφής.

Το δοξείδιο του άνθρακα στην ακρίδα εξέρχεται μέσω αεροφόρων αγωγών, των τραχειών (εικόνα 18-3).



Εικόνα 20-4 *Άχρηστα υλικά και υγρά από το αίμα της ακρίδας εισέρχονται στα μαλπιγιανά σωληνάρια. Τα σωληνάρια εκβάλλουν στο πεπτικό σύστημα, από όπου τα υγρά επαναπορροφώνται. Τα άχρηστα υλικά απεκκρίνονται, ως κρύσταλλοι ουρικού οξέος, μαζί με τα υπολείμματα της άπεπτης τροφής, από το πεπτικό σύστημα.*

20-5
Οι μορφές των αζωτούχων αχρήστων υλικών διαφέρουν ανάμεσα στα διάφορα ζώα

Οι τρεις πιο συνηθισμένες μορφές αζωτούχων αχρήστων ουσιών, που απεκκρίνουν τα ζώα, είναι η αμμωνία, το ουρικό οξύ και η ουρία. Η αμμωνία είναι πολύ τοξική. Η διάλυση της αμμωνίας σε μεγάλες ποσότητες νερού την κάνει ασφαλές προϊόν απεκκρίσεως για τα πρώτιστα και τα ζώα των θαλασσίων και γλυκών νερών. Η *Αμοιβάδα*, το *Παραμήκιο*, η *Ευγλήνα* και οι πλανάριες απεκκρίνουν αμμωνία μέσω των κυτταρικών μεμβρα-

νών τους ή του επικαλύμματος του σώματός τους, όπως έχετε διαβάσει προηγουμένως. Αργότερα θα διαβάσετε ότι η αμμωνία είναι επίσης το κύριο αζωτούχο άχρηστο προϊόν ορισμένων σπονδυλωτών ζώων, όπως οι ιχθείς των ωκεανών.

Το ουρικό οξύ δεν είναι τοξικό, γιατί είναι σχεδόν αδιάλυτο. Η απέκκριση ουρικού οξέος είναι εξελικτική προσαρμογή πολλών χερσοβίων ζώων. Απαιτεί μικρή ποσότητα νερού. Όχι μόνο οι ακρίδες (και άλλα έντομα) αλλά και ερπετά, πτηνά και πολλά θηλαστικά απεκκρίνουν αζωτούχα άχρηστα προϊόντα υπό μορφή κρυστάλλων ουρικού οξέος.

Η ουρία είναι τοξική, αλλά λιγότερο από την αμμωνία. Είναι ασφαλές, ως προϊόν απεκκρίσεως, όταν διαλυθεί αρκετά στο νερό. Ορισμένα ζώα, συμπεριλαμβανόμενου του ανθρώπου και πολλών ιχθύων και αμφιβίων, απεκκρίνουν άχρηστα αζωτούχα προϊόντα είτε μερικώς είτε κυρίως υπό μορφή ουρίας. Οι άνθρωποι, όπως πολλά άλλα θηλαστικά, απεκκρίνουν επίσης ουρικό οξύ αλλά σε πολύ μικρότερα ποσά σε σύγκριση με την ουρία υπό φυσιολογικές συνθήκες. Θα διαβάσετε αργότερα πώς οι κρύσταλλοι του ουρικού οξέος είναι δυνατόν να δημιουργήσουν προβλήματα στα νεφρά του ανθρώπου.

Το κύριο γεγονός που ξεχωρίζει από την ανασκόπηση αυτή των διαφόρων ειδών αζωτούχων αχρήστων προϊόντων είναι ότι δείχνει την ύπαρξη ενός σπουδαίου εξελικτικού συσχετισμού. Τα ζώα που έχουν εξελιχθεί σε υδατικά και χερσαία περιβάλλοντα δείχνουν διαφορές ως προς τα αζωτούχα άχρηστα προϊόντα που συνδέονται με την αφθονία ή την έλλειψη νερού. Μελετήστε πάλι τα αναφερόμενα για την αμμωνία και το ουρικό οξύ, για να δείτε πόσο αληθινό είναι αυτό. Η ουρία δεν είναι τόσο τοξική όσο η αμμωνία, αλλά απαιτεί περισσότερο νερό από το ουρικό οξύ για την απέκκρισή της. Γι' αυτό η ουρία εισέρχεται μέσα στο πλαίσιο του εξελικτικού συσχετισμού, όταν αναλογισθείτε ότι ως προς τις απαιτήσεις για νερό βρίσκεται κάπου μεταξύ ουρικού οξέος και αμμωνίας.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 20-Α. Τα απεκκριτικά όργανα του γεωσκώληκα, σελίδα 659.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα ζωντανά κύτταρα συνθέτουν και αποικοδομούν συνεχώς χημικά συστατικά, παράγοντας άχρηστα υλικά ως παραπροϊόντα. Επιπλέον τα κύτταρα αυτά πρέπει να διατηρούν τις διαφορές που υπάρχουν στις συγκεντρώσεις υλικών μεταξύ αυτών και του περιβάλλοντος. Μονοκύτταροι και πολυκύτταροι οργανισμοί έχουν αποκτήσει εξελικτικά μία ποικιλία τρόπων για τη διατήρηση των αναγκαίων υλικών, την απομάκρυνση της περίσσειας των υλικών και την απέκκριση των αχρήστων παραπροϊόντων των ζωτικών τους λειτουργιών.

Η ισορροπία νερού και αλάτων διατηρείται με διάφορους τρόπους στους οργανισμούς που ζουν σε διαφορετικό περιβάλλον. Η απέκκριση των αζωτούχων αχρήστων υλικών συνδέεται με το πρόβλημα της ισορροπίας του νερού. Η αποβολή του διοξειδίου του άνθρακα επιτελείται με διάφορους τρόπους, από την απλή διάχυση έως την απομάκρυνσή του μέσω αναπνευστικών συστημάτων.

Γενικά, ζώα αλμυρών νερών και χερσαία ζώα έχουν αναπτύξει τρόπους περιορισμού της καταναλώσεως του νερού για την απέκκριση των αλάτων και των αζωτούχων αχρήστων υλικών. Οι οργανισμοί των γλυκών νερών έχουν αναπτύξει άλλους τρόπους που απομακρύνουν παραλλήλως και μεγάλες ποσότητες νερού.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Ποια είναι η λειτουργική διαφορά μεταξύ σφυγμωδών κενοτοπίων και μαλπιγιανών σωληναρίων;
2. Πώς συνδέονται τα σφυγμώδη κενοτόπια και τα φλογώδη κύτταρα από απόψεως λειτουργίας;
3. Πώς απεκκρίνουν τα πρώτιστα τα αζωτούχα άχρηστα υλικά; Πώς απεκκρίνουν οι πλανάριες και οι ακρίδες τα άχρηστα υλικά;
4. Τι είδους αζωτούχα άχρηστα υλικά θα αναμένατε να απεκκρίνουν μικροί οργανισμοί των γλυκών νερών;
5. Σε ποιο είδος ζώων παράγεται και απεκκρίνεται ουρικό οξύ για την απομάκρυνση των αχρήστων αζωτούχων προϊόντων;

20-6
Διάφορα είδη μηχανισμών για την ισορροπία του νερού και την απέκκριση έχουν αναπτυχθεί στα σπονδυλωτά ζώα

Στα σπονδυλωτά ζώα το κλειστό κυκλοφορικό συνδέεται άμεσα και με τη διατήρηση της ισορροπίας νερού - αλάτων και την αποβολή των αχρήστων υλικών. Το αίμα, αντί για τα υγρά του σώματος γενικά, έχει ρυθμιστικούς μηχανισμούς, σχετικούς με την αντικατάσταση ή την απέκκριση υλικών. Γιατί η διατήρηση της ισορροπίας υλικών στο αίμα διατηρεί όλο το σώμα σε ισορροπία;

Οι ιχθύες των ωκεανών, όπως και όλα τα άλλα σπονδυλωτά, προσλαμβάνουν οξυγόνο στο αίμα τους και αποβάλλουν διοξείδιο του άνθρακα. Στους ιχθύες αυτούς η αποβολή του διοξειδίου του άνθρακα γίνεται στα βράγχια (εικόνα 18-2), στα ίδια όργανα που χρησιμεύουν για την πρόσληψη οξυγόνου. Η απέκκριση των αλάτων προς υποβοήθηση της διατηρήσεως της ισορροπίας του νερού στο σώμα γίνεται σε εξειδικευμένα κύτταρα, που βρίσκονται επίσης στα βράγχια. Αζωτούχα άχρηστα υλικά αποβάλλονται κυρίως ως αμμωνία, καθώς το αίμα διέρχεται από τα βράγχια. Τα βράγχια δηλαδή είναι το κύριο απεκκριτικό όργανο των θαλασσίων ιχθύων. Οι ιχθύες αυτοί έχουν επίσης νεφρά, που απεκκρίνουν ουρία υπό μορφή ούρων. Αλλά μόνο λίγη ουρία είναι ανάγκη να απεκκρίνεται επιπλέον της αμμωνίας, που απεκκρίνεται μέσω των βραγχίων. Γι' αυτό λίγο νερό χάνεται με τα ούρα.

Οι θαλάσσιες χελώνες και τα πτηνά, που τρέφονται με ωκεάνιους οργανισμούς, απεκκρίνουν άλατα μέσω ειδικών αδένων στο κεφάλι τους. Όπως και άλλα αερόβια ζώα, με πνεύμονες, αποβάλλουν διοξείδιο του άνθρακα από το αίμα τους, καθώς αυτό περνά από τους πνεύμονες. Τα νεφρά τους λειτουργούν περισσότερο για την απέκκριση των αζωτούχων αχρήστων υλικών από ό,τι λειτουργούν για τον ίδιο λόγο τα νεφρά των ιχθύων.

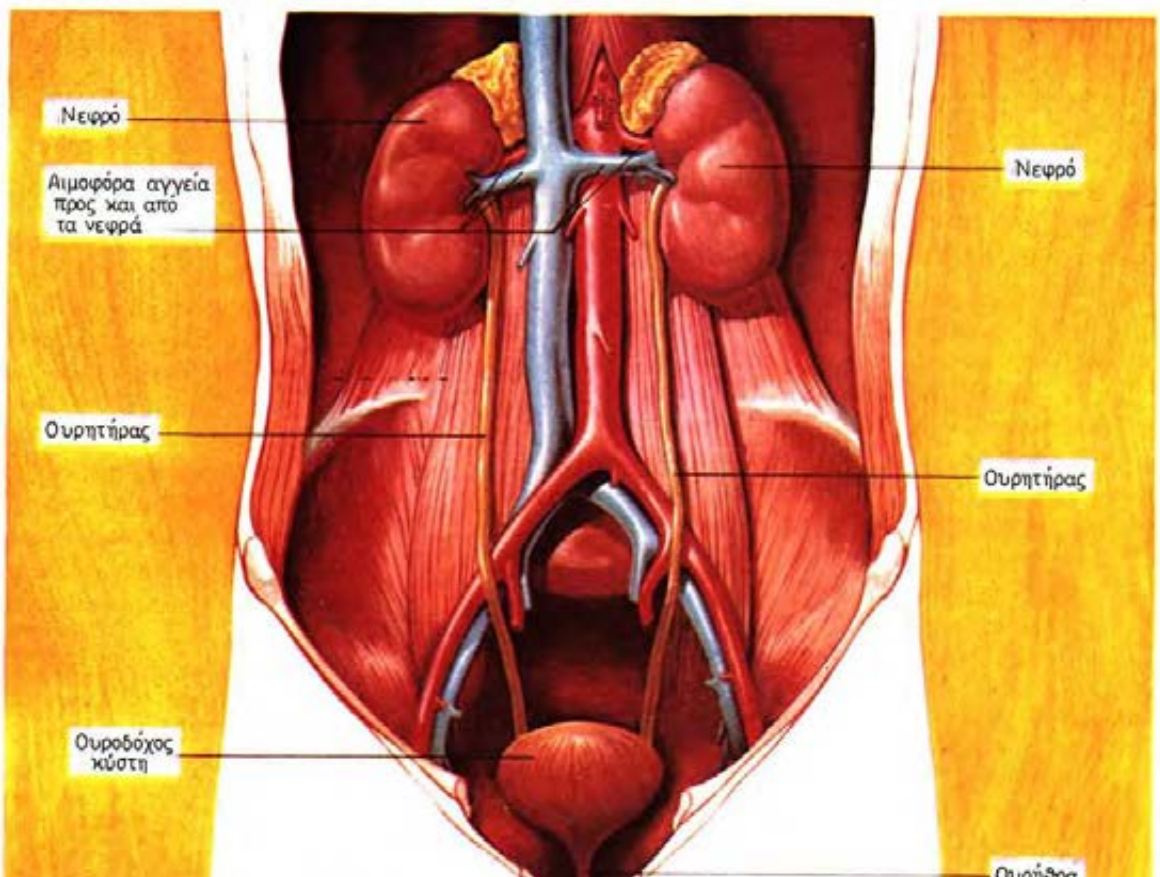
Στα θηλαστικά και ειδικότερα στον άνθρωπο τα νεφρά αποτελούν το κύριο απεκκριτικό όργανο. Δεν απομακρύνουν μόνο τα άχρηστα αζωτούχα προϊόντα από το αίμα, αλλά ρυθμίζουν επίσης την ισορροπία αλάτων - νερού. Η ουρία που απεκκρίνουν σχηματίζεται στο ήπαρ, όπου γίνεται η κατεργασία των περισσοτέρων αχρήστων υλικών του σώματος, από τα οποία ορισμένα επαναχρησιμοποιούνται. Πολλά τοξικά συστατικά αλλάζουν χημική κατάσταση στο ήπαρ (συκώτι) και γίνονται μη τοξικά. Η μικρή ποσότητα ουρικού οξέος, που απεκκρίνεται μαζί με την ουρία στα ούρα, σχηματίζεται επίσης στο ήπαρ. Από την άποψη αυτή το ήπαρ είναι ένα απεκκριτικό όργανο και μάλιστα σπουδαίο. Προωθεί συστατικά προς τα νεφρά μέσω του αίματος.

Όπως και σε άλλα θηλαστικά, το διοξείδιο του άνθρακα απεκκρίνεται στους ανθρώπους, καθώς το αίμα τους περνά από τους πνεύμονες. Λίγα άλατα και νερό αποβάλλονται επίσης από το δέρμα. Υπολείμματα απέπτων τροφών απομακρύνονται από το πεπτικό σύστημα, όπως συμβαίνει και σε όλα τα ζώα με σύνθετο πεπτικό σύστημα. Για την ακρίβεια, τα άπεπτα υπολείμματα της τροφής δεν εισήλθαν ποτέ στην κυκλοφορία του αίματος ή τα κύτταρα του σώματος και ως εκ τούτου απομακρύνονται από τον ίδιο συνεχή πεπτικό σωλήνα, στον οποίο αρχικώς εισήλθαν. Αυτά δεν είναι το ίδιο όπως η απέκκριση των αχρήστων υλικών των κυττάρων του σώματος από το αίμα στο ήπαρ, τα νεφρά και τους πνεύμονες.

Η ανταλλαγή διοξειδίου άνθρακα - οξυγόνου στους πνεύμονες εξετάσθηκε στο κεφάλαιο 18. Τι συμβαίνει, καθώς το αίμα, αφού διέλθει από το ήπαρ και τα άλλα όργανα, φθάνει τα νεφρά, είναι το θέμα που δεν έχει ακόμη εξετασθεί.

20-7
Τα νεφρά του ανθρώπου περιέχουν πολλές μονάδες απεκκρίσεως

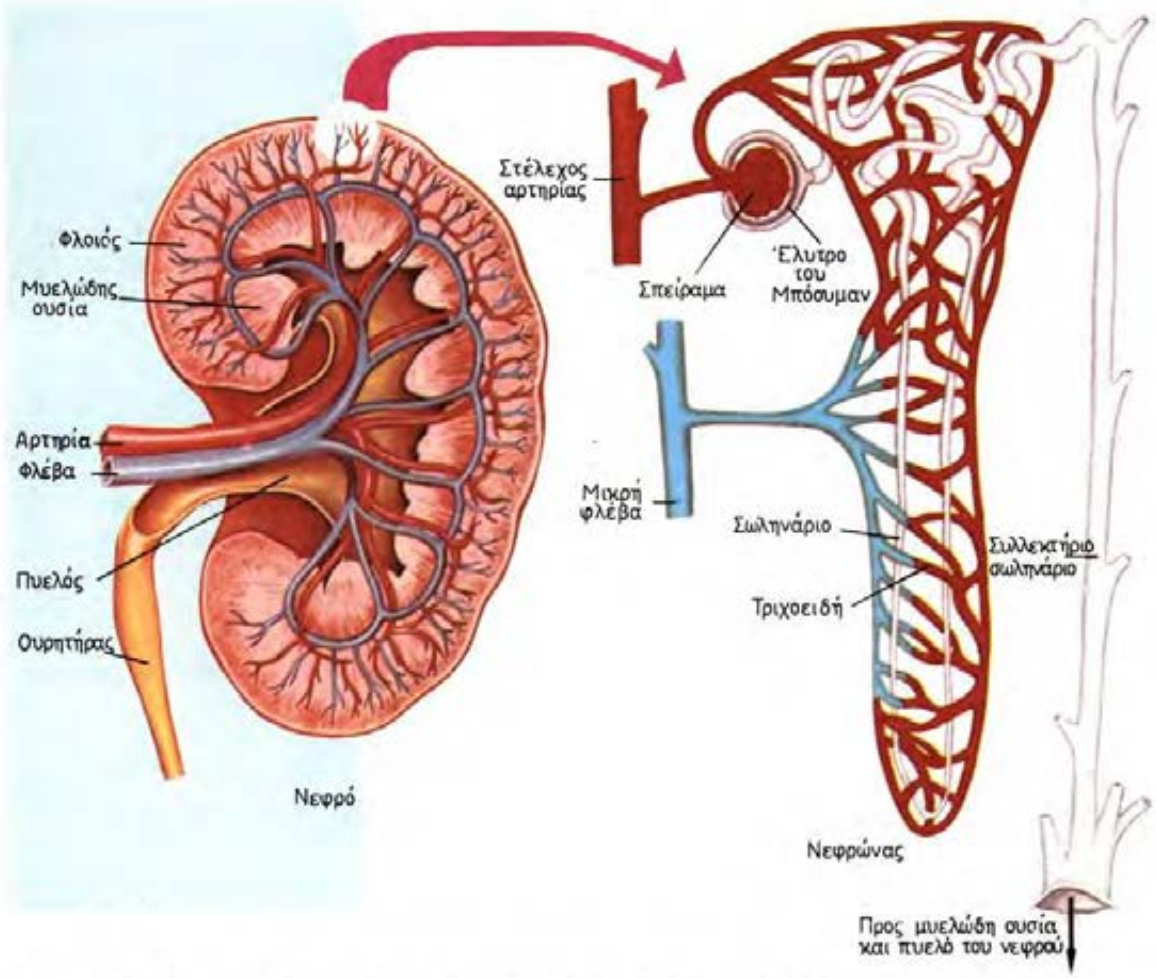
Κάθε νεφρό ανθρώπου είναι ένα όργανο σε σχήμα φασολιού με μήκος περίπου 16-18 εκ. Υπάρχουν δύο νεφρά, ένα σε κάθε πλευρά του σώματος, ακριβώς επάνω από τη μέση,



Εικόνα 20-5 *Παρά το ότι από τους πνεύμονες και το δέρμα δεν λείπουν επίσης οι απεκκριτικές λειτουργίες, το κυρίως απεκκριτικό σύστημα φαίνεται στην εικόνα αυτή. Τα νεφρά βρίσκονται στο ραχιαίο τμήμα του τοιχώματος του σώματος. Οι ουρητήρες οδηγούν από τα νεφρά προς την ουροδόχο κύστη. Η ουροδόχος κύστη αδειάζει μέσω της ουρήθρας προς τα έξω του σώματος. Σημειώστε τη διασύνδεση των νεφρών προς τα δύο κύρια αιμοφόρα αγγεία που βρίσκονται μεταξύ τους.*

στο οπίσθιο τοίχωμα της κοιλότητας του σώματος (εικόνα 20-5, σελίδα 426). Οι μονάδες λειτουργίας ενός νεφρού είναι οι νεφρώνες, που φαίνονται σε κατά μήκος τομή νεφρού ως ένα πυκνό σύστημα σωληναρίων στη φλοιώδη ουσία του νεφρού (εικόνα 10-6 σελίδα 427). Κάθε νεφρό περιέχει περίπου ένα εκατομμύριο νεφρώνες. Ένας νεφρώνας είναι επιμήκης και περιελιγμένος. Το ένα άκρο του ανοίγει σε ένα πόρο που συλλέγει τα ούρα. Το άλλο άκρο είναι ένα κύπελλο που περιβάλλει μία μάζα τριχοειδών αίματος. Άλλα τριχοειδή αίματος σχηματίζουν ένα δίκτυο, που περιβάλλει το νεφρώνα σε όλο του το μήκος. Αυτή η στενή διασύνδεση μεταξύ αίματος και νεφρών είναι πολύ σπουδαία. Όπως δείχνει η εικόνα 20-6, οι αλληλοπεριελισσόμενοι νεφρώνες και τριχοειδή παρέχουν οφθαλμοφανείς ενδείξεις της στενής αλληλοεξαρτήσεώς τους.

Το κύπελλο κάθε νεφρώνα ονομάζεται έλυτρο του Μπόουμαν. Η στρογγυλή μάζα των τριχοειδών μέσα στο κύπελλο ονομάζεται σπείραμα. Το τοίχωμα κάθε σωληναρίου δεν είναι ποτέ πιο παχύ από το πάχος ενός κυττάρου και συχνά υπάρχει απευθείας επα-



Εικόνα 20-6 *Τομή διά μέσου του νεφρού του ανθρώπου (αριστερά) και μεγεθυμένη άποψη ενός νεφρώνα (δεξιά) και των τριχοειδών που τον περιβάλλουν.*

φή μεταξύ του τοιχώματος του τριχοειδούς του αίματος, που έχει επίσης πάχος ενός κυττάρου. Για την ακρίβεια, σε πολλές θέσεις κατά μήκος του σωληναρίου το τριχοειδές και τα κύτταρα του σωληναρίου φαίνονται να συντήκονται σε μία αδιαίρετη δομή. (Αυτό παρατηρείται επίσης μερικές φορές στις κυψελίδες των πνευμόνων, όπου τριχοειδή και ιστός του πνεύμονα φαίνονται να συντήκονται).

Το σωληνάριο ενός νεφρώνα οδηγεί σε ένα συλλεκτήριο σωλήνα. Ο σωλήνας αυτός οδηγεί με τη σειρά του σε ένα μεγαλύτερο και τελικά όλα τα ούρα συγκεντρώνονται σε ένα μεγάλο σωλήνα, τον ουρητήρα, που οδηγεί από το νεφρό στην ουροδόχο κύστη (εικόνα 20-5).

Τα νεφρά καθαρίζουν όλο το αίμα του σώματος με ρυθμό, που ισοδυναμεί με καθαρισμό όλου του αίματος 30 περίπου φορές την ημέρα. Αυτό επιτυγχάνεται με το πλούσιο δίκτυο αιμοφόρων αγγείων, που φαίνεται στις εικόνες 20-5 και 20-6.

Το ερώτημα είναι: Πώς τα νεφρά πραγματοποιούν όλα αυτά με τους δύο εκατομμύρια, ή περίπου τόσους, νεφρώνες τους;

20-8
Το αίμα διηθείται από τους νεφρώνες

Τα τελευταία 40 περίπου χρόνια έχουν συλλεχθεί αξιοσημείωτα δεδομένα για τα νεφρά. Μία εξαιρετικά λεπτή τεχνική έχει χρησιμοποιηθεί για τη συλλογή των δεδομένων

αυτών. Εξαιρετικά λεπτοί γυάλινοι σωλήνες τοποθετούνται σε διάφορες περιοχές των νεφρώνων σε αναισθητοποιημένα ζώα (εικόνα 20-7). Μέσω των σωλήνων αυτών παραλαμβάνεται υγρό από διάφορες περιοχές ενός νεφρώνα και αναλύεται χημικά. Τα υγρά στις διάφορες περιοχές διαφέρουν.

Μελέτες έχουν γίνει επίσης σε άρρωστους ανθρώπους με προβλήματα στα νεφρά. Ως αποτέλεσμα των μελετών αυτών γνωρίζομε ίσως περισσότερα για τις λειτουργίες του ανθρώπινου νεφρού παρά για τα απεκκριτικά συστήματα των άλλων ζώων, για τα οποία διαβάσατε προηγουμένως στο κεφάλαιο αυτό.

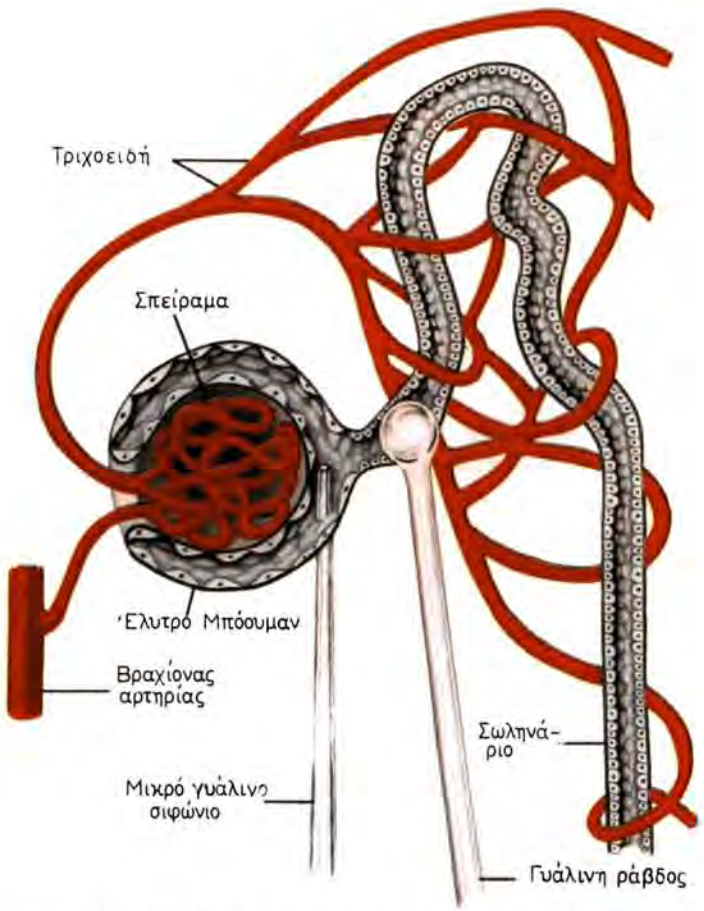
Τα πειράματα με τους γυάλινους σωλήνες έχουν αποκαλύψει ότι, καθώς το αίμα ρέει μέσω του σπειράματος, όλα τα συστατικά του αίματος, εκτός από τις περισσότερες πρωτεΐνες του και τα ερυθρά και λευκά κύτταρα, διασχίζουν τις μεμβράνες και εισέρχονται στο συλλεκτήριο ιστό του ελύτρου του Μπόουμαν. Τα αζωτούχα άχρηστα υλικά περιέχονται σε αυτό το σχεδόν πλήρες σε συστατικά πλάσμα αίματος. Το ίδιο ισχύει και για την περίσσεια ιόντων υδρογόνου. Το ίδιο επίσης ισχύει για το μεγαλύτερο ποσοστό του νερού του αίματος.

Καθώς το διηθημένο υγρό από το αίμα ρέει κατά μήκος του σωληναρίου, όλο και περισσότερα άχρηστα υλικά απομακρύνονται από τα τριχοειδή αίματος που τον περιβάλλουν. Με τη σειρά του το αίμα επαναπορροφά τα χρήσιμα συστατικά, τα οποία περνούν προς το έλυτρο Μπόουμαν από το αίμα που υπάρχει εκεί. Η ανταλλαγή αυτή των συστατικών δεν είναι παθητική. Απαιτεί εξειδικευμένες κυτταρικές λειτουργίες και ενεργό μεταφορά. Η γλυκόζη, τα αμινοξέα και πολλά συστατικά επαναπορροφώνται από το αίμα. Η συγκέντρωση των αχρήστων αυξάνει στα συλλεκτήρια σωληνάρια. Μέσω της επαναπορροφήσεως της γλυκόζης οι νεφρώνες ρυθμίζουν το επίπεδο των σακχάρων στο αίμα. Αν το επίπεδο των σακχάρων είναι πολύ υψηλό, όπως στους αρρώστους από διαβήτη, λιγότερη γλυκόζη επαναπορροφάται και αρκετή απεκκρίνεται με τα ούρα. Αν το επίπεδο των σακχάρων στο αίμα είναι χαμηλό, σχεδόν όλη η γλυκόζη στους νεφρώνες επαναπορροφάται από το αίμα και δεν υπάρχει γλυκόζη στα ούρα.

Τα αυξανόμενα σε συγκέντρωση άχρηστα υλικά και τα υγρά συνεχίζουν τη ροή μέσω των συλλεκτηρίων σωλήνων. Στα ευρύτερα τμήματα των σωλήνων, τη μυελώδη ουσία των νεφρών (εικόνα 20-6), ρυθμίζεται η ισορροπία νερού - αλάτων. Εδώ περίπου το 99% του νερού που άφησε τα τριχοειδή αίματος και εισήλθε στους νεφρώνες επαναπορροφάται από το αίμα. Το νεφρό επιτυγχάνει αυτό διατηρώντας υψηλή συγκέντρωση αλάτων στον ιστό της μυελώδους ουσίας αναγκάζοντας το νερό να εγκαταλείψει διά οσμώσεως τους συλλεκτήριους σωλήνες και να επαναεισέλθει στους ιστούς και στην κυκλοφορία του αίματος.

Καθώς το νερό επαναπορροφάται και αυξάνει η συγκέντρωση των ούρων, τα περισσότερα από τα άχρηστα αζωτούχα υλικά βρίσκονται υπό μορφή ουρίας. Μερικά βρίσκονται ως κρύσταλλοι ουρικού οξέος, που παράγονται από την αποικοδόμηση αλλοιωμένων μορίων νουκλεϊνικών οξέων στο ήπαρ. Οι κρύσταλλοι ουρικού οξέος, αν μεγαλώσουν, σχηματίζουν τις πέτρες των νεφρών και εμποδίζουν τη διέλευση των ούρων προς τον ουρητήρα. Η διέλευση μιας πέτρας των νεφρών προς τον ουρητήρα είναι εξαιρετικά επώδυνη. Φυσιολογικά όμως οι σχεδόν αδιάλυτοι κρύσταλλοι του ουρικού οξέος είναι πολύ μικροί και παρασύρονται με τα ούρα έξω από τα νεφρά.

Το καθαρό αποτέλεσμα των λειτουργιών των νεφρών είναι η ρύθμιση του επιπέδου του σακχάρου στο αίμα· η απομάκρυνση των αζωτούχων αχρήστων υλικών από το αίμα· η ρύθμιση της ισορροπίας νερού - αλάτων (και η επαναρρόφηση του νερού)· και η απέκκριση μέσα σε όρια της περίσσειας των αλάτων. Εντούτοις οι νεφροί δεν είναι δυνατόν να απεκκρίνουν υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων, όπως το ίδιο δεν είναι δυνατόν να γίνει στους αδένες του δέρματος με τον ιδρώτα. Φυσιολογικά οι άνθρωποι δεν τρώνε ή πίνουν συστατικά με υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων. Όταν αυτό γίνει, όπως όταν πιουν θαλασσινό νερό, τότε δημιουργούνται προβλήματα. Αντί να αναπληρώνεται το νερό του σώματος, χάνεται περισσότερο νερό, στην προσπάθεια να απεκκριθούν τα άλατα. Γι' αυτό οι ναυαγοί πεθαίνουν συχνά στις σχεδίες ή τις σωσίβιες λέμβους από αφυδάτωση προτού τους ανεύρουν.



Εικόνα 20-7 *Με μία γυάλινη ράβδο να φράζει το νεφρώνα, παραλαμβάνεται υγρό από το έλυτρο του Μπόουμαν μέσω ενός μικρού γυάλινου σιφωνίου. Το υγρό αναλύεται. Η διαδικασία αποφράξεως – και – σωληνώσεως μπορεί να επαναληφθεί σε όλο το μήκος του νεφρώνα. Το υγρό που παραλαμβάνεται σε κάθε σημείο αναλύεται. Με τη σειρά αυτή δειγματοληψιών οι βιολόγοι έχουν μάθει τι υλικά από το αίμα εισέρχονται στο έλυτρο του Μπόουμαν και σε ποιο σημείο κατά μήκος του νεφρώνα κάθε υλικό που χρειάζεται από το σώμα επαναπορροφάται από το νεφρώνα προς το σώμα.*

Μία άλλη ακόμη λειτουργία των νεφρώνων των νεφρών είναι η ρύθμιση του pH του αίματος, όπως διαβάσατε προηγουμένως. Συνήθως το αίμα στις αρτηρίες είναι ελαφρά αλκαλικό (pH = 7,4). Αν το pH ανέλθει, οι νεφρώνες στα νεφρά απεκκρίνουν από το αίμα δικαρβοξυλικά και άλλα ιόντα, που αντιδρούν με τα ιόντα υδρογόνου και συγκρατούν τη συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου χαμηλή. Έτσι παραμένουν στο αίμα περισσότερα ιόντα υδρογόνου και το pH πέφτει. Αντίθετα, αν υπάρχουν πολλά ιόντα υδρογόνου στο αίμα, τότε το pH μπορεί να κατέλθει σε 7,3 ή 7,2. Τότε οι νεφρώνες στα νεφρά απομακρύνουν ιόντα υδρογόνου από το αίμα, έως ότου το pH ανέλθει πάλι.

Τα νεφρά πραγματοποιούν και άλλες λειτουργίες, αλλά οι τέσσερις για τις οποίες διαβάσατε – ρύθμιση σακχάρου αίματος, ισορροπία νερού - αλάτων, απέκκριση αχρήστων αζωτούχων υλικών και ρύθμιση pH – κατατάσσουν τα ανθρώπινα νεφρά σε ξεχωριστή κατηγορία από τα νεφρά των θαλασσίων ιχθύων, για παράδειγμα. Ξαναμελετήστε τις περιορισμένες λειτουργίες των νεφρών στα θαλάσσια ψάρια, για να αντιληφθείτε πόσο έχουν εξελιχθεί οι λειτουργίες των νεφρών στα ανθρώπινα όντα. Στο επόμενο κεφάλαιο θα δείτε πώς οι ορμόνες ρυθμίζουν παρόμοιες λειτουργίες.

Βιολογία Περιληπτικά

Ο τεχνητός νεφρός μία μηχανή που σώζει ζωές

Η ασθενής αυτή υφίσταται αιμοδιάλυση ή αιμοκάθαρση υπό την επίβλεψη της Κάθυ Τζόνσον, προϊσταμένης νοσοκόμου. Τα νεφρά της ασθενούς δεν λειτουργούν κανονικά. Χωρίς τη βοήθεια της μηχανικής του τεχνητού νεφρού θα είναι βαριά ασθενής. Καθώς τα άχρηστα υλικά θα συγκεντρώνονται στο αίμα της, θα αρχίσουν να δηλητηριάζουν το σώμα της. Η αιμοδιάλυση με τη μέθοδο του τεχνητού νεφρού απομακρύνει αυτά τα άχρηστα υλικά, όπως φυσιολογικά θα έκαναν τα νεφρά.

Προσέξτε τους δύο σωλήνες στο βραχίονα της ασθενούς. Ο ένας συνδέεται με μία αρτηρία και φέρει το αίμα από την ασθενή με το μηχανικό νεφρό. Ο άλλος, συνδεδεμένος με μία φλέβα, φέρει το «καθαρισμένο» αίμα από τη μηχανή πίσω στην ασθενή. Η μηχανή του τεχνητού νεφρού αποτελείται από αντλίες και θαλάμους αναμίξεως για την άντληση του αίματος και τη σωστή ανάμιξη στο λουτρό διαπιδύσεως. Η συσκευή διαπιδύσεως ή τεχνητός νεφρός αποτελείται από μία ημιπερατή μεμβράνη, που επιτρέπει τη διάχυση ορισμένων συστατικών διά μέσου αυτής (ουρίας και κρεατινίνης) όχι όμως άλλων (ερυθροκυττάρων).

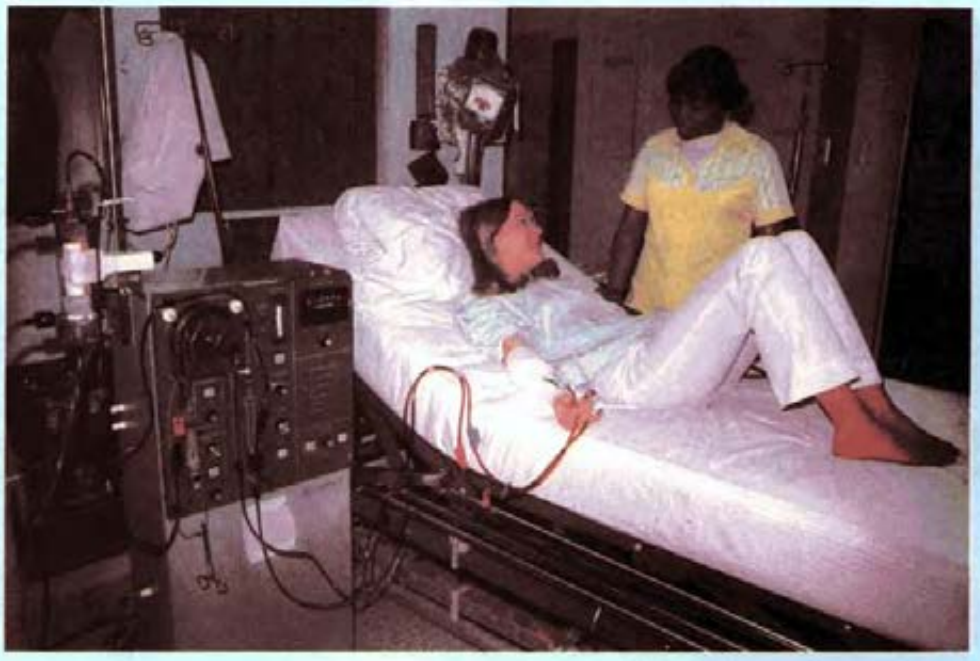
Το λουτρό διαπιδύσεως διαβρέχει την εξωτερική επιφάνεια της ημιπερατής μεμβράνης, ενώ το αίμα κυκλοφορεί προς την εσωτερική επιφάνεια της μεμβράνης. Ηλεκτρονικοί ρυθμιστές ρυθμίζουν όλες τις λειτουργίες της μηχανής. Η Κάθυ Τζόνσον παρακολουθεί τη μηχανή και την ασθενή κατά τη διάρκεια του καθαρισμού. Επειδή η λειτουργία της μηχανής και η κατάσταση της ασθενούς είναι ζήτημα ζωής και θανάτου, οι νοσοκόμες που εργάζονται στην αιμοδιάλυση περνούν από εντατική και σε βάθος εκπαίδευση, που τις καθιστά εξειδικευμένο προσωπικό στην αιμοδιάλυση και νοσοκομειακή περίθαλψη των νεφροπαθών.

Χρησιμοποιήστε σωλήνα διαπιδύσεως στο πρόβλημα 19-Α. Η μεμβράνη διαπιδύσεως της μηχανής είναι αρκετά όμοια. Είναι μία ημιπερατή μεμβράνη κατασκευασμένη από κυτταρίνη ή άλλο πλαστικό υλικό. Υλικά που είναι δυνατόν να περνούν μέσα από τα τοιχώματα των τριχοειδών του αίματος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Παρά το ότι οι θαλάσσιοι ιχθείς έχουν νεφρά, οι λειτουργίες της απεκκρίσεως και της ισορροπίας νερού - αλάτων γίνονται κυρίως στα βράγχια. Οι θαλάσσιες χελώνες και τα πτηνά που τρέφονται με ωκεάνιους οργανισμούς έχουν αδένες απεκκρίσεως αλάτων στο κεφάλι τους. Τα νεφρά τους είναι πιο εξελιγμένα από αυτά των θαλασσίων ιχθύων.

Τα ανθρώπινα νεφρά είναι πολύ εξελιγμένα από άποψη λειτουργιών. Μαζί με το ήπαρ απεκκρίνουν αζωτούχα άχρηστα υλικά, κυρίως υπό μορφή ουρίας, αλλά και λίγου ουρικού οξέος, με τα ούρα. Τα νεφρά στον



και των νεφρώνων των νεφρών είναι δυνατόν να περνούν επίσης μέσα από τη μεμβράνη διαπιδύσεως.

Το λουτρό διαπιδύσεως της μηχανής περιέχει ένα διάλυμα υλικών ή χημικών ενώσεων, που φυσιολογικά βρίσκονται στο σώμα (για παράδειγμα άλατα, ασβέστιο και μαγνήσιο). Τα χημικά του διαλύματος είναι σε χαμηλότερη συγκέντρωση από ό,τι στο σώμα. Καθώς το αίμα της ασθενούς κυκλοφορεί μέσω της μεμβράνης, εκτίθεται στο διάλυμα, και τα χημικά προϊόντα κινούνται από την ασθενή μέσω των πόρων της μεμβράνης προς το διάλυμα διαπιδύσεως και κατόπιν απομακρύνονται. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται καθ' όλη τη διάρκεια της αιμοδιαλύσεως (4-6 ώρες από 2-3 φορές την εβδομάδα). Η μηχανή είναι αποδοτική και είναι σε θέση να απομακρύνει ουρία και κρεατίνη ταχύτερα από ένα κανονικό νεφρό.

Μία μηχανή νεφρού δεν απομιμείται όλες τις λειτουργίες ενός φυσικού νεφρού. Παρόλα αυτά οι ασθενείς είναι δυνατόν να ζήσουν απεριόριστα, χρησιμοποιώντας τη μηχανή. Ακόμη και ασθενείς με νεφρά που λειτουργούν κανονικά και οι οποίοι είναι θύματα τοξικών ουσιών μπορούν να καθαρίσουν ταχύτερα το αίμα τους από υπερβολικές δόσεις ασπιρίνης, βαρβιτουρικών και βρωμιούχων. Η απομάκρυνση των χημικών αυτών ουσιών με αιμοδιάλυση εξαρτάται από τα μοριακά βάρη και τις δομές των χημικών ουσιών, δηλαδή αν είναι εφικτό να περάσουν μέσα από τους πόρους μεμβράνης διαπιδύσεως.

άνθρωπο είναι επίσης τα όργανα ισορροπίας νερού-αλάτων, συνεισφέροντα με τον τρόπο αυτό, καθώς και με την απομάκρυνση των αχρήστων υλικών, στην ομοιόσταση. Επίσης τα νεφρά είναι τα όργανα του ανθρώπου, που επιδρούν απευθείας στο επίπεδο του σακχάρου στο αίμα και το pH, συνεισφέροντας και με τους δύο άλλους αυτούς τρόπους στη διατήρηση της ομοιοστάσεως.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Τι είναι νεφρώνας;
2. Ποια είναι κυρίως τα άχρηστα αζωτούχα

υλικά στους θαλάσσιους ιχθείς; Ποιο άλλο άχρηστο αζωτούχο υλικό των ιχθύων αποτελεί τον κύριο τρόπο απεκκρίσεως αχρήστων αζωτούχων υλικών στον άνθρωπο;
3. Τι είναι οι πέτρες των νεφρών;
4. Πώς διατηρείται η ισορροπία νερού-αλάτων στους θαλάσσιους ιχθείς; Στις χελώνες; Στους ανθρώπους;
5. Πώς ρυθμίζεται το pH στους ανθρώπους;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑ ΣΗΜΕΙΑ

Η διατήρηση της ισορροπίας του νερού-αλάτων είναι ένα από τα προβλήματα της ομοιοστάσεως στους οργανισμούς. Οργανισμοί των γλυκών νερών λύνουν αυτό το πρόβλημα, απομακρύνοντας το νερό που εισέρχεται διαρκώς στο σώμα τους, ενώ συγχρόνως περισώζουν τα άλατα του σώματός τους. Τα σφυγμώδη κενοτόπια στα πρώτιστα και τα φλογώδη κύτταρα στις πλανάριες λειτουργούν κυρίως για την απομάκρυνση του νερού. Οργανισμοί αλμυρών υδάτων και χερσαίοι οργανισμοί έχουν το αντίθετο πρόβλημα, καθώς πρέπει να διατηρούν το νερό και να απεκκρίνουν τα άλατα. Η διατήρηση της ισορροπίας νερού-αλάτων είναι ένα μόνο από τα προβλήματα, που συνδέονται με τη διατήρηση ισορροπίας υλικών κατά την ομιόσταση, αλλά είναι ένα από τα κύρια προβλήματα.

Η απέκκριση αχρήστων υλικών είναι ένα ειδικό πρόβλημα της ομοιοστάσεως. Κάθε ζωντανό κύτταρο ενός οργανισμού παράγει συνεχώς άχρηστα παραπροϊόντα των κυτταρικών του λειτουργιών. Επί πλέον τμήματα του κυττάρου, ένζυμα, ορμόνες και νουκλεϊνικά οξέα αλλοιώνονται ή φθείρονται και πρέπει να αντικατασταθούν και να απομακρυνθούν και άχρηστα υλικά. Τα αζωτούχα άχρηστα υλικά αποβάλλονται κυρίως υπό τρεις μορφές: ως αμμωνία, ως ουρία και ως ουρικό οξύ. Το διοξείδιο του άνθρακα απεκκρίνεται ως αέριο διά διαχύσεως μέσω επικαλύμματος του σώματος ή διά διαχύσεως μέσω τραχειών (έντομα), βραγχίων (ιχθείς) ή πνευμόνων (ωκεάνια θηλαστικά και χερσαία σπονδυλωτά ζώα, συμπεριλαμβανόμενου του ανθρώπου).

Τα αζωτούχα άχρηστα υλικά, ως προς το είδος τους, συνδέονται με τη διατήρηση ισορροπίας νερού-αλάτων μεταξύ του οργανισμού και του περιβάλλοντος. Η αμμωνία είναι τοξική, αλλά είναι δυνατόν να διαλυθεί σε μεγάλες ποσότητες νερού. Είναι το κύριο άχρηστο προϊόν, που παράγουν οι ιχθείς των γλυκών νερών και οι ωκεάνιοι οργανισμοί. Η ουρία είναι λιγότερο τοξική από την αμμωνία, αλλά απαιτεί επίσης νερό, αν και λιγότερο από την αμμωνία, για την απέκκρισή της. Το ουρικό οξύ δεν είναι τοξικό, γιατί είναι σχεδόν αδιάλυτο. Το είδος αυτό αζωτούχου άχρηστου υλικού έχει επικρατήσει εξελικτικά σε ζώα, που πρέπει να περισώζουν νερό (για παράδειγμα: έντομα, ερπετά, πτηνά και ορισμένα θηλαστικά).

Τα νεφρά του ανθρώπου έχουν εξελιχθεί περισσότερο από τα νεφρά πολλών άλλων οργανισμών στα προβλήματα διατηρήσεως της ομοιοστάσεως. Απομακρύνουν άχρηστα αζωτούχα υλικά (που σχηματίζονται στο ήπαρ) και ρυθμίζουν το επίπεδο του σακχάρου στο αίμα, την ισορροπία νερού - αλάτων και το pH του αίματος. Επίσης ρυθμίζουν την ισορροπία άλλων υλικών, που συνδέονται με την ομοιόσταση. Η κύρια μορφή αζωτούχων αχρήστων υλικών στους ανθρώπους είναι η ουρία, διαλυμένη στο νερό (που περιέχει και άλλα άχρηστα υλικά) ως ούρα.

Μία δεύτερη μορφή αζωτούχων αχρήστων υλικών στον άνθρωπο είναι το ουρικό οξύ, που είναι δυνατόν να δημιουργήσει πέτρες στα νεφρά, αν δεν απομακρύνεται διαρκώς προς τα ούρα. Το ουρικό οξύ στους ανθρώπους φαίνεται ότι προέρχεται κυρίως από την αποικοδόμηση των νουκλεϊνικών οξέων στο ήπαρ.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πώς τα φυτά χάνουν ή απομακρύνουν συνήθως το νερό; Πώς μερικά φυτά απομακρύνουν την περίσσεια του νερού;
2. Πώς τα φυτά απεκκρίνουν τα άλατα; (Ονομάστε δύο όργανα του φυτού που εμπλέκονται σε αυτό).
3. Με ποια έννοια μπορεί να θεωρηθεί η εναπόθεση αχρήστων υλικών στα φύλλα ως απέκκριση για τα φυτά που χάνουν και αναπληρώνουν τα φύλλα τους;
4. Πόσοι από τους ακόλουθους μηχανισμούς, σε ζώα εκτός από τον άνθρωπο,

ρυθμίζουν μία ή περισσότερες ισορροπίες υλικών, που επίσης ρυθμίζονται στα ανθρώπινα νεφρά;
(α) Νεφρά ιχθύων.
(β) Βράγχια ιχθύων.
(γ) Αδένες αλάτων θαλασσίων χελωνών.
(δ) Κυτταρικές μεμβράνες πρωτίστων.
(ε) Πνεύμονες πτηνών.
(στ) Μαλπιγιανά σωληνάρια ακρίδων.
(ζ) Σφυγμώδη κενοτόπια πρωτίστων.
(η) Τραχείες εντόμων.

5. Ποιος από τους μηχανισμούς της ερωτήσεως 4 έχει την ίδια λειτουργία, όπως τα φλογώδη κύτταρα στις πλανάριες;
6. Ονομάστε τρεις ή περισσότερες προσαρμογές σε διαφορετικούς οργανισμούς για την απέκκριση του διοξειδίου του άνθρακα.
7. Ποια μορφή αζωτούχων αχρήστων υλικών απαιτεί περισσότερο νερό για την απέκκρισή της; Ποια μορφή απαιτεί το λιγότερο νερό;
8. Τι είναι ο νεφρώνας; Περιγράψτε την αλληλοεπίδρασή του με τα τριχοειδή του αίματος, που υπάρχουν στο έλυτρο του Μπόουμαν και το δίκτυο των τριχοειδών, που περιβάλλει το σωληνάριό του.
9. Υπό ποιες συνθήκες το σάκχαρο εξέρχεται στα ούρα των ανθρώπων;
10. Ποια από τις λειτουργίες αυτές δεν γίνεται στα ανθρώπινα νεφρά;
(α) Ρύθμιση ισορροπίας νερού-αλάτων.
(β) Ρύθμιση pH.
γ. Ρύθμιση ισορροπίας οξυγόνου-διοξειδίου άνθρακα στο αίμα.
(δ) Ρύθμιση επιπέδου σακχάρου αίματος.
(ε) Απέκκριση αζωτούχων αχρήστων υλικών.

ΑΡΘΡΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΒΑΣΜΑ

Guyton, A. C. *Physiology of the Human Body*. Philadelphia, W. B. Saunders Co., 1979.

Langley, L., and J. B. Christensen. *Structure and Function of the Human Body*. Minneapolis, Burgess Publishing Company, 1978.

Pitts, R. F. *Physiology of the Kidney and Body Fluids*. Chicago, Yearbook Medical Publishers, 1974.

Sullivan, L. P. *Physiology of the Kidney*. Philadelphia, Lea and Febiger, 1974.

Weldy, N. J. *Body Fluids and Electrolytes*. St. Louis, C. V. Mosby Publishing Company, 1976.



ΜΕΡΟΣ ΕΚΤΟ



Λειτουργίες της Ζωής ΙΙ: Ρύθμιση και Συντονισμός

Αυτή είναι η εμφάνιση μιας αγριόκοτας με το θερινό της πτέρωμα. Και όμως, κατά τη διάρκεια του χειμώνα η ίδια αγριόκοτα θα έχει χρώμα τελείως λευκό. Αιτία του διαφορετικού θερινού και χειμερινού πτερώματος της αγριόκοτας είναι οι εποχιακές διαφορές. (Ποιοι παράγοντες νομίζετε ότι επεμβαίνουν;) Και οι φυλετικές και οι εποχιακές διαφορές στους πολυκύτταρους οργανισμούς ρυθμίζονται εσωτερικά. Με τον ίδιο τρόπο ρυθμίζονται και όλες οι άλλες λειτουργίες της ζωής. Οι ορμόνες και το νευρικό σύστημα είναι οι ρυθμιστές.

Ορμόνες και Ενδοκρινικά Συστήματα

21



Συγγενείς ορμόνες σε διάφορα θηλαστικά, που επιδρούν στην αρσενική και θηλυκή συμπεριφορά, σχεδόν σας πείθουν ότι αυτά τα θηλαστικά είναι «κόσμος» που γνωρίζετε.

Έρευνες για τη λειτουργικότητα των ορμονών γίνονται κατά τα τελευταία χρόνια. Ελάχιστες ποσότητες από τις ουσίες έχουν προφανή αποτελέσματα στη ρύθμιση των λειτουργιών του σώματος. Έχετε ήδη διαβάσει για την ορμονική ρύθμιση του πεπτικού και του αναπαραγωγικού συστήματος. Πολλές άλλες δραστηριότητες των ζώων και των φυτών ρυθμίζονται από ορμόνες. Στο κεφάλαιο αυτό θα δείτε πώς αναπτύχθηκε η γνώση για τις ορμόνες. Ίσως επίσης αποκτήσετε κάποια εμπειρία στο εντυπωσιακό αυτό θέμα με δικά σας πειράματα. Λόγω της περίπλοκης φύσεως της ορμονικής ισορροπίας θα μελετήσετε μόνο λίγα παραδείγματα. Πολλές από τις λειτουργίες των ορμονών είναι γνωστές αλλά άλλες λειτουργίες αποκαλύπτονται και μελετώνται από τους επιστήμονες σήμερα.

Χημική ρύθμιση σε φυτά και σε ζώα

21-1
Οι φυτικές ορμόνες ρυθμίζουν μία ποικιλία φυτικών λειτουργιών

Οι φυτικές ορμόνες είναι συστατικά, που ελέγχουν εσωτερικές λειτουργίες φυτών, όπως ανάπτυξη. Οι ορμόνες παράγονται σε μικρές ποσότητες. Δρουν σε μέρη του φυτού, αλλά μακριά από το μέρος που τα παράγει. Οι αυξίνες είναι ειδικές ορμόνες που ρυθμίζουν την ανάπτυξη του φυτού. Η δράση των ορμονών αυτών έχει μελετηθεί σε πειράματα όμοια με αυτά που θα δείτε στο πρόβλημα 21-Α. Άλλες φυτικές ορμόνες ρυθμίζουν λειτουργίες, όπως η άνθηση και η καρποφορία ή η πτώση των φύλλων κατά το φθινόπωρο.

Οι φυτικές ορμόνες παράγονται από μεμονωμένα κύτταρα διεσπαρμένα σε όλο το σώμα του φυτού. Τα κύτταρα αυτά δεν είναι ομαδοποιημένα μαζί σε εξειδικευμένες περιοχές, όπως οι αδένες στα ζώα. Τα φυτά δεν έχουν αδένες.

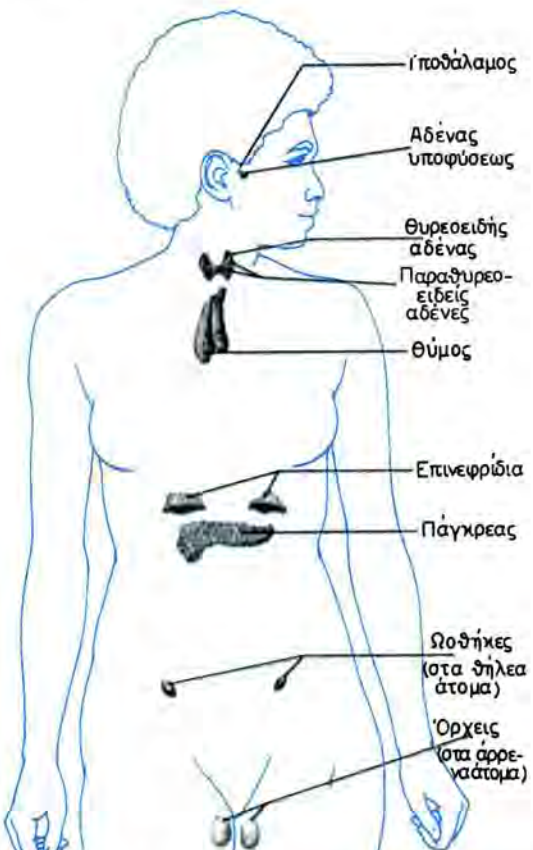
Οι φυτικοί ιστοί παράγουν επίσης ορμόνες, που επιβραδύνουν ή και αναστέλλουν την ανάπτυξη. Οι ορμόνες αυτές ονομάζονται φυτικοί αναστολείς. Αρκετοί αναστολείς έχουν απομονωθεί και έχει βρεθεί ότι ρυθμίζουν λειτουργίες, όπως η ανάπτυξη των σπερ-

Οι βιοχημικοί έχουν κατορθώσει να συνθέσουν συνθετικούς ρυθμιστές της φυτικής ανάπτύξεως. Ένα πολύ γνωστό παρασιτοκτόνο, που ονομάζεται 2,4-D, είναι συνθετική αυξίνη που καταστρέφει τα παράσιτα με χημικό τρόπο. Παράσιτα που ψεκάζονται με 2,4-D αναπτύσσονται πολύ γρήγορα, κατόπιν ζαρώνουν και νεκρώνονται. Ο τρόπος με τον οποίο το 2,4-D νεκρώνει τα παράσιτα δεν έχει γίνει τελείως κατανοητός.

Η συνεχιζόμενη έρευνα των φυσικών φυτικών ορμονών θα φέρει περισσότερο φως στη χημική ρύθμιση των φυτών. Οι δοκιμές με διάφορα είδη οργανικών μορίων θα βοηθήσουν στην παραγωγή συνθετικών ρυθμιστών, που θα παρακινούν ή θα αναστέλλουν την ανάπτυξη του φυτού. Τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών θα βοηθήσουν τους ανθρώπους να καλύψουν τις αυξανόμενες ανάγκες τους για τροφή.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 21-Α. Τι προκαλεί την ανάπτυξη ενός φυτού προς το φως; Σελίδα 661.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 21-Β. Πώς το φως ή η απουσία του επιδρούν στην ανάπτυξη των βλαστών των φυτών; Σελίδα 664.



Εικόνα 21-1 *Μερικοί από τους κυριότερους ενδοκρινείς αδένες του σώματος του ανθρώπου. Ο υποθάλαμος είναι τμήμα του εγκεφάλου και συνδέει το νευρικό με το ενδοκρινικό σύστημα. Εκκρίνει επίσης ορμόνες.*

21-2
Χημικές ουσίες βοηθούν τα ζώα στη διατήρηση της ομοιοστάσεως

Περίπου 100 χρόνια πριν, ο φυσιολόγος Κλαύδιος Μπερνάρ έδειξε πώς διάφορα μέρη ενός πολυκυττάρου οργανισμού συνεργάζονται. Ο Μπερνάρ οδηγήθηκε στο συμπέρασμα ότι οι διάφορες λειτουργίες του σώματος πρέπει να «καθοδηγούνται από κάποιο αόρατο οδηγό» που ρυθμίζει τις σχέσεις μεταξύ τους (παράγραφος 17-12). Η ιδέα της ομοιοστάσεως, η οποία διατηρεί ένα σταθερό εσωτερικό περιβάλλον, εμφανίσθηκε στον Μπερνάρ ως η πιο εκπληκτική ιδιότητα όλων των εμβίων όντων.

Οι επιστήμονες έχουν από τότε ανακαλύψει ότι οι αόρατοι οδηγοί του Μπερνάρ είναι στην πραγματικότητα χημικές ουσίες διαλυμένες στα υγρά του σώματος. Κύτταρα σε ένα μέρος του σώματος επιδρούν σε κύτταρα σε άλλο μέρος του μέσω χημικών ουσιών. Μερικές χημικές ουσίες που ρυθμίζουν το σώμα, όπως το οξυγόνο, οι βιταμίνες και τα άλατα προέρχονται από το εξωτερικό του σώματος. Το σώμα δημιουργεί άλλες χημικές ουσίες, όπως ένζυμα και ορμόνες, που βοηθούν στη διατήρηση του εσωτερικού περιβάλλοντος. Έχετε δει πολλά παραδείγματα του τρόπου, με τον οποίο τα ένζυμα, σπουδαία πρωτεϊνικά συστατικά, δρουν ως καταλύτες στις χημικές αντιδράσεις μέσα στο κύτταρο. Για παράδειγμα, κάθε στάδιο της αναπνοής ενός κυττάρου ρυθμίζεται από κάποιο εξειδικευμένο ένζυμο (παράγραφος 7-4). Διαβάστε επίσης για τα ένζυμα πέψεως στο κεφάλαιο 19.

Οι ορμόνες των ζώων είναι χημικές ουσίες, που εκκρίνονται απευθείας στην κυκλοφορία του αίματος από ειδικούς ιστούς, οι οποίοι ονομάζονται ενδοκρινείς αδένες (εικόνα 21-1). Οι ορμόνες δεν μπορούν να φθάσουν απευθείας στα όργανα που ρυθμίζουν, γιατί δεν υπάρχουν αγωγοί ή σωλήνες οι οποίοι να συνδέουν τους αδένες που εκκρίνουν τις ορμόνες με τα όργανα στα οποία επιδρούν οι ορμόνες. Οι ορμόνες εκκρίνονται στο αίμα, μεταφέρονται μέσω της κυκλοφορίας του αίματος και οδηγούνται στα όργανα που ρυθμίζουν.

Πολλοί άλλοι αδένες του σώματος έχουν σωλήνες ή αγωγούς διανομής. Οι ιδρωτοποιοί αδένες, οι σιελογόνοι αδένες και οι αδένες του πεπτικού συστήματος διανέμουν τις εκκρίσεις τους απευθείας εκεί που οι εκκρίσεις αυτές δρουν. Για τους ιδρωτοποιούς αδένες αυτό είναι το εξωτερικό του σώματος. Για τους σιελογόνους αδένες είναι το στόμα. Για τους άλλους αδένες πέψεως είναι ο στόμαχος ή το έντερο. Καμιά από τις εκκρίσεις των αδένων αυτών δεν μεταφέρεται διά της κυκλοφορίας του αίματος.

Οι περισσότερες ορμόνες εκκρίνονται στο αίμα από όργανα που λειτουργούν μόνο ως ενδοκρινείς αδένες. Μερικές όμως ορμόνες εκκρίνονται από τα κύτταρα, που εδράζονται σε άλλα όργανα, τα οποία δεν είναι αποκλειστικά ενδοκρινείς αδένες. Για παράδειγμα, γνωρίζετε ήδη ότι ο στόμαχος εκκρίνει την ορμόνη γαστρίνη (παράγραφος 19-6) και ότι το έντερο εκκρίνει τη σεκρετίνη (παράγραφος 19-7).

Μερικές ορμόνες είναι πρωτεΐνες, αλλά

άλλες είναι διαφορετικές χημικές ουσίες. Μερικές φορές είναι δύσκολο να χαράξει κανείς μία σαφή διαχωριστική γραμμή μεταξύ της δράσεως των ορμονών και της δράσεως ορισμένων άλλων χημικών ρυθμιστών, όπως οι βιταμίνες ή τα άλατα. Μία πολύ μικρή ποσότητα μιας ορμόνης μπορεί να έχει τεράστια αποτελέσματα στο όργανο που ελέγχεται ή και σε ολόκληρο το σώμα. Διαβάσατε ήδη πώς οι ορμόνες έχουν εντυπωσιακές επιπτώσεις στους ιστούς της μήτρας κατά τη διάρκεια του αναπαραγωγικού κύκλου των θηλέων (παράγραφοι 11-13 και 11-14). Οι ορμόνες από τον υποθάλαμο, την υπόφυση (εικόνα 21-1) και τις ωοθήκες αλληλοεπιδρούν για τη ρύθμιση του αναπαραγωγικού κύκλου.

Οι ορμόνες και τα νευρικά κύτταρα δρουν μαζί κατά διαφόρους τρόπους για τη ρύθμιση της λειτουργίας ενός οργάνου. Μερικά νευρικά κύτταρα εκκρίνουν ορμόνες. Το νευρικό και το ενδοκρινικό σύστημα διασυνδέονται μέσω του υποθαλάμου. Νευρικά κύτταρα προκαλούν έκκριση πολλών ορμονών και ένας αριθμός ορμονών με τη σειρά τους επιδρά στις αντιδράσεις των νευρικών κυττάρων. Βλέπετε ότι η λειτουργία των ρυθμιστικών μηχανισμών του σώματος είναι πολυσύνθετη.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Και τα ζώα και τα φυτά παράγουν χημικούς ρυθμιστές, που ονομάζονται ορμόνες. Τα φυτά δεν έχουν εξειδικευμένους αδένες, που να παράγουν ορμόνες, αλλά τα φυτικά κύτταρα παράγουν αυξίνες που ρυθμίζουν την αύξηση τμημάτων του φυτού. Οι φυτικές ορμόνες είναι δυνατόν να επιτείνουν ή να αναστείλουν την ανάπτυξή του φυτού. Όχι μόνο οι φυσικές αυξίνες αλλά και μία ποικιλία συνθετικών χημικών προϊόντων χρησιμοποιούνται για την υποβοήθηση της φυτικής παραγωγής.

Πολλές χημικές ουσίες ρυθμίζουν σωματικές λειτουργίες και βοηθούν στη διατήρηση της ομοιοστάσεως στα ζώα. Οι βιταμίνες και τα άλατα είναι ρυθμιστικές ουσίες που προέρχονται από το εξωτερικό του σώματος. Οι εσωτερικοί ρυθμιστές περιλαμβάνουν τα ένζυμα και τις ορμόνες. Οι περισσότερες ορμόνες παράγονται από τους ενδοκρινείς αδένες, δηλαδή από αδένες χωρίς αγωγούς, που εκκρίνουν τα προϊόντα τους απευθείας στο αίμα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Τι είναι η αυξίνη;
2. Πώς μεταφέρονται οι ορμόνες στα όργανα στα οποία επιδρούν;
3. Οι ορμόνες είναι οι μόνοι χημικοί ρυθμιστές του σώματος; Εξηγήστε.
4. Τι είναι ένας ενδοκρινής αδένας;

Αλληλοεπίδραση ορμονών

21-3
Ορισμένες ορμόνες αλληλοεπιδρούν για τη ρύθμιση του επιπέδου της γλυκόζης στο αίμα

Σε ορισμένες περιπτώσεις περισσότερες από μία ορμόνες συνεργάζονται προς ρύθμιση της αυξήσεως ή ελαττώσεως μιας ειδικής λειτουργίας. Παράδειγμα τέτοιου ελέγχου είναι η ρύθμιση της γλυκόζης στο αίμα. Η γλυκόζη είναι σπουδαία πηγή ενέργειας για τα κύτταρα. Μόρια γλυκόζης αφήνουν συνεχώς την κυκλοφορία του αίματος και εισέρχονται στα κύτταρα σε όλο το σώμα. Παράλληλα μεγάλος αριθμός μορίων γλυκόζης εισέρχεται στο αίμα από τα έντερα και το ήπαρ. Και όμως η συγκέντρωση γλυκόζης στο αίμα παραμένει εκπληκτικά σταθερή.

Η ινσουλίνη και η γλυκαγόνη, δύο ορμόνες που σχηματίζονται στο πάγκρεας όπως και η αδρεναλίνη, που σχηματίζεται στα επινεφρίδια (ή αδένες αδρεναλίνης) συνεργάζονται για τη ρύθμιση του επιπέδου γλυκόζης στο αίμα (βλ. και Βιολογία περιληπτικά, Η ανακάλυψη της ινσουλίνης). Η ινσουλίνη επιταχύνει την απομάκρυνση των μορίων της γλυκόζης από το αίμα με ενεργοποίηση της εισόδου της στα κύτταρα του σώματος και του

Βιολογία
Περιληπτικά

Η ανακάλυψη της ινσουλίνης

Μία ασθένεια, που ονομάζεται μελιταίος διαβήτης (η σακχαρώδης διαβήτης), είναι γνωστή υπό διάφορα ονόματα από τον καιρό της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας. Η λέξη διαβήτης συνδέεται με την έννοια του «διέρχομαι» και η λέξη μελιταίος με την έννοια του «γλυκός σαν μέλι». Σάκχαρο (γλυκόζη) διέρχεται από τα νεφρά προς τα ούρα στα άτομα που πάσχουν από την ασθένεια αυτή. Φυσιολογικά αυτό το σπουδαίο για τον οργανισμό σάκχαρο, που βρίσκεται στο αίμα, δεν απεκκρίνεται. Η παρουσία του στα ούρα μπορεί να οφείλεται σε διάφορες αιτίες. Στο διαβήτη η αιτία είναι υψηλή συγκέντρωση στο αίμα.

Η ομοιοστασία είναι δύσκολο να διατηρηθεί σε άτομα με διαβήτη. Η χημεία του σώματός τους δεν είναι εξισορροπημένη. Όταν τα συμπτώματα του διαβήτη γίνουν ακραία, υπάρχει κίνδυνος για τη ζωή του ασθενούς. Παρά το ότι η ασθένεια αυτή είναι γνωστή επί τόσους αιώνες, η αιτία και η αντιμετώπισή της ανακαλύφθηκαν μόλις τον τελευταίο αιώνα.

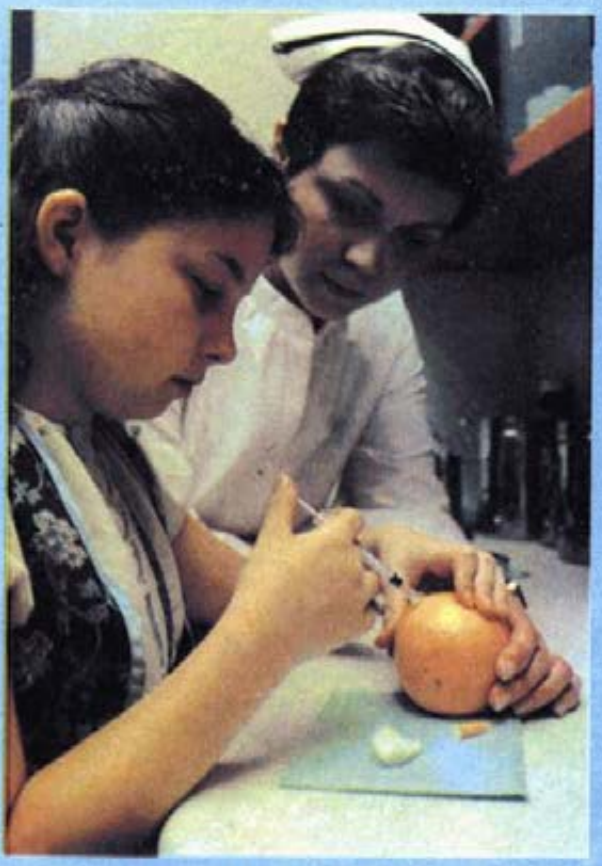
Ένα από τα πρώτα βήματα στην ανακάλυψη της αιτίας του διαβήτη έγινε, όταν αφαιρέθηκε το πάγκρεας από ορισμένα πειραματόζωα. Οι επιστήμονες παρατήρησαν σμήνη από μύγες εκεί που τα ζώα ουρούσαν, αφού συνήλθαν από τη χειρουργική επέμβαση. Εξέταση των ούρων αποκάλυψε την ύπαρξη σακχάρου. Άλλες εξετάσεις έδειξαν ότι τα ζώα υπέφεραν από μία κατάσταση, όμοια με του διαβήτη του ανθρώπου. Οι επιστήμονες έδωσαν στα ζώα εκχυλίσματα από πάγκρεας, αλλά δεν παρατηρήθηκε βελτίωση.

Από τη μελέτη του παγκρέατος βρέθηκε ότι αυτό αποτελείται από δύο ειδών αδενικό ιστό. Το ένα είδος ιστού εκκρίνει ορισμένα ένζυμα πέψεως που οδηγούνται μέσω ενός σωλήνα στο έντερο. Το άλλο είδος ιστού είναι κατανεμημένο σε μικρές νησίδες που ονομάζονται ***νησίδες του Λάνγκερχανς*** από τον επιστήμονα που τις ανεκάλυψε (βλ. μικρή φωτογραφία, σελίδα 441). Οι υποψίες για την αιτιολογία του διαβήτη επικεντρώθηκαν στις νησίδες αυτές.

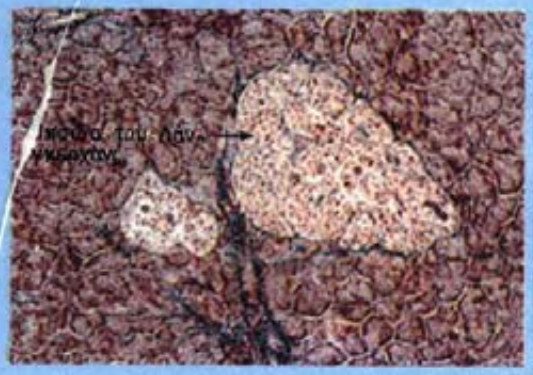
Το 1920 στο Πανεπιστήμιο του Τορόντο, ο Φ.Γ. Μπαντίνγκ, ένας Καναδός χειρουργός και ο Κ.Χ. Μπεστ, ένας φοιτητής ιατρικής, άρχισαν μία νέα σειρά πειραμάτων σε σκύλους. Οι Μπαντίνγκ και Μπεστ υπέθεσαν ότι αλέθοντας το πάγκρεας για την παραλαβή εκχυλίσματος θα προκαλούσε

ήπατος (συκωτιού). Στα κύτταρα του σώματος η γλυκόζη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας ή μπορεί να αποθηκευθεί για μελλοντική χρήση. Η γλυκαγόνη αντίθετα τείνει να αυξήσει τη διακίνηση της γλυκόζης από τα έντερα και το ήπαρ προς το αίμα. Η αδρεναλίνη επιταχύνει την αποικοδόμηση του γλυκογόνου προς γλυκόζη στο ήπαρ και προκαλεί ακόμη μεγαλύτερη αύξηση της γλυκόζης στο αίμα. Ο τρόπος με τον οποίο ρυθμίζεται το επίπεδο γλυκόζης στο αίμα φαίνεται στην εικόνα 21-2 στη σελίδα 442.

Πώς συνεργάζονται οι ρυθμιστές αυτοί για τη διατήρηση της συγκεντρώσεως της γλυκόζης σχεδόν σταθερής στο αίμα; Όταν η συγκέντρωση της γλυκόζης στο αίμα είναι



Eli Lilly and Company



ανάμιξη των ενζύμων πέψεως και πέψη οποιουδήποτε συστατικού συνέθεταν οι νησίδες. Περιέσφιξαν τον παγκρεατικό πόρο στο πάγκρεας των πειραματοζώων. Τα κύτταρα που παρήγαν πεπτικά ένζυμα συρρικνώθηκαν και αδρανοποιήθηκαν. Οι νησίδες όμως επιβίωσαν. Εκχυλίσματα από τις νησίδες αυτές δόθηκαν με ενέσεις σε διαβητικούς σκύλους. Το επίπεδο σακχάρου στο αίμα των σκύλων κατήλθε αμέσως.

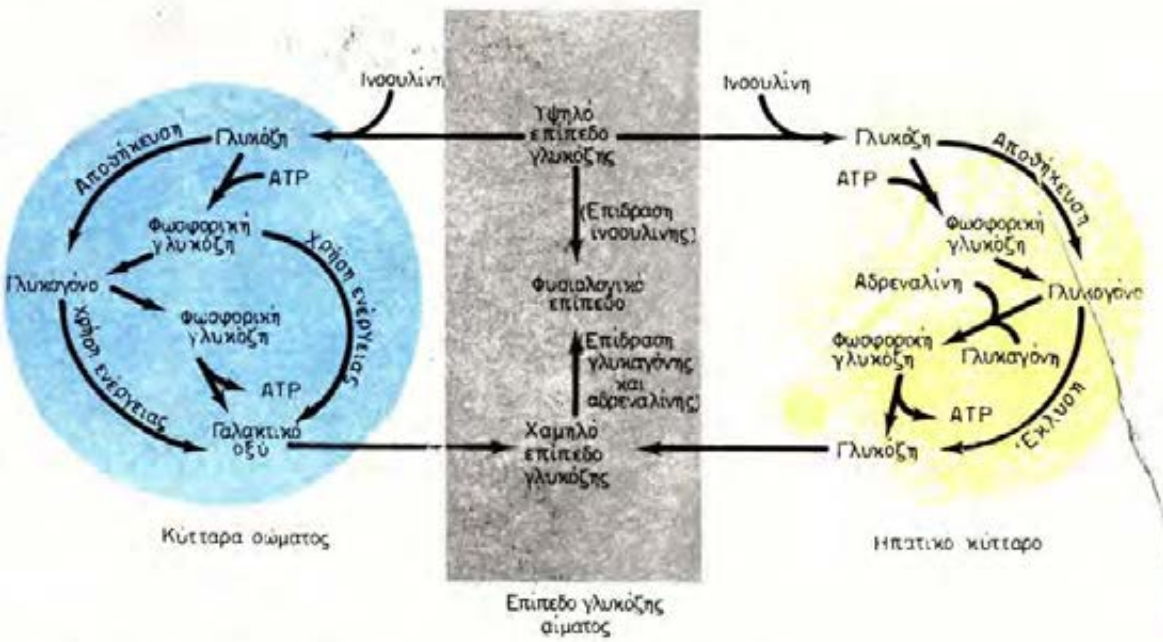
Η ουσία που παραγόνταν στις νησίδες αναγνωρίσθηκε ως ορμόνη και ονομάσθηκε ινσουλίνη. Οι Μπαντίνγκ και Μπεστ αποδείχθηκε ότι είχαν δίκιο, όταν πίστευαν ότι οι νησίδες παρήγαν ένα συστατικό που ρύθμιζε το επίπεδο του σακχάρου στο αίμα.

Η χρήση της ινσουλίνης έχει σώσει εκατομμύρια ζωές. Οι περισσότεροι διαβητικοί μπορούν να έχουν σχεδόν φυσιολογική ζωή όταν παίρνουν με ενέσεις ινσουλίνη.

(Το παιδί που βλέπετε μαθαίνει να κάνει μόνο του ένεση, εξασκούμενο σε ένα πορτοκάλι κάτω από την επίβλεψη νοσοκόμας). Ακόμη καλύτεροι τρόποι αντιμετωπίσεως της ινσουλίνης διερευνώνται, γιατί η αντιμετώπιση με ενέσεις ινσουλίνης είναι δυνατόν να οδηγήσει σε ορισμένα προβλήματα. Θα μπορούσε το ανασυνδυασμένο DNA να παίξει ρόλο στην αντιμετώπιση του ***μελιταίου διαβήτη*** στο μέλλον;

χαμηλή, εκκρίνονται αδρεναλίνη και γλυκαγόνη. Τα συστατικά αυτά προκαλούν αύξηση της γλυκόζης στο αίμα. Υψηλότερα επίπεδα γλυκόζης στην κυκλοφορία του αίματος προκαλούν αύξηση της εκκρίσεως ινσουλίνης στο ήπαρ. Η ινσουλίνη με τη σειρά της προκαλεί απομάκρυνση μορίων γλυκόζης από το αίμα και είσοδό τους στα κύτταρα.

Πώς το επίπεδο γλυκόζης στο αίμα επιδρά στο σχηματισμό και την απελευθέρωση ινσουλίνης και γλυκαγόνης, είναι ακόμη άγνωστο. Εντούτοις το είδος αυτό της ενεργούς ισορροπίας διατηρείται σταθερά στο σώμα σας. Τα νεφρά επίσης δρουν για τη διατήρηση του επιπέδου της γυκόζης (σελίδα 428) ίσως ενεργοποιούμενα από ορμόνες.



Εικόνα 21-2 *Ο μηχανισμός ρυθμίσεως του επιπέδου της γλυκόζης στο αίμα.*

21-4
Ο θυρεοειδής αδένας εκκρίνει μία ορμόνη, που ελέγχει τη λειτουργικότητα των κυττάρων

Ο θυρεοειδής αδένας εκκρίνει μία ορμόνη, που ονομάζεται θυροξίνη, η οποία ρυθμίζει την ταχύτητα ορισμένων βασικών κυτταρικών λειτουργιών του σώματος (βλ. Παράρτημα 21-Β, Η δράση του θυρεοειδούς αδένα ανακαλύπτεται, σελίδα 728). Ένα μέτρο της μεταβολικής δραστηριότητας του κυττάρου είναι η ποσότητα οξυγόνου που χρησιμοποιεί (βλ. πρόβλημα 18-Α, Σύγκριση καταναλώσεως οξυγόνου από μικρά θηλαστικά). Η κατανάλωση οξυγόνου από τα κύτταρα αυξάνει πολύ όταν εκκρίνεται αυξημένη ποσότητα θυροξίνης. Όπως και με άλλες ορμόνες, η θυροξίνη διανέμεται μέσω της κυκλοφορίας του αίματος. Αν ο θυρεοειδής αδένας εκκρίνει μεγάλες ποσότητες της ορμόνης, οι λειτουργίες του σώματος επιταχύνονται. Αν ο θυρεοειδής αδένας εκκρίνει μόνο μικρές ποσότητες ορμόνης, οι κυτταρικές λειτουργίες επιβραδύνονται. Παρά το μεγάλο όγκο ερευνητικής εργασίας, ακόμη δεν γνωρίζομε πώς δρα η θυροξίνη στα κύτταρα προς ρύθμιση του μεταβολισμού τους. Γνωρίζομε ότι η ορμόνη αυτή προκαλεί αυξημένη παραγωγή ορισμένων ενζύμων στα κύτταρα, ειδικότερα μερικών που σχετίζονται με την αναπνοή του κυττάρου. Η θυροξίνη επιδρά επίσης στην αύξηση και ανάπτυξη, ιδιαίτερα των ανωρίμων ζώων.

Ο ανθρώπινος θυρεοειδής αδένας αποτελείται από δύο λοβούς, που συνδέονται μεταξύ τους με μία λεπτή ζώνη ιστού. Οι λοβοί βρίσκονται στις δύο πλευρές της τραχείας, ακριβώς κάτω από τις φωνητικές χορδές (εικόνα 21-3). Αιμοφόρα αγγεία και νεύρα εισέρχονται στους λοβούς. Οι λοβοί αποτελούνται από μικρούς ερυθρωπούς σάκους. Οι σάκοι αυτοί, ονομαζόμενοι θυλάκια, αποτελούνται από κύτταρα, που περιβάλλουν μία κοιλότητα γεμάτη με το κολλοειδές, ένα υλικό σαν πηκτή. Το κολλοειδές και η θυροξίνη παράγονται από τα εκκριτικά κύτταρα (εικόνα 21-4). Η ορμόνη αποθηκεύεται στο κολλοειδές μέχρι τη χρησιμοποίησή της. Η ποσότητα του κολλοειδούς μέσα στα θυλάκια ποικίλλει ανάλογα με την υγεία του ζώου.

Όταν ο θυρεοειδής αδένας εκκρίνει ή πολλή ή λίγη ορμόνη, το μέγεθος του αδένα γενικά αυξάνει. Η κατάσταση αυτή είναι γνωστή ως βρογχοκήλη (βλ. εικόνα 21-5).

Μία σπουδαία ανακάλυψη για το θυρεοειδή αδένα έγινε γύρω στο 1900. Παρατηρήθηκε ότι υπήρχε υψηλή συγκέντρωση ιωδίου στο

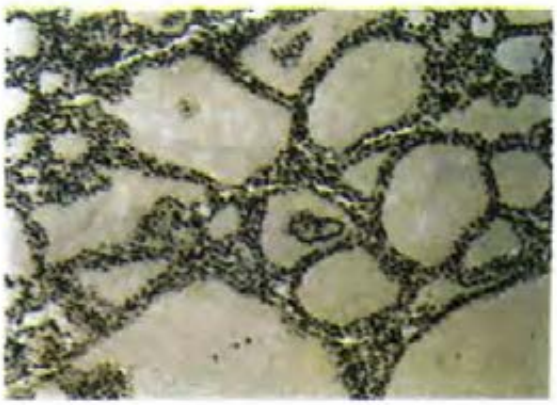
θυρεοειδή αδένα, εκατοντάδες φορές περισσότερου από ό,τι σε οποιονδήποτε άλλο ιστό του σώματος. Βρέθηκε επίσης ότι οι θυρεοειδείς αδένες των ανθρώπων που ζουν κοντά στη θάλασσα περιείχαν περισσότερο ιώδιο από τους θυρεοειδείς αδένες των ανθρώπων που ζουν μακριά από αυτή.

Τον ίδιο καιρό ο Δαυίδ Μαρίν, ένας νεαρός Αμερικανός που ζούσε κοντά στο Κλήβελαντ, στο Οχάιο, άρχισε πειράματα κάνοντας την υπόθεση ότι έλλειψη ιωδίου ίσως προκαλούσε βρογχοκήλη. Είχε παρατηρηθεί ότι η βρογχοκήλη είναι σπάνια σε ανθρώπους που ζουν κοντά στη θάλασσα. Ήταν επίσης γνωστό ότι το ιώδιο περιέχεται στο θαλασσινό νερό και στα θαλασσινά. Περιοχές μακριά από τις ακτές, όπως οι Μεσοδυτικές Πολιτείες ή η περιοχή των Μεγάλων Λιμνών στις ΗΠΑ, δεν έχουν πολύ φυσικό ιώδιο.

Ο Δρ. Μαρίν έδωσε σε υγιή πειραματόζωα ένα διαιτολόγιο χωρίς ιώδιο. Γρήγορα ανάπτυξαν βρογχοκήλη. Το επόμενο βήμα στο πείραμα του Μαρίν ήταν να προσθέσει χαμηλές συγκεντρώσεις ιωδίου στο διαιτολόγιο των ζώων με βρογχοκήλη. Μετά από την παροχή ιωδίου τα ζώα επανήλθαν στην υγεία τους και οι βρογχοκήλες εξαφανίσθηκαν. Αυτό οδήγησε τον Μαρίν να προτείνει την προσθήκη ιωδίου σε όλο το πόσιμο νερό και



Εικόνα 21-3 *Ο θυρεοειδής αδένας του ανθρώπου στο λαιμό. Έχει δύο λοβούς, σε κάθε πλευρά της τραχείας, ακριβώς κάτω από τις φωνητικές χορδές.*



Εικόνα 21-4 *Φωτογραφία φυσιολογικού ιστού θυρεοειδή αδένα. Οι κοιλότητες είναι γεμάτες με ένα κολλοειδές, μία πρωτεΐνη που περιέχει ιώδιο και που εκκρίνεται από τους δακτύλιους του περιβάλλοντος ιστού. Το κολλοειδές περιέχει αρκετές ορμόνες, που παράγονται από το θυρεοειδή, συμπεριλαμβανόμενης και της θυροξίνης (με την άδεια της εταιρείας Carolina Biological Supply).*

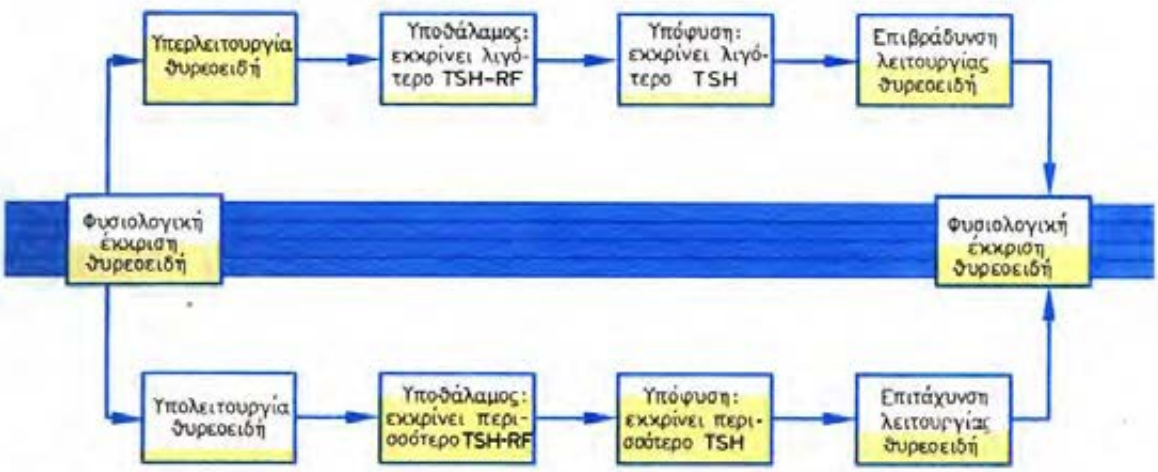
το επιτραπέζιο αλάτι. Πέρασαν 10 ολόκληρα χρόνια πριν γίνει αποδεκτή η πρόταση του Μαρίν. Η χρήση ιωδίου ελάττωσε την εμφάνιση βρογχοκήλης στα παιδιά του σχολείου στην περιοχή του Ντιτρόιτ από 36% το 1924 σε 2% το 1931. Σήμερα συνήθως προστίθεται ιώδιο στο επιτραπέζιο αλάτι.

21-5
Τι ρυθμίζει το θυρεοειδή αδένα;

Πειράματα έχουν δείξει ότι, όταν ο αδένας της υποφύσεως αφαιρεθεί από πειραματόζωα, τα πειραματόζωα αυτά βαθμιαία πα-

Εικόνα 21-5 *Ένας διογκωμένος θυρεοειδής αδένας οδηγεί σε μία κατάσταση που ονομάζεται βρογχοκήλη.*





Εικόνα 21-6 *Το σύστημα αναδράσεως που ρυθμίζει το θυρεοειδή αδένα. Ο υποθάλαμος και η υπόφυση αποτελούν τμήματα παρομοίων συστημάτων αναδράσεως που ρυθμίζουν άλλους ενδοκρινείς αδένες.*

ρουσιάζουν έλλειψη θυροξίνης. Αυτό δείχνει ότι η φυσιολογική λειτουργία του θυρεοειδούς εξαρτάται από τον αδένα της υποφύσεως. Αλλά η ιστορία είναι πιο περίπλοκη από αυτό. Ο υποθάλαμος, όπου ο έλεγχος του νευρικού συστήματος και η ορμονική ρύθμιση συνεργάζονται για πολλές λειτουργίες, εμπλέκεται επίσης. Διαβάστε για τη συμμετοχή του υποθαλάμου στη ρύθμιση του αναπαραγωγικού κύκλου των θηλέων ατόμων στο κεφάλαιο 11.

Στην περίπτωση φυσιολογικής εκκρίσεως θυροξίνης από το θυρεοειδή (εικόνα 21-6, αριστερά), ο υποθάλαμος, η υπόφυση και ο θυρεοειδής αδένας συνεργάζονται για εξισορροπημένη ορμονική έκκριση. Αν παρατηρηθεί έλλειψη ισορροπίας, ο υποθάλαμος εκκρίνει περισσότερη ή λιγότερη ποσότητα μιας ορμόνης, που ονομάζεται ***θυρεοειδοτρόπος εκλυτικός παράγων*** ή ***TSH-RF.*** Η ορμόνη αυτή δρα στην υπόφυση και προκαλεί περισσότερη ή λιγότερη έκκριση θυρεοειδοτρόπου ορμόνης ***(TSH).*** Η θυρεοειδοτρόπος ορμόνη δρα στο θυρεοειδή αδένα προς έκκριση αντιστοίχων ποσοτήτων θυροξίνης. Αύξηση ή μείωση της θυροξίνης που εκκρίνεται επιδρά στον υποθάλαμο. Η έκκριση του θυρεοειδοτρόπου εκλυτικού παράγοντα προσαρμόζεται αναλόγως. Αυτό είναι ένα καλό παράδειγμα ρυθμιστικού μηχανισμού αναδράσεως με διαρκή άλλη επίδραση μεταξύ του υποθαλάμου, της υποφύσεως και του θυρεοειδούς.

Η έκκριση του θυρεοειδούς αδένα επηρεάζεται επίσης από αλλαγές στο εξωτερικό περιβάλλον. Για παράδειγμα, όταν αρουραίοι εκτίθενται σε πολύ κρύο περιβάλλον, τα κύτταρα των θυρεοειδών αδένων τους μεγεθύνονται και η έκκρισή τους αυξάνει. Υπάρχουν ενδείξεις ότι το περιβάλλον επιδρά επίσης στη λειτουργικότητα του ανθρώπου. Η δομή του θυρεοειδούς αδένα φαίνεται ότι ποικίλλει αρκετά σε συνάρτηση με πολλούς ατομικούς και γεωγραφικούς παράγοντες. Μεταξύ των αιτιών της ποικιλότητας αυτής είναι το διαιτολόγιο, το κλίμα, η γενική υγεία, η έκθεση σε ακτινοβολία και η γενικότερη σωματική κατασκευή (βλ. Παράρτημα 21-5, Τα σύνδρομα του θυρεοειδούς αντιπροσωπεύουν μη φυσιολογική ρύθμιση. Σελίδα 729).

21-6
Πώς θα μπορούσε να προέλθει εξελικτικά ο θυρεοειδής αδένας;

Όταν οι βιολόγοι διερεύνησαν για ενδείξεις θυρεοειδούς αδένα στα ζώα, έκαναν ορισμένες ενδιαφέρουσες ανακαλύψεις. Παρά το ότι οι ενδείξεις δεν είναι πλήρεις, ένα σχέδιο πιθανής εξελικτικής πορείας του θυρεοειδούς αδένα φαίνεται να προβάλλει.

Προϊόντα που δρουν όπως η θυροξίνη ανακαλύφθηκαν σε «σκελετούς» σπόγγων και κοραλλίων. Έχει βρεθεί ότι τα μαλάκια, οι σκώληκες και τα έντομα περιέχουν προϊόντα παρόμοια προς τη θυροξίνη καθώς και ίχνη

θυροξίνης. Αλλά τα ασπόνδυλα αυτά δεν έχουν αδένες παραγωγής των ουσιών αυτών. Τα χημικά μόρια με δεσμευμένο ιώδιο εμφανίζονται στα σκληρά μέρη του σώματός τους όπως το σκληρό περικάλυμμα των εντόμων. Μερικά ασπόνδυλα έχουν σκληρά οδοντόμορφα τμήματα στο φάρυγγα, που περιέχουν θυροξίνη. Η έδρα της θυροξίνης στα διάφορα είδη ασπονδύλων φαίνεται στην εικόνα 21-7, α και β. Πώς τα ασπόνδυλα χρησιμοποιούν τις ουσίες αυτές, δεν έχει προσδιορισθεί.

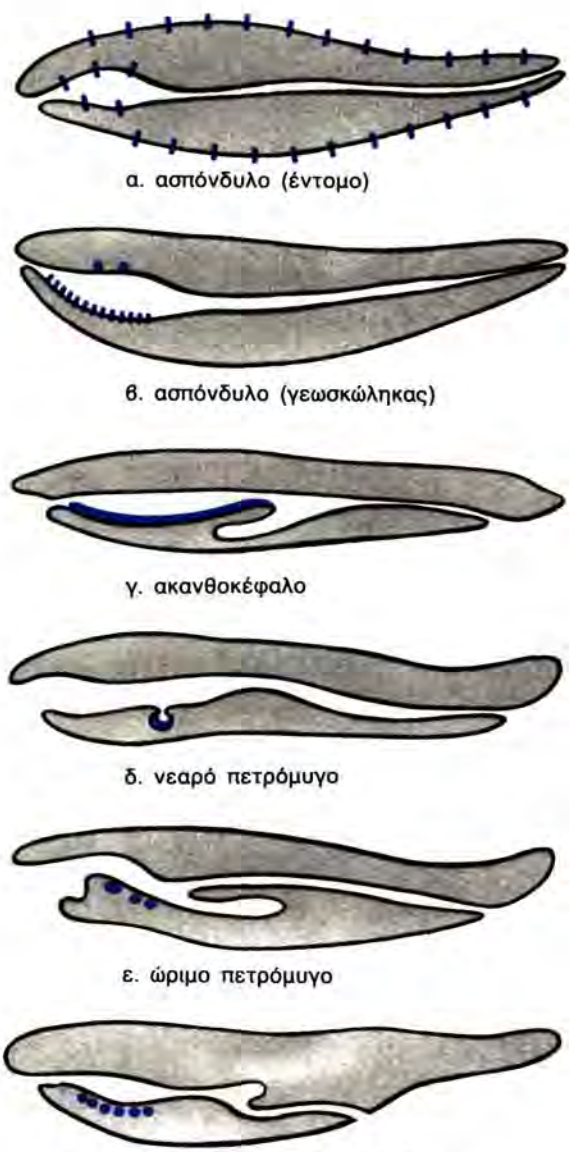
Ο αμφίοξος, ένα ιχθυόμορφο ζώο λίγο πιο πρωτόγονο από τα σπονδυλωτά, ζει στον πυθμένα του ωκεανού. Στον αμφίοξο η θυροξίνη συγκεντρώνεται σε ένα αδένα στο δάπεδο του φάρυγγα (εικόνα 21-7γ). Αυτός δεν είναι ενδοκρινής αδένας, αλλά εκλύει τα χημικά του προϊόντα στο πεπτικό σύστημα.

Θυρεοειδείς αδένες έχουν βρεθεί σε όλες τις τάξεις των σπονδυλωτών ζώων. Στο ***πετρόμυζο*** (κν. λάμπραινα), ένα ψάρι που μοιάζει με χέλι και που είναι πρωτόγονο σπονδυλωτό, εμφανίζεται ένα μεσαίο στάδιο εξελίξεως του θυρεοειδούς αδένα. Σε νεαρή ηλικία οι λάμπραινες τρέφονται με μικροοργανισμούς στη λάσπη και στα ιζήματα λιμνών. Ο θυρεοειδής αδένας των νεαρών αυτών ατόμων, όπως και στην περίπτωση του αμφίοξου, βρίσκεται στο δάπεδο του φάρυγγα. Αλλά ο αδένας των νεαρών ατόμων λάμπραινας έχει εξελιχθεί σε μία κυπελλόμορφη κοιλότητα με ένα άνοιγμα ή βραχύ σωλήνα που οδηγεί στο φάρυγγα. Αυτό φαίνεται στην εικόνα 21-7δ.

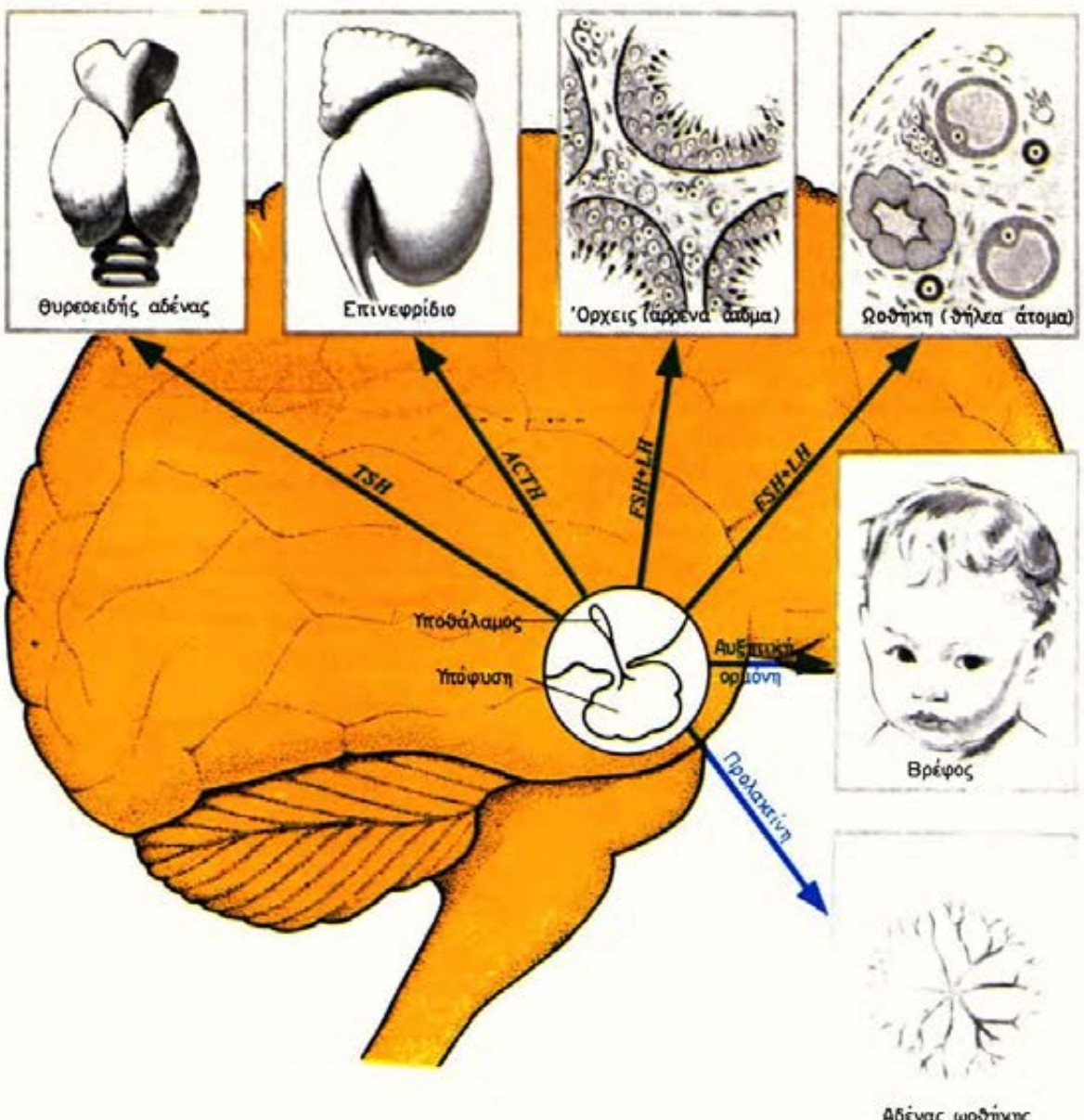
Το ώριμο άτομο λάμπραινας αναπτύσσει ένα χοανοειδές στόμα, που φέρει δόντια. Αυτό επιτρέπει στη λάμπραινα να προσκολλάται σε ζωντανά ψάρια και να απομυζά το αίμα τους ως τροφή. Στην ώριμη λάμπραινα (εικόνα 21-7ε) ο σωλήνας από το θυρεοειδή αδένα θάβεται στον ιστό κάτω από το φάρυγγα. Στο στάδιο αυτό ο θυρεοειδής είναι ένας πραγματικός ενδοκρινής αδένας, γιατί η ορμόνη εκλύεται απευθείας στο αίμα του οργανισμού. Ο θυρεοειδής αδένας ώριμου ατόμου λάμπραινας είναι όμοιος με τον τύπο που βρίσκομε σε πιο περίπλοκα σπονδυλωτά, όπως φαίνεται στην εικόνα 21-7ζ.

Χρησιμοποιώντας τέτοιες ενδείξεις, οι βιολόγοι είναι σε θέση να αποκαλύψουν πρότυπα εξελίξεως. Επειδή οι αδένες αποτελούνται από μαλακούς ιστούς, δεν αφήνουν απολιθώ-

εντοπισμός ουσιών που μοιάζουν προς θυροξίνη σε διάφορα ζώα (σε κάθε ζώο η κεφαλή είναι αριστερά και η ουρά δεξιά)



Εικόνα 21-7 *Η εξέλιξη του θυρεοειδούς αδένα διερευνάται μέσω των ουσιών που μοιάζουν με τη θυροξίνη και που βρίσκονται σε άλλα ζώα. Στα διαγράμματα, εδώ, ενδείξεις υπάρξεως παρομοίων ουσιών εμφανίζονται έγχρωμες. Εντούτοις, αληθινός ενδοκρινής αδένας που να παράγει θυροξίνη δεν βρίσκεται σε έντομα, τους γεωσκώληκες, τα ακανθοκέφαλα ή τα νεαρά πετρόμυγα. Εμφανίζεται στα ώριμα πετρόμυγα. Η ύπαρξη θυρεοειδών αδένων είναι χαρακτηριστικό ανωτέρων σπονδυλωτών ζώων.*



Εικόνα 21-8 *Ο υποθάλαμος διεγείρει την υπόφυση προς έκκριση ενός αριθμού διαφόρων κυρίων ορμονών. Οι περισσότερες από τις ορμόνες αυτές διεγείρουν άλλους ενδοκρινείς αδένες προς έκκριση και έκλυση των ορμονών τους.*

ματα. Χρειάζονται άλλοι τρόποι για την αποκάλυψή τους.

Στην περίπτωση αυτή η χημική συγγένεια μεταξύ των χημικών ουσιών που μοιάζουν με τη θυροξίνη δίνει περισσότερες ενδείξεις. Φαίνεται λογικό ότι ο θυρεοειδής αδένας των σπονδυλωτών ζώων έχει προκύψει εξελικτικά μέσω του τρόπου που φαίνεται στην εικόνα 21-7.

21-7
Ορμόνες από τον υποθάλαμο και την υπόφυση ρυθμίζουν πολλούς άλλους ενδοκρινείς αδένες

Ο υποθάλαμος στο κέντρο του εγκεφάλου και η υπόφυση στη βάση του εγκεφάλου ρυθμίζουν πολλούς ενδοκρινείς αδένες. Η υπόφυση ονομάζεται πολλές φορές κυρίαρχος

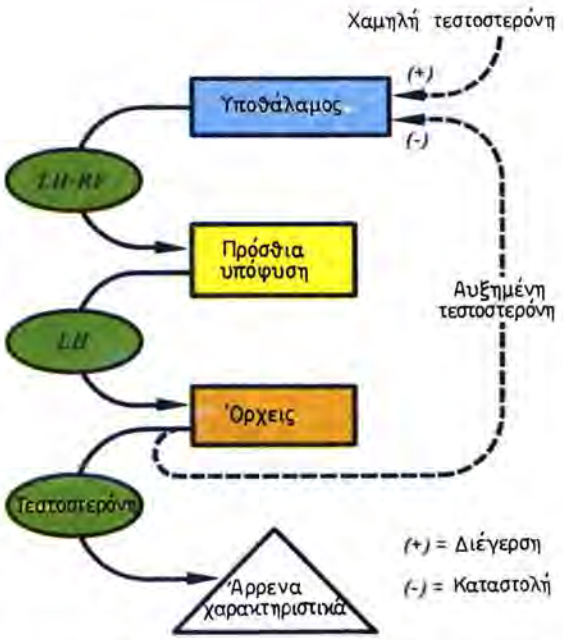
αδένας, γιατί οι ορμόνες της (εικόνα 21-8) ρυθμίζουν τις εκκρίσεις άλλων ενδοκρινών αδένων. Αλλά ο υποθάλαμος ρυθμίζει την έκκριση των ρυθμιστικών αυτών ορμονών της υποφύσεως, όπως είδατε στην περίπτωση του θυρεοειδοτρόπου εκλυτικού παράγοντα και της θυρεοειδοτρόπου ορμόνης, η οποία επιδρά στην έκκριση της θυροξίνης από το θυρεοειδή αδένα.

Στην παρουσίαση του αναπαραγωγικού συστήματος των θηλέων ατόμων στο κεφάλαιο 11, διαβάσατε (παράγραφος 11-14) πώς ο υποθάλαμος και η υπόφυση αλληλοεπιδρούν με τις ωοθήκες. Οι εκλυτικοί παράγοντες της ωοθυλακιοτρόπου (FSH) και της ωχρινοτρόπου ορμόνης (LH) από τον υποθάλαμο και οι αντίστοιχες ωοθυλακιοτρόπος και ωχρινοτρόπος ορμόνες από την υπόφυση προκαλούν την ανάπτυξη των ωοθυλακίων. Τα ωοθυλάκια παράγουν περισσότερο οιστρογόνο, που αναστέλλει τις εκκρίσεις του υποθαλάμου και της υποφύσεως. Αυτή η αρνητική ανάδραση όμως προκαλεί έκκριση μιας άλλης ορμόνης της υποφύσεως, της προγεστερόνης. Οι συγκεντρώσεις της προγεστερόνης και του οιστρογόνου αυξάνουν. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέσω εναλλασσομένων αλληλοεπιδράσεων ορμονών, που παράγονται σε συνάρτηση με τη γονιμοποίηση ενός ωαρίου και την κυοφορία.

Παρόμοιες αλληλοεπιδράσεις γίνονται και στα άρρενα άτομα. Η ορμόνη από τους όρχεις, η τεστοτερόνη, παράγεται υπό την επίδραση εκλυτικών παραγόντων από τον υποθάλαμο και την υπόφυση. Τα επίπεδα της τεστοτερόνης με τη σειρά τους αναστέλλουν τις εκκρίσεις του υποθαλάμου και της υποφύσεως (εικόνα 21-9).

Ένα άλλο παράδειγμα είναι τα επινεφρίδια (ή αδένες αδρεναλίνης), που είναι ενδοκρινείς αδένες και βρίσκονται ακριβώς επάνω από τα νεφρά (εικόνες 21-1 και 21-8). Το εξωτερικό μέρος κάθε επινεφριδίου, ή η φλοιώδης μοίρα, εκκρίνει ποικιλία ορμονών. Υπάρχει ένα ρυθμιστικό σύστημα αναδράσεως, που λειτουργεί μεταξύ της φλοιώδους μοίρας, του υποθαλάμου και της υποφύσεως, η οποία εκκρίνει τη φλοιοεπινεφριδιοτρόπο ορμόνη ή αδρεναλινοκορτικοτροπίνη (ACTH).

Ακόμη και μία περίληψη των κυριοτέρων ενδοκρινών αδένων του ανθρώπου και των



Εικόνα 21-9 *Το σύστημα αναδράσεως που ελέγχει το επίπεδο τεστοστερόνης στα άρρενα άτομα. Ο υποθάλαμος και η υπόφυση αποτελούν τμήματα του συστήματος αναδράσεως των ενδοκρινών αδένων (βλ. εικόνες 11-19, 21-6 και 21-11).*

ορμονών θα απαιτούσε αρκετές σελίδες λόγω των περιπλόκων αλληλοεπιδράσεων μεταξύ υποθαλάμου, υποφύσεως και των άλλων αδένων. Με εξαίρεση όλες τις εκλυτικές ορμόνες ή παράγοντες του υποθαλάμου, μία αρκετά κατατοπιστική περίληψη για τους άλλους αδένες, μερικές από τις σπουδαιότερες ορμόνες και τις λειτουργίες των ορμονών αυτών δίνεται στην εικόνα 21-10.

Τουλάχιστον μία ολόκληρη ομάδα ορμονοειδών ουσιών δεν αναφέρεται στην εικόνα 21-10. Για πολλά χρόνια οι βιολόγοι απορούσαν, γιατί πολλά λιπαρά οξέα, που παραλαμβάνονταν από την πέψη των λιπών, ήταν αναγκαία για το σώμα. Αργότερα αποκαλύφθηκαν στα κύτταρα, όχι μόνο του ανθρώπου αλλά και άλλων ζώων, ορισμένα παράγωγα των λιπαρών αυτών οξέων της τροφής. Αυτά τα παράγωγα δρούσαν στη ρύθμιση της πιέσεως του αίματος και στη χαλάρωση των λείων μυών. Επιπλέον ορισμένα από αυτά επενεργούσαν αντίθετα προς γνωστές ορμόνες. Από κάθε άποψη φαίνονταν ότι δρούσαν ως μία μεγάλη ομάδα ορμονών, που ρύθμιζε πολλές λειτουργίες στα κύτταρα και στους

ιστούς. Όλα αυτά τα παράγωγα των λιπαρών οξέων, που επενεργούσαν σαν ορμονοειδείς ουσίες, ονομάζονται προσταγλανδίνες. Υπάρχουν πολλές από αυτές, ίσως τόσες όσες όλες οι άλλες γνωστές ορμόνες. Οι προσταγλανδίνες φαίνεται ότι συντίθενται στα κύτταρα και τους ιστούς όλου του σώματος. Τουλάχιστον 14 είναι γνωστές να δρουν στο αναπαραγωγικό σύστημα των αρρένων. Καθώς όλο και περισσότερο θεμελιώνονται οι γνώσεις για τη λειτουργικότητά τους, θα παίρνουν τη θέση στο πλέγμα της ορμονικής ρυθμίσεως του σώματος. Πώς, για παράδειγμα, επηρεάζονται από τον υποθάλαμο και την υπόφυση, που επενεργεί ρυθμιστικά σε τόσες άλλες λειτουργίες των ορμονών;

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 21-Γ. Έλεγχος των δευτερευόντων φυλετικών χαρακτήρων στα κοτόπουλα, σελίδα 665.

21-8
Ο υποθάλαμος και η υπόφυση είναι και οι δύο πολυσύνθετοι ως προς τη δομή και λειτουργία τους

Το ερώτημα, αν ο υποθάλαμος θα ονομάζεται ενδοκρινής αδένας (εικόνες 21-1 και 21-8) ή τμήμα του εγκεφάλου, υπάρχει για πολλά χρόνια. Τα τελευταία χρόνια η έρευνα έχει θεμελιώσει την άποψη ότι ο υποθάλαμος καλύπτει και τις δύο λειτουργίες.

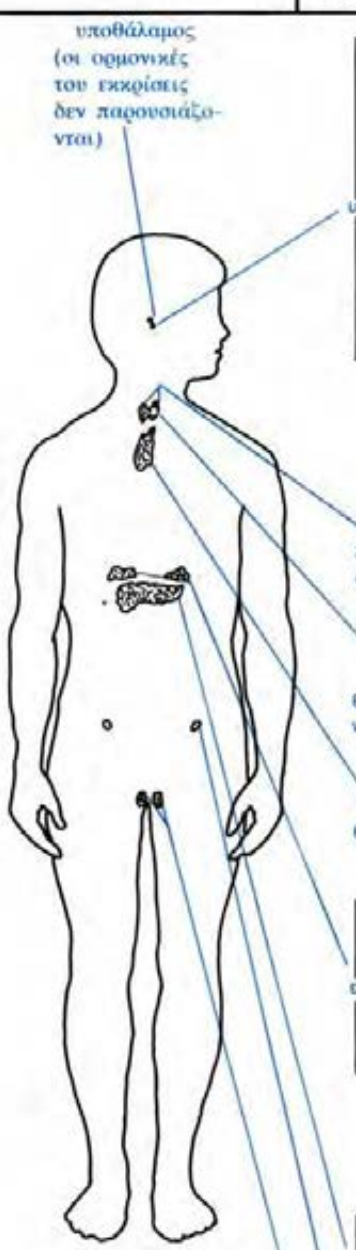
Υπάρχει άμεση νευρική διασύνδεση μεταξύ υποθαλάμου και υποφύσεως. Μερικά από τα νευρικά κύτταρα, ή νευρώνες, από τον υποθάλαμο συνδέονται με ένα αιμοφόρο αγγείο, που οδηγεί στο πρόσθιο τμήμα ή πρόσθιο λοβό του αδένα της υποφύσεως. Άλλοι νευρώνες από τον υποθάλαμο οδηγούν απευθείας στο οπίσθιο τμήμα, ή οπίσθιο λοβό της υποφύσεως. Εδώ δεν υπάρχει αιμοφόρο αγγείο.

Πώς δρα ο υποθάλαμος στην υπόφυση με τις δύο αυτές διασυνδέσεις; Οι επιστήμονες πιστεύουν σήμερα ότι στους νευρώνες του υποθαλάμου σχηματίζονται ορμόνες. Ένας αριθμός των ορμονών αυτών έχει προσδιορισθεί ότι έχει στενή σχέση με τους νευρώνες αυτούς. Μερικές ορμόνες εκκρίνονται από τους νευρώνες στο αιμοφόρο αγγείο που οδηγεί στην πρόσθια υπόφυση. Οι ορμόνες αυτές είναι οι εκλυτικοί παράγοντες για τους οποίους διαβάσατε προηγουμένως. Διεγείρουν τον πρόσθιο λοβό της υποφύσεως για την παραγωγή των δικών τους ορμονών, οι οποίες με τη σειρά τους διεγείρουν άλλους ενδοκρινείς αδένες για την παραγωγή ορμονών. Οι αναπαραγωγικές λειτουργίες των αρρένων και των θηλέων, η λειτουργία του θυρεοειδούς αδένα και άλλες λειτουργίες που έχετε μάθει είναι σχετικά προς αυτό παραδείγματα.

Τα νεύρα που οδηγούν από τον υποθάλαμο προς τον οπίσθιο λοβό της υποφύσεως πιστεύεται επίσης ότι εκκρίνουν ορμόνες. Αλλά εκκρίνουν τις ορμόνες αυτές απευθείας στο οπίσθιο λοβό, όπου αποθηκεύονται μέχρι της εκλύσεώς τους. Ο οπίσθιος λοβός δηλαδή, τουλάχιστον σε ορισμένες περιπτώσεις, εκλύει υποθαλαμικές ορμόνες αντί να συνθέτει τις δικές του ορμόνες υπό την επίδραση αυτών που εκκρίνει ο υποθάλαμος.

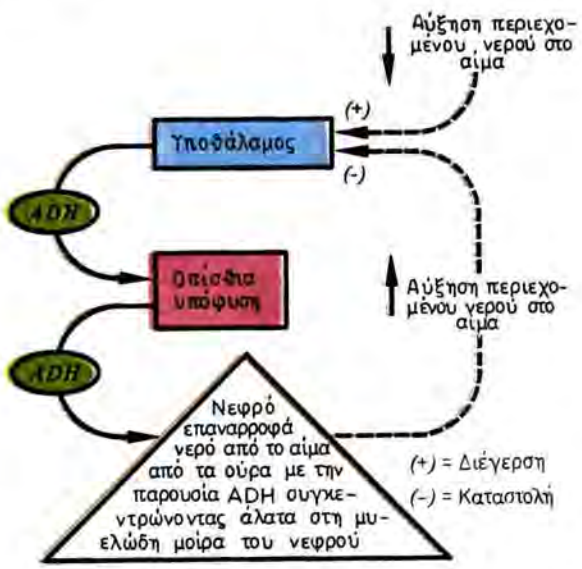
Ένα παράδειγμα του τρόπου λειτουργίας του υποθαλάμου και της υποφύσεως είναι η διατήρηση της ισορροπίας νερού - αλάτων στο σώμα, για την οποία μάθατε στο τελευταίο κεφάλαιο. Μία από τις ορμόνες που συντίθεται στους νευρώνες του υποθαλάμου και εκκρίνεται απευθείας στον οπίσθιο λοβό είναι η αντιδιουρητική ορμόνη (ADH). Μείωση του περιεχομένου νερού στο αίμα ενεργοποιεί την έκλυση της αποθηκευμένης αντιδιουρητικής ορμόνης από την οπίσθια υπόφυση (εικόνα 21-11). Η αντιδιουρητική ορμόνη μεταφέρεται μέσω της κυκλοφορίας του αίματος και φθάνει στα νεφρά, όπου συγκεντρώνει άλατα στη μυελώδη μοίρα κάθε νεφρού. Η υψηλή συγκέντρωση αλάτων «τραβά» νερό, με όσμωση, από τα αραιά ούρα που διέρχονται από τα σωληνάρια της μυελώδους μοίρας κάθε νεφρού. Το νερό επιστρέφει στην κυκλοφορία του αίματος ανεβάζοντας τη συγκέντρωσή του σε νερό. Η επιστροφή του επιπέδου του νερού σε φυσιολογικά επίπεδα δρα ως αρνητική ρύθμιση προς τον υποθάλαμο και την υπόφυση. Εκλύεται λιγότερη αντιδιουρητική ορμόνη, έως ότου το επίπεδο του νερού του σώματος κατέλθει πάλι.

Παρουσιάζεται υπό δύο μορφές η νευρική διέγερση του υποθαλάμου ως προς τη δράση της στον πρόσθιο λοβό υποφύσεως; Αν μερικοί από τους νευρώνες του υποθαλάμου εκ-



Ενδοκρινείς αδένες	Ορμόνες	Λειτουργία
πρόσθιος λοβός	αυξητική ορμόνη	ελέγχει αύξηση οστών και γενικά σώματος (περίσσεια: γιγαντισμός, έλλειψη: νανισμός)
	θυρεοειδοτρόπος ορμόνη	διεγείρει παραγωγή θυρεοειδών ορμονών και ανάπτυξη θυρεοειδούς αδένα
	αδρεναλινοκορτικοτροπίνη	διεγείρει παραγωγή ορμονών φλοιού επινεφριδίων
	άλλες	διεγείρουν γονάδες, γαλακτοφόρους και άλλους αδένες
μέσος λοβός	ιντερμεδίνη	άγνωστη
οπίσθιος λοβός	τουλάχιστον 5 διαφορετικές ορμόνες (μερικές παράγονται στον υποθάλαμο και αποθηκεύονται στην υπόφυση)	ελέγχουν το μεταβολισμό του νερού, την πίεση του αίματος, τη λειτουργία των νεφρών, τη δράση των λείων μυών (κακή λειτουργία: αυξημένη ή μειωμένη απέκκριση νερού)
παραθυρεοειδείς αδένες	παραθυρεοειδής ορμόνη	προκαλεί έκλυση ασβεστίου από τα οστά, ελέγχει χρήση φωσφόρου από τα κύτταρα (κακή λειτουργία: νευρικές και μυικές ανωμαλίες)
θυρεοειδής αδένας	θυροξίνη	αυξάνει λειτουργικότητα κυττάρων (κακή λειτουργία: θρογχοκήλη, κρετινισμός, νωθρότητα)
	καλβιτονίνη	αυξάνει εναπόθεση ασβεστίου στα οστά
θύμος	αθέθαιο	σχέση προς λειτουργία αντισωμάτων στα νεογέννητα
επινεφρίδια: φλοιός (εξωτερικά)	κορτικοστερόνη υδροκορτιζόνη	διεγείρουν σχηματισμό υδατανθράκων από πρωτεΐνες
	αλδοστερόνη	ρυθμίζει άλατα σώματος (περίσσεια: συγκράτηση υγρών σώματος, έλλειψη: νόσος του Άντισσον)
επινεφρίδια: μυελός (εσωτερικά)	αδρεναλίνη	ελέγχει αντιδράσεις συναγερμού αυξάνοντας την πίεση του αίματος, το ρυθμό της καρδιάς και άλλες λειτουργίες, επιτείνει την έκλυση γλυκόζης στο αίμα
πάγκρεας: θήτα κύτταρα	ινσουλίνη	αυξάνει χρήση γλυκόζης και αποθήκευση γλυκογόνου (κακή λειτουργία: διαβήτης)
πάγκρεας: άλφα κύτταρα	γλυκαγόνη	αυξάνει παραγωγή γλυκόζης από γλυκογόνο ήπατος
ωοθήκες (θήλεα άτομα)	οιστρογόνα	ωρίμανση και περιοδική λειτουργία αναπαραγωγικού συστήματος θηλέων· ανάπτυξη δευτερευόντων χαρακτήρων φύλου· επιδρά στη σεξουαλική συμπεριφορά
όρχεις (άρρενα άτομα)	τεστοστερόνη	ωρίμανση και λειτουργία αναπαραγωγικού συστήματος αρρένων· ανάπτυξη δευτερευόντων χαρακτήρων φύλου· επιδρά στη σεξουαλική συμπεριφορά

Εικόνα 21-10 *Μερικές από τις ορμόνες που εκκρίνουν ενδοκρινείς αδένες του ανθρώπου και μία περίληψη των ορμονικών λειτουργιών.*



Εικόνα 21-11 *Το σύστημα αναδράσεως που ελέγχει το επίπεδο νερού στο αίμα. Σε τι διαφέρει η συνεισφορά του υποθαλάμου και της υποφύσεως στο σύστημα αυτό;*

κρίνουν ορμόνες, που αποθηκεύονται στον οπίσθιο λοβό, μήπως άλλοι νευρώνες διεγείρουν τον οπίσθιο λοβό να εκκρίνει ορμόνες δικές του; Αυτό φαίνεται πιθανό, σύμφωνα με τις σημερινές γνώσεις, αν και πάρα πολλά αναμένουν διασάφηση σχετικά με τις ορμόνες που εκλύονται, ή συντίθενται, στον οπίσθιο λοβό υποφύσεως. Για την ακρίβεια πολλά ακόμη απομένουν για διερεύνηση σχετικά και με τον υποθάλαμο και την υπόφυση. (Για παράδειγμα, η υπόφυση έχει και μεσαίο λοβό· βλ. εικόνα 21-10). Νέες απαντήσεις θα συγκεντρώνονται τα προσεχή χρόνια.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μία εξειδικευμένη σωματική λειτουργία είναι δυνατόν να ελέγχεται από περισσότερες από μία ορμόνη. Για παράδειγμα, το επίπεδο της γλυκόζης στο αίμα διατηρείται σταθερό από την αλληλοεπίδραση της γλυκαγόνης, της ινσουλίνης και της αδρεναλίνης. Έλλειψη ινσουλίνης, που σχηματίζεται στο πάγκρεας, προκαλεί διαβήτη.

Άλλο παράδειγμα αλληλοεπιδράσεως μεταξύ ρυθμιστών του σώματος είναι η σχέση μεταξύ θυρεοειδούς αδένα, υποθαλάμου και του αδένα της υποφύσεως. Η θυροξίνη από το θυρεοειδή αδένα ρυθμίζει την ταχύτητα βασικών κυτταρικών λειτουργιών σε όλο το σώμα. Ο θυρεοειδής αδένας με τη σειρά του δέχεται την επίδραση ορμόνης της υποφύσεως. Η υπόφυση ελέγχεται από μία ορμόνη, που εκκρίνει ο υποθάλαμος.

Ο υποθάλαμος και η υπόφυση έχει δειχθεί ότι είναι περίπλοκα όργανα. Μερικές ορμόνες του υποθαλάμου διεγείρουν την υπόφυση προς παραγωγή των δικών της ορμονών. Άλλες ορμόνες του υποθαλάμου αποθηκεύονται στην υπόφυση και εκλύονται από αυτή. Στην περίπτωση αυτή η υπόφυση δεν συνθέτει δικές της ορμόνες.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Πώς το ιώδιο επιδρά στο θυρεοειδή αδένα;
2. Πώς η αλληλοεπίδραση ορμονών συνεισφέρει στην ομοιόσταση;
3. Πώς η έλλειψη ινσουλίνης επιδρά στην παραγωγή γλυκαγόνης και αδρεναλίνης;
4. Ποιες δομές των ασπονδύλων ζώων πιστεύεται ότι αντιστοιχούν στο θυρεοειδή αδένα των σπονδυλωτών ζώων;
5. Πώς φαίνεται ότι διαφέρουν ο πρόσθιος και ο οπίσθιος λοβός υποφύσεως;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑ ΣΗΜΕΙΑ

Τα φυτά παράγουν ορμόνες, τις αυξίνες, οι οποίες ρυθμίζουν την ανάπτυξη κατά διάφορους τρόπους. Υλικά που συνδέονται με αυτές τις αυξίνες έχουν συντεθεί και χρησιμοποιούνται για την προώθηση της αναπτύξεως, ανθοφορίας, καρποφορίας, ακόμη και για τη θανάτωση παρασιτικών φυτών.

Στα ζώα, ειδικότερα στα περίπλοκα ζώα, περιλαμβανόμενου και του ανθρώπου, οι ορμόνες είναι συστατικά που εκκρίνονται από ενδοκρινείς αδένες απευθείας στην κυκλοφορία του αίματος. Οι ορμόνες γενικά επιδρούν σε τμήματα του σώματος που βρίσκονται σε απόσταση από τους αδένες που παράγουν τις ορμόνες και επενεργούν προς συντονισμό των διαφόρων λειτουργιών του σώματος.

Η αλληλοεπίδραση ορισμένων ορμονών ρυθμίζει την ποσότητα γλυκόζης στο αίμα. Η θυροξίνη ρυθμίζει την ταχύτητα βασικών κυτταρικών λειτουργιών. Οι ορμόνες αυτές ρυθμίζονται από άλλες ορμόνες από τον

υποθάλαμο και την υπόφυση μέσω ενός συστήματος ρυθμίσεως τύπου αναδράσεως. Μία από τις σπουδαίες ανακαλύψεις ήταν αυτή της λειτουργίας του θυρεοειδούς και η χρησιμοποίηση του ιωδίου για την αντιμετώπιση της βρογχοκήλης. Η πιθανή οδός εξελικτικής εμφανίσεως του θυρεοειδούς είναι δυνατόν να ανιχνευθεί με τη μελέτη συγχρόνων ειδών ζώων.

Η δράση των ορμονών αποτελεί σπουδαίο μέρος της χημικής ρυθμίσεως του σώματος. Ο υποθάλαμος και η υπόφυση παίζουν ουσιώδη ρόλο στη ρύθμιση και το συντονισμό των ορμονών. Οι δύο αυτοί ρυθμιστικοί αδένες έχει αποδειχθεί ότι είναι εξαιρετικά περίπλοκοι. Και οι δύο είναι απαραίτητοι για τη διατήρηση της ομοιοστάσεως.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποια είναι τα αποτελέσματα της επιδράσεως της γλυκαγόνης, της ινσουλίνης και της αδρεναλίνης στη ρύθμιση του σακχάρου του σώματος;
2. Ποιο πείραμα έκανε ο Δρ. Δαυίδ Μαρίν; Ποια ήταν τα αποτελέσματα; Ποια είναι τα συμπεράσματα από τα αποτελέσματα;
3. Ποια είναι η σχέση μεταξύ υποθαλάμου υποφύσεως και θυρεοειδούς αδένα;
4. Ποιες είναι οι κύριες λειτουργίες της θυροξίνης;
5. Τι είναι οι εκλυτικοί παράγοντες ή ορμόνες; Με ποια όργανα συνδέονται οι αδένες;
6. Πώς χρησιμοποιείται ο όρος «ανάδραση» σε σχέση με τις ορμόνες;
7. Ποιες είναι ορισμένες αναπάντητες ερωτήσεις σχετικές με ορμόνες φυτών και ζώων;
8. Πώς οι σχέσεις μεταξύ υποθαλάμου και υποφύσεως φαίνεται ότι διαφέρουν σε συσχετισμό με τον πρόσθιο και τον οπίσθιο λοβό της υποφύσεως;
9. Γιατί το πετρόμυζο είναι τόσο σπουδαίο στη μελέτη της πιθανής εξελικτικής πορείας του θυρεοειδούς αδένα;
10. Πώς ο υποθάλαμος επιβεβαιώνει τη σχέση μεταξύ νευρικού και ορμονικού ελέγχου των λειτουργιών του σώματος;

ΑΡΘΡΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΒΑΣΜΑ

Gillie, R. B. "Endemic Goiter." *Scientific American*, June, 1971.

LeBaron, R. A. *Hormones, a Delicate Balance*. Indianapolis, Pegasus, 1972.

Levine, S. "Stress and Behavior." *Scientific American*, January, 1971.

Luciano, D. S. et al. *Human Function and Structure*. New York, McGraw-Hill, 1978.

McEwen, B. S. "Interactions Between Hormones and Nerve Tissue." *Scientific American*, July, 1976.

Mellinkoff, S. M. "Chemical Intervention." *Scientific American*, September, 1973.

Pike, J. E. "Prostaglandins." *Scientific American*, November, 1971.

Raynor, J. *Anatomy and Physiology*. New York, Harper & Row, 1977.

Το Νευρικό Σύστημα και οι Μηχανισμοί Αισθήσεως

22



Έχει διαρκώς μία ξεκάθαρη, με «μάτι αετού», εικόνα, του τι συμβαίνει γύρω του. Η ιδιότητα αυτή χαρακτηρίζει το αρπακτικό αυτό πτηνό.

Μία ποικιλία μηχανισμών ελέγχει και ρυθμίζει το εσωτερικό περιβάλλον των πολυκυττάρων οργανισμών. Μεταξύ των μηχανισμών αυτών το νευρικό σύστημα είναι το κύριο συντονιστικό σύστημα. Σχεδόν κάθε σωματική λειτουργία ελέγχεται, παρακολουθείται και συνεχώς ρυθμίζεται από το νευρικό σύστημα. Μέρος του ελέγχου και της ρυθμίσεως είναι η ευαισθησία ενός οργανισμού τόσο στο εξωτερικό όσο και το εσωτερικό περιβάλλον.

Το ενδοκρινικό σύστημα, ένα άλλο σύστημα ελέγχου, ρυθμίζεται κατά το μεγαλύτερο μέρος από το νευρικό σύστημα και αποτελεί λειτουργικά μέρος του. Στο κεφάλαιο 21 μάθατε ότι ορισμένες από τις ορμόνες της υποφύσεως εκκρίνονται από νευρικά κύτταρα του υποθαλάμου. Στο κεφάλαιο αυτό θα μάθετε περισσότερα για τη συνεργασία του νευρικού και του ενδοκρινικού συστήματος για τον έλεγχο πολλών σωματικών λειτουργιών των ζώων.

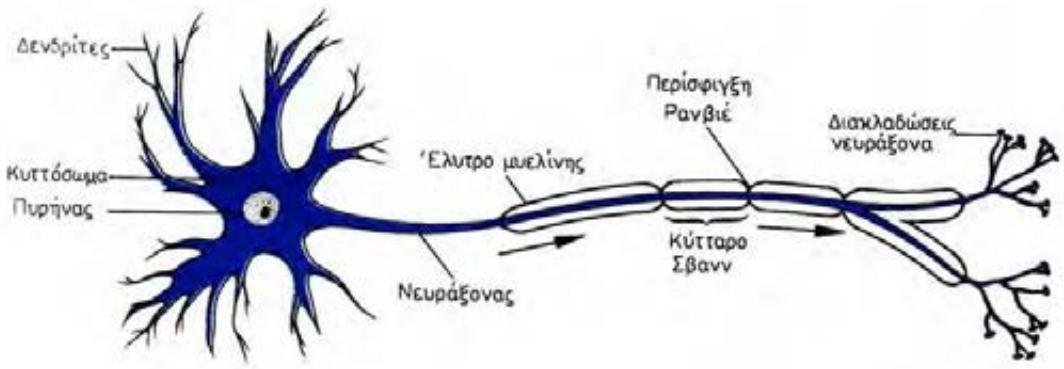
Δομή και λειτουργία του νευρικού συστήματος

22-1
Οι οργανισμοί αντιδρούν σε αλλαγές του περιβάλλοντος

Μία αλλαγή του περιβάλλοντος, που είναι δυνατό να προκαλέσει έναν οργανισμό να αντιδράσει, είναι γνωστή ως ερέθισμα. Η αντίδραση μπορεί να είναι μία εσωτερική αλλαγή ή μία αλλαγή της εξωτερικής συμπεριφοράς. Δέχεσθε τα ερεθίσματα μέσω των αισθητικών υποδοχέων. Οι υποδοχείς αυτοί είναι εξειδικευμένοι ιστοί και απολήξεις νευρικών κυττάρων, που αντιδρούν και με το σώμα σας και με το περιβάλλον (βλ. εικόνα 22-1).



Εικόνα 22-1 *(δεξιά) Αυτοί οι οπτικοί υποδοχείς, όπως φαίνονται σε εγκάρσια διατομή, εδράζονται στο δάκτυλο.*



Εικόνα 22-2 *Διάγραμμα κινητού νευρώνα σπονδυλωτού ζώου. Ο νευράξονας μεταφέρει πάντοτε ώσεις μακριά από το κυττόσωμα.*

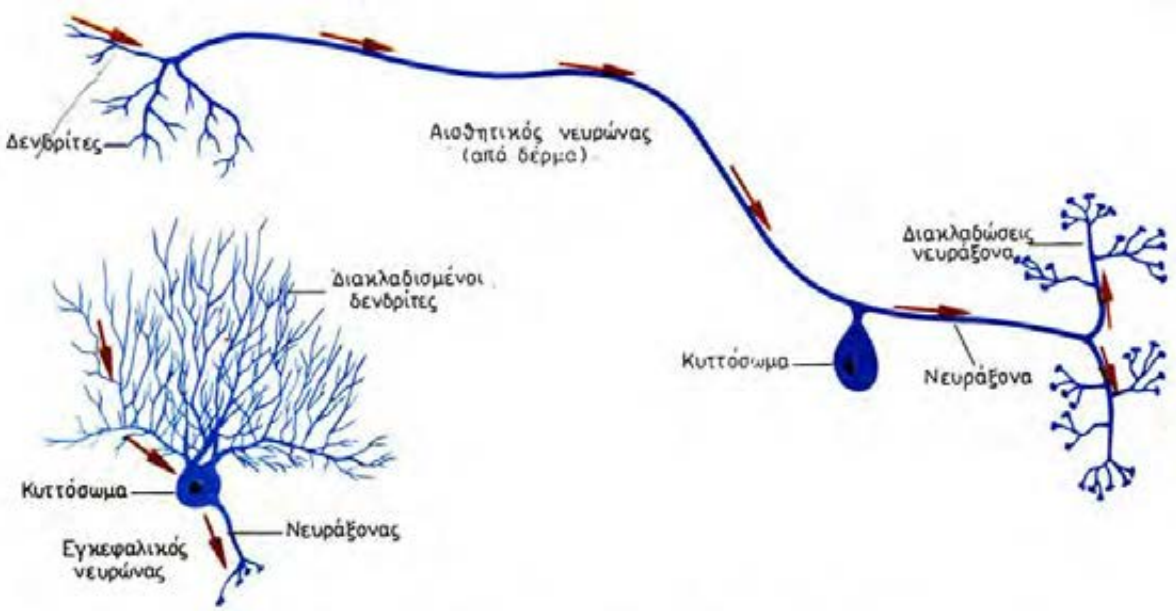
Οι υποδοχείς είναι δυνατό να είναι ομαδοποιημένοι προς όργανα υποδοχέων. Κάθε υποδοχέας ή σύνολο υποδοχέων εξειδικεύεται στην πρόσληψη ορισμένων ερεθισμάτων. Οι υποδοχείς του ματιού ερεθίζονται από κύματα ορατού φωτός. Μερικοί υποδοχείς στο αυτί αντιδρούν σε ακουστικά κύματα. Τα όργανα οσφρήσεως και γεύσεως αντιδρούν σε μία ποικιλία χημικών ουσιών. Σε πόσα είδη ερεθισμάτων είσθε ευαίσθητος; Φαντασθείτε ότι βρίσκεσθε σε ένα μικρό δωμάτιο και κλείνετε την πόρτα αποκλείοντας κάθε ορατό φως. Δεν ακούτε τίποτα και δεν βλέπετε τίποτα. Εντούτοις αν είχατε πάρει μαζί σας ένα ραδιόφωνο στο δωμάτιο, θα διαπιστώνατε ότι ο αέρας είναι γεμάτος από ερεθίσματα. Τα αυτιά σας δεν μπορούν μόνα τους να συλλάβουν τα ερεθίσματα· αλλά το ραδιόφωνο μπορεί. Είναι φανερό ότι τα μάτια και τα αυτιά του ανθρώπου συλλαμβάνουν πολύ λίγα από τα όσα συμβαίνουν γύρω από τους ανθρώπους. Τα μάτια και τα αυτιά παρέχουν περιορισμένη εικόνα αυτού που συμβαίνει στο φυσικό κόσμο.

Κάθε τύπος υποδοχέα συλλαμβάνει μόνο μικρό μέρος των ερεθισμάτων που υπάρχουν στο περιβάλλον. Οι υποδοχείς του ματιού ερεθίζονται μόνο από κύματα φωτός, βραχέα κύματα ιώδους φωτός έως μακρά κύματα ερυθρού φωτός. Τα κύματα αυτά ονομάζονται ορατό φως και αντιπροσωπεύουν μόνο μικρό τμήμα των πολλών ειδών κυμάτων που υπάρχουν (βλ. εικόνα 6-1). Για παράδειγμα, τα κύματα που είναι βραχύτερα του ιώδους και ονομάζονται υπεριώδες φως, δεν συλλαμβάνονται από το ανθρώπινο μάτι. Κύματα μακρύτερα του ερυθρού, όπως υπερύθρου φωτός και ραδιοκύματα, είναι αόρατα για τον άνθρωπο. Μερικά από τα κύματα αυτά συλλαμβάνονται από άλλους οργανισμούς. Είναι δυνατόν επίσης να συλληφθούν από ειδικά μηχανικά όργανα.

Στο πρόβλημα 22-Α θα αρχίσετε να μελετάτε μερικές από τις ειδικές αντιδράσεις σε ερεθίσματα. Οι πιο ευαίσθητες περιοχές περιλαμβάνουν περισσότερους αισθητικούς υποδοχείς, ή όργανα υποδοχέων, παρά οι λιγότερο ευαίσθητες περιοχές.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 22-Α. Τι σας λέει η αφή σας; Σελίδα 667.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 22-Β. Το μάτι των θηλαστικών. Τα μέρη του και πώς εργάζονται, σελίδα 668.



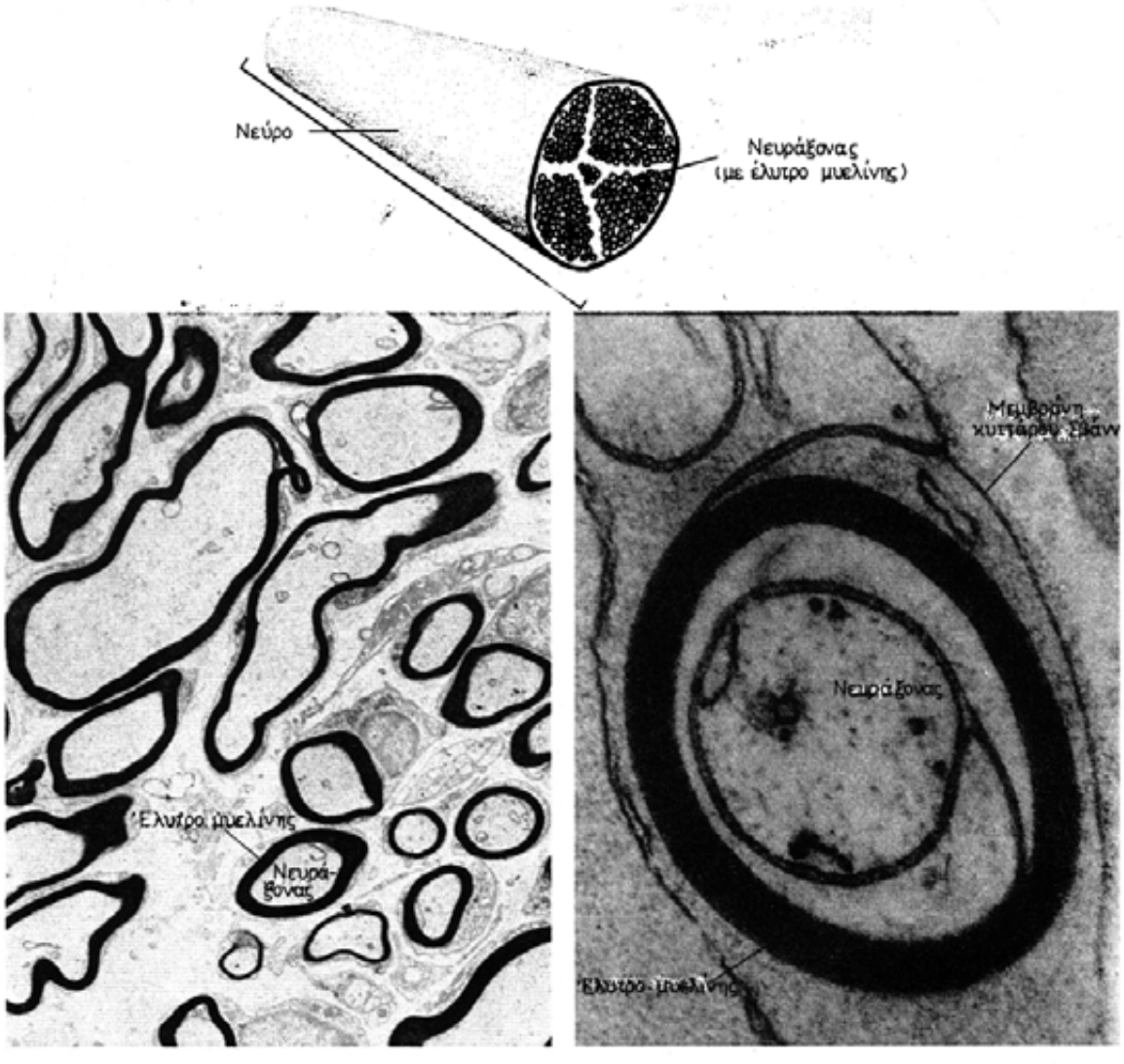
Εικόνα 22-3 *Διάφοροι νευρώνες από διάφορα μέρη του νευρικού συστήματος του σπονδυλωτού ζώου μπορεί να έχουν διαφορετικά σχήματα, αλλά αναγνωρίζονται εύκολα από τη δομή τους. Τα βέλη δείχνουν την κατεύθυνση μεταδόσεως νευρικών ώσεων.*

22-2
Το νευρικό σύστημα αποτελείται από νευρικά κύτταρα

Ένα νευρικό σύστημα είναι ένα οργανωμένο δίκτυο νευρώνων ή νευρικών κυττάρων. Ένα τυπικό νευρικό κύτταρο φαίνεται στην εικόνα 22-2. Το νευρικό κύτταρο αποτελείται από τρία κυρίως μέρη: τους δενδρίτες, το κυττόσωμα και το νευράξονα. Οι δενδρίτες και ο νευράξονας είναι προεκτάσεις του κυττοσώματος. Οι δενδρίτες διακινούν νευρικά σώματα ή παλμούς προς τα κυττοσώματα. Ο άξονας διακινεί σήματα μακριά από το κυττόσωμα. Ο πυρήνας βρίσκεται στο σώμα του νευρικού κυττάρου. Παρά το ότι η γενική δομή είναι όμοια, το σχήμα των νευρώνων ποικίλλει στα διάφορα ζώα, και ακόμη μεταξύ τμημάτων του νευρικού συστήματος ενός ζώου (βλ. εικόνα 22-3). Ποικίλλουν πολύ και ως προς το μήκος και ως προς το πάχος. Οι νευράξονες μερικών κυττάρων σπονδυλωτών ζώων έχουν ένα ειδικό περικάλυμμα, που ονομάζεται ***έλυτρο μυελίνης.*** Το έλυτρο μυελίνης σχηματίζεται από αναδιπλώσεις της μεμβράνης των κυττάρων του Σβανν. Τα κύτταρα του Σβανν είναι εξαιρετικά εξειδικευμένα και σχεδόν περιβάλλουν το νευράξονα. Οι περιοχές μεταξύ των κυττάρων του Σβανν ονομάζονται περισφίγξεις του Ρανβιέ. Η εικόνα 22-4 στη σελίδα 456 δείχνει, πώς η μεμβράνη των κυττάρων του Σβανν έχει αναδιπλωθεί για να σχηματίσει το έλυτρο της μυελίνης.

Νευράξονες καλυμμένοι με έλυτρα μυελίνης μεταδίδουν τα σήματά τους με μεγάλες ταχύτητες έως και 120 μέτρα το δευτερόλεπτο. Νευράξονες χωρίς έλυτρα μυελίνης μεταδίδουν σήματα περισσότερο αργά, συχνά στο ένα δέκατο της ταχύτητας των εμμυέλων νευραξόνων.

Οι δενδρίτες και οι νευράξονες ενός νευρώνα ονομάζονται πολλές φορές νευρικές ίνες. Σε ορισμένες περιπτώσεις υπάρχουν μακριές νευρικές ίνες, που είναι δυνατό να φθάσουν



Εικόνα 22-4 *Εγκάρσια διατομή νεύρου δείχνει νευρώνες. Το σχέδιο έχει μεγέθυνση περίπου 100 φορές μεγαλύτερη του πραγματικού. Σε μεγέθυνση 2.500 (φωτογραφία αριστερά) και 10.000 (φωτογραφία δεξιά) μπορείτε να δείτε έναν απλό νευράξονα σε αυξανόμενη λεπτομέρεια. Κάθε άξονας περιβάλλεται από έλυτρα μυελίνης, που σχηματίζονται από αναδιπλώσεις των κυττάρων του Σβανν.*

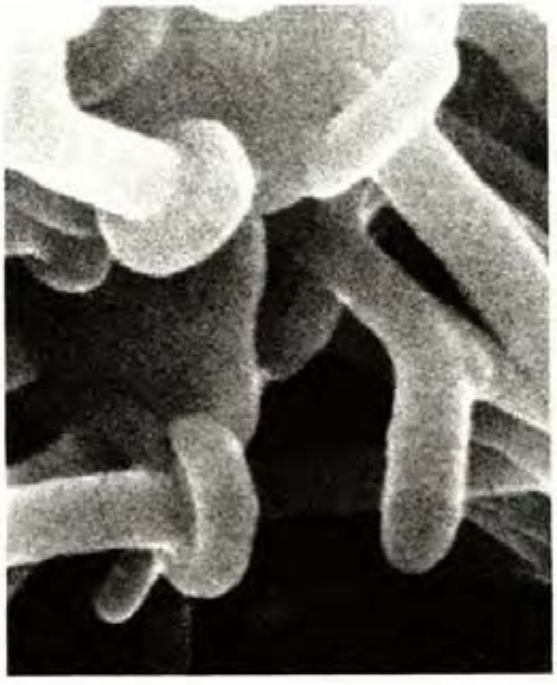
σε μήκος ενός μέτρου. Ένα νεύρο είναι ένα δεμάτι τέτοιων νευρικών ινών. Όταν ένα νεύρο κόβεται και παρατηρείται με μικροσκόπιο, το άκρο του φαίνεται σαν καλώδιο. Κάθε άξονας ή δενδρίτης σε εγκάρσια τομή είναι ένα σύρμα σε ένα καλώδιο, όπως φαίνεται στην εικόνα 22-4.

Αν ήταν δυνατό να ακολουθήσετε τα ίχνη ενός νευρικού σήματος από το πόδι σας στον εγκέφαλό σας, θα βλέπατε ότι εμπλέκονται πολλοί νευρώνες. Νευρικά κύτταρα δέχονται και μεταδίδουν σήματα. Οι δενδρίτες ενός



Εικόνα 22-5 *Ακολουθήστε τη διαδρομή μιας ώσεως σε μία σύναψη. Προς ποια διεύθυνση μεταδίδεται η ώση από νευρώνα σε νευρώνα;*

νευρώνα βρίσκονται κοντά στους νευράξονές ενός άλλου. Η θέση όπου δύο νευρώνες συναντώνται ονομάζεται σύναψη. Η εικόνα 22-6 δείχνει σε μεγάλη μεγέθυνση σε φωτογραφία τα άκρα ενός νευράξονα σε μία σύναψη. Οι δύο νευρώνες δεν συνδέονται. Στην πραγματικότητα υπάρχει ένα μικρό χάσμα μεταξύ των δύο κυττάρων μιας συνάψεως. Εντούτοις οι νευρώνες είναι αρκετά κοντά, ώστε χημικά σήματα να διέρχονται από τον ένα στον άλλο. Τα σήματα αυτά διέρχονται το χάσμα προς μία μόνο κατεύθυνση από το νευράξονα του ενός νευρώνα προς το δενδρίτη του άλλου νευρώνα.

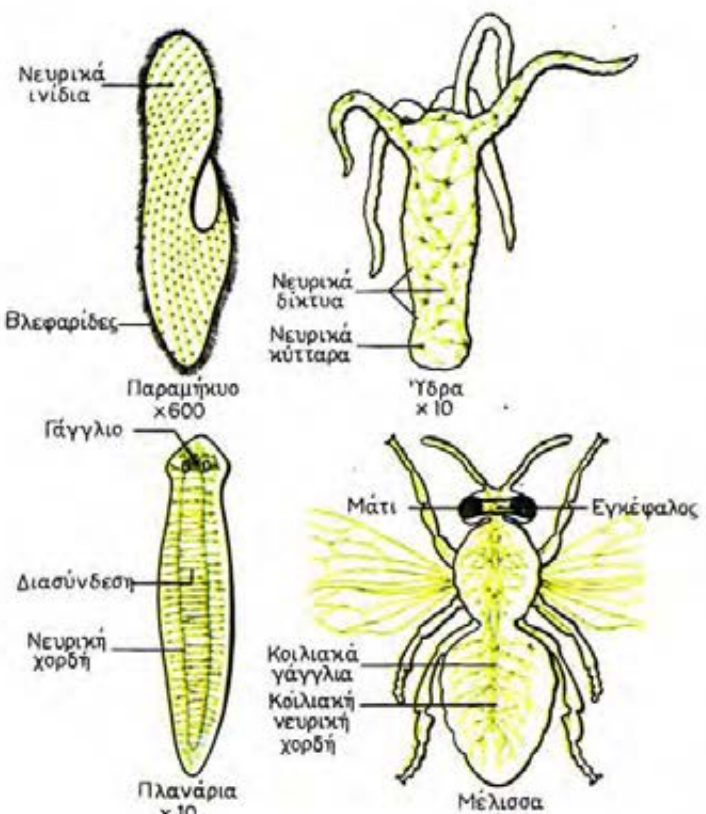


Εικόνα 22-6 *Φωτογραφία ηλεκτρονικού μικροσκοπίου τμήματος συνάψεως, που δείχνει τα συναπτικά κομβία στα άκρα των διακλαδώσεων του νευράξονα. Μία ώση που έρχεται από τα άκρα του νευράξονα διεγείρει τα συναπτικά κομβία προς έκκριση χημικού μηνύματος ή νευροδιαβιβαστή. Η χημική ουσία διασχίζει το χάσμα και διεγείρει τους δενδρίτες των γειτονικών νευρώνων επαναρχίζοντας σε αυτούς την ώση.*

22-3
Η δομή των νεύρων ποικίλλει στους διάφορους οργανισμούς

Τα φυτά και τα μονοκύτταρα πρώτιστα δεν έχουν εξειδικευμένα νευρικά κύτταρα. Εντούτοις οι οργανισμοί αυτοί είναι δυνατόν να αντιδρούν σε ορισμένα ερεθίσματα. Για παράδειγμα, στην παράγραφο 21-1 μάθατε ότι τα φυτά αντιδρούν στο φως με χημικό τρόπο. Πολλοί μονοκύτταροι οργανισμοί αντιδρούν σε ερεθίσματα με χημικό τρόπο. Η ευαισθησία των κυττάρων αυτών σε ερεθίσματα δείχνει ότι η αντίδραση στο ερέθισμα είναι γενικό χαρακτηριστικό των ζωντανών ιστών.

Τα παραμήκυα αντιδρούν στα ερεθίσματα,



Εικόνα 22-7 *Το Παραμήκυο δεν έχει νευρικό σύστημα, αλλά έχει ινίδια, που αναγκάζουν τις βλεφαρίδες του να κινούνται ρυθμικά. Η Ύδρα έχει νευρικό δίκτυο, που σχηματίζεται από νευρικά κύτταρα, τα οποία είναι ομοιόμορφα. Μία πλανάρια έχει ένα νευρικό σύστημα με δύο νευρικές χορδές, πολλά νευρικά κύτταρα και ένα γάγγλιο στην περιοχή της κεφαλής. Μία μέλισσα έχει ένα ακόμη πιο προχωρημένο νευρικό σύστημα, στο οποίο οι δύο νευρικές χορδές και τα γάγγλια κατά μήκος αυτών σχηματίζουν μία απλή χορδή. Η μέλισσα έχει επίσης εγκέφαλο.*

όπως αλλαγές στο φως, θερμοκρασία και οξύτητα. Έχουν επίσης μία σειρά ινιδίων, που διασυνδέουν τις βάσεις τω βλεφαρίδων τους. Τα ινίδια αυτά φαίνονται με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (βλ. εικόνα 22-7). Αν τα ινίδια αποκοπούν, οι βλεφαρίδες δεν κινούνται πλέον.

Όλες οι κύριες ομάδες πολυκυττάρων ζώων εκτός των σπόγγων έχουν εξειδικευμένα νευρικά κύτταρα. Εντούτοις ακόμη και χωρίς νευρικά κύτταρα οι σπόγγοι είναι σε θέση να αντιδρούν σε εξωτερικά ερεθίσματα. Ένα κύτταρο σπόγγου μπορεί να μεταδίδει τις επιπτώσεις ενός ερεθίσματος στα πλαϊνά κύτταρα με χημικό τρόπο.

Η *Ύδρα* έχει νευρικό σύστημα, που αποτελείται από νευρικά κύτταρα ομοιόμορφα κατανεμημένα στο σώμα του ζώου και συνδεόμενα μεταξύ τους με συνάψεις (βλ. εικόνα 22-7). Τέτοιο νευρικό σύστημα ονομάζεται νευρικό δίκτυο. Όταν ένα ερέθισμα φθάνει σε οποιοδήποτε σημείο της *Ύδρας*, η νευρική ώση που προκαλείται απλώνεται βαθμιαία σε όλο το νευρικό δίκτυο προς όλες τις κατευθύνσεις σε ολόκληρο τον οργανισμό. Για να μεταδοθεί όμως το αποτέλεσμα του ερεθίσματος αρκετά μακριά, το ερέθισμα πρέπει να είναι δυνατό και να κρατήσει αρκετό χρόνο. Το νευρικό δίκτυο μεταφέρει τα ερεθίσματα πολύ πιο αργά από όσο τα νεύρα των ανωτέρων οργανισμών.

Τα ανώτερα ζώα διαθέτουν και νευρικά δίκτυα και ένα πιο οργανωμένο νευρικό σύστημα. Στον τύπο αυτό του συστήματος τα περισσότερα κύτταρα βρίσκονται προς το κέντρο του σώματος και δημιουργούν συσσωματώματα και χορδές. Η πλανάρια, για παράδειγμα, έχει ένα κεντρικό νευρικό σύστημα επιπλέον του νευρικού δικτύου. Παρά το ότι τα σπονδυλωτά ζώα έχουν σύνθετα και πολύ

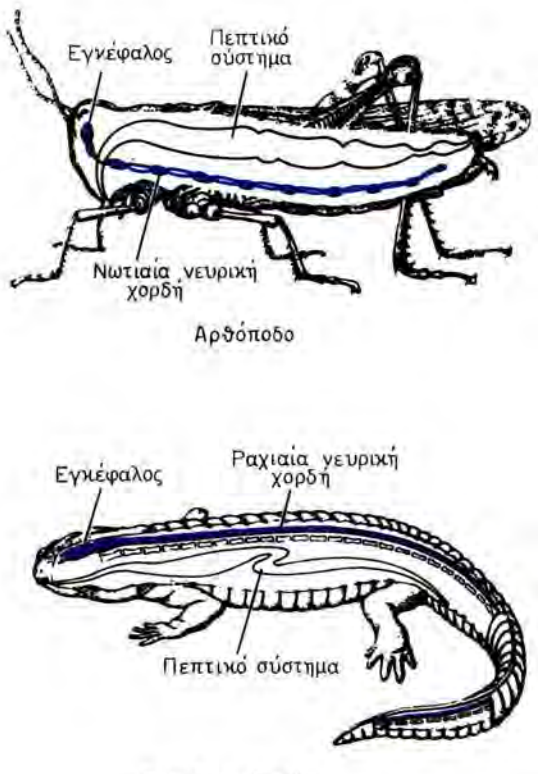
οργανωμένα νευρικά συστήματα, στα αιμοφόρα αγγεία τους καθώς και στο τοίχωμα του εντέρου του ανθρώπου υπάρχουν νευρικά δίκτυα.

Το απλό νευρικό σύστημα της πλανάριας περιέχει τις βασικές δομές που βρίσκονται στα πιο σύνθετα συστήματα. Στην περιοχή της κεφαλής η πλανάρια έχει δύο συσσωματώματα νευρικών κυττάρων, που ονομάζονται γάγγλια. Ένα γάγγλιο είναι άθροισμα νευρικών κυττοσωμάτων, που εγκλείεται σε ένα περίβλημα συνδετικού ιστού. Όταν υπάρχουν πολλά γάγγλια στην περιοχή της κεφαλής, τότε το συσσωμάτωμα συνήθως ονομάζεται εγκέφαλος. Μία ξεχωριστή νευρική χορδή, που αποτελείται από αλυσίδες γαγγλίων, βρίσκεται σε κάθε πλευρά του σώματος της πλανάρια. Οι νευρικές αυτές χορδές συνδέονται με διασυνδέσεις (βλ. εικόνα 22-7). Πολλές παραλλαγές του βασικού αυτού τύπου ανευρίσκονται στο βασίλειο των ζώων.

Βασικά το νευρικό σύστημα της μέλισσας είναι όμοιο με αυτό της πλανάρια (βλ. εικόνα 22-7). Στο έντομο υπάρχει ένα ζεύγος νευρικών χορδών πολύ κοντά στο πεπτικό σύστημα. Συνήθως αναφέρεται ως απλή χορδή. Τα κεφαλικά γάγγλια, ο εγκέφαλος του εντόμου, αποτελούνται από χιλιάδες νευρικά κύτταρα, που προεκτείνονται προς τις νευρικές χορδές. Από τις νευρικές χορδές άλλα νεύρα οδηγούν προς τα τμήματα του σώματος του εντόμου.

Στα σπονδυλωτά ζώα η νευρική χορδή είναι ένας απλός σωλήνας, που βρίσκεται επάνω από το πεπτικό σύστημα. Ο εγκέφαλος, μία πρόσθια προέκταση της νευρικής χορδής, βρίσκεται επίσης επάνω από το πεπτικό σύστημα. Στην εικόνα 22-8 η θέση της νευρικής χορδής σε ένα έντομο παραλληλίζεται με αυτή ενός σπονδυλωτού ζώου. Σημειώστε ότι στο έντομο ο εγκέφαλος βρίσκεται επάνω από το πεπτικό σύστημα, ενώ η νευρική χορδή βρίσκεται από κάτω από αυτό. Από τη νευρική χορδή ένα περίπλοκο δίκτυο νεύρων μεταδίδει τα ερεθίσματα από τα όργανα των υποδοχέων προς όλα τα τμήματα του οργανισμού.

Ο πιο σπουδαίος παράγοντας στην εξέλιξη του νευρικού συστήματος των σπονδυλωτών ζώων είναι η ανάπτυξη του εγκεφάλου. Θα μάθετε αργότερα στο κεφάλαιο αυτό περισσότερα για την εξέλιξη και τις λειτουργίες του εγκεφάλου.

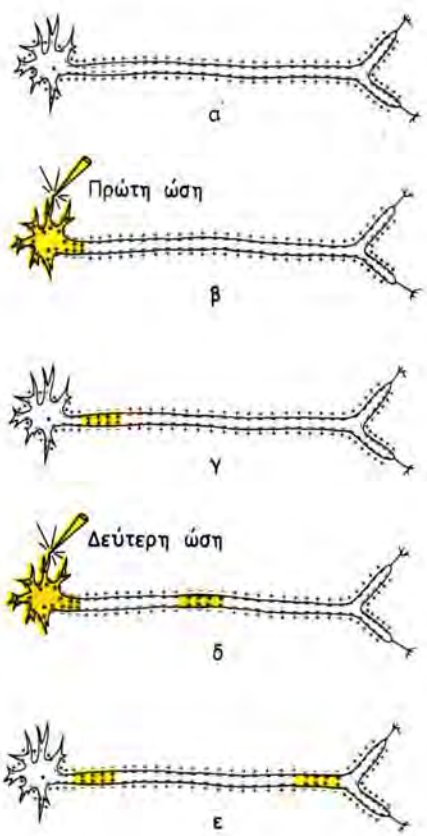


Εικόνα 22-8 *Στα έντομα η νευρική χορδή είναι κοιλιακή, κάτω από το πεπτικό σύστημα. Στα σπονδυλωτά ζώα είναι ραχιαία, επάνω από το πεπτικό σύστημα.*

22-4
Πώς μεταδίδεται ένα νευρικό σήμα κατά μήκος του νευρώνα;

Ένα ερέθισμα στο άκρο μιας νευρικής ίνας ή ενός νευρώνα εκκινά μία αλληλουχία χημικών και ηλεκτρικών μεταβολών, που διαδιβάζεται ως ένα κύμα σε όλο το μήκος του νευρώνα. Το κύμα αυτό ονομάζεται νευρική ώση. Οι χημικές αντιδράσεις που παρατηρούνται κατά τη νευρική ώση σε κάθε τμήμα του νευρώνα καταναλώνουν οξυγόνο και απαιτούν ενέργεια. Επιπλέον οι αντιδράσεις παράγουν διοξείδιο του άνθρακα και ανεβάζουν τη θερμοκρασία.

Ηλεκτρικές μεταβολές συνοδεύουν τις χημικές μεταβολές. Έχει δειχθεί πειραματικά ότι το εξωτερικό μιας μη διεγερμένης ίνας ενός νευρώνα είναι ηλεκτροθετικό, ενώ το εσωτε-



Εικόνα 22-9 *(α) Ένας νευρώνας σε στάδιο ετοιμότητας, αλλά όχι διεγερμένος: η κυτταρική μεμβράνη είναι ηλεκτροθετική εξωτερικά και ηλεκτροαρνητική εσωτερικά. (β) Εφαρμογή ερεθίσματος: η ηλεκτρική φόρτιση αντιστρέφεται καθώς αρχίζει το ερέθισμα. (γ) Η ώση μεταδίδεται ως κύμα μεταβολών ηλεκτρικών φορτίων. (δ) Δεύτερη ώση εφαρμόζεται μετά την αποκατάσταση. (ε) Και οι δύο ώσεις, ξεχωριστά, κινούνται κατά μήκος του νευράξονα.*

ρικό είναι ηλεκτροαρνητικό (βλ. εικόνα 22-9α). Η διαφορά σε ηλεκτρικό φορτίο πηγάζει από τη διαφορά διαπερατότητας της κυτταρικής μεμβράνης του νευρώνα σε φορτισμένα ιόντα. Επίσης η ενεργός μεταφορά μπορεί να παίζει ρόλο.

Όταν οι δενδρίτες ενός νευρώνα διεγείρονται, ηλεκτρικές μεταβολές δείχνουν το ξεκίνημα μιας νευρικής ώσεως (βλ. εικόνα 22-9β). Το εσωτερικό ενός νευρώνα στο διεγερμένο σημείο γίνεται θετικό και το εξωτερικό γίνεται αρνητικό. Η απότομη αυτή μεταβολή προκαλείται κυρίως από την ενεργό μεταφορά ιόντων νατρίου (Na^+) από το εξωτερικό προς το εσωτερικό της κυτταρικής μεμβράνης του νευρώνα. Η νευρική ώση προκαλεί ακολούθως μία ίδια μεταβολή στο επόμενο τμήμα του νευρώνα. Κάθε τμήμα κατά μήκος του νευρώνα διεγείρεται από την ώση, που προέρχεται από το προηγούμενο τμήμα. Η ώση διαβιβάζεται από το ένα άκρο του νευρώνα προς το άλλο ως ένα κύμα τοπικών χημικών και ηλεκτρικών μεταβολών. Οι νευρώνες χρειάζονται χρόνο για να «αποκατασταθούν», προτού να είναι σε θέση να δεχθούν ένα νέο ερέθισμα. Μετά τη διαβίβαση μιας ώσεως από κάθε τμήμα κατά μήκος ενός νευρώνα, το τμήμα πρέπει να επανέλθει στην αρχική του κατάσταση. Τα ιόντα πρέπει να επανακατανεμηθούν σε κάθε πλευρά της κυτταρικής μεμβράνης (βλ. εικόνα 22-9γ). Αν μία δεύτερη διέγερση δοθεί αμέσως μετά την πρώτη, τότε οι δενδρίτες δεν θα αντιδράσουν. Εντούτοις σε ορισμένους νευρώνες ο χρόνος που χρειάζεται για την αποκατάσταση είναι δυνατόν να είναι μέχρι και ένα χιλιοστό του δευτερολέπτου (βλ. εικόνα 22-9δ, ε) (βλ. παράρτημα 22-Α, Πώς αντιδρά ένα νεύρο σε ερεθίσματα ποικίλης εντάσεως; Σελίδα 730).

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 22-Γ. Χημικοί υποδοχείς γεύσεως και οσφρήσεως, σελίδα 670.

22-5
Πώς διαβιβάζονται οι νευρικές ώσεις μεταξύ νευρώνων;

Όλο και περισσότερες ενδείξεις συγκεντρώνονται, που δείχνουν ότι η διαβίβαση ώσεων μεταξύ νευρώνων διαφέρει από τη μετάδοση ώσεων κατά μήκος των νευρώνων. Το μικρό χάσμα μεταξύ κυττάρων στη σύναψη παρεμποδίζει μία άμεση συνέχιση της ώσεως. Έχει δειχθεί, από πειραματική εργασία, ότι εξειδικευμένες χημικές ουσίες παράγονται στα άκρα της νευρικής ίνας.

Όταν οι ώσεις έρχονται στα άκρα ενός νευράξονα, προκαλούν έκλυση των χημικών ουσιών. Οι χημικές ουσίες διαχέονται μέσω



Βιολογία Περιληπτικά

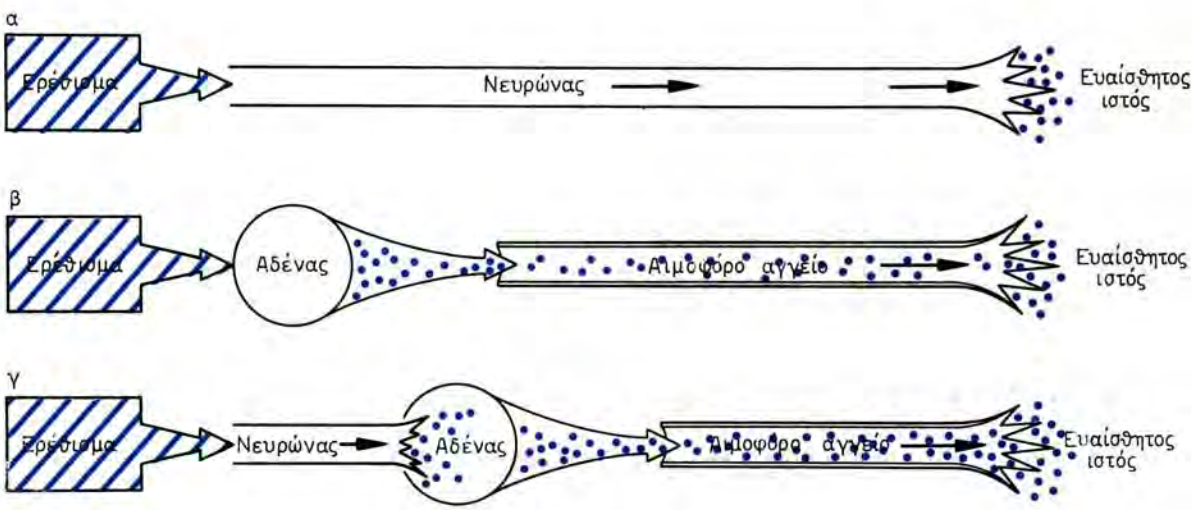
Εκπαίδευση σε παλίνδρομη βιο-αλληλορύθμιση

Εκπαίδευση σε παλίνδρομη βιο-αλληλορύθμιση. Ένας νέος κάθεται σε ένα σκοτεινιασμένο δωμάτιο συνδεδεμένος με ένα παλμογράφο. Η μηχανή αυτή αποκαλύπτει τα πολύ μικρά ποσά ηλεκτρισμού που παράγονται από τα εγκεφαλικά κύτταρα. Το πείραμα έχει ως αντικείμενο τη μάθηση· και μάλιστα είναι ασυνήθιστο είδος μαθήσεως. Νομίζετε ότι θα μπορούσατε να μάθετε να αυξάνετε την παραγωγή από τον εγκέφαλό σας ενός επιλεγμένου είδους εγκεφαλικών κυμάτων;

Αυτό είναι το αντικείμενο του πειράματος αυτού. Φυσιολογικά τα εγκεφαλικά κύματα, που ονομάζονται κύματα άλφα, παράγονται για μικρές περιόδους με ρυθμό 8 έως 14 ανά δευτερόλεπτο. Ο παλμογράφος και ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής έχουν συνδεθεί με ένα μεγάφωνο με τέτοιο τρόπο, ώστε κάθε φορά που παράγονται άλφα κύματα να ακούγεται ένας οξύς ήχος. Τα κύματα καταχωρούνται επίσης σε ένα ΗΕΓ (ηλεκτροεγκεφαλογράφο). Με την παλίνδρομο αυτή αλληλορύθμιση ο νέος μαθαίνει πώς να ελέγχει τη δραστηριότητα του εγκεφάλου του και να αυξάνει το μήκος του χρόνου κατά τον οποίο παράγονται άλφα κύματα. Γιατί αυτό είναι χρήσιμο; Το μόνο που είναι γνωστό είναι ότι τά άλφα κύματα συνδέονται με μία κατάσταση πλήρους, χωρίς ένταση όμως, εγρηγόρσεως κατά τις περιόδους υψηλής διανοητικής αποδόσεως.

Πειράματα όπως αυτό ονομάζονται εκπαίδευση παλίνδρομης βιο-αλληλορυθμίσεως. Μερικά από τα αποτελέσματα δίνουν ενδείξεις καλύτερης διανοητικής αποδόσεως. Άλλα δείχνουν εκμάθηση ελέγχου σε σωματικές λειτουργίες, που φυσιολογικά είναι αβουλητικές, όπως αυτές που συνδέονται με την καρδιά, την κυκλοφορία, το πεπτικό σύστημα και διάφορους αδένες. Ενσυνείδητος έλεγχος, όπως αυτός, είναι γνωστός από πολλά χρόνια στους μύστες, διαλογιστές, ακόμη και στους υπνωτιστές.

Εφαρμογές της εκπαιδεύσεως τύπου παλίνδρομης βιο-αλληλορυθμίσεως, αν αντιμετωπισθούν με κάποια προσοχή, παρέχουν μερικές ενδιαφέρουσες δυνατότητες. Ένας άνθρωπος με υψηλή πίεση αίματος μπορεί να μάθει να διατηρεί την πίεσή του χαμηλή αρκετά για να προλάβει πονοκεφάλους και ζαλάδες, καθώς και για να προλάβει προβλήματα στις στεφανιαίες και εγκεφαλικά επεισόδια. Άτομα που πάσχουν από υπερένταση ή κόπωση μπορεί να ωφεληθούν από εξάσκηση επαγωγής μυικής χαλαρώσεως. Οι καλοί αθλητές γνωρίζουν ότι χρειάζεται ισχυρή διανοητική συγκέντρωση για την επιτέλεση περιπλόκων αθλητικών επιτευγμάτων. Μπορεί να ωφεληθούν εξασκούμενοι στην απαιτούμενη συγκέντρωση, χρησιμοποιώντας σήματα εγκεφαλικών κυμάτων παλίνδρομης αλληλορυθμίσεως, προκειμένου να προσδιορίσουν τη στιγμή της ιδανικής προετοιμασίας. Εκπαίδευση σε παλίνδρομη βιο-αλληλορύθμιση θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί, για να ειδοποιείται με τη βοήθεια μηχανών ο μαθητής, όταν δεν προσέχει. Εναλλακτικές διδακτικές διαδικασίες θα μπορούσαν να εισαχθούν κατά τη διδασκαλία, για να επαναφέρουν την προσοχή των μαθητών.



Εικόνα 22-10 *Νευρικές ώσεις και ενδοκρινείς λειτουργίες περιλαμβάνουν έκκριση χημικών ουσιών, που επιδρούν σε ευαίσθητα όργανα ή ιστούς. Ποια μέθοδος προκαλεί ταχύτερα ανταπόκριση;*

της συνάψεως και προκαλούν αφετηρία νέας νευρικής ώσεως στους δενδρίτες του επόμενου νευρώνα. Οι χημικές ουσίες παράγονται μόνο στα άκρα των νευραξόνων (βλέπε εικόνες 22-5 και 22-6) και όχι στους δενδρίτες. Γι' αυτό οι νευρικές ώσεις διαβιβάζονται μόνο κατά μία διεύθυνση σαν μία αλληλουχία νευρώνων.

Η ουσία που εκλύεται από μερικούς νευρώνες είναι η σχετικά απλή από χημικής απόψεως ακετυλοχολίνη. Διαβιβάζει ώσεις μέσω πολλών τύπων νευρικών απολήξεων. Η ακετυλοχολίνη ονομάζεται νευροδιαβιβαστική ουσία ή νευροδιαβιβαστής. Νευροδιαβιβαστής είναι κάθε ουσία, που εκλύεται από τις απολήξεις των νεύρων και διαβιβάζει ώσεις από νευρώνα σε νευρώνα ή σε μύες ή σε αδένες. Σε κάθε περίπτωση ο νευροδιαβιβαστής προκαλεί μία διαφορετική αντίδραση. Σε άλλο νευρώνα προκαλεί το ξεκίνημα μίας νέας ώσεως. Σε μυικό κύτταρο προκαλεί σύσπαση. Σε αδενικό κύτταρο προκαλεί έκλυση εκκρίσεως.

22-6
Νεύρα και ορμόνες συνεργάζονται προς ρύθμιση διαφόρων λειτουργιών

Η νευρική ρύθμιση και η ορμονική ρύθμιση των διαφόρων οργάνων και κυττάρων μοιάζουν σε πάρα πολλά σημεία (βλ. εικόνα 22-10). Οι υποδοχείς δέχονται ερεθίσματα και ώσεις διαβιβάζονται κατά μήκος νευρώνων προς ευαίσθητες δομές, όπως κύτταρα, ιστοί ή όργανα (εικόνα 22-10α). Αλλά στα άκρα των νευρώνων εκλύονται νευροδιαβιβαστές. Είναι αυτές οι χημικές ουσίες και όχι οι νευρικές ώσεις που προκαλούν τις αντιδράσεις.

Είναι ενδιαφέρον ότι ένας νευροδιαβιβαστής είναι δυνατόν να είναι παρόμοιος με μία ορμόνη. Ο νευροδιαβιβαστής νορεπινεφρίνη, που εκλύεται στο μυικό ιστό, είναι παρόμοιος προς μία ορμόνη που παράγεται στα επινεφρίδια.

Οι ενδοκρινείς αδένες δέχονται ερεθίσματα και εκκρίνουν ορμόνες (εικόνα 22-10β). Οι ορμόνες αυτές κυκλοφορούν στο αίμα προς ευαίσθητες δομές, των οποίων ρυθμίζουν τη λειτουργία. Οι νευρικές ώσεις μεταδίδονται με μεγάλη ταχύτητα. Η κυκλοφορία του αίματος είναι πολύ πιο αργή. Γι' αυτό η νευρική ρύθμιση είναι πολύ ταχύτερη από την ορμονική ρύθμιση.

Σε πολλές περιπτώσεις και νεύρα και ορμόνες ελέγχουν τη λειτουργία ενός οργάνου. Για παράδειγμα, νευρώνες από τον εγκέφαλο φθάνουν μέχρι την καρδιά προς ρύθμιση του

ρυθμού των συστολών της. Μία ορμόνη της υποφύσεως (βλ. εικόνα 21-11), η αδρεναλίνη, βοηθά επίσης στη ρύθμιση του ρυθμού συστολών της καρδιάς. (Βλ. Παραρτήματα 22-Β, Το αυτόνομο νευρικό σύστημα, σελίδα 730, και 22-Γ, Νευροδιαβιβαστές και ορμόνες ελέγχου του ρυθμού των καρδιακών συστολών, σελίδα 732).

Οι νευρώνες και οι ενδοκρινείς αδένες συνεργάζονται επίσης σε αλληλουχία για τη ρύθμιση λειτουργιών (εικόνα 22-10γ). Ερεθίσματα που δέχονται οι νευρώνες προκαλούν νευρικές ώσεις. Οι νευρικές ώσεις μεταδίδονται μέσω νευρώνων προς ένα ενδοκρινή αδένα. Ο αδένας, σε ανταπόκριση προς την ώση εκλύει μία ορμόνη. Η ορμόνη κυκλοφορεί στο αίμα προς κάποιο ευαίσθητο ιστό ή όργανο.

Με τον τρόπο αυτό το νευρικό σύστημα και το ενδοκρινικό σύστημα συνεργάζονται προς ρύθμιση των λειτουργιών του σώματος, που είναι σπουδαίες για τη διατήρηση της ομοιοστασίας.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι υποδοχείς επιτρέπουν στους οργανισμούς να δέχονται ερεθίσματα από το περιβάλλον. Στα ανθρώπινα όντα οι υποδοχείς αυτοί είναι διανεμημένοι μέσα στο σώμα και στην επιφάνεια του σώματος συμπεριλαμβανομένων του δέρματος και της γλώσσας. Οι υποδοχείς επίσης συγκεντρώνονται προς σχηματισμό συνθέτων οργάνων, όπως το μάτι και το αυτί. Ανταπόκριση σε ένα ερέθισμα είναι ένα γενικό χαρακτηριστικό των ζωντανών ιστών. Τα περισσότερα ζώα έχουν εξειδικευμένα νευρικά κύτταρα και ιστούς.

Η βασική δομική μονάδα του νευρικού συστήματος είναι το νευρικό κύτταρο ή ο νευρώνας. Η νευρική ώση μεταδίδεται κατά μήκος ενός νευρώνα με αλληλουχία χημικών και ηλεκτρικών μεταβολών. Οι ώσεις μπορούν να διασχίζουν τη σύναψη μεταξύ νευρώνων μέσω των νευροδιαβιβαστών.

Οι νευροδιαβιβαστές από τα νεύρα και οι ορμόνες από τους ενδοκρινείς αδένες συνεργάζονται προς ρύθμιση πολλών λειτουργιών των ζώων.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Τι είναι ερέθισμα;
2. Περιγράψτε ένα νευρικό κύτταρο και ένα νευρικό δίκτυο.
3. Προς ποια διεύθυνση οι νευρικές ώσεις μεταδίδονται συνήθως σε ένα νευρώνα;
4. Περιγράψτε μία σύναψη.
5. Περιγράψτε διαφόρους τρόπους, με τους οποίους νευρώνες και ενδοκρινείς αδένες ρυθμίζουν ευαίσθητους ιστούς.

Το κεντρικό νευρικό σύστημα. Ρύθμιση και ομοιοστασία

22-7
Ο εγκέφαλος και ο νωτιαίος μυελός είναι το κέντρο του νευρικού συστήματος του ανθρώπου

Στους ανθρώπους ο εγκέφαλος και ο νωτιαίος μυελός αποτελούν το κεντρικό νευρικό σύστημα (βλ. Παράρτημα 22-Β, το αυτόνομο νευρικό σύστημα, σελίδα 730).

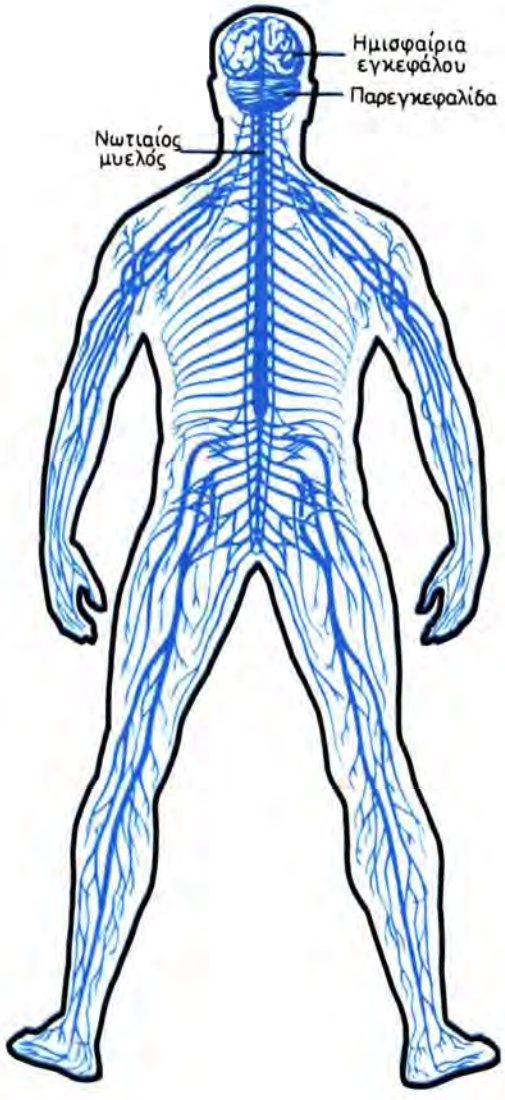
Δώδεκα ζεύγη κρανιακών νεύρων συνδέονται απευθείας προς τον εγκέφαλο. Άλλα 31 ζεύγη νεύρων, τα νεύρα του νωτιαίου μυελού, συνδέονται προς το νωτιαίο μυελό. Όλα τα νεύρα αυτά διακλαδίζονται επανειλημμένως και σχηματίζουν το περιφερειακό νευρικό σύστημα. Τα νεύρα του νωτιαίου μυελού διασυνδέουν τα περισσότερα μέρη του σώμα-

τος κάτω από την κεφαλή.

Ο νωτιαίος μυελός (βλ. εικόνα 22-11) είναι μία επιμήκης κατασκευή, που αποτελείται από κυττοσώματα νευρικών κυττάρων και νευρικές ίνες. Ο νωτιαίος μυελός αρχίζει στον εγκέφαλο και συνεχίζεται κατά μήκος της σπονδυλικής στήλης έως το κατώτερο μέρος της ράχης. Ο ίδιος ο εγκέφαλος είναι μία μεγάλη προέκταση του νωτιαίου μυελού, που προφυλάσσεται στο κρανίο. Ο εγκέφαλος αποτελείται από πολλά εκατομμύρια νευρώνων και επιτελεί την πιο εξειδικευμένη ρύθμιση του νευρικού συστήματος. Ο εγκέφαλος μαζί με το νωτιαίο μυελό παραλληλίζονται προς τον κεντρικό πίνακα τηλεφωνικών συνδέσεων ενός τηλεφωνικού συστήματος. Επιμήκεις νευράξονες, σε νεύρα εξαπλωμένα σε όλο το σώμα, μεταφέρουν νευρικές ώσεις προς και από τον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό. Ώσεις που γίνονται δεκτές σε μία περιοχή του νωτιαίου μυελού είναι δυνατό να μεταφερθούν σε άλλες περιοχές του νωτιαίου μυελού ή του εγκεφάλου.

Οι αισθητικοί νευρώνες αποτελούνται από νευρικές ίνες, που δέχονται ερεθίσματα στους αισθητικούς υποδοχείς του σώματος και μεταφέρουν τις ώσεις προς τον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό. Οι ώσεις που φθάνουν στον εγκέφαλο από διαφορετικούς αισθητικούς νευρώνες χημικώς και ηλεκτρικώς είναι όμοιες. Για παράδειγμα, νευρικές ώσεις που μεταδίδονται κατά μήκος νευρώνων από τα μάτια, τα αυτιά και τους υποδοχείς πόνου είναι παρόμοιες. Οι νευρώνες αυτοί μπορεί να διεγερθούν πειραματικά προς μεταφορά ώσεων με μία ήπια ηλεκτρική εκκένωση. Αν διεγειρόταν νευρώνας του ματιού, θα σταλεί στον εγκέφαλο μία ώση, που θα σας έδινε την αίσθηση ότι βλέπετε. Αν διεγειρόταν νευρώνας του αυτιού, θα είχατε την αίσθηση ότι ακούτε. Υποθέστε ότι τα νεύρα των ματιών σας προς τον εγκέφαλο αποκόπτονται και τα νεύρα των αυτιών σας συνδέονται προς το κέντρο οράσεων του εγκεφάλου. Όταν θα ακούγατε μουσική, νομίζετε ότι θα είχατε αίσθηση ότι βλέπετε ή ότι ακούτε;

Οι αισθήσεις οράσεων, ακοής, γεύσεως, οσφρήσεως και αφής λαμβάνουν ουσιαστική υπόσταση σε ένα μέρος του εγκεφάλου, τα εγκεφαλικά ημισφαίρια. Οι αισθητικοί νευρώνες από κάθε όργανο υποδοχέων τερματίζονται σε εξειδικευμένες περιοχές των ημισφαιρίων. Μερικές από τις περιοχές αυτές εμφανίζονται στην εικόνα 22-12.



Εικόνα 22-11 *Στους ανθρώπους ένα δίκτυο νεύρων συνδέεται προς τον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό.*

Οι λειτουργίες των ημισφαιρίων μελετώνται διαρκώς σε ανθρώπους με εγκεφαλικά τραύματα, καθώς και σε ελεγχόμενα πειράματα σε πειραματόζωα. Από τις μελέτες αυτές οι επιστήμονες γνωρίζουν ότι συνειδητές αισθήσεις, όπως η ακοή, η όραση, ο βουλητικός έλεγχος των μυών, η ομιλία, η αντίληψη και η μνήμη, εδράζονται σε περιοχές των ημισφαι-

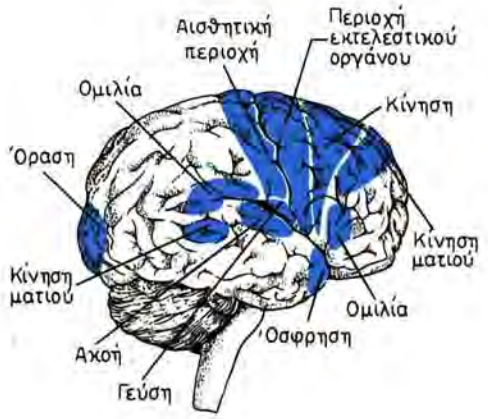
ρίων. Και όμως, δεν είναι γνωστές όλες οι λειτουργίες των ημισφαιρίων. Πώς κάποιος σκέπτεται, μαθαίνει και συναισθάνεται; Τα ημισφαίρια ενός ανθρώπου ίσως εμπλέκονται σε αυτές τις εκδηλώσεις (βλ. παράρτημα 22-Δ, Τα ημισφαίρια έγιναν μεγαλύτερα καθώς εξελισσόταν ο εγκέφαλος, σελίδα 733).

Ο εγκέφαλος δεν μεταφράζει μόνο μηνύματα από τους αισθητικούς νευρώνες. Κατευθύνει επίσης ώσεις προς νευρώνες, που προκαλούν αντιδράσεις. Οι νευρώνες αυτοί ονομάζονται κινητικοί νευρώνες και κατευθύνουν ώσεις από τον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό προς τους μύες και τους αδένες. Όταν διεγερθούν από τους κινητικούς νευρώνες, οι μύες και οι αδένες δρουν· οι μύες συστέλλονται και οι αδένες εκκρίνουν τις ουσίες τους.

Ο εγκέφαλος είναι πολύ πιο περίπλοκος από τον κεντρικό πίνακα τηλεφωνικών συνδέσεων. Ένας κεντρικός πίνακας τηλεφωνικών συνδέσεων απλώς συνδέει, ενώ ο εγκέφαλος σταθμίζει και κατευθύνει. Με τον τρόπο αυτό ελέγχει τις αντιδράσεις του οργανισμού. Επιπλέον των ελεγχομένων από τον εγκέφαλο αντιδράσεων, τις οποίες καθένας αντιλαμβάνεται, ο εγκέφαλος ελέγχει μία ολόκληρη σειρά φυσικών λειτουργιών χωρίς ευσυνείδητη γνώση. Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια σωματικής ασκήσεως τα κύτταρα αυξάνουν την κατανάλωση γλυκόζης και οξυγόνου και την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα. Οι αλλαγές αυτές βρίσκονται κάτω από ορμονικό έλεγχο. Σε ανταπόκριση προς τις αλλαγές που προκαλούνται από τις ορμόνες ο ρυθμός αναπνοής αυξάνει, όπως αυξάνει και ο αριθμός παλμών της καρδιάς για την επιτάχυνση της κινήσεως του αίματος. Ο εγκέφαλος προκαλεί αυτές τις αλλαγές στέλνοντας πιο συχνά νευρικές ώσεις στους μύες των πλευρών, το διάφραγμα και την καρδιά. Ο ρυθμός αναπνοής καθορίζεται από το ρυθμό συστολών των μυών των πλευρών και του διαφράγματος (βλ. Παράρτημα 22-Ε, Πώς ο εγκέφαλος ελέγχει το ρυθμό αναπνοής, σελίδα 734).

Ώσεις, που προέρχονται από τον εγκέφαλο, μεταφερόμενες μέσω των νευρώνων οδηγούν ειδικούς μύες να ελέγχουν τη ροή του αέρα μεταξύ των φωνητικών χορδών όταν ομιλούμε. Η ομιλία είναι μία από τις πολλές ενσυνείδητες δραστηριότητες.

Οι κινήσεις του σώματός μας κατά την



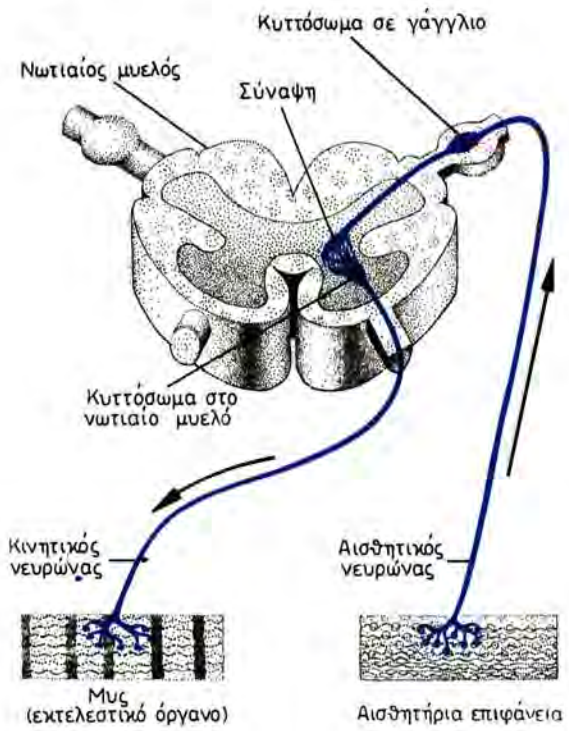
Εικόνα 22-12 *Διάφορες περιοχές στην εξωτερική επιφάνεια των ημισφαιρίων, ή φλοιός ημισφαιρίων, συνδέονται με διάφορες λειτουργίες. Οι περισσότερες από τις περιοχές αυτές έχουν προσδιορισθεί ως αποτέλεσμα διαγνώσεων ασθενών με εγκεφαλικό τραυματισμό λόγω ατυχημάτων.*

κολύμβηση, το χορό και το τρέξιμο είναι άλλες ενσυνείδητες δραστηριότητες. Εξαρτώνται από την ελεγχόμενη συστολή πολλών μυών, που συντονίζονται από ώσεις του νευρικού συστήματος. Με την εξάσκηση ακόμη και αυτές οι δραστηριότητες είναι δυνατό να γίνονται με λιγότερη ενσυνείδητη προσπάθεια και σκέψη.

22-8
Μερικές νευρικές δραστηριότητες γίνονται μέσω του νωτιαίου μυελού

Πώς μπορεί μία οχιά ή ένα κοτόπουλο να κινείται και μετά την αποκοπή της κεφαλής τους; Γιατί το γόνατό σας τινάζεται, όταν κτυπηθεί με ένα ορισμένο τρόπο; Οι απαντήσεις αυτές απαιτούν κατανόηση της αντανακλαστικής λειτουργίας, δηλαδή μη βουλητικών αντιδράσεων, για τις οποίες το ερέθισμα συνήθως διοχετεύεται μέσω του νωτιαίου μυελού.

Η γνώση των αντανακλαστικών του νωτιαίου μυελού βασίζεται στην πρωτοποριακή εργασία του Άγγλου φυσιολόγου Κ. Σ. Σέρρινγκτον και άλλων βιολόγων, που εργάζο-



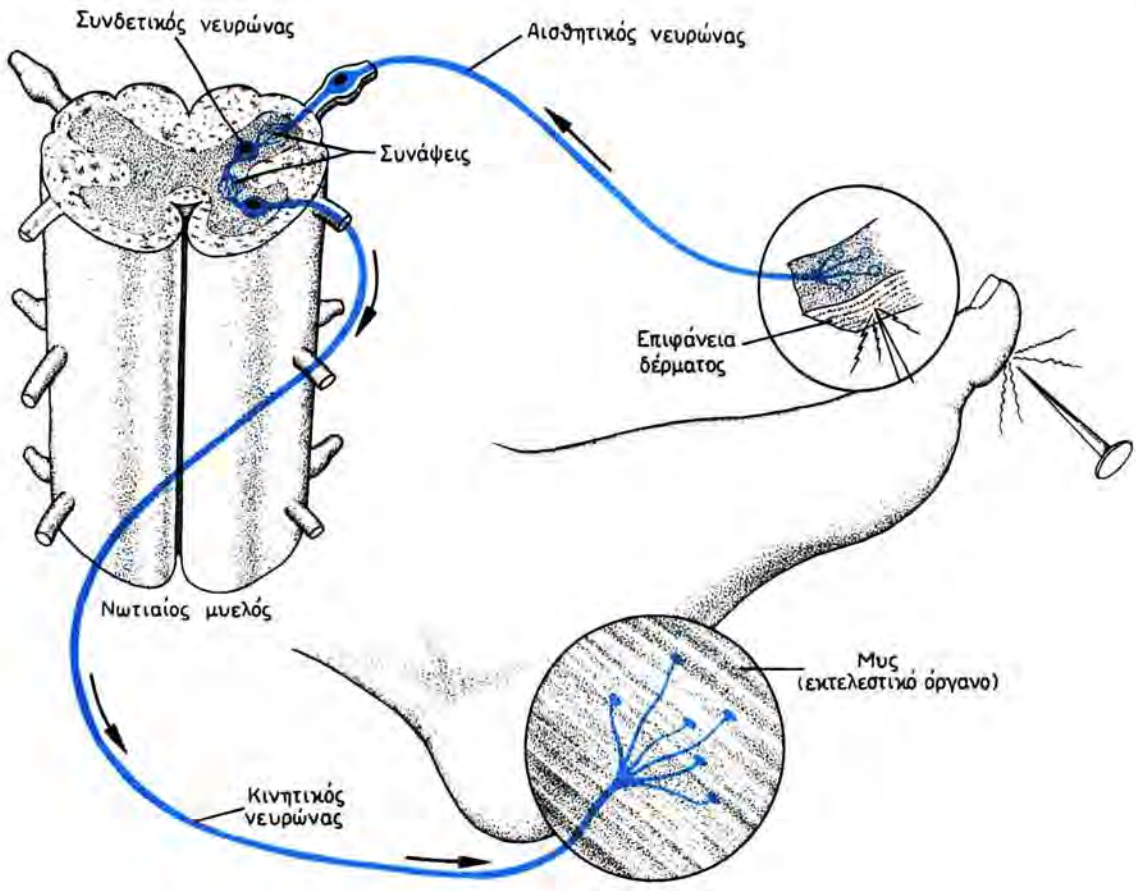
Εικόνα 22-13 *Ακολουθήστε τη διαδρομή ενός απλού αντανακλαστικού τόξου δύο νευρώνων από τον αισθητικό νευρώνα προς τον κινητικό νευρώνα.*

νταν κατά τις αρχές αυτού του αιώνα. Πολύ απλή αντανακλαστική λειτουργία πραγματώνεται από δύο νευρώνες, που συνδέονται με ό,τι ονομάζεται αντανακλαστικό τόξο. Ένα απλό αντανακλαστικό τόξο φαίνεται στην εικόνα 22-13. Η διαδρομή ενός τέτοιου αντανακλαστικού τόξου έχει την αρχή της σε μία αισθητική επιφάνεια. Συνεχίζεται κατά μήκος ενός αισθητικού νευρώνα προς το νωτιαίο μυελό και κατόπιν κατά μήκος ενός κινητικού νευρώνα προς εκτελεστικά όργανα, συνήθως μυικά κύτταρα. Ένα τέτοιο τόξο εμπλέκεται στο αντανακλαστικό του τινάγματος του ανθρώπινου ποδιού.

Το αντανακλαστικό του τινάγματος του ποδιού γίνεται αν κτυπηθεί ο τένοντας κάτω ακριβώς από την επιγονατίδα. Εξαπλωμένοι υποδοχείς στον τένοντα προκαλούν ώσεις, που μεταδίδονται μέσω αισθητικού νευρώνα προς το ανώτερο τμήμα του ποδιού στο κυττόσωμα του νευρώνα, σε ένα γάγγλιο ακριβώς έξω από το νωτιαίο μυελό. Ένας βραχύς νευράξονας συνεχίζεται από το κυττόσωμα, στο γάγγλιο, προς το νωτιαίο μυελό. Στο νωτιαίο μυελό τα άκρα του νευράξονα έρχονται σε στενή επαφή με τους δενδρίτες ενός κινητικού νευρώνα μέσω μιας συνάψεως. Οι ώσεις μεταδίδονται πίσω κατά μήκος του κινητού νευρώνα από το νωτιαίο μυελό προς τους μύες ή τα εκτελεστικά όργανα του μηρού. Οι ώσεις αυτές προκαλούν συστολή των εμπροσθίων μυών του μηρού, ενώ οι μύες στο οπίσθιο τμήμα του μηρού είναι χαλαροί. Ως αποτέλεσμα, το πόδι τινάζεται προς τα εμπρός με μερική ευθυγράμμιση του γονάτου.

Ένας άνθρωπος που έχει κτυπηθεί κάτω από την επιγονατίδα γνωρίζει το γεγονός ότι έχει κτυπηθεί. Αυτό, γιατί αισθητικές ώσεις μεταδίδονται μέσω άλλων διαδρομών από αυτές που μόλις περιγράφηκαν. Μερικές αισθητικές ώσεις είναι δυνατό να περάσουν από τους αισθητικούς νευρώνες προς το νωτιαίο μυελό και από εκεί στον εγκέφαλο. Εντούτοις το αντανακλαστικό του τινάγματος του γονάτου δεν εξαρτάται από το βαθμό της ενσυνείδητης γνώσεως. Αντανακλαστικά πραγματώνονται ακόμη και όταν κοιμόμαστε βαθιά. Είναι δυνατόν να παρατηρηθούν, ακόμη και όταν αποκοπεί η σύνδεση του νωτιαίου μυελού με τον εγκέφαλο και οι αισθητικές ώσεις δεν φθάνουν καθόλου στον εγκέφαλο.

Τα περισσότερα αντανακλαστικά τόξα είναι πιο περίπλοκα από όσο το αντανακλαστικό του τινάγματος του γονάτου και συνήθως εμπλέκουν περισσότερους από δύο νευρώνες. Τι συμβαίνει όταν δέχεσθε ένα ερέθισμα που οδηγεί σε πόνο, καθώς πατάτε σε ένα καρφί; Γνωρίζετε από την πείρα σας ότι όταν σηκώνετε το πόδι, κάμπτετε το γόνατό σας και συχνά προκαλείτε σύσπαση και σε άλλους μύες του ποδιού σας. Αυτό το αντανακλαστικό τόξο ολοκληρώνεται με την εμπλοκή αντανακλαστικού τόξου τριών νευρώνων: του αισθητικού νευρώνα, ενός συνδετικού νευρώνα στο νωτιαίο μυελό και ενός κινητικού νευρώνα (βλ. εικόνα 22-14). Ακριβώς η ίδια αντίδραση παρατηρείται στην περίπτωση πόνου σε άλλα σπονδυλωτά ζώα. Υποστηρίζεται ότι αυτά είναι ένα εξελικτικό πρότυπο αντανακλαστικής αντιδράσεως σε ένα ερέθισμα που προκαλεί πόνο και πιθανό τραυματισμό. Εί-



Εικόνα 22-14 *Πάτημα σε ένα καρφί προκαλεί ένα αντανακλαστικό τριών νευρώνων. Τα περισσότερα αντανακλαστικά περιλαμβάνουν τρεις νευρώνες και πολλές φορές περισσότερους. Συγκρίνετε αυτό το διάγραμμα με την εικόνα 22-13.*

ναι μία προστατευτική αντίδραση. Αυτό το είδος αντανακλαστικής αντιδράσεως θα παρατηρηθεί, αν ο νωτιαίος μυελός είναι ολόκληρος ακόμη και αν ο εγκέφαλος έχει καταστραφεί.

Διαδρομές αντανακλαστικών είναι δυνατόν να διακινούνται ανοδικά ή καθοδικά στο νωτιαίο μυελό. Σε μία αντανακλαστική δραστηριότητα του νωτιαίου μυελού μπορεί να εμπλέκονται περισσότερα από ένα αντανακλαστικά τόξα. Ένα ερέθισμα μπορεί να προκαλέσει αντίδραση ενός μυός. Η συστολή του μυός μπορεί να διεγείρει ένα άλλο νεύρο, που διεγείρει άλλους μύες κ.ο.κ. Αυτή η σύνθετη αντανακλαστική δραστηριότητα εξηγεί μερικώς πώς μία ακέφαλη οχιά ελίσσεται ή ένα ακέφαλο κοτόπουλο τρέχει. Τέτοιες αντανακλαστικές αντιδράσεις είναι εξαιρετικά περίπλοκες, αλλά όλη η κίνηση προκαλείται από μία αλληλουχία αντανακλαστικών. (Βλ. Παράρτημα 22-2, Ο εγκέφαλος εκτελεί αντανακλαστικές και συνδυαστικές δραστηριότητες, σελίδα 734).

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ερεθίσματα που δέχονται εξειδικευμένα κύτταρα - υποδοχείς μεταφέρονται στον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό από αισθητικούς νευρώνες. Η πλέον εξειδικευμένη ρύθμιση στο νευρικό σύστημα επιτελείται στον εγκέφαλο. Κινητικοί νευρώνες κατευθύνουν ώσεις από τον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό προς τους

μύες και τους αδένες. Πολλά και διαφορετικά ζεύγη νεύρων που οδηγούν προς και από τον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό λειτουργούν επίσης για τον έλεγχο από το νευρικό σύστημα των εσωτερικών οργάνων, όπως ο στόμαχος, τα έντερα και τα νεφρά. Το αυτόνομο νευρικό σύστημα εμπλέκεται επίσης καθώς και το ενδοκρινικό σύστημα.

Απλές αντανακλαστικές αντιδράσεις επιτελούνται από δύο ή τρεις νευρώνες ομαδοποιημένους σε ένα αντανακλαστικό τόξο, που διέρχεται από το νωτιαίο μυελό. Στους ανθρώπους, αντανακλαστικά του νωτιαίου μυελού επηρεάζονται από τον έλεγχο του εγκεφάλου. Το αντανακλαστικό του ανοιγοκλεισίματος των ματιών είναι ένα εγκεφαλικό αντανακλαστικό.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Τι είναι υποδοχέας;
2. Περιγράψτε ένα νευρώνα.
3. Ποια είναι η λειτουργία ενός κινητικού νευρώνα;
4. Πώς συνδέεται ο εγκέφαλος προς το νωτιαίο μυελό;
5. Περιγράψτε ένα αντανακλαστικό τόξο.
6. Τι είναι μία αντανακλαστική λειτουργία του νωτιαίου μυελού;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑ ΣΗΜΕΙΑ

Το νευρικό σύστημα συντονίζει τις λειτουργίες όλων των μερών του σώματος. Το κεντρικό νευρικό σύστημα αποτελείται από τον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό και είναι ένα συντονιστικό κέντρο. Τα κρανιακά και νωτιαία νεύρα αποτελούν το περιφερειακό νευρικό σύστημα. Ώσεις διαβιβάζονται κατά μήκος των νευρώνων από τους υποδοχείς προς τα εκτελεστικά όργανα, συνδέοντάς τους μέσω συντονιστικών και συχνά αξιολογικών λειτουργιών του εγκεφάλου. Όταν ένας δεδομένος υποδοχέας διεγείρεται, το κατάλληλο εκτελεστικό όργανο αντιδρά. Αυτό το είδος ενοποιημένης λειτουργίας είναι η κύρια λειτουργία του νευρικού συστήματος.

Η βασική μονάδα του νευρικού συστήματος είναι ο νευρώνας. Όλοι οι νευρώνες βασικά είναι όμοιοι και αποτελούνται από ένα νευράξονα, δενδρίτες και ένα κυττόσωμα. Μηνύματα μεταφέρονται διά των νευρώνων υπό μορφή ηλεκτρικών και χημικών μεταβολών, που ονομάζονται νευρικές ώσεις.

Οι νευρώνες οδηγούν προς μία συντονισμένη λειτουργία. Το απλούστερο πρότυπο λειτουργίας τους είναι το αντανακλαστικό τόξο δύο νευρώνων. Πολλές άλλες πιο σύνθετες αντανακλαστικές λειτουργίες είναι γνωστό ότι παίζουν σπουδαίο ρόλο στην αλληλεπίδραση ενός οργανισμού με το περιβάλλον του.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Γιατί το νευρικό σύστημα της πλανάρια είναι προχωρημένο σχετικά με την οργάνωση τύπου νευρικού δικτύου, που βρίσκεται στην ύδρα;
2. Αναφέρατε όσους περισσότερους μπορείτε εξειδικευμένους υποδοχείς του σώματος του ανθρώπου. Για κάθε ένα δώστε ενδεικτικά τον τύπο του ερεθίσματος που θα παράγει μία νευρική ώση.
3. Ποια δομικά χαρακτηριστικά ενός νευρώνα τον καθιστούν κατάλληλο ως φορέα ερεθισμάτων;
4. Περιγράψτε τα χημικά και ηλεκτρικά συμβάντα, που περιλαμβάνει μία νευρική ώση, και πώς η νευρική ώση μεταφέρεται κατά μήκος ενός νευρώνα.
5. Περιγράψτε τη διαδρομή μιας νευρικής ώσεως, που περιλαμβάνεται σε μία αντανακλαστική λειτουργία.
6. Ποιο μέρος του εγκεφάλου είναι περισσότερο ανεπτυγμένο στους ανθρώπους παρά στα άλλα ζώα;
7. Σε τι διαφέρει ένα νευρικό κύτταρο από το γενικευμένο κύτταρο που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 10;
8. Περιγράψτε ορισμένους τρόπους με τους οποίους συνδέονται το νευρικό και το ενδοκρινικό σύστημα.
9. Πώς ελέγχει ο εγκέφαλος τη λειτουργία δραστηριοτήτων, όπως η κυκλοφορία και η αναπνοή;
10. Τι σημαίνει, όταν λέγεται ότι ορισμένα

αντανακλαστικά έχουν εξελικτική σημασία μεταξύ ενός αριθμού διαφορετικών ειδών; Χρησιμοποιήστε ως παράδειγμα ένα ερέθισμα, που προκαλεί πόνο και το αντανακλαστικό που προκαλεί.

ΑΡΘΡΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΒΑΣΜΑ

Axelrod, J. "Neurotransmitters." *Scientific American*, June, 1974.

Bizzi, E. "The Coordination of Eye-Head Movements." *Scientific American*, October, 1974.

Bullock, T. H. *Introduction to Nervous Systems*. San Francisco, W. H. Freeman & Co., 1977.

Gogel, W. C. "The Adjacency Principle in Visual Perception." *Scientific American*, May, 1978.

Kuffler, S. W. and J. G. Nicholls. *From Neuron to Brain: A Cellular Approach to the Function of the Nervous System*. Stamford, Connecticut, Sinauer Associates, 1976.

Lassen, N. A., D. H. Ingvar, and E. Skinhøj. "Brain Function and Blood Flow." *Scientific American*, October, 1978.

Lester, H. A. "The Response to Acetylcholine." *Scientific American*, February, 1977.

Nathanson, J. A. and P. Greengard. "Second Messengers in the Brain." *Scientific American*, August, 1977.

Pearson, K. "The Control of Walking." *Scientific American*, December, 1976.

Ερειστικό και Μυικό Σύστημα 23



Αδέξια στη στεριά αλλά επιδέξια στη θάλασσα· η συντονισμένη κίνηση της θαλάσσιας πράσινης χελώνας είναι ιδιαίτερα εμφανής στο κολύμπι.

Καθώς οι πολυκύτταροι οργανισμοί εξελίσσονταν, η εξειδίκευση των κυττάρων συνοδευόταν από μεγαλύτερο μέγεθος σώματος. Μεταξύ των εξειδικεύσεων των κυττάρων, που έγιναν, απαραίτητες ήταν και εκείνες, που παρείχαν υποστήριξη στο σώμα και καθιστούσαν τη συντονισμένη κίνηση εφικτή. Μπορείτε να προτείνετε λόγους, για τους οποίους οι μεγαλύτερι οργανισμοί είχαν ανάγκη από αυτά τα πρόσθετα χαρακτηριστικά.

Κύτταρα και ιστοί προς υποστήριξη του σώματος υπάρχουν πολλών ειδών, συμπεριλαμβανομένων των μυών που χρησιμοποιούνται για την κίνηση, όπως των χόνδρων, των οστών και της χιτίνης στα επικαλύμματα του σώματος των εντόμων και πολλών άλλων ζώων. Προστασία, υποστήριξη και κίνηση είναι οι λειτουργίες των ερειστικών και μυικών συστημάτων.

Δομές υποστηρίξεως

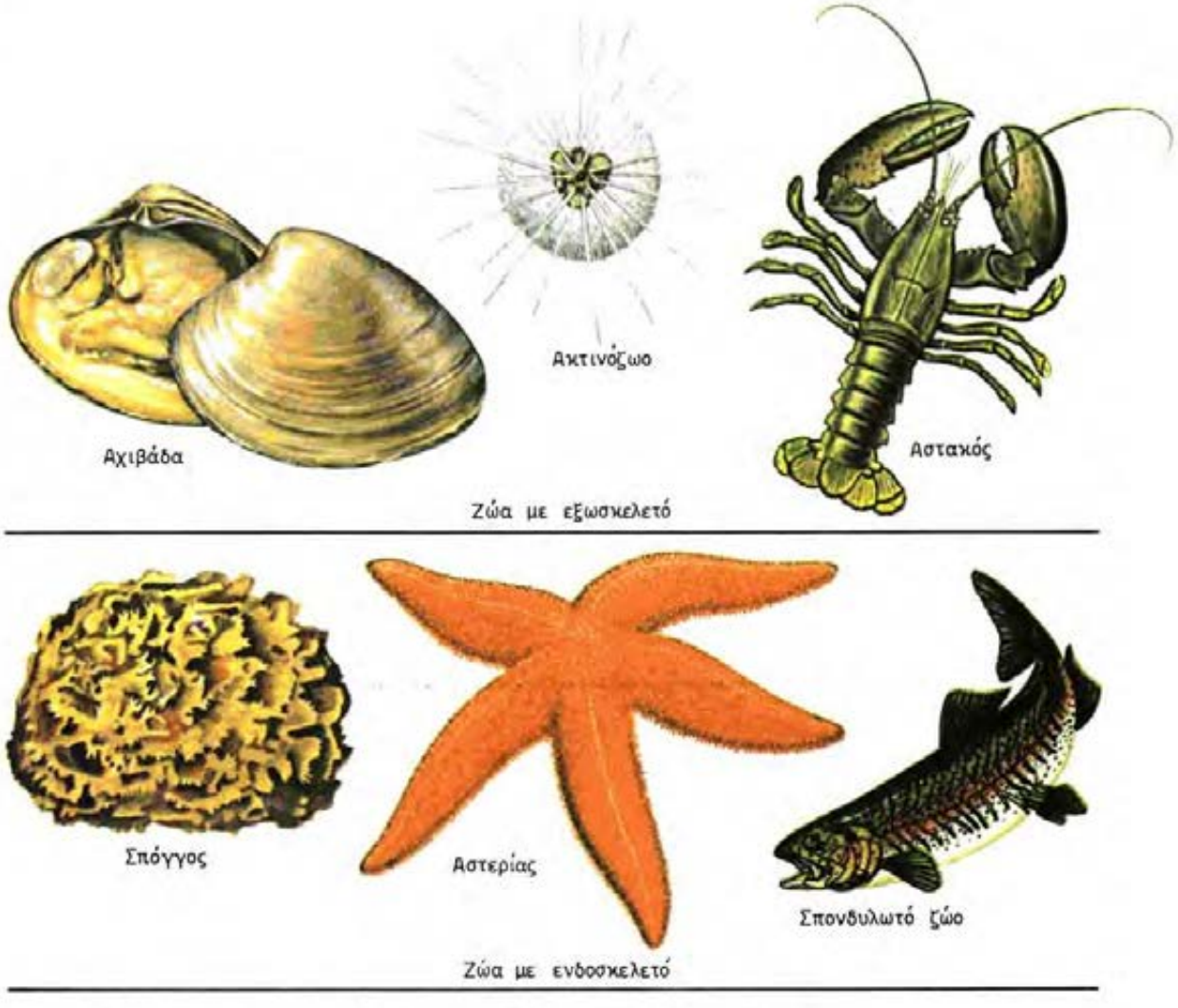
23-1
Δύο είδη ερειστικών συστημάτων βρίσκονται στους οργανισμούς

Ένας πολυκύτταρος οργανισμός δεν έχει μόνο το πρόβλημα καλύψεως των αναγκών των κυττάρων του και της απομακρύνσεως των αχρήστων υλικών, αλλά και της προστασίας και της υποστηρίξεως ολόκληρου του σώματος. Σε πολλά ζώα υποστήριξη παρέχεται από μύες και από ένα σκελετό ή ερειστικό σύστημα. Το ερειστικό σύστημα μπορεί να παρέχει και προστασία και υποστήριξη. Για παράδειγμα, το κρανίο προστατεύει τον εγκέφαλο των σπονδυλωτών ζώων.

Σκελετοί υπάρχουν δύο ειδών γενικά: εξωσκελετοί, που σχηματίζονται εξωτερικώς του σώματος του ζώου· και ενδοσκελετοί, που σχηματίζονται εσωτερικώς του σώματος του ζώου. Μερικά παραδείγματα ζώων με τα δύο είδη των σκελετών φαίνονται στην εικόνα 23-1.

Οι εξωσκελετοί κατασκευάζονται από διαφορετικά υλικά. Για παράδειγμα, τα μονοκύτταρα διάτομα που βρίσκονται στους ωκεανούς και στα γλυκά νερά του κόσμου ζουν μέσα σε γυάλινα περιβλήματα. Οι εξωσκελετοί τους αποτελούνται κυρίως από πυρίτιο, από το οποίο κατασκευάζεται το γυαλί. Το κοινό σαλιγκάρι του κήπου έχει ένα εξωσκελετό, που είναι κατασκευασμένος κυρίως από γυαλί. Και ακόμη άλλοι ζωντανοί οργανισμοί, όπως η ακρίδα ή η καραβίδα, έχουν εξωσκελετούς κατασκευασμένους από χιτίνη, ένα σύνθετο οργανικό υλικό που εκκρίνεται από ένα στρώμα κυττάρων ακριβώς κάτω από τον εξωσκελετό. Ανεξαρτήτως του πώς και από τι υλικό είναι κατασκευασμένοι οι εξωσκελετοί, υποστηρίζουν, προστατεύουν και συχνά βοηθούν στην κίνηση του οργανισμού, που περιβάλλουν.

Οι ενδοσκελετοί βρίσκονται σε πολλά ζώα. Οι σπόγγοι έχουν μικροσκοπικές εσωτερικές δοκίδες ή ίνες. Καθώς οι δομές αυτές υποστηρίξεως βρίσκονται εσωτερικώς του σώματος, θεωρούνται ως εσωτερικοί σκελετοί. Ο σκελετός του αστερία είναι εσωτερικός, γιατί καλύπτεται από ένα εξωτερικό λεπτό στρώμα ιστού. Οι σκελετοί των σπονδυλωτών ζώων είναι εσωτερικοί, αρθρωτοί και κινητοί στις αρθρώσεις. Πολλοί σκελετοί σπονδυλωτών ζώων είναι επίσης εύκαμπτοι στα σημεία, όπου αντί οστού σχηματίζεται χόνδρος ως μέρος του σκελετού υποστηρίξεως.



Εικόνα 23-1 *Δύο ομάδες ζώων, μία ομάδα με εξωσκελετούς και η άλλη με ενδοσκελετούς. Ένα μονόστοιβο μόνο στρώμα κυττάρων βρίσκεται προς τα έξω των δοκίδων ή των άλλων τμημάτων του σκελετού στο μεγαλύτερο τμήμα του σώματος των σπόγγων ή του αστερία. Αντιθέτως αρκετές έως πολλές στοιβάδες κυττάρων ή ιστών καλύπτουν συνήθως τον ενδοσκελετό ενός σπονδυλωτού ζώου. (Εξαίρεση αποτελούν εξειδικευμένες κατασκευές, όπως στις πτητικές μεμβράνες της νυκτερίδας. Είναι το κέλυφος της χελώνας μία άλλη εξαίρεση; Είναι.το κέλυφος της χελώνας μέρος του σκελετού της; Είναι τα δόντια μέρος του σκελετού σας;).*

Ένας εξωτερικός σκελετός μπορεί να αυξάνει με έκκριση πρόσθετου υλικού, όπως στην περίπτωση του κελύφους του στρειδιού ή του σαλιγκαριού. Ή μπορεί να αποβάλλεται, καθώς το ζώο μεγαλώνει. Ένας καινούργιος μεγαλύτερος εξωσκελετός εκκρίνεται ακολούθως, όπως στον αστακό ή την ακρίδα.

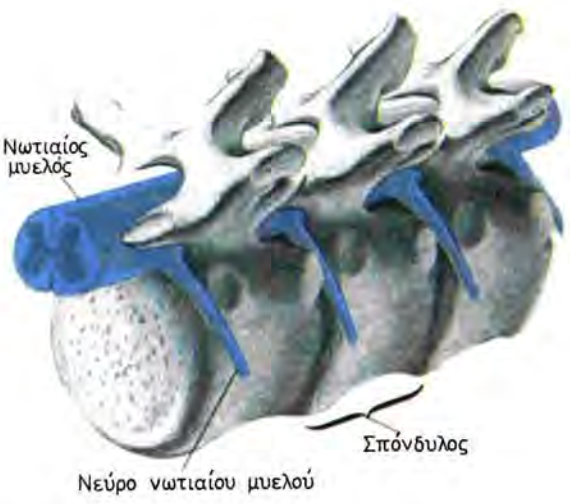
Ένας εσωτερικός σκελετός όμως είναι προσαρμοσμένος καλύτερα στον τρόπο αναπτύξεως των μεγαλυτέρων ζώων. Μεγαλώνει καθώς μεγαλώνει το ζώο. Οι εσωτερικοί σκελετοί χαρακτηρίζουν ζώα, όπως οι ελέφαντες και οι φάλαινες, που έχουν φθάσει σε τεράστιο μέγεθος.

23-2
Τα σπονδυλωτά ζώα έχουν αναπτύξει εσωτερικούς σκελετούς

Τα σπονδυλωτά ζώα έχουν πάρει το όνομα από τα μικρά αρθρωτά τμήματα της σπονδυλικής στήλης, που προστατεύει τις νευρικές χορδές των ζώων αυτών. Τα τμήματα ονομάζονται σπόνδυλοι (βλ. εικόνα 23-2). Αν αγγίξετε το χαμηλότερο τμήμα του σβέρκου σας, μπορεί να αισθανθείτε τις απολήξεις των σπονδύλων σας. Η αίσθηση οστών, όπως αυτή μέσω του δέρματός σας και των άλλων ιστών, αποτελεί άμεση απόδειξη ενός εσωτερικού ενδοσκελετού. Προσπαθήστε να αισθανθείτε τα οστά του βραχίονά σας και του ώμου σας.

Όπως βλέπετε στην εικόνα 23-2, οι σπόνδυλοι της σπονδυλικής σας στήλης αλληλοσυνδέονται προς παροχή εύκαμπτης υποστηρίξεως. Η πλάτη ενός σπονδυλωτού ζώου μπορεί να κάμπτεται λόγω των αρθρώσεων στη σπονδυλική στήλη (βλ. εικόνα 23-3). Ποιες θα ήταν οι κινήσεις σας, αν αντί για σπονδύλους είχατε μία συνεχή ραβδόμορφη σπονδυλική στήλη;

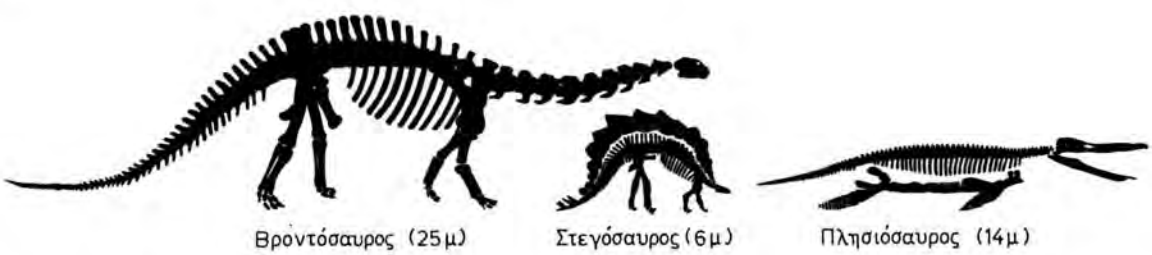
Τα αρχαιότερα σπονδυλωτά ήταν οι πρόγονοι των ιχθύων και ζούσαν στους ωκεανούς. Ακόμη όμως λίγα είναι γνωστά γι' αυτά γιατί δεν έχουν βρεθεί απολιθωμένα σπονδυλωτά ζώα άλλα εκτός από ιχθείς. Εντούτοις η εξέλιξη των σπονδυλωτών ζώων μετά από το αρχικό αυτό στάδιο έχει ακολουθήσει στα απολιθωμένα υπολείμματα των σκελετών



Εικόνα 23-2 *Τμήμα σπονδυλικής στήλης ενός ανθρώπου. Σημειώστε, πώς τα τρία μέρη εφαρμόζουν μαζί, ώστε να προσφέρουν ένα ευέλικτο υπόβαθρο για το σώμα και να προστατεύουν το νωτιαίο μυελό.*

Εικόνα 23-3 *Δύο όψεις ενός σκύλου που τρέχει δείχνουν την ευελιξία της σπονδυλικής στήλης. Η σπονδυλική στήλη κάμπτεται προς τα έξω (αριστερά) παρέχοντας μία ώση, όπως αυτή από ένα τόξο, που βοηθά το τρέξιμο (δεξιά). Προσέξτε τη θέση των ποδιών σε κάθε περίπτωση.*





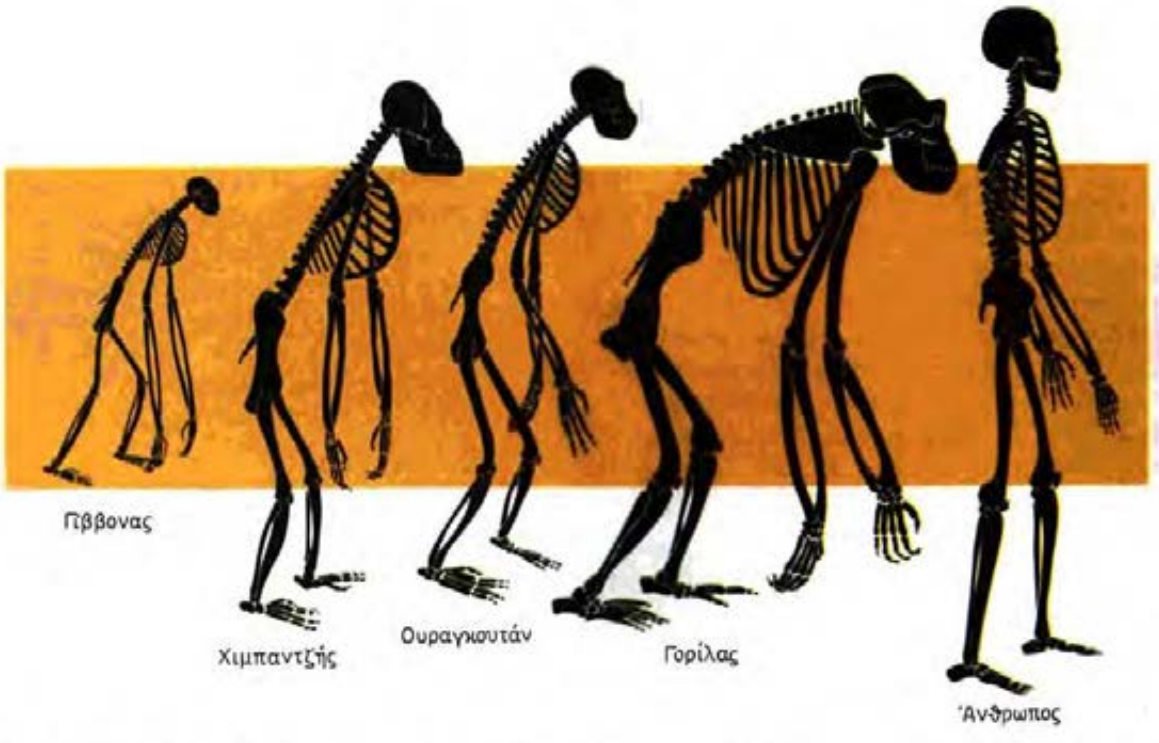
Εικόνα 23-4 *Σχέδια υπό κλίμακα των σκελετών τριών απολιθωμένων ερπετών. Ο Βροντόσαυρος και ο Στεγόσαυρος ζούσαν στην ξηρά. Ο Πλησιόσαυρος ζούσε στη θάλασσα. Πώς επηρεάζονται οι σκελετοί από τον τρόπο ζωής;*

τους. Η ιστορία των δεινοσαύρων (εικόνα 23-4) και η εξέλιξη του σύγχρονου αλόγου (εικόνα 23-5) είναι μόνο δύο από τις ιστορίες που έχουν συντεθεί με τη χρησιμοποίηση ως ενδείξεων των απολιθωμένων οστών. Οι βιολόγοι συνεχίζουν να ανακαλύπτουν σκελετικά υπολείμματα αρχαίων οργανισμών σε όλον τον κόσμο.

Μπορείτε να αρχίσετε να αντιλαμβάνεσθε, γιατί οι βιολόγοι πιστεύουν ότι τα σπονδυλωτά συνδέονται στενά μεταξύ τους, αν συγκρίνετε παρόμοια μέρη των οστών των σωμάτων τους. Τα οστά των προσθίων άκρων διαφόρων σπονδυλωτών ζώων συγκρίνονται στην εικόνα 23-5. Σε πρώτη προσέγγιση ίσως νομίσετε ότι τα αριστερά πρόσθια άκρα μιας σαλαμάνδρας, ενός κροκοδείλου, ενός πτηνού, μιας νυχτερίδας, μιας φάλαινας, ενός ασπάλακα και ενός ανθρώπου είναι πολύ διαφορετικά. Γνωρίζετε ότι τα πρόσθια αυτά άκρα χρησιμοποιούνται διαφορετικά για βάδιση, πτήση, κολύμβηση, ανόρυξη και χειρω-

Εικόνα 23-5 *Οστά των προσθίων άκρων επτά σπονδυλωτών ζώων δίδουν ενδείξεις στους βιολόγους ότι αυτά τα ζώα είχαν κοινό πρόγονο. Προσέξτε τη δομή κάθε πρόσθετου άκρου για την προσαρμογή του στον τρόπο ζωής του ζώου.*





Εικόνα 23-6 *Οι σκελετοί των μεγάλων πιθήκων και ενός ανθρώπου. Συγκρίνετε τη δομή των οστών, όπως κάνατε και στην περίπτωση των προσθίων άκρων σπονδυλωτών στην εικόνα 23-5.*

νακτική εργασία. Όμως, αν προσέξετε καλύτερα, θα δείτε ότι τα οστά των άκρων αυτών είναι καταπληκτικά όμοια. Κάθε άκρο έχει ένα οστό όμοιο με το οστό του βραχίονά σας, παρά το ότι τα οστά ποικίλλουν σε μήκος και σχήμα. Οστά, όπως τα δύο από τον αγκώνα σας έως τον καρπό σας, βρίσκονται σε όλα τα άκρα που φαίνονται στην εικόνα 23-5. Τα περισσότερα οστά του χεριού σας υπενθυμίζουν αυτά των άλλων άκρων, που φαίνονται στην ίδια εικόνα. Η θέση των μυών, των αιμοφόρων αγγείων και των νεύρων είναι αρκετά όμοια. Ο τρόπος που αναπτύσσονται αυτά τα άκρα στο έμβρυο έχει δείξει ότι μοιάζουν. Οι βιολόγοι πιστεύουν ότι οι ομοιότητες υπάρχουν, γιατί τα σπονδυλωτά αυτά ζώα έχουν κοινή καταγωγή.

Τα πλέον στενά συνδεόμενα σπονδυλωτά ζώα είναι εκείνα, των οποίων οι σκελετοί είναι περισσότερο όμοιοι. Οι σκελετοί μερικών ορθοβαδιστικών ή σχεδόν ορθοβαδιστικών σπονδυλωτών ζώων φαίνονται στην εικόνα 23-6. Συγκρίνετέ τους.

23-3
Οστά και χόνδροι είναι τα κατασκευαστικά υλικά των σκελετών των σπονδυλωτών ζώων

Ο σκελετός υποστηρίξεως των σπονδυλωτών ζώων αποτελείται από οστά, που περιβάλλονται από οργανικές ίνες και από σκληρή μη ζωντανή ουσία. Αυτό το πυκνό υλικό εκκρίνεται από τα οστεοκύτταρα. Τα κύτταρα συνδέονται μεταξύ τους από σειρές σωληνίσκων, που ανοίγονται μεταξύ των κυττάρων. Οι σωληνίσκοι αυτοί συνδέουν τα οστεοκύτταρα μεταξύ τους και με τα αιμοφόρα αγγεία.

Η χημική σύσταση των οστών διαφέρει πολύ από τη σύσταση των μαλακών ιστών του σώματος. Μόνο 25% του οστίτη ιστού ενός νεαρού ατόμου αποτελείται από νερό, ενώ στους άλλους ιστούς το νερό αποτελεί το 60% έως 90%. Περίπου το 45% των οστών αποτελείται από ασβέστιο, ενωμένο είτε με φωσφορικά είτε με ανθρακικά. Τα άλατα αυτά δίνουν στα οστά την ακαμψία και τη σκληρότητά τους.

Τα άλατα των οστών δεν είναι ακινητοποιημένα στη θέση τους, όπως τα άλατα ενός βράχου. Αποσύρονται από τα οστά, όταν χρειάζονται από άλλα μέρη του σώματος και επαναφέρονται, όταν το οστό τα χρειάζεται. Όταν ραδιενεργά ιόντα ασβεστίου, νατρίου ή φωσφορικά εγχύνονται στο αίμα, εμφανίζονται γρήγορα στα οστά. Τα ιόντα ασβεστίου, για παράδειγμα, κινούνται διαρκώς μεταξύ του πλάσματος του αίματος και των οστών τόσο γρήγορα, ώστε όλα τα ιόντα ασβεστίου του πλάσματος εναλλάσσονται με αυτά των οστών μέσα σε ένα λεπτό. Ομοίως τα φωσφορικά και τα άλλα ιόντα εναλλάσσονται διαρκώς μεταξύ των σωματικών υγρών και του οστίτη ιστού.

Ο άλλος κύριος ιστός του σκελετού των σπονδυλωτών ζώων είναι ο χονδρικός ιστός ή ιστός των ***χόνδρων.*** Αποτελείται από ζωντανά κύτταρα, που περιβάλλονται από μερικές ίνες από την ίδια οργανική ουσία, που βρίσκεται στα οστά και από μία πρωτεΐνη, που ονομάζεται ***χονδρίνη.*** Δεν περιέχει τα σκληρά υλικά των οστών. Στους ανθρώπους κατά τη διάρκεια της εμβρυικής ζωής το μεγαλύτερο τμήμα του σκελετού αποτελείται από χόνδρους, που αργότερα υποκαθίστανται από οστίτη ιστό. Οι χόνδροι εξακολουθούν να συνδέουν και να ενώνουν τα οστά στις αρθρώσεις των ωρίμων ατόμων. Σε ορισμένα σπονδυλωτά ζώα οι χόνδροι αποτελούν το κυριότερο μέρος του σκελετού, όπως στους καρχαρίες.

Τα κύτταρα των άλλων ιστών του σώματος, εκτός αυτών του σκελετού, χρειάζονται επίσης ιόντα ασβεστίου και φωσφορικά, όπως ακριβώς και τα κύτταρα των οστών. Στους ανθρώπους, αν δεν υπάρχουν αρκετά άλατα στο διαιτολόγιο, τα ιόντα αυτά απομακρύνονται από το σκελετό. Σε περίπτωση υποσιτισμού, τα οστά μπορεί να απωλέσουν μέχρι και το ένα τρίτο του φυσιολογικού τους περιεχομένου, που μεταφέρεται στο αίμα και τους άλλους ιστούς του σώματος. Η απώλεια αυτή αφήνει τα οστά μαλακά, σπογγώδη και εύθραυστα. Κατά την κυοφορία, το σώμα μιας μέλλουσας μητέρας παρέχει στο σώμα του εμβρύου τα υλικά για τη δημιουργία του σκελετού τους. Τα άλατα αποσύρονται από το σκελετό της μητέρας, για να αντιμετωπίσουν τις αυξημένες αυτές απαιτήσεις. Γι' αυτό οι μέλλουσες μητέρες απαιτείται συχνά να προσθέτουν δισκία ασβεστίου στο διαιτολόγιό τους.

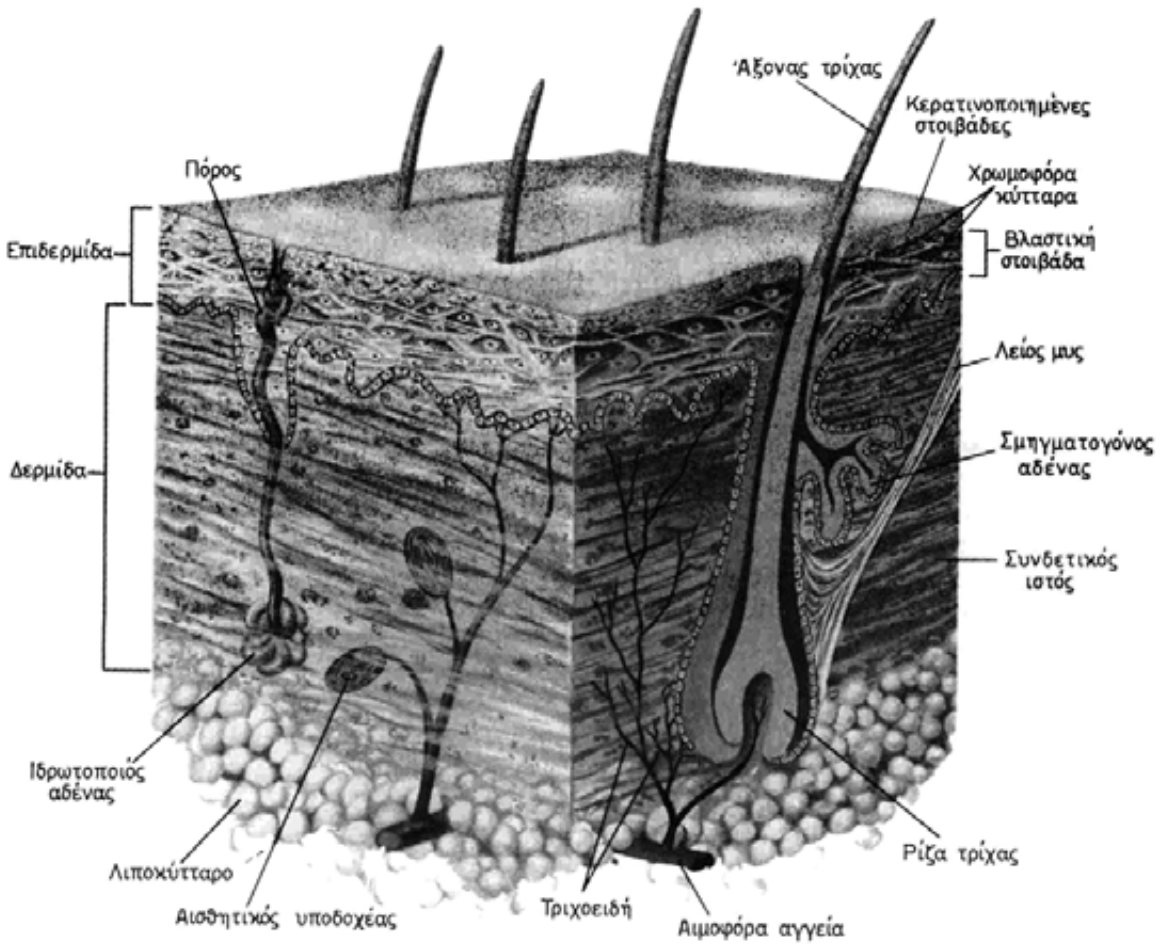
23-4
Ο σχηματισμός των οστών ελέγχεται από ορμόνες, βιταμίνες και άλατα

Η φυσιολογική δομή του οστού είναι αποτέλεσμα μιας εξισορροπημένης ανταλλαγής αλάτων μεταξύ του οστίτη ιστού και του υπόλοιπου σώματος. Ένα εξισορροπημένο επίπεδο αλάτων διατηρείται στα οστά μέσω των αλάτων και βιταμινών, που προέρχονται από το διαιτολόγιο, καθώς και από τις ορμόνες. Τρεις διαφορετικοί ενδοκρινείς αδένες παράγουν ορμόνες, που επιδρούν άμεσα στο σχηματισμό και την ανάπτυξη των οστών. Ο θυρεοειδής και οι παραθυρεοειδείς αδένες ειδικότερα παράγουν ορμόνες, που βοηθούν στον έλεγχο των επιπέδων του ασβεστίου και των φωσφορικών στο αίμα. Βλέπε Παράρτημα 23-Α, Ορμόνες που ελέγχουν το σχηματισμό οστών, σελίδα 735.

Η ανάπτυξη του σκελετού κατευθύνεται από μία ορμόνη, που εκκρίνεται από την υπόφυση. Όταν ο υποθάλαμος στον εγκέφαλο και η υπόφυση δεν λειτουργούν κανονικά, τότε εκκρίνεται λιγότερη ή περισσότερη αυξητική ορμόνη από την υπόφυση. Τα αποτελέσματα αυτού αναγνωρίζονται εύκολα. Αν η ανωμαλία παρουσιασθεί κατά τη νεότητα, το αποτέλεσμα είναι νανισμός ή γιγαντισμός. Αν παρουσιασθεί αργότερα, το αποτέλεσμα είναι υπερανάπτυξη σιαγόνων, χεριών και ποδιών.

23-5
Οι οργανισμοί έχουν διαφορετικά είδη σωματικών περιβλημάτων

Οι ενδοσκελετοί παρέχουν υποστήριξη στα ζώα αλλά, εκτός από το κρανίο, το θώρακα και τη λεκάνη, δεν προστατεύουν το σώμα από τραυματισμό ή αφυδάτωση. Οι λειτουργίες αυτές επιτελούνται από ένα εύκαμπτο στρώμα κυττάρων, που ονομάζεται επιδερμίδα. Η επιδερμίδα προστατεύει όλα τα όντα με μαλακό σώμα, είτε έχουν εσωτερικό σκελετό είτε όχι. Μερικές φορές η επιδερμίδα εκκρίνει προστατευτικές ουσίες, όπως βλέννες, κέρατα ή όνυχες. Η επιδερμίδα των ασπονδύλων με μαλακό σώμα αποτελείται από μία στοιβάδα



Εικόνα 23-7 *Διάγραμμα τομής διά του δέρματος ενός ανθρώπου. Το δέρμα των άλλων ζώων είναι όμοιο αλλά με περισσότερες φολίδες και τρίχες.*

κυττάρων. Παραδείγματα αυτού βρίσκονται στους σπόγγους, στους πλατυέλμινθες και στους γυμνοσαλίγκαρους. Η επιδερμίδα των γεωσκωλήκων, των ταινιών, και των ασκαρίδων εκκρίνει ένα λεπτό επίστρωμα, που παρέχει κάποια προστασία κατά της αφυδατώσεως. Παρόλα αυτά οι οργανισμοί αυτοί πρέπει να ζουν σε υγρό περιβάλλον. Η επιδερμίδα των οργανισμών με εξωσκελετούς εκκρίνει τα υλικά για τους εξωσκελετούς αυτούς.

Στα σπονδυλωτά ζώα με τους ενδοσκελετούς τους έχουν δημιουργηθεί εξελικτικώς περισσότερα περίπλοκα σωματικά επικαλύμματα. Το σώμα ενός σπονδυλωτού ζώου καλύπτεται από δέρμα δύο στοιβάδων της επιδερμίδας και της δερμίδας. Η επιδερμίδα ενός ψαριού καλύπτει μία άνευ ζωής θήκη από λέπια, που περιέχει αδένες, οι οποίοι εκκρίνουν βλέννα. Η επιδερμίδα του βατράχου επίσης εκκρίνει μία ουσία, για να διατηρείται υγρή. Στα χερσόβια σπονδυλωτά ζώα η επιδερμίδα αποτελείται από πολλές στοιβάδες κυττάρων. Η εξωτερική επιφάνεια της επιδερμίδας αποτελείται από σκληροποιημένα κύτταρα. Γι' αυτό το δέρμα των ερπετών, των πτηνών και των θηλαστικών είναι σκληρό, ξερό και ανθεκτικό. Καθώς τα εξωτερικά αυτά κύτταρα απορρίπτονται, αντικαθίστανται από κύτταρα της αναπτυσσόμενης στοιβάδας της επιδερμίδας, που βρίσκεται από κάτω. Το είδος αυτό της επιδερμίδας χρησιμεύει για τη διατήρηση των υγρών του σώματος. Βοηθά επίσης στην ελαχιστοποίηση της σοβαρότητας πολλών επιφανειακών τραυματισμών, όπως γδαρσίματα και ξυσίματα.

Μη ζωντανές απολήξεις της επιδερμίδας περιλαμβάνουν τις φολίδες των ερπετών, τα φτερά των πτηνών και το τρίχωμα των θηλαστικών. Όλα αυτά παρέχουν φυσική προστασία και απομόνωση από τις μεταβολές της θερμοκρασίας. Όλα αυτά μπορεί να χαθούν και να αντικατασταθούν με τον καιρό.

Το ανθρώπινο δέρμα είναι όμοιο προς το δέρμα άλλων θηλαστικών. Μία εγκάρσια τομή διά της επιδερμίδας φαίνεται στην εικόνα 23-7. Η επιδερμίδα είναι μόνο 0,07 χιλιοστά σε πάχος και η δερμίδα είναι από δυόμιση έως πέντε χιλιοστά σε πάχος. Τα κύτταρα της δερμίδας περιέχουν αιμοφόρα αγγεία, νεύρα, τριχοθυλάκους και ινώδη συνδετικό ιστό.

Οι άνθρωποι έχουν λιγότερο τρίχωμα σώματος για απομόνωση από όσο έχουν τα περισσότερα άλλα θηλαστικά. Οι ιδρωτοποιοί αδένες της δερμίδας του ανθρώπινου δέρματος παρέχουν τη δυνατότητα ψύξεως της επιφάνειας του σώματος.

Καθώς η υγρασία εξέρχεται από τους υγρούς αδένες, εξατμίζεται. Καθώς η υγρασία αποδίδεται από τον ιδρωτοποιό αδένα, διαφεύγει και θερμοκρασία και το δέρμα ψύχεται. Η εξάτμιση από το δέρμα είναι ένας από τους τρόπους που ρυθμίζεται η θερμοκρασία του σώματος.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πολλοί πολυκύτταροι οργανισμοί υποστηρίζονται και προστατεύονται από μύες και σκελετούς. Οι εξωσκελετοί βρίσκονται εξωτερικώς του σώματος· οι ενδοσκελετοί βρίσκονται εσωτερικώς του σώματος ή τουλάχιστον μέσα από την επιδερμίδα. Οι σκελετοί των σπονδυλωτών ζώων είναι εσωτερικοί, αρθρωτοί και ευκίνητοι σε πολλές από τις αρθρώσεις. Τα οστά αποτελούνται από ζωντανά κύτταρα μέσα σε μη ζωντανό υλικό. Ο σχηματισμός και η διατήρηση των οστών ρυθμίζεται από ορμόνες και το διαιτολόγιο. Οι ενδοσκελετοί δεν προστατεύουν τους οργανισμούς από την αφυδάτωση όπως οι εξωσκελετοί, άλλα σκληροποιημένα κύτταρα της επιδερμίδας εμποδίζουν την απώλεια υγρασίας από οργανισμούς με ενδοσκελετούς.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Κατά τι διαφέρουν οι εξωσκελετοί από τους ενδοσκελετούς; Δώστε από ένα παράδειγμα ζώων που να έχουν το ένα ή το άλλο είδος σκελετού.
2. Ποιες είναι οι λειτουργίες του ερειστικού συστήματος;
3. Περιγράψτε λειτουργίες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των οστών.
4. Ποια είδη ιόντων ανταλλάσσονται διαρκώς μεταξύ σωματικών υγρών και οστίτη ιστού;
5. Ποια είναι η κύρια λειτουργία της ξερής επιδερμίδας των ερπετών, των πτηνών και των θηλαστικών;

Μυικός ιστός, δομή και λειτουργία

23-6
Οι μύες παρέχουν κινητικότητα και υποστήριξη στους οργανισμούς

Οι μύες, όπως και οι σκελετοί, παρέχουν υποστήριξη στα σώματα των ζώων. Οι μύες επίσης επιτρέπουν την κίνηση. Καθώς ο γεωσκώληκας δεν έχει σκελετό, οι μύες του επιτελούν και τις δύο αυτές λειτουργίες· υποστήριξη του σώματος και κίνηση. Οι ίδιοι μύες που σχηματοποιούν το σώμα του γεωσκώληκα χρησιμοποιούνται και για την κίνησή του. Ο γεωσκώληκας συγκρατείται ως σύνολο, κυριολεκτικώς από τους μύες. Ακόμη και σε ζώα με σκελετό οι μύες δρουν και για την κίνηση και για την υποστήριξη. Τι θα συνέβαινε στα εσωτερικά όργανα ενός ανθρώπου, αν απομακρύνονταν οι μύες του υπογαστρίου;

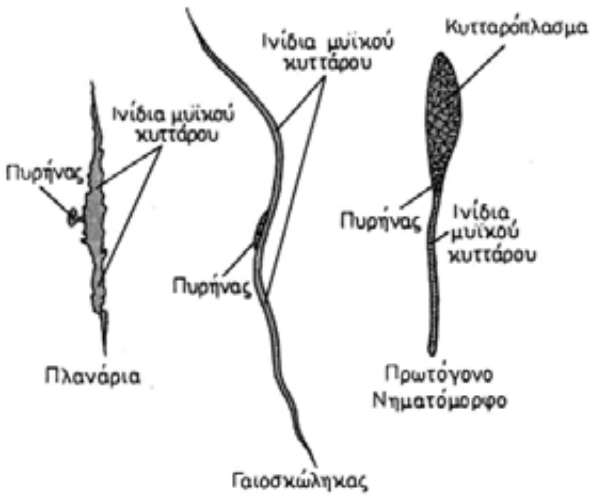
Είναι εύκολο να παρατηρήσετε την κίνηση ενός ανθρώπου, που περπατά ή ενός γεωσκώληκα που ολισθαίνει, αλλά οι μύες που ελέγχουν τις κινήσεις αυτές δεν φαίνονται. Η κίνηση του αίματος, για παράδειγμα, είναι το αποτέλεσμα της λειτουργίας της καρδιάς και των αιμοφόρων αγγείων, όπως μάθατε στις παραγράφους 17-8 και 17-9. Σε όλα τα ανώτε-

ρα ζώα η κίνηση της τροφής μέσω του πεπτικού συστήματος είναι αποτέλεσμα της λειτουργίας των μυών των πεπτικών οργάνων.

Μία δευτερεύουσα, αλλά σπουδαία, λειτουργία των μυών είναι η παραγωγή θερμότητας στο σώμα. Γνωρίζετε βέβαια ότι μεγάλα ποσά θερμότητας παράγονται, όταν χορεύετε, παίζετε τένις, ή όταν ασχολείσθε με όποια μορφή μυικής δραστηριότητας.

23-7
Τα σπονδυλωτά ζώα δημιούργησαν εξελικτικά διάφορα είδη μυικού ιστού

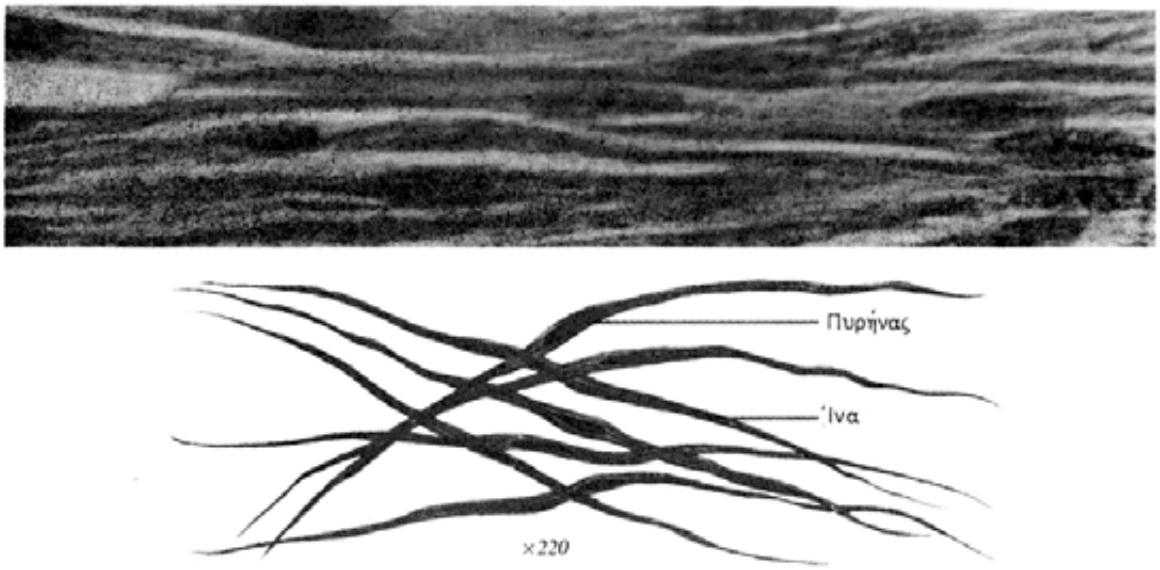
Το κυτταρόπλασμα όλων των κυττάρων έχει μία ελάχιστη τουλάχιστον ικανότητα κινήσεως. Πολύ μικρές ίνες που ονομάζονται ***ινίδια*** και που βρίσκονται στο κυτταρόπλασμα των κυττάρων πολλών κατωτέρων ζώων αυξάνουν την ικανότητα κινήσεως. Τα ινίδια μπορούν να συστέλλονται (να γίνονται μικρότερα) και να ξαναπαίρνουν το «χαλαρωμένο» μήκος τους πάλι. Σε μερικά κύτταρα τα ινίδια είναι επιμήκεις προεκτάσεις του κύριου σώματος του κυττάρου. Σε άλλα κύτταρα βρίσκονται στο κέντρο του σώματος του κυττάρου, το οποίο μπορεί να επιμηκύνεται κατά μήκος των ινιδίων. Τα μυικά κύτταρα ίσως έχουν προκύψει εξελικτικά από παρόμοιες απλές κατασκευές. Στο μυικό κύτταρο τα ινίδια είναι τόσα πολλά, ώστε ακόμη και ο πυρήνας του κυττάρου βρίσκεται στο πλάι (εικόνα 23-8). Το κυτταρόπλασμα και τα «εργοστάσια παραγωγής ενέργειας» του κυττάρου, τα μιτοχόνδρια (παράγραφος 7-6) βρίσκονται συμπιεσμένα μεταξύ των ινιδίων και προς τις άκρες του κυττάρου. Συσταλτά ινίδια ως προεκτάσεις του κυτταρικού τοιχώματος ή επιδερμικά κύτταρα εμφανίζουν τις απαρχές μυικών δομών σε απλούστερους πολυκύτταρους οργανισμούς (βλ. εικόνα 19-5, επάνω δεξιά, μεγεθυσμένης απόψεως κυττάρων της *Ύδρας*). Εξειδικευμένα μυικά κύτταρα, μονωμένα ή υπό μορφή χαλαρού δικτύου μεταξύ άλλων κυττάρων είναι το επόμενο σήμα. Μία κοινή ιδιότητα όλων αυτών των κυττάρων, εκτός από τα μυοϊνίδιά τους, είναι η γενική τους εμφάνιση. Τα μυικά κύτταρα τείνουν να είναι επιμήκη και λεπτά αντί για στρογγυλά, ελλειψοειδή ή τετραγωνισμένα.



Εικόνα 23-8 *Στα μυικά αυτά κύτταρα από διάφορα ασπόνδυλα ο πυρήνας βρίσκεται στη μία πλευρά ή στο ένα άκρο μακριά από τα ινίδια του μυικού κυττάρου. Τα μυικά κύτταρα ίσως έχουν προέλθει εξελικτικώς από κύτταρα με προεκβολές συσταλτών ινιδίων ή αύξηση των ινιδίων στο κύριο μέρος του σώματος του κυττάρου.*

(Γιατί;). Στο εξελικτικό επίπεδο των σκωλήκων και πολλών άλλων οργανισμών τα μυικά κύτταρα δεν είναι πλέον απομονωμένα ή χαλαρά συνδεδεμένα. Είναι συνεχή, τοποθετημένα παράλληλα και αλληλοεπικαλυπτόμενα στα άκρα, και βρίσκονται σε μυικούς ιστούς. Οι ιστοί αυτοί διαμορφώνονται σε μύες. Διάφοροι τύποι μυικού ιστού στο σωματικό τοίχωμα και το πεπτικό σύστημα δείχνουν περισσότερη εξειδίκευση ακόμη και στον ίδιο οργανισμό.

Στα σπονδυλωτά ζώα, διάφοροι τύποι μυικών κυττάρων συχνά ονομάζονται αναλόγως των εμφανίσεών τους. Τα κύτταρα που σχηματίζουν τα τοιχώματα του πεπτικού συστήματος και τα τοιχώματα των αρτηριών στο κυκλοφορικό σύστημα έχουν λεία εμφάνιση και υφή σε όλο τους το μήκος. Ονομάζονται κύτταρα λείων μυών. Άλλα μυικά κύτταρα, συμπεριλαμβανομένων των κυττάρων των μυών που βρίσκονται προσκολλημένοι στο σκελετό, εμφανίζουν κάτω από το μικροσκόπιο γραμμώσεις. Σχηματίζουν τους γραμμωτούς μύες. Τα μυικά κύτταρα της καρδιάς είναι επίσης γραμμωτά αλλά όχι ακριβώς όμοια στην εμφάνιση με τα κύτταρα των



Εικόνα 23-9 *Κύτταρα λείου μυός από το έντερο μεγεθυσμένα 850 φορές. Ο τύπος αυτός μυός έχει καθαρώς διακριτά κύτταρα, καθένα με ένα πυρήνα στο κέντρο. Ιστός λείων μυών συνήθως συστέλλεται κυματοειδώς και δεν ρυθμίζεται από τη βούλησή μας. Οι συστολές είναι απότομες μόνο κατά τη διάρκεια σπασμών. Δώστε ένα παράδειγμα.*

άλλων γραμμωτών μυών. Αυτά τα μυικά κύτταρα της καρδιάς σχηματίζουν τον καρδιακό μυ.

Οι λείοι μύες των σπονδυλωτών ζώων συστέλλονται και χαλαρώνουν ρυθμικότερα και βραδύτερα από τους γραμμωτούς μύες. Οι συστολές των λείων μυών είναι συνήθως μη βουλητικές, δηλαδή δεν ελέγχονται από το ενσυνείδητο τμήμα του εγκεφάλου. Τέτοιοι μύες διακινούν την τροφή στο πεπτικό σας σύστημα, χωρίς να απαιτούν σκέψη ή σχεδιασμό.

Όπως βλέπετε στην εικόνα 23-9, τα κύτταρα των λείων μυών μοιάζουν με λεπτά ραβδιά απολεπτυσμένα στα άκρα. Συγκρίνετέ τα με τα μυικά κύτταρα του γεωσκώληκα, που φαίνονται στην εικόνα 23-8. Ένα κύτταρο λείου μυός έχει μήκος λίγων δεκάτων του χιλιοστού και περιέχει ένα μόνο πυρήνα στην μία πλευρά του κεντρικού τμήματος του κυττάρου. Κάτω από το μικροσκόπιο το κύτταρο ενός λείου μυός εμφανίζεται σχεδόν ομοιόμορφο στην κατασκευή εκτός από τον πυρήνα. Αν όμως υποστεί την επίδραση ειδικών χημικών ουσιών, εμφανίζει μικρότερα ινίδια, που εκτείνονται σε όλο του το μήκος. Τα μυικά ινίδια είναι το τμήμα του κυττάρου των λείων μυών, που προκαλεί τη μυική συστολή.

Οι γραμμωτοί μύες των σπονδυλωτών διαφέρουν από τους λείους μύες σε πολλά σημεία. Ο γραμμωτός μυς συστέλλεται πολύ ταχύτερα από ένα λείο μυ. Ο νευρικός έλεγχος του γραμμωτού μυός είναι γενικώς βουλητικός. Συνειδητά μηνύματα από τον εγκέφαλο του ζώου προκαλούν αύξηση ή μείωση του ρυθμού και του βαθμού της μυικής συστολής. Γι' αυτό, όταν ακούτε το σύνθημα εκκινήσεως για έναν αγώνα δρόμου αντιδράτε αρχίζοντας να τρέχετε. Αν υπάρχει σκληρός συναγωνισμός, οι μύες των ποδιών σας αντιδρούν στα μηνύματα του εγκεφάλου με πιο ισχυρές συστολές, στο μεγαλύτερο δυνατό ρυθμό και στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό. Τρέχετε όσο μπορείτε ταχύτερα. Όταν ο αγώνας τελειώσει, οι μύες των ποδιών σας υπακούουν πάλι σε διαταγές από τον εγκέφαλό σας. Επιβραδύνετε και σταματάτε.

Ο καρδιακός μυς είναι γραμμωτός, αλλά δεν υπακούει στη βούληση. Συστέλλεται και χαλαρώνει ρυθμικά με συνεχή ρυθμικό τρόπο. Σε όλη τη ζωή ενός ατόμου η μόνη ξεκούραση που παίρνει ο καρδιακός μυς είναι η στιγμιαία παύση πριν από κάθε συστολή της καρδιάς.

Εκτός από τη διαφορά στη λειτουργία, οι γραμμωτοί και οι λείοι μύες διαφέρουν και στη δομή. Συγκρίνετε την εικόνα 23-9 με την εικόνα 23-10. Καθαρώς διακριτά κύτταρα δεν φαίνονται σε ένα γραμμωτό μυ. Όταν σχηματίζεται ο μυς αυτός, επανειλημμένες διαιρέσεις ενός αρχικού κυττάρου δημιουργούν μία μακριά συνεχή ίνα, στην οποία δεν φαίνεται να υπάρχει διαχωρισμός μεταξύ των κυττάρων. Η ίνα δηλαδή περιέχει πολλούς πυρήνες. Τα μικρά ινίδια των γραμμωτών μυικών ινών δείχνουν εναλλασσόμενες ζώνες, ανοικτόχρωμες και σκουρόχρωμες, που ονομάζονται γραμμώσεις. Οι γραμμώσεις προκύπτουν από την κατανομή ακόμη μικροτέρων νηματίων εντός των ινιδίων.

23-8
Πώς είναι οργανωμένοι οι μύες στα σπονδυλωτά ζώα;

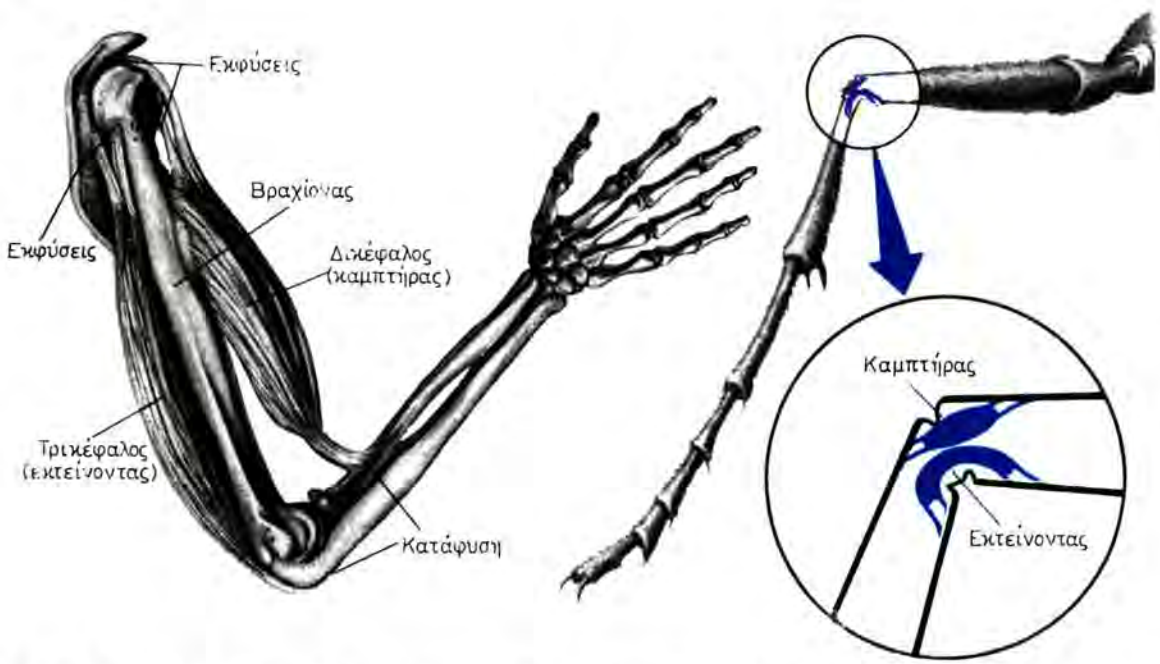
Εκτός από τον καρδιακό μυ, οι μύες των τοιχωμάτων των εσωτερικών οργάνων των σπονδυλωτών ζώων είναι λείοι. Οι γραμμωτοί μύες που αντιδρούν ταχύτερα βρίσκονται στους βραχίονες, στα πόδια, στο πρόσωπο, στο τοίχωμα του στήθους, στο τοίχωμα του υπογαστρίου και στην πλάτη.

Με τι ταχύτητα μπορεί ένας γραμμωτός μυς να συστέλλεται; Μερικά παραδείγματα περιλαμβάνουν ένα κολίβριο, που αιωρείται στον αέρα κινώντας τις φτερούγες του 80 φορές το δευτερόλεπτο, ο μυς ενός ανθρώπινου ματιού, που συστέλλεται σε 0,01 δευτερόλεπτα, και η καρδιά ενός πτηνού, που πάλλεται αρκετές εκατοντάδες φορές το λεπτό.

Οι περισσότεροι γραμμωτοί μύες κινούν οστά. Οι μύες αυτοί ονομάζονται συχνά σκελετικοί μύες. Για να κινήσει ένα οστό ο μυς, πρέπει να είναι προσκολλημένος σε αυτό και το άλλο άκρο του να είναι προσκολλημένο σε κάποιο οστό ή οστά «στηρίξεως». Οι σκελετικοί μύες είναι προσκολλημένοι στα οστά με δυνατές, σχινοειδείς δέσμες ιστού, που ονομάζονται τένοντες. Το σημείο προσκολλήσεως του μυός στο οστό στηρίξεως ονομάζεται έκφυση του μυός. Το σημείο προσκολλήσεως στο οστό που κινεί ο μυς ονομάζεται κατάφυση του μυός. Χωρίς τα σημεία αυτά προσκολλήσεως οι μύες θα μπορούσαν να παράγουν

Εικόνα 23-10 *Ίνες γραμμωτού μυός (Χ 3000). Οι εναλλασσόμενες σκουρόχρωμες και ανοικτόχρωμες ζωνώσεις είναι οι γραμμώσεις (βλ. εικόνες 23-13, 23-14, και 23-15).*





Εικόνα 23-11 *Ζεύγος μυών τύπου καμπτήρα - εκτείνοντα στον ανθρώπινο βραχίονα (αριστερά) και στο πόδι ενός εντόμου (δεξιά). Οι καμπτήρες κάμπτουν μία σκελετική άρθρωση· οι εκτείνοντες επαναφέρουν τα μέλη στην αρχική τους θέση. Παρατηρήστε τις ομοιότητες στην θέση των μυών στα άκρα των δύο ζώων. Ποια είναι η κύρια διαφορά;*

μόνο ελάχιστο μέρος του δυνατού αποτελέσματος για την κίνηση ενός τμήματος του σώματος.

Οι σκελετικοί μύες δρουν συνήθως κατά ζεύγη. Η δράση του ενός μυός του ζεύγους είναι αντίθετη με τη δράση του άλλου. Όταν ένας σκελετικός μυς συστέλλεται, είναι δυνατόν να κινήσει ένα τμήμα του σώματος. Μετά ο συνοδός του μυς συστέλλεται, για να επαναφέρει το τμήμα που κινήθηκε στην αρχική του θέση. Οι περισσότεροι σκελετικοί μύες είναι τοποθετημένοι σε παρόμοια αντιτιθέμενα, ή «δράσεως - επαναφοράς» ζεύγη. Ένα τέτοιο παράδειγμα αντιτιθέμενου ζεύγους είναι ο συνδυασμός δύο μυών, ενός καμπτήρα και ενός εκτείνοντα. Ο πρώτος κάμπτει μία άρθρωση και ο δεύτερος την επαναφέρει (βλ. εικόνα 23-11). Ένα ζεύγος καμπτήρα - εκτείνοντα μυός χρησιμεύει για την κάμψη του αγκώνα. Ακόμη και σε ασπόνδυλα, παρόμοια τοποθέτηση μυών εσωτερικώς ενός εξωσκελετού κινεί τα μέλη ενός εντόμου ή ενός αστακού. Θα πρέπει να είσθε σε θέση να σκεφθείτε πολλά άλλα παραδείγματα καμπτήρων - εκτεινόντων μυών.

Μία άρθρωση μπορεί να ακινητοποιηθεί σε συγκεκριμένα θέση, όταν και οι δύο μύες ενός ζεύγους συστέλλονται συγχρόνως. Η ακινητοποίηση αυτή είναι απαραίτητη, όταν, για παράδειγμα, στεκόμαστε όρθιοι. Για να υποστηρίξομε το σώμα μας, χρειάζεται τα γόνατά μας να κρατηθούν ακίνητα. Για συνήθη κίνηση όμως ο ένας από τους δύο μύες πρέπει να είναι χαλαρός.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διαφοροποίηση των μυικών κυττάρων και των μυών μεταξύ των κατωτέρων και των ανωτέρων ζώων αντικατοπτρίζουν την πιθανή εξέλιξή τους. Στα ασπόνδυλα με τους εξωσκελετούς και στα σπονδυλωτά ζώα με τους ενδοσκελετούς, μαζί οι μύες και οι σκελετοί προστατεύουν και υποστηρίζουν το ζώο και εμπλέκονται στην κίνησή του.

Στα σπονδυλωτά υπάρχουν δύο είδη μυών: οι λείοι και οι γραμμωτοί. Διαφέρουν μεταξύ

τους ως προς τη μορφή, την ταχύτητα συστολής και χαλαρώσεως και τον έλεγχό τους από το νευρικό σύστημα. Ο λείος μυς αποτελείται από μονωμένα κύτταρα. Συστέλλεται πιο αργά και συνήθως δεν βρίσκεται κάτω από τον έλεγχο της βουλήσεως. Οι γραμμωτοί μύες των σπονδυλωτών έχουν σκοτεινόχρωμες και ανοικτόχρωμες ζώνες. Συστέλλονται με ταχύτητα και εκτός από τον καρδιακό μυ συνήθως βρίσκονται υπό τον έλεγχο της βουλήσεως όσον αφορά τη σχέση τους με το νευρικό σύστημα. Οι γραμμωτοί μύες περιλαμβάνουν τους σκελετικούς μύες, οι οποίοι μαζί με τον ίδιο το σκελετό είναι υπεύθυνοι για τις κινήσεις του σώματος των σπονδυλωτών ζώων.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Ποια είναι η πιθανή εξελικτική καταγωγή των μυικών ινών;
2. Πώς οι μύες προκαλούν την κίνηση ενός οργανισμού;
3. Πού βρίσκονται οι λείοι μύες στα ανώτερα ζώα;
4. Γιατί οι σκελετικοί μύες πρέπει να είναι προσκολλημένοι;
5. Πώς εργάζονται οι σκελετικοί μύες κατά ζεύγη;

Μυική συστολή

23-9
Τι ερεθίζει τους μύες προς συστολή;

Οι μύες συστέλλονται σε αντίδραση προς νευρικές ώσεις. Μικροσκοπική εξέταση, όπως αυτή στην εικόνα 23-12, δείχνει ότι κάθε μυική ίνα ενός γραμμωτού μυός συνδέεται με το άκρο ενός κινητικού νεύρου. Οι βραχίονες ενός και μόνο κινητικού νεύρου είναι δυνατόν να βρίσκονται σε στενή επαφή ακόμη και με 200 μυικές ίνες.

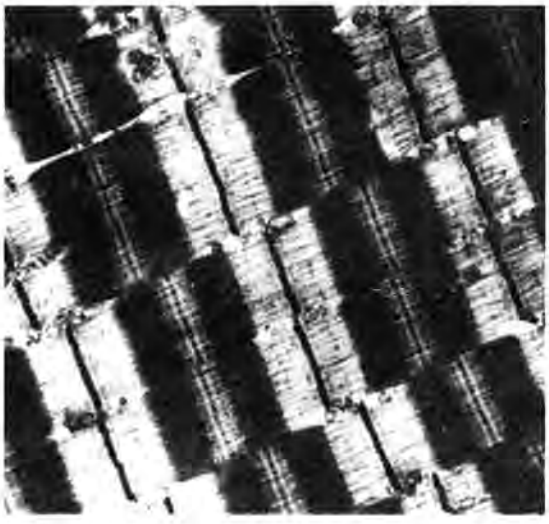
Αν ένα κινητικό νεύρο καταστραφεί, οι μυικές ίνες, που ενεργοποιούσε, χαρακτηρίζονται ότι βρίσκονται υπό «παράλυση». Δεν αντιδρούν πλέον. Ασθένειες, όπως η πολιομυελίτιδα, που προκαλούν βλάβες στα νεύρα, που κινούν μύες, οδηγούν σε μερική παράλυση. Οι μυικές ίνες που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν αχρηστεύονται· ο μυς συρρικνώνεται. Καλοσχεδιασμένα προγράμματα φυσικών ασκήσεων ενθαρρύνουν την ανάπτυξη άλλων μυικών ινών που διατηρούν τη διασύνδεσή τους με τα νεύρα. Αν η βλάβη δεν είναι εκτεταμένη, η ανάπτυξη νέων μυικών ινών μπορεί μερικώς να επιδιορθώσει τους μύες στο σύνολό τους.

Όλη αυτή η γνώση έχει αποκτηθεί από την πείρα με ασθένειες που προσβάλλουν νεύρα και μύες. Δεν μας εξηγεί πώς εργάζονται οι μύες. Τι αναγκάζει τους γραμμωτούς μύες να αντιδρούν με ταχύτητα και να χαλαρώνουν με ταχύτητα σε επανειλημμένες αντιδράσεις; Τι οδηγεί στη συστολή των αναγκαίων μόνον κυττάρων ενός γραμμωτού μυός για την εκτέλεση ορισμένης εργασίας;

Αν όλα τα κύτταρα του δικεφάλου μυός (εικόνα 23-11) συστέλλονταν, όταν σηκώνετε ένα μολύβι, θα πετάγατε το μολύβι πάνω από τον ώμο σας. Αντιθέτως σηκώνετε το μολύβι απαλά. Μονωμένα κύτταρα ενός μυός δεν μπορούν να προσαρμοσθούν μόνα τους για εργασίες όπως αυτή. Κάθε κύτταρο συστέλλε-

Εικόνα 23-12 *Νευρικές απολήξεις σε ίνες γραμμωτού μυός. Οι νευρικές ώσεις διεγείρουν τις νευρικές απολήξεις προς έκκριση των χημικών μηνυμάτων τους, που οδηγούν στη συστολή των μυικών ινών.*





Εικόνα 23-13 *Κάτω από μεγαλύτερη μεγέθυνση (Χ 24.000) από τις μυικές ίνες στην εικόνα 23-10, ο μυικός αυτός ιστός κουνελιού δείχνει ινίδια μέσα σε μία ίνα και νημάτια μέσα στα ινίδια. Συγκρίνετε τη φωτογραφία με τα σχέδια στην εικόνα 23-14.*

ται σε όλη του την έκταση ή καθόλου· έχει μόνο ένα νευρικό διακόπτη «εντός-εκτός». Μόνο ο μυς ως σύνολο μπορεί να προσαρμοσθεί μέσω του αριθμού των κυττάρων που συστέλλονται, για να γίνει μία συγκεκριμένη εργασία. Τέτοιες παρατηρήσεις κάνουν το μυστήριο της λειτουργίας των μυών πιο εντυπωσιακό.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 23-Α. Κάνοντας τους μύες να κινούνται, σελίδα 672

23-10
Υποθέσεις προς εξήγηση της συστολής των γραμμωτών μυών

Ο τρόπος με τον οποίο ο μυς γίνεται βραχύτερος κατά τη συστολή έχει διερευνηθεί για πολλά χρόνια. Η δομή των γραμμωτών μυικών ινών, όπως φαίνεται στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, έχει δώσει πολλές πληροφορίες (εικόνα 23-13). Όπως μπορείτε να δείτε, υπάρχουν ανοικτόχρωμες και βαθύχρωμες ζώνες, που παράγουν τις ζωνώσεις. Οι ζώνες εμφανίζονται σε στρώσεις εγκάρσιες ως προς τα μυικά ινίδια. Αλλά τα νημάτια, εντός ινιδίων, διασχίζουν κατά μήκος τις ζωνώσεις (παρατηρήστε προσεκτικά τη φωτογραφία).

Η εικόνα 23-14 αρχίζει με ένα μυ και δείχνει διαδοχικώς τμήματά του υπό μεγαλύτερη μεγέθυνση. Στο α φαίνεται ολόκληρος ο μυς. Στο β ένα μικρό τμήμα έχει μεγεθυνθεί, για να δείξει ότι ο μυς αποτελείται από ίνες με διακριτές εγκάρσιες ζωνώσεις. Στο γ ένα τμήμα μιας ίνας έχει μεγεθυνθεί. Παρατηρήστε τους πολλαπλούς πυρήνες κάθε ίνας και τη δυσκολία παρατηρήσεως διακριτής κυτταρικής οργανώσεως (βλ. επίσης εικόνα 23-10). Σημειώστε ότι η ίνα η ίδια αποτελείται από πολλά διακριτά ινίδια. Τα ινίδια αυτά είναι τμήματα του ιστού του γραμμωτού μυός, που συστέλλεται. Ένα τμήμα ενός από τα ινίδια αυτά έχει μεγεθυνθεί στο δ, για να δείξει πιο καθαρά τη φύση των εναλλασσομένων ανοικτοχρώμων και βαθυχρώμων ζωνώσεων. Αυτές είναι οι ζωνώσεις σε αρκετά ινίδια, που βλέπετε στην εικόνα 23-13. Στο ε βλέπετε ότι τα ινίδια αποτελούνται από ακόμη μικρότερα τμήματα, που ονομάζονται νημάτια. Αρχίζοντας από το κέντρο του ε και προχωρώντας προς τα πίσω σημειώστε πώς η ανοικτόχρωμη ζώνωση στο μέσο του δ αντιστοιχεί στην παράλληλη διάταξη των δύο ειδών νηματίων. Οι βαθύχρωμες ζωνώσεις στις δύο πλευρές της ανοικτόχρωμης ζωνώσεως προέρχονται από περιοχές, όπου εμφανίζονται και παχέα και λεπτά νημάτια, τα οποία αλληλοεπικαλύπτονται. Οι πολύ ανοικτόχρωμες ζωνώσεις μακριά από τις σκουρόχρωμες περιοχές προέρχονται από την παράλληλη διάταξη αυτών των λεπτών νηματίων. Τελικώς οι πολύ λεπτές σκουρόχρωμες γραμμές, που είναι διατεταγμένες καθέτως προς τα νημάτια στα άκρα της περιοχής που φαίνεται στο ε, δείχνουν πού τα λεπτά ινίδια διέρχονται από μία ζώνωση υψηλής συγκεντρώσεως πρωτεϊνικής ουσίας. Οι δομικές λεπτομέρειες της πρωτεΐνης αυτής δεν έχουν ακόμη κατανοηθεί πλήρως. Στο μυικό ιστό τα ινίδια είναι διατεταγμένα με τέτοιο τρόπο, ώστε η σκουρόχρωμη ζώνωση του ενός ινιδίου να αντιστοιχεί ακριβώς προς τη σκουρόχρωμη ζώνωση του άλλου. Οι ανοικτόχρωμες ζωνώσεις αντιστοιχούν επίσης με τις αντίστοιχές τους. Γι' αυτό, όταν ένας γραμμωτός μυς παρατηρείται κάτω από το μικροσκόπιο (εικόνα 23-10), αυτή η διάταξη παράγει τις εναλλασσόμενες ανοι-

κτόχρωμες και βαθύχρωμες ζωνώσεις, που ονομάζονται γραμμώσεις.

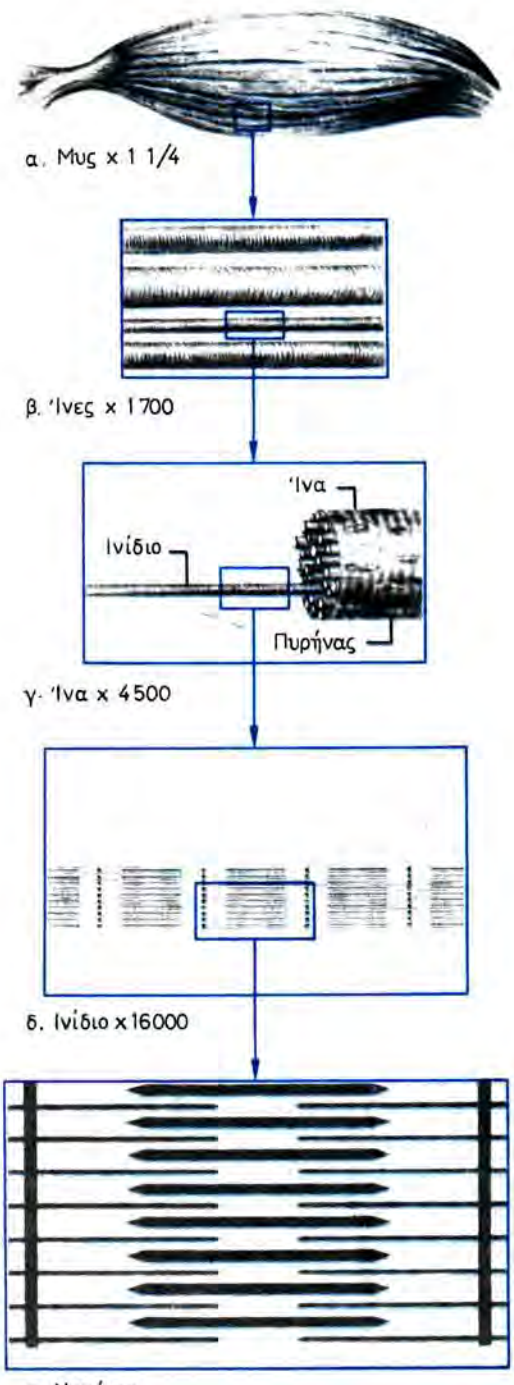
Τα παχέα νημάτια αποτελούνται από μία πρωτεΐνη, που ονομάζεται μυοσίνη. Τα λεπτά νημάτια αποτελούνται από μία άλλη πρωτεΐνη, που ονομάζεται ακτίνη. Στα λεπτά νημάτια της ακτίνης υπάρχουν επίσης άλλες δύο πρωτεΐνες (ονομαζόμενες τροπονίνη και τροπομυοσίνη). Οι δύο αυτές πρόσθετες πρωτεΐνες εμπλέκονται στις αντιδράσεις μεταξύ των λεπτών και παχέων νηματίων.

Η συστολή του μυός πυροδοτείται από ιόντα ασβεστίου. Αυτό είναι γνωστό από πολλά χρόνια. Όταν το ασβέστιο προσροφάται ή επαναπροσλαμβάνεται, ο μυς χαλαρώνει.

Ο συνδυασμός των γνωστών πειραματικών ενδείξεων και αρκετών υποθέσεων οδηγεί στη σύγχρονη αντίληψη για τον τρόπο συστολής του γραμμωτού μυός:

1. Τα κινητικά νεύρα μεταφέρουν ώσεις από τον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό στους μύες.
2. Κάθε κινητικός νευρώνας εκλύει χημικό μήνυμα στις μυικές ίνες.
3. Το χημικό μήνυμα επενεργεί πυροδοτώντας την έκλυση ιόντων ασβεστίου.
4. Τα ιόντα ασβεστίου αντιδρούν με τις δύο πρωτεΐνες (τροπονίνη και τροπομυοσίνη), που καλύπτουν μέρη των λεπτών νηματίων της ακτίνης.
5. Τα παχέα νημάτια μυοσίνης προσκολλώνται στα ενεργά κέντρα της ακτίνης και έλκουν τα νημάτια ακτίνης.
6. Το αποτέλεσμα είναι, τα παχέα και τα λεπτά νημάτια που είναι τώρα προσκολλημένα μεταξύ μας διολισθαίνουν τα μεν επί των δε. Τα μυικά ινίδια συστέλλονται.
7. Όταν τα ιόντα ασβεστίου προσροφώνται ή επαναπροσλαμβάνονται, η τροπομυοσίνη διακόπτει την προσκόλληση της μυοσίνης (παχέα νημάτια) στην ακτίνη (λεπτά νημάτια).
8. Τα νημάτια, που τώρα δεν είναι προσκολλημένα, διολισθαίνουν πάλι αντιθέτως από πριν, προς την προηγούμενη θέση τους, τη θέση χαλαρώσεως (ή χαλάσεως).

Η εικόνα 23-15 παρουσιάζει τις θέσεις χαλαρώσεως (ή χαλάσεως) και συστολής των νηματίων σε ένα μικρό τμήμα ενός νηματίου από μία ίνα γραμμωτού μυός.



Εικόνα 23-14 *Αλλεπάλληλες μεγεθύνσεις από μυ προς ίνα, προς ινίδιο, προς νημάτια. Η εικόνα αυτή θα σας βοηθήσει να καταλάβετε τι βλέπετε στις εικόνες 23-10 και 23-13. Ο μηχανισμός συστολής ενός γραμμωτού μυός βρίσκεται σε αυτά τα αλληλοεπικαλυπτόμενα νημάτια.*



Εικόνα 23-15 *Οι θέσεις των νηματίων στα δύο αυτά σχέδια δείχνουν πώς συστέλλεται ένας γραμμωτός μυς. Η συστολή πυροδοτείται από ιόντα ασβεστίου. Περιλαμβάνει τα παχέα νημάτια (μυοσίνης), που έλκουν και προσκολλώνται προσωρινώς στα λεπτά νημάτια (ακτίνης).*

Η υπόθεση «διολισθήσεως νηματίων» προτάθηκε για πρώτη φορά από τον Άγγλο επιστήμονα Χ.Ε. Χάξλεϊ. Σήμερα η ιδέα είναι καλώς θεμελιωμένη, βασιζόμενη στις εργασίες πολλών άλλων επιστημόνων, που ανακάλυψαν και υπέθεσαν το ρόλο των δύο πρωτεϊνών, οι οποίες καλύπτουν μέρη των λεπτών νηματίων. Το πώς καλύπτονται και αποκαλύπτονται τα ενεργά κέντρα, καθορίζοντας την προσκόλληση των παχέων στα λεπτά νημάτια, είναι μία από τις νεότερες υποθέσεις κατά τις συνεχιζόμενες έρευνες για τη μυική συστολή.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 23-Β. Τι προκαλεί τον κάματο των σκελετικών μυών; Σελίδα 673.

23-11
Η αναγκαία προσπάθεια καταβάλλεται για κάθε έργο

Οι μυικές ίνες δεν έχουν μόνο τελικές κινητικές πλάκες αλλά και αισθητικές. Οι αισθητικοί υποδοχείς προέρχονται από ορισμένες εξειδικευμένες περιοχές των ινών των γραμμωτών μυών. Οι υποθέσεις τις οποίες διαβάσατε εξηγούν τη συστολή και τη χαλάρωση (ή χάλαση) και πόσο γρήγορα παρατηρούνται, καθώς τα ιόντα ασβεστίου ελευθερώνονται και επαναπορροφώνται. Αλλά οι υποθέσεις αυτές δεν εξηγούν, γιατί τα ιόντα ασβεστίου ελευθερώνονται σε ορισμένες ίνες και όχι σε άλλες. Τι προσδιορίζει πόσες ίνες θα εμπλακούν, όταν ένας μυς αρχίσει να συστέλλεται;

Προφανώς αξιολογείτε κάθε έργο και προσδιορίζετε το βαθμό μυικής προσπάθειας, αν και καμιά φορά πέφτετε έξω. Άλλες φορές δεν έχετε την ευκαιρία ακόμη και να υποθέσετε. Κάτι ή κάποιος μπορεί να πέσει επάνω σας ή να σας κτυπήσει από πίσω. Τι ενεργοποιεί περισσότερες μυικές ίνες, ώστε να επανεύρετε την ισορροπία σας;

Διόρθωση των εκτιμήσεών σας και ανταπόκριση σε απρόσμενες απαιτήσεις των μυών σας φαίνεται ότι αρχίζει από τους αισθητικούς υποδοχείς των ινών των γραμμωτών μυών. Οι αισθητικοί αυτοί υποδοχείς είναι οι μυοτατικοί υποδοχείς. Ενεργοποιούνται, καθώς εξειδικευμένες περιοχές της μυικής ίνας έλκονται από τη συστολή των άκρων της. Οι υποδοχείς στέλνουν ώσεις κατά μήκος των αισθητικών νευρώνων. Οι ώσεις πηγαίνουν στον εγκέφαλό σας. Παρά το ότι οι ώσεις τερματίζονται στο φλοιό των ημισφαιρίων, δεν τις αντιλαμβάνεσθε. Έχουν ως αποτέλεσμα την έναρξη κινητικών ώσεων, που μεταφέρονται προς τα κάτω μέσω του νωτιαίου μυελού προς κινητικές απολήξεις των νευρώ-

νων στους μύες σας. Περισσότερες μυικές ίνες συστέλλονται, ώστε να επιτευχθεί προσαρμογή στις αυξημένες απαιτήσεις.
Αν κάποιος σας δώσει στα χέρια ένα αντικείμενο, που είναι βαρύτερο από όσο αναμένατε, οι βραχίονές σας κρεμάνε από το βάρος, αλλά αναλαμβάνουν σχεδόν αμέσως χάρις σε μία μεγαλύτερη προσπάθεια των μυών σας. Μόνο αν συνεχίσετε να κρατάτε το αντικείμενο μπροστά σας, θα παρουσιασθεί κάματος στους μύες σας και οι βραχίονές σας θα κρεμάσουν. Ρύθμιση της μυικής προσπάθειας από τους αισθητικούς νευρώνες, που ξεκινά από τους μύες και πραγματώνεται στον εγκέφαλο, λειτουργεί όσο οι μυικές ίνες αντιδρούν, χωρίς να παρουσιασθεί κάματος.

Μετά από ορισμένο χρόνο ακόμη και η ακινησία προκαλεί κόπωση στους μύες σας. Αν το σκεφθείτε, θα αντιληφθείτε ότι το να στέκεσθε σε ένα σημείο κρατώντας σταθερή ισορροπία απαιτεί διαρκή συστολή αντιθέτων μυών. Οι αισθητικοί νευρώνες που ξεκινούν από τους μύες σας διατηρούν τις αντιτιθέμενες συστολές. Εμπλέκονται επίσης όργανα ισορροπίας, που βρίσκονται στην κεφαλή σας. Όλες οι ώσεις συντονίζονται στον εγκέφαλό σας.

Η άμεση ανταπόκριση σε μεγαλύτερες (ή συνεχείς) απαιτήσεις των μυών δεν περιορίζεται στα ανθρώπινα όντα. Χαρακτηρίζει γενικώς τα σπονδυλωτά και πολλά άλλα ζώα. Πάντως ο πρωταγωνιστής μιας ταινίας κάουμπόι μπορεί να πηδά από ένα υψηλό μπαλκόνι στην πλάτη του αλόγου και να καλπάζει αμέσως. Αν όμως κάνετε τους υπολογισμούς και βρείτε τη δύναμη, με την οποία πέφτει ένα σώμα 75 κιλών από τρία ή περισσότερα μέτρα, θα δείτε ότι ο πραγματικός πρωταγωνιστής είναι το άλογο.

23-12
Οι φυσιολόγοι εξηγούν τη χημεία της μυικής συστολής

Κάθε δραστηριότητα απαιτεί ενέργεια. Οι ίνες των γραμμωτών μυών απαιτούν περισσότερη ενέργεια από πολλά άλλα είδη κυττάρων. Το 1949, πριν γίνει γνωστό το συστατικό που παρέχει την ενέργεια, πραγματοποιήθηκε ένα αξιόλογο πείραμα. Ο Αλβέρτος Σεντ Τζωρτζί, φυσιολόγος στο Ινστιτούτο Μυικών Ερευνών στην πόλη Γουντς-Χωλ της Μασαχουσέτης ΗΠΑ, ανέταμε μυικές ίνες κουνελιών και προσάρμοσε τις ίνες αυτές σε πλαίσια, ώστε να μην είναι δυνατό να μεταβληθεί το μήκος τους. Οι ίνες νεκρώθηκαν κατόπιν με χημικό λουτρό, ξεπλύθηκαν και τοποθετήθηκαν σε αραιό διάλυμα αλάτων. Στο διάλυμα υπήρχαν ιόντα ασβεστίου.

Οι ίνες παρέμειναν αδρανείς, έως ότου ο Σεντ Τζωρτζί (εικόνα 13-16) προσέθεσε ATP. Οι ίνες συστάλθηκαν. Ακόμη και όταν οι ίνες είχαν παραμείνει νεκρές επί μήνες, μπορούσαν να συσταλθούν, όταν γινόταν προσθήκη ATP. Το πείραμα αυτό ήταν πολύ σπουδαίο, γιατί αποτελούσε την πρώτη ένδειξη ότι η ATP είναι η κύρια πηγή ενέργειας για τα ζωντανά κύτταρα.

Άλλα πλούσια σε ενέργεια συστατικά των μυικών κυττάρων είναι η γλυκόζη, το γλυκογόνο και η φωσφορική κρεατίνη. Εντούτοις κανένα από αυτά δεν επάγει συστολή, όπως αυτή που παρατηρήθηκε από τον Σεντ Τζωρτζί, όταν προστεθεί σ' αυτά πειραματικώς.

Άλλοι φυσιολόγοι γρήγορα οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι, αν η πηγή ενέργειας μιας μυικής ίνας είναι η ATP, τότε μία ίνα που έχει υποβληθεί σε άσκηση θα πρέπει να περιέχει λιγότερη ATP από μία ίνα, που έχει παραμείνει χαλαρή. Εντούτοις πειραματικές μετρήσεις δεν επιβεβαίωσαν το συμπέρασμα αυτό. Βρέθηκε μόνο λιγότερη φωσφορική κρεατίνη σε ίνες μετά από άσκηση σε σύγκριση με ίνες σε χαλάρωση.

Και άλλα σχετικά δεδομένα έχουν συγκεντρωθεί με αποτέλεσμα η αλληλουχία των ενεργειακών εξαρτημένων συμβάντων στα μυικά κύτταρα να έχει αποκαλυφθεί. Τα μυικά κύτταρα, όπως και τα άλλα κύτταρα, παραλαμβάνουν γλυκόζη από το αίμα. Μετατρέπουν μέρος της γλυκόζης σε γλυκογόνο, όπως γίνεται και στο ήπαρ (συκώτι). Όταν χρειάζεται ενέργεια, το γλυκογόνο αποικοδομείται πάλι προς γλυκόζη. Η γλυκόζη διασπάται, όπως κατά τη ζύμωση (κεφάλαιο 5). Τα μόρια του πυροσταφυλικού οξέος είναι το προϊόν της διασπάσεως, μαζί με παραγωγή μικρής ποσότητας ενέργειας.

Με παρουσία οξυγόνου το πυροσταφυλικό οξύ αποικοδομείται από την κυτταρική αναπνοή, παρέχοντας πολύ περισσότερη ενέργεια παρά κατά το στάδιο της ζυμώσεως. Η



Εικόνα 23-16 *Ο Αλβέρτος Σεντ-Τζωρτζί, ο οποίος ανακάλυψε ότι η ATP προσφέρει την ενέργεια, που επιτρέπει στις μυικές ίνες να συστέλλονται. Από την έρευνα του Σεντ-Τζωρτζί προήλθε η υπόθεση ότι η ATP ίσως ήταν η κύρια πηγή ενέργειας για όλα τα κύτταρα.*

ενέργεια αποθηκεύεται ως ATP και ως φωσφορική κρεατίνη.

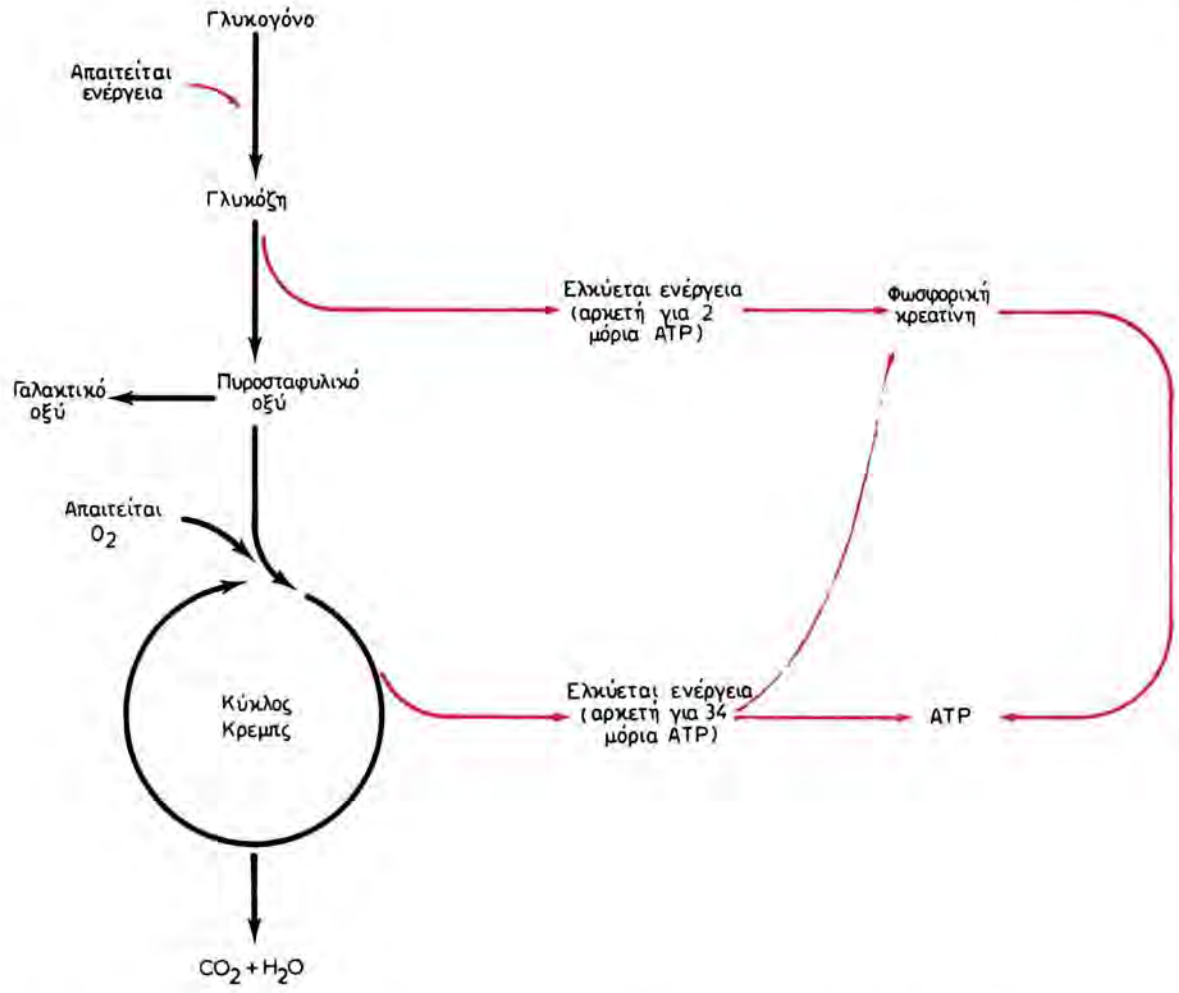
Καθώς η μυική ίνα χρησιμοποιεί ενέργεια εξαντλείται η διαθέσιμη ATP. Αλλά αντικαθίσταται αμέσως από τη μεταφορά πλουσίων σε ενέργεια φωσφορικών ομάδων από τη φωσφορική κρεατίνη σε ADP προς σχηματισμό ATP πάλι. Αυτό εξηγεί, γιατί τα επίπεδα φωσφορικής κρεατίνης κατέρχονται σε ενεργοποιημένες μυικές ίνες ή μυικές ίνες που έχουν προσφάτως υποβληθεί σε άσκηση.

Το αίτιο που προκαλεί μυική κόπωση (μυικό κάματο) έχει επίσης εξηγηθεί. Η γλυκόζη μπορεί με απουσία οξυγόνου να αποικοδομηθεί προς πυροσταφυλικό οξύ, αλλά το πυροσταφυλικό οξύ μπορεί να αποικοδομηθεί ακόμη περισσότερο μόνο με παρουσία οξυγόνου. Όταν ασκείσθε ζωηρά και γρήγορα ξοδεύτε το οξυγόνο. Και όμως μπορείτε να εξακολουθήσετε την άσκηση.

Όταν η μυική ίνα δεν έχει άλλο οξυγόνο, συνεχίζει να μετατρέπει το γλυκογόνο προς γλυκόζη και πυροσταφυλικό οξύ και να αποθηκεύει ενέργεια σε φωσφορική κρεατίνη και ATP. Αλλά το πυροσταφυλικό οξύ δεν μπορεί να αποικοδομηθεί με απουσία οξυγόνου και μετατρέπεται μόνο προς γαλατικό οξύ. Συσσώρευση γαλακτικού οξέος αρχίζει να επηρεάζει τη μυική ίνα. Για παράδειγμα, το γαλακτικό οξύ αλλάζει το pH, έως ότου η μυική ίνα δεν μπορεί να αντιδράσει πλέον. Άλλες επιπτώσεις του γαλακτικού οξέος συνεισφέρουν στην αναστολή τελικώς της δραστηριότητας της ίνας. Αυτό το αισθάνεσθε ως μυικόν κάματο.

Η εικόνα 23-17 παρουσιάζει τις ενεργειακές διαδικασίες στις μυικές ίνες. Όταν υπάρχει παρουσία οξυγόνου, η όλη διαδικασία προχωρεί. Όταν το οξυγόνο είναι λίγο, τότε προχωρεί μόνο το στάδιο που μοιάζει προς τη ζύμωση. Αποτέλεσμα είναι ένα «έλλειμμα οξυγόνου». Το γαλακτικό οξύ συγκεντρώνεται και αρχίζει να διαχέεται από τις μυικές ίνες στην κυκλοφορία του αίματος. Όταν υπάρχει πάλι οξυγόνο, το ήπαρ (συκώτι) παραλαμβάνει το γαλακτικό οξύ από την κυκλοφορία του αίματος και το μετατρέπει σε γλυκογόνο. Ένα μικρό μέρος του γαλακτικού οξέος, που δεν έχει ακόμη διαχυθεί έξω από τις μυικές ίνες, αποικοδομείται εκεί και η ενέργεια χρησιμοποιείται για την αποκατάσταση της διαθέσιμης φωσφορικής κρεατίνης και ATP. Το περισσότερο όμως γαλακτικό οξύ τελικώς διαχέεται έξω από τις μυικές ίνες και μετατρέπεται στο ήπαρ σε γλυκογόνο. Τα μυικά κύτταρα είναι έτοιμα, για να χρησιμοποιηθούν ή να ασκηθούν πάλι.

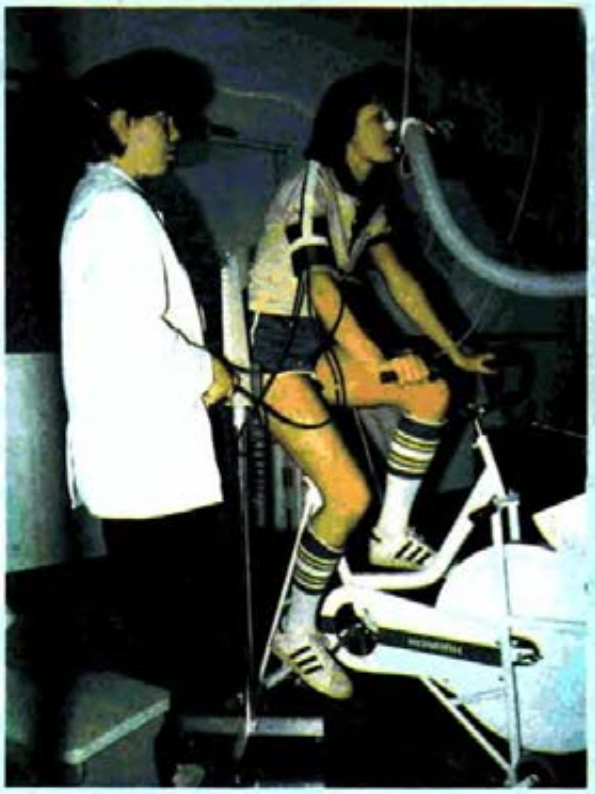
Η ενέργεια για τη μυική συστολή αποκτάται από την αρχή. Χωρίς ενέργεια τα ιόντα ασβεστίου δεν μπορούν να επιδράσουν στις πρωτεΐνες, που καλύπτουν μέρος των λεπτών νηματίων (ακτίνη). Η τροπομυοσίνη χρησιμοποιεί την ενέργεια από την ATP για τη μετακίνησή της από τα ενεργά κέντρα, που καλύπτει στα νημάτια ακτίνης. Κάθε στάδιο που ακολουθεί για την προσκόλληση των παχέων νηματίων (μυοσίνη) στα ενεργά κέντρα των λεπτών νηματίων (ακτίνη) συνεχίζει



Εικόνα 23-17 *Ενέργεια κινήσεως. Στα μυικά κύτταρα γίνονται τα ίδια στάδια αναπνοής όπως και στα άλλα κύτταρα. (Ξανακοιτάξτε τις εικόνες 7-3, 7-4 και 7-6). Ο μυικός κάματος αρχίζει, όταν μειωθεί το οξυγόνο· οι αντιδράσεις στο αριστερό του διαγράμματος σταματούν τότε πριν από τον κύκλο του Κρεμπς, που απαιτεί οξυγόνο. Το πυροσταφυλικό οξύ μετατρέπεται σε γαλακτικό οξύ, που συσσωρεύεται αλλάζοντας το pH της μυικής ίνας. Λίγη ενέργεια απαιτείται για την αντίδραση προς τα δεξιά προς αναπλήρωση της φωσφορικής κρεατίνης. Αν η μυική ίνα αρχίζει να εργάζεται, περισσότερη φωσφορική κρεατίνη θα χρειασθεί να αναπληρωθεί, καθώς η διαθέσιμη ποσότητά της θα μειώνεται. Μόνον όταν το έλλειμμα του οξυγόνου θα αναπληρωθεί και ο κύκλος του Κρεμπς θα επαναλειτουργήσει πλήρως και θα αρχίσει η παροχή ενέργειας, που φαίνεται στο κάτω μέρος του διαγράμματος, είναι δυνατόν να επαναληφθεί.*

να χρησιμοποιεί ενέργεια από ATP. Καθώς τα διαθέσιμα μόρια της ATP ελαττώνονται, μέρος των διαθεσίμων μορίων φωσφορικής κρεατίνης χρησιμοποιούνται για να τα αναπληρώσουν. Συνήθως στις ίνες των γραμμωτών μυών βρίσκεται τέσσερις έως έξι φορές περισσότερη φωσφορική κρεατίνη από ATP. Η ενέργεια της φωσφορικής κρεατίνης αυξάνει τα πρόχειρα ενεργειακά διαθέσιμα μόρια των μυικών ινών καθώς η αποικοδόμηση του γλυκογόνου προς γλυκόζη και πυροσταφυλικό οξύ συνεχίζεται.

Βιολογία Περιληπτικά



Αισθάνεσθε γυμνασμένος; Πόσο γυμνασμένος είσθε;

Δεν χρειάζεται να είσθε γυμνασμένος, για να επισκεφθείτε ένα εργονομικό κέντρο, αλλά μπορείτε να πληροφορηθείτε πόσο γυμνασμένος είσθε. Η φοιτήτρια του κολλεγίου που κινεί τα πετάλια του «ποδηλάτου» στη φωτογραφία παίρνει μέρος σε μία από τις πολλές εξετάσεις στο εργονομικό κέντρο του πανεπιστημίου του Ντένβερ. Μαζί της, μετρώντας την πίεση του αίματός της κατά τη διάρκεια της εξασκήσεως, είναι η Μαργαρίτα Κούνεϊ, μεταπτυχιακή φοιτήτρια και μέλος του προσωπικού. Για μία εξήγηση σχετικά με τον αεροσωλήνα στο στόμα της φοιτήτριας, βλέπε την απέναντι φωτογραφία. Ο Δρ. Κλάρενς Μπάερ, ο διευθυντής του εργαστηρίου, μετρά τη λειτουργικότητα των πνευμόνων κατά τη διάρκεια της ασκήσεως.

Εργονομικά κέντρα υπάρχουν σε πολλές πόλεις, συχνά σε κολλέγια ή πανεπιστήμια. Οι φοιτητές παιδαγωγικών επιστημών, μέλη της πανεπιστημιακής κοινωνίας και διάφορες ομάδες επιχειρήσεων και κρατικών υπηρεσιών χρησιμοποιούν τις εγκαταστάσεις αυτές.

23-13
Η άσκηση δημιουργεί μυικές ίνες

Διαβάσατε προηγουμένως ότι ορισμένες ασθένειες, όπως η πολιομυελίτιδα, καταστρέφουν τις νευρικές διασυνδέσεις προς τους μύες. Με ζωηρή εξάσκηση του μυικού ιστού που αντιδρά ακόμη, τα θύματα πολιομυελίτιδας μπορούν καμιά φορά να επανακτήσουν τη μυική δραστηριότητά τους. Το κάνουν αυτό με την εξάσκηση των υγιών μυικών ινών, έως ότου αυτές να δημιουργήσουν άλλες αντικαθιστώντας την απώλεια άλλων. Η ανάπτυξη νέων κινητικών απολήξεων νευρώνων στις νέες μυικές ίνες φαίνεται να είναι δυνατή στην περίπτωση υγιών νευρώνων. Αλλά μυικές ίνες που συνδέονταν πριν με νευρώνες που έχουν καταστραφεί δεν μπορούν να επανενεργοποιηθούν. Οι μυικές αυτές ίνες εκφυλίζονται.

Καθένας χάνει ένα ορισμένο αριθμό μυικών



Το μεγαλύτερο μέρος της ανθρώπινης δραστηριότητας κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι μυική δραστηριότητα. Είσθε τόσο συνηθισμένος να στέκεσθε, να κάθεσθε, να σκύβετε, να περπατάτε, να ανεβαίνετε, ώστε δεν σκέπτεσθε τίποτα σχετικά με τις δραστηριότητες αυτές. Και όμως οι περισσότεροι άνθρωποι ασκούνται λίγο με όλες τις καθημερινές αυτές δραστηριότητες. Για να μάθετε πόσο λίγο γυμνασμένος είσθε, χρειάζονται περισσότερα από μία απλή σύγκριση με τις καλύτερες περιόδους σας από άποψη γυμναστικής. Για τις συγκρίσεις αυτές μόνο εργαστηριακές εξετάσεις μπορούν να δώσουν τις αναγκαίες πληροφορίες.

Πολλά εργαστήρια είναι εξοπλισμένα για ηλεκτροκαρδιογραφήματα και αναλύσεις αίματος. Καθώς κάνετε ποδήλατο, ο ρυθμός των καρδιακών παλμών και οι εξάρσεις τους παρακολουθούνται. Στην ανάπαυση μπορούν να γίνουν εξετάσεις γλυκόζης, χοληστερόλης και τριγλυκεριδίων αίματος. Προγράμματα εξασκήσεως μπορούν να χαμηλώσουν τα επίπεδα χοληστερόλης και τριγλυκεριδίων. Κατάλληλες ασκήσεις μπορούν επίσης να βοηθήσουν στην ελάττωση του λίπους του σώματος (που επίσης μετράται εργαστηριακώς).

Ένα προσωπικό πρόγραμμα ασκήσεως μπορεί να σχεδιασθεί με βάση το πόσο γυμνασμένος είσθε καθώς και το ποια είναι τα αποτελέσματα των εξετάσεων. Αργότερα, το πρόγραμμα μπορεί να τροποποιηθεί, για να αντιμετωπίσει τις νέες σας ανάγκες. Είναι χρήσιμο να το ακολουθήσετε για όλη σας τη ζωή.

ινών. Ενεργά προγράμματα ασκήσεως δεν υπάρχουν μόνο για τα θύματα ασθενειών. Προγράμματα φυσικής υγιεινής προσφέρονται προς όλους τους ανθρώπους όλων των ηλικιών, που δεν έχουν προβλήματα τα οποία θα μπορούσαν να κάνουν την έντονη άσκηση επικίνδυνη. Η βιολογία εξετάζει περιληπτικά μερικά από τα σημεία της φυσικής ασκήσεως και υγιεινής.

Ό,τι αληθεύει για τους σκελετικούς και τους άλλους γραμμωτούς μύες, δεν εφαρμόζεται κατ' ανάγκη εξ ολοκλήρου και για τους λείους μύες. Εντούτοις, τα νημάτια μερικών λείων μυών είναι παρόμοια με τα λεπτά νημάτια των γραμμωτών μυών. Υπάρχουν πολλά ακόμη που απομένουν να γίνουν γνωστά σχετικά με τη συστολή και των γραμμωτών και των λείων ινών, όπως και για τη φύση και τη θέση των ινιδίων στους λείους μύες.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Νευρικές ώσεις που εκλύουν χημικά μηνύματα στις μυικές ίνες εκκινούν τα συμβάντα, που οδηγούν στη συστολή των μυικών ινών, με την απελευθέρωση ιόντων ασβεστίου. Τα ιόντα ασβεστίου, με παρουσία ATP, αντιδρούν με δύο πρωτεΐνες, που καλύπτουν τα ενεργά κέντρα των νηματίων ακτίνης. Η μία από τις πρωτεΐνες αυτές απομακρύνεται από τα ενεργά κέντρα, καθιστώντας δυνατή την προσκόλληση και έλξη των νηματίων μυοσίνης στα νημάτια ακτίνης. Τα νημάτια ακτίνης έλκονται κατά μήκος των νηματίων μυοσίνης. Αυτή είναι η διαδικασία συστολής. Επαναπορρόφηση ιόντων ασβεστίου τερματίζει τη συστολή.

Αυτή η ταχεία απελευθέρωση και επαναπορρόφηση ιόντων ασβεστίου και η ταχεία αντίδραση των ιόντων με πρωτεΐνες επιτρέπει την ταχεία αντίδραση και επανάκαμψη των γραμμωτών μυών. Η οργάνωση του γραμμωτού μυ σχετικά με το λείο μυ είναι ένας άλλος παράγοντας. Ένας άλλος ακόμη παράγοντας είναι οι κινητικοί νευρώνες με έλυτρο μυελίνης, που μεταφέρουν ώσεις ταχύτερα από νευρώνες χωρίς αυτό το έλυτρο. Πολλοί από τους νευρώνες που οδηγούν σε λείους μύες δεν έχουν έλυτρο (βλ. Παράρτημα 22-Β, Το αυτόνομο νευρικό σύστημα).

Η συστολή και επανάκαμψη απαιτεί οξυγόνο και ενέργεια. Η ενέργεια, παρέχεται από ATP, που αναπληρώνεται από φωσφορική κρεατίνη, η οποία με τη σειρά της αναπληρώνεται από γλυκογόνο και γλυκόζη. Όταν υπάρχει λίγο οξυγόνο, η αποικοδόμηση της γλυκόζης σταματά στο πυροσταφυλικό οξύ και στη μετατροπή του σε γαλακτικό οξύ. Το γαλακτικό οξύ συσσωρεύεται, αλλάζει το pH και προκαλεί μυικό κάματο. Το περισσότερο γαλακτικό οξύ εισέρχεται στην κυκλοφορία του αίματος, καθώς τα διαθέσιμα σε οξυγόνο επανέρχονται στα κανονικά επίπεδα. Το γαλακτικό οξύ απομακρύνεται από την κυκλοφορία του αίματος από το ήπαρ και επαναμετατρέπεται σε γλυκογόνο.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Πώς ενεργοποιούνται οι γραμμωτοί μύες;
2. Πώς ρυθμίζεται ο αριθμός των μυικών ινών, που εμπλέκονται σε μία μυική συστολή;
3. Περιγράψτε την πηγή ενέργειας τη μυικής συστολής.
4. Πώς το γαλακτικό οξύ είναι συγχρόνως και πηγή ενέργειας και παραγωγός κοπώσεων;
5. Ποια είναι η λειτουργία της φωσφορικής κρεατίνης στις μυικές ίνες;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑ ΣΗΜΕΙΑ

Οι μύες και οι σκελετοί προσφέρουν στα ζώα υποστήριξη του σώματος και δυνατότητες κινήσεως. Μερικά ζώα δεν έχουν καθόλου σκελετό· ο γεωσκώληκας, για παράδειγμα, έχει ένα μυικό περικάλυμμα, που και το σώμα υποστηρίζει και χρησιμοποιείται στην κίνηση. Άλλα ζώα έχουν εξωσκελετούς· οι σκελετικοί μύες της ακρίδας προσφύονται στο εσωτερικό ενός εξωσκελετού. Τα θηλαστικά έχουν ενδοσκελετούς· οι γραμμωτοί μύες βρίσκονται εξωτερικώς των οστών και των χόνδρων του σκελετού.

Πολλά είδη μυών έχουν παρουσιασθεί εξελικτικώς στα ζώα. Στα θηλαστικά βρίσκονται γραμμωτοί και λείοι μύες. Ο καρδιακός μυς είναι ένα είδος γραμμωτού μυός.

Καθένα ξεχωριστά μυικό κύτταρο συσπάται εξ ολοκλήρου ή καθόλου· έχει ένα «εντός-εκτός» διακόπτη. Η ένταση της μυικής συστολής προσδιορίζεται από τον αριθμό των ινών που συστέλλονται. Η έρευνα έχει θεμελιώσει τη δομή και τον τρόπο συστολής των γραμμωτών μυών διά της ολισθήσεως των νηματίων. Τα κινητικά νεύρα εκκρίνουν χημικά μηνύματα, που ελευθερώνουν ιόντα ασβεστίου, τα οποία πυροδοτούν μυική συστολή, αν υπάρχει ATP για την παροχή ενέργειας.

Μία εργαζόμενη μυική ίνα μπορεί να διατηρεί τα αποθέματα ενέργειας σταθερά, γιατί έχει φωσφορική κρεατίνη, που αναπληρώνει την ATP. Μπορεί επίσης να διασπάσει γλυκογόνο προς γλυκόζη (απαιτεί ενέργεια) και γλυκόζη προς γαλακτικό οξύ (εκλύει ενέργεια) για τη διατήρηση του ενεργειακού αποθέματος ακόμη και με απουσία οξυγόνου, έως ότου το γαλακτικό οξύ συσσωρευθεί και φέρει κάματο.

Η τακτική φυσική εξάσκηση μεγαλώνει τις σκελετικές μυικές ίνες. Νέες ίνες σχηματίζονται επίσης. Καθένας χάνει περιοδικώς μερικές ίνες, αλλά μπορεί να τις αναπληρώσει με τακτική ζωηρή άσκηση.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Εξηγήστε τη διαφορά μεταξύ εξωσκελετών και ενδοσκελετών.
2. Πώς μεγαλώνουν τα ζώα με εξωσκελετούς; Δώστε παραδείγματα.
3. Ποια σχέση υπάρχει μεταξύ μεγέθους ενός ζώου και παρουσίας ή απουσίας σκελετού;
4. Αναφέρετε μερικές εξαιρέσεις σχετικώς με την ερώτηση (3).
5. Πώς φαίνεται ότι εξελίχθηκαν τα μυικά κύτταρα;
6. Ποια είδη νηματίων δίνουν στους γραμμωτούς μύες τις ζωνώσεις τους;
7. Πώς συστέλλονται οι ίνες των γραμμωτών μυών;
8. Πώς το «έλλειμμα οξυγόνου» και η συσσώρευση γαλακτικού οξέος συνδέονται στους γραμμωτούς μύες;
9. Αν ένας μυς συστέλλεται, για να κάμψει μία άρθρωση, όπως το γόνατο ή ο αγκώνας, τι επαναφέρει στην προηγούμενη θέση την άρθρωση;
10. Πώς παραμένει σταθερή η πηγή ενέργειας, που αναλώνουν οι γραμμωτοί μύες, όταν εργάζονται;
11. Τι είδους ενέργεια χρησιμοποιούν οι γραμμωτοί μύες;
12. Πώς αναπληρώνεται η πηγή ενέργειας των γραμμωτών μυών η οποία αναλώνεται καθώς οι μύες εργάζονται;

ΑΡΘΡΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΒΑΣΜΑ

Berg, H. C. "How Bacteria Swim." *Scientific American*, August, 1975.

Carey, F. G. "Fishes with Warm Bodies." *Scientific American*, February, 1973.

Cohen, C. "The Protein Switch of Muscle Contraction." *Scientific American*, November, 1975.

Merton, P. A. "How We Control the Contraction of Our Muscles." *Scientific American*, May, 1972.

Murray, J. M., and A. Weber. "The Cooperative Action of Muscle Proteins." *Scientific American*, February, 1974.

Satir, P. "How Cilia Move." *Scientific American*, October, 1974.

Vaughan, J. M. *The Physiology of Bone*. New York, Oxford University Press, 1975.

Wilkie, D. R. *Muscle*. Baltimore, University Park Press, 1976.

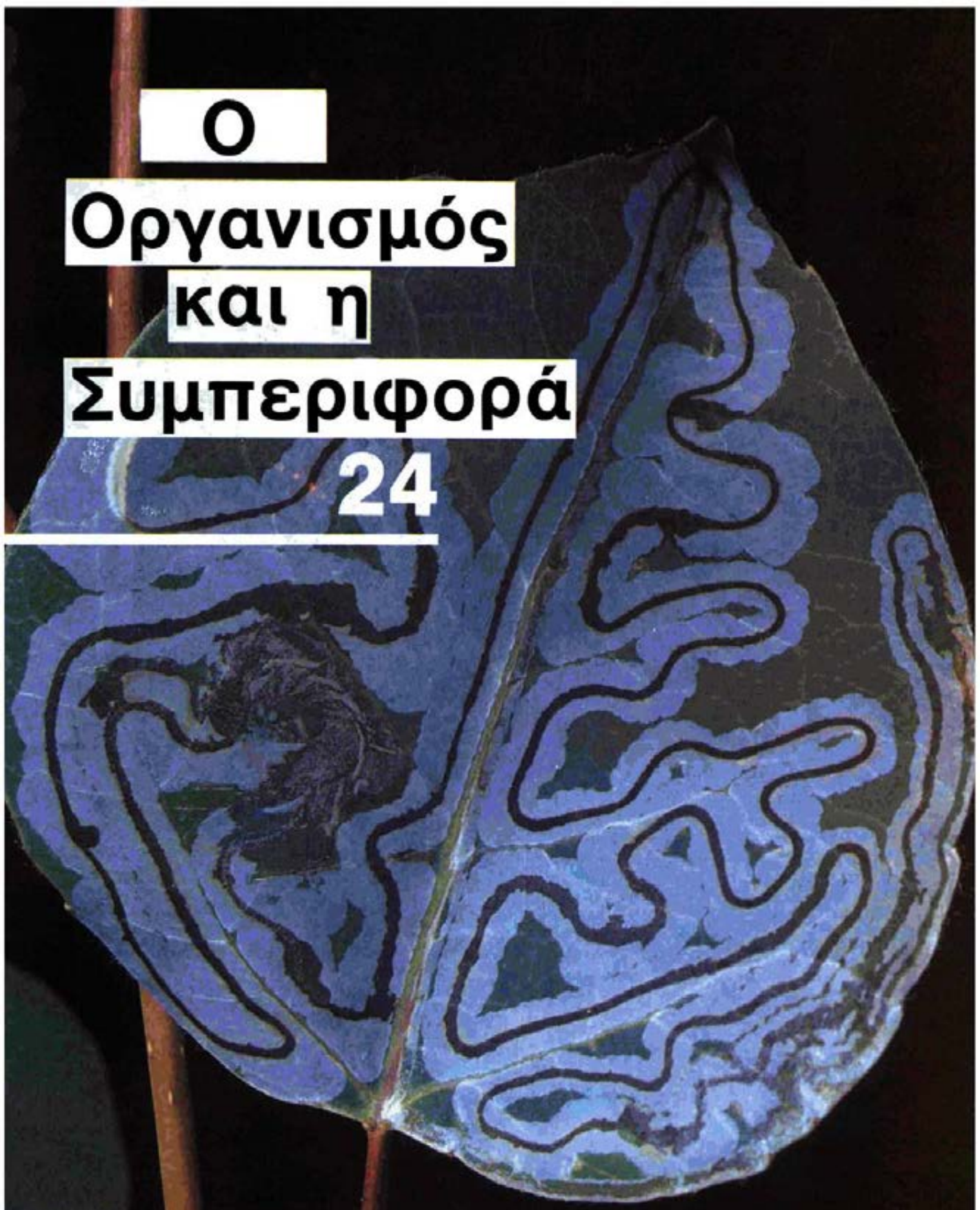


ΜΕΡΟΣ ΕΒΔΟΜΟ



Ανώτερα Επίπεδα Οργανώσεως

Τα νεύρα, οι ορμόνες, οι αδένες και ο συντονισμός των μυών ρυθμίζουν το έργο του σώματος ενός ζώου. Αλλά τι το καθορίζει ως άτομο, που αλληλοαντιδρά με τον πληθυσμό των ομοίων ζώων; Για ζώα, όπως αυτοί οι μπαμπουίνοι, διαφορετικά είδη συμπεριφοράς οργανώνουν όλη την ομάδα κοινωνικώς. Αλλά η μελέτη της συμπεριφοράς αρχίζει με πολύ απλούστερα και μικρότερα ζώα από τους μπαμπουίνους. Σας περιμένουν εκπλήξεις από μελέτες σε άτομα και πληθυσμούς έως οικοσυστήματα με υπερπληθυσμούς.



Ο Οργανισμός και η Συμπεριφορά

24

Παρατηρήστε αυτή την προνύμφη λεπιδοπτέρου που ανοίγει το δρόμο της τρώγοντας ένα φύλλο.

Πολυκύτταροι οργανισμοί, αποτελούμενοι από εκατομμύρια κύτταρα, έχουν πολλά και διαφορετικά όργανα για τις διάφορες λειτουργίες τους. Όλα αυτά τα τμήματα του οργανισμού και οι λειτουργίες τους πρέπει να συνεργάζονται, για να μπορέσει ο οργανισμός να επιβιώσει. Όπως έχετε δει σε προηγούμενα κεφάλαια, τα διάφορα τμήματα των πολυκυττάρων οργανισμών ρυθμίζονται από σύνθετα συστήματα, που περιλαμβάνουν τα γενετικά μακρομόρια, τις ορμόνες, τα ένζυμα και τα νεύρα. Η ρύθμιση αυτή επιτρέπει σε ένα ζωντανό φυτό ή ζώο να λειτουργεί ως ένας ολοκληρωμένος οργανισμός παρά ως ένα άθροισμα εκατομμυρίων ανεξαρτήτων κυττάρων. Στο κεφάλαιο αυτό θα αρχίσετε να διερευνάτε τη συμπεριφορά ολοκλήρων οργανισμών, περιλαμβανομένων των ανθρώπων και των παραγόντων που επηρεάζουν και ρυθμίζουν τη συμπεριφορά αυτή.

Μία σχετικά νέα επιστήμη

24-1
Γιατί χρειάζεται η σπουδή της συμπεριφοράς;

Πώς εξηγείτε την περισσότερη αφοσίωση που δείχνουν μερικά είδη εντόμων για τα νεαρά άτομα από εκείνη που δείχνουν ανώτερα ζώα, όπως οι ιχθείς; Ή, γιατί ένα φυτό όπως η *Διοναία* (σελίδα 402) «στρώνει τραπέζι» για έντομα και κατόπιν τα τρώει; Ή, γιατί τα λιοντάρια και οι λύκοι, που θεωρούνται δολοφόνοι, προκαλούν αποδεδειγμένα λιγότερους θανάτους στα όμοιά τους ζώα από όσους προκαλεί ο άνθρωπος στους ομοίους του;

Οι φυσιοδίφες έχουν από πολύ καιρό μελετήσει τη συμπεριφορά των άλλων οργανισμών, εντυπωσιασμένοι, όπως ήταν φυσικό, από την ποικιλότητά της. Αλλά η μελέτη της συμπεριφοράς αποδείχθηκε ότι ήταν δύσκολο να αντιμετωπισθεί ως επιστήμη, γιατί εμφανιζόταν ως πολυποίκιλη και πολυσύνθετη σε πολλούς οργανισμούς. Οι επιστήμονες αντέδρασαν και εδώ, όπως αντιδρούν σε όλα τα φυσικά φαινόμενα. Τους γοήτευε να κατανοήσουν, γιατί η φύση είναι αυτή που είναι. Το έναυσμα αυτό αποτελεί τη βάση της επιστημονικής αναζητήσεως.

Μία άλλη και δυνητικώς πιο σπουδαία αιτία από την επιστημονική περιέργεια υπάρχει επίσης για τους βιολόγους, που σπουδάζουν τη συμπεριφορά των άλλων εμβίων όντων και ειδικότερα των ζώων. Αν και η εξέλιξη βοηθά στην κατανόηση της συμπεριφοράς, χρειαζόμαστε και πληροφορίες από άλλες πηγές για την κατανόηση της συμπεριφοράς μας. Μερικά από τα χαρακτηριστικά μας και οι διαμάχες που δημιουργούν καθιστούν δύσκολη τη ζωή μας στον πυκνοκατοικημένο κόσμο. Η έλλειψη ανεκτικότητας και η επιθετικότητα είναι δύο παραδείγματα. Γι' αυτό η μελέτη των τρόπων με τους οποίους άλλα κοινωνικά ζώα λύνουν τα προβλήματα της ομαδικής ζωής έχει, δυνητικώς, μία τεράστια σημασία για μας.

Πώς συμπεριφέρεται ένας οργανισμός, όταν το περιβάλλον αλλάζει; Πώς αντιδρά ένα φυτό, όταν η ποσότητα φωτός που δέχεται κάθε ημέρα ξαφνικά μειώνεται; Ή, όταν δέχεται ερυθρό μόνο φως αντί για το μίγμα φωτός διαφόρου μήκους κύματος, που αποτελεί το ηλιακό φως; Πώς αντιδρά ένα ζώο, όταν συναντά ένα άλλο ζώο του ίδιου είδους; Είναι διαφορετική η αντίδρασή του, όταν το άλλο ζώο είναι άρρεν, από ό,τι είναι όταν είναι θήλυ; Επηρεάζεται η αντίδρασή του από

την εποχή ή το περιβάλλον; Όταν τα άτομα βρίσκονται σε ομάδα, αντιδρούν διαφορετικά από ό,τι όταν βρίσκονται μόνα τους; Τα ζώα «διδάσκονται» από τις εμπειρίες του παρελθόντος; Γεννιώνται τα ζώα με ήδη ενυπάρχοντα πρότυπα αντιδράσεων ή τα πρότυπα αυτά αναπτύσσονται, καθώς το ζώο ζει και μεγαλώνει; Τα πρώτιστα διδάσκονται και δείχνουν πρότυπα συμπεριφοράς;

Όλες αυτές είναι ερωτήσεις των βιολόγων, που σπουδάζουν τη συμπεριφορά. Οι φυσιολόγοι, οι βιολόγοι συμπεριφοράς, οι ζωολόγοι, οι οικολόγοι, οι ανθρωπολόγοι και οι γενετιστές συνεργάζονται σήμερα στην επιστημονική έρευνα της συμπεριφοράς. Η πιο πρόσφατη και ίσως η πιο σπουδαία προσθήκη στην ομάδα αυτή είναι οι γενετιστές, καθώς όλο και περισσότερες ενδείξεις υποδεικνύουν ότι διαφορές στη συμπεριφορά και στα φυτά και στα ζώα οφείλονται κατά ένα μεγάλο μέρος σε γενετικές διαφορές.

Το ξεκίνημα για μελέτες της συμπεριφοράς είναι συχνά αρκετά απλό. Για τη μελέτη πολλών ζώων ένα ζευγάρι διόπτρες και ένα μέρος για να κρυφτεί κανείς είναι αρκετά για μια αρχή. Αλλά από το απλό αυτό ξεκίνημα αρχίζουν ορισμένες περιπλοκές. Αν τα ζώα δουν, ακούσουν, ή οσφρανθούν τον παρατηρητή η συμπεριφορά τους μπορεί να αλλάξει. Οι δραστηριότητες των ζώων πρέπει να καταχωρηθούν πολλές φορές και σε όλες τις λεπτομέρειες. (Τελικώς η κινηματογράφηση βοηθά, αφού την ταινία μπορεί κανείς να τη σταματήσει ή και να τη γυρίσει πάλι σε αργό ρυθμό). Η εξήγηση της συμπεριφοράς είναι ιδιαιτέρως περίπλοκη, γιατί είναι συγκριτική. Η συμπεριφορά πολλών και διαφορετικών ατόμων του ίδιου είδους πρέπει να παρατηρηθεί και να καταχωρηθεί. Εντούτοις είναι πολύ σπουδαίο να αποφύγει κανείς να εξηγήσει τη συμπεριφορά ενός είδους με βάση τη συμπεριφορά ενός άλλου. Η εξέλιξη υποδεικνύει και ομοιότητες αλλά και διαφορές.

Όταν εισάγονται αλλαγές σε ένα φυσικό περιβάλλον πρέπει να σχεδιάζονται με προσοχή. Σε ποιο βαθμό ένα περιβάλλον που είναι τεχνητό, όπως συγκρίνεται προς το φυσικό, επιδρά στη συμπεριφορά ενός ζώου; Πειράματα υπό εργαστηριακές συνθήκες έχουν διαφορετικό σκοπό. Τα εργαστηριακά πειράματα μετρήσεως ευφυΐας είναι ένα τέτοιο παράδειγμα. Δίνουν πληροφορίες στον παρατηρητή σχετικές με την εξέλιξη της συμπεριφοράς, που συνδέεται με την ευφυΐα. Αυξάνουν επίσης τις γνώσεις των παρατηρητών για το τι μπορούν να παρατηρήσουν σε πιο εκτεταμένες μελέτες των ζώων στο φυσικό τους περιβάλλον. Πειράματα φυσιολογίας στο εργαστήριο δίνουν πληροφορίες για τη δυνητική συμπεριφορά ενός ζώου με βάση τη φυσική και βιοχημική λειτουργικότητα των συστημάτων του σώματός του.

24-2
Τι είναι συμπεριφορά;

Συμπεριφορά είναι ο τρόπος, με τον οποίο ένας οργανισμός δρα. Ίσως έχετε ήδη αντιληφθεί την έννοια αυτή από την πολλαπλή χρήση της λέξεως συμπεριφορά. Γενικότερα συμπεριφορά είναι το σύνολο όλων των δραστηριοτήτων ενός οργανισμού. Περιλαμβάνει την επίδραση άλλων οργανισμών του ίδιου είδους, των οργανισμών που χρησιμοποιούνται ως τροφή και των οργανισμών που προσπαθούν να χρησιμοποιήσουν αυτόν τον οργανισμό ως τροφή. Η συμπεριφορά περιλαμβάνει όλες τις αντιδράσεις ενός οργανισμού, όπως αντιδράσεις στις αλλαγές φωτός, θερμοκρασίας, ημέρας και νύκτας, εποχής, και κάθε άλλου χαρακτηριστικού του οικοσυστήματος, όπου ο οργανισμός ζει. Περιληπτικά η συμπεριφορά περιλαμβάνει ή προσπαθεί να περιλάβει κάθε τι σχετικά με τη ζωή ενός οργανισμού.

Έχετε ήδη μελετήσει τα διαφορετικά εσωτερικά συστήματα οργάνων, που οδηγούν προς μία ενοποιημένη εξωστρεφή έκφραση της οργανωμένης συμπεριφοράς, των πολυκυττάρων οργανισμών. Τα νεύρα και οι ορμόνες των ρυθμιστικών συστημάτων ενός ζώου βοηθούν στον εσωτερικό έλεγχο της συμπεριφοράς, ενώ το ερεισιτικό και το μυικό σύστημα υλοποιούν τις προς τα έξω αντιδράσεις της συμπεριφοράς. Για παράδειγμα, τα αισθητήρια όργανα των ζώων δέχονται ερεθίσματα από το περιβάλλον και στέλνουν μηνύματα στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Το κεντρικό νευρικό σύστημα, με τη σειρά του, στέλνει μηνύματα προς τους μύες και προκαλεί την έκκριση ορμονών στο κυκλοφορικό σύστημα. Οι μύες και τα άλλα όργανα δέχονται τα μηνύματα αυτά από τα νεύρα και τις ορμόνες

και αντιδρούν με κάποιο ενοποιημένο τρόπο. Ο ενοποιημένος αυτός τρόπος δράσεως του ζώου, όποιος και αν είναι, είναι μέρος της ολικής συμπεριφοράς του ζώου.

Η συμπεριφορά είναι η αντίδραση προς το περιβάλλον, και το εσωτερικό και το εξωτερικό. Οι οργανισμοί αντιδρούν σε πολλούς περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως η ζέστη, το κρύο, η βαρύτητα, το φως, ο ήχος, οι χημικές ουσίες. Αν ένα ζώο αντιδρά στο συγκεκριμένο περιβάλλον με τρόπο, που του επιτρέπει να επιβιώσει, η συμπεριφορά του ζώου χαρακτηρίζεται επιτυχής.



Εικόνα 24-1 *Ένα παράδειγμα του πώς η παραλλαγή και η συμπεριφορά είναι δυνατόν να βοηθήσουν ένα είδος να επιβιώσει. Ακίνητος κατά τη διάρκεια της ημέρας, ο μικρός βάτραχος φαίνεται από επάνω σαν περίττωμα πτηνού.*

24-3
Η συμπεριφορά είναι μέρος της εξελίξεως

Η συμπεριφορά δεν επιδρά μόνο στην επιβίωση του ατόμου, αλλά παίζει ρόλο και στη διατήρηση του είδους. Αν η συμπεριφορά των ατόμων είναι επιτυχής, επιβιώνουν και δίνουν πολλούς απογόνους. Ο αριθμός των απογόνων επιδρά στην επιβίωση ενός είδους ως συνόλου. Γι' αυτό η συμπεριφορά κάθε ατόμου ενός είδους προσδιορίζει την ικανότητα του είδους να αναπαράγεται και να επιβιώνει.

Για παράδειγμα, ο μικρός βάτραχος των τροπικών περιοχών που φαίνεται στην εικόνα 24-1 πρέπει να παραμείνει τελείως ακίνητος κατά τη διάρκεια της ημέρας, ώστε οι εχθροί του να νομίζουν ότι είναι περίττωμα πτηνού. Το εσωτερικό του πρότυπο συμπεριφοράς τον καθοδηγεί για δραστηριότητα κατά τη νύχτα και ακινησία επί ώρες κατά την ημέρα. Με τον τρόπο αυτό επιβιώνει. Τα είδη που υπάρχουν σήμερα έχουν προσαρμοσθεί στις συνθήκες στις οποίες ζουν. Βεβαίως μπορεί βαθμιαία να δώσουν γέννηση σε νέα είδη. Γι' αυτό, επειδή η συμπεριφορά βοηθά ένα οργανισμό να επιβιώσει, συνδέεται στενά με την εξέλιξη των ειδών.

Η συμπεριφορά είναι μία όψη μόνο της προσαρμογής. Η προσαρμογή (παράγραφος 3-10) είναι ένας συνδυασμός κληρονομικών χαρακτηριστικών, που αυξάνει τις πιθανότητες ενός οργανισμού να επιβιώσει και να αναπαραχθεί.

Οργανισμοί με φτωχή προσαρμογή στο περιβάλλον γενικά δεν επιβιώνουν. Τα είδη τους μπορεί βαθμιαία να εξαφανισθούν. Οι προσαρμογές που βοηθούν ένα οργανισμό να επιβιώσει στο περιβάλλον του είναι σπουδαίο μέρος της μελέτης, της εξελίξεως και της συμπεριφοράς. Η εικόνα 24-2 δείχνει δύο ενδιαφέροντα παραδείγματα στο σημείο αυτό.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι βιολόγοι ενδιαφέρονται όλο και περισσότερο για τη μελέτη της συμπεριφοράς. Η συμπεριφορά συνδέεται προς κάθε άποψη της λειτουργικότητας και επιβιώσεως ενός οργανισμού και του είδους του. Συμπεριφορά είναι ο τρόπος, που ένας οργανισμός δρα· είναι το σύνολο των δραστηριοτήτων του. Η γνώση για τη συμπεριφορά ενός είδους υποβοηθεί και καθοδηγεί προς τη μελέτη και την κατανόηση της συμπεριφοράς άλλων ειδών. Η συμπεριφορά εκφράζει το συντονισμό όλων των συστημάτων του οργανισμού και την αλληλοεξάρτησή τους κατά τη ζωή ενός οργανισμού.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Γιατί οι άνθρωποι ενδιαφέρονται για τη συμπεριφορά των άλλων εμβίων όντων;
2. Τι είναι συμπεριφορά;
3. Ποια είναι τα υπέρ και τα κατά της συγκρίσεως προτύπων συμπεριφοράς δύο διαφορετικών ειδών;
4. Πώς η συμπεριφορά αντικατοπτρίζει τις προσαρμογές;
5. Πώς συνδέεται η συμπεριφορά ενός οργανισμού προς την εξέλιξή του;









Εικόνα 24-2 *Προσαρμογές ζώων δείχνουν τον τρόπο ζωής τους. Ισχυροί μύες, αθόρυβο περπάτημα, οξεία όσφρηση, συσταλτοί όνυχες και κυνόδοντες χαρακτηρίζουν την αγέρωχη λεοπάρδαλη (φωτογραφία επάνω). Το κηλιδωτό τρίχωμα είναι επίσης μία προσαρμογή, αν και όχι κατάλληλη για την πράσινη ακόμη σαβάννα. Πού θα χρησίμευε ο χρωματισμός του τριχώματος της λεοπαρδάλεως; Όσο για τα άλλα τρία ζώα που εικονίζονται εδώ, αν μπορείτε να βρείτε και εκείνο στην άνω δεξιά εικόνα, συγκρίνετέ τα με το άλλο της σελίδας 314. Ο πελεκάνος (κάτω αριστερά) είναι μία ψαρόβαρκα, τουλάχιστον ως προς το ράμφος του. Τα πόδια του με τη νηκτική μεμβράνη είναι μία άλλη προσαρμογή, αν και όχι κατάλληλη για την κολώνα που κάθεται. Η νυχτερίδα (κάτω δεξιά) έχει μικρά μάτια, μεγάλα αυτιά, κυνόδοντες και πτητικές μεμβράνες (τα μάτια δεν φαίνονται). Πετά τη νύκτα. Βλέπει στο σκοτάδι; Λάβε υπόψη σου τα μεγάλα αυτιά της. Γνωρίζετε την περίεργη προσαρμογή που δίνει στη νυχτερίδα ένα σύστημα πλοηγήσεως άξιο της ηλεκτρονικής εποχής;*



Εικόνα 24-3 *Η συμπεριφορά αυτή μιας αναπτυσσόμενης ρίζας ονομάζεται τροπισμός. Παρακολουθήστε τα στάδια του πειράματος. Δείχνουν ότι η βαρύτητα επιδρά στη ρίζα του φασολιού. Η προσαρμογή είναι ο γεωτροπισμός.*

Συμπεριφορά φυτών και ζώων

24-4
Μερικές κινήσεις φυτών ονομάζονται τροπισμοί

Τα φυτά αντιδρούν προς το περιβάλλον τους. Η αντίδραση στροφής προς ένα ερέθισμα ή αντιθέτως προς αυτό ονομάζεται τροπισμός. Στο κεφάλαιο 21 μάθατε για τις αυξίνες, συμπεριλαμβανομένων των αυξινών που καθορίζουν τη στροφή του φυτού προς το φως. Εκτός από το φως και άλλοι παράγοντες, όπως η βαρύτητα ή οι χημικές ουσίες του περιβάλλοντος, η υγρασία και η θερμοκρασία επιδρούν στην ανάπτυξη του φυτού και τη συμπεριφορά του.

Η αντίδραση στη βαρύτητα ονομάζεται γεωτροπισμός. Διάφορα τμήματα του φυτού αντιδρούν κατά διαφορετικό τρόπο στη βαρύτητα. Όπως παρατηρείτε στην περίπτωση ενός νεαρού φυτού, για παράδειγμα, το ριζίδιο συνήθως αναπτύσσεται προς το κέντρο της γης (βλ. εικόνα 24-3). Η ρίζα είναι θετικώς γεωτροπική. Αντίθετα ο νεαρός βλαστός συνήθως αναπτύσσεται προς την αντίθετη κατεύθυνση, μακριά από την έλξη της βαρύτητας. Ο βλαστός έχει αρνητικό γεωτροπισμό. Για περισσότερες λεπτομέρειες επί του γεωτροπισμού και άλλων κινήσεων των φυτών διαβάστε στο παράρτημα 24-4, Μία εξήγηση των τροπισμών και των άλλων κινήσεων των φυτών, σελίδα 737.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 24-Α. Πώς η βαρύτητα επιδρά στα φυτά; Σελίδα 676.

24-5
Ποιοι είναι οι διάφοροι τύποι συμπεριφοράς των ζώων;

Υπό την ευρεία έννοια θεωρείται ότι η συμπεριφορά είναι ενστικτώδης ή προέρχεται από διδαχή. Ενστικτώδης συμπεριφορά θεωρείται ότι είναι κληρονομική ή γενετικώς προσδιοριζόμενη. Γενικότερα αναφέρεται ως ενδογενής συμπεριφορά, που σημαίνει εγγενής. Είναι ένα πρότυπο συμπεριφοράς, έτοιμο να λειτουργήσει κατά την εκκόλαψη ή γέννηση του οργανισμού. Περιβαλλοντικές επιδράσεις μπορούν να πυροδοτήσουν την εγγενή συμπεριφορά, αλλά δεν μπορούν να την ερμηνεύσουν. Ούτε διδαχή μπορεί να την εξηγήσει, αφού δεν υπάρχει προηγούμενη εμπειρία. Για παράδειγμα, η γατούλα στην εικόνα 24-4 κάθεται σε μία επιφάνεια με τετράγωνα και κοιτάζει προς μία κάμψη και κλίση της επιφάνειας προς τα κάτω. Η κλίση δεν είναι πραγματική, γιατί καλύπτεται από μία γυάλινη επιφάνεια. Παρόλα αυτά η γατούλα δεν επιχειρεί να περπατήσει στη γυάλινη επιφάνεια. Ειδικά αυτή η γατούλα δεν είχε



Εικόνα 24-4 *Η σιαμέζα αυτή γατούλα δεν έχει ποτέ πέσει ούτε την έχουν ποτέ ρίξει κάτω από ψηλά. Δεν έχει καμιά εμπειρία ύψους. Η κλίση που βλέπετε εδώ είναι μόνο οπτική. Μία επιφάνεια γυαλιού δημιουργεί πάτωμα για τη γατούλα. Εντούτοις η γατούλα διστάζει. Τέτοια πειράματα χρησιμοποιούνται, για να προσδιορίσουν, αν η συμπεριφορά είναι ενδογενής ή προϊόν διδαχής.*

προηγούμενη πείρα από υψομετρικές διαφορές και πτώσεις. Η αντίδρασή της καταχωρείται ως ενδογενής αντίδραση στο οπτικό ερέθισμα.

Η συμπεριφορά διδαχής περιλαμβάνει όλες αυτές τις αντιδράσεις, που ένας οργανισμός αναπτύσσει ως αποτέλεσμα των περιβαλλοντικών εμπειριών του. Ζώα με καλώς ανεπτυγμένο νευρικό σύστημα μπορούν να διδαχθούν να συμπεριφέρονται με νέους τρόπους. Η συμπεριφορά διδαχής ποικίλλει από απλές αλλαγές, που μεταβάλλουν ενδογενή συμπεριφορά κατωτέρων ζώων, έως σύνθετη συμπεριφορά διδαχής, όπως η χρήση ενός μικροσκοπίου ή η οδήγηση ενός αυτοκινήτου.

Συχνά, ακόμη και σε ανώτερα ζώα, είναι δύσκολο να γνωρίζετε αν η παρατηρούμενη συμπεριφορά είναι ενδογενής ή από διδαχή. Για παράδειγμα, διδάσκεται μία σαλαμάνδρα να κολυμπά, όταν φθάσει σε συγκεκριμένο στάδιο αναπτύξεως; Σε ερωτήσεις του είδους αυτού μπορούν να δοθούν απαντήσεις μόνο με καλώς σχεδιασμένα πειράματα.

Σε ένα πείραμα, για την ερώτηση αυτή, μία ομάδα από σαλαμάνδρες αναισθητοποιήθηκαν σε ηλικία πριν από εκείνη στην οποία φυσιολογικά αρχίζουν οι κινήσεις κολυμβήσεως. Η ομάδα - μάρτυρας στην αρχή έκανε ασθενείς προσπάθειες κολυμβήσεως, σαν να μάθαινε, και κατόπιν κολύμβησε κανονικά. Όταν επιτράπηκε στις πειραματικές σαλαμάνδρες να ανακάμψουν από την αναισθησία, οι σαλαμάνδρες άρχισαν να κολυμβούν αμέσως. Το πείραμα αυτό έδειξε ότι ώριμες κινήσεις κολυμβήσεως στο είδος αυτό της σαλαμάνδρας παρατηρούνται φυσιολογικά σε ένα ορισμένο στάδιο αναπτύξεως. Η ικανότητα των ζώων αυτών να κολυμβούν είναι ενδογενής. Τα ζώα δεν έχουν ανάγκη να διδαχθούν.

Εντούτοις η εγγενής συμπεριφορά μπορεί να αλλάξει με διδαχή. Μία σειρά από πειράματα με φρύνους δείχνει πως η διδαχή μπορεί να αλλάξει τη συμπεριφορά ενός σπονδυλωτού ζώου. Οι φρύνοι είναι φυσικοί κυνηγοί εντόμων ενός είδους του γένους *Έραξ*, που τα καταπίνουν με μία κίνηση της γλώσσας τους. Εντούτοις υπάρχει ένα άλλο είδος εντόμων, ενός είδους του γένους *Βόμβους*, που μοιάζει με τα προηγούμενα από άποψη μεγέθους, σχήματος και χρώματος. Όταν έντομα του γένους *Βόμβους* δόθηκαν για πρώτη φορά σε φρύνο, ο φρύνος έβγαζε τη γλώσσα του, για να τα συλλάβει, όπως έκανε και με τα έντομα του γένους *Έραξ*. Τα έντομα όμως του γένους *Βόμβους* κέντριζαν τη γλώσσα του φρύνου και διέφευγαν. Στο μεταξύ ο φρύνος έσκυβε το κεφάλι, ανοιγόκλεινε τα μάτια και κράταγε τη γλώσσα του έξω. Όταν ξεπέρασε ο φρύνος την εμπειρία αυτή, δεν ξαναπροσπάθησε να συλλάβει έντομα του γένους *Έραξ*. Εξακολουθούσε όμως να βγάζει τη γλώσσα του έξω, για να συλλαμβάνει άλλα είδη εντόμων. Ο φρύνος αυτός άλλαζε την ενδογενή του συμπεριφορά σχετικά με τη σύλληψη εντόμων με τη γλώσσα. Δεν την χρησιμοποιεί πλέον, για

να συλλάβει έντομα, που μοιάζουν με αυτά του γένους *Βόμβους*.

Για πολλά χρόνια οι επιστήμονες είχαν ασχοληθεί με την πιθανότητα ορισμένο είδος συμπεριφοράς να είναι εγγενής ή από διδαχή. Σήμερα όμως γνωρίζουν ότι δεν είναι εξ ολοκλήρου ούτε το ένα ούτε άλλο. Πιθανώς υπάρχουν στοιχεία, και κληρονομικά και διδαχής, σε πολλά πρότυπα συμπεριφοράς, που παλαιότερα θεωρούνταν ότι ήταν μόνο κληρονομικά ή μόνο διδαχής.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 24-Β. Συμπεριφέρονται με λογική τα παραμήκυα; Σελίδα 677.

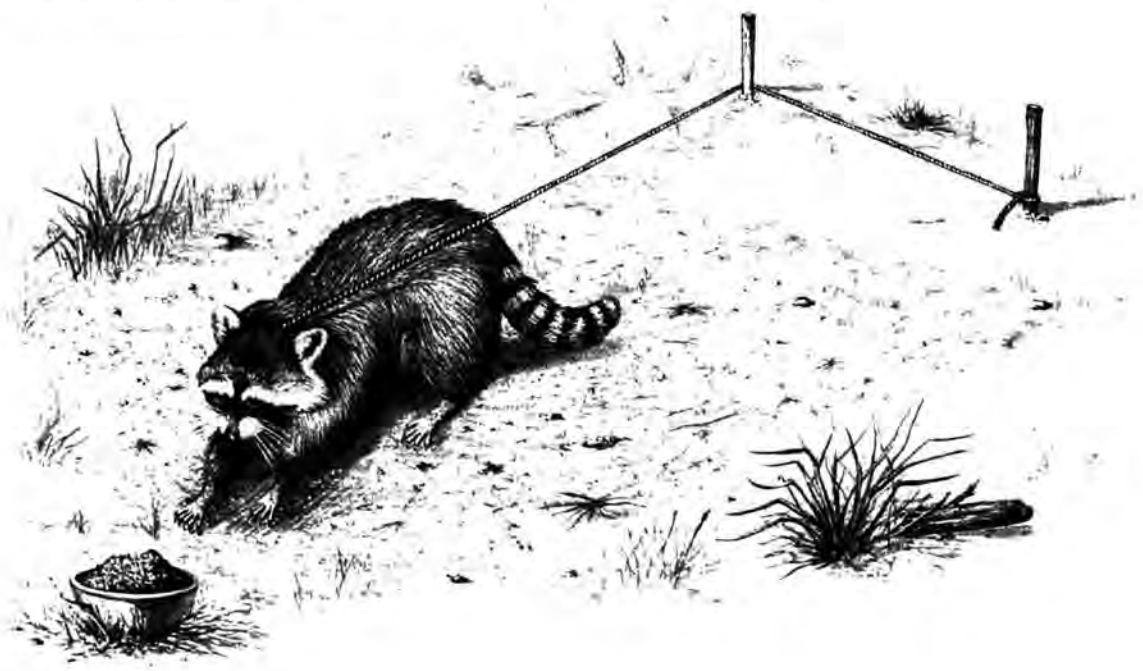
24-6
Η νόηση είναι η πιο σύνθετη λειτουργία συμπεριφοράς

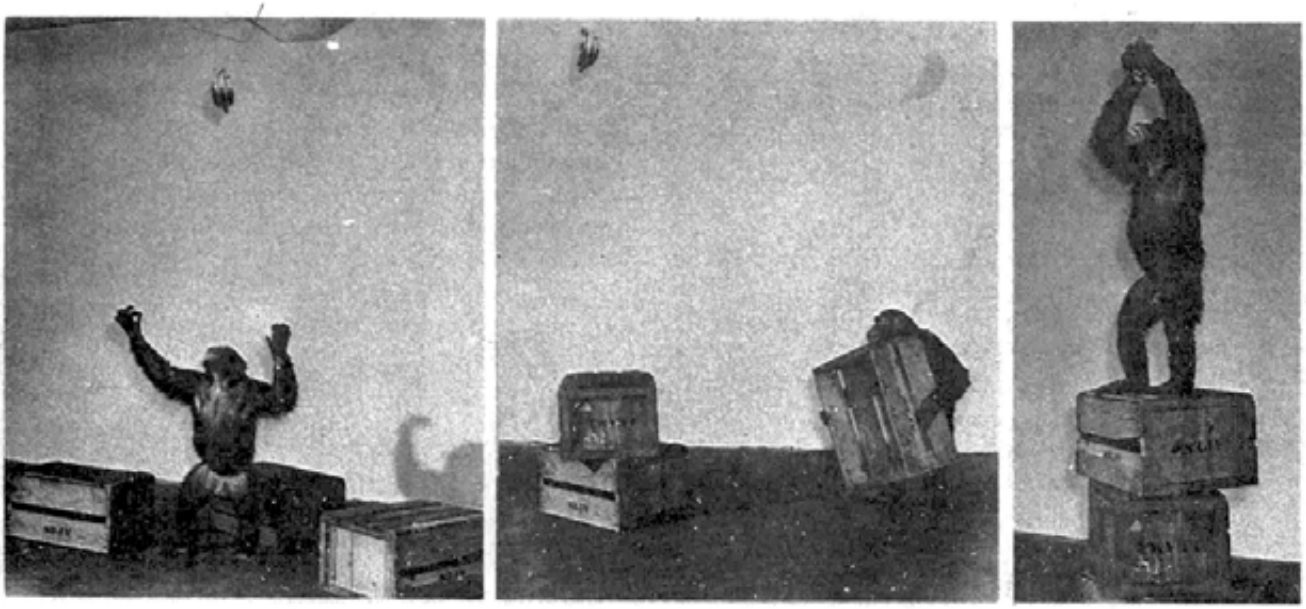
Τα ανθρώπινα όντα είναι ικανά να αναπτύσσουν έννοιες, να αντιμετωπίζουν αφηρημένα θέματα και να λύνουν προβλήματα που αναφέρονται σε νέες καταστάσεις. Οι ικανότητες αυτές αναγνωρίζονται ως μέρος της ανθρώπινης δυνάμεως της νοήσεως. Υπάρχουν άλλα ζώα, εκτός από τον άνθρωπο, που έχουν ικανότητα νοήσεως; Η νοητική ικανότητα των ζώων μπορεί να μελετηθεί πειραματικά με τα «προβλήματα παρακάμψεως». Σε ένα τέτοιο πρόβλημα ένα ζώο πρέπει να μην ακολουθήσει τον απευθείας δρόμο, για να φθάσει στο αντικείμενο που θέλει. Το ζώο πρέπει πρώτα να απομακρυνθεί από το αντικείμενο που θέλει, για να φθάσει τελικώς σε αυτό (εικόνα 24-5).

Σε πειράματα παρακάμψεως η σπουδαία ερώτηση είναι: Το ζώο χρησιμοποιεί λογική ή απλώς «δοκιμή – και – λάθος» μέθοδο, για να λύσει το πρόβλημα; Από τα πολλά ζώα που δοκιμάσθηκαν σε τέτοιου είδους πειράματα μόνο οι πίθηκοι και οι χιμπαντζήδες ήταν σε θέση να λύσουν το πρόβλημα γρήγορα χωρίς πολλές προσπάθειες του τύπου «δοκιμή – και – λάθος». Οι αρουραίοι, οι σκύλοι και τα ρακούν (*Προκύων λύτορ*) μάθαιναν πώς να κάνουν την παράκαμψη, αλλά φαίνονταν ότι χρησιμοποιούσαν γι' αυτό τη μέθοδο «δοκιμή – και – λάθος» και όχι λογική. Για περισσότερα σχετικά με μάθηση χρησιμοποιώντας τη μέθοδο «δοκιμή – και – λάθος» βλέπε Παράρτημα 24-Β, Εγγενής συμπεριφορά, σελίδα 738.

Οι χιμπαντζήδες και οι πίθηκοι δείχνουν

Εικόνα 24-5 *Μία παράκαμψη είναι αναγκαία για το ρακούν αυτό, για να φθάσει την τροφή του. Το πείραμα αυτό παρέχει πληροφορίες για αντιδράσεις τύπου «δοκιμή – και – λάθος» και τύπου λογικής αντιδράσεως.*





Εικόνα 24-6 *Τρεις φωτογραφίες από κινηματογραφική ταινία για ένα χιμπαντζή, ένα κλαδί με μπανάνες πολύ ψηλά για να το φθάσει και μερικά άδεια κιβώτια. Ο χιμπαντζής συλλαμβάνει το πρόβλημα (αριστερά), στοιβάζει τα κιβώτια (κέντρο) και φθάνει τις μπανάνες (δεξιά).*

επίσης ικανότητα να λύνουν ακόμη δυσκολότερα προβλήματα. Σε μία κλασική επίδειξη ικανότητας νοήσεως μία μπανάνα κρεμιέται με τρόπο, που να μην μπορεί να τη φθάσει ο χιμπαντζής. Δεν υπάρχει τρόπος να φθάσει τη μπανάνα με πήδημα. Αρκετά όμως κιβώτια στην κλούβα μπορούν να επιτρέψουν στο χιμπαντζή να φθάσει τη μπανάνα, αρκεί να στοιβαχθούν με κατάλληλο τρόπο. Στην εικόνα 24-6 μπορείτε να δείτε πώς ένας χιμπαντζής έλυσε το πρόβλημα.

Σε κάθε πείραμα διδαχής δεν είναι πάντοτε εύκολο να αποφασίσει κανείς κατά πόσο το πρόβλημα έχει λυθεί. Η λύση ήταν διά της νοήσεως ή διά της εφαρμογής κάποιας προηγούμενης εμπειρίας. Η λογική προχωρεί πέραν των επιπτώσεων επισσωρευμένων εμπειριών. Πώς μπορεί να διακρίνει κανείς πειραματικά μεταξύ νοήσεως, εμπειρίας και διαδικασίας του τύπου «δοκιμή – και – λάθος»;

Απαντήσεις στις ερωτήσεις αυτές βρίσκονται στην καρδιά της ενθουσιώδους έρευνας στον τομέα της συμπεριφοράς. Ο τρόπος διδαχής του ανθρώπου και των άλλων ζώων αποτελεί ένα σπουδαίο μέρος της επιστημονικής έρευνας. Το πείραμα με το χιμπαντζή, για παράδειγμα, και πολλά πειράματα, όπως αυτό, δείχνουν επανειλημμένως ότι οι χιμπαντζήδες είναι νοήμονα ζώα. Παρόλα αυτά όλες οι προσπάθειες να τους διδάξουν να ομιλούν απέτυχαν! Οι χιμπαντζήδες δεν έχουν όργανα ομιλίας. Όταν χρησιμοποιείται γλώσσα συμβόλων, και οι χιμπαντζήδες και οι γορίλες άρχιζαν να εισέρχονται σε γεμάτες νόημα συζητήσεις με τους εκπαιδευτές τους.

Η ικανότητα επικοινωνίας, όπως φαίνεται πλέον, δεν υπάρχει μόνο στον άνθρωπο. Συνεχής έρευνα θα βοηθήσει στην αύξηση της γνώσεως για τις σύνθετες νοητικές λειτουργίες. Προφανώς μοιραζόμαστε τις ιδιότητες αυτές σε διάφορους βαθμούς με άλλα ζώα. Αυτά βρίσκονται σε αρμονία με την ιδέα ότι το νευρικό σύστημα και οι διανοητικές λειτουργίες αναπτύχθηκαν εξελικτικά, όπως και όλα τα άλλα συστήματα οργάνων που έχομε.

24-7
Εντύπωση, εθισμός και εξάρτηση

Ένα περιορισμένο είδος διδαχής είναι γνωστό ως εντύπωση. Παράδειγμα γι' αυτό είναι η διαδικασία, με την οποία νεοεκκολαπτόμενα πτηνά μαθαίνουν να ακολουθούν τη μητέρα τους. Στην αρχή οι επιστήμονες νόμιζαν

ότι οι νεοσσοί ακολουθούν ενστικτωδώς τη μητέρα τους. Πειράματα για τον πειραματικό έλεγχο της ιδέας αυτής έγιναν από τον Κόνραντ Λόρεντζ, ένα Αυστριακό ζωολόγο. Όταν ο Λόρεντζ συμπεριφερόταν ως μητέρα-χήνα, περπατώντας με μικρά βήματα και μιμούμενος τη φωνή της χήνας εμπρός σε νεοεκκολαφθέντα χηνάκια, που δεν είχαν δει ποτέ τη μητέρα τους, τα χηνάκια τον ακολουθούσαν διαρκώς από πίσω. Όταν αργότερα τους δόθηκε η ευκαιρία να ακολουθήσουν τη μητέρα τους ή άλλα πτηνά, εξακολουθούσαν να ακολουθούν τον Λόρεντζ (εικόνα 24-7). Δεν «αναγνώριζαν» τη μητέρα τους. Τα χηνάκια προφανώς διδάχθηκαν να ακολουθούν το πρώτο πράγμα που είδαν να κινείται και να βγάζει ήχους όπως μία χήνα.

Για την ακρίβεια, πιο εκτεταμένη έρευνα έδειξε ότι τα χηνάκια ακολουθούσαν και ένα μεγάλο χρωματισμένο κιβώτιο, από όπου ακουγότανε το τικ-τακ ενός ρολογιού, που ήταν κρυμμένο μέσα, αν το κιβώτιο ήταν το πρώτο πράγμα που παρατηρούσαν. Όταν το κιβώτιο το τραβούσε κάποιος μπροστά τους με ένα σύρμα, τα χηνάκια ακολουθούσαν. Αργότερα, όταν η μητέρα τους παρευρισκόταν, τα χηνάκια εξακολουθούσαν να ακολουθούν το κιβώτιο και όχι τη μητέρα τους.

Η εντύπωση είναι μία ασυνήθης μορφή διδαχής. Μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο σε μία πολύ περιορισμένη χρονική περίοδο. Τα πειράματα αυτά έδειξαν ότι η έλξη, που έδειχναν τα νεαρά χηνάκια για τη μητέρα τους, δεν ήταν ενστικτώδης. Τα χηνάκια μαθαίνουν να ακολουθούν τη μητέρα τους, γιατί αυτή είναι συνήθως το πρώτο κινούμενο πράγμα που βλέπουν.

Ένα άλλο είδος απλής διδαχής μπορεί να

Εικόνα 24-7 *Ο Κόνραντ Λόρεντζ, «μητέρα» για τα χηνάκια που τον ακολουθούν διαρκώς. Οι γκρίζες χήνες εντυπώνονται εύκολα τις κινήσεις του πρώτου κινούμενου αντικειμένου που θα δουν και γι' αυτό ειδική φροντίδα πρέπει να λαμβάνεται, όταν τις μεταφέρουν από τον επωαστήρα στο κλουβί τους με τις άλλες χήνες. Ο άνθρωπος που τις μεταφέρει πρέπει να είναι προσεκτικός να μην τον δουν.*



ονομασθεί συμπεριφορά συντονισμού ή εθισμός. Αν ένα ζώο εκτεθεί σε ένα ερέθισμα πάρα πολλές φορές, μπορεί βαθμιαία να μειώσει ή να απωλέσει το βαθμό αντιδράσεώς του στο ερέθισμα αυτό. Για παράδειγμα, ένας σκύλος αντιδρά στον ήχο ενός αεροπλάνου που περνά από πάνω και γυρίζει το κεφάλι του. Αν τα αεροπλάνα εξακολουθούν να πετούν διαρκώς από πάνω του, το ζώο μπορεί να μάθει να μη δίνει προσοχή στον ήχο. Τέτοιου είδους αντιδράσεις θεωρούνται ως διδαχή μη αντιδράσεως σε ένα ερέθισμα, που έχει μικρή σημασία για το ζώο.

Μία πιο περίπλοκη μορφή διδαχής είναι γνωστή ως εξάρτηση. Η ρύθμιση παρατηρείται, όταν τα πρότυπα ενός ενδογενούς αντανακλαστικού αλλάζουν. Στις αρχές της δεκαετίας 1900-1910 ο Ρώσος φυσιολόγος Ιβάν Παυλώφ έκανε μία πρωτοποριακή εργασία στο θέμα των εξαρτημένων αντανακλαστικών. Τα πιο περίφημα πειράματα του Παυλώφ αφορούσαν το ενδογενές ανακλαστικό της σιελόρροιας, που δημιουργείται στο σκύλο, όταν τοποθετείται τροφή στο στόμα του. Το αντανακλαστικό αυτό εξηγείται ως εξής: Μία ώση από τους γευστικούς υποδοχείς της γλώσσας μεταφέρεται μέσω των νευρώνων στον εγκέφαλο και επιστρέφει στους σιελογόνους αδένες, με αποτέλεσμα την έκκριση σιέλου. Γι' αυτό αμέσως μετά την τοποθέτηση τροφής στο στόμα του σκύλου, ο σκύλος έχει σιελόρροια.

Ο Παυλώφ έδειξε πρώτα ότι, όταν κτυπούσε μία μικρή καμπάνα, ο σκύλος δεν παρήγε σίελο. Κατόπιν η καμπάνα κτυπούσε, όταν παρουσιαζόταν κρέας στο σκύλο. Ο σκύλος έβγαζε σίελο. Το σύγχρονο κτύπημα της καμπάνας και της παρουσίας κρέατος επαναλαμβάνονταν πολλές φορές. Μετά από αρκετές επαναλήψεις εμφανιζόταν μία αλλαγή στη συμπεριφορά του σκύλου όσον αφορά το αντανακλαστικό αυτό. Τελικά ο σκύλος έβγαζε σίελο, όταν άκουγε την καμπάνα, ακόμη και αν δεν του παρουσίαζαν τροφή. Ο Παυλώφ κατέληξε στο συμπέρασμα ότι είχε δημιουργηθεί ένα νέο αντανακλαστικό. Κάποια αλλαγή είχε γίνει στη διαδρομή του νευρώνα μεταξύ των υποδοχέων στα αυτιά, στον εγκέφαλο και στους σιελογόνους αδένες του σκύλου.

Ο Παυλώφ έκανε και πολλά άλλα πειράματα με τα εξαρτημένα αντανακλαστικά. Δημιουργούσε στους σκύλους εξαρτήσεις από φως, ηλεκτρικές εκκενώσεις, ήχο μετρονόμου και από πολλά άλλα ερεθίσματα. Η εργασία του Παυλώφ έγινε τόσο γνωστή, ώστε μεγάλο μέρος της συμπεριφοράς εξηγείτο την εποχή εκείνη ως αποτέλεσμα αντανακλαστικών και εξαρτήσεως. Σήμερα έχει γίνει κατανοητό ότι η συμπεριφορά είναι πολύ πιο περίπλοκη. Θυμηθείτε ότι η εξαρτημένη αντίδραση σε ένα ερέθισμα υποκαθίσταται από άλλη. Ένα ζώο μαθαίνει να αντιδρά σε ένα ερέθισμα με τον ίδιο τρόπο, που αντιδρούσε στο πρώτο ερέθισμα.

Οι πειραματιστές έχουν προσπαθήσει να αναπτύξουν εξαρτημένα αντανακλαστικά σε πολλά άλλα είδη ζώων. Ένα από τα πιο ενδιαφέροντα πειράματα έγινε με πλανάριες. Στις αρχές του 1950 δύο βιολόγοι ανέπτυξαν εξαρτημένη αντίδραση σε πλανάριες. Πρώτα έριχναν ένα ισχυρό φως σε μία πλανάρια. Λίγα δευτερόλεπτα αργότερα της έδιναν ένα ασθενές ηλεκτρικό ερέθισμα. Η φυσιολογική αντίδραση στο ηλεκτρικό ερέθισμα ήταν η συστολή. Η αλληλουχία φωτεινού και ηλεκτρικού ερεθίσματος επαναλήφθηκε 100 φορές. Γρήγορα η αντίδραση στο φωτεινό ερέθισμα ήταν περίπου η ίδια, όπως και στο ηλεκτρικό ερέθισμα. Η αλληλουχία δείχνεται στην εικόνα 24-8. Μία «εκπαιδευμένη» πλανάρια παρουσιάζει στις 23 από τις 25 φορές που θα της δοθεί φωτεινό ερέθισμα αντίδραση ηλεκτρικού ερεθίσματος. Το μάθημα όμως ξεχνιέται εύκολα, εκτός αν «επανεκπαιδεύεται» περιοδικά.

Σε πειράματα που έγιναν αργότερα, πλανάριες εκπαιδευμένες στο εξαρτημένο αντανακλαστικό κόπηκαν στη μέση. Κάθε ήμισυ αφέθηκε να αναπτυχθεί. Το ήμισυ της ουράς ανέπτυξε κεφαλή και το ήμισυ της κεφαλής ανέπτυξε ουρά. Οι αναγεννηθείσες πλανάριες υποβλήθηκαν στο πείραμα φωτεινό ηλεκτρικό ερέθισμα. Βρέθηκε ότι και οι δύο τύποι της πλανάριας, αυτός που προέκυψε από ήμισυ κεφαλής και αυτός που προέκυψε από ήμισυ ουράς αντιδρούσαν στο εξαρτημένο αντανακλαστικό πιο γρήγορα από όσο πλανάριες, που εκθέτονταν σε αυτό για πρώτη φορά. Προφανώς κάτι είχε συμβεί στις πλανάριες και σε εκείνες που προέκυψαν από ήμισυ κεφαλής και σε εκείνες που προέκυψαν από



Εικόνα 24-8 *Πείραμα εξαρτημένων αντανακλαστικών με μία πλανάρια. Ως αποτέλεσμα της εξαρτήσεως η πλανάρια τελικώς αντιδρά στο φως, όπως θα αντιδρούσε σε ηλεκτρική εκκένωση.*

ήμισυ ουράς, που επέτρεπε την ταχύτερη προσαρμογή τους στο εξαρτημένο αντανακλαστικό.

Ένα κάπως ανώτερο επίπεδο διδαχής είναι η διδαχή τύπου «δοκιμή – και – λάθος». Μερικοί βιολόγοι προτιμούν να ονομάζουν αυτό διδαχή τύπου «δοκιμή – και – επιτυχία». Ένα ζώο που αντιμετωπίζει δύο ή περισσότερες αντιδράσεις μπορεί τελικά να διδαχθεί να προτιμά μία, για την οποία δίνεται μία ανταμοιβή. Άλλες αντιδράσεις μπορεί να οδηγούν σε τιμωρίες. Πολλοί οργανισμοί μαθαίνουν μετά από πολλές δοκιμές να κάνουν τη «σωστή» επιλογή.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Είναι δύσκολο να προσδιορισθεί, αν μία παρατηρούμενη συμπεριφορά είναι προϊόν διδαχής ή είναι ενδογενής. Χρειάζονται καλοσχεδιασμένα πειράματα για την πρόσκτηση περισσοτέρων δεδομένων στα θέματα αυτά. Η συμπεριφορά των περισσοτέρων οργανισμών είναι και ενδογενής και προϊόν διδαχής. Η πλέον σύνθετη διαδικασία συμπεριφοράς είναι η νόηση. Η ικανότητα λογικής είναι ενδογενής. Η ανάπτυξή της και η χρήση της χρειάζονται διδαχή.

Η διδαχή μπορεί να προέρχεται από εντύπωση, εθισμό, εξάρτηση ή πλέον σύνθετες διαδικασίες. Μερικές από τις μορφές αυτές διδαχής δεν παρατηρούνται μόνο στους ανθρώπους αλλά και σε πολύ απλούστερους ασπόνδυλους οργανισμούς.

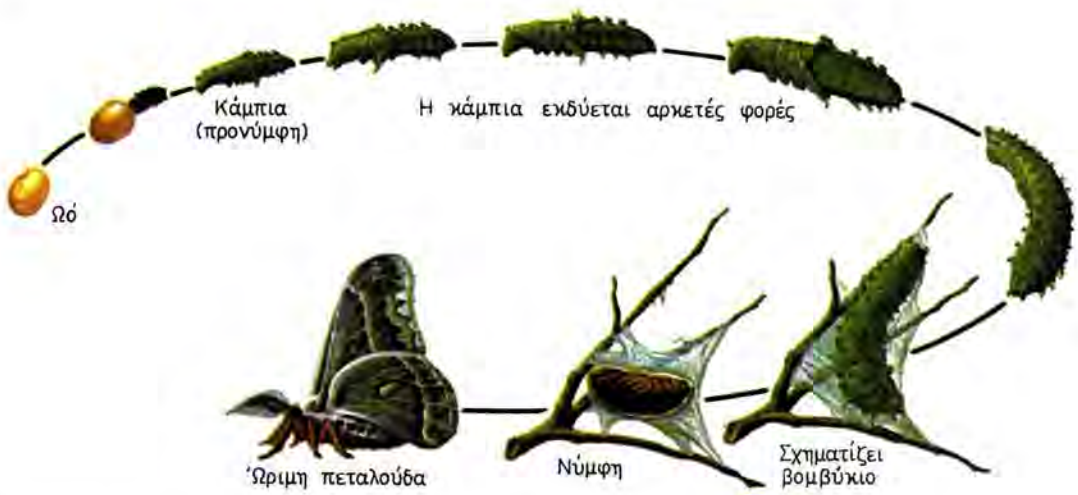
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Τι είναι τροπισμός;
2. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ ενδογενούς συμπεριφοράς και συμπεριφοράς διδαχής;
3. Είναι δυνατό τα συμπεράσματα από το πείραμα κολυμβήσεως με τις σαλαμάνδρες να μεταφερθούν και σε άλλα ζώα;
4. Τι ενδείξεις δίνει το πείραμα με τους φρύνους και τα δύο είδη εντόμων για την ικανότητα του φρύνου να μαθαίνει ή για την αλλαγή ενδογενούς συμπεριφοράς;
5. Πώς μπορείτε να προσδιορίσετε, αν ζώα άλλα εκτός από τον άνθρωπο έχουν νόηση;

Οι βιολογικές βάσεις της συμπεριφοράς

24-8
Η συμπεριφορά επηρεάζεται και από ενδογενή και από εξωγενή ερεθίσματα

Σήμερα η μελέτη της συμπεριφοράς των ζώων περιλαμβάνει θέματα, που ποικίλλουν από τις ζωικές λειτουργίες ενός ατόμου έως τον τρόπο επικοινωνίας με άλλα ζώα του είδους του. Το τελευταίο, που ονομάζεται κοινωνική συμπεριφορά, είναι το θέμα του επόμενου κεφαλαίου. Αλλά το περιβάλλον παίζει ρόλο ακόμη και στη συμπεριφορά του ζώου. Σχεδόν πάντοτε συνεργάζονται ενδογε-



Εικόνα 24-9 *Ο κύκλος ζωής της πεταλούδας Κεκρόπια, ή αμερικανικού μεταξοσκώληκα. Ένα ωό αναπτύσσεται σε μικρή κάμπια σε 10 ημέρες. Η κάμπια, ή προνύμφη, τρώει φύλλα, εκδύεται τέσσερις φορές και αναπτύσσεται σε μήκος 10 εκατοστών σε λίγες εβδομάδες. Κατόπιν κλώθει ένα βομβύκιο γύρω της και η νύμφη αναπτύσσεται μέσα στο βομβύκιο. Η ώριμη πεταλούδα εξέρχεται την άνοιξη.*

νή και εξωγενή ερεθίσματα.

Η μελέτη του τρόπου, που ο αμερικανικός μεταξοσκώληκας, η πεταλούδα *Κεκρόπια*, κατασκευάζει το βομβύκιό (κουκούλι) του, δείχνει πώς εξωγενή και ενδογενή ερεθίσματα συνεργάζονται για τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς ενός οργανισμού. Οι επιστήμονες παρατήρησαν ότι κατά το στάδιο της προνύμφης ο μεταξοσκώληκας κλώθει περίπου δύο χιλιόμετρα κλωστή στο βομβύκιο. Το βομβύκιο καταγράφει την ικανότητα του ζώου να κλώθει. Η εικόνα 24-9 δείχνει τον κύκλο ζωής του ζώου.

Η προνύμφη (κάμπια) κλώθει το βομβύκιο στο τέλος του καλοκαιριού. Η ώριμη πεταλούδα βγαίνει από το βομβύκιο την επόμενη άνοιξη. Το βομβύκιο της *Κεκρόπια* έχει δύο παχέα στρώματα. Μοιάζουν με σακούλες η μία μέσα στην άλλη με ένα μικρό άνοιγμα στο ανώτερο άκρο κάθε σακούλας. Τα ανοίγματα αυτά χρησιμεύουν ως θύρες εξόδου για την ώριμη πεταλούδα. Μεταξύ των δύο στρωμάτων του βομβυκίου υπάρχει ένα χαλαρό δίκτυο μεταξωτής κλωστής. Η κατασκευή αυτή του βομβυκίου απομονώνει το ζώο από το εξωτερικό περιβάλλον και επιτρέπει την επιβίωση κατά τη διάρκεια ενός κρύου χειμώνα.

Καθώς οι προνύμφες του μεταξοσκώληκα δεν έχουν την ευκαιρία να μάθουν πώς να κλώθουν ένα βομβύκιο, η συμπεριφορά, η σχετική με τον τρόπο που κλώθουν το βομβύκιο, πρέπει να κληρονομείται. Τι εκκινεί και ρυθμίζει τη συμπεριφορά για το κλώσιμο του βομβυκίου;

Οι επιστήμονες έχουν μελετήσει και συγκρίνει τον αμερικανικό μεταξοσκώληκα με ένα άλλο είδος μεταξοσκώληκα, το είδος που χρησιμοποιείται για την εμπορική παραγωγή μεταξιού. Ο εμπορικός μεταξοσκώληκας συνήθως κλώθει ένα βομβύκιο με μία μόνο σακούλα. Οι βιολόγοι όμως έχουν βρει μία μεταλλαγμένη μορφή του εμπορικού μεταξοσκώληκα, που κλώθει βομβύκιο με διπλή σακούλα, όπως και η *Κεκρόπια*. Πειράματα γενετικής αναλύσεως με το μεταλλαγμένο μεταξοσκώληκα έδειξαν ότι η κλώση ρυθμίζεται από ένα απλό επικρατή χαρακτήρα.

Προσδιορίζεται, λοιπόν, μόνο από γονίδια η συμπεριφορά κλώσεως βομβυκίου; Η δυσκολία να δοθεί απάντηση σ' αυτό το ερώτημα προέρχεται από το γεγονός ότι η ικανότητα διδαχής και προσκτήσεως νέων προτύπων συμπεριφοράς προσδιορίζεται επίσης από γονίδια. Για την ακρίβεια, όλα τα είδη προτύπων συμπεριφοράς έχουν ορισμένους γενετικούς παράγοντες.

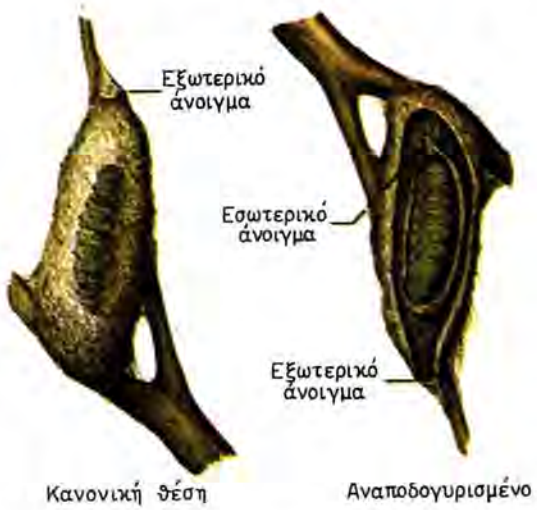
Οι βιολόγοι αναρωτιώνται, γιατί ο μεταξοσκώληκας κλώθει το βομβύκιο σ' ένα συγκεκριμένο χρόνο. Βρέθηκε ότι κατά τη διάρκεια του σταδίου της προνύμφης ο οργανισμός χάνει το δέρμα του, ή υφίσταται έκδυση, αρκετές φορές. Πριν από κάθε έκδυση η προνύμφη εκκρίνει μικρή ποσότητα μεταξιού. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται κάθε φορά που το ζώο υφίσταται έκδυση. Εντούτοις πριν από την τελευταία έκδυση η κάμπια σχηματίζει το βομβύκιο.

Σε άλλα πειράματα οι βιολόγοι ανακάλυψαν ότι ένα ζεύγος αδένων, που υπάρχει στην κεφαλή του ζώου, ρυθμίζει την κλώση του βομβυκίου. Αν οι αδένες αυτοί αφαιρεθούν χειρουργικώς στην αρχή του σταδίου της προνύμφης, η προνύμφη θα κλώσει ένα μικρό βομβύκιο μετά την επόμενη έκδυση αντί να εκκρίνει τη μικρή ποσότητα μεταξιού. Από πειράματα, όπως αυτό, έχει δημιουργηθεί η υπόθεση ότι ορμόνες από τους αδένες αυτούς παύουν να εκκρίνονται μετά την τελευταία έκδυση και τότε αρχίζει η κλώση του βομβυκίου. Καινούργια πειράματα υποστήριξαν την υπόθεση αυτή. Όπως βλέπετε, οι ορμόνες είναι σπουδαίες για τη συμπεριφορά του εντόμου.

Οι επιστήμονες έχουν μελετήσει επίσης τις εξωτερικές επιδράσεις στη συμπεριφορά της κάμπιας. Τι θα συμβεί, αν ο οργανισμός αναποδογυρίσει, αφού έχει ήδη κλώσει την εξωτερική σακούλα με το άνοιγμα στην κορυφή, αλλά προτού αρχίσει να κλώθει την εσωτερική; Αν στη νέα αυτή θέση το ζώο κλώσει την εσωτερική σακούλα με το άνοιγμα πάλι προς τα επάνω, θα παγιδευθεί. Αντίθετα, αν ο μεταξοσκώληκας πάρει το μήνυμα ότι τώρα βρίσκεται ανάποδα, θα κάνει το άνοιγμα προς το κάτω μέρος. Σε πειράματα που έγιναν παρατηρήθηκε ότι τα ζώα κλώθουν την εσωτερική σακούλα του βομβυκίου με το άνοιγμα προς τα επάνω. Αποτέλεσμα είναι ότι οι δύο σακούλες έχουν ανοίγματα σε αντίθετες διευθύνσεις, όπως φαίνεται στην εικόνα 24-10. Τα πειράματα υποδεικνύουν ότι τα ζώα χρησιμοποιούν τη βαρύτητα ως περιβαλλοντική πληροφορία. Τέτοια πειράματα δείχνουν τη σημασία των εξωτερικών ερεθισμάτων στη μελέτη της συμπεριφοράς.

Σε μία άλλη ομάδα πειραμάτων, οι κάμπιες τοποθετήθηκαν μέσα σε φουσκωμένα μπαλόνια, καθώς ήταν έτοιμες να κλώσουν το βομβύκιο. Στα πειράματα αυτά οι κάμπιες άπλωσαν το μετάξι τους στην εσωτερική επιφάνεια των μπαλονιών. Προφανώς δεν ήταν σε θέση να κλώσουν βομβύκιο. Αν έβγαζαν τις κάμπιες έξω από τα μπαλόνια, αφού είχαν κλώσει περίπου το ήμισυ του μεταξιού τους, έκλωθαν μόνο την πυκνή εσωτερική σακούλα του βομβυκίου. Φαίνεται ότι η εσωτερική σακούλα αρχίζει μόνο, αφού ένα ορισμένο μέρος του μεταξιού έχει εκκριθεί. Η κάμπια πρέπει να έχει κάποιες μετρήσεις της ποσότητας μεταξιού που εκκρίνει. Φαίνεται ότι το ζώο αλλάζει συμπεριφορά από το κλώσιμο της εξωτερικής σακούλας στο κλώσιμο της εσωτερικής σύμφωνα προς εσωτερικό ερέθισμα της ποσότητας του μεταξιού που έχει εκκριθεί.

Σε μία συνεχιζόμενη σειρά πειραμάτων έχει βρεθεί ότι η συμπεριφορά κλώσεως βομβυκίου παραμένει αναλλοίωτη, ακόμη και όταν μεγάλα τμήματα του εγκεφάλου έχουν αφαι-



Εικόνα 24-10 *Το κανονικό βομβύκιο της Κεκρόπια (αριστερά) έχει μία εσωτερική και μία εξωτερική σακούλα με εισόδους, που και οι δύο στρέφονται προς τα επάνω. Τα ανοίγματα αυτά σχηματίζουν έξοδο για τη ώριμη πεταλούδα. Σε ένα πείραμα, το βομβύκιο αναποδογυρίσθηκε, μόλις τελείωσε η εξωτερική σακούλα. Παρά το ότι το άνοιγμα της εσωτερικής σακούλας βρισκόταν τώρα προς τα κάτω, η κάμπια έκλωσε την εσωτερική σακούλα με το άνοιγμα προς τα επάνω (δεξιά). Τι νομίζετε ότι συνέβηκε στην πεταλούδα;*

ρεθεί. Η αφαίρεση όμως άλλων πολύ μικρών περιοχών του εγκεφάλου απολήγει στο σχηματισμό παραδόξων βομβυκίων. Σε μία περίπτωση, για παράδειγμα, το ζώο που είχε υποστεί την εγκεφαλική βλάβη δημιούργησε ένα επίπεδο σεντόνι από μετάξι καλύπτοντας το πάτωμα του κλουβιού του αντί να κλώσει ένα βομβύκιο.

Πολλές μελέτες, όπως αυτές με διαφορετικά ζώα, δείχνουν τη σημασία των εξωτερικών ερεθισμάτων για τη συμπεριφορά των ζώων. Γενικά τα πειράματα δείχνουν ότι η συμπεριφορά δεν καθορίζεται μόνο από το εξωτερικό περιβάλλον, αλλά ελέγχεται και από εσωτερικά ερεθίσματα. Ίσως τώρα καταλαβαίνετε, γιατί η μελέτη της συμπεριφοράς των ζώων είναι δύσκολη αλλά ενδιαφέρουσα. Θα χρειασθεί εργασία στους τομείς της εξελίξεως της γενετικής και της φυσιολογίας για τη συλλογή δεδομένων για καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς των ζώων.

24-9
Εξωτερικά και εσωτερικά ερεθίσματα αλληλοεπιδρούν στα σπονδυλωτά ζώα

Η σύνθετη ενστικτώδης συμπεριφορά εξαρτάται συχνά από τη φυσιολογία του ζώου. Για παράδειγμα, οι χαρακτηριστικές ερωτοτροπίες και αναπαραγωγική συμπεριφορά των πτηνών και των ψαριών εξαρτώνται από την ποσότητα ορισμένων ορμονών στους οργανισμούς. Οι ποσότητες των ορμονών, με τη σειρά τους, μπορεί να εξαρτώνται από εξωτερικούς παράγοντες, όπως το μήκος της ημέρας.

Οι ερωτοτροπίες και η αναπαραγωγική συμπεριφορά του ιχθύος *Γαστερόστεος ακουελάτους* έχει μελετηθεί πολύ ως ένα παράδειγμα της αλληλοεπιδράσεως μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών ερεθισμάτων. Νωρίς την άνοιξη αναπαραγωγικές ορμόνες αλλάζουν την εμφάνιση και τη συμπεριφορά του *Γ. ακουελάτους*. Οι ορμόνες πυροδοτούν ολόκληρη αλληλουχία ερωτοτροπιών ζευγαρώματος στον ιχθύ αυτό. Τα άρρενα άτομα κινούνται προς τα ζεστά αβαθή νερά της λίμνης και επιλέγουν την περιοχή αναπαραγωγής. Φυσικές αλλαγές, όπως το ερυθρό χρώμα της κοιλιακής περιοχής των αρρένων, αποτελούν ερέθισμα για τα θήλεα άτομα. Η όλη αλληλουχία συμπεριφοράς ζευγαρώματος φαίνεται στην εικόνα 24-11.

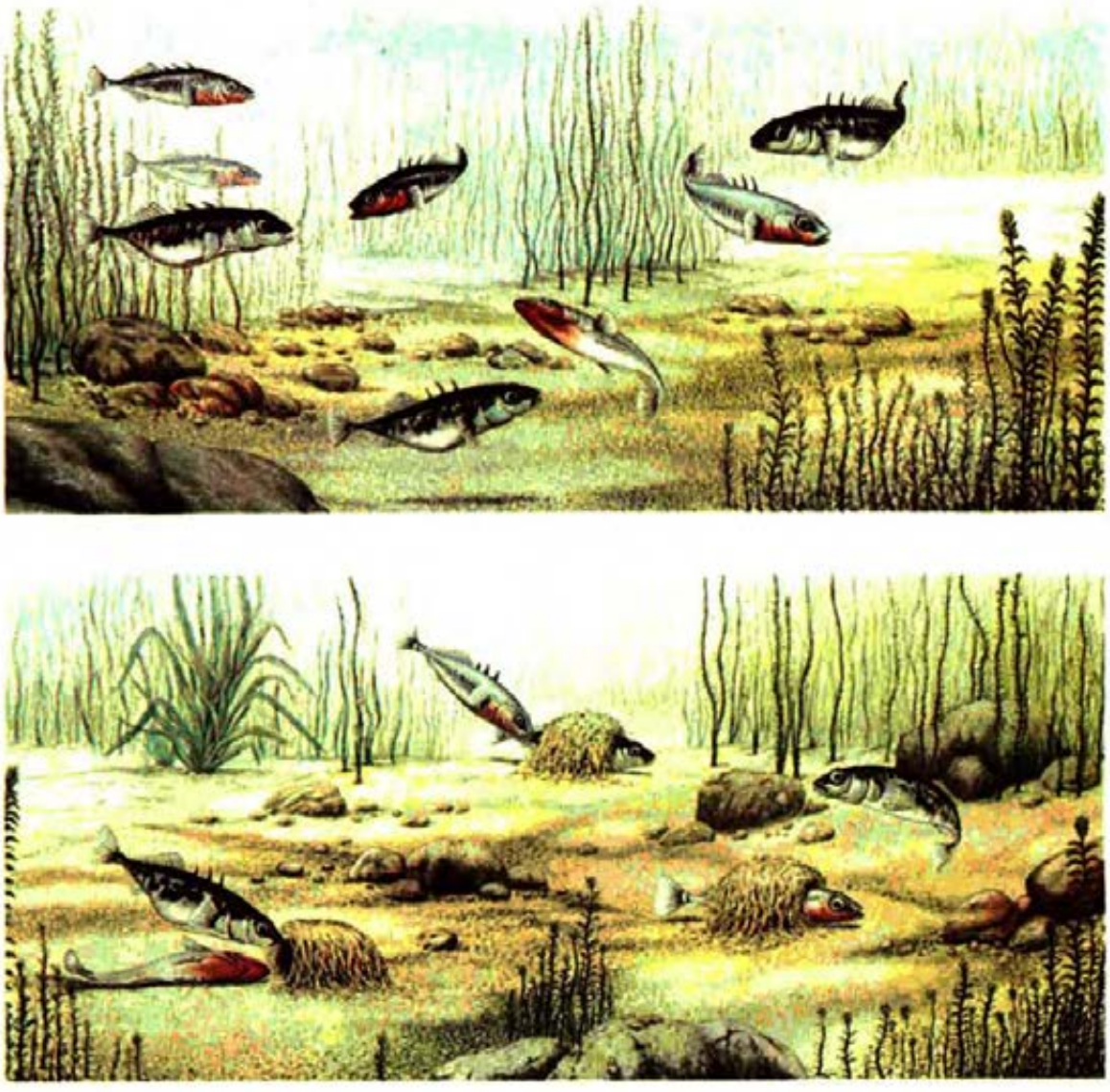
Πειράματα έχουν δείξει ορισμένα είδη συμπεριφοράς του ιχθύος αυτού, που παρατηρούνται ως αντίδραση σε ειδικά ερεθίσματα. Για παράδειγμα, τα άρρενα άτομα του είδους *Γ. ακουελάτους* αμύνονται της περιοχής τους εναντίον άλλων αρρένων του ίδιου είδους. Το άρρεν θα αμυνθεί της φωλιάς του εναντίον ακόμη και ψεύτικου ιχθύ οποιουδήποτε σχήματος, αρκεί αυτό να έχει ερυθρό χρώμα στην περιοχή της κοιλιάς. Αντίθετα, αν τοποθετηθεί ένας ψεύτικος ιχθύς χωρίς ερυθρή κοιλιά, το άρρεν άτομο δεν δείχνει επιθετική συμπεριφορά. Το ειδικό εξωτερικό ερέθισμα της ερυθρής κοιλιάς φαίνεται ότι πυροδοτεί την επιθετική συμπεριφορά του άρρενος ατόμου.

Ένα άλλο παράδειγμα του τρόπου, με τον οποίο ένα εξειδικευμένο ερέθισμα προκαλεί ενστικτώδη συμπεριφορά, εμφανίζεται στους γλάρους. Νεαροί γλάροι, στη φωλιά, αναζητούν τροφή όταν τους δείξουν ψεύτικες κεφαλές γλάρων. Η ένταση των αντιδράσεων των νεαρών γλάρων εξαρτάται μερικώς από το σχήμα του ράμφους και μερικώς από την παρουσία μιας έγχρωμης κηλίδας στο ράμφος. Αν δεν υπάρχει καθόλου κηλίδα, οι αντιδράσεις είναι ασθενείς.

Η μελέτη των εσωτερικών και των εξωτερικών ερεθισμάτων στην ενστικτώδη συμπεριφορά ορισμένων σπονδυλωτών ζώων έχει τεράστιο ενδιαφέρον για τους βιολόγους. Η ενστικτώδης συμπεριφορά, αν και δεν προέρχεται από διδαχή και αφορά μόνο ένα ειδικό είδος, δεν είναι τόσο άκαμπτη και αναλλοίωτη όσο νόμιζαν παλαιότερα. Συχνά παρατηρούνται αλλαγές. Οι αλλαγές αυτές στη φύση και στην ένταση των αντιδράσεων εξαρτώνται από εξωτερικά ερεθίσματα και από την εσωτερική κατάσταση του ζώου. Όταν ένα ορισμένο πρότυπο αντιδράσεως παρατηρείται, συχνά οι βιολόγοι συμπεραίνουν ότι έχει μεγάλη αξία για την επιβίωση του είδους.

24-10
Ποιους γενικούς κανόνες πρέπει να ακολουθεί η μελέτη της συμπεριφοράς του ανθρώπου;

Η μελέτη της συμπεριφοράς γίνεται όλο και πιο περίπλοκη, καθώς ο ερευνητής ανέρχεται



Εικόνα 24-11 *Η τελετή ζευγαρώματος και η αναπαραγωγική συμπεριφορά του είδους Γαστερόστεος ακουελάτους.*

την εξελικτική κλίμακα. Πρότυπα συμπεριφοράς που είναι ενστικτώδη ή ενδογενή αποτελούν όλο και μικρότερο μέρος της συνολικής υπό παρατήρηση συμπεριφοράς. Από άποψη γονιδίων και περιβάλλοντος οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις επί της διδαχής αυξάνουν. Όταν φθάσομε στα ανθρώπινα όντα, η μελέτη αναφέρεται στο ανώτερο επίπεδο ενσυνείδητης συμπεριφοράς. Τα ανθρώπινα υποκείμενα συχνά εκφράζουν την άποψη ότι προσδιορίζουν τη συμπεριφορά τους. Αυτό σημαίνει ότι τα ανθρώπινα όντα είναι ελεύθερα από την εξελικτική και γενετική κληρονομιά τους;

Γνωρίζετε ήδη ότι αυτό δεν μπορεί να αληθεύει. Το μεγαλύτερο τμήμα του ανθρώπινου σώματος ελέγχεται και συντονίζεται ανεξαρτήτως της βουλήσεως του ανθρώπου. Τα άτομα ανοιγοκλείνουν τα μάτια τους, κοκκινίζουν, αναπνέουν, χωνεύουν την τροφή τους και ανατριχιάζουν χωρίς τη βούλησή τους· υπάρχουν εκατοντάδες άλλα παρόμοια παραδείγματα. Παρά το ότι η διδαχή παίζει ένα μεγαλύτερο ρόλο στα ανθρώπινα όντα από ό,τι στα άλλα ζώα, δεν υπάρχει λόγος να

Βιολογία Περιληπτικά

Βιορυθμοί

Είσθε άνθρωπος της ημέρας ή είσθε άνθρωπος της νύκτας; Η χημεία του σώματός σας εργάζεται καλύτερα, αν πέσετε νωρίς στο κρεβάτι και σηκωθείτε νωρίς; Ή, θα προτιμούσατε να μείνετε ξάγρυπνος μέχρι τα μεσάνυκτα και να ξυπνήσετε αργά το πρωί;

Οι επιστήμονες ερευνούν τώρα αυτές και άλλες ερωτήσεις, που συνδέονται με τους βιολογικούς ρυθμούς. Τα άνθη ανοίγουν, τα πτηνά μεταναστεύουν, τα φύλλα αλλάζουν χρώμα σε περιόδους που συνδέονται με το σχετικό μήκος της ημέρας και της νύκτας (περίοδος του έτους). Η θερμοκρασία του σώματος, η πίεση του αίματος, η αναπνοή, ο σφυγμός, η ενζυμική ενεργότητα, οι ορμονικές εκκρίσεις, ακόμη και η κυτταρική διαίρεση μεταβάλλονται με ημερήσιους ρυθμούς. Οι ρυθμοί αυτοί ονομάζονται κιρκαδικοί ρυθμοί από τα λατινικά circa diem, που σημαίνει «γύρω από μία ημέρα».

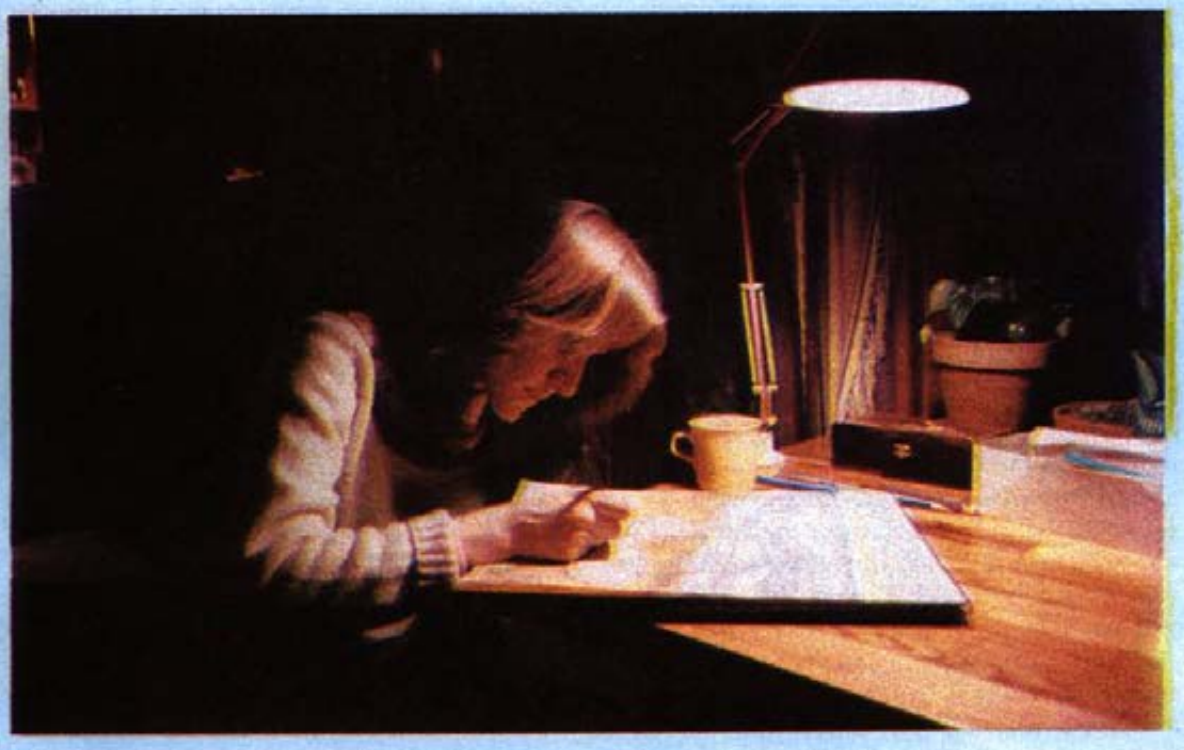
Πολλοί επιστήμονες έχουν την πεποίθηση ότι οι ενδείξεις υποδεικνύουν την ύπαρξη εσωτερικών βιολογικών «ρολογιών» σε διάφορους οργανισμούς. Κανένα από τα ρολόγια αυτά δεν έχει κατανοηθεί πλήρως. Πολλοί ρυθμοί επηρεάζονται από αλλαγές του τρόπου ζωής, όπως βραδυνή βάρδια και αεροπορικά ταξίδια μεταξύ περιοχών, που ανήκουν σε διαφορετικές ζώνες χρόνου. Άλλοι ρυθμοί συνεχίζουν αναλλοίωτοι ακόμη και όταν αλλάζουν οι συνθήκες. Μερικοί έχουν διατηρηθεί κατά τη διάρκεια πειραμάτων, όπου άνθρωποι ζούσαν επί μήνες χωρίς φως, μη γνωρίζοντας αν ήταν ημέρα ή νύκτα.

Τα αποτελέσματα των μελετών για τους βιορυθμούς δοκιμάζονται για πρακτική εφαρμογή τους. Για παράδειγμα, φαίνεται ότι υπάρχουν ώρες της ημέρας, στις οποίες τα φάρμακα αποδίδουν καλύτερα. Η κατανομή των σφυγμών του αρρώστου, της πιέσεως του αίματός του και των άλλων σωματικών δραστηριοτήτων του μπορούν να βοηθήσουν στον προσδιορισμό του χρόνου κατά τον οποίο η μικρότερη δόση ενός φαρμάκου έχει τη μεγαλύτερη επίδραση.

Μία ιαπωνική εταιρεία σιδηροδρόμων έχει προσδιορίσει τα βιορυθμικά

πιστεύομε ότι η ανθρώπινη συμπεριφορά είναι ανεξάρτητη των εξελικτικών και γενετικών επιδράσεων.

Η σπουδαιότητα της τάσεως προς επιβίωση είναι εύκολο να χρησιμοποιηθεί και ως υπόθεση για την εξήγηση ορισμένων παραδειγμάτων ανθρώπινης συμπεριφοράς. Αλλά ο άνθρωπος, καθώς είναι το πιο περίπλοκο είδος από απόψεως συμπεριφοράς, είναι συγχρόνως και το πιο δύσκολο είδος για να το ερμηνεύσει κανείς. Η συμπεριφορά του είναι γεμάτη από ασυνέπεια. Τον περισσότερο χρόνο δεν υπάρχει πρόβλημα επιβιώσεως. Ακόμη και όταν υπάρχει, ο άνθρωπος είναι δυνατόν



πρότυπα 500 μηχανικών τρένων και τα έχει εισαγάγει σε ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή. Οι περίοδοι «ανεβασμένης» και «κατεβασμένης» αποδόσεως και συμπεριφοράς προβλέπονται από τον υπολογιστή. Τα ποσοστά ατυχημάτων μειώθηκαν κατά 50% στον πρώτο χρόνο, που οι μηχανικοί ειδοποιούνταν για τις «κακές ημέρες» τους, τις οποίες προσδιόριζε ο υπολογιστής.

Άλλες μελέτες έδωσαν αντιτιθέμενα αποτελέσματα εν σχέσει με αυτά των ιαπωνικών σιδηροδρόμων. Ένας αριθμός ελεγχομένων πειραμάτων έδωσε ενδείξεις ότι βιορυθμικές προβλέψεις, τουλάχιστον όπως γίνονται σήμερα, είναι άνευ περιεχομένου. Τα πειράματα αυτά δείχνουν ότι, όταν οι άνθρωποι δεν ειδοποιούνται για τις «κακές ημέρες» τους, οι υπολογισμοί του ηλεκτρονικού υπολογιστή δεν συμφωνούν με τον πραγματικό ρυθμό ατυχημάτων. Η αξία της εμπειρίας των ιαπωνικών σιδηροδρόμων περιορίζεται ίσως στο γεγονός ότι η εταιρεία απασχολήθηκε προσωπικώς με κάθε μηχανικό της και τόνισε επανειλημμένως κατά τη διάρκεια προσωπικών επαφών θέματα ασφαλείας.

Φαίνεται ότι ακόμη οι βιολογικοί ρυθμοί δεν έχουν κατανοηθεί αρκετά, ώστε να είναι δυνατόν να εξαχθούν συμπεράσματα. Αλλά ίσως συναντήσετε στο μέλλον και άλλες μελέτες σχετικά με τους βιορυθμούς.

να προσαρμόζεται τη μία φορά και να επαναστατεί ή να μάχεται την άλλη. Η προσαρμογή για τους ανθρώπους, όπως και για άλλα ζώα, συνδέεται με την επιβίωση. Μερικές φορές όμως η προσαρμογή είναι πιο εύκολο να γίνει αποδεκτή για την επιβίωση του ατόμου ενός συνόλου παρά για την επιβίωση του συνόλου (συμπεριλαμβανόμενου και του ατόμου). Επαναστατικές πολιτικές ή κοινωνικές κινήσεις δίνουν τέτοια παραδείγματα. Κοινωνική αναταραχή, συγκρουόμενες αξίες και έλλειψη ανοχής διακρίνουν το ανθρώπινο είδος ως το μόνο είδος ζώων, όπου διάφορες ομάδες ή πληθυσμοί εμπλέκονται σε οργανωμένους πο-

λέμους. Πώς εμπλέκεται η επιβίωση του είδους στις περιπτώσεις αυτές και πώς η επιβίωση του ατόμου;

Τα ανθρώπινα όντα είναι οι μόνοι οργανισμοί, που μπορούν να σκέπτονται για το παρελθόν και το μέλλον του είδους τους. Εντούτοις η συμπεριφορά των ανθρώπων έχει βαθιές ρίζες στο εξελικτικό παρελθόν. Η ενημέρωση ότι οι δραστηριότητές τους προκαλούν αρνητικές επιπτώσεις για τους απογόνους τους στο μέλλον δημιουργεί όλο και περισσότερη αναταραχή. Αλλά η προϋπάρχουσα συμπεριφορά και δραστηριότητες συνεχίζονται. Οι πληθυσμοί, η χρησιμοποιούμενη ενέργεια, η βιομηχανοποίηση και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον συνεχίζουν να αυξάνουν. Πώς εμπλέκεται η επιβίωση του είδους κάτω από τις συνθήκες αυτές; Πώς εμπλέκεται για τους σύγχρονους ανθρώπους και πληθυσμούς;

Όλα τα είδη αντιμετωπίζουν διαρκώς το πρόβλημα προσαρμογής στις αλλαγές του περιβάλλοντος, αλλιώς εξαφανίζονται. Οι βιολόγοι αξιολογούν τις συνολικές επιπτώσεις της συμπεριφοράς και της εξελίξεως με τον τρόπο αυτό. Ένα είδος όμως δεν συμπεριφέρεται ή προσαρμόζεται ως σύνολο. Τα είδη αποτελούνται από άτομα του παρελθόντος, του παρόντος και του μέλλοντος. Μόνο ζωντανά άτομα εμπλέκονται σε θέμα επιβιώσεως και συμπεριφοράς, που συνδέεται με την επιβίωση. Ενδογενής αναπαραγωγική συμπεριφορά επιδρά στα άτομα αυτά, όπως στην περίπτωση του είδους *Γ. ακουελάτους* ή, πάλι, των ανθρωπίνων όντων. Προάγει την επιβίωση των ειδών σε σύγκριση με την επιβίωση των ατόμων.

Σε πολλούς πληθυσμούς και κοινωνίες ζώων η εγγενής συμπεριφορά παίζει πολύ μεγαλύτερο ρόλο από αυτόν που παίζει στις ανθρώπινες κοινωνίες όσον αφορά τον προσδιορισμό του ρόλου κάθε ατόμου. Θα διερευνήσετε μερικές από τις κοινωνίες αυτές των ζώων στο επόμενο κεφάλαιο.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συμπεριφορά είναι ενδογενής ή είναι προϊόν διδαχής, ή συνδυασμός και των δύο. Τα επίπεδα συμπεριφοράς συνδέονται προς την περιπλοκότητα ενός οργανισμού. Ενδογενή και εξωγενή ερεθίσματα συνεργάζονται διαρκώς. Και τα γονίδια και το περιβάλλον επιδρούν στη συμπεριφορά.

Μελέτη της κλώσεως του βομβυκίου από τους μεταξοσκώληκες, καθώς και η συμπεριφορά ζευγαρώματος του ιχθύ *Γ. ακουελάτους* προσφέρουν κατάλληλα παραδείγματα των μελετών συμπεριφοράς, που γίνονται από βιολόγους. Η ενδογενής συμπεριφορά, στα παραδείγματα αυτά, αντιπαρατίθεται προς την ποικιλότητα της συμπεριφοράς, που παρατηρείται στον άνθρωπο. Οι άνθρωποι έχουν επίσης ενδογενή συμπεριφορά. Εντούτοις το μεγαλύτερο μέρος της συμπεριφοράς τους οφείλεται σε διδαχή και δείχνει ασυνέπειες, όταν συγκρίνεται με ενδογενή πρότυπα συμπεριφοράς.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Κατά ποιο τρόπο η κλώση του βομβυκίου καταγράφει τη συμπεριφορά της *Κεκρόπια* ; Πώς προσδιορίζουν οι βιολόγοι, αν εμπλέκεται διδαχή ή λογική στην κλώση του βομβυκίου;
2. Αν τα γονίδια προσδιορίζουν την ενδογενή συμπεριφορά, τι προσδιορίζει τη διδαχή;
3. Πώς κατατάσσετε τη συμπεριφορά ζευγαρώματος και αναπαραγωγής των αρρένων ατόμων του είδους *Γαστερόστεος ακουελάτους;*
4. Πώς φαίνεται ότι η συμπεριφορά συνδέεται προς την εξέλιξη;
5. Γιατί η μελέτη της ανθρώπινης συμπεριφοράς αποκτά διαρκώς μεγαλύτερη σημασία;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑ ΣΗΜΕΙΑ

Η συμπεριφορά ενός οργανισμού είναι η ολική δραστηριότητα που προέρχεται από την αλληλοεπίδρασή του με το περιβάλλον. Οι τροπισμοί των φυτών δείχνουν την πολύ περιορισμένη δυνατότητα συμπεριφοράς των φυτών.

Ένας πολυκύτταρος οργανισμός είναι κάτι περισσότερο από μία μάζα εκατομμυρίων κυττάρων. Είναι ένα λειτουργικό σύνολο, που συμπεριφέρεται με ολοκληρωμένο τρόπο. Η συμπεριφορά επηρεάζεται και από τα εξωτερικά και από τα εσωτερικά ερεθίσματα. Το νευρικό σύστημα, οι ορμόνες και οι άλλες

χημικές ουσίες συνεργάζονται για τον έλεγχο της αντιδράσεως συμπεριφοράς ενός οργανισμού σε κάθε ερέθισμα. Η συμπεριφορά είναι ενδογενής (κληρονομική) ή προϊόν διδαχής. Είναι δύσκολο να διαχωρίσει κανείς τα στοιχεία της συμπεριφοράς διδαχής από την ενδογενή συμπεριφορά. Η ενδογενής συμπεριφορά ίσως να μην είναι τόσο άκαμπτη, όπως νομιζόταν κάποτε.

Η νόηση είναι το υψηλότερο επίπεδο δραστηριότητας συμπεριφοράς και χαρακτηρίζει έναν αριθμό ανωτέρων ζώων, συμπεριλαμβανομένων των ανθρώπων. Είναι περισσότερο ανεπτυγμένη στους ανθρώπους.

Η συμπεριφορά αποτελεί οπουδαίο στοιχείο εξελίξεως. Η συμπεριφορά προοδιορίζεται ή οφείλεται στη γενετική σύσταση του οργανισμού και προωθεί την επιβίωση ως κρίσιμο παράγοντα φυσικής εξελίξεως.

Κατανοούμε λιγότερο τη συμπεριφορά του ανθρώπου από τους περισσότερους άλλους οργανισμούς. Η ανθρώπινη συμπεριφορά δείχνει ασυνέπειες, μερικές από τις οποίες επιδρούν στην επιβίωση του είδους. Χρειάζεται ακόμη περισσότερη μελέτη των γενετικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων της ανθρώπινης συμπεριφοράς.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι είναι συμπεριφορά;
2. Δώστε παραδείγματα αλλαγών του περιβάλλοντος, που μπορούν να προκαλέσουν αντιδράσεις σε οργανισμούς.
3. Πώς συνδέεται η συμπεριφορά με την επιβίωση ενός οργανισμού;
4. Πώς συνδέεται η συμπεριφορά με την επιβίωση ενός είδους;
5. Πώς οι τροπισμοί των φυτών αντικατοπτρίζουν αντιδράσεις που συνδέονται με την επιβίωση;
6. Τι είναι ενδογενής συμπεριφορά; Ποια πλεονεκτήματα προσφέρουν στους οργανισμούς τα ενδογενή πρότυπα συμπεριφοράς; Δώστε παραδείγματα.
7. Πώς αποδεικνύεται η δυνατότητα διδαχής από τα εξηρτημένα αντανακλαστικά;
8. Πώς βεβαίωσαν τα πειράματα ότι η κλώση του βομβυκίου από την προνύμφη της *Κεκρόπια* είναι ενδογενής ή ενστικτώδης;
9. Ποιο είναι το κύριο χαρακτηριστικό ενός επιδρομέα, που προκαλεί μαχητική αντίδραση στα άρρενα άτομα του είδους *Γ. ακουελάτους;*
10. Πώς η μελέτη της συμπεριφοράς των κατωτέρων ζώων χρησιμεύει για τη μελέτη της συμπεριφοράς του ανθρώπου;
11. Πώς εμπλέκεται η συμπεριφορά ως παράγοντας εξελίξεως των ζώων;
12. Πώς η συμπεριφορά αναπαραγωγής διαφέρει ως προς την αξία της για την επιβίωση από τις άλλες μορφές συμπεριφοράς;

ΑΡΘΡΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΒΑΣΜΑ

Eibl-Eibesfeldt, I. *Ethology: The Biology of Behavior.* New York, Holt, Rinehart and Winston, 1975.

Eisner, T., and E. O. Wilson. *Animal Behavior.* San Francisco, W. H. Freeman, 1975.

Kandel, E. R. *Cellular Basis of Behavior.* San Francisco, W. H. Freeman & Co., 1976.

Keeton, W. T. "The Mystery of Pigeon Homing." *Scientific American,* December, 1974.

McGill, T. E. *Readings in Animal Behavior.* New York, Holt, Rinehart and Winston, 1978.

Palmer, J. D. "Biological Clocks of the Tidal Zone." *Scientific American,* February, 1975.

Pooley, A. C., and C. Gans. "The Nile Crocodile." *Scientific American,* April, 1976.

Saunders, D. S. "The Biological Clock of Insects." *Scientific American,* February, 1976.

Οι Πληθυσμοί και οι Κοινωνίες των Ζώων

25



Το ποιος έφθασε πρώτος στην περιοχή έχει λιγότερη σημασία από την παρουσία απειλής. Οι αρκούδες έχουν αναπτύξει εξελικτικά κοινωνική συμπεριφορά, στην οποία απειλές είναι συνήθως αρκετές, για να προασπίσουν κυριαρχικά δικαιώματα σε περιοχές και κυριαρχικά δικαιώματα αλιείας.

Τα ζώα ζουν πλησίον ή μαζί με άλλα ζώα του ίδιου είδους. Μία ομάδα σε μία περιοχή είναι απλώς ένας αριθμός ατόμων; Ή, αντίθετα, είναι οργανωμένα με τρόπους, που οι βιολόγοι είναι δυνατόν να ανακαλύψουν με μελέτη της συμπεριφοράς τους;

Τα ζώα εξαρτώνται από άλλους οργανισμούς για τη διατροφή τους. Τα μέλη μιας ομάδας συνεργάζονται ή απλώς ανταγωνίζονται για την πρόσκτηση τροφής; Συνεργάζονται σε άλλες περιπτώσεις; Η αναπαραγωγή προφανώς απαιτεί συνεργασία. Τα άρρενα και τα θήλεα άτομα του είδους *Γαστερόστεος ακουελάτους*, για τα οποία διαβάσατε στο προηγούμενο κεφάλαιο, αλληλοεξαρτώνται ως προς την αναπαραγωγή. Είναι οργανωμένες κατά συγκεκριμένο τρόπο και οι άλλες δραστηριότητες της ζωής; Στο κεφάλαιο αυτό θα βρείτε ότι οι απαντήσεις διαφέρουν για διαφορετικά είδη.

Πληθυσμοί και οργάνωσή τους

25-1
Οι πληθυσμοί σχηματίζονται από όμοιους οργανισμούς

Ένας βιολόγος είναι δυνατό να υπογραμμίσει την αλληλοεξάρτηση όλων των εμβίων όντων τονίζοντας ότι ο παγκόσμιος πληθυσμός δεν είναι απλώς τέσσερα δισεκατομμύρια και πλέον άνθρωποι. Περιλαμβάνει όλους τους άλλους ζωντανούς οργανισμούς και το τελικό σύνολο γίνεται ένας αστρονομικός αριθμός. Πειραματικά όμως δεν γίνεται μελέτη όλων των πληθυσμών όλων των ζώων μαζί. Κατά συνθήκη, ο πληθυσμός ορίζεται ως το σύνολο των οργανισμών ενός μόνο είδους, που ζει τον ίδιο χρόνο στην ίδια περιοχή. Με τον τρόπο αυτό έχει ήδη χρησιμοποιηθεί σε προηγούμενα κεφάλαια. Το σύνολο που αποτελεί τον πληθυσμό μπορεί να υποδιαιρεθεί σε ώριμα και νεαρά άτομα. Ή, μπορεί να υποδιαιρεθεί σε άρρενα και θήλεα άτομα. Αλλά εκτός από τις περιπτώσεις, που προσδιορίζεται μία υποδιαίρεση, ως πληθυσμός θεωρείται το σύνολο των ατόμων που ζει σε καθοριζόμενη περιοχή. Άλλοι πληθυσμοί του ίδιου είδους μπορεί να υπάρχουν σε άλλες περιοχές.

Πολλοί πληθυσμοί ζώων αποτελούν μόνο ένα σύνολο με την έννοια του κοινού βιοτόπου τους. Δεν είναι συνυφασμένοι ή οργανωμένοι κατά κανένα τρόπο. Τουλάχιστον οι βιολόγοι δεν κατόρθωσαν να προσδιορίσουν ειδικές αλληλοεπιδράσεις, εκτός της περιπτώσεως αναπαραγωγής και συναγωνισμού για την τροφή. Στην περίπτωση των ζώων αυτών το γονιδιακό απόθεμα (ή, δεξαμενή γονιδίων) και η διακύμανση των γονιδίων αποτελούν τα μόνα σχεδόν χαρακτηριστικά του πληθυσμού. Πληθυσμοί του είδους αυτού παρατηρούνται μεταξύ ζώων που παράγουν και γονιμοποιούν ωάρια σε τεράστιους αριθμούς και κατόπιν τα εγκαταλείπουν. Οι σπόγγοι, πολλά έντομα, οι βάτραχοι (πείραμα 11-Β) και τα περισσότερα ψάρια φαίνεται ότι ταιριάζουν στην περιοχή αυτή, που εξακολουθεί όμως να είναι πολύ γενική, για να χρησιμεύσει ως κανόνας. Τι βλέπετε στην εικόνα 25-1, για παράδειγμα, που υποδεικνύει κάποιο είδος οργανώσεως ή συνεργασίας σε ένα από τα είδη ζώων που φαίνονται στην εικόνα αυτή;

Συνήθως εκείνο που μπορεί να παραλείψει να προσέξει κανείς, όταν ασχολείται με την πιθανή οργάνωση ενός πληθυσμού, είναι η



Εικόνα 25-1 *Οργανωμένες δραστηριότητες, που δείχνουν ύπαρξη συνεργασίας, αποτελούν ενδείξεις για ύπαρξη κοινωνίας ζώων. Στις φωτογραφίες αυτές παρουσιάζονται τρεις ομάδες ζώων: ιχθείς, σπόγγοι και μυρμήγκια. Μία από τις φωτογραφίες έχει αποτυπώσει ένα είδος συμπεριφοράς, που υποδεικνύει κοινωνική συνεργασία. Ποια είναι; Ποιο από τα τρία αυτά είδη ζώων θα διαλέγατε για να ερευνήσετε;*





ενδογενής ή ενστικτώδης συμπεριφορά. Τα ζώα δεν υπάρχει λόγος να είναι νοήμονα όντα, για να οργανώσουν τις δραστηριότητές τους. Περίπλοκα πρότυπα συμπεριφοράς μπορεί να διαβιβάζονται γενετικώς. Μερικά είδη μυρμηγκιών, για παράδειγμα, δεν παρουσιάζουν κατανομή εργασίας μόνο στην αποικία τους, αλλά διατηρούν αγέλες αφίδων. Τα μυρμήγκια τοποθετούν τις αφίδες σε χυμώδη φύλλα φυτών και «αρμέγουν» τις αφίδες, για να προσκτήσουν ένα μέρος των αποθεμάτων τροφής της αποικίας.

Πόσα γνωρίζετε για τους πληθυσμούς των εντόμων, των πτηνών και των άλλων δημιουργημάτων, των οποίων αντιπροσώπους συναντάτε συχνά στο δρόμο σας προς το σχολείο; Είναι οι δραστηριότητες των μεμονωμένων αυτών ατόμων τυχαίες; Ή είναι τμήμα ενός οργανωμένου συνόλου;

25-2
Οι κοινωνίες είναι οργανωμένοι πληθυσμοί

Ηγέτες, ακόλουθοι, άτομα που κάνουν διαφορετικές εργασίες και άλλα, που καθορίζουν ποιος προηγείται ή ποιος τρέφεται πρώτα, είναι ενδείξεις οργανωμένης και συνήθως συνεργατικής συμπεριφοράς σε ένα πληθυσμό. Αν οι ενδείξεις αυτές επιβεβαιώνονται από έρευνα, λέγεται ότι προσδιορίζουν μία κοινωνία ζώων.

Οι κοινωνίες είναι δυνατόν να έχουν χαλαρή ή πολύ σφικτή οργάνωση. Οι σκύλοι της γειτονιάς σας ίσως δεν μάχονται διαρκώς μεταξύ τους, αλλά ίσως έχουν δημιουργήσει κάποιο πλέγμα σχέσεων αρχίζοντας από την ύπαρξη ενός «σκύλου-αρχηγού», δηλαδή κάποιου που επικρατεί των άλλων. Ένας νέος σκύλος, που έρχεται στη γειτονιά ή προσαρ-



Εικόνα 25-2 *Οι βασιλικοί πιγκουίνοι συγκεντρώνονται, για να σχηματίσουν μία παροικία αναπαραγωγής. Κάθε ζεύγος πιγκουίνων, από ένα άρρεν και ένα θήλυ, επωάζουν μαζί ένα αυγό.*

μόζεται ή εμπλέκεται σε διαμάχες. Οι σκύλοι, όπως και οι λύκοι, οι άγριοι συγγενείς τους, έχουν πολλά χαρακτηριστικά συμπεριφοράς, που αποκαλύπτουν ιεραρχίες, επίπεδα εντός της κοινωνίας, όπου κάθε άτομο προσαρμόζεται. Παρατηρήστε τη συμπεριφορά των σκύλων που συναντάτε και που δεν έχουν διαμάχες και προσέξτε τις συγκεκριμένες πράξεις συμπεριφοράς που προδίδουν την υψηλότερη θέση ενός σκύλου σχετικώς με κάποιον άλλο.

Πολλές κοινωνίες ζώων είναι τόσο πολύ οργανωμένες, ώστε η επιβίωση του πληθυσμού εξαρτάται από πραγμάτωση της εργασίας καθενός ατόμου. Θα διαβάσετε περισσότερα γι' αυτές τις κοινωνίες, που έχουν συστήματα κοινωνικών τάξεων. Μία κοινωνική τάξη μυρμηγκιών - πολεμιστών διαφέρει από μία τάξη μυρμηγκιών - εργατών του ίδιου είδους.

Η συνεργασία, που επιτυγχάνεται με διάφορους τρόπους, αποτελεί μέρος όλων των κοινωνιών των ζώων. Μία ιεραρχία αντικαθιστά το διαρκή συναγωνισμό με σχέσεις επικρατήσεως, διά μέσου των οποίων συνεργάζονται τα άτομα της κοινωνίας. Ένα σύστημα κοινωνικών τάξεων υποδιαιρεί την εργασία ή τις λειτουργίες της κοινωνίας μεταξύ διαφόρων κοινωνικών τάξεων. Ποιες ομοιότητες ως προς την ανθρώπινη κοινωνία βλέπετε σ' αυτόν τον τρόπο της οργανώσεως;

Μπορείτε εύκολα να εντοπίσετε μία αναγκαιότητα για κάθε κοινωνία. Πρέπει να υπάρχει κάποια μέθοδος επικοινωνίας. Αλλιώς η συνεργασία δεν μπορεί να διατηρηθεί. Μία ιεραρχία δεν είναι δυνατόν να θεμελιωθεί χωρίς επικοινωνία. Ούτε οι τάξεις θα ήταν δυνατόν να συνεργασθούν αποδοτικά.

Ο χρόνος είναι δυνατόν να είναι ουσιαστικό στοιχείο για τις παρατηρήσεις που γίνονται σε μία κοινωνία. Ένα πρότυπο συμπεριφοράς που παρατηρείτε σε μία χρονική περίοδο είναι δυνατόν να μην είναι παρόν σε μία άλλη. Οι βασιλικοί πιγκουίνοι, για παράδειγμα, φωλιάζουν μόνο στις ακτές απομακρυσμένων νησιών κοντά στην Ανταρκτική, και μόνο ορισμένη περίοδο του έτους. Κάθε έτος,



Εικόνα 25-3 *Οι μοσχοφόροι μόσχοι, που φαίνονται σ' αυτό το σχέδιο και τα ελάφια καριμπού παρατάσσονται ακουμπώντας τους ώμους τους. Καμιά φορά σχηματίζουν και κύκλο γύρω από μία μεγάλη αγέλη, για να αντιμετωπίσουν την απειλή λύκων. Απροστάτευτα νεαρά άτομα και ηλικιωμένα ή απομονωμένα ώριμα άτομα αποτελούν εύκολους στόχους. Αλλά η αμυντική γραμμή εμποδίζει οργανωμένες επιθέσεις λύκων σε ένα άτομο. Το αποτέλεσμα της συνεργασίας αυτής των μοσχοφόρων μόσχων ή των ελαφιών καριμπού αντιμετωπίζει επιτυχώς τη συνεργασία μεταξύ των λύκων.*

κατά τη διάρκεια της περιόδου αναπαραγωγής, οι πιγκουίνοι συναθροίζονται στις ακτές αυτές και σχηματίζουν τεράστιες αποικίες αναπαραγωγής. Εδώ τα άρρενα και τα θήλεα άτομα εναλλάσσονται στην προστασία και θέρμανση των ωών τους (εικόνα 25-2) και στη φροντίδα των νεαρών ατόμων. Μακριά στο βόρειο ημισφαίριο, ένας παρατηρητής των μοσχοφόρων μόσχων και των ελαφριών καριμπού θα παρατηρούσε μία πολύ χαλαρή οργάνωση των αγελών κατά το μεγαλύτερο χρόνο. Μία ιεραρχία θα μπορούσε να προσδιορισθεί για ορισμένα τουλάχιστον ζώα. Αλλά στην περίπτωση κινδύνου από επιδρομείς η οργάνωση της αγέλης εξειδικεύεται. Τα άρρενα σχηματίζουν μία γραμμή (εικόνα 25-3) ή ακόμη και ένα δακτύλιο γύρω από την αγέλη. Τοποθετούνται ώμο με ώμο και στρέφονται προς τον κίνδυνο. Ακόμη και θήλεα μπορεί να βρίσκονται στη γραμμή, αναλόγως του αριθμού των παρόντων ατόμων, του παράγοντα «έκπληξη» όσον αφορά στο χρόνο της απειλής ή της επιθέσεως και της περιόδου του έτους όσον αφορά στην αναπαραγωγή.

Όταν μελετάτε πληθυσμούς, παρατηρείτε πολλά είδη κοινωνιών. Μερικές από τις κοινωνίες αυτές με ισχυρά κοινωνικά ένστικτα έχουν μελετηθεί σε βάθος, όπως θα διαβάσετε για τα έντομα πρώτα και κατόπιν για τα πτηνά και τα θηλαστικά.

25-3
Μέλισσες και άλλα είδη εντόμων

Σε πολλά από τα κοινωνικά έντομα, όπως στα μυρμήγκια, στους τερμίτες, στις σφήκες και στις μέλισσες παρουσιάζεται κατανομή

εργασίας, που συνοδεύεται ή προσδιορίζεται από σωματική κατασκευή, η οποία είναι προσαρμοσμένη σε εξειδικευμένη εργασία. Τα έντομα αυτά έχουν αποδοτικά συστήματα κοινωνικών τάξεων. Οι βιολόγοι έχουν ανακαλύψει ορισμένες ιδιότητες των κοινωνιών αυτών σε εκατοντάδες διαφορετικές μελέτες συμπεριφοράς.

Μεταξύ των τερμιτών, τα θήλεα που αναπαράγουν τα άτομα της κοινωνίας έχουν μεγεθυμένη κοιλιά. Οι εργάτες είναι στείρα άρρενα και θήλεα άτομα διαφόρων μεγεθών. Οι εργάτες κάνουν εργασίες ανάλογες με το μέγεθός τους. Συλλέγουν τροφή, κτίζουν και επιδιορθώνουν τη φωλιά ή περιποιούνται τα νεαρά άτομα. Οι στρατιώτες που αμύνονται της κοινωνίας είναι εφοδιασμένοι με ποικιλία αμυντικών και επιθετικών εξειδικευμένων οργάνων. Ο σκελετός τους ορισμένες φορές είναι ενισχυμένος και οι σιαγόνες τους μεγάλες και ισχυρές, προσαρμοσμένες σε θανατηφόρο δάγκωμα. Μερικοί στρατιώτες έχουν δυνατότητα εκλύσεως χημικών ουσιών, όπως τοξικού αερίου. Τέτοια κοινωνία δείχνει καθαρά τις διάφορες κοινωνικές τάξεις.

Η κοινωνία των μελισσών έχει τρεις τάξεις: τη βασίλισσα, τους κηφήνες και τις εργάτριες. Οι κηφήνες είναι υπεύθυνοι για την παραγωγή των απογόνων στην κοινωνία. Ένας κηφήνας προσφέρει το σπέρμα και η βασίλισσα τα ωάρια. Οι εργάτριες κάνουν όλες τις εργασίες στην κυψέλη. Συγκρίνετε τα σώματα της βασίλισσας, του κηφήνα και της εργάτριας στην εικόνα 25-4. Οι διαφορές μεταξύ της εξειδικευμένης κατασκευής της βασίλισσας και των εργατριών προσδιορίζεται από τη διατροφή και όχι από την κληρονομικότητα. Οι εργάτριες και η βασίλισσα αναπτύσσονται από θήλεις προνύμφες και οι κηφήνες από άρρενες προνύμφες. Κατά την ανάπτυξη οι εργάτριες και η βασίλισσα τρέφονται όλες με «βασιλικό πολτό» κατά τις τρεις πρώτες ημέρες. Μετά από αυτές συνήθως μόνο μία προνύμφη τρέφεται με βασιλικό πολτό. Είναι δυνατόν όμως να παραχθούν περισσότερες από μία βασίλισσες. Ακολουθεί μία μονομαχία θανάτου. Η μοναδική που επιβιώνει γίνεται η βασίλισσα της κυψέλης.

Οι εργάτριες μετά τις τρεις πρώτες ημέρες της αναπτύξεώς τους, παίρνουν μόνο «άρτο μέλισσας», που παρασκευάζεται από γύρι και μέλι, κατά τον υπόλοιπο χρόνο της αναπτύξεώς τους.



Εικόνα 25-4 *Άτομα τριών κοινωνικών τάξεων στις μέλισσες. Τι διαφορές βλέπετε μεταξύ των κοινωνικών τάξεων των μελισσών όσον αφορά τη δομή του σώματος;*

Και η βασίλισσα και οι κηφήνες έχουν αναπαραγωγικά όργανα, που καταλαμβάνουν μεγάλο μέρος των σωμάτων τους. Τα αναπαραγωγικά όργανα των κηφήνων είναι διευθετημένα κατά τέτοιο τρόπο, ώστε όλο το σπέρμα μπορεί στιγμιαίως να αποτεθεί στον αναπαραγωγικό αγωγό της βασίλισσας. Ο αναπαραγωγικός αγωγός της βασίλισσας είναι εξαιρετικά προσαρμοσμένος. Είναι μεγάλος αρκετά, για να υποδεχθεί και αποθηκεύσει αρκετό σπέρμα, που πήρε από ένα ή περισσότερα ζευγαρώματα, για όλη της τη ζωή. Ποιο πλεονέκτημα όσον αφορά στην

επιβίωση της κυψέλης βλέπετε να υπάρχει σε μία τέτοια προσαρμογή;

Ούτε η βασίλισσα ούτε ο κηφήνας ενδιαφέρονται για τη συλλογή ή την επεξεργασία τροφής. Όργανα που συνοδεύονται με τις λειτουργίες αυτές ή είναι υποανάπτυκτα ή δεν υπάρχουν. Το πεπτικό σύστημα είναι επίσης υποανάπτυκτο. Οι σιαγόνες, τα πόδια, οι τρίχες του σώματος δεν είναι εξειδικευμένες για συλλογή τροφής, όπως είναι στις εργάτριες. Επίσης τα αισθητήρια όργανα, ιδίως οι κεραίες της βασίλισσας, είναι μικρές. Εντούτοις τα αισθητήρια όργανα των κηφήνων είναι εξαιρετικώς ανεπτυγμένα. Ο κηφήνας πρέπει να συλλάβει τη βασίλισσα την ώρα που πετά, προκειμένου να ζευγαρώσει μαζί της. Γι' αυτό οι κηφήνες με καλά ανεπτυγμένα αισθητήρια όργανα, μακριές κεραίες και μακριά πτερά έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες να ζευγαρώσουν.

Οι εργάτριες συλλέγουν τροφή, παράγουν κερί, μεγαλώνουν και προστατεύουν τα νεαρά άτομα και φροντίζουν όλες τις εργασίες της κυψέλης. Ειδικές προσαρμογές του σώματος αυξάνουν την αποδοτικότητα της εργασίας στην κυψέλη και γι' αυτό αυξάνουν και την επιβίωση της κοινωνίας.

25-4
Κοινωνία μπαμπουίνων

Η κατανομή εργασίας σε πολλά σπονδυλωτά ζώα, συμπεριλαμβανόμενου και του ανθρώπου, δεν βασίζεται σε κοινωνικές τάξεις τόσο διαφορετικές, όπως στις μέλισσες. Μία επαναλαμβανόμενη κοινωνική δομή των σπονδυλωτών αποτελείται από υποδιαίρεση σε ώριμα άρρενα, ώριμα θήλεα, βρέφη και νεαρά άτομα. Γενικά τα μέλη των ομάδων αυτών δεν διαφέρουν σε φυσικά χαρακτηριστικά, με εξαίρεση το μέγεθος και τις φυλετικές διαφορές. Κοινωνική συμπεριφορά και ικανότητα, παρά τύποι σωματικής κατασκευής, προσδιορίζουν την κατανομή εργασίας. Αρχηγοί, ανιχνευτές, φρουροί και παιδονόμοι της ομάδας δείχνουν όμοιοι αλλά συμπεριφέρονται διαφορετικά. Οι ρόλοι αυτοί στην ομάδα δεν είναι κατ' ανάγκη στατικοί. Άτομα ανταλλάσσουν ρόλους από καιρό σε καιρό ή αναλαμβάνουν νέους ρόλους. Η ηλικία και η πείρα έχουν σημασία στην κατανομή εργασίας. Η περιγραφή του Τζον Φίλλιπ για μία αγέλη μπαμπουίνων σας δίνει μία ιδέα της οργανώσεως μιας κοινωνίας σπονδυλωτών, όπως παρουσιάζεται από την περιγραφή που ακολουθεί:

> «Ο φρουρός είναι εξαιρετικά παρατηρητικός και εντοπίζει και τον ελάχιστο θόρυβο, οσμή ή παρουσία ανθρώπου ή λεοπαρδάλεως. Οι φρουροί είναι συχνά τα μεγαλύτερα και ισχυρότερα άρρενα άτομα, με την εξαίρεση του πραγματικού αρχηγού της ομάδας. Θα παραμείνουν πιστοί στη σκοπιά τους "γαυγίζοντας" (η τυπική προειδοποίηση κινδύνου είναι: "γαυ-γαυ" λαρυγγώδες και κάπως τρομακτικό) παρά την προσέγγιση του κινδύνου. Όταν η προειδοποίηση αυτή του κινδύνου φθάσει στα αυτιά του αρχηγού, αυτός θα συγκεντρώσει την ομάδα, τοποθετώντας άρρενα στο πίσω μέρος και στα πλάγια και τα θήλεα και τα νεαρά άτομα εμπρός ή εντός μιας αλυσίδας αρρένων ατόμων· ο ίδιος εναλλασσόμενα θα βρίσκεται στο εμπρός ή το πίσω μέρος της ομάδας αναλόγως του σχεδίου μάχης ή του βαθμού του κινδύνου. Αν τα πράγματα γίνουν ακόμη πιο δύσκολα, οι φρουροί πλησιάζουν τρέχοντας, ανεβαίνουν σε κάποιο υψηλό σημείο και ειδοποιούν πάλι τον αρχηγό».

Εξελικτικές επιδράσεις στη συμπεριφορά είναι μία προφανής υπόθεση για κοινωνικές ομοιότητες μεταξύ μπαμπουίνων και πολλών άλλων ανωτέρων ζώων. Ηχητική διά του στόματος επικοινωνία, αν και όχι κατ' ανάγκη σύνθετος λόγος, είναι πιο εύχρηστη από όσο φαίνεται. Οι οικογενειακές και ομαδικές αλληλοεπιδράσεις καθώς και η φροντίδα και η τρυφερότητα προς τους απογόνους είναι αξιοσημείωτη (εικόνα 25-5). Πολλά χαρακτηριστικά οικογενειακής ή ομαδικής ζωής είναι κοινά μεταξύ των ειδών από τους μπαμπουίνους έως τους ανθρώπους.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πληθυσμοί διαφόρων ειδών δείχνουν πολλές διαφορές στη σύνθεση και τη συμπεριφορά των ατόμων. Πολλοί πληθυσμοί είναι οργανωμένοι σε κοινωνίες ζώων. Σε κάθε κοινωνία κάποιος βαθμός συνεργατικής συμπεριφοράς μπορεί να βρεθεί, που ποικίλλει



Εικόνα 25-5 *Μητέρα μπαμπουίνου και ο απόγονός της. Όταν η μητέρα κάθεται ή ξεκουράζεται, ο νεαρός μπαμπουίνος σκαρφαλώνει στο στήθος της και κουλουριάζεται στην αγκαλιά της.*

από μία ιεραρχία έως διακεκριμένες κοινωνικές τάξεις. Μία ιεραρχία είναι δυνατόν να τοποθετήσει τα μεγαλύτερα και ισχυρότερα άτομα ενός πληθυσμού στις υψηλότερες θέσεις, αλλά αυτό δεν αντικατοπτρίζει μονιμότητα στη θέση του κάθε ατόμου. Αρχηγοί και επικρατούντα άτομα μπορούν να εναλλάσσονται. Η σωματική κατασκευή και εμφάνιση είναι συνήθως όμοια μεταξύ όλων των ατόμων του πληθυσμού. Το σύστημα κοινωνικών τάξεων των κοινωνικών εντόμων εντούτοις αντικατοπτρίζει τόσο σωματικές διαφορές όσο και διαφορές στις ανατιθέμενες εργασίες εντός της κοινωνίας. Κάθε κοινωνική τάξη παρουσιάζει σταθερότητα ως προς την παρουσία της και ως προς την εξειδίκευση εργασίας εντός της κοινωνίας.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Προσδιορίστε τι είναι ένας πληθυσμός.
2. Τι είναι κοινωνία ζώων;
3. Προσδιορίστε τις αντιθέσεις μεταξύ κοινωνικής ιεραρχίας και συστήματος τάξεων.
4. Χρησιμοποιώντας ζώα που γνωρίζετε, δώστε ένα παράδειγμα προσαρμογής συμπεριφοράς για ζωή μέσα σε κοινωνία. Δώστε επίσης ένα ανθρώπινο παράδειγμα.
5. Πώς είναι δυνατόν αλλαγές συμπεριφοράς σε ανατιθέμενες εργασίες ή ρόλους να παρουσιασθούν σε μία κοινωνία χωρίς κοινωνικές τάξεις;

Δομή κοινωνιών

25-5
Η δομή των ομάδων είναι δυνατόν να επηρεάζεται από φυλετικές διαφορές

Πώς μία κοινωνία κατανέμει την εργασία μεταξύ των ειδικών; Μερικές φορές η εργασία μιας ομάδας είναι δυνατόν να κατανεμηθεί με βάση το φύλο. Στην οικογένειά σας, για παράδειγμα, η μητέρα σας είναι δυνατόν να

είναι η κυρίως υπεύθυνη για την ανατροφή των παιδιών και τη λειτουργία της οικογένειας. Ο πατέρας σας είναι δυνατόν να είναι ο κυρίως υπεύθυνος για τα έσοδα της οικογένειας προς απόκτηση τροφής, στέγης, ιατρικής περιθάλψεως και μορφώσεως. Όμως σε μερικές οικογένειες ανθρώπων οι υπευθυνότητες αυτές είναι αντεστραμμένες. Σε άλλες και οι δύο γονείς είναι δυνατόν να εργάζονται και να διαμοιράζονται τις ευθύνες της λειτουργίας της οικογένειας. Δηλαδή η ανθρώπινη οικογένεια και προσαρμόζεται και μεταβάλλεται. Μερικοί άνθρωποι προτιμούν σήμερα να ζουν σε ευρύτερες οικογένειες. Άλλοι προτιμούν μία πιο παραδοσιακή οικογένεια, αλλά οι ρόλοι των μελών της οικογένειας δεν προσδιορίζονται πλέον από το φύλο.

Κατανομή εργασίας υπάρχει στο επίπεδο της οικογένειας, όπως και στο επίπεδο της κοινωνίας. Μερικές από τις κατηγορίες εργασίας στην ανθρώπινη κοινωνία είναι οι αγρότες, οι κτηνοτρόφοι, οι έμποροι και οι εμποροϋπάλληλοι, οι καλλιτέχνες, οι γιατροί, οι μηχανικοί, οι διδάσκαλοι, οι στρατιωτικοί, οι γραμματείς, οι επιστήμονες, οι μουσικοί, οι αθλητές και οι πολιτικοί.

Στο παρελθόν οι εργασίες αυτές συνδυάζονταν ακόμη και με φυλετικές διαφορές. Αλλά στην εποχή της τεχνολογίας και της απομακρύνσεως από την κυρίως αγροτική ζωή οι ανάγκες της ανθρώπινης κοινωνίας έχουν αλλάξει. Οι περισσότερες εξειδικεύσεις στην κοινωνία βασίζονται στη μόρφωση, την ικανότητα και τις προτιμήσεις παρά στο φύλο του ατόμου ή άλλους παράγοντες. Η δομή της κοινωνίας των ανθρώπων δηλαδή προσδιορίζεται από τις διαφορές στη συμπεριφορά.

Άλλες αλλαγές στην ανθρώπινη κοινωνία αρχίζουν με τις αντιδράσεις των νεοτέρων, αντί των πιο μεγάλων, μελών στον κόσμο που αλλάζει.

25-6
Οι κοινωνίες με ιεραρχίες είναι πολυάριθμες

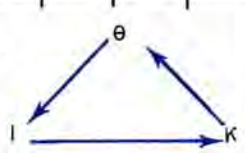
Οι κοινωνικές ιεραρχίες στις κοινωνίες των ζώων μελετώνται από το 1880. Ένας Νορβηγός διολόγος, ο Θόρλιεφ Σέλντεραπ - Έμπε ανακάλυψε την «τάξη ραμφισμάτων» στα κοτόπουλα στις αρχές του 1900. Αργότερα ο Βάρντερ Αλλέε και άλλοι μελέτησαν πιο λεπτομερώς σμήνη από κοτόπουλα και άλλα πτηνά. Η εργασία τους παρότρυνε και άλλους να μελετήσουν παρόμοιες σχέσεις σε διαφορετικές κοινωνίες ζώων. Κοινωνικές ιεραρχίες βρέθηκε ότι υπάρχουν σε κοινωνίες εντόμων, ιχθύων, σαυρών, τρωκτικών, σαρκοφάγων, οπληφόρων ζώων και ανθρώπων. Με τα λόγια του Αλλέε:

> «Η κοινωνική τάξη (στα κοτόπουλα) προδίδεται από την ανταλλαγή ραμφισμάτων ή την αντίδραση στην απειλή ραμφίσματος· και γι' αυτό η κοινωνική ιεραρχία μεταξύ των πτηνών αναφέρεται συχνά ως τάξη ραμφίσματος.
> Όταν δύο κοτόπουλα συναντούνται για πρώτη φορά, ή γίνεται μάχη ή το ένα από τα δύο υποχωρεί χωρίς μάχη. Αν το ένα από τα δύο είναι ανώριμο και το άλλο είναι πλήρως ανεπτυγμένο, το γηραιότερο πτηνό συνήθως επικρατεί. Από εκεί και πέρα, όταν τα δύο αυτά συναντούνται, το ένα που έχει αποκτήσει το δικαίωμα στο ράμφισμα, δηλαδή το δικαίωμα να ραμφίζει το άλλο χωρίς να ραμφίζεται σε ανταπόδοση, το ασκεί, εκτός από την περίπτωση επιτυχούς επαναστάσεως, που όμως σπανίως παρατηρείται στα κοτόπουλα».

Τα αποτελέσματα του Αλλέε σε 13 φαιόχροες όρνιθες λεγκχόρν παρουσιάζονται περιληπτικά στην εικόνα 25-6. Το σημείο συν (+) στον πίνακα δείχνει ότι το κοτόπουλο που σημειώνεται στην αριστερή στήλη ραμφίζει το κοτόπουλο που σημειώνεται στην επάνω γραμμή. Για παράδειγμα, μπορείτε να δείτε ότι το κοτόπουλο Α της αριστερής στήλης ραμφίζει όλα τα άλλα κοτόπουλα του σμήνους. Το κοτόπουλο Β ραμφίζει όλα τα κοτόπουλα εκτός του Α. Το κοτόπουλο Γ ραμφίζει όλα τα κστόπουλα εκτός των Α και Β κ.ο.κ.

Αν παρατηρήσομε τις περιπτώσεις μετά το κοτόπουλο Η, παρουσιάζεται ένα τρίγωνο. Η τριγωνική αυτή τοποθέτηση δείχνει ότι το Θ ραμφίζει το Ι, το Ι ραμφίζει το Κ και το Κ ραμφίζει το Θ. Παρά το ότι τα κοτόπουλα Θ, Ι και Κ έχουν μία τριγωνική σχέση τάξεως

πτηνό	Πτηνά												
	N	M	Λ	K	I	Θ	H	Z	E	Δ	Γ	B	A
A ραμφίσματα	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
B ραμφίσματα	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
Γ ραμφίσματα	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
Δ ραμφίσματα	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
E ραμφίσματα	+	+	+	+	+	+	+	+					
Z ραμφίσματα	+	+	+	+	+	+	+						
H ραμφίσματα	+	+	+	+	+	+							
Θ ραμφίσματα	+	+	+		+								
I ραμφίσματα	+	+	+	+									
K ραμφίσματα	+	+	+			+							
Λ ραμφίσματα	+	+											
M ραμφίσματα	+												
N ραμφίσματα													



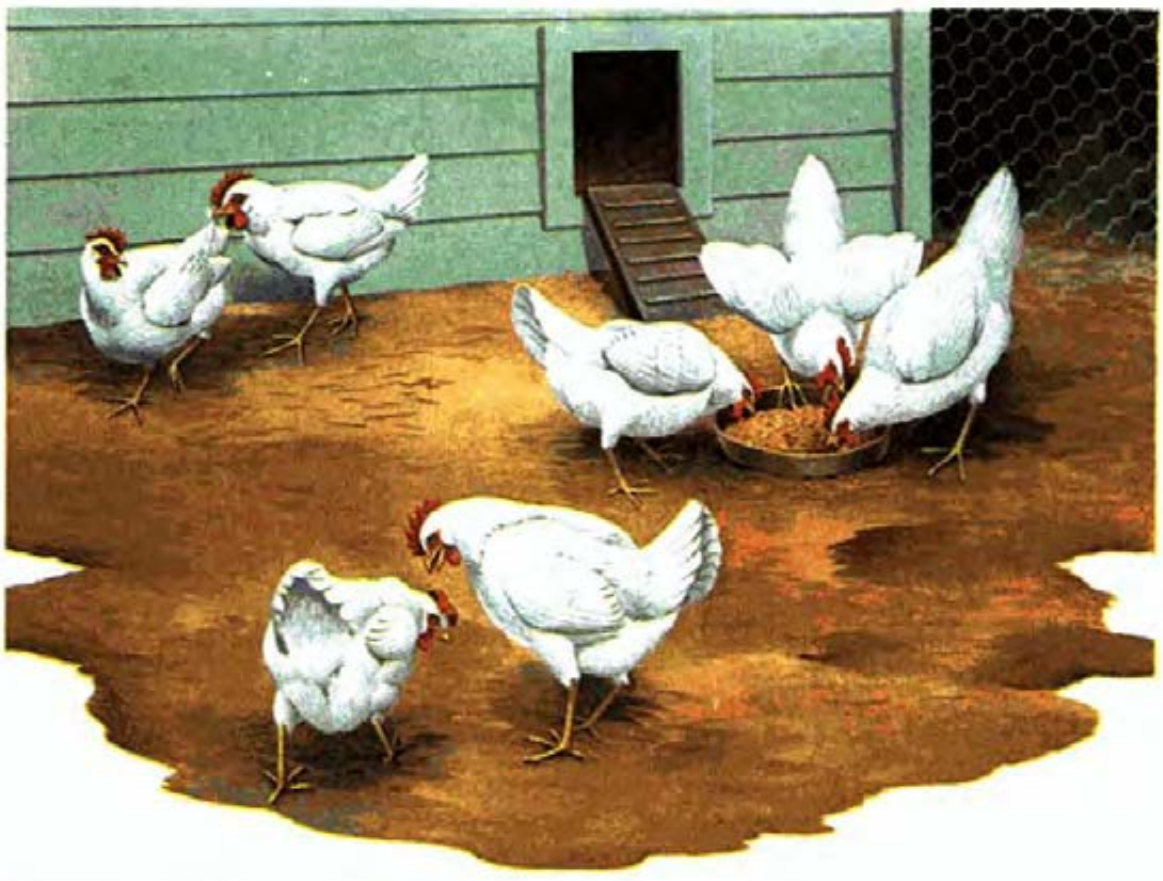
Εικόνα 25-6 *Η τάξη ραμφίσματος σε ένα σμήνος φαιοχρόων ορνίθων λεγκχόρν.*

ραμφίσματος μεταξύ τους, καθένα διατηρεί το δικαίωμα ραμφίσματος στα υπόλοιπα πτηνά Λ, Μ και Ν.

Δεν έχουν όλα τα πτηνά την άτεγκτη αυτή τάξη ραμφίσματος, όπως αυτές οι λεγκχόρν, ή οι λευκές λεγκχόρν, που φαίνονται στην εικόνα 25-7. Σμήνη από περιστέρια, φάσες, καναρίνια και παπαγάλους έχουν πιο ελαστική κοινωνική οργάνωση. Η περίπτωση αυτή παρουσιάζεται σε πειράματα του Αλλέε με ένα σμήνος 14 λευκών βασιλικών περιστεριών. Ο Αλλέε βρήκε ότι σε επαφές κατά ζεύγη (απειλές ή μάχες μεταξύ ζευγών πτηνών), το ένα πτηνό δεν επικρατεί πάντοτε του άλλου. Σε σειρά επαφών του ίδιου ζεύγους, σε άλλες περιπτώσεις ένα πτηνό κερδίζει τη διαμάχη και σε άλλες το ίδιο την χάνει. Έτσι θεμελιώνεται μία πιο χαλαρή τάξη ραμφίσματος. Έχει επίσης βρεθεί ότι η τάξη ραμφίσματος γίνεται χαλαρότερη ή λιγότερο άκαμπτη όσο το μέγεθος του σμήνους αυξάνει, ιδίως πέρα από τα 10 πτηνά.

Γενικά τα μεγαλύτερα, ισχυρότερα και περισσότερο ώριμα ζώα νικούν σε μία επαφή ζεύγους. Είναι δυνατόν να υπάρχουν και φυλετικές διαφορές: Σε μερικές κοινωνίες τα άρρενα επικρατούν των θηλέων, σε άλλες τα θήλεα επικρατούν των αρρένων. Ζώα με νεαρούς απογόνους τείνουν να επικρατούν ζώων χωρίς νεαρούς απογόνους. Ζώα που είναι άρρωστα έχουν τάση να χάνουν. Ζώα που κερδίζουν μία μάχη συνεχίζουν να νικούν. Μπορείτε να προτείνετε άλλους παράγοντες, που μπορεί να επιδράσουν στο αποτέλεσμα μιας επαφής ζεύγους;

Μία κοινωνική ιεραρχία φαίνεται ότι έχει αξία επιβιώσεως για κάθε κοινωνία. Στην περίπτωση των πτηνών του Αλλέε μία καθιερωμένη τάξη ραμφίσματος μειώνει την απώλεια ενέργειας, φέρνοντας αρμονία στις δραστηριότητες της ομάδας. Η τάξη ραμφίσματος θεμελιώνει τρόπους, με τους οποίους ανευρίσκονται οι σύντροφοι για αναπαραγωγή και η τροφή με λιγότερο αγώνα και ανταγωνισμό. Η



Εικόνα 25-7 *Σχέσεις επικρατήσεως σε λευκές όρνιθες λεγκχόρν. Η όρνιθα στην άνω αριστερή γωνία από την πρώτη της επαφή έχει υποστεί την επικράτηση από άλλη όρνιθα. Στο κάτω μέρος της εικόνας η κατώτερη όρνιθα στο σμήνος ραμφίζεται από την κορυφαία. Οι τρεις άλλες όρνιθες, στη μέση της κλίμακας ραμφίσματος, έτρεξαν προς την τροφή όταν απομακρύνθηκαν οι τρεις κορυφαίες.*

επιθετικότητα μεταξύ των μελών του σμήνους μειώνεται. Η κοινωνική ιεραρχία επίσης επιδρά στους τρόπους, με τους οποίους τα ζώα διαμοιράζονται ή κατανέμουν την περιοχή που ζουν.

25-7
Ποια είναι η λειτουργία ενός αρχηγού σε μία κοινωνία;

Ηγεσία και κοινωνική επικράτηση δεν είναι ένα και το αυτό. Υπάρχουν αρχηγοί σε μία αποικία μυρμηγκιών, αλλά δεν αποτελούν τάξη ανάλογη προς την τάξη ραμφίσματος στις όρνιθες. Οι αρχηγοί σε σμήνη από όρνιθες συχνά βρίσκονται στη μέση από άποψη τάξεως ραμφίσματος. Σε μερικές ομάδες θηλαστικών ο αρχηγός είναι το άτομο που επικρατεί στην «τάξη ραμφίσματος». Σε άλλες ομάδες ο αρχηγός δεν είναι κατ' ανάγκη το ισχυρότερο ζώο της ομάδας ή το ταχύτερο ή εκείνο που βρίσκεται μπροστά, όταν η ομάδα μετακινείται. Η ηγεσία εξαρτάται και από άλλες ιδιότητες.

Ένας αρχηγός είναι ένα ζώο, που μπορεί να προσφέρει κατευθύνσεις σε μία ομάδα. Τα ζώα που είναι συνήθως τα πιο έτοιμα να αντιμετωπίσουν κίνδυνο, εκείνα που ενδιαφέρονται πιο πολύ για το καλό της ομάδας και τα πιο έξυπνα στην εξεύρεση τρόπων διαφυγής είναι εκείνα που γίνονται αρχηγοί. Σε μερικές αγέλες, όπως η περίπτωση της ερυθρής ελάφου της Σκωτίας, αρχηγοί είναι τα γηραιότερα θηλυκά. Σε ομάδες άλλων ζώων, όπως οι πίθηκοι ρέζους, αρχηγός είναι ένα

πεπειραμένο και επιθετικό άρρεν άτομο. Η ηγεσία βασίζεται σε περισσότερα πράγματα από τη δύναμη. Περιλαμβάνει προστασία και ενδιαφέρον για τους άλλους και αλληλοεξάρτηση μεταξύ ηγέτη και οπαδών. Και ο ηγέτης και οι οπαδοί έχουν ρόλους που επιβάλλουν υποχρεώσεις.

Δεν μπορεί να υπάρχει αρχηγός, αν δεν υπάρχουν άλλα άτομα που είναι πρόθυμα να τον ακολουθήσουν. Τα νεαρά άτομα πρέπει να μάθουν να ακολουθούν τον αρχηγό. Προετοιμάζονται για τους ρόλους τους αργότερα στην ομάδα μέσω των παιχνιδιών τους. Ίσως έχετε δει προβατάκια να παίζουν «ακολούθησε τον αρχηγό». Μερικά ελάφια παίζουν ένα είδος κυνηγιού, όπως περίπου αυτό που παίζατε όταν ήσασταν μικρότεροι. Κυνηγούν το ένα το άλλο και το αγγίζουν με τα μπροστινά τους πόδια. Τέτοια παιχνίδια είναι η αρχή των σχέσεων επικρατήσεως και των ρόλων αρχηγού και οπαδών. Ένα τέτοιο παράδειγμα παιχνιδισού φαίνεται στα παιχνίδια νεαρών μπαμπουίνων με την παρουσία ενός επικρατούντος άρρενος ατόμου, που δείχνει η εικόνα 25-8.

Η κοινωνική ζωή των ζώων βασίζεται καθαρά σε συμπεριφορά συνεργασίας. Για ποια είδη ζώων νομίζετε ότι τέτοια συμπεριφορά είναι ενδογενής (κληρονομική); Για ποια άλλα νομίζετε ότι είναι ενδογενής αλλά και προϊόν διδαχής;

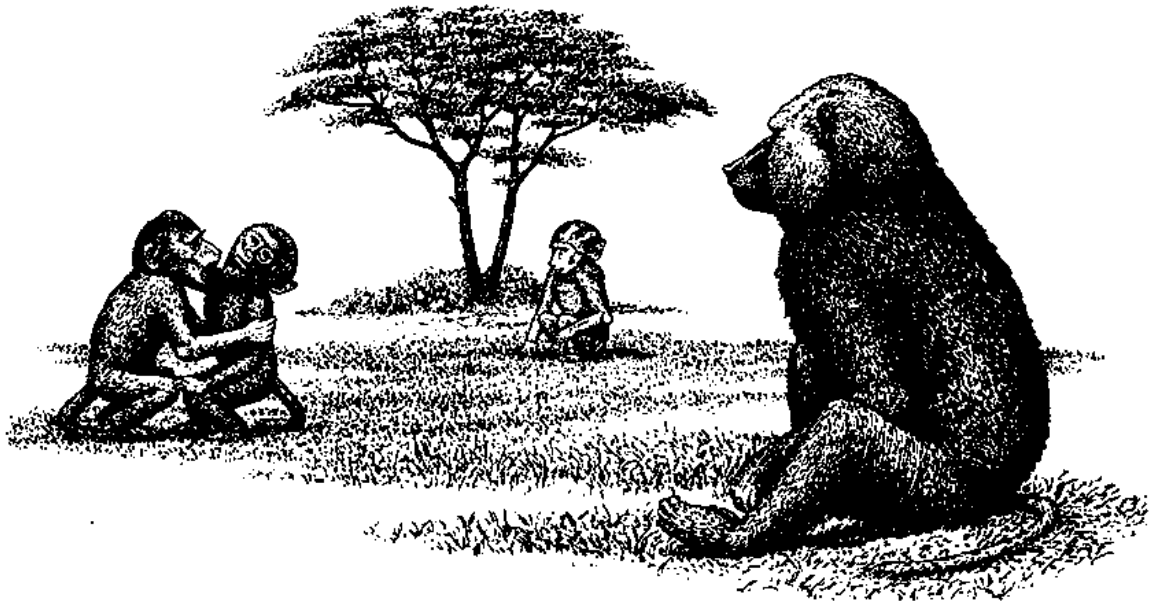
25-8
Συμπεριφορά ζωτικού χώρου

Κάθε ζωντανός οργανισμός απαιτεί ένα ορισμένο χώρο, για να ζήσει, να βρει τροφή και να αναπαραχθεί. Η περιοχή στην οποία ζει ένα ζώο και προασπίζει ονομάζεται ζωτικός χώρος και η συμπεριφορά του ζώου, που προασπίζει την περιοχή που ζει, ονομάζεται συμπεριφορά ζωτικού χώρου.

Αυτή η έννοια ιδιοκτησίας είναι καλά ανεπτυγμένη σε πολλά ζώα, συμπεριλαμβανομένων των ανθρώπων. Τα ζώα προασπίζουν την περιοχή μέχρι την ενηλικίωση των απογόνων.

Πολλά είναι γνωστά για την έννοια του ζωτικού χώρου σε πολλά είδη. Τα περισσότερα ίσως είναι γνωστά, με εξαίρεση τον άνθρωπο, για τη συμπεριφορά ζωτικού χώρου των πτηνών. Το άρρεν άτομο καταλαμβάνει μία κατάλληλη περιοχή πριν από την έναρξη της περιόδου ζευγαρώματος. Προειδοποιεί τα άλλα άρρενα με το τραγούδι του ότι η περιοχή είναι δική του. Όταν ένα θήλυ βρει ότι ένα άρρεν και η περιοχή του είναι ελκυστικά, τα

Εικόνα 25-8 *Μεταξύ των μπαμπουίνων, σχέσεις επικρατήσεως ξεκινούν καθώς τα νεαρά άτομα παίζουν υπό την επίβλεψη ενός γηραιότερου επικρατούντος μέλους της ομάδας.*



δύο πτηνά ζευγαρώνουν και φωλιάζουν. Το άρρεν εξακολουθεί να προασπίζεται την περιοχή, έως ότου τα νεαρά άτομα αναπτυχθούν.

Οι πίθηκοι αλουάτα παρέχουν ένα άλλο παράδειγμα. Οι πίθηκοι αυτοί μετακινούνται κατά ομάδες, που ποικίλλουν σε μέγεθος από 4 ως 35 άτομα. Μία συνηθισμένη ομάδα έχει περίπου 17 άτομα. Κάθε ομάδα έχει μία περιοχή, που την προασπίζει για δική της χρήση. Νωρίς κάθε πρωί οι ομάδες εκτελούν μία τελετή ουρλιάσματος, που τους επιτρέπει τον αμοιβαίο υπολογισμό της αποστάσεων μεταξύ γειτονικών ομάδων. Η απόσταση βοηθά στον καθορισμό της περιοχής τους. Αν δύο ομάδες συναντηθούν, αρχίζει μία μάχη ουρλιαχτών και βρυχηθμών με ελάχιστη ή και καθόλου φυσική βία. Η σωματική διαμάχη είναι η εξαίρεση και όχι ο κανόνας. Συνήθως ο θόρυβος και οι απειλές είναι αρκετές, για να κρατήσουν μακριά τις γειτονικές ομάδες.

Κατά κάποιο τρόπο η προάσπιση μιας περιοχής είναι όμοια με την κοινωνική επικράτηση και τις σχέσεις αρχηγού-οπαδών. Και οι τρεις αυτές μορφές συμπεριφοράς ξεκινούν από την επαφή και το συναγωνισμό μεταξύ ατόμων του αυτού είδους. Και οι τρεις μορφές συμπεριφοράς έχουν αξία για την επιβίωση της ομάδας.

Δοκιμάστε να κάνετε το πείραμα 25-Α. Παρατηρώντας καραβίδες σε ένα μικρό βιότοπο. σελίδα 679.

25-9
Οι άνθρωποι δείχνουν συμπεριφορά ζωτικού χώρου

Μία εξέταση της ανθρώπινης κοινωνίας οδηγεί σε ενδιαφέρουσες ερωτήσεις. Για παράδειγμα, γιατί οι άνθρωποι ζουν σε οικήματα με τοίχους, γιατί περιφράσσουν τις αυλές τους και βάζουν πινακίδες «Απαγορεύεται η είσοδος»; Ο ζωτικός χώρος δίνει κάποιες απαντήσεις.

Έχει αξία επιβιώσεως η συμπεριφορά ζωτικού χώρου στον άνθρωπο; Σκεφθείτε το παράδειγμα που ακολουθεί: Είναι από τη Διακήρυξη των Δικαιωμάτων του Ανθρώπου του συντάγματος των ΗΠΑ.

> «Το δικαίωμα των ανθρώπων να είναι ασφαλείς όσον αφορά στην προσωπικότητά τους, τα οικήματά τους, τα προσωπικά τους έγγραφα και την προσωπική τους περιουσία από έρευνες και κατασχέσεις δεν πρέπει να παραβιάζεται... Κανενός προσώπου δεν μπορεί να αφαιρεθεί η ζωή, η ελευθερία, η περιουσία παρά σύμφωνα με το νόμο· ούτε η ιδιωτική περιουσία μπορεί να κατάσχεται προς κοινή χρήση, χωρίς αποζημίωση».

Εκτός από τη συμπεριφορά ζωτικού χώρου, δείχνουν οι άνθρωποι και άλλες πρόσθετες μορφές συμπεριφοράς, όπως αυτές που δείχνουν άλλα ζώα; Για παράδειγμα, υπάρχει τάξη ραμφίσματος στην ανθρώπινη κοινωνία; Υπάρχει, για παράδειγμα, τάξη ραμφίσματος στο σχολείο σας, στην κοινωνική σας ομάδα; Φαίνεται να υπάρχουν τάξεις ραμφίσματος στους στρατιωτικούς οργανισμούς, στα πολιτικά κόμματα, στην τοπική κυβέρνησή σας; Ο αγώνας για επικράτηση είναι μέρος της ανθρώπινης ζωής;

Ενδιαφέρεται η ανθρώπινη κοινωνία για την ύπαρξη ηγεσίας; Πόσο συχνά ακούτε για εκπαιδευτική ηγεσία; Στρατιωτική ηγεσία, αθλητική ηγεσία, πολιτική ηγεσία; Θα γίνετε μία ημέρα ηγέτης ή οπαδός; Είναι δυνατόν μία ημέρα να έχετε άλλον ή άλλους ανθρώπους, που να είναι επικρατείς όσον αφορά το άτομό σας και σεις να είσθε ακόμη ηγέτης;

Συμπεριφορά ζωτικού χώρου, επικράτηση και σχέση αρχηγού-οπαδού εμφανίζεται σε τόσα πολλά είδη, ώστε είναι πιθανόν να είναι αυτό παράγωγο κάποιας εξελικτικής πορείας τόσο αρχαίας όσο και η ζωή.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα είδη και οι πληθυσμοί τους έχουν αναπτύξει εξελικτικά πολλές προσαρμογές συμπεριφοράς, που έχουν αξία ως προς την επιβίωση. Οι προσαρμογές αυτές παρέχουν πλεονεκτήματα και αντισταθμίζουν τα μειονεκτήματα της ομαδικής ζωής. Πληθυσμοί που ανέπτυξαν εξελικτικά παρόμοιες προσαρμογές προς συνεργασία όσον αφορά στη συμπεριφορά ονομάζονται κοινωνίες. Στις κοινωνίες η τάξη συντηρείται και οι εργασίες πραγματώνονται με τη βοήθεια: (1) Συστήματος τάξεων, (2) τάξεως ραμφίσματος και



Πώς να εξαφανίσετε ένα έντομο

Το σκότωμα ενός εντόμου είναι σχεδόν ενστικτώδες στον άνθρωπο. Αυτό είναι το αποτέλεσμα ενός μακροχρόνιου ανταγωνισμού μεταξύ εντόμων και ανθρώπων για τροφή. Σε αυτό προστίθεται και η σύγχρονη γνώση για το ρόλο ορισμένων εντόμων στην πρόκληση ασθενειών. Στην πραγματικότητα δεν είναι όλα τα έντομα επικίνδυνα για τον άνθρωπο. Μόνο το 1/10 του 1/100 καταχωρούνται ως επιβλαβή. Αυτό το 1/10 του 1/100 περιλαμβάνει τα έντομα που τρώνε ή καταστρέφουν την τροφή του ανθρώπου ή που προκαλούν ασθένειες. Η μεγαλύτερη κατηγορία εντόμων είναι εκείνα που συναγωνίζονται άμεσα τον άνθρωπο στον τομέα της τροφής.

Τα τελευταία χρόνια τα αποθέματα τροφής έχουν γίνει εξαιρετικά κρίσιμα από απόψεως διατροφής ενός αυξανόμενου πληθυσμού. Ως αποτέλεσμα ο πανάρχαιος πόλεμος μεταξύ εντόμων και ανθρώπου έχει επεκταθεί. Το σκότωμα των εντόμων με μεθόδους που βασίζονται στη συμπεριφορά τους είναι ένας καινούργιος τρόπος αντιμετωπίσεως του προβλήματος. Η συμπεριφορά είναι πιο εξειδικευμένος παράγοντας σε ορισμένα είδη εντόμων από όσο είναι η προσρόφηση διαδεδομένων δηλητηρίων, όπως το Ντι-ντι-τι. Το Ντι-ντι-τι είναι τυφλό. Αντί να σκοτώνει μόνο το έντομο - στόχος, σκοτώνει και πολλά άλλα αβλαβή ή χρήσιμα έντομα. Επιπλέον είναι εξαιρετικά ανθεκτικό, παραμένει ενεργό για πάρα πολλά χρόνια και διασπείρεται στο περιβάλλον, όπου δηλητηριάζει και άλλα ζώα. Η πείρα από το Ντι-ντι-τι έχει οδηγήσει σε μία επείγουσα και παγκόσμια έρευνα για το ονομαζόμενο «ιδανικό» εντομοκτόνο.

Το «ιδανικό» εντομοκτόνο έχει ορισμένα χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, πρέπει να σκοτώνει μόνο τα έντομα - στόχος, να είναι μία ουσία, στην οποία αυτά δεν μπορούν να γίνουν ανθεκτικά ή να αποκτήσουν ανοσία, να αποικοδομείται εύκολα στο περιβάλλον σε ακίνδυνα συστατικά, να είναι φθηνό και να έχει εύκολη εφαρμογή. Δεν υπάρχει ακόμη ένα προϊόν, που να έχει όλα αυτά τα χαρακτηριστικά. Αλλά η έρευνα συνεχίζεται. Η συμπεριφορά κάθε είδους επιβλαβών εντόμων μελετάται, προκειμένου να βρεθούν λύσεις.

Για την ώρα μόνο δύο κατηγορίες χημικών ουσιών φαίνεται ότι έχουν τη δυνατότητα να εξελιχθούν σε «ιδανικά» εντομοκτόνα. Η μία είναι η ονομαζόμενο «ορμόνη αναπτύξεως», που αναστέλλει την ανάπτυξη των προνυμφών ή των νυμφών, αν εφαρμοσθεί τον κατάλληλο χρόνο. Η άλλη χημική ουσία εκκρίνεται από τα έντομα για την προσέλκυση του άλλου φύλου. Χημικές ουσίες φυλετικής έλξεως, που εκκρίνονται από τα θήλεα άτομα, εντοπίζονται από τα άρρενα σε απίστευτες αποστάσεις, ως και 10 χιλιόμετρα μακριά. Οι ουσίες αυτές φυλετικής προσελκύσεως ονομάζονται ***φυλετικές φερομόνες.*** Ως εντομοκτόνα χρησιμοποιούνται για την προσέλκυση εντόμων - στόχων σε παγίδες.

Μία εταιρεία εντομοκτόνων έκανε ένα διαγωνισμό, για να ονομάσει ένα από τα προϊόντα της, ένα εντομοκτόνο τύπου ορμόνης. Μερικές από τις προτάσεις φαίνονται στην εικόνα επάνω.

(3) προσαρμογών τύπου ηγέτη-οπαδών. Η συμπεριφορά ζωτικού χώρου επιτρέπει σε μία κοινωνία να προασπίζει για τα μέλη της την περιοχή που ζει. Παρά το ότι πολλά είδη παρουσιάζουν αυτές τις μορφές συμπεριφοράς, υπάρχουν πάντοτε διαφορές. Κάθε κοινωνία ζώων είναι μοναδική. Κάθε μία πρέπει να σπουδάζεται ως ειδική περίπτωση και για μακρύ χρονικό διάστημα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Ποιες είναι οι ενδείξεις για ύπαρξη κοινωνικής ιεραρχήσεως μεταξύ ομάδων ζώων;
2. Ποιοι παράγοντες φαίνεται ότι συνδέονται με την άνοδο σε υψηλή θέση στην τάξη ραμφίσματος;
3. Ποια είναι η αξία της συμπεριφοράς ζωτικού χώρου;
4. Ποιοι είναι μερικοί από τους παράγοντες, που προσδιορίζουν την ηγετική ικανότητα σε ομάδες ζώων;
5. Τι ενδείξεις μπορείτε να δώσετε υπέρ και κατά του ισχυρισμού ότι υπάρχουν τάξεις ραμφίσματος στην αθρώπινη κοινωνία;
6. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα επιδείξεως θορύβων και απειλών έναντι της σωματικής διαμάχης;

Επικοινωνία ζώων

25-10
Πώς επικοινωνούν τα ζώα;

Μία κοινωνία, για να εξελιχθεί και να εργασθεί συνεργατικά, χρειάζεται κάποια μέθοδο επικοινωνίας μεταξύ των μελών της.

Πολλά ζώα επικοινωνούν με ήχους. Για παράδειγμα, οι στρατιώτες-τερμίτες δονούν τις κεφαλές τους επάνω στα τοιχώματα της υπόγειας σήραγγας που ζουν, όταν ενοχληθούν. Οι συνάδελφοι στρατιώτες και οι άλλοι τερμίτες ειδοποιούνται με τον τρόπο αυτό. Ένας λύκος που κυνηγά αφήνει μία χαρακτηριστική ακολουθία γαυγισμάτων και ουρλιαχτών, όταν πλησιάζει το θύμα του. Ένας άνθρωπος φωνάζει από ξάφνιασμα και πόνο, όταν του επιτεθούν ξαφνικά. Όλοι αυτοί οι ήχοι έχουν εξιδικευμένη σημασία για τον ακροατή. Και ο ακροατής αντιδρά φεύγοντας ή πλησιάζοντας, για να βοηθήσει, ανάλογα με τον ήχο.

Διάφορα ζώα μπορούν επίσης να επικοινωνούν με την όραση, την όσφρηση, την αφή και ίσως τη γεύση. Οι αντιλόπες του είδους ***αντιλοκάπρα αμερικάνα*** των δυτικών ΗΠΑ ειδοποιούν τα άλλα μέλη της ομάδας για



Εικόνα 25-9 *Το σημείο συναγερμού της αντιλόπης του είδους* ***Αντιλοκάπρα αμερικάνα.*** *Οι λευκές τρίχες του θυσάνου στους γλουτούς του ζώου συνήθως κρέμονται σε θέση παράλληλη με το δέρμα. Όταν οι μύες ορθώσουν τις τρίχες αυτές, οι άλλες αντιλόπες ειδοποιούνται ότι υπάρχει επιδρομέας ή κάποιος άλλος κίνδυνος.*



Εικόνα 25-10 *Διαδρομή μέλισσας που κάνει κυκλικό χορό.*



Εικόνα 25-11 *Στο «χορό της κοιλιάς» η μέλισσα κινεί την κοιλιά της πλευρικά, καθώς ακολουθεί τη σημειωμένη διαδρομή.*

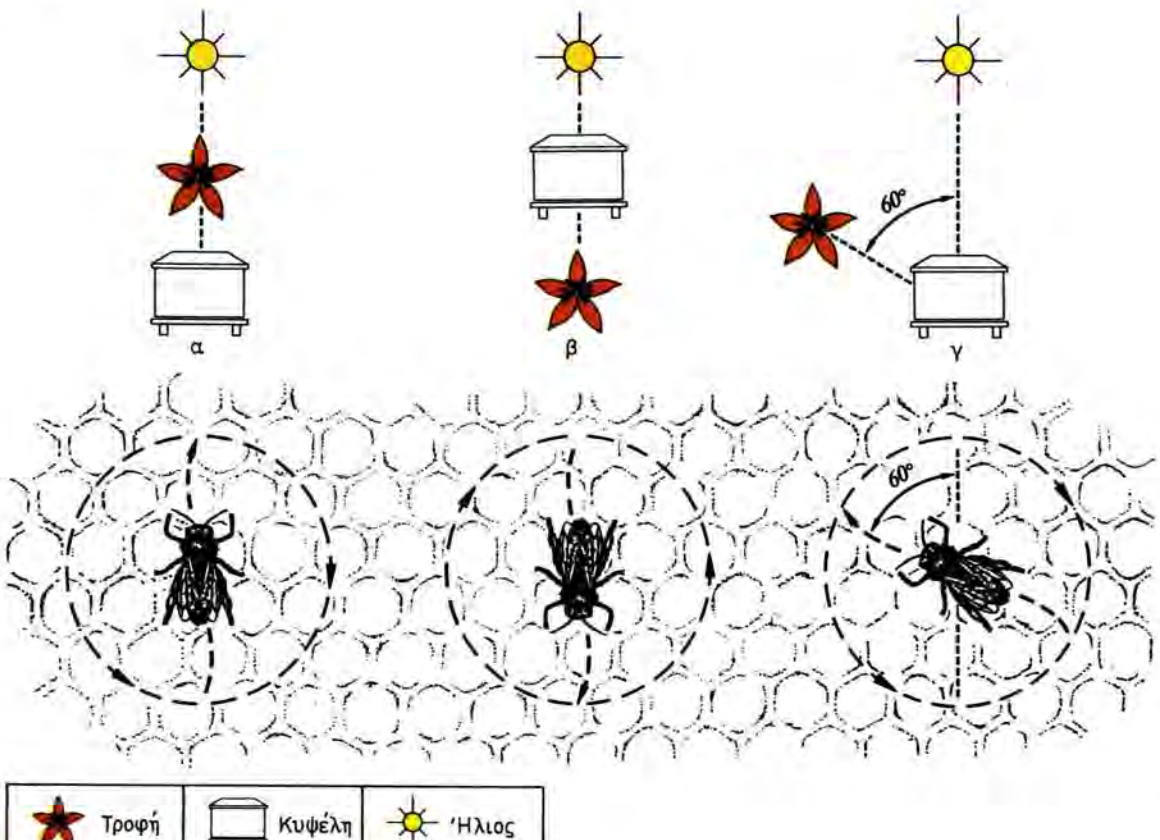
ξαφνικό κίνδυνο κουνώντας το λευκό θύσανο που φέρουν στους γλουτούς τους (εικόνα 25-9). Όταν οι τερμίτες βυθίζονται σε υγρά, που έχουν οσμές άλλης αποικίας τερμιτών, αντιμετωπίζονται ως εχθροί από τα μέλη της δικής τους αποικίας. Και αντιμετωπίζονται ως φίλοι από την αποικία, από την οποία προέρχονται οι οσμές. Στους ανθρώπους και τα ανώτερα ζώα ένα άγγιγμα μπορ ί να μεταδώσει μήνυμα συναγερμού, ασφάλειας ή αγάπης. Τα έντομα συνήθως αγγίζουν τις κεραίες τους, για να επικοινωνήσουν. Η πληροφορία είναι δυνατόν να μεταδοθεί από ένα άτομο σε άλλο με πολλούς τρόπους. Χωρίς τέτοια επικοινωνία η κατανομή της εργασίας σε μία κοινωνία θα ήταν αδύνατη.

25-11
Οι μέλισσες επικοινωνούν με χορό

Ο Κάρολος φον Φριτς, του πανεπιστημίου του Μονάχου, βρήκε ότι, όταν τοποθετείται ένας δίσκος με ζαχαρόνερο σε κάποια απόσταση από μία κυψέλη, μπορεί να περάσουν αρκετές ώρες, έως ότου μία μέλισσα τον ανακαλύψει. Εντούτοις, μόλις μία μέλισσα - ανιχνευτής βρει το ζαχαρόνερο, αρκετές άλλες θα το βρουν σε σύντομο χρονικό διάστημα. Η απλή αυτή παρατήρηση έκανε τον Φριτς να υποθέσει ότι η μέλισσα - ανιχνευτής έδωσε κατά κάποιο τρόπο την πληροφορία για τη θέση του αποθέματος τροφής στις άλλες μέλισσες. Ο Φριτς ενδιαφέρθηκε να μάθει πώς οι μέλισσες ήταν δυνατόν να μεταδώσουν την πληροφορία για παρουσία τροφής σε νέα θέση. Ο Φριτς βρήκε μετά από χρόνια μελετών ότι η μέλισσα - ανιχνευτής δίνει ένα χορό στην κατακόρυφη επιφάνεια μιας κυρήθρας, όταν επιστρέφει στην κυψέλη. Ο χορός μεταδίδει την πληροφορία τόσο για τη διεύθυνση όσο και για την απόσταση της πηγής τροφής.

Ο Φριτς περιέγραψε δύο τύπους χορών. Ο κυκλικός χορός, που φαίνεται στην εικόνα 25-10, χρησιμοποιείται, όταν η τροφή βρίσκεται κοντά στην κυψέλη, από 10 έως 80 μέτρα. Ο χορός της κοιλιάς, που φαίνεται στην εικόνα 25-11, χρησιμοποιείται, όταν η τροφή βρίσκεται 80 ή 100 ή περισσότερα μέτρα μακριά από την κυψέλη. Ο Φριτς βρήκε ότι οι μέλισσες αποδίδουν τη γωνία μεταξύ του ηλίου και της τροφής ως μία γωνία μεταξύ μιας νοητής γραμμής, που δημιουργείται από μία επάνω - κάτω κίνηση του χορού τους και της κατακόρυφης επιφάνειας της κυψέλης. Έτσι κατακόρυφη επάνω - κάτω κίνηση σημαίνει πάντοτε τη διεύθυνση προς τον ήλιο. Όπως φαίνεται στην εικόνα 25-12,

> «μία διαδρομή, με σύγχρονη κίνηση της κοιλιάς, με κατεύθυνση προς τα επάνω, σημαίνει ότι η πηγή τροφής βρίσκεται προς τη διεύθυνση του ηλίου. Το ίδιο μέρος του χορού με κατεύθυνση προς τα κάτω αναγγέλλει την ύπαρξη τροφής σε διεύθυνση αντίθετη προς τον ήλιο. Αν η διαδρομή με ταυτόχρονη κίνηση της κοιλιάς δείχνει 60° αριστερά από την κατακόρυφο, η πηγή τροφής βρίσκεται 60° αριστερά από τον ήλιο...».



Εικόνα 25-12 *Η μέλισσα επιστρέφει και χορεύει «χορό της κοιλιάς». Η κατεύθυνση του χορού δηλώνει προφανώς στις άλλες μέλισσες που παρατηρούν, πού βρίσκεται η τροφή σχετικά με τον ήλιο. Για παράδειγμα, στην άποψη α η τροφή βρίσκεται σε ευθεία γραμμή από την κυψέλη προς τον ήλιο. Στην άποψη β η τροφή βρίσκεται σε θέση αντίθετη ως προς τον ήλιο. Στην άποψη γ η τροφή βρίσκεται σε γωνία 60 μοιρών ως προς τον ήλιο.*

Πολλοί άλλοι ερευνητές έχουν πειραματισθεί, για να δοκιμάσουν την ορθότητα της θεωρίας αυτής της επικοινωνίας. Η προηγούμενη εμπειρία των μελισσών, η οσμή της τροφής που μεταφέρεται από τη μέλισσα - ανιχνευτή και η οσμή της κυψέλης που παραμένει στην πηγή τροφής από την ίδια μέλισσα έχουν όλα μελετηθεί. Παρά το ότι οι παράμετροι αυτές δεν έχουν αποκλεισθεί, ο Φριτς φαίνεται ότι έχει δίκιο. Οι μέλισσες προφανώς χρησιμοποιούν την πιο αφαιρετική μέθοδο επικοινωνίας, άγνωστη για οποιοδήποτε άλλο είδος ζώου πλην του ανθρώπου. Πρόσφατοι ερευνητές στο Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Καλιφόρνιας και το πανεπιστήμιο του Όρεγκον έκαναν προσεκτικώς ελεγχόμενα πειράματα, που ήταν παραλλαγές του αρχικού πειράματος του Φριτς. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι πράγματι ο χορός της μέλισσας μεταδίδει την πληροφορία για τη διεύθυνση της πηγής τροφής.

25-12
Τα ανώτερα ζώα επικοινωνούν με πολλούς τρόπους

Η επικοινωνία και η συμπεριφορά έχουν μελετηθεί σε αποικίες χιμπαντζήδων στη φυσική τους κατάσταση. Η Τζέιν βαν Λάβικ - Γκούντολ και οι συνεργάτες της έκαναν έρευνες πεδίου στην ανατολική - κεντρική Αφρική από το 1960 έως το 1965. Οι έρευνες αυτές αποκάλυψαν ότι οι χιμπαντζήδες επικοινωνούν με πολλούς τρόπους. Όταν οι χιμπα-



Εικόνα 25-13 *Το θήλυ άτομο χιμπαντζή (αριστερά) δείχνει αβέβαιο ως προς τις προθέσεις του άρρενος και κρύβει το μωρό του πίσω από ένα δένδρο, καθώς απλώνει το χέρι του προς το άρρεν. Το άρρεν άτομο ενθαρρύνει το θήλυ αγγίζοντας το χέρι του. Τέτοιου είδους φυσικές επαφές είναι κοινές ως μέσο επικοινωνίας στους χιμπαντζήδες.*

ντζήδες παίζουν, χρησιμοποιούν ένα λαχανιαστό γέλιο. Όταν νεαρά άτομα χιμπαντζήδων τρομάζουν ή αισθάνονται μόνα, κλαψουρίζουν. Όταν συναντώνται μετά από χωρισμό, οι χιμπαντζήδες συχνά χαιρετούν ο ένας τον άλλον, σχεδόν όπως οι άνθρωποι. Έχουν επίσης ήχους, για να δείξουν οργή ή θυμό· ένα είδος άγριου γαυγίσματος.

Οι χιμπαντζήδες επικοινωνούν επίσης με φυσική επαφή, όπως το άγγιγμα ενθαρρύνσεως, που φαίνεται στην εικόνα 25-13, ή ο εναγκαλισμός δύο παλαιών φίλων. Χαϊδεύουν ο ένας τον άλλο στην πλάτη, αγκαλιάζονται, σφίγγουν και τα χέρια ακόμη. Η φυσική επαφή φαίνεται να επεκτείνει το σύστημα φωνητικής τους επικοινωνίας. Έχουν οι χιμπαντζήδες αισθήματα αποδοχής, απορρίψεως, αγάπης, θυμού και φιλίας; Προφανώς έχουν και μπορούν επίσης να διδαχθούν να μεταβιβάζουν δεδομένα και αισθήματα (ή αποφάσεις) σε ανθρώπινα όντα. Έχετε διαβάσει ήδη για τα πειράματα, στα οποία χιμπαντζήδες (και γορίλες) έχουν διδαχθεί γλώσσα σημείων, για να επικοινωνούν με ανθρώπινα όντα.

Οι άνθρωποι έχουν τις πιο υψηλές οργανωμένες κοινωνίες. Η συγκρότηση των κοινωνιών αυτών είναι εφικτή λόγω του πιο αφαιρετικού συστήματος επικοινωνίας του ζωικού βασιλείου. Στις ανθρώπινες κοινωνίες όλα τα είδη πληροφοριών, γενικών και ειδικών, μεταδίδονται μεταξύ των ατόμων από γενιά σε γενιά. Η ανθρώπινη επικοινωνία, όπως γνωρίζετε, χρησιμοποιεί μεγάλη ποικιλία γραπτών και προφορικών συμβόλων (εικόνα 25-14). Επίσης χρησιμοποιεί πολύ την ανθρώπινη επαφή, ακριβώς όπως περιγράφηκε στην περίπτωση των χιμπαντζήδων. Χρησιμοποιεί ευρέως και τις άλλες αισθήσεις, όπως και τα κατασκευασμένα όργανα, που αποτελούν προεκτάσεις των αισθήσεών μας. Αυτά τα περίτεχνα συστήματα επικοινωνίας κάνουν δυνατή την υψηλά οργανωμένη ανθρώπινη κοινωνία μας.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πληροφορία μπορεί να μεταδοθεί από ένα άτομο σε άλλο με πολλούς τρόπους. Χωρίς αυτή την πληροφορία η κοινωνική οργάνωση θα ήταν δύσκολο να διατηρηθεί. Επικοινωνία οπτική, ηχητική, οσφρητική, απτική και ίσως γευστική είναι κοινή στις κοινωνίες των ζώων. Μερικά ζώα επικοινωνούν κυρίως με μία μόνο από τις αισθήσεις αυτές. Πολλά εντούτοις ζώα, περιλαμβανομένων και εκείνων που βασίζονται κυρίως σε μία αίσθηση, χρησιμοποιούν στην πραγματικότητα πολλές αισθήσεις για την επικοινωνία τους.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Γιατί η επικοινωνία είναι απαραίτητη στις κοινωνίες;
2. Ποιες αισθήσεις χρησιμοποιούνται στην επικοινωνία των ζώων;
3. Σε ποια σημεία μοιάζει η επικοινωνία των





Εικόνα 25-14 *Οι κινήσεις και γενικά η γλώσσα του σώματος παίζουν μεγάλο ρόλο στην επικοινωνία των ανθρώπων. Ποια από αυτές τις φωτογραφίες υποδηλώνει: «Ποιος ξέρει;» Τι υποδηλώνει η άλλη φωτογραφία;*

χιμπαντζήδων με την επικοινωνία των ανθρώπων;

4. Γιατί εργασίες πεδίου για την επικοινωνία σε πληθυσμούς χιμπαντζήδων και γορίλων έχει αξία για τα ανθρώπινα όντα;
5. Πώς μία μέλισσα - ανιχνευτής που επιστρέφει προσδιορίζει τη διεύθυνση της τροφής στις άλλες μέλισσες της κυψέλης;
6. Η ικανότητα επικοινωνίας είναι κατά πολύ περισσότερο ανεπτυγμένη μεταξύ των ανθρώπων. Γιατί όμως προκύπτουν παρανοήσεις; Τι μπορείτε να κάνετε για να τις μειώσετε;

ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑ ΣΗΜΕΙΑ

Μία κοινωνία αποτελεί ειδικό είδος πληθυσμού ζώων, που έχει εσωτερική οργάνωση και επικοινωνία μεταξύ των μελών της. Η κατανομή εργασίας είναι δυνατόν να οδηγήσει στη δημιουργία διακριτών κοινωνικών τάξεων, όπως συμβαίνει στα κοινωνικά έντομα, ή στη δημιουργία κοινωνικών τάξεων, που βασίζονται σε διαφορές συμπεριφοράς μεταξύ ατόμων ομοίων μεταξύ τους. Η συνεργασία μεταξύ των μελών μιας κοινωνίας βασίζεται σε διάφορα πρότυπα συμπεριφοράς. Η ιεραρχία, στα ανώτερα ζώα, ίσως πηγάζει από την επαφή ζευγών ατόμων και το συναγωνισμό μεταξύ των ατόμων. Στο επίπεδο ομάδας αναπτύσσονται η κοινωνική προσαρμογή της επικρατήσεως, της αρχηγίας και της συμπεριφοράς ζωτικού χώρου. Ομαδικές προσαρμογές εντούτοις αποδίδουν μόνο, όταν τα ζώα έχουν αισθητήρια όργανα και μπορούν να τα χρησιμοποιούν προς ανταλλαγή πληροφοριών. Με τον τρόπο αυτό οι δραστηριότητες των μελών της ομάδας κατευθύνονται προς ένα κοινό σκοπό. Σε μερικές κοινωνίες, όπως στην περίπτωση των μελισσών, το σύστημα επικοινωνίας φαίνεται ότι είναι πολύ περίπλοκο.

Οι ανθρώπινες επικοινωνίες είναι τα παράγωγα του πιο σύνθετου όλων των συστημάτων επικοινωνίας. Μερικές αυθεντίες πιστεύουν ότι οι άνθρωποι, ακριβώς όπως και τα άλλα ζώα, δείχνουν προσαρμογή συμπεριφοράς ζωτικού χώρου, επικρατήσεως και τύπου ηγέτη - οπαδού.

Αν τέτοιες προσαρμογές είναι μερικώς ενστικτώδεις σε άλλα ζώα, είναι πιθανώς μερικώς ενστικτώδεις και στον άνθρωπο. Γι' αυτό η κοινωνική μας συμπεριφορά μπορεί να έχει βαθιές ρίζες στο εξελικτικό παρελθόν.

Στο επόμενο κεφάλαιο θα εξετάσετε μερικά βιολογικά προβλήματα, που έχουν δημιουργηθεί από τους ανθρώπους στις σύνθετες κοινωνίες τους και στους ταχέως αναπτυσσόμενους πληθυσμούς τους.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Εξηγήστε πώς διαφέρει μία κοινωνία από ένα πληθυσμό.
2. Σε τι μπορεί να μοιάζουν η επικράτηση και η σχέση ηγέτη - οπαδού; Σε τι διαφέρουν;
3. Πώς επιδρά στη ζωή των μελών του ο σχηματισμός μιας ομάδας; Πώς οι κοινωνικές τάξεις αντιπροσωπεύουν μία λύση στο πρόβλημα αντίθεση ή συνεργασία;
4. Τι είδους κοινωνικούς ρόλους έχουν αναπτύξει οι άνθρωποι;
5. Πώς η ενδογενής ή ενστικτώδης συμπεριφορά επιδρά στο σχηματισμό των κοινωνιών; Πώς η διδαχή συνδέεται με την κοινωνική συμπεριφορά;
6. Μπορεί μία κοινωνία να υπάρχει χωρίς επικοινωνία; Εξηγήστε.
7. Πώς η φύλαξη μιας περιοχής είναι δυνατό να συνδέεται με κοινωνική ιεραρχία και τη σχέση ηγέτη - οπαδού από απόψεως συμπεριφοράς;
8. Έχουν οι ανθρώπινες κοινωνίες αναπτύξει κοινωνικές τάξεις, όπως οι μέλισσες και τα μυρμήγκια; Θα σας άρεσε να ζείτε σε μία τέτοια κοινωνική δομή;
9. Πώς θα προσδιορίσετε, αν υπάρχει τάξη ραμφίσματος σε μία από τις ακόλουθες ομάδες:
   (α) Μία ομάδα φίλων σας.
   (β) Μία ομάδα παιδιών σε ένα παιδότοπο.
   (γ) Μία από τις τάξεις σας στο σχολείο.
   (δ) Στην οικογένειά σας.
10. Στην αρχή του κεφαλαίου προτάθηκε ότι οι κοινωνίες είναι παράγωγο της εξελίξεως. Συμφωνείτε με αυτή την ιδέα; Γιατί είναι δύσκολο να υποστηρίξετε την ιδέα αυτή με δεδομένα;

ΑΡΘΡΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΒΑΣΜΑ

Bower, T. G. R. "Repetitive Processes in Child Development." *Scientific American*, November, 1976.

Burgess, J. W. "Social Spiders." *Scientific American*, March, 1976.

Evans, H. E., and R. W. Matthews. "The Sand Wasps of Australia." *Scientific American*, December, 1975.

Free, J. B. *The Social Organization of Honey Bees*. Baltimore, University Park Press, 1977.

Gerbner, C. "Communication and Social Environment." *Scientific American*, September, 1972. (This entire issue of *Scientific American* is devoted to communication.)

Krauss, R. M., and S. Glucksberg. "Social and Nonsocial Speech." *Scientific American*, February, 1977.

Menzel, R., and J. Erber. "Learning and Memory in Bees." *Scientific American*, July, 1978.

Milne, L. J., and M. Milne. "The Social Behavior of Burying Beetles." *Scientific American*, August, 1976.

Schein, M. W., ed. *Social Hierarchy and Dominance*. Stroudsberg, Pennsylvania, Dowden, Hutchenson and Ross, 1975.

Stokes, A. W., ed. *Territory*. Stroudsberg, Pennsylvania, Dowden, Hutchenson and Ross, 1974.

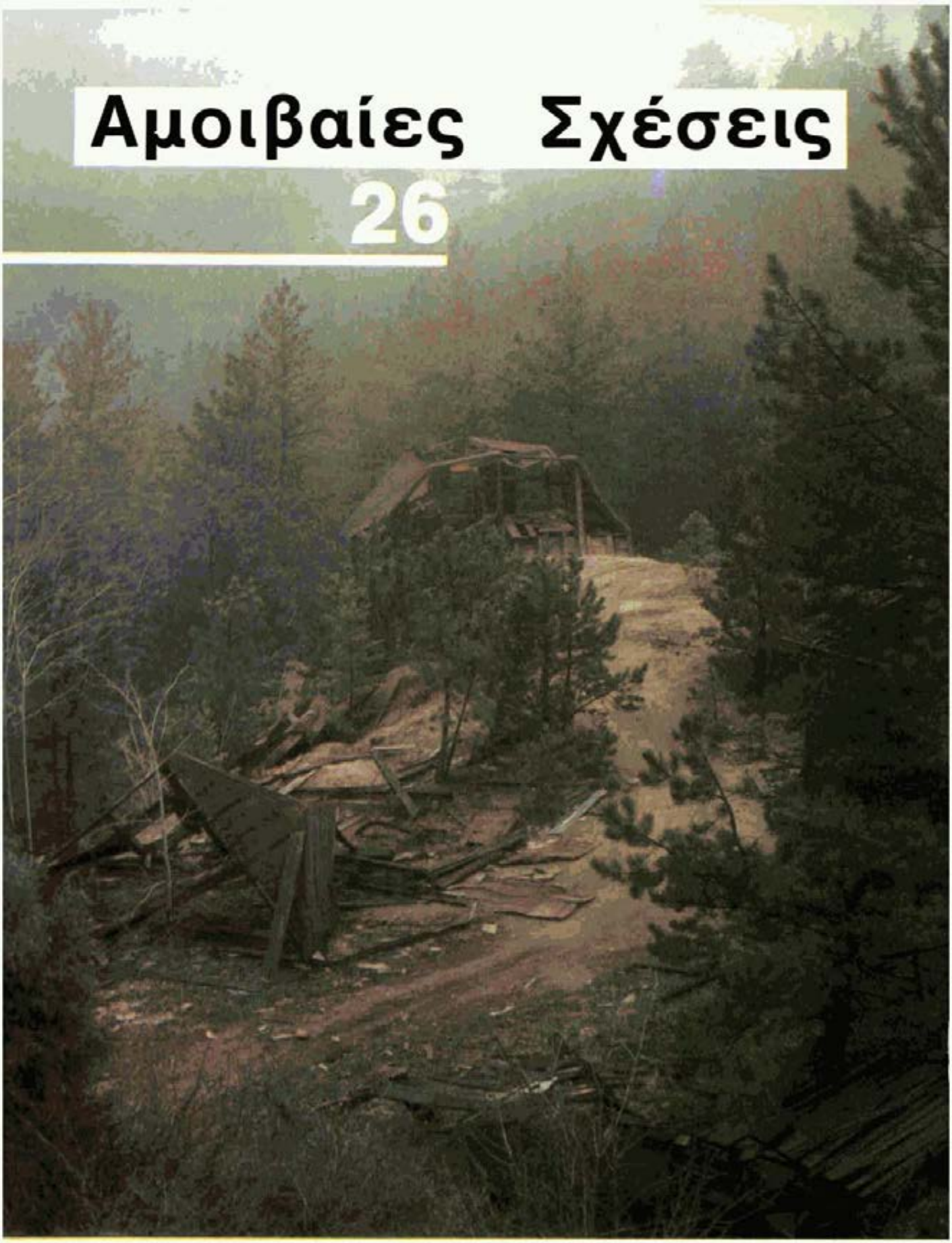
Wilson, E. O. "Slavery in Ants." *Scientific American*, June, 1975.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

1. Warder C. Allee and others. *Animal Aggregations: A Study in General Sociology*. Chicago, University of Chicago Press, 1931, p. 349.
2. Warder C. Allee. *The Social Life of Animals*. Boston, Beacon Press, 1958, p. 130.
3. M. Lindauer. *Communication Among Social Bees*. Cambridge, Harvard University Press, 1961, p. 32.

Αμοιβαίες Σχέσεις

26



Ένα εγκαταλειμμένο ορυχείο στη μέση ενός όμορφου δάσους. Οι άνθρωποι έχουν φθάσει και στις πιο απόμακρες περιοχές του κόσμου τους.

Κανένας οργανισμός δεν ζει μόνος του. Είναι μέρος του πληθυσμού των ομοίων του. Οι πληθυσμοί ενός είδους οργανισμών δεν ζουν μακριά από πληθυσμούς άλλων ειδών οργανισμών. Ακόμη και τα ανθρώπινα όντα που ζουν στις πόλεις δεν το έχουν επιτύχει αυτό. Κάθε πληθυσμός εξαρτάται από τους άλλους. Τα φυτά εξαρτώνται από τα ζώα για το διοξείδιο του άνθρακα. Τα ζώα εξαρτώνται από τα φυτά για τροφή και οξυγόνο. Μεταξύ των ζώων υπάρχει αλληλοεξάρτηση όσον αφορά στη διατροφή. Τα φυτά εξαρτώνται από τα ζώα όσον αφορά ανόργανα συστατικά, που επιστρέφουν μέσω των ζώων στο έδαφος και τους ωκεανούς.

Αλληλοεξαρτώμενοι πληθυσμοί που ζουν στο ίδιο περιβάλλον σχηματίζουν μία κοινότητα. Αν η κοινότητα είναι σχεδόν αυτάρκης για όλα τα υλικά, που χειάζονται οι πληθυσμοί που την αποτελούν, τότε η κοινότητα και το φυσικό της περιβάλλον ονομάζονται μαζί οικοσύστημα. Τα υλικά χρησιμοποιούνται και επαναχρησιμοποιούνται μέσα στο οικοσύστημα. Μόνο ενέργεια καταναλώνεται. Το απόθεμα ενέργειας ανανεώνεται διαρκώς από τα φυτά με τη βοήθεια της φωτοσυνθέσεως και του ηλιακού φωτός.

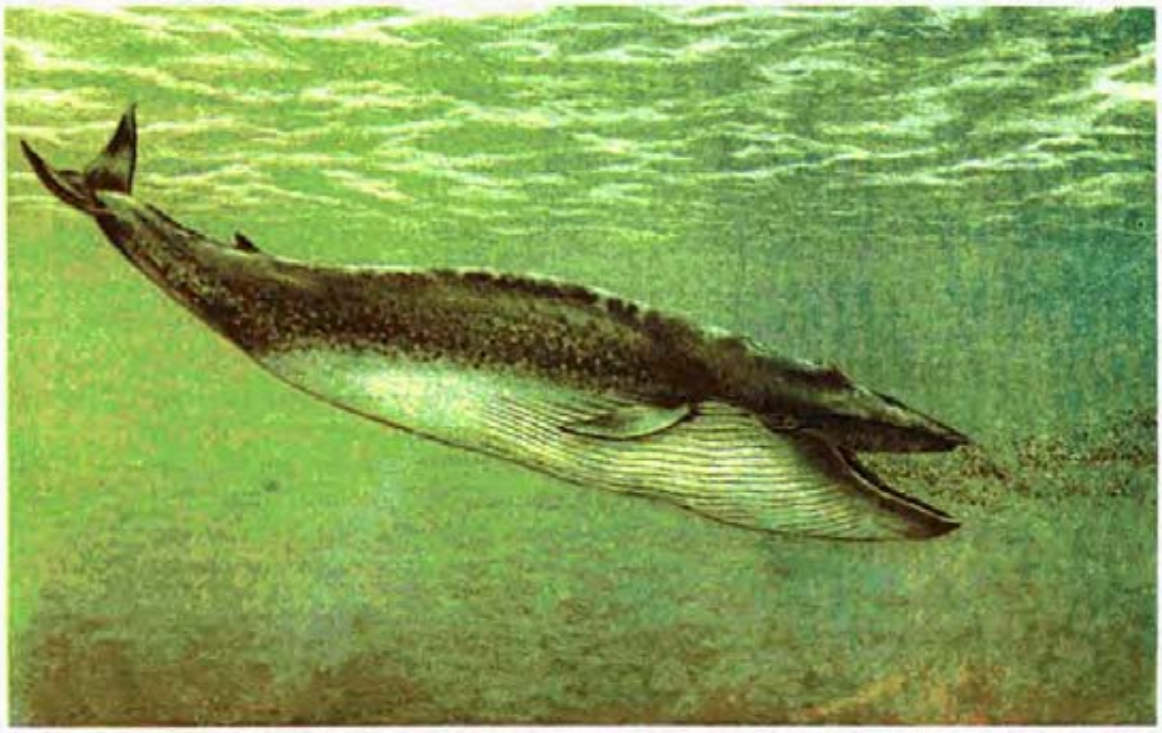
Οι άνθρωποι και η ακμή ή η παρακμή κάθε είδους οργανισμών επιδρούν στο οικοσύστημα. Οι άνθρωποι παίρνουν τροφή από όλες τις χερσαίες και θαλάσσιες περιοχές. Αναζητούν και μετατρέπουν διάφορα υλικά της γης. Τα προϊόντα του ανθρώπινου σχεδιασμού και το αλλοιωμένο περιβάλλον αποτελούν μόνιμες παραμέτρους του κόσμου μας. Όλα τα οικοσυστήματα αλλάζουν. Επειδή μερικές αλλαγές έχουν δημιουργήσει προβλήματα, η βιολογία σήμερα ασχολείται και με τη συμπεριφορά μας όσον αφορά στην εκμετάλλευση των οικοσυστημάτων του κόσμου.

Υλικά και ενέργεια για τη ζωή

26-1
Πληθυσμοί και αποθέματα τροφής

Μία μεγάλη γαλάζια φάλαινα πεθαίνει. Εκατό μετρικοί τόννοι σάρκας, οστών, λίπους και ελαίων βυθίζεται αργά στα βάθη του ωκεανού. Αυτό αποτελεί πανηγύρι για τους οργανισμούς που ζουν στο βυθό (βλέπε εικόνα 2-2, σελίδα 23). Το τεράστιο πτώμα, καθώς κατέρχεται, διέρχεται από ιχθείς διαφόρων επιπέδων ωκεάνιου βάθους, οι οποίοι ξεσχίζουν τη σάρκα του. Είναι τόσο μεγάλο, ώστε, όταν φθάνει στον πυθμένα, λείπουν μόλις τα εξωτερικά στρώματα και είναι έτοιμο για να χρησιμεύσει ως τροφή στους οργανισμούς του βάθους. Κυριολεκτικά το γδύνουν. Ο σκελετός απομένει ξαπλωμένος, σαν παλαιά ισπανική γαλέρα, με ανοικτές τις πλευρές, χωρίς το περίβλημα του δέρματος και των μυών και το υπόλοιπο φορτίο εσωτερικών οργάνων.

Η ζωντανή φάλαινα ήταν ένα θηλαστικό· ζούσε σχεδόν στην επιφάνεια του ωκεανού, όπου ήταν δυνατό να παίρνει αέρα. Η ζωή στα βαθύτερα στρώματα δεν την απασχολούσε. Και όμως αποτελούσε μέρος του οικοσυστήματος της ζωής του βάθους, γιατί το ηλιακό φως δεν φθάνει στα βάθη, για να επιτρέψει την ανάπτυξη φυτικής ζωής και φωτοσυνθέσεως. Η τροφή των κατοίκων των βυθών έρχεται από επάνω. Τα υλικά ανακυ-



Εικόνα 26-1 *Το γεύμα μιας γαλάζιας φάλαινας. Το μεγαλύτερο ζωντανό ζώο του κόσμου τρέφεται αποκλειστικά με μερικά από τα μικρότερα ζώα, όπως μικρούς γαριδόμορφους οργανισμούς.*

κλώνονται από τον πυθμένα βραδέως και μερικές φορές απαιτούνται εκατοντάδες χρόνια για να φθάσουν ξανά στην επιφάνεια. Όταν βρεθούν πάλι στην επιφάνεια, τα υλικά, που κάποτε αποτελούσαν μέρος της φάλαινας, παρέχουν άλατα για τους φωτοσυνθέτοντες οργανισμούς, που κατοικούν στα φωτιζόμενα από τον ήλιο στρώματα νερού. Οι οργανισμοί αυτοί χρησιμοποιούν άλατα και ενέργεια από το ηλιακό φως για τη σύνθεση τροφής. Μικρά γαριδόμορφα ζώα τρέφονται από τους φωτοσυνθέτοντες μικροοργανισμούς. Κατόπιν μία άλλη μεγάλη γαλάζια φάλαινα καταβροχθίζει τα γαριδόμορφα μικρά αυτά ζώα γεμίζοντας το στόμα της κάθε φορά (εικόνα 26-1). Τα μικρά αυτά ζώα αποτελούν την τροφή της φάλαινας. Και όταν και αυτή η φάλαινα τελικά πεθάνει, το πτώμα της παρέχει τροφή στα ζώα που ζουν από κάτω. Ο κύκλος κλείνει πάλι.

Οι φωτοσυνθέτοντες μικροοργανισμοί, τα γαριδόμορφα ζώα, η μεγάλη γαλάζια φάλαινα και οι σαρκοφάγοι οργανισμοί κάτω, σχηματίζουν μία τροφική αλυσίδα (εικόνα 26-2). Υπάρχουν πολλές άλλες τροφικές αλυσίδες στον ωκεανό. Αλλά όλες αυτές ξεκινούν με τους φωτοσυνθέτοντες μικροοργανισμούς. Οι γαρίδες και τα συγγενή μικρά ζώα, όπως οι μέδουσες, τα καλαμάρια, οι σουπιές, πολλά είδη ιχθύων και άλλοι θαλάσσιοι οργανισμοί υπεισέρχονται στις τροφικές αλυσίδες. Όλες οι τροφικές αλληλοεξαρτήσεις, αν εξετασθούν συνολικά, απαρτίζουν τον ολικό ωκεάνιο τροφικό ιστό.

Πόσες πολλές μεγάλες γαλάζιες φάλαινες μπορούν να διαθρέψουν οι ωκεάνιοι πληθυσμοί των γαριδομόρφων ζώων; Πόσα από τα μικρά αυτά ζώα μπορούν να διαθρέψουν οι φωτοσυνθέτοντες οργανισμοί; Ποιοι άλλοι ωκεάνιοι οργανισμοί ανταγωνίζονται για τις ίδιες πηγές τροφής; Το μέγεθος ενός πληθυσμού ρυθμίζεται μόνο από την τροφή που υπάρχει; Στους ωκεανούς, τα αποθέματα κατάλληλου χώρου και των άλλων απαιτήσεων της ζωής είναι τόσο μεγάλα, ώστε ο μόνος οριακός παράγοντας που προσδιορίζει το μέγεθος κάθε πληθυσμού είναι η τροφή. Αληθεύει αυτό για όλα τα οικοσυστήματα;

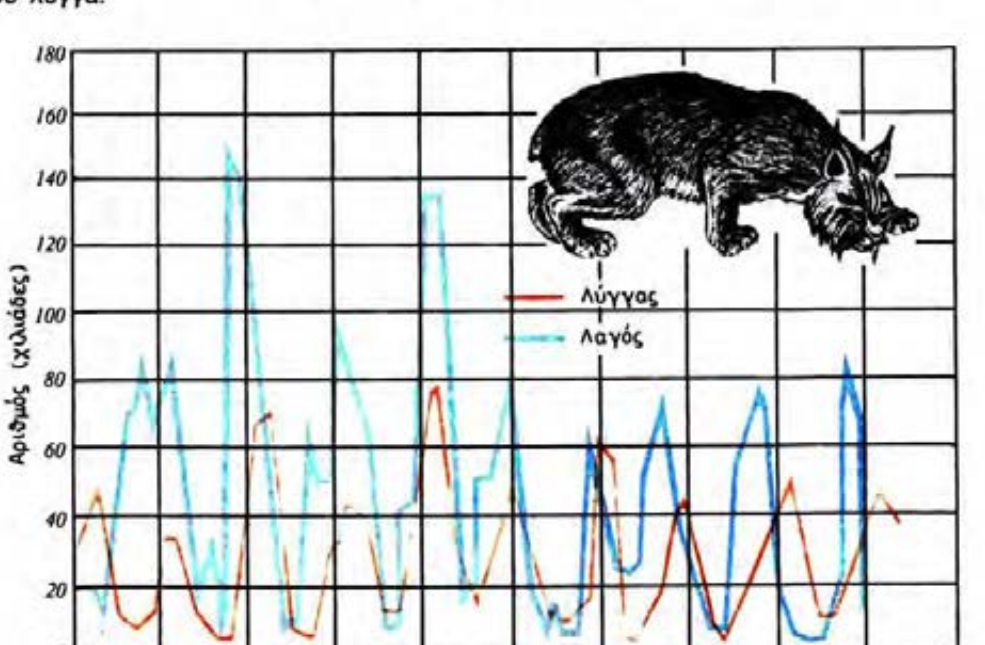


Εικόνα 26-2 *Η τροφική αλυσίδα της οποίας αποτελεί μέρος η γαλάζια φάλαινα. Όπως όλες οι τροφικές αλυσίδες, αρχίζει με παραγωγούς (επάνω) φωτοσυνθέτοντες οργανισμούς.*

26-2
Έχουν γίνει πολλές μελέτες για τους παράγοντες που επιδρούν στην ανάπτυξη ενός πληθυσμού

Οι βιολόγοι έχουν μελετήσει πολλούς πληθυσμούς, για να προσδιορίσουν τι ρυθμίζει το μέγεθος καθενός. Έχουν συλλεχθεί αποτελέσματα όπως αυτά, για δύο χερσόβια ζώα, που φαίνονται στην εικόνα 26-3. Όπως οι πληθυσμοί από γαλάζιες φάλαινες και τα γαριδόμορφα ζώα, έτσι και ο πληθυσμοί από λύγγες και λαγούς αλληλοεξαρτώνται. Οι λύγγες τρώνε λαγούς ως συνηθισμένο μέρος του διαιτολογίου τους. Διακυμάνσεις του πληθυσμού του λύγγα ακολουθούν στενά συνδεδεμένες τις διακυμάνσεις του πληθυσμού του λαγού. Αυτό υποδεικνύει ότι ο αριθμός των λαγών προσδιορίζει μερικώς τον αριθμό των λυγγών. Είναι όμως δυνατόν να τοποθετηθεί και άλλη μία γραμμή στη γραφική παράσταση, που να εξηγεί τις διακυμάνσεις των δύο πληθυσμών ως κάτι πιο περίπλοκο από απλές διακυμάνσεις τροφής; (Μερικά τελείως διαφορετικά δεδομένα, όπως χιονοπτώσεις και θερμοκρασίες, μπορεί να είναι επίσης χρήσιμα). Δεδομένα όπως αυτά της γραφικής πα-

Εικόνα 26-3 *Διακυμάνσεις πληθυσμών του καναδικού λύγγα και του λαγού σε μία περίοδο περίπου 100 ετών. Ο λαγός αποτελεί μέρος του διαιτολογίου του λύγγα.*



ραστάσεως είναι χρήσιμα, αλλά τα συμπεράσματα πρέπει να εξάγονται προσεκτικά. Συλλογή δεδομένων για άγρια ζώα είναι και δύσκολη και όχι πάντοτε ακριβής.

Οι βιολόγοι προσπάθησαν να μάθουν περισσότερα με τη μελέτη πληθυσμών σε καλά προσδιοριζόμενες περιοχές. Μία ομάδα ερευνητών βιολόγων, του πανεπιστημίου του Ουισκόνσιν, με επικεφαλής τον Τζον Έμλεμ, μελέτησε τον πληθυσμό ποντικών σε μερικά παλαιά οικοδομήματα. Στον πληθυσμό παρείχαν οι βιολόγοι 250 γραμμάρια τροφής την ημέρα. Ο πληθυσμός των ποντικών αυξήθηκε γρήγορα.

Μετά από λίγο χρόνο ο πληθυσμός των ποντικών έγινε μεγαλύτερος από ό,τι θα μπορούσαν να θρέψουν τα 250 γραμμάρια τροφής. Οι ερευνητές ενδιαφέρονται να μάθουν τι θα γίνει κατόπιν. Βρήκαν ότι οι ποντικοί άρχισαν να εγκαταλείπουν την αποικία. Ο ρυθμός μεταναστεύσεως ήταν περίπου ίδιος με το ρυθμό γεννήσεων. Ο πληθυσμός που ζούσε με 250 γραμμάρια τροφής καθημερινά διατηρόταν σταθερός λόγω της μεταναστεύσεως.

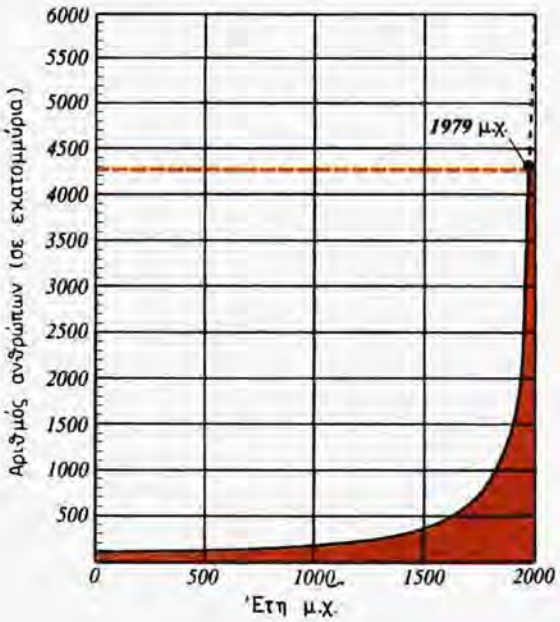
Οι ίδιοι ερευνητές έκαναν και άλλο πείραμα. Αυτή τη φορά δεν άφηναν τους ποντικούς να μεταναστεύσουν. Ο πληθυσμός αναπτυσσόταν, έως ότου παρουσιάσθηκε έλλειψη τροφής. Λίγο αργότερα ο ρυθμός γεννήσεως άρχισε να μειώνεται και η αύξηση του πληθυσμού σταμάτησε. Το γεγονός αυτό επίσης περιόρισε το μέγεθος του πληθυσμού.

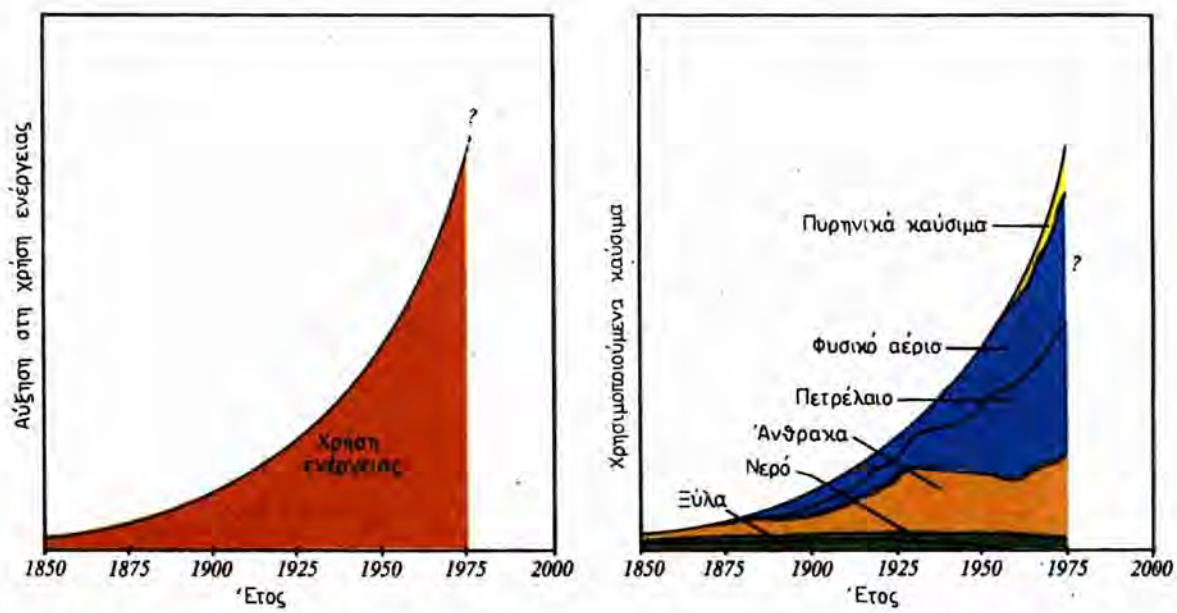
Έκαναν και ένα τρίτο πείραμα. Αυτή τη φορά παρείχαν τροφή χωρίς περιορισμό. Όπως και στο δεύτερο πείραμα, η μετανάστευση εμποδιζόταν. Και πάλι ο αριθμός αύξανε γρήγορα. Ένας νέος παράγοντας άρχισε να αποκτά σπουδαιότητα: ο χώρος. Στις αποικίες παρουσιάσθηκαν φαινόμενα συνωστισμού. Οι διαμάχες αυξήθηκαν. Όπως επίσης και ο καννιβαλισμός, δηλαδή η χρησιμοποίηση των νεογεννήτων της αποικίας ως τροφής μέσα στις συνωστισμένες φωλιές. Τα περισσότερα θήλεα άτομα σταμάτησαν να φροντίζουν τις φωλιές τους και τα νεαρά άτομα. Ο ρυθμός θανάτων νεαρών ατόμων αυξηθηκε κατά 100%, παρά το ότι ο ρυθμός γεννήσεων παρέμεινε υψηλός. Στο πείραμα αυτό ο αυξημένος ρυθμός θανάτων από διαμάχες και καννιβαλισμό αντιστάθμισε τον αυξημένο ρυθμό γεννήσεων. Αποτέλεσμα ήταν ο περιορισμός του πληθυσμού.

Παρόμοια πειράματα έγιναν και στην Αγγλία. Οι Άγγλοι ερευνητές είχαν διαφορετικά αποτελέσματα. Βρήκαν ότι δεν αναπτύχθηκαν διαμάχες και καννιβαλισμός. Ο πληθυσμός αυξανόταν, όταν δεν υπήρχε περιορισμός στην τροφή, έως ότου, σε συνθήκες μεγάλου συνωστισμού, η αναπαραγωγή σχεδόν σταμάτησε.

Και στα πειράματα του Ουισκόνσιν και της Αγγλίας οι πληθυσμοί ποντικών αντέδρασαν κατά τρόπους που περιόρισαν τη μεγαλύτερη αύξηση του πληθυσμού. Στην περίπτωση του πανεπιστημίου του Ουισκόνσιν τα όρια τέθηκαν από τη μετανάστευση, το χαμηλό ρυθμό γεννήσεων ή τον υψηλό ρυθμό θανάτων. Οι συνθήκες των τριών πειραμάτων διέφεραν. Στην Αγγλία, κάτω από συνθήκες όμοιες προς το τρίτο πείραμα του Ουισκόνσιν, το όριο τέθηκε από χαμηλό ρυθμό γεννήσεων. Μπορεί να προτείνετε αιτίες, γιατί οι πληθυσμοί των ποντικών αντέδρασαν με διαφορετικούς τρόπους; Ειδικότερα για τα δύο τελευταία πειράματα, ποιες παράμετροι είναι πιθανόν ότι δεν

Εικόνα 26-4 *Η αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού. Διακυμάνσεις όπως αυτές στη γραφική παράσταση για το λύγγα και το λαγό εξομαλύνονται, όταν παρουσιάζονται σε ένα και μόνο σχήμα δεδομένα 2.000 ετών. Εξάλλου τέτοιες διακυμάνσεις, όπως αυτές που γίνονται στο παρελθόν από ασθένειες, όπως η χολέρα, δεν παρατηρούνται πλέον.*





Εικόνα 26-5 *Από το 1850 η χρήση ενέργειας στις ΗΠΑ έχει αυξηθεί 35 φορές από όσο ήταν το έτος εκείνο (γραφική παράσταση αριστερά, όπου η χρήση ενέργειας του 1850 χρησιμοποιείται ως μονάδα). Ο πληθυσμός έχει αυξηθεί δέκα φορές από τον πληθυσμό του 1850. Οι πηγές της συνολικής ενέργειας εξελίσσονται κατά ποικίλους τρόπους (γραφική παράσταση δεξιά). Οι ανεπτυγμένες χώρες εξακολουθούν να καλύπτουν το μεγαλύτερο ποσοστό αυξήσεως της χρήσεως ενέργειας. Υπάρχουν άλλες χώρες, που θεωρούν αυτές τις άνισες απαιτήσεις ως σπατάλη των περιορισμένων πόρων του πλανήτη.*

ρυθμίσθηκαν στο Ουισκόνσιν και στην Αγγλία;

Πολλά δεδομένα πληθυσμών έχουν συλλεχθεί από βιολόγους για πολλά χρόνια. Μερικά είδη ζώων φαίνεται να έχουν ενδογενή πρότυπα διατηρήσεως του αριθμού των ατόμων των πληθυσμών μέσα στα όρια του αποθέματος τροφής ή χώρου. Και το ανθρώπινο είδος; Δεν είναι δυνατό να γίνουν «ελεγχόμενα» πειράματα με ανθρώπινα όντα ή να τεθούν κάτω από καταπιεστικές συνθήκες, όπως στην περίπτωση των ποντικών. Γι' αυτό είναι δύσκολο να γνωρίζομε επακριβώς τα πιθανά αποτελέσματα της συνεχούς αυξήσεως του ανθρώπινου πληθυσμού.

26-3
Μεταβάλλομε το οικοσύστημά μας

Θα έχετε οπωσδήποτε ακούσει για την «εκρηκτική» αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού. Η εικόνα 26-4 δίνει τα σχετικά δεδομένα. Σημειώστε το ρυθμό αυξήσεως του πληθυσμού. Από πότε νομίζετε ότι ισχύει ο χαρακτηρισμός ως «εκρηκτικής» της αυξήσεως του πληθυσμού; Όταν παρατηρείτε τώρα το ρυθμό αυξήσεως βλέπετε μία γραμμή που σχεδόν ανέρχεται κατακόρυφα.

Ο ανθρώπινος πληθυσμός αυξάνει περίπου κατά 2% κάθε χρόνο. Αυτό δεν φαίνεται να είναι πολύ. Όμως το 2% έχει προσθετική επίπτωση, ακριβώς όπως το επιτόκιο σε ένα τραπεζικό λογαριασμό αποταμιεύσεως. Με το ρυθμό αυτό αυξήσεως ο πληθυσμός θα διπλασιασθεί σε 35 περίπου χρόνια. Η περίοδος αυτή ονομάζεται χρόνος διπλασιασμού (ΧΔ) του πληθυσμού.

Ο ρυθμός αυξήσεως του πληθυσμού δεν είναι ο ίδιος σε όλες τις χώρες. Για παράδειγμα, ο ΧΔ στην Ανατολική Γερμανία είναι 233 χρόνια. Ενώ στη Δυτική Γερμανία είναι 117 χρόνια. Ο ΧΔ στη Φιλανδία, Αυστρία και Βέλγιο είναι 175 χρόνια. Τόσο η Ρωσία όσο και οι ΗΠΑ έχουν ΧΔ ίσο με 70 χρόνια. Οι Ινδίες και η Αφρική θα μπορούσαν να διπλασιάσουν τον πληθυσμό τους σε 27 χρόνια. Το Πακιστάν, οι Φιλιππίνες, το Μεξικό και η Κολομβία έχουν ΧΔ ίσο προς 21 χρόνια μόνο. Σε πολύ λίγες περιοχές του κόσμου υπάρχει μείωση του πληθυσμού.

Γιατί οι άνθρωποι ενδιαφέρονται για το

Βιολογία Περιληπτικά



Ποιος ερευνά; Τι ερευνά;

Η βιολόγος της φωτογραφίας δείχνει να διασκεδάζει με την εργασία της. Πραγματικά διασκεδάζει. Είναι η Δρ. Βεατρίκη Ε. Βίλλαρντ και η εργασία της είναι να παρατηρεί ανθρώπους. Σηκώνει φράκτες γύρω από πειραματικούς αγρούς στα εθνικά πάρκα και οι άνθρωποι κάνουν τα υπόλοιπα (προσέξτε το φράκτη από σωλήνα στη φωτογραφία).

Ο αυξανόμενος ανθρώπινος πληθυσμός οδηγεί όλο και μεγαλύτερο αριθμό επισκεπτών στα εθνικά πάρκα. Τα πλήθη ξεφεύγουν από τα καθορισμένα μονοπάτια και ποδοπατούν τα αυτοφυή φυτά. Στο εθνικό πάρκο των Βραχωδών Ορέων, στις ΗΠΑ, όπου έχει τραβηχθεί η φωτογραφία αυτή, η Δρ. Βίλλαρντ ερευνά τις βλάβες σε φυτά της ζώνης ανωτέρων υψομέτρων, που είναι γνωστή ως τούνδρα. Περιβάλλει με φράκτες μερικά

μέγεθος του ανθρώπινου πληθυσμού; Γιατί μεταβάλλομε το περιβάλλον μας, ώστε να ταιριάξει στις ανάγκες μας. Τα αποθέματα τροφής είναι δυνατόν ακόμη να αυξηθούν. Περιοχές που δεν είναι πυκνοκατοικημένες είναι δυνατόν να απορροφήσουν περισσότερους κατοίκους. Περιληπτικά, ο ανθρώπινος πληθυσμός έχει πάντοτε λύσει τουλάχιστον μερικά από τα προβλήματα της αναπτύξεώς του.

Αν όμως ο πληθυσμός διπλασιασθεί τα επόμενα 35 χρόνια, θα απαιτούνται δύο φορές περισσότερα υλικά και ενέργεια; για να διατηρηθεί το σημερινό επίπεδο ζωής. Σε παγκόσμια βάση το επίπεδο δεν είναι τόσο υψηλό. Ακόμη, καταβάλλεται πάντοτε προσπάθεια να ανεβεί το επίπεδο και γι' αυτό χρειάζονται όλο και περισσότερα υλικά και ενέργεια. Οι μεγαλύτερες αυξήσεις στη χρήση υλικών και ενέργειας ίσως προέλθουν όχι από τις αναπτυσσόμενες χώρες αλλά από χώρες, όπως οι ΗΠΑ, που έχουν ήδη αναπτυχθεί

από τα φυτά αυτά. Οι άνθρωποι είναι φυσικά συνηθισμένοι στους περιφραγμένους χώρους. Μαζεύονται γύρω από τους φράκτες της Δρ. Βίλλαρντ, προσπαθώντας να καταλάβουν τι μελετούν οι επιστήμονες εντός των περιφραγμένων περιοχών. Η Δρ. Βίλλαρντ μελετά και τις δύο πλευρές της περιφραγμένης περιοχής, και την μέσα και την έξω. Οι ίδιοι οι άνθρωποι αποτελούν την παράμετρο που μελετά. Η Δρ. Βίλλαρντ παρατηρεί τα μέρη από όπου περνούν χιλιάδες ζευγάρια ποδιών, που ανήκουν στους επισκέπτες. Τα φυτά, που είναι έξω από τους φράκτες, υφίστανται σε μικρό χρονικό διάστημα βλάβες. Εμφανίζονται γυμνές περιοχές και τα μονοπάτια αρχίζουν να καταστρέφονται.

Όταν τα φυτά έξω από τους φράκτες υποστούν τη φθορά μιας περιόδου διακοπών, η Δρ. Βίλλαρντ μετακινεί το φράκτη προς τα έξω, ώστε να συμπεριλάβει τις περιοχές που υπέστησαν τις βλάβες. Κατόπιν αρχίζει η μελέτη του χρόνου που απαιτείται από τα διάφορα είδη φυτών, για να επανακάμψουν από τις βλάβες που υπέστησαν από την κυκλοφορία των ανθρώπων.

Ορισμένα μονοπάτια όπου απαγορεύθηκε η δίοδος δεν επανήλθαν στην πλήρη αρχική τους μορφή ακόμη και μετά από 20 χρόνια. Αυτό σας επιτρέπει να αντιληφθείτε το μέγεθος του προβλήματος. Ο πληθυσμός εξακολουθεί να αυξάνει και ο αριθμός των επισκεπτών στα εθνικά πάρκα αυξάνει επίσης.

Υπάρχουν ακόμη περιοχές, όπου δεν οδηγούν δρόμοι προσπελάσεως. Και μερικές δεν έχουν ούτε καν μονοπάτια. Όμως ακόμη και στις περιοχές αυτές ο αριθμός των ατόμων που επιχειρεί να τις εξερευνήσει με σακίδια και μουλάρια ξεπερνά τις αρχικές εκτιμήσεις και πρέπει τώρα να υπάρξει έλεγχος.

Ασφαλτοστρωμένοι δρόμοι φέρνουν τους επισκέπτες στα εθνικά πάρκα και τους καθοδηγούν σε ασφαλτοστρωμένες περιοχές σταθμεύσεως. Και γι' αυτό καταφθάνουν κάθε χρόνο όλο και περισσότεροι. Αν είσαστε στη θέση της Δρ. Βίλλαρντ, τι λύση θα προτείνατε για το συνωστισμό αυτό και για τις αυξανόμενες επιβλαβείς επιπτώσεις στα εθνικά πάρκα;

(εικόνα 26-5). Το κατά πόσο οι άνθρωποι είναι σε θέση να παράγουν τόσο μεγάλες ποσότητες τροφής, οικοδομικών υλικών, καταναλωτικών προϊόντων, καυσίμων και ενέργειας είναι ένα συχνά αμφισβητούμενο σημείο. Άλλοι είναι πολύ απαισιόδοξοι για τις δυνατότητες. Άλλοι είναι αρκετά αισιόδοξοι. Οι αποφάσεις που πρέπει να παρθούν είναι αποφάσεις προτεραιοτήτων. Για παράδειγμα, αν η ποιότητα ζωής έχει προτεραιότητα, τότε ο χώρος, τα όρια μολύνσεως και περισσότεροι πόροι ανά άτομο είναι οι σπουδαιότεροι παράγοντες. Η αυξανόμενη μόλυνση θα εξελιχθεί σε θέμα για το οποίο θα πρέπει να ληφθούν μέτρα. Αν η αύξηση του πληθυσμού εξακολουθήσει να προωθείται για λόγους βιομηχανικής και οικονομικής αναπτύξεως, τότε η ποιότητα ζωής κάθε ατόμου δεν είναι δυνατόν να διατηρηθεί σε υψηλό επίπεδο.

Όταν αργότερα θα ξανασκεφθείτε τα θέματα αυτά, θα έχετε να προσθέσετε τις δικές

σας απόψεις. Οι ίδιες ανθρώπινες αξίες θα αμφισβητούνται, όταν η ηλικία σας θα έχει διπλασιασθεί. Τότε θα υπάρχουν περισσότεροι άνθρωποι. Οι βιολόγοι θα έχουν δημοσιεύσει περισσότερες μελέτες όσον αφορά στους παράγοντες που ρυθμίζουν την αύξηση του πληθυσμού σε άλλα ζώα. Οι άνθρωποι θα συνεχίσουν να εφευρίσκουν νέους τρόπους σχεδιασμού για τον τρόπο ζωής, για την αύξηση της παραγωγής τροφής, για την εξεύρεση εναλλακτικών πηγών ενέργειας, και θα είναι βέβαιοι για το μέλλον. Όμως θα έχετε σημειώσει ότι περιοχές, που συνηθίζατε να πηγαίνετε εκδρομές, θα έχουν γίνει προάστια με οικήματα, οικογένειες, σχολεία και εμπορικά κέντρα.

Τότε, αν όχι από τώρα, θα αντιληφθείτε γιατί οι βιολόγοι μελετούν τους πληθυσμούς. Στη φύση η αναπαραγωγή αντισταθμίζει τους κινδύνους. Η φυσική επιλογή προχωρεί με τρόπους που εξασφαλίζει την αντικατάσταση. Οι αναπαραγωγικές διαδικασίες παρέχουν περισσότερους απογόνους από τον αριθμό των γονέων τους. Σε μερικά ζώα μία και μοναδική πράξη αναπαραγωγής αποδίδει από αρκετούς έως και χιλιάδες απογόνους. Στους ανθρώπους το πρότυπο είναι ένας απόγονος κάθε φορά εκτός από εξαιρέσεις. Η φυσική επιλογή έχει αντισταθμίσει το χαμηλό ρυθμό αναπαραγωγής του ανθρώπου παρέχοντας ένα επιμηκυσμένο χρόνο προστατευμένης αναπτύξεως των νεαρών ατόμων. Επίσης οι κίνδυνοι για τους απογόνους κάθε ατόμου έχουν μειωθεί. Λόγω της αναπτύξεως της επιστήμης και της ιατρικής μόνο ένα μικρό ποσοστό των παιδιών χάνονται σήμερα από πείνα, αρρώστιες ή ατυχήματα. Ως αποτέλεσμα, κάθε γενιά αντικαθίσταται από μία μεγαλύτερη.

Ο ανθρώπινος πληθυσμός φαίνεται ότι έχει απεριόριστη δυνατότητα επεκτάσεως. Ο κόσμος όμως δεν επεκτείνεται. Χώρος, νερό, γη κατάλληλη για παραγωγή τροφής, απαιτούμενα υλικά και κυρίως πηγές ενέργειας είναι περιορισμένα. Κάποια ημέρα, στο μέλλον, ένας αυξανόμενος πληθυσμός θα φθάσει ένα από τα όρια αυτά. Είναι απλά προβλήματα αριθμητικής, που η επιστήμη δεν μπορεί να λύσει με καινούργιες διαδικασίες. Οποιεσδήποτε βελτιώσεις θα βρεθούν τελικά αντιμέτωπες με τα όρια χώρου και αποθεμάτων ακατεργάστων υλικών.

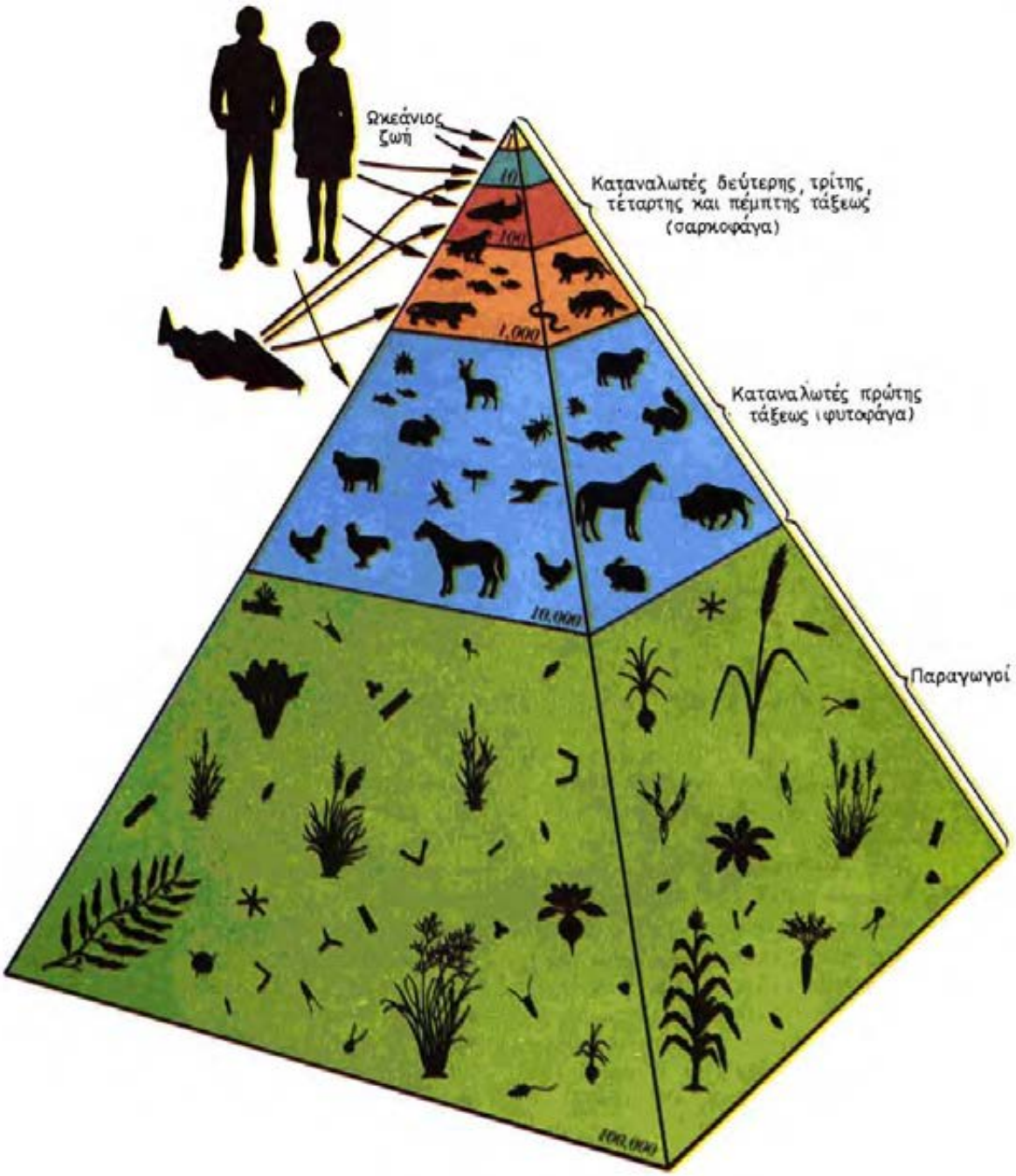
Τι θα αποφασίσουν τότε οι άνθρωποι;

Είναι ασφαλές να υποθέσομε ότι ο παγκόσμιος πληθυσμός θα εξακολουθήσει να αυξάνει για το προσεχές μέλλον. Οι ερωτήσεις για τη μελλοντική ανάπτυξη θα πυκνώσουν. Θα πρέπει να ληφθούν δύσκολες πολιτικές αποφάσεις. Οι μελέτες των βιολόγων με τα ζώα δεν είναι δυνατό να δώσουν όλες τις πληροφορίες που απαιτούνται για την αντιμετώπιση όλων αυτών των προβλημάτων όσον αφορά στα ανθρώπινα όντα.

26-4
Τροφικές πυραμίδες υπάρχουν στα οικοσυστήματα

Σε κάθε οικοσύστημα υπάρχει μεγαλύτερη προσφορά οργανισμών, που χρησιμοποιούνται ως τροφή από αυτούς που τους τρώνε. Γενικά χρειάζεται δεκαπλάσια μάζα οργανισμών, που χρησιμοποιούνται ως τροφή από τη μάζα του οργανισμού, που τους χρησιμοποιεί ως τροφή. Η σχέση αυτή διατηρείται όσο ένας οργανισμός βρίσκεται στη ζωή. Ένας από τους λόγους αυτής της 10 προς 1 σχέσεως είναι η μη υψηλά αποδοτική χρησιμοποίηση των υλικών και ενέργειας από τον οργανισμό που χρησιμοποιεί την τροφή. Συνήθως ένας οργανισμός δεν τρώει όλα τα μέρη του άλλου. Μία αγελάδα τρώει μόνο τις κορυφές του χόρτου. Ένα λιοντάρι τρώει τα εσωτερικά μόνο του θύματός του και αφήνει τα υπόλοιπα. Ακόμη, στις περισσότερες περιπτώσεις δεν είναι δυνατό να πεφθούν όλα τα τμήματα που έχουν χρησιμοποιηθεί ως τροφή. Μέρος των τμημάτων που πέπτονται χρησιμοποιείται για παραγωγή ενέργειας για τη λειτουργία του σώματος του οργανισμού. Μόνο ένα μικρό μέρος του οργανισμού που τρώγεται ενσωματώνεται στο σώμα του άλλου οργανισμού. Οι βιολόγοι αναπαριστούν τις σχέσεις αυτές υπό τη μορφή της τροφικής πυραμίδας.

Παρατηρήστε την εικόνα 26-6. Όπως βλέπετε, κανένα επίπεδο δεν έχει το ίδιο μέγεθος. Ένα ανώτερο επίπεδο ούτε καν πλησιάζει από απόψεως βιομάζας (ολική μάζα των οργανισμών) ένα κατώτερο επίπεδο. Όταν ένας πληθυσμός αυξάνεται τόσο πολύ, ώστε τα μέλη του να τρώνε όλη την άμεσα προσφερόμενη τροφή, ο λιμός εξαφανίζει τα μέλη του. Με τον τρόπο αυτό ρυθμίζεται ο αριθμός των ατόμων που είναι δυνατόν να υποστηριχθούν από την πυραμίδα.



Εικόνα 26-6 *Μία τυπική τροφική πυραμίδα. Κάθε επίπεδο είναι το ένα δέκατο της βιομάζας του κατώτερου επιπέδου. Τα υπόλοιπα εννέα δέκατα του κατώτερου επιπέδου: (α) Καταναλίσκονται ως τροφή, χρησιμοποιούνται ως ενέργεια ή απεκκρίνονται ως άχρηστα υλικά. (β) Καταναλίσκονται ως τροφή αλλά δεν είναι δυνατό να πεφθούν και γ) παραμένουν χωρίς να καταναλωθούν. Σημειώστε ότι μερικοί οργανισμοί είναι δύσκολο να τοποθετηθούν σε ένα και μόνο επίπεδο. Παράδειγμα, οι άνθρωποι ή ο βακαλάος στα αριστερά. Ακόμη και ο αετός, που φαίνεται κοντά στην κορυφή της πυραμίδας (πλάι στον αριθμό 100) ανήκει στα δύο επίπεδα στα οποία εκτείνεται το σώμα του. Τα ζώα αυτά και πολλά άλλα διατρέφονται με οργανισμούς διαφόρων κατωτέρων επιπέδων.*

Σημειώστε ότι η τροφική πυραμίδα που φαίνεται στην εικόνα 26-6 απεικονίζει τη σχέση 10 προς 1 από επίπεδο σε επίπεδο. Στο κάτω μέρος της πυραμίδας βρίσκονται οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί, οι βασικοί παραγωγοί τροφής ή αυτότροφοι οργανισμοί. Μόνο το 1/10 της βιομάζας τους ισοδυναμεί προς τη βιομάζα των καταναλωτών πρώτης τάξεως (των φυτοφάγων οργανισμών). Οι καταναλωτές πρώτης τάξεως βρίσκονται στο δεύτερο επίπεδο της πυραμίδας. Στο τρίτο επίπεδο βρίσκονται οι καταναλωτές δεύτερης τάξεως. Ένας καταναλωτής δεύτερης τάξεως είναι ένα σαρκοφάγο, που τρώει φυτοφάγα. Μόνο το 1/10 της βιομάζας των φυτοφάγων ισοδυναμεί με τη βιομάζα των καταναλωτών δεύτερης τάξεως. Αυτή η γενική σχέση βιομάζας ισχύει όπως ανερχόμαστε από το ένα επίπεδο στο επόμενο της πυραμίδας. Μόνο το κάτω μέρος της πυραμίδας αποτελείται από αυτότροφους οργανισμούς.

Υπάρχουν πάρα πολλά άλλα παραδείγματα της αναλογίας 10 προς 1 για τη βιομάζα τροφής των καταναλωτών. Μία αγελάδα κρεατοπαραγωγής κερδίζει 1 κιλό βάρους για κάθε 6 κιλά τροφής (μίγμα δημητριακών και χόρτου) που τρώει. Όρνιθες και γαλοπούλες κερδίζουν 1 κιλό βάρους για κάθε 2 κιλά τροφής που τρώνε. Οι προφανώς καλύτερες αυτές αποδόσεις από το μέσο όρο (τη σχέση 10 προς 1) είναι παραπλανητικές. Οι αποδόσεις αυτές δεν δείχνουν ότι η τροφή στις περιπτώσεις αυτές είναι εξαιρετικά επιλεγμένη. Οι αγελάδες που τρέφονται με δημητριακά δεν χρησιμοποιούν περισσότερο από το 50% της βιομάζας των φυτών από την οποία ξεχωρίζεται η τροφή τους. Γι' αυτό η σχέση στην περίπτωση της αγελάδας είναι 12 προς 1. Παρομοίως η τροφή για τις όρνιθες είναι το 25% περίπου της αρχικής βιομάζας των φυτών. Η σχέση τροφής ορνίθων πρέπει να πολλαπλασιασθεί επί 4, οπότε φθάνει τη σχέση 8 προς 1.

Στη φύση, σχέσεις 20 προς 1 και 30 προς 1 δεν είναι ασυνήθιστες για σαρκοφάγα, που χρησιμοποιούν πολύ ενέργεια για την ανεύρεση της τροφής τους. Ειδικότερα στους ωκεανούς, όπου φθάνουν καταναλωτές τρίτης, τέταρτης, πέμπτης και έκτης τάξεως, τροφικές σχέσεις, που εκτείνονται διά μέσου πολλών επιπέδων, οδηγούν σε εκπληκτικά υψηλές σχέσεις. Από μερικούς υπολογισμούς έχει προσδιορισθεί, για παράδειγμα, ότι 100.000 κιλά φυκών χρειάζονται για την παραγωγή 1 έως 5 κιλών βακαλάου. Η επακριβής τροφική σχέση είναι δύσκολο να προσδιορισθεί, γιατί ο βακαλάος είναι μικτός καταναλωτής δεύτερης, τρίτης και τέταρτης τάξεως. Οι νεαροί βακαλάοι, που είναι καταναλωτές δεύτερης και τρίτης τάξεως τρέφονται με μικροσκοπικά ζώα, που τρώνε το ένα το άλλο και με φωτοσυνθετικά φύκη του ωκεανού. Μεγαλύτερης ηλικίας βακαλάοι τρέφονται και με τον τρόπο αυτό αλλά και με άλλους ιχθείς που τρέφονται με νεαρά άτομα βακαλάου. Το παράδειγμα του βακαλάου δείχνει πόσο δύσκολο είναι να προσδιορίσει κανείς τη θέση ενός οργανισμού στην τροφική πυραμίδα. Οι σχέσεις διατροφής είναι δυνατό να είναι πολύ περίπλοκες.

Οι άνθρωποι επίσης έχουν μικτή διατροφή. Καθώς τρώτε μία πίτσα, γίνεσθε καταναλωτής πρώτης, δεύτερης και τρίτης τάξεως συγχρόνως. (Οι σαρδέλες της πίτσας σε κάνουν καταναλωτή τρίτης τάξεως). Οι άνθρωποι είναι πολλαπλοί καταναλωτές, από την πρώτη τάξη (φρούτα και λαχανικά), τη δεύτερη (μοσχαρίσιο και χοιρινό κρέας, κοτόπουλα, τυρί κ.λπ.) έως και την τρίτη, τέταρτη και πέμπτη τάξη (βακαλάος, άλλοι ωκεάνιοι ιχθείς και θαλασσινά).

Όλο και περισσότεροι οργανισμοί όλων των ειδών μελετώνται από τους βιολόγους κάθε χρόνο για πρόσκτηση περισσοτέρων δεδομένων για τις τροφικές σχέσεις. Η σχέση 10 προς 1 όσον αφορά τη βιομάζα της τροφικής πυραμίδας δεν έχει αλλάξει παρόλες τις μελέτες. Η σχέση αυτή, ως μέσος όρος που είναι, είναι πιο χρήσιμη από απομονωμένα παραδείγματα ενός οργανισμού και της τροφής που καταναλίσκει. Αλλά ποιες είναι οι επιπτώσεις της σχέσεως αυτής για τον ανθρώπινο πληθυσμό;

Πρώτα - πρώτα μπορούμε να είμαστε πιο αποδοτικοί ενεργειακώς ως φυτοφάγοι (καταναλωτής πρώτης τάξεως). Όταν τρώμε φυτά, είναι δυνατόν να υποστηρίζομε τροφικά 10 φορές περισσότερα άτομα από όσα, αν δώσομε τα φυτά σε μία αγελάδα και ύστερα καταναλώσομε την αγελάδα. Δεν μπορούμε να πέψομε την κυτταρίνη των χόρτων και άλλων φυτών. Μπορούμε όμως να πέψομε το άμυλο και τις πρωτεΐνες των σπόρων. Μερικοί (ιδίως φυτοφάγοι) υποστηρίζουν ότι θα

πρέπει να τρώμε τα δημητριακά που δίνομε στις αγελάδες και να σταματήσομε να τις μεγαλώνομε και να τις σκοτώνομε. Όπως η ερώτηση για τον αυξανόμενο πληθυσμό, έτσι και σε αυτό το θέμα που συνδέεται με την τροφή είναι δύσκολο να δοθεί απάντηση ξεκάθαρα, δηλαδή σωστό ή λάθος. Για παράδειγμα, έχομε μάθει να μας αρέσει το κρέας και να δίνομε στα γεύματά μας και στην τροφή μας περισσότερη σημασία από την απλή αξία της για επιβίωση. Τα προβλήματα αυξήσεως και διατροφής του πληθυσμού δεν είναι εύκολο να επιλυθούν. Ποια πιστεύετε ότι είναι τα πιο σπουδαία σημεία;

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι τροφικές σχέσεις είναι ο κύριος παράγοντας που ρυθμίζει το μέγεθος ενός πληθυσμού κάθε είδους οργανισμού σε ένα οικοσύστημα. Μία απλή τροφική αλυσίδα με φωτοσυνθέτοντες οργανισμούς, γαριδόμορφα ζώα που τρέφονται με αυτούς, μεγάλες γαλάζιες φάλαινες που τρώνε τα μικρά αυτά ζώα και σαρκοφάγα ζώα που τρέφονται από τα πτώματα των φαλαινών παρουσιάζει τις τροφικές αυτές σχέσεις.

Η τροφή δεν είναι ο μόνος παράγοντας που επιδρά στο μέγεθος ενός πληθυσμού. Κάθε άλλος αναγκαίος παράγοντας για τη ζωή ενός οργανισμού είναι δυνατόν επίσης να αποτελέσει οριακό παράγοντα, αν υπάρχουν όρια στο απόθεμά του. Οι βιολόγοι έχουν κάνει πολλά πειράματα με ομάδες ζώων, για να βρουν ποια είδη περιβαλλοντικών πιέσεων επιδρούν σε αυξανόμενους πληθυσμούς και πώς αντιδρούν οι πληθυσμοί. Τα αποτελέσματα παρέχουν πληροφορίες, αλλά δεν είναι δυνατόν να προεκταθούν απευθείας στην περίπτωση της αυξήσεως του ανθρώπινου πληθυσμού.

Ο ανθρώπινος πληθυσμός είναι δυνατόν να μελετηθεί από απόψεως τροφικής πυραμίδας. Αν η τροφή αποτελέσει οριακό παράγοντα για την αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού, μία αλλαγή προς διαιτολόγιο φυτοφαγίας θα είναι δυνατόν να θρέψει περισσότερα άτομα από διαιτολόγιο με βάση το κρέας. Αλλά τότε πολλά σπουδαία θέματα ποιότητας ζωής πρέπει να αναθεωρηθούν. Οι βιολόγοι μόνον είναι δυνατόν να παρέχουν δεδομένα για τέτοιες αναθεωρήσεις.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

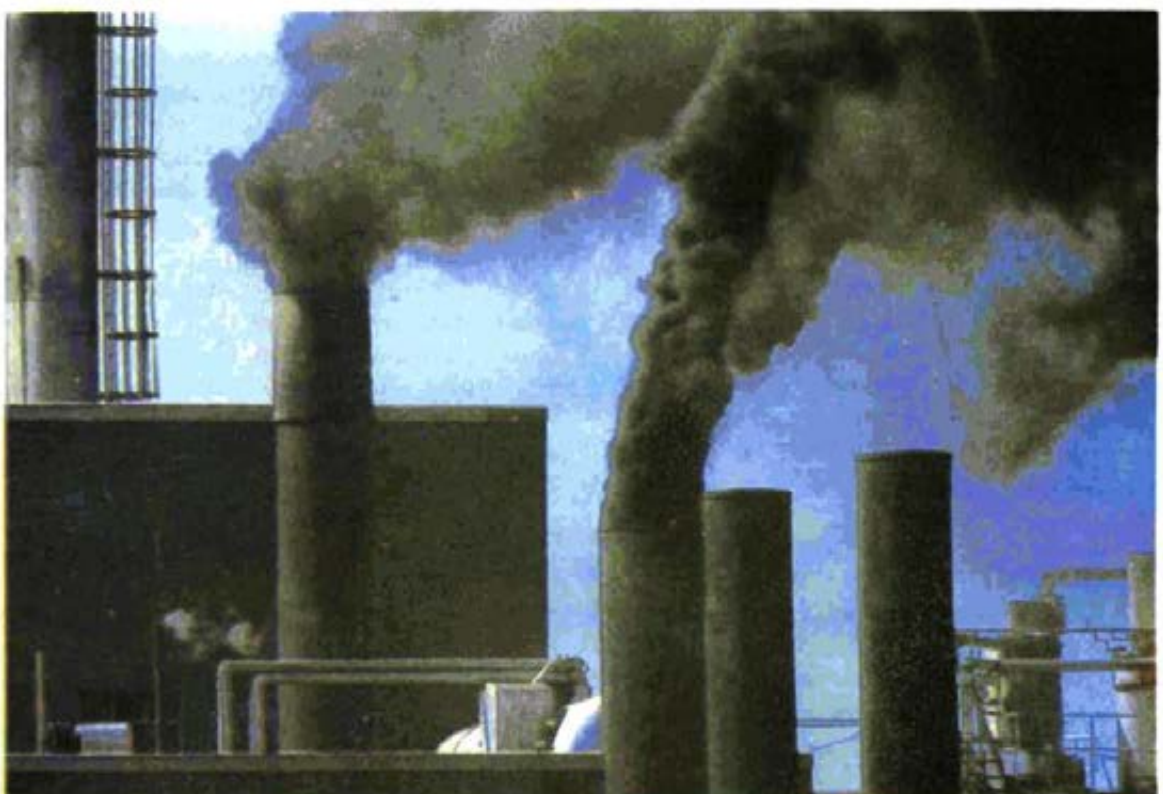
1. Περιγράψτε δύο ή περισσότερες τροφικές αλυσίδες, που οδηγούν σ' εσένα. Και για τις δύο αρχίστε από φωτοσυνθέτοντα φυτά.
2. Αν οι τροφικές αλυσίδες της ερωτήσεως 1 δεν αλληλοεπικαλύπτονται, περιγράψτε άλλες που να αλληλοεπικαλύπτονται. Τοποθετήστε όλες αυτές τις τροφικές αλυσίδες μαζί στη βάση ενός τροφικού πλέγματος. Μπορείτε να συνεχίσετε να προσθέτετε στο πλέγμα;
3. Ποιες είναι οι αιτίες της υπάρξεως της τροφικής σχέσεως 10 προς 1 σε μία τροφική πυραμίδα;
4. Είναι ένας καταναλωτής πρώτης τάξεως ένα φυτοφάγο ή ένα σαρκοφάγο ζώο;
5. Λαμβάνοντας υπόψη όλες τις τροφές που τρώτε, σε πόσα επίπεδα τροφικής πυραμίδας μπορείτε να τοποθετήσετε τον εαυτό σας;

Ροή υλικών και κύκλοι

26-5
Ανεπιθύμητα υλικά εισέρχονται στην τροφική πυραμίδα

Το περιβάλλον περιέχει πάντοτε πολύ περισσότερα υλικά από τα χρήσιμα για τη διατήρηση της ζωής. Σκεφθείτε όλα τα πράγματα που τώρα σας περιβάλλουν και που δεν είναι εδώδιμα. Άλλα βρίσκονται κάτω από το φλοιό της γης και κανονικά δεν θα μας απασχολούσαν, αν δεν ανοίγαμε ορυχεία, για να τα χρησιμοποιήσομε. Όταν τα υλικά αυτά έλθουν στην επιφάνεια, εισέρχονται στο έμβιο περιβάλλον.

Μία ολόκληρη νέα πηγή περιβαλλοντικών υλικών προέρχεται από την ανθρώπινη δραστηριότητα όχι μόνο της εξορύξεως από ορυ-

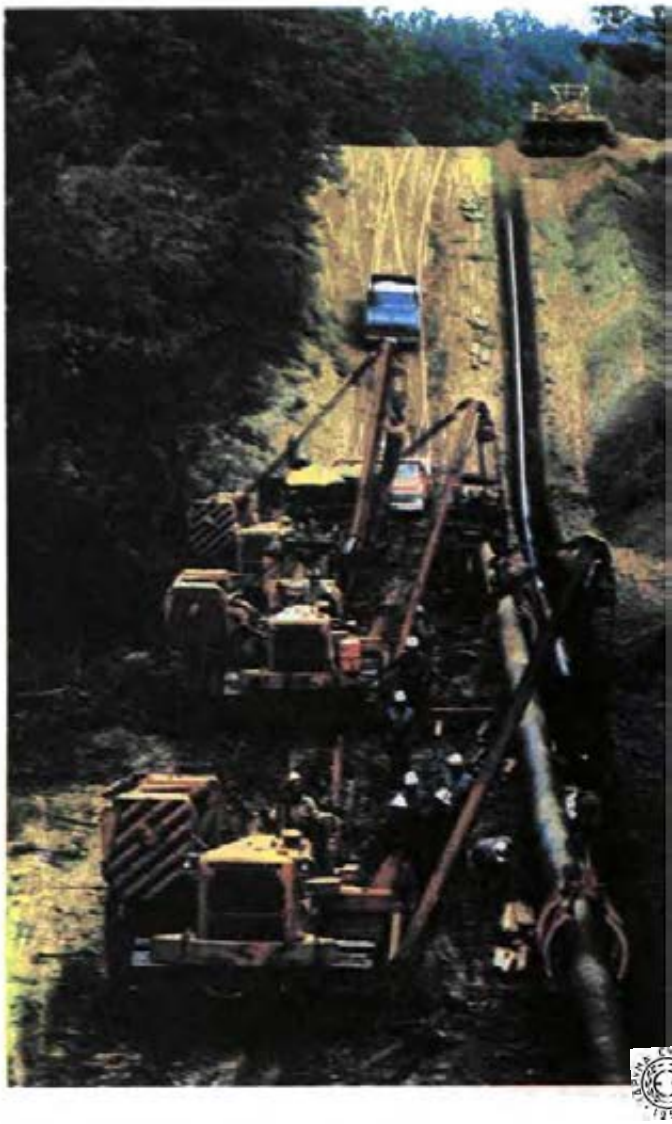












Εικόνα 26-7 *Τα θρεπτικά υλικά που εισέρχονται στην τροφική πυραμίδα αποτελούν μόνο μικρό ποσοστό όλων των υλικών του περιβάλλοντος. Άλλα υπήρχαν πάντοτε στη φύση και άλλα έχουν προστεθεί από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Η αύξηση της συγκεντρώσεως υπογείων υλικών στην επιφάνεια της γης αποτελεί μία μορφή προσθήκης λόγω ανθρώπινης δραστηριότητας. Η δημιουργία νέων υλικών από τη βιομηχανία και η παραγωγή αχρήστων υλικών κατά τις διαδικασίες παραγωγής τους έχουν πολλαπλασιάσει τα υλικά του περιβάλλοντος. Ο ηλεκτρισμός υψηλής τάσεως και τα κύρια καύσιμα (άνθρακας, πετρέλαιο και φυσικό αέριο) έχουν καταστήσει την ενέργεια προσιτή στον καθένα. Όλες αυτές οι δραστηριότητες δεν έχουν αλλάξει μόνο το περιβάλλον, αλλά έχουν εισαγάγει και απρόβλεπτα υλικά στην τροφική πυραμίδα.*

χεία αλλά και από τη βιομηχανία (εικόνα 26-7). Πολύ περισσότερα από 100.000 υλικά εξορύσσονται ή κατασκευάζονται και χρησιμοποιούνται κάθε χρόνο. Άχρηστα αέρια και ελαφρά υλικά διαφεύγουν προς την ατμόσφαιρα μέσα από τις καπνοδόχους, τις στήλες καπνού, τις μηχανές των αεροπλάνων και τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων. Τα βαρύτερα υλικά τείνουν να συγκεντρώνονται στη γη, στα ρυάκια, στα παράλια νερά και στους ωκεανούς. Επειδή οι άνθρωποι είναι εφευρετικοί, η προσθήκη του είδους αυτού των υλικών μάλλον θα συνεχισθεί.

Πολλά από τα φυσικά υλικά που υπάρχουν στη γη αλλά και πάρα πολλά από αυτά που κατασκευάζονται είναι επιβλαβή για τους οργανισμούς. Μπορεί να προτιμάτε να νομίζετε ότι τα φυτά, τα ζώα και εσείς ο ίδιος μπορείτε να επιλέγετε από το περιβάλλον τα υλικά που χρειάζεσθε και να τα ξεχωρίζετε από τα άλλα. Μέχρις ενός βαθμού η άμυνα του οργανισμού σας το κάνει αυτό: Πώς, για παράδειγμα, η μύτη και η τραχεία σας διαχωρίζουν και απομακρύνουν υλικά από τον αέρα που αναπνέετε; Όμως ο διαχωρισμός αυτός δεν είναι δυνατός στο μοριακό επίπεδο για πολλά υλικά. Και μέσα από τον αέρα που αναπνέομε και μέσα από την τροφή που τρώμε παίρνομε συχνά υψηλά επίπεδα άλλων μη αναμενομένων υλικών.

Η τροφική αλυσίδα έχει μία διαφορετική ιστορία γι' αυτά τα μη θρεπτικά υλικά από εκείνη για τις θρεπτικές ουσίες και άλατα. Ας θεωρήσομε πρώτα τα μη θρεπτικά υλικά που απορροφώνται από φυτά στη βάση της πυραμίδας. Όταν τα φυτά απορροφήσουν υλικά, που δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν ή να αποβάλουν, τα υλικά αυτά παγιδεύονται στο έμβιο σύστημά τους. Καθώς τα φυτά τρώγονται, τα υλικά ανέρχονται την τροφική πυραμίδα. Τα μη θρεπτικά υλικά που απορροφώνται δεν μοιάζουν προς τις τροφικές ουσίες των φυτών. Δεν αποικοδομούνται ούτε χρησιμοποιούνται. Παραμένουν μόνο στα κύτταρα κάθε οργανισμού, που τα τρώει, επειδή τα φυτοφάγα τρέφονται με τόσα πολλά φυτά (θυμηθείτε το λόγο βιομάζας 10 προς 1), καταλήγουν να απορροφούν πολύ μεγαλύτερα ποσοστά μη θρεπτικών υλικών από όσα απορροφούν τα μεμονωμένα φυτά. Κατόπιν ένα σαρκοφάγο, που είναι ένας καταναλωτής δεύτερης τάξεως, τρώει τα φυτοφάγα. Αν χρησιμοποιήσετε πάλι τη σχέση 10 προς 1, τα σαρκοφάγα θα καταλήξουν να περιέχουν εκατονταπλάσια συγκέντρωση μη θρεπτικών ουσιών από ότι στην αρχική βιομάζα του φυτικού υλικού. Καθώς ανερχόμαστε την πυραμίδα, κάθε τροφική αλυσίδα συνεχίζεται προς καταναλωτές ανώτερου επιπέδου. Ο παράγοντας συγκεντρώσεως σε κάθε επίπεδο είναι συνήθως 10 (εικόνα 26-8). Γι' αυτό καταναλωτές τέταρτης ή πέμπτης τάξεως μπορεί να πάρουν μία «εξοντωτική» δόση κάποιων τοξικών ουσιών, που εισήλθαν στον αρχικό πληθυσμό των φυτών.

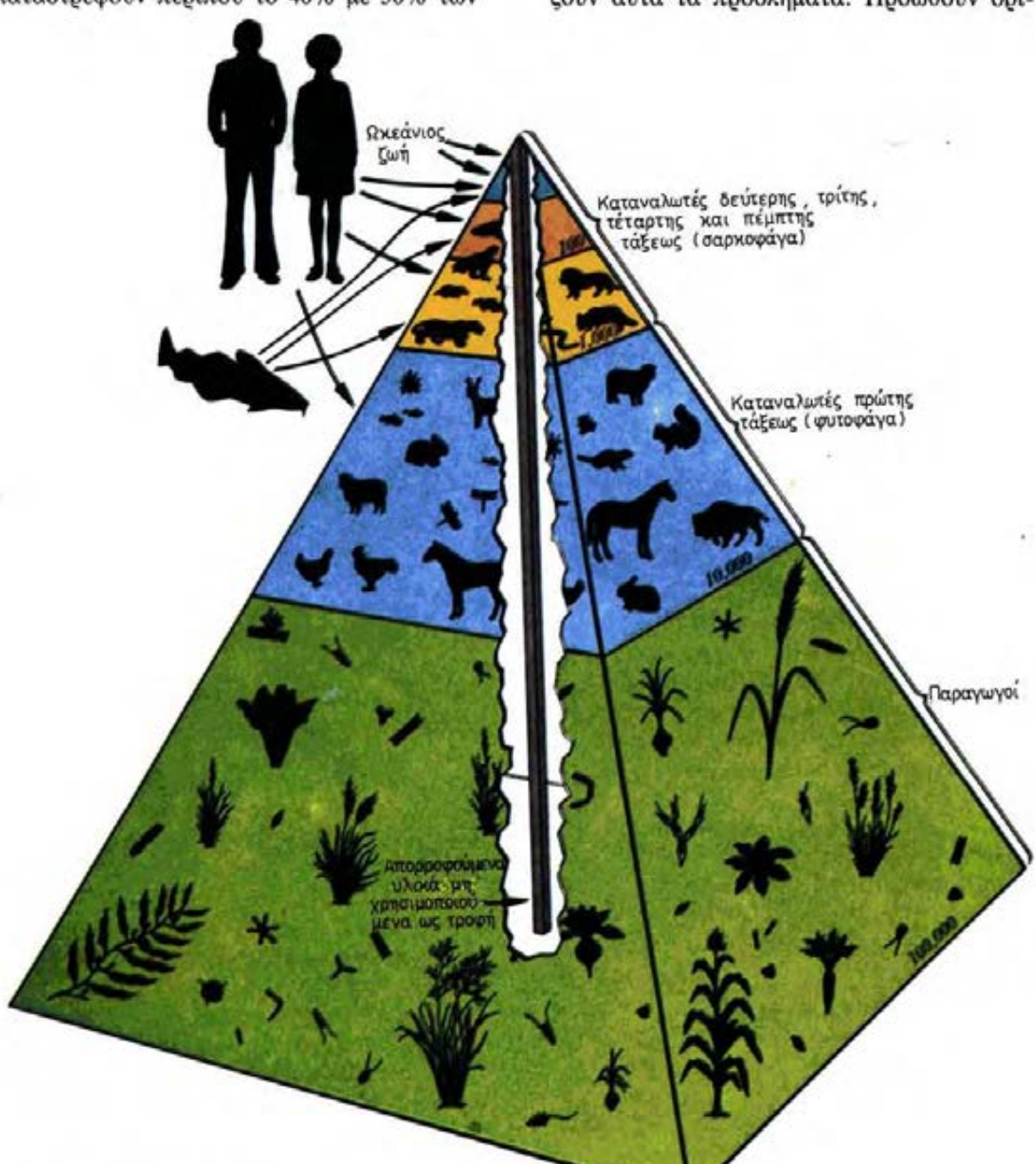
Αυτή είναι η βιολογική εξήγηση για το ότι δεν υπάρχουν «χαμηλά» ή «ασφαλή» επίπεδα στη χρήση τοξικών ουσιών στη βιομηχανία ή οπουδήποτε αλλού στο περιβάλλον. Όταν οι ουσίες αυτές απορροφηθούν από τα φυτά, συγκεντρώνονται δέκα φορές σε κάθε επίπεδο της τροφικής πυραμίδας, έως ότου φθάσουν σε «εξοντωτικές» συγκεντρώσεις στους καταναλωτές ανώτερης τάξεως.

Το εντομοκτόνο Ντι-ντι-τι αποτελεί ένα παράδειγμα. Το ίδιο και τα τοξικά προϊόντα της αποικοδομήσεώς του παραμένουν για πολύ χρόνο στο περιβάλλον. Μέχρι πριν από λίγα χρόνια το Ντι-ντι-τι χρησιμοποιόταν σε μεγάλη έκταση. Το φαινόμενο της συγκεντρώσεως έγινε κατανοητό κατά τη μελέτη της επιδράσεώς του. Η συγκέντρωση του Ντι-ντι-τι στους ιστούς των οργανισμών αυξανόταν περίπου 200 φορές, καθώς ανερχόμαστε την τροφική αλυσίδα από τα φύκη στα μύδια, τους κυπρίνους και από εκεί στους αλιαετούς, σύμφωνα με τα αποτελέσματα μιας μελέτης. Βρέθηκαν επίσης περιπτώσεις ανθρώπων που περιείχαν συγκεντρώσεις Ντι-ντι-τι όμοιες με αυτές των αλιαετών. Αλιαετοί, πελεκάνοι ακόμη και πιγκουίνοι της Ανταρκτικής τελικά δέχθηκαν τις επιπτώσεις του συγκεντρωμένου Ντι-ντι-τι. Το ίδιο και πολλοί άλλοι οργανισμοί. Σε μία περίπτωση μερικοί πληθυσμοί πτηνών σχεδόν εξοντώθηκαν, γιατί το Ντι-ντι-τι παρεμβαλλόταν στο σχηματισμό ισχυρών φλοιών γύρω από τα αυγά.

Σήμερα παράγονται τόσες πολλές μη τροφικές ουσίες, που το Υπουργείο Γεωργίας των Η.Π.Α. (που δοκιμάζει όλες τις ουσίες) έχει ένα σοβαρό πρόβλημα, που δεν είναι εύκολο να λυθεί. Φυτά που χρησιμοποιούνται ως τροφή επιβρέχονται ή επιπάσσονται απευθείας με εντομοκτόνα και γι' αυτό δημιουρ-

γείται μεγάλος κίνδυνος απορροφήσεως των ουσιών αυτών στην τροφική αλυσίδα. Μία απλή λύση θα ήταν να σταματήσει η χρήση τους. Αν όμως γίνει αυτό, δημιουργείται ένα άλλο πρόβλημα. Τα έντομα και οι μύκητες καταστρέφουν περίπου το 40% με 50% των καλλιεργειών θρεπτικών φυτών και δεν θα υπήρχε αρκετή τροφή για τη διατροφή του πληθυσμού μας.

Οι βιολόγοι που συμβουλεύουν τις βιομηχανίες και τις κυβερνητικές υπηρεσίες γνωρίζουν αυτά τα προβλήματα. Προωθούν ορι-



Εικόνα 26-8 *Καθώς οι τροφές χρησιμοποιούνται, τα υπολείμματα των υλικών της τροφικής πυραμίδας, των οποίων γίνεται απορρόφηση αλλά όχι και χρησιμοποίηση ως τροφών, αυξάνουν διαρκώς. Γιατί τα υλικά αυτά είναι συνήθως αβλαβή στο κάτω μέρος της πυραμίδας αλλά επιβλαβή στην κορυφή;*



Εικόνα 26-9 *Η επιστήμων αυτή μελετά ιστό του κερατοειδή χιτώνα ματιών, για να προσδιορίσει διάφορα χημικά, που πιθανόν να του προκαλούν βλάβες. Η πειραματική δοκιμασία που χρησιμοποιεί για τη συλλογή ενδείξεων βλαβών ονομάζεται κατανομή-μοριακού βάρους πρωτεΐνης.*

σμένες οδηγίες για όλα τα υλικά, προσπαθώντας να αποφύγουν τυχαία δηλητηρίαση του περιβάλλοντος. Οι οδηγίες αυτές, υπό μορφή ερωτήσεων, είναι οι εξής:

1. Έχουν τα υλικά χρησιμοποιηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα και έχει αποδειχθεί, από πείρα, ότι είναι αβλαβή;
2. Αν όχι, είναι δυνατό να αποδειχθεί πειραματικά ότι είναι αβλαβή σε πειραματόζωα, όταν δοθούν σε αυτά σε δόσεις ίσες ή μεγαλύτερες από τις αναμενόμενες στην κορυφή της τροφικής πυραμίδας;
3. Αν τα υλικά δεν είναι δυνατόν να αποδειχθεί πειραματικά ή από την πείρα ότι είναι αβλαβή (εικόνα 26-9), είναι δυνατόν να γίνουν αποικοδομήσιμα;

Η σχεδίαση αποικοδομουμένων υλικών αποβλέπει στη δυνατότητα διασπάσεώς τους, πριν ανέλθουν στην τροφική πυραμίδα. Φυσικά αποικοδομούμενα υλικά άποσυντίθενται με τη δράση του ηλιακού φωτός ή άλλων μη εμβίων διαδικασιών. Βιοαποικοδομούμενα υλικά αποσυντίθενται από μερικά είδη οργανισμών, που τρέφονται με τα νεκρά υπολείμματα των φυτών και των ζώων της τροφικής πυραμίδας.

Φυσικώς αποικοδομούμενα και βιοαποικοδομούμενα υλικά είναι ενδιαφέροντα, αλλά δημιουργούν ένα άλλο πρόβλημα. Οτιδήποτε προκύπτει από τη διάσπασή τους πρέπει να μελετηθεί όσον αφορά επιβλαβείς επιδράσεις. Το Ντι-ντι-τι και άλλο ένα εντομοκτόνο που χρησιμοποιείται εκτεταμένα έχουν επιβλαβή προϊόντα αποικοδομήσεως.

Τα τοξικά υλικά δεν είναι νέα. Φυσικώς παρατηρούμενα τοξικά προϊόντα υπάρχουν όσο υπάρχει ζωή. Οι άνθρωποι όμως φαίνεται ότι αυξάνουν τη συχνότητα με την οποία νέα υλικά ή ρυπαντές εισέρχονται στο περιβάλλον. Πολλοί μελετούν τα ύποπτα αυτά υλικά. Σχεδόν πάντοτε ο πιθανός κίνδυνος πρέπει να μελετηθεί σε συνδυασμό με το συγκεντρωτικό φαινόμενο που παρατηρείται στην τροφική πυραμίδα. Είμαστε ήδη ενήμεροι της συνεχιζόμενης χρήσεως των πιθανώς επικινδύνων εντομοκτόνων στα εδώδιδα φυτά με την απρόθυμη άδεια του υπουργείου Γεωργίας έως ότου βρεθούν ασφαλή, αποτελεσματικά εντομοκτόνα.

Κάθε ημέρα νέα μη τροφικά προϊόντα ανακαλύπτονται, που δημιουργούν νέες βιομηχανίες με νέες θέσεις εργασίας για νέους ανθρώπους σε ένα διαρκώς αυξανόμενο πληθυσμό. Και όλο και περισσότεροι άνθρωποι θα χρειάζονται ακόμη περισσότερη τροφή. Είναι δυνατόν να βρεθούν λογικές λύσεις στα νέα περιβαλλοντικά προβλήματα, που δημιουργούν τα νέα υλικά; Είναι φανερό ότι οι λύσεις δεν είναι απλές. Υπάρχουν θέματα

οικονομικά, προσωπικά, πολιτικά, περιβαλλοντικά, βιολογικά, που πρέπει να εξισσορροπηθούν από κάθε λύση που προτείνεται.

26-6
Η ανακύκλωση ανανεώνει τα αποθέματα των υλικών για τη ζωή

Χρειάζονται δημητριακά ή χαρτονομή για την παραγωγή βοδινού κρέατος. Για την ακρίβεια, όπως θα ανακαλείτε στη μνήμη σας, χρειάζονται ίσως περίπου 12 κιλά φυτών για την παραγωγή 1 κιλού βοδινού κρέατος. Δεν τρώγονται όλα τα μέρη των φυτών. Ό,τι τρώγεται προσδίδει βασικώς δύο πράγματα στην αγελάδα: υλικά και ενέργεια.

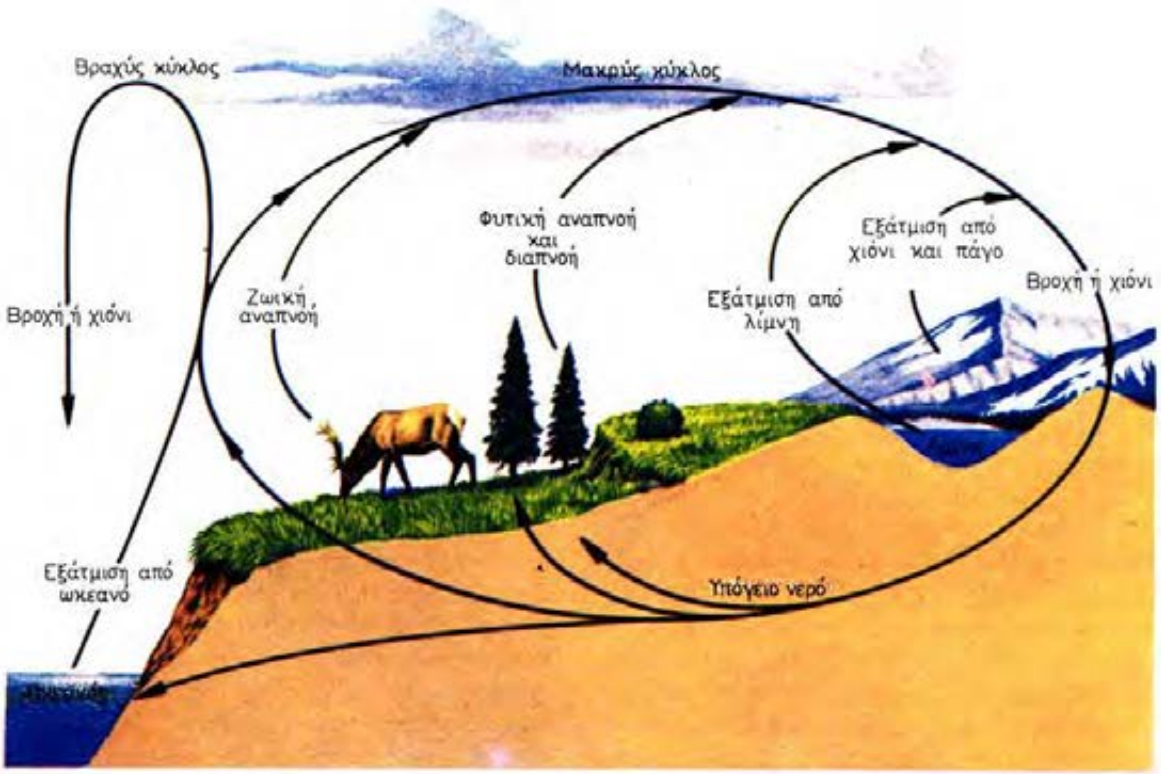
Κάθε φορά που θραύεται στην τροφή ένας δεσμός άνθρακα-υδρογόνου, εκλύεται ορισμένη ενέργεια. Μέρος της ενέργειας αυτής μπορεί να διατηρηθεί υπό χημική μορφή προς δημιουργία νέων ουσιών. Η ενέργεια όμως που χρησιμοποιείται για κίνηση ή χάνεται ως θερμότητα εγκαταλείπει το έμβιο σύστημα. Δεν είναι δυνατόν να επανασυληφθεί και να χρησιμοποιηθεί πάλι. Ένα μεγάλο μέρος ενέργειας χάνεται με τους τρόπους αυτούς σε κάθε ενεργειακή μετατροπή. Γι' αυτό η ροή ενέργειας στις τροφικές αλυσίδες και τα τροφικά πλέγματα της ζωής γίνεται προς μία κατεύθυνση: από τους παραγωγούς προς όλα τα επίπεδα των καταναλωτών και τελικά προς το περιβάλλον υπό μορφή κυρίως θερμότητας. Όταν η ενέργεια μετατρέπεται από τη χημική της μορφή, με την οποία βρίσκεται στις θρεπτικές ουσίες, τότε πρέπει να χρησιμοποιηθεί αμέσως, γιατί αλλιώς χάνεται στο περιβάλλον του οργανισμού. Δεν είναι δυνατόν να ανακυκλωθεί.

Τα υλικά όμως ανακυκλώνονται στη φύση. Τεμάχια από οργανικές χημικές ενώσεις της τροφής χρησιμοποιούνται για την παραγωγή άλλων χρησίμων οργανικών ουσιών ή αποικοδομούνται περισσότερο, έως ότου ολόκληρη η διαθέσιμη χημική ενέργεια αποκτηθεί και ο άνθρακας και το υδρογόνο ενωθούν με οξυγόνο. Το CO_2 και το H_2O αποδίδονται κατόπιν στον αέρα, στο έδαφος ή το νερό. Άζωτο, φώσφορος και άλλα υλικά αποδίδονται επίσης αναλόγως με το είδος των οργανικών ενώσεων που έχουν αποικοδομηθεί για παραγωγή ενέργειας.

Το H_2O εισέρχεται στον κύκλο νερού (εικόνα 26-10) και βρίσκεται στη διάθεση πάλι των οργανισμών υπό μορφή βροχής, εδαφικού νερού, λιμνών, ποταμών ή ωκεανών. Το άζωτο εισέρχεται στον κύκλο του αζώτου (εικόνου 26-11). Το CO_2 εισέρχεται στον κύκλο του άνθρακα κ.ο.κ. Το αποτέλεσμα είναι ότι τα άλατα, το CO_2 και το H_2O βρίσκονται πάλι υπό μορφή διαθέσιμη για τα φυτά και για τις νέες δραστηριότητες παραγωγής τροφής.

Σπουδαία τμήματα των κύκλων εξαρτώνται από οργανισμούς, που καταναλώνουν μέρη φυτών και ζώων τα οποία δεν έχουν προηγουμένως χρησιμεύσει ως τροφή ή δεν έχουν πεφθεί. Σε κάθε επίπεδο της τροφικής πυραμίδας μέρος της βιομάζας τροφής δεν χρησιμεύει ως τροφή από τους καταναλωτές· μέρη φυτών, οστά ζώων, δέρμα, τρίχωμα και μερικά εσωτερικά όργανα παραμένουν. Και στην κορυφή της πυραμίδας ακόμη και το πιο προσαρμοσμένο σαρκοφάγο τελικώς πεθαίνει. Όταν γίνει αυτό, αποδίδει τα υλικά και την ενέργειά του στη βιομάζα των άλλων οργανισμών, που παραμένει, γιατί δεν έχει χρησιμοποιηθεί ως τροφή. Όλα αυτά τα υπολείμματα ζώων και φυτών, μαζί μερικά άχρηστα αζωτούχα παράγωγα και άπεπτες τροφές που απορρίπτονται από άλλα ζώα χρησιμοποιούνται από τους αποσυνθέτες. Οι αποσυνθέτες είναι οργανισμοί, συνήθως μικροοργανισμοί του εδάφους και του νερού, που ζουν σε οργανικές ουσίες που αποσυνθέτουν. Άλλα περιλαμβάνουν επίσης και τους εδώδιμους και δηλητηριώδεις μύκητες, καθώς συγγενείς μύκητες, που αναπτύσσονται σε νεκρούς ή απονεκρούμενους κορμούς δένδρων. Στην περίπτωση που παραμένουν σημαντικές ποσότητες υπολειμμάτων, οι γύπες, τα τσακάλια, οι προνύμφες μυγών και άλλων εντόμων, προηγούνται των αποσυνθετών στη χρησιμοποίηση των υπολειμμάτων ως τροφής.

Οι κορμοί δένδρων αποικοδομούνται από μύκητες και άλλους οργανισμούς. Τα φύλλα των δένδρων μαζί με άλλα φυτικά μέρη των ζώων αποικοδομούνται από μεγαλύτερους και κατόπιν μικρότερους οργανισμούς. Τα υλικά που απελευθερώνονται από τη βιομάζα των φυτών και των ζώων, που αποσυντίθενται, επιστρέφουν από διάφορους δρόμους στον αέρα, τη γη και το νερό. Βρίσκονται πάλι εκεί που ήταν προτού απορροφηθούν από τα φυτά και χρησιμοποιηθούν για τη σύνθεση των οργανικών ουσιών που αποικο-



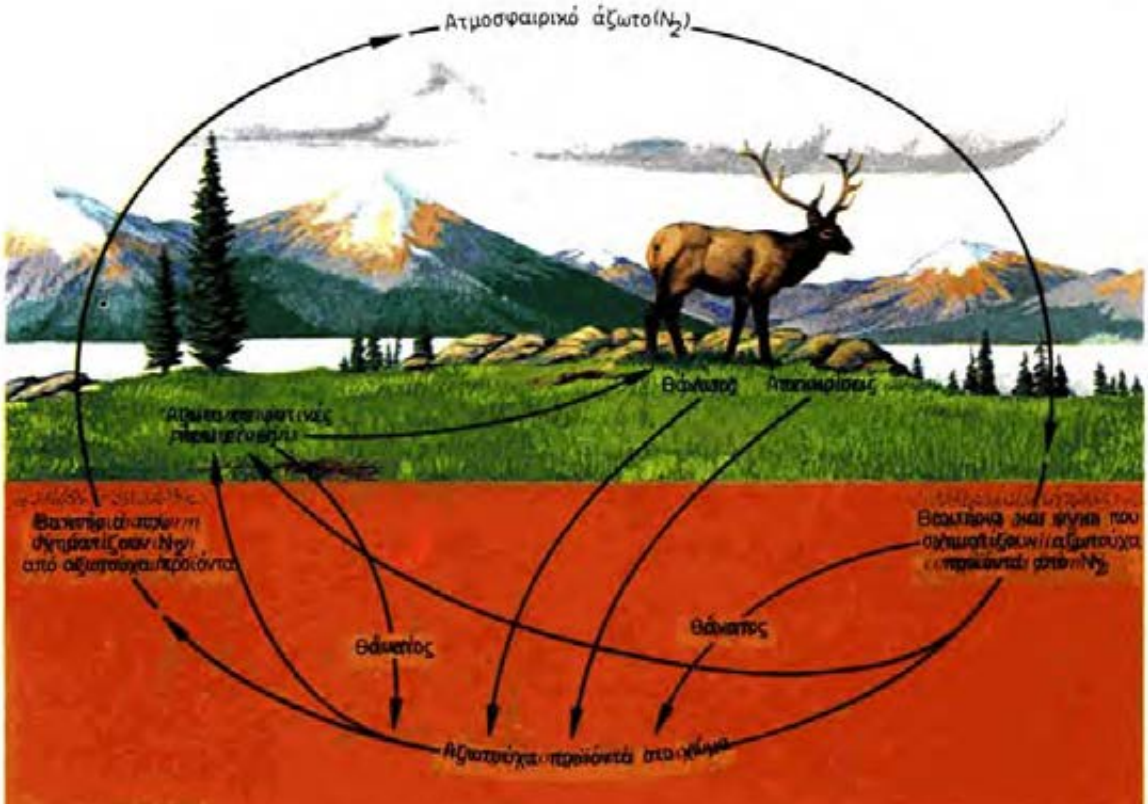
Εικόνα 26-10 *Ο κύκλος νερού. Το νερό είναι το πιο διαδεδομένο υλικό στους ιστούς των οργανισμών. Η διάσπασή του κατά τη φωτοσύνθεση αντισταθμίζεται από την επανεμφάνισή του ως παραπροϊόντος της κυτταρικής αναπνοής. Το νερό διαρκώς ανακυκλώνεται.*

δομήθηκαν. Είναι δυνατόν να επαναχρησιμοποιηθούν. Χρειάζεται μόνο ενέργεια. Η σταθερή προσφορά ενέργειας από τον ήλιο αναγεννά το απόθεμα ενέργειας για όλη τη ζωή εκτός από την περίπτωση μερικών βακτηρίων.

Αν όμως τα υλικά, που είναι αναγκαία για τη ζωή, ανακυκλώνονται στη φύση, τότε γιατί οι βιομηχανίες παράγουν εκατομμύρια μετρικούς τόννους λιπασμάτων κάθε χρόνο; Το θέμα είναι ότι η τροφή και τα αναγκαία για τη ζωή υλικά δεν αποτελούν πρόβλημα, όταν ακολουθούν το ρυθμό της φύσεως. Αλλά η φυσική ανακύκλωση συχνά απαιτεί μεγάλες χρονικές περιόδους. Οι άνθρωποι είμαστε ανυπόμονοι. Δεν θέλομε να αναμένομε την αποικοδόμηση των πραγμάτων και τον εμπλουτισμό της καλλιεργήσιμης γης με απαραίτητα υλικά. Θέλομε να παράγομε περισσότερη τροφή αυτόν το χρόνο και όχι κάπως αργότερα. Όπως θα αντιληφθείτε στην επόμενη παράγραφο αυτού του κεφαλαίου, το ανθρώπινο ενδιαφέρον εκτείνεται πέρα από την απλή επιβίωση προς ένα καλύτερο τρόπο ζωής.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Και τα υλικά που χρειάζονται και αυτά που δεν χρειάζονται και βρίσκονται στην τροφή, τον αέρα και το νερό εισέρχονται στους οργανισμούς. Τα υλικά τροφής χρησιμοποιούνται στην τροφική πυραμίδα. Μη θρεπτικά συστατικά δεν είναι δυνατόν να πεφθούν· αν δεν είναι δυνατόν και να απεκκριθούν, τότε συγκεντρώνονται στην τροφική πυραμίδα. Δηλαδή οι τροφές μειώνονται στο σύνολο της βιομάζας, καθώς ανερχόμαστε στην τροφική πυραμίδα, ενώ τα μη απεκκρινόμενα υλικά παραμένουν. Ένας καταναλωτής ανώτερης βαθμίδας είναι δυνατόν να πάρει μία επιβλαβή ποσότητα ταξικών υλικών, που δεν ήταν σε μεγάλη συγκέντρωση ή ήταν σε «ασφαλές» επίπεδο, όταν πρωτοαπορροφήθηκαν από



Εικόνα 26-11 *Ο κύκλος αζώτου. Όχι μόνο το νερό και το άζωτο αλλά και το ασβέστιο, ο φωσφόρος, το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα και τα άλλα υλικά για ζωή ανακυκλώνονται.*

φυτά. Γενικώς οι τροφές μειώνονται στη βιομάζα σε σχέση 10 προς 1. Άλλα υλικά, αν δεν απεκκρίνονται, αυξάνονται σε σχέση 1 προς 10 σε κάθε επίπεδο της τροφικής πυραμίδας.

Υλικά από την τροφική πυραμίδα επανακυκλώνονται. Τελικώς αποδίδονται πάλι στη διάθεση των φυτών ως άλατα και CO_2, που χρειάζονται για τις νέες διαδικασίες παραγωγής τροφής. Η ενέργεια όμως της τροφικής πυραμίδας δεν ανακυκλώνεται. Η ενέργεια από την τροφή, που χρησιμοποιείται από ένα οργανισμό, μετατρέπεται κυρίως σε θερμότητα και χάνεται στην ατμόσφαιρα. Μόνο ό,τι διατηρείται ως χημική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ένα άλλο οργανισμό. Προσθήκη νέας ποσότητας ενέργειας από τον ήλιο μέσω των φυτών και των φυκών χρειάζεται διαρκώς.

Οι άνθρωποι προσθέτουν στα ανακυκλούμενα υλικά και άλλα από την τεχνητή λίπανση. Έτσι είναι δυνατό να παράγουν περισσότερα φυτά και ζώα για τη διατροφή τους. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες προσθέτουν επίσης τοξικά προϊόντα, που δεν χρησιμοποιούνται ως τροφή στο περιβάλλον.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Η βιομάζα της τροφής μειώνεται σε κάθε επίπεδο της τροφικής πυραμίδας. Πού πηγαίνουν τα υλικά και η ενέργεια, τα οποία «χάνονται» σε κάθε επίπεδο;
2. Πώς τα υλικά, που δεν είναι δυνατό να πεφθούν ή να απεκκριθούν αυξάνουν σε συγκέντρωση σε κάθε επίπεδο της τροφικής πυραμίδας;
3. Γιατί βιολογικώς δεν είναι εφικτό ένα «χαμηλό» ή «ασφαλές» επίπεδο για τη χρήση τοξικών ουσιών στο περιβάλλον;
4. Ποιες είναι οι τρεις πειραματικές δοκιμασίες, που υποδεικνύονται από τους βιολόγους σχετικώς με τη χρήση των υλικών, που δεν χρησιμεύουν για τροφή;
5. Τι είναι οι αποσυνθέτες; Πώς συνδέονται με υλικά που αποσυντίθενται;

26-7
Το οικοσύστημα και η οικονομία του

Δύο λέξεις με την ίδια καταγωγή αποδίδουν τα δύο σπουδαιότερα προβλήματα της ζωής μας. Οι λέξεις οικονομία (οίκος+νόμος) και οικοσύστημα (οίκος + σύστημα) συνδέονται στενά. Το ανθρώπινο οικοσύστημα (εικόνα 26-12) περιλαμβάνει τις τροφικές αλληλοεξαρτήσεις μας με τους άλλους οργανισμούς σε όλο τον πλανήτη μας. Η οικονομία περιλαμβάνει τα οικοσυστήματα και όλες τις μη βιολογικές διαδικασίες παραγωγής και τα προϊόντα, όπως εξόρυξη, βιομηχανία, εμπόριο και επενδύσεις στην αξιοποίηση όλων των πόρων για καύσιμα και παραγωγή βιομηχανικών, πολεμικών και οικιακών προϊόντων.

Είσθε μέρος της ανθρώπινης οικονομίας και του επηρεαζόμενου από τον άνθρωπο

Εικόνα 26-12 *Σήμερα οι περισσότεροι άνθρωποι ζουν σε πόλεις (κέντρο). Το οικοσύστημά τους εξαπλώνεται σε όλο τον υπόλοιπο πλανήτη, από όπου μεταφέρονται προς τους κατοίκους των πόλεων τροφή και άλλα προϊόντα.*



χονδρέμπορος κρέατος,



συλλογή μήλων,



λαχανικά,



διατροφή αγελάδων,



ιχθυοκαλλιέργεια,



άρωση αγρού,



βαμβάκι,



πλοίο αλιείας ανοικτής θάλασσας,



η πόλη της Νέας Υόρκης,



δημητριακά,



αγρός ορυζοκαλλιέργειας,



επιθεώρηση κρέατος κοτόπουλου.

οικοσυστήματος και δεν μπορείτε να ξεφύγετε ούτε από την πρώτη ούτε από το δεύτερο. Η οικονομία περιλαμβάνει ο,τιδήποτε υπάρχει γύρω σας: τους δρόμους, τα οικοδομήματα, τα αυτοκίνητα, τα εργοστάσια, το κατάστημα λαχανικών, το σταθμό βενζίνης, τα σπασμένα παράθυρα, τους ανθρώπους, τα ζώα, τις καλλιέργειες κ.λπ. Επειδή και η οικονομία και το οικοσύστημα αποτελούνται από τόσο πολλά αλληλοσυνδεόμενα και αλληλοαντιδρώντα υποσυστήματα, είναι δύσκολο να προσδιορίζετε ποιο ρόλο παίζετε και ποια είναι η συμβολή σας. Αν αρχίσετε να σκέπτεσθε γύρω από κάθε τι που αγοράζετε, χρησιμοποιείτε, πετάτε, τρώτε, καταστρέφετε, καταναλώνετε, ανακυκλώνετε, προστατεύετε, θαυμάζετε και απεχθάνεσθε, θα αρχίσετε να συνειδητοποιείτε τις πολλαπλές διασυνδέσεις ανάμεσα σε όσα επιδρούν στην ανθρώπινη ζωή.

Όταν η οικονομία και το οικοσύστημα οδηγούνται προς μεγαλύτερη παραγωγικότητα, περισσότερα χρήματα κερδίζονται και νέες θέσεις απασχολήσεως δημιουργούνται. Η ευημερία αυτή ενθαρρύνει την πληθυσμιακή ανάπτυξη. Όμως αρχίζομε να διαπιστώνομε ότι και τα δύο συστήματα έχουν ενδογενή όρια. Το μέγεθος του πληθυσμού μας αυξάνει, όχι όμως και το μέγεθος του κόσμου μας. Όταν η οικονομία μας ή το οικοσύστημά μας εξωθείται πέρα από τα όριά του ή το ένα ή το άλλο είναι δυνατό να ανατραπεί ή και να καταστραφεί. Υπάρχουν, για παράδειγμα, όρια στους περισσότερους φυσικούς πόρους. Αν απότομα εξωθήσομε τη χρήση των αποθεμάτων καυσίμων πέρα από τα λογικά όρια, θα υπάρξουν τεράστιες επιπτώσεις στην οικονομία και στο οικοσύστημα. Γνωρίζομε ήδη ότι ο ρυθμός χρήσεως των πετρελαιοειδών, του φυσικού αερίου και των άλλων καυσίμων στην εποχή μας έχει επιπτώσεις στην οικονομία μας.

Υπάρχουν και άλλα όρια εκτός από αυτά των αποθεμάτων τροφής, καυσίμων και άλλων υλικών. Υπάρχουν όρια στο ρυθμό με τον οποίο τα μεγάλα συστήματα μπορούν να αλλάζουν. Λόγω του μεγάλου μεγέθους τους και της περιπλοκότητάς τους, αλλά και της διαιρέσεώς τους μεταξύ των πολλών κρατών του κόσμου, τα συστήματα αυτά είναι δύσκολο να ρυθμισθούν και τείνουν να αλλάζουν πολύ αργά. Υπάρχουν όρια στο ρυθμό, με τον οποίο τα συστήματα μπορούν να προσαρμοσθούν σε νέα υλικά ή να απαλλαγούν από άλλα άχρηστα. Σήμερα το κόστος και τα προβλήματα της απομακρύνσεως των στερεών και αερίων αχρήστων υπολειμμάτων από τον αέρα, των αχρήστων υπολειμμάτων από το νερό, ακόμη και η απομάκρυση των σκουπιδιών, αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα του σκληρού τιμήματος των συγχρόνων δραστηριοτήτων του ανθρώπου.

Ένα άλλο πρόβλημα του περίπλοκου κόσμου της οικονομίας και του οικοσυστήματός μας είναι οι απρόσμενες επιπτώσεις ορισμένων γεγονότων. Επειδή υπάρχουν τόσα πολλά αλληλοεπιδρώντα και αλληλοεξαρτώμενα συστήματα, σχεδόν κάθε γεγονός είναι δυνατόν να παράγει περισσότερα από το σχεδιασμένο αποτέλεσμα. Ένα απρόσμενο αποτέλεσμα είναι δυνατόν να παρουσιασθεί σε ένα απομακρυσμένο σημείο του συστήματος. Γι' αυτό η πρόβλεψη των επιπτώσεων κάθε δραστηριότητας είναι δύσκολη. Ειδικότερα για το πρόβλημα αυτό έχει συχνά χρησιμοποιηθεί η φράση: «Δεν είναι δυνατό να έχετε ένα και μόνο αποτέλεσμα». Μία πράξη φαίνεται να έχει πάντοτε περισσότερα από ένα αποτελέσματα (εικόνες 26-13 και 26-14). Παραδείγματα σε αυτά τα θέματα έχετε ήδη συναντήσει στα προηγούμενα κεφάλαια. Κανείς δεν προέβλεψε την εμφάνιση ανθεκτικών στο Ντι-ντι-τι μυγών, όταν πρωτοχρησιμοποιήθηκε το Ντι-ντι-τι, ή βακτηρίων ανθεκτικών στην πενικιλλίνη, όταν η πενικιλλίνη πρωτοχρησιμοποιήθηκε. Στην Αίγυπτο, η κατασκευή του φράγματος του Ασσουάν και ένα τεράστιο σύστημα ποτιστικών διορύγων μετέτρεψε χιλιάδες στρέμματα ερήμου σε καλλιεργούμενη γη. Συγχρόνως όμως επέτρεψε τη διάδοση σαλιγκαριών, που μεταφέρουν ένα φοβερό ανθρώπινο παράσιτο. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη διάδοση μιας ασθένειας, που καθιστά τους ανθρώπους ανάπηρους. Τώρα κάθε δέκα αγρότες, που ζουν κοντά στο Νείλο και που έχουν προσβληθεί από την ασθένεια αυτή, αποδίδουν στην εργασία τους όσο θα απέδιδαν κανονικά τρεις ή τέσσερις αγρότες. Υπάρχουν και άλλα πάρα πολλά παρόμοια παραδείγματα απροβλέπτων επιπτώσεων. Τα προβλήματα ρυπάνσεως του περιβάλλοντος ανήκουν σε αυτή την κατηγορία. «Λίγη» ρύπανση δεν φαινότανε ότι θα αποτελούσε πρόβλημα· αλλά το τίμημα που πληρώνομε



Εικόνα 26-13 *Η ρύπανση από τα άλογα (όπως διαβάσατε στο κεφάλαιο 1) ήταν κάποτε ουσιαστικό πρόβλημα για τις πόλεις. Μυρωδιές και τεμάχια από τις αποξηραμένες ακαθαρσίες ρύπαιναν τον αέρα. Πρόσφατες ακαθαρσίες, υπολείμματα τροφής αλόγων, κάδοι διατροφής και άχρηστα χαλινάρια ρύπαιναν τους δρόμους. Το αυτοκίνητο (αριστερά στο σχέδιο) φαινόταν σαν μία καθαρή λύση των προβλημάτων αυτών. Αλλά κάθε πράξη φαίνεται να έχει περισσότερα από ένα αποτελέσματα. Ένα νέο πρόβλημα δημιουργήθηκε, όταν οι λίγες εκατοντάδες αυτοκίνητα έγιναν εκατοντάδες χιλιάδες. Συγχρόνως παρουσιάσθηκε και ένα ενεργειακό πρόβλημα: πώς είναι δυνατόν να εξακολουθήσει η παροχή ενέργειας για όλα τα αυτοκίνητα του κόσμου;*

τώρα και στο μέλλον, για να καθαρίσομε τον αέρα και τα νερά του πλανήτη μας, θα είναι πολύ μεγαλύτερο από το σύνολο των μικρών δαπανών, που θα μπορούσαμε να είχαμε πληρώσει κατά την εξέλιξη του φαινομένου.

Σχεδόν κάθε τι στο σύγχρονο παγκόσμιο οικοσύστημα και παγκόσμια οικονομία φαίνεται να αποτελεί σύστημα σχετικού κόστους και ωφέλειας. Μπορείτε να κάνετε αυτό· αλλά αν κάνετε αυτό, τότε θα προκύψει εκείνο. Για παράδειγμα, οι άνθρωποι στις βιομηχανικές χώρες μπορούν να έχουν περισσότερα αυτοκίνητα και εργοστάσια, που αποβάλλουν τα άχρηστα προϊόντα τους στον αέρα ή μπορούν να έχουν καθαρότερο αέρα, αλλά δεν μπορούν να τα έχουν και τα δύο. Ή, μπορείτε να έχετε συνεχώς μία μεγάλη ποικιλία τροφών ή συνεχή αύξηση του πληθυσμού αλλά όχι και τα δύο απεριόριστα. Μπορούμε να εξορύσσομε περισσότερο άνθρακα και ορυκτά ή να προφυλάσσομε τη γη από δραστηριότητες ορυχείων και αλλοιώσεων της επιφάνειάς της, αλλά όχι και τα δύο. Τι πραγματικά συμφέρει να κάνομε;

26-8
Η αλλαγή ήταν πάντοτε μέρος της ζωής

Όλες αυτές οι επιπτώσεις των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων έχουν προσθέσει νέες διαστάσεις στην περιπλοκότητα του έμβιου κόσμου που μελετήσατε στα μαθήματα βιολογίας. Ο κόσμος έχει φθάσει στη σημερινή του κατάσταση όχι μόνο μέσω των εκατομμυρίων ετών φυσικής επιλογής αλλά προσφάτως και λόγω των ανθρωπίνων παρεμβάσεων.

Πολλοί άνθρωποι καταναλώνουν το χρόνο τους γράφοντας και προβλέποντας τις μελλοντικές τάσεις. Τέτοιες δραστηριότητες είναι εξαιρετικά χρήσιμες, γιατί μας εξωθούν να θεωρήσομε όλες τις πιθανές εναλλακτικές



Εικόνα 26-14 *Η «λύση» στο πρόβλημα της ρυπάνσεως από τα άλογα. Η περισσότερη από την αιθαλομίχλη που υπάρχει επάνω από τις πόλεις της Αμερικής οφείλεται στα αέρια από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων. Η λύση του νέου προβλήματος είναι πολύ πιο δύσκολη από όσο του παλαιού.*

λύσεις. Οι ανακαλύψεις των βιολόγων έχουν αποδειχθεί εξαιρετικά χρήσιμες, όπως αυτές των επιπτώσεων της αυξανόμενης συγκεντρώσεως τοξικών ουσιών στην τροφική πυραμίδα.

Κάτι όμως που μπορεί να ειπωθεί για το μέλλον και ήταν επίσης η αλήθεια και για το παρελθόν είναι ότι ο κόσμος βρίσκεται σε κατάσταση αλλαγής. Ο κόσμος βρισκόταν πάντοτε σε κατάσταση αλλαγής. Τα έμβια όντα δεν ήταν ποτέ στατικά και δεν θα είναι ποτέ. Ένας οργανισμός που περιγράφηκε ως ανθρώπινος, εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια πριν (κεφάλαιο 16) δεν είναι όμοιος με το σύγχρονο άνθρωπο. Οι άνθρωποι που ζουν σήμερα δεν είναι όμοιοι με αυτούς που θα ζήσουν πολλές χιλιάδες χρόνια μετά. Όλα τα έμβια όντα αποτελούν μέρος μιας συνεχούς ζωντανής ιστορίας. Οι δυνάμεις της φυσικής επιλογής έχουν αφήσει ένα κατανοητό πρότυπο ιστορίας του παρελθόντος. Η κατανόηση του βιολογικού μας παρελθόντος είναι καλή και γίνεται καλύτερη. Η ικανότητά μας να βλέπομε μπροστά και να προβλέπομε τη μελλοντική εξέλιξη ίσως δεν είναι καλύτερη από ό,τι ήταν πάντοτε. Όμως οι άνθρωποι έχουν μία μοναδική ιδιότητα. Είμαστε οι μόνοι οργανισμοί, που ασχολούνται με την εξέλιξή τους. Οι γνώσεις μας είναι αρκετά προχωρημένες, ώστε να γνωρίζομε ότι η μελλοντική μας εξέλιξη βρίσκεται κυρίως στα χέρια μας. Αποφάσεις που παίρνονται σήμερα επηρεάζουν τον κόσμο του ανθρώπου του μέλλοντος. Και όμως είναι εκπληκτικό πόσο ελάχιστη είναι η ικανότητά μας να βλέπομε μακριά και να προσδιορίζομε τις κατευθύνσεις που πρέπει να ακολουθήσομε. Και όμως οι ημέρες μας είναι ένα μέρος της ανθρώπινης ιστορίας με τόσα ενδιαφέροντα, προκλήσεις και σύγχυση, που αξίζει να το ζει κανείς.

Ένα είναι βέβαιο: η βιολογία αντικατοπτρίζει την ισορροπία της φύσεως. Όταν αναλύετε κάποιο πρόβλημα, είναι χρήσιμο να εξετάζετε και τις βιολογικές αλληλοεξαρτή-

σεις του. Αυτές παρέχουν πρότυπα ή ανάλογα των κοινωνικών αλλαγών. Μία αλλαγή, για να είναι μακροχρόνια επωφελής, πρέπει να παρουσιάζει αναλογίες προς τις εξοσορροπημένες αλληλοεπιδράσεις μεταξύ των οργανισμών, οι οποίες παρατηρούνται στη φύση. Αλλιώς ο σημερινός καλύτερος τρόπος ζωής μπορεί να αποτελεί μελλοντικά λάθος, αν πρόκειται να τον πληρώσουν οι άνθρωποι που θα ζήσουν αργότερα. Η κύρια σημασία του μαθήματος βιολογίας είναι να σας βοηθήσει να αντιμετωπίσετε όλες τις καταστάσεις της ζωής σας, μερικώς τουλάχιστον, κάτω από το φως της βιολογίας.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι άνθρωποι έχουν αναπτύξει την οικονομία τους και τροποποιήσει το οικοσύστημά τους, ώστε να συνεργάζονται. Και τα δύο έχουν αναπτυχθεί σε εξαιρετικά περίπλοκα συστήματα, ώστε να είναι δύσκολο να προβλέψει κανείς τι αποτελέσματα είναι δυνατόν να επέλθουν επιπλέον των αποτελεσμάτων για τα οποία έχει μία πράξη σχεδιασθεί. Τα απρόβλεπτα έχουν δείξει ότι και τα δύο συστήματα έχουν όρια. Υπάρχουν όρια στα αποθέματα, όρια στο ρυθμό αλλαγής, όρια στο κόστος ελέγχου της ρυπάνσεως. Πολλές αποφάσεις για την οικονομία και το οικοσύστημα είναι του τύπου σχετικού κόστους ή ωφέλειας. Οι άνθρωποι είναι δυνατόν να έχουν το ένα ή το άλλο αλλά όχι και τα δύο, όπως στην περίπτωση των αυτοκινήτων και των βιομηχανιών σε αντίθεση με τον καθαρό αέρα.

Τα βιολογικά πρότυπα αναλύσεως προβλημάτων είναι εξαιρετικά χρήσιμα. Ένα μάθημα βιολογίας σας επιτρέπει να αντιλαμβάνεσθε προβλήματα του ανθρώπινου οικοσυστήματος και της ανθρώπινης οικονομίας, που θα ήταν δύσκολο, αν όχι αδύνατο, να συλλάβετε, αν δεν είχατε βιολογικό υπόβαθρο.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

1. Ποιο σύστημα περιλαμβάνεται μέσα στο άλλο; Η οικονομία ή το οικοσύστημα;
2. Το ανθρώπινο οικοσύστημα ονομάζεται πολλές φορές «οικοσύστημα του κόσμου της πόλεως». Μπορείτε να εξηγήσετε τι σημαίνει αυτό;
3. Τι όρια έχουν η ανθρώπινη οικονομία και το ανθρώπινο οικοσύστημα;
4. Τι σημαίνει σχετικά με την οικονομία και το οικοσύστημα η φράση: «Δεν είναι δυνατό να έχεις ένα και μόνο αποτέλεσμα;»
5. Γιατί οι βιολογικές αλληλοεξαρτήσεις αποτελούν ένα καλό πρότυπο για την πρόβλεψη επερχομένων αλλαγών στην ανθρώπινη οικονομία;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑ ΣΗΜΕΙΑ

Κάθε οργανισμός αποτελεί τμήμα μιας τροφικής αλυσίδας και επειδή οι περισσότεροι οργανισμοί έχουν διαφορετικά διαιτολόγια, αποτελεί συνήθως ένα τμήμα ενός τροφικού πλέγματος. Ένα οικοσύστημα είναι ένα φυσικό περιβάλλον με ένα σύνολο μικροοργανισμών, φυτών και ζώων, που είναι σχετικά αυτοσυντηρούμενο από άποψη τροφής και άλλων απαιτήσεων. Το τροφικό πλέγμα ενός οικοσυστήματος είναι δυνατό να είναι εξαιρετικά περίπλοκο.

Οι πληθυσμοί αναπτύσσονται σε συνάρτηση με την αφθονία τροφής, νερού, ζωτικού χώρου και άλλων παραγόντων του περιβάλλοντος. Η μελέτη της αναπτύξεως πληθυσμών ζώων από τους βιολόγους έχει δείξει ότι τόσο τα αποθέματα τροφής όσο και ο συνωστισμός αποτελούν οριακούς παράγοντες. Ο ανθρώπινος πληθυσμός δεν μπορεί να μελετηθεί πειραματικά. Τα αποτελέσματα αναλύονται καθώς η ανάπτυξη εξελίσσεται.

Οι κίνδυνοι υγείας και λιμού των ανθρώπων έχουν μειωθεί τόσο πολύ, ώστε είναι βέβαιη η πρόβλεψη για συνεχή αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού. Αλλά ο αναγκαίος χώρος, το νερό, η καλλιεργήσιμη γη για παραγωγή εδωδίμων προϊόντων, καθώς και όλα τα αναγκαία υλικά και οι περισσότερες πηγές ενέργειας είναι περιορισμένες, γιατί ο κόσμος δεν αυξάνεται παράλληλα. Προβλέπονται μελλοντικά όρια στην αύξηση του πληθυσμού.

Στις τροφικές αλυσίδες δεν εισέρχονται μόνο τροφές αλλά και άλλα υλικά. Οι βιολόγοι έχουν προτείνει ορισμένες βασικές αρχές για τη χρήση των υλικών, που δεν χρησιμεύουν ως τροφή, βασισμένες στις μελέτες των

επιβλαβών επιπτώσεων ορισμένων από τα υλικά αυτά σε πληθυσμούς ζώων. Η ρύπανση προεκτείνεται εκτός των τροφικών σχέσεων και στον αέρα, το νερό και τη γη όσον αφορά άλλες συνιστώσες ρυπάνσεως. Τα περισσότερα προβλήματα για ποιότητα περιβάλλοντος συνδέονται με εκτιμήσεις σχετικού κόστους και ωφέλειας.

Η αλλαγή αποτελεί μέρος της επιβιώσεως κάθε είδους. Οι άνθρωποι έχουν επιταχύνει τις αλλαγές στη ζωή τους. Οι αλλαγές επιδρούν και στους οργανισμούς και σε όλα, ή σχεδόν όλα, τα άλλα είδη οργανισμών. Το βιολογικό υπόβαθρο σας προετοιμάζει για τη συμμετοχή σας στη λήψη των αποφάσεων που θα καθορίσουν τις μελλοντικές αλλαγές.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι είναι οικοσύστημα;
2. Πώς ένα οικοσύστημα περιορίζει το μέγεθος των πληθυσμών των ζώων που περιλαμβάνει;
3. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ μιας τροφικής αλυσίδας και ενός τροφικού πλέγματος;
4. Αναφέρετε δύο παράγοντες, που περιορίζουν την αύξηση του πληθυσμού σε μερικά ζώα.
5. Ποιες είναι μερικές από τις αιτίες, που υπάρχει η σχέση 10 προς 1 στις σχέσεις τροφής σε μία τροφική πυραμίδα;
6. Πού βρίσκονται οι αυτότροφοι οργανισμοί στην τροφική πυραμίδα; Πού βρίσκονται οι ετερότροφοι οργανισμοί;
7. Τι είναι οι αποσυνθέτες; Πώς επιδρούν στην ανακύκλωση των υλικών σε ένα οικοσύστημα;
8. Τι σημαίνει ο όρος αποικοδομούμενο υλικό; Τι σημαίνει ο όρος βιοαποικοδομούμενο υλικό;
9. Γιατί δεν υπάρχουν «ασφαλή» όρια για τη χρήση τοξικών ουσιών, που είναι δυνατό να εισέλθουν στην τροφική αλυσίδα;
10. Ποιες είναι οι τρεις βασικές αρχές, που έχουν προτείνει οι βιολόγοι για τη χρήση ουσιών, που δεν χρησιμοποιούνται ως τροφές;
11. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ ανθρώπινης οικονομίας και ανθρώπινου οικοσυστήματος;
12. Πώς υπεισέρχονται οι έννοιες κόστος-ωφέλεια στην ανάλυση προβλημάτων και θεμάτων της ανθρώπινης οικονομίας και του ανθρώπινου οικοσυστήματος;

ΑΡΘΡΑ ΓΙΑ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΙΑΒΑΣΜΑ

Bascom, W. "The Disposal of Waste in the Ocean." *Scientific American*, August, 1974.

Bethe, H. A. "The Necessity of Fission Power." *Scientific American*, January, 1976.

Biological Sciences Curriculum Study. *Environmental Biology: A BSCS Minicourse*. Philadelphia, W. B. Saunders Co., 1976.

de Nevers, N. "Enforcing the Clean Air Act of 1970." *Scientific American*, June, 1973.

Ehrlich, P. R. et al. *Ecoscience: Population, Resources, and Environment*. San Francisco, W. H. Freeman & Co., 1977.

Frejka, T. "The Prospects for a Stationary World Population." *Scientific American*, March, 1973.

Hodges, L. *Environmental Pollution*. New York, Holt, Rinehart and Winston, 1977.

Loomis, R. S. "Agricultural Systems." *Scientific American*, September, 1976. (This entire issue of *Scientific American* is devoted to agriculture in relation to communities and societies.)

Πειράματα



Πειραματα

Εισαγωγή στην εργασία στο εργαστήριο

Το εργαστήριο είναι ο χώρος εργασίας του επιστήμονα. Εδώ μαθαίνει τα πιο ενδιαφέροντα πράγματα που αναφέρονται στη φύση και τους καλύτερους τρόπους για να αναζητήσει απαντήσεις στα ερωτηματικά που δημιουργούνται. Στην επιστήμη, μελέτη και συζήτηση είναι απαραίτητα, αλλά μόνο στο εργαστήριο είναι δυνατόν οι σκέψεις να τεθούν υπό δοκιμασία και να αποδειχθούν.

Στη σειρά αυτή εργαστηριακών ασκήσεων θα έχετε την ευκαιρία να γίνετε κάτοχος αποδείξεων από τη φύση, που υποστηρίζουν τις σπουδαιότερες αρχές της βιολογίας. Και το πιο σημαντικό, θα είσθε σε θέση να συμμετάσχετε ενεργώς στην επιστημονική έρευνα. Από τη δική σας πειραματική εργασία θα μάθετε ότι η έρευνα βασίζεται σε αξιόπιστες μετρήσεις, ακριβείς παρατηρήσεις και καθαρή, συνοπτική ανακοίνωση των αποτελεσμάτων. Για να προχωρήσετε με αποτελεσματικότητα στην πειραματική σας εργασία, θα χρειασθεί να μάθετε ορισμένες βασικές τεχνικές, τη χρήση οργάνων, όπως το μικροσκόπιο και ο ζυγός και να εργασθείτε με ζωντανούς οργανισμούς. Προσεκτική εφαρμογή των κανόνων που ακολουθούν θα σας βοηθήσουν να αποκτήσετε τα αναγκαία αυτά εφόδια, που θα τα χρησιμοποιήσετε καθ' όλη τη διάρκεια της εργαστηριακής σας εργασίας.

Εκτέλεση πειραμάτων

1. Μελετήστε την έρευνα που σας έχει ανατεθεί, προτού πάτε στο εργαστήριο. Ολόκληρος ο χρόνος θα σας είναι απαραίτητος για πειραματική εργασία.
2. Περιμένετε να σας δοθούν οδηγίες, προτού χρησιμοποιήσετε υλικά ή όργανα.
3. Παρατάξτε και τοποθετήστε επιγραφές στα υλικά, προτού αρχίσετε το πείραμα.
4. Ακολουθήστε τις οδηγίες πιστά. Για παράδειγμα, «ένα λεπτό» σημαίνει ακριβώς ένα λεπτό με ακρίβεια δευτερολεπτοδείκτη.
5. Καταχωρήστε όλη την πειραματική εργασία σε ένα μόνιμο βιβλίο αποτελεσμάτων.

Καταχώρηση πειραματικών δεδομένων

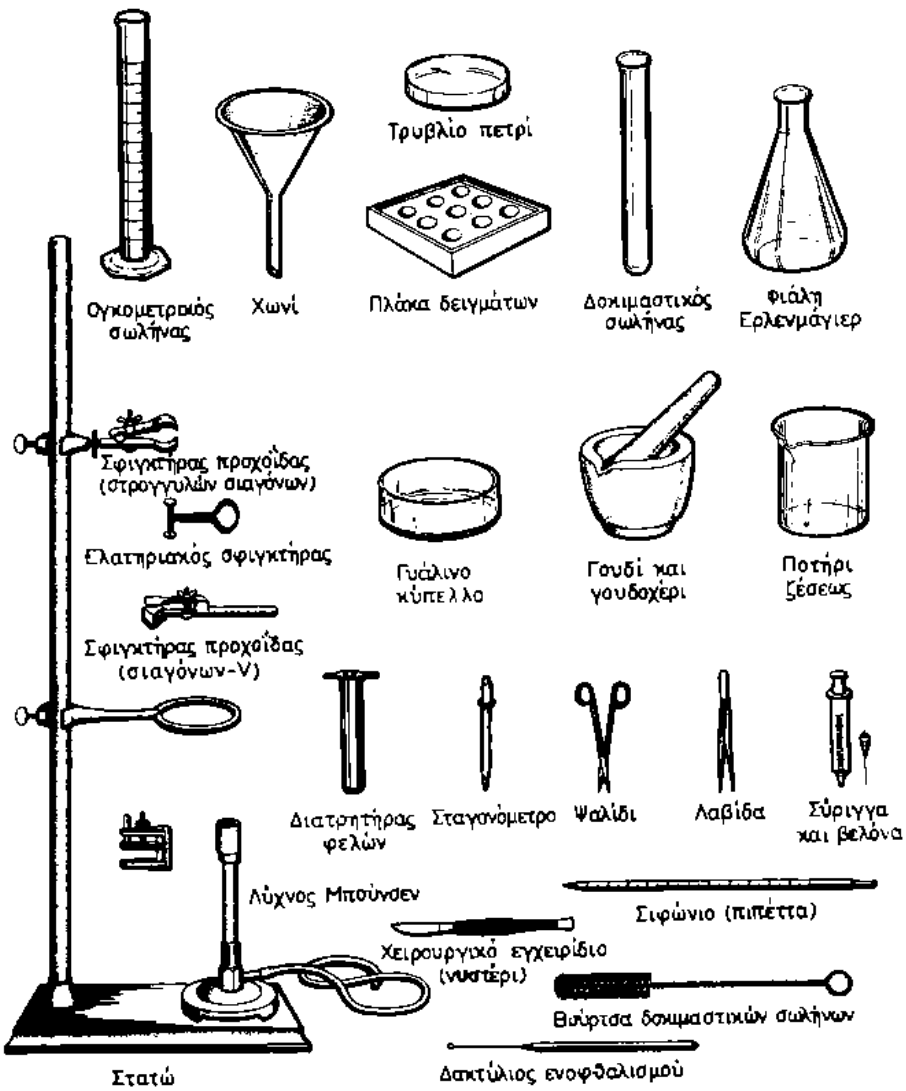
1. Οργανώστε την καταχώρηση για κάθε πείραμα με μία λογική ακολουθία. Χρησιμοποιήστε δικό σας σχέδιο ή κάποιο, που θα σας εισηγηθεί ο καθηγητής σας. Αν θέλετε, μπορείτε να ακολουθήσετε τη γενική περιγραφή που ακολουθεί:
   (α) Τίτλος και αριθμός πειράματος.
   (β) Σκοπός.
   (γ) Υλικά και όργανα.
   (δ) Μέθοδος.
   (ε) Παρατηρήσεις και μετρήσεις.
   (ζ) Εξήγηση δεδομένων.
   (η) Συμπεράσματα και γενικεύσεις.
2. Γράψτε σε απλή καθαρή γλώσσα.
3. Όπου είναι δυνατόν εκφράστε ποσοτικά τα αποτελέσματά σας χρησιμοποιώντας το μετρικό σύστημα. Η ακρίβεια των δεδομένων πρέπει να ακολουθεί την ακρίβεια των οργάνων ή των μετρήσεων. Για παράδειγμα, μη σημειώνετε μία τιμή 1,002 g, αν η ακρίβεια του ζυγού σας είναι μικρότερη από 0,1 g. Επίσης μην καταχωρείτε πέρα του πρώτου δεκαδικού τον μέσο όρο των μετρήσεων που έχουν γίνει με ακρίβεια πρώτου δεκαδικού.
4. Χρησιμοποιήστε όπου είναι δυνατόν γραφικές παραστάσεις, πίνακες και σχέδια για την απόδοση των δεδομένων σας. Τοποθετήστε επιγραφές στις γραφικές παραστάσεις και τους πίνακες που να αποδίδουν το περιεχόμενό τους. Σχεδιάστε απλά σχέδια και τοποθετήστε επίσης επιγραφές σ' αυτά.

Φροντίδα για τα εργαστηριακά όργανα

Ορισμένα από τα εργαστηριακά μικροόργανα φαίνονται παρακάτω. Και άλλα όργανα θα περιγραφούν όταν θα απαιτούνται σε διάφορα πειράματα.

1. Να χρησιμοποιείτε με προσοχή τα όργανα.
2. Αποφύγετε μολύνσεις, ιδίως σε πειράματα που απαιτούν στείρες συνθήκες.

Βασικός εργαστηριακός εξοπλισμός



3. Περιτυλίξτε τα απορρίμματα σε χαρτοπετσέτες και ρίχτε τα στο κατάλληλο δοχείο απορριμμάτων. Μην αφήνετε απορρίμματα στους νιπτήρες.
4. Μετά από κάθε χρήση πλύνετε τα γυαλικά και τα μικροόργανα με σκόνη καθαρισμού και ξεπλύνετέ τα με καθαρό νερό. Δυσκολοκαθάριστα γυαλικά, όπως οι προχοΐδες και οι χρωματισμένες αντικειμενοφόροι πλάκες, πρέπει πρώτα να μουσκέψουν σε νερό ελαφρώς όξινο με την προσθήκη αραιού υδροχλωρικού οξέος.
5. Στο τέλος κάθε εργαστηριακής περιόδου σκουπίστε τους νιπτήρες και καθαρίστε την επιφάνεια του πάγκου με σφουγγάρι ή υγρή χαρτοπετσέτα.
6. Ακολουθήστε τις οδηγίες του καθηγητή σας για την αποθήκευση υλικών και μικροοργάνων.

Φροντίδα φυτών και ζώων

1. Ποτίζετε καθημερινώς τα φυτά. Το έδαφος πρέπει να έχει υγρασία αλλά να μην είναι υγρό.
2. Καθαρίζετε τις κλούβες των ζώων καθημερινώς. Βεβαιωθείτε ότι οι κλούβες είναι κλειστές και ότι τα ζώα δεν είναι δυνατόν να διαφύγουν.
3. Δίνετε τροφή και νερό στα ζώα καθημερινώς. Φροντίζετε για τα φυτά και τα ζώα κατά τη διάρκεια του Σαββατοκύριακου και των εορτών.
4. Να μεταχειρίζεστε τα πειραματόζωα με ανθρωπισμό.

Πειραματα για το κεφαλαιο 1

Η επιστήμη της ζωής

1-Α
Πώς επηρεάζεται το μέγεθος τεμαχίων πατάτας από διαφορετικές συγκεντρώσεις ζάχαρης-νερού;

Τι συμβαίνει στο μέγεθος στρογγυλών τεμαχίων πατάτας, που τοποθετούνται σε τρία διαφορετικών συγκεντρώσεων υδατικά διαλύματα (με 0%, 10% και 20% ζάχαρης); Θα συρρικνωθούν, θα διογκωθούν ή θα παραμείνουν τα ίδια; Πώς μπορείτε να απαντήσετε στην ερώτηση αυτή; Πειραματική εργασία θα δώσει τις πληροφορίες (δεδομένα), στις οποίες είναι δυνατό να βασίσετε τις απαντήσεις σας. Τα δεδομένα που χρειάζονται για το πρόβλημα αυτό είναι: Ποιο ήταν το μέγεθος των στρογγυλών τεμαχίων πατάτας αρχικά; Ποιο είναι το μέγεθος την επόμενη ημέρα μετά από ύγρανση σε διαφορετικές υδατικές συγκεντρώσεις;

Η πειραματική αυτή εργασία θα σας δώσει την ευκαιρία να λύσετε ένα πρόβλημα χρησιμοποιώντας την επιστημονική μέθοδο. Θα σας δώσει επίσης την ευκαιρία να χρησιμοποιήσετε μερικά επιστημονικά εργαλεία μετρήσεως. Οι περισσότεροι επιστήμονες χρησιμοποιούν όργανα, που μετρούν πράγματα με το μετρικό σύστημα, για παράδειγμα, σε εκατοστά και γραμμάρια παρά σε ίντσες και λίτρα βάρους (βλέπε παράρτημα 1-Α, σελίδα 683).

Τα υλικά και η μεθοδολογία που ακολουθούν θα σας βοηθήσουν να συγκεντρώσετε πληροφορίες, που θα τις χρησιμοποιήσετε για να απαντήσετε στην ερώτηση του τίτλου της πειραματικής αυτής εργασίας. Σε ορισμένα από τα πειράματα που θα κάνετε αργότερα θα αποφασίσετε ο ίδιος ποια υλικά θα χρησιμοποιήσετε και ποια μεθοδολογία θα ακολουθήσετε για να επιλύσετε τα προβλήματα.

ΥΛΙΚΑ

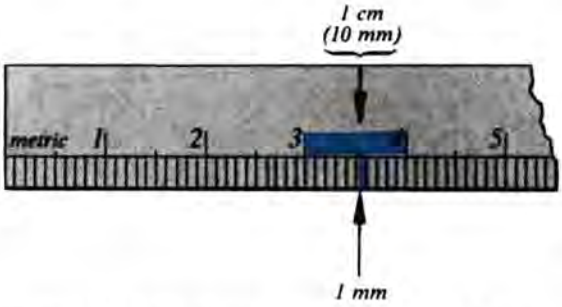
Λευκή πατάτα, ξυραφάκι, κανόνας μετρήσεως, ζυγός, ετικέτες, χαρτοπετσέτες, διατρητήρας φελών (διαμέτρου 5 έως 10 mm), ογκομετρικός κύλινδρος, ανατομική βελόνα, φύλλο αλουμινίου ή πλαστικό περιτυλίγματος, μεγάλοι δοκιμαστικοί σωλήνες ή μικρά ποτήρια ζέσεως, 10% διάλυμα ζάχαρης (90% νερό), 20% διάλυμα ζάχαρης (80% νερό), αποσταγμένο νερό (100% νερό).

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αποκόψτε τρία κυλινδρικά τεμάχια απο μια πατάτα, χρησιμοποιώντας ένα φελοτρυπητήρα. Μετρήστε το μήκος, τη διάμετρο, τον όγκο και το βάρος του καθενός. Αυτές είναι οι αρχικές μετρήσεις. Τοποθετήστε τα τεμάχια σε τρεις διαφορετικές συγκεντρώσεις ζάχαρης σε νερό (0, 10, και 20% ζάχαρη). Μετά από 24 ώρες μετρήστε πάλι το μήκος, τη διάμετρο και το βάρος κάθε τεμαχίου για να δείτε αν υπάρχουν διαφορές.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Κόψτε τρία στρογγυλά τεμάχια πατάτας, με τη βοήθεια του διατρητήρα φελών. Κόψτε κάθε τεμάχιο έτσι, ώστε το μήκος του να είναι τουλάχιστον 30 mm. Η εικόνα 1-Α-1 δείχνει τη σχέση χιλιοστών προς εκατοστά. Κόψτε όλα τα τεμάχια σε όσο το δυνατό ίδιο μήκος. Τοποθετήστε ξεχωριστά κάθε τεμάχιο και σημαδέψτε το ως τεμάχιο Α, τεμάχιο Β και τεμάχιο Γ.

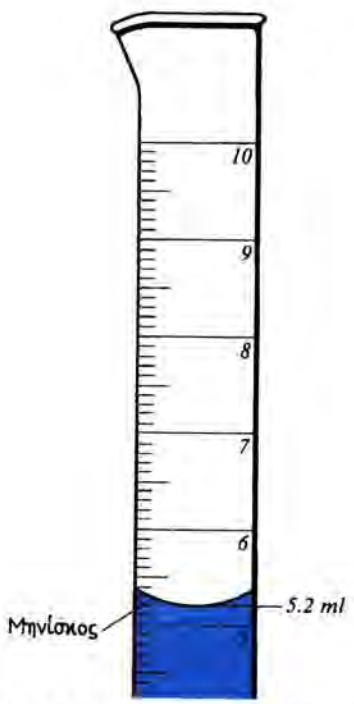


Εικόνα 1-Α-1 *Κανόνας μετρήσεως με υποδιαιρέσεις σε εκατοστά και χιλιοστόμετρα 1 cm (10 mm), 1 mm.*

Μετρήσεις	Τεμάχιο Α (100% νερό)			Τεμάχιο Β (90% νερό)			Τεμάχιο Γ (80% νερό)		
	1η μέρα	2η μέρα	Επαύξηση ή απώλεια (+ ή −)	1η μέρα	2η μέρα	Διαφορά (+ ή −)	1η μέρα	2η μέρα	Διαφορά (+ ή −)
Μήκος (mm)									
Διάμετρος (mm)									
Όγκος (ml)									
Βάρος (g)									

Πίνακας 1-Α-1 Πίνακας δεδομένων τεμαχίων πατάτας.

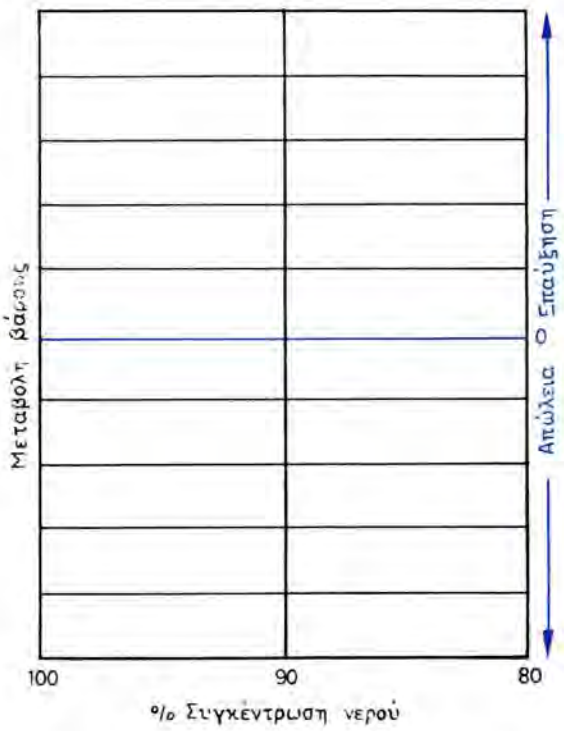
2. Μετρήστε το μήκος και τη διάμετρο κάθε τεμαχίου με ακρίβεια χιλιοστού και καταχωρήστε τις μετρήσεις στο βιβλίο εργαστηρίου. Δέστε τον πίνακα 1-Α-1 για τον τρόπο καταχωρήσεως των μετρήσεων.
3. Μετρήστε τον όγκο κάθε τεμαχίου με την ακόλουθη μέθοδο. Προσθέστε νερό και στον ογκομετρικό κύλινδρο μέχρι τη μέση. Κρατώντας τον κύλινδο στο ύψος του ματιού σας βρέστε τη γραμμή, που αντιστοιχεί στο κατώτερο μέρος της καμπύλης επιφάνειας του νερού, όπως φαίνεται στην εικόνα 1-Α-2. Η καμπύλη αυτή επιφάνεια του υγρού ονομάζεται ***μηνίσκος.*** Καταχωρήστε τον ακριβή όγκο του νερού.
   Κρατώντας το τεμάχιο με μία βελόνα βυθίστε το κάτω από την επιφάνεια του νερού και καταχωρήστε το νέο επίπεδο του νερού. Η διαφορά μεταξύ των δύο επιπέδων του νερού αντιπροσωπεύει τον όγκο του τεμαχίου σε χιλιοστά. Καταχωρήστε τον όγκο κάθε τεμαχίου σε έναν πίνακα, όπως ο πίνακας 1-Α-1.
4. Ο καθηγητής σας θα σας δείξει πώς να ζυγίζετε ένα τεμάχιο χρησιμοποιώντας ένα ζυγό. Μετά από τις απαραίτητες αυτές οδηγίες ζυγίστε κάθε τεμάχιο με ακρίβεια δεκάτου ή εκατοστού του γραμμαρίου. Καταχωρήστε πάλι τα αποτελέσματά σας σε έναν πίνακα, όπως ο πίνακας 1-Α-1.
5. Τοποθετήστε κάθε τεμάχιο σε ένα ξεχωριστό σωλήνα και σημαδέψτε τον ως Α, Β ή Γ σύμφωνα με το είδος του τεμαχίου. Προσθέστε αποσταγμένο νερό (100% νερό) στο σωλήνα Α, έως ότου το τεμάχιο Α καλυφθεί· προσθέστε διάλυμα ζάχαρης 10% σε νερό (90% νερό) στο σωλήνα Β, έως ότου το τεμάχιο Β καλυφθεί· κατόπιν προσθέστε διάλυμα ζάχαρης 20% σε νερό (80% νερό) στο σωλήνα Γ κατά τον ίδιο τρόπο. Σκεπάστε τους έως το επόμενο μάθημα.
6. Κατά το επόμενο μάθημα βγάλτε τα τεμάχια από τους σωλήνες και επαναλάβετε τα στάδια 2, 3 και 4. Καταγράψτε τα αποτελέσματά σας σε πίνακα όπως και πριν.



Εικόνα 1-Α-2 *Ανάγνωση του όγκου νερού από τον πυθμένα του μηνίσκου, μηνίσκος 5,2 χιλιοστόμετρα.*

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Επί πλέον των μεταβολών που δείχνουν τα δεδομένα σας τι άλλες αλλαγές παρατηρήσατε στο τεμάχιο Α; Στο τεμάχιο Β; Στο τεμάχιο Γ;
2. Πώς η μεταβολή σε όγκο στο τεμάχιο Α συγκρίνεται με τη μεταβολή σε βάρος;
3. Τι σχέση υπάρχει μεταξύ συγκεντρώσεως νερού και μεταβολής στο βάρος των τεμαχίων της πατάτας;
4. Ετοιμάστε μία γραφική παράσταση, όπως αυτή που φαίνεται στην εικόνα 1-Α-3, με τις μεταβολές του βάρους των τριών τεμαχίων.
5. Κάντε μία υπόθεση όσον αφορά στη συγκέντρωση νερού, όπου ένα τεμάχιο πατάτας δεν θα άλλαζε βάρος.
6. Περιγράψτε ένα πείραμα για να δοκιμάσετε την υπόθεσή σας.
7. Αρκετοί μαθητές μετρώντας το ίδιο τεμάχιο πατάτας κατέληξαν στα ακόλουθα δεδομένα μήκους: 30 mm, 31 mm, 29 mm, 28 mm. Τι εξήγηση δίνετε για τις διαφορές αυτές;
8. Έχετε πάρει απάντηση από το πείραμα αυτό σχετική με την ερώτηση του τίτλου; Εξηγήστε.



Εικόνα 1-Α-3 *Μονάδες μετρήσεως μεταβολής βάρους αναγράφονται στο αριστερό και η γραφική παράσταση απεικονίζει τις μεταβολές βάρους τεμαχίων πατάτας σε διάφορες συγκεντρώσεις νερού.*

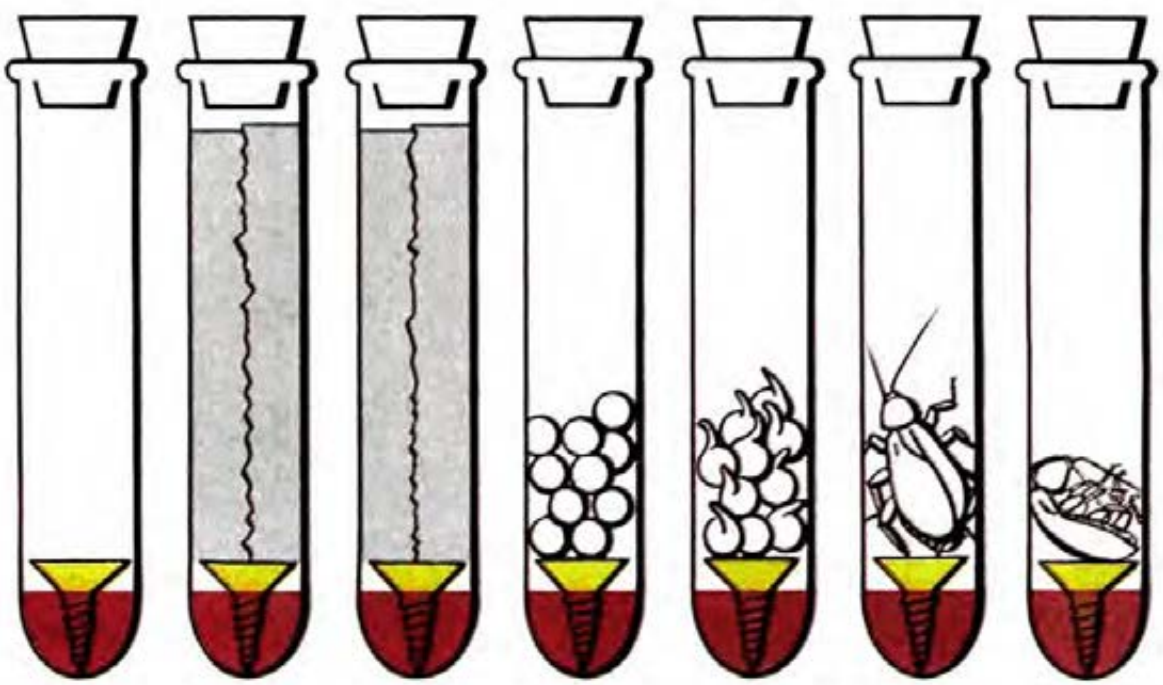
1-Β
Αποβάλλουν τα έμβια όντα μία κοινή ουσία;

Στο πείραμα 1-Α κάνατε παρατηρήσεις και μετρήσεις του μεγέθους τεμαχίων πατάτας και καταχωρήσατε τις μεταβολές που παρατηρήθηκαν. Παρατηρήσεις που προσδιορίζουν κάτι σχετικό με το μέγεθος των αντικειμένων ονομάζονται ***ποσοτικές***· δηλαδή, σχετίζονται με ποσότητες. Οι ποσοτικές παρατηρήσεις απαιτούν ακριβείς και προσεκτικές μετρήσεις με ειδικά όργανα.

Ένα άλλο είδος παρατηρήσεων προσδιορίζει τα είδη των ουσιών, από τις οποίες τα όντα είναι φτιαγμένα, ή τα είδη των ουσιών, που αποβάλλουν ή χρησιμοποιούν. Χωρίς αμφιβολία σας έχουν πει ότι, όταν αναπνέετε, παίρνετε οξυγόνο από τον αέρα και αποδίδετε σε αυτό διοξείδιο του άνθρακα. Οι παρατηρήσεις των μεταβολών αυτών στον αναπνεόμενο αέρα βασίζονται σε χημικές δοκιμασίες επί της ποιότητας του αέρα πριν και μετά την αναπνοή. Γι' αυτό οι παρατηρήσεις που προσδιορίζουν την ποιότητα των ουσιών ονομάζονται ***ποιοτικές*** παρατηρήσεις.

Για τον προσδιορισμό της ποιότητας μιας άγνωστης ουσίας οι επιστήμονες χρησιμοποιούν συχνά ειδικές δοκιμαστικές ουσίες. Για παράδειγμα, χάρτης ηλιοτροπίου είναι ένα ειδικό είδος υλικού, που χρησιμοποιείται για να προσδιορισθεί αν ένα υγρό περιέχει οξύ ή βάση. Ο καθηγητής σας θα σας δείξει πώς χρησιμοποιείται ο χάρτης ηλιοτροπίου για ποιοτικές παρατηρήσεις μερικών κοινών υγρών. Το ειδικό υλικό του χάρτη ηλιοτροπίου αλλάζει χρώμα και δείχνει ότι το υγρό είναι όξινο, βασικό ή ουδέτερο. Η ειδική χημική ουσία που αλλάζει χρώμα ονομάζεται ***δείκτης.*** Καμιά φορά χρησιμοποιούμε τις αισθήσεις μας για να κάνομε ποιοτικές παρατηρήσεις. Με τη γεύση είναι δυνατό να προσδιορίσομε αν ένα υλικό περιέχει ζάχαρη, αλάτι ή άλλες ουσίες με ειδική γεύση.

Στο πείραμα αυτό θα χρησιμοποιήσετε χη-



Εικόνα 1-Β-1 *Πώς να ετοιμάσετε τους δοκιμαστικούς σωλήνες για την πειραματική εργασία.*

μικούς δείκτες για να κάνετε ποιοτικές παρατηρήσεις σε ορισμένα βιολογικά υλικά.

ΥΛΙΚΑ

Ερυθρό της φαινόλης, ασβέστιο ύδωρ, ανθρακούχο ύδωρ (σόδα), αραιό διάλυμα οξέος, σταγονόμετρα, καλαμάκια, χαρτοπετσέτες, 2 φορείς δοκιμαστικών σωλήνων, 7 μικροί δοκιμαστικοί σωλήνες, με πώματα, 6 μικρές ορειχάλκινες βίδες που να χωρούν μέσα στους δοκιμαστικούς σωλήνες, 6 κανονικού μεγέθους δοκιμαστικοί σωλήνες, διάλυμα μαγιάς-ζάχαρης, βρασμένο διάλυμα μαγιάς-ζάχαρης, 5-10 ξηροί σπόροι (για παράδειγμα από πεπόνι, ραπάνι, ήλιο), 5-10 βλαστάνοντες σπόροι των ιδίων ειδών, 1 μικρό ζωντανό έντομο, 1 μικρό νεκρό έντομο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

α. Προσθέστε το δείκτη (ερυθρό της φαινόλης) σε 7 μικρούς δοκιμαστικούς σωλήνες. Προσθέστε διαφορετικά αντικείμενα σε κάθε σωλήνα. Παρατηρήστε και καταχωρήστε τις χρωματικές διαφορές που δείχνει το ερυθρό της φαινόλης.

β. Κάντε μερικά πειράματα με ορισμένα γνωστά υλικά για να προσδιορίσετε τις μεταβολές χρώματος που παρουσιάζονται στο ερυθρό της φαινόλης. Κάντε επίσης μερικές δοκιμασίες με το ασβέστιο ύδωρ, για να διαπιστώσετε πώς είναι δυνατό να χρησιμεύσει ως δείκτης.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

α. Δοκιμασία υλικών με ερυθρό της φαινόλης. Τοποθετήστε 7 μικρούς δοκιμαστικούς σωλήνες σε ένα φορέα και προσθέστε 5 σταγόνες διαλύματος ερυθρού της φαινόλης σε κάθε ένα. Τοποθετήστε σε ελαφρώς λοξή θέση κάθε δοκιμαστικό σωλήνα και κάνετε να γλιστρήσει απαλά μία βίδα, με το κεφάλι προς τα επάνω, προς τον πυθμένα του σωλήνα. Τώρα, προσθέστε τα ακόλουθα υλικά στους σωλήνες, όπως φαίνεται στην εικόνα 1-Β-1:

Σωλήνας 1: Τίποτα.
Σωλήνας 2: Ένα μικρό περιτυλιγμένο τεμάχιο χαρτοπετσέτας διαβρεγμένο με το διάλυμα μαγιάς-ζάχαρης.
Σωλήνας 3: Ένα περιτυλιγμένο τεμάχιο χαρτοπετσέτας διαβρεγμένο με βρα-

σμένο διάλυμα μαγιάς-ζάχαρης.
Σωλήνας 4: 5-10 μικρούς ξηρούς σπόρους (ραπανιού, ηλίου ή πεπονιού).
Σωλήνας 5: Ίδιο αριθμό βλαστημένων σπόρων.
Σωλήνας 6: Ένα ζωντανό έντομο.
Σωλήνας 7: Ένα νεκρό έντομο.

Τοποθετήστε φελούς και στους επτά δοκιμαστικούς σωλήνες, όταν έχουν όλοι προετοιμασθεί. Παρακολουθήστε τυχόν μεταβολές στο ερυθρό της φαινόλης και καταχωρήστε το χρόνο που απαιτείται για να γίνει κάθε μεταβολή. Καταχωρήστε τις παρατηρήσεις σε ένα πίνακα, όπως ο πίνακας 1-Β-1, αφήνοντας χώρο και για πρόσθετα στοιχεία.

Αριθμός σωλήνα	Προσθήκη υλικών	Μεταβολή δείκτη	Χρόνος μεταβολής
1			
2			
3			
κλπ.			

Πίνακας 1-Β-1 Καταχώρηση των παρατηρήσεων.

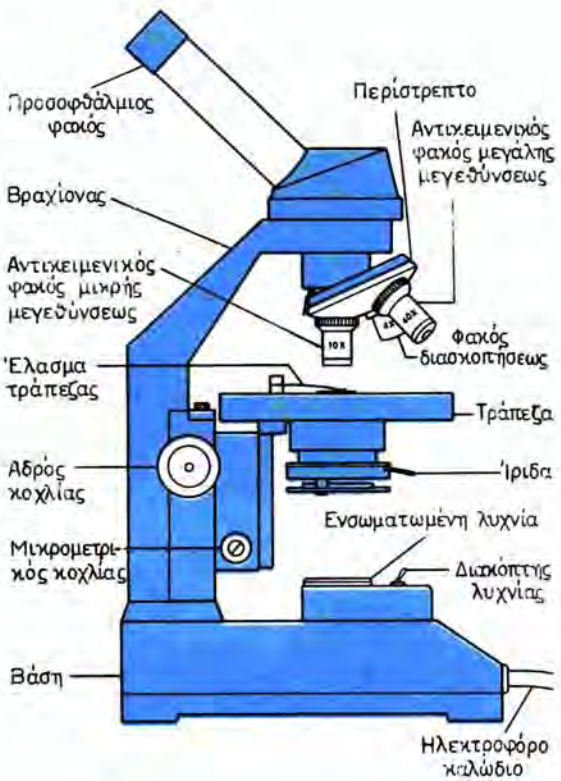
6. Προσδιορίστε τους λόγους μεταβολής του ερυθρού της φαινόλης. Στην ακόλουθη σειρά δοκιμασιών θα ανακαλύψετε τα χαρακτηριστικά δύο δεικτών, που θα σας βοηθήσουν να ερμηνεύσετε τα αποτελέσματα του α΄ μέρους.

Τοποθετήστε 6 κανονικού μεγέθους δοκιμαστικούς σωλήνες σε ένα φορέα και σημαδέψτε τους ως 8, 9, 10, 11, 12 και 13. Στους σωλήνες 8, 9 και 10 προσθέστε 10-12 σταγόνες ερυθρού της φαινόλης. Γεμίστε τους σωλήνες 11, 12 και 13 κατά το ένα τέταρτο με ασβέστιο ύδωρ. Συνεχίστε την καταχώρηση στον πίνακά σας των μεταβολών που παρατηρούνται στους δείκτες, καθώς προσθέτονται τα ακόλουθα υλικά:

Σωλήνας 8: 1-5 σταγόνες αραιού διαλύματος οξέος (υδροχλωρικού, θειικού).
Σωλήνας 9: 5-10 σταγόνες ανθρακούχου ύδατος (νερό με διοξείδιο του άνθρακα).
Σωλήνας 10: Τον αέρα της εκπνοής σας επί 30 δευτερόλεπτα μέσα από ένα καλαμάκι, στο διάλυμα ερυθρού της φαινόλης.
Σωλήνας 11: 15-20 σταγόνες ενός οξέος.
Σωλήνας 12: 5-10 σταγόνες ανθρακούχου ύδατος.
Σωλήνας 13: Τον αέρα της εκπνοής σας επί 30 δευτερόλεπτα, μέσα από ένα καλαμάκι, στο διάλυμα ασβεστίου ύδατος.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Συμφωνείτε προς τα αποτελέσματα των δοκιμασιών στους σωλήνες 8 και 9; Τι είδους υλικό σχηματίζει το διοξείδιο τσυ άνθρακα, όταν διαλύεται στο νερό;
2. Αν κάποιο υλικό αναμιγνύεται με το ερυθρό της φαινόλης και παράγει μία μεταβολή χρώματος, όπως αυτή στο σωλήνα 9, μπορείτε να είσθε βέβαιοι ότι το υλικό αυτό περιέχει ένα οξύ; Μπορείτε να είσθε βέβαιοι ότι το υλικό περιέχει διοξείδιο του άνθρακα;
3. Πώς γνωρίζετε ότι στον εκπνεόμενο αέρα υπάρχει ένα υλικό που σχηματίζει οξύ, όταν αναμιχθεί με το νερό του διαλύματος του ερυθρού της φαινόλης;
4. Μπορείτε να αποφασίσετε μόνο από το σωλήνα 10, αν ο εκπνεόμενος αέρας περιέχει διοξείδιο του άνθρακα; Γιατί;
5. Μπορείτε να αποφασίσετε μόνο από το σωλήνα 10 αν ο εκπνεόμενος αέρας περιέχει ένα οξύ; Γιατί;
6. Με βάση τα αποτελέσματα από τις δοκιμασίες των σωλήνων 10 και 13 ο εκπνεόμενος αέρας περιέχει διοξείδιο του άνθρακα; Εξηγήστε.
7. Σε τι διαφέρουν τα υλικά που προκάλεσαν μεταβολές στους σωλήνες 2-7 από αυτά που δεν προκάλεσαν;
8. Ποια υπόθεση μπορείτε να κάνετε, για να εξηγήσετε τις μεταβολές χρωμάτων στους σωλήνες 2-7;
9. Ποιος δείκτης θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί, για να υποστηρίξει την υπόθεσή σας;
10. Γιατί υπήρχαν υλικά που δεν προκάλεσαν καμιά αλλαγή στο δείκτη αυτής της πειραματικής εργασίας;



Εικόνα 1-Γ-1 *Τμήματα ενός σύνθετου μικροσκοπίου.*

1-Γ
Το σύνθετο μικροσκόπιο

Το μικροσκόπιο είναι ένα όργανο σχεδιασμένο για την παρατήρηση αντικειμένων πολύ μικρών, ώστε να είναι ορατά με γυμνό οφθαλμό. Χωρίς βοήθεια ο ανθρώπινος οφθαλμός δεν μπορεί να διακρίνει αντικείμενα μικρότερα από 0,1 mm. Το μικροσκόπιο λειτουργεί ως μία επέκταση του οφθαλμού σας, επιτρέποντάς σας να δείτε μικρότερα αντικείμενα. Ο πλέον συνηθισμένος τύπος μικροσκοπίου φαίνεται στην εικόνα 1-Γ-1 και ονομάζεται σύνθετο μονοφθάλμιο μικροσκόπιο, γιατί η εικόνα παρατηρείται με έναν οφθαλμό μόνο. Συνήθως το φως διέρχεται μέσω του αντικειμένου, πριν φθάσει στον οφθαλμό.

Ο οφθαλμός σας έχει ένα φακό, ο οποίος εστιάζει αυτομάτως στο αντικείμενο που παρατηρείται. Οι φακοί όμως του μικροσκοπίου πρέπει να εστιασθούν μηχανικά. Ένα ζεύγος από κοχλίες, ο ένας από τους οποίους ονομάζεται αδρός και ο άλλος μικρομετρικός, πλησιάζουν ή απομακρύνουν τους φακούς από το αντικείμενο που παρατηρείται. Σε μερικά μικροσκόπια αντί για τους φακούς κινείται η τράπεζα του μικροσκοπίου, η οποία φέρει το αντικείμενο.

Η απόσταση μεταξύ του αντικειμένου που παρατηρείται και του αντικειμενικού φακού προσδιορίζει την εστίαση. Για να βρίσκεται το αντικείμενο εστιασμένο κάτω από τη μεγάλη μεγέθυνση, οι φακοί πρέπει να είναι πλησιέστερα προς το αντικείμενο παρά κάτω από μικρή μεγέθυνση. Επειδή οι φακοί είναι πολύ κοντά στην αντικειμενοφόρο πλάκα, υπάρχει μεγαλύτερος κίνδυνος να προξενηθούν βλάβες σ' αυτή και τους φακούς, όταν χρησιμοποιείται μεγάλη μεγέθυνση παρά μικρή.

Όταν παρατηρείτε μέσα από το μικροσκόπιο, είναι σπουδαίο να γνωρίζετε πόσο είναι μεγεθυμένο το αντικείμενο που παρατηρείτε. Για να βρείτε το βαθμό μεγεθύνσεως, πολλαπλασιάστε τον αριθμό που υπάρχει στον αντικειμενικό φακό που χρησιμοποιείται επί τον αριθμό που υπάρχει στον προσοφθάλμιο φακό. Αν, για παράδειγμα, η ικανότητα μεγεθύνσεως του προσοφθαλμίου φακού είναι 10 × (μεγεθύνει 10 φορές) και του αντικειμενικού είναι 40 × (μεγεθύνει 40 φορές), η ολική μεγέθυνση είναι 10 επί 40 ή 400 ×.

Κατά την πειραματική αυτή εργασία θα μάθετε τη χρήση ενός μικροσκοπίου, την όψη κοινών αντικειμένων κάτω από το μικροσκόπιο και τον τρόπο προετοιμασίας αντικειμένων για παρατήρηση με μικροσκόπιο.

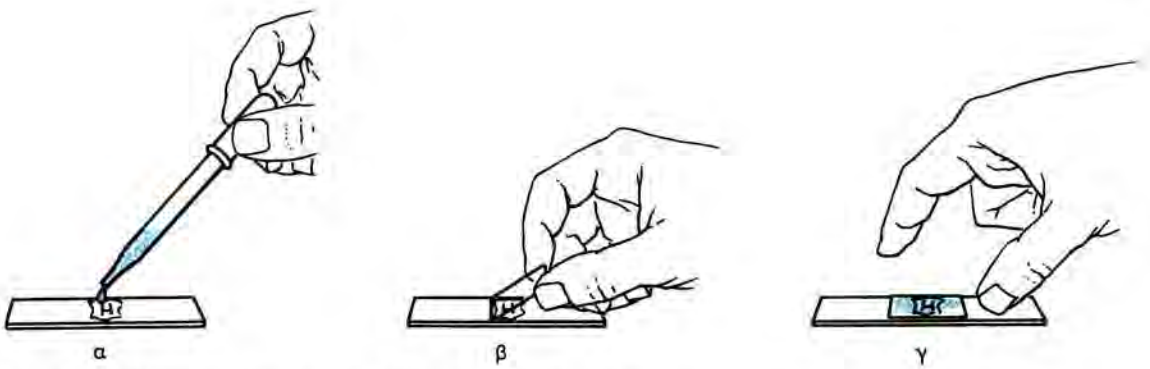
ΥΛΙΚΑ

Σύνθετο μικροσκόπιο, 3 αντικειμενοφόροι πλάκες, καλυπτρίδες, ψαλίδι, νερό, σταγονόμετρο, εφημερίδα.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

α. Συντήρηση μικροσκοπίου. Το μικροσκόπιο είναι όργανο ακριβείας και πρέπει να χρησιμοποιείται με προσοχή. Να ακολουθείτε πάντοτε αυτούς τους κανόνες όταν χρησιμοποιείτε ένα μικροσκόπιο.

1. Μεταφέρετε πάντοτε ένα μικροσκόπιο με τα δύο χέρια, ένα χέρι κάτω από τη βάση του και το άλλο στο βραχίονά του.
2. Όταν τοποθετείτε ένα μικροσκόπιο στον πάγκο, μη το τοποθετείτε στην άκρη. Αν υπάρχει λυχνία φωτισμού προσαρμοσμένη στο μικροσκόπιο, να είσθε προσεκτικοί με τα καλώδια. Όταν εργάζεσθε με το μικροσκόπιο, είναι γενικά προτιμότερο να καθα-



Εικόνα 1-Γ-2 *Προετοιμάστε ένα μη μόνιμο παρασκεύασμα σε αντικειμενοφόρο πλάκα και καλύψτε το με καλυπτρίδα.*

ρίζετε τον εργαστηριακό πάγκο από οτιδήποτε δεν είναι απόλυτα αναγκαίο.

3. Αποφεύγετε να χρησιμοποιείτε το μικροσκόπιο υπό κλίση, όταν παρατηρείτε προσωρινά ενυδατωμένα παρασκευάσματα.
4. Οι φακοί του μικροσκοπίου κοστίζουν σχεδόν όσο όλα τα υπόλοιπα μέρη του μικροσκοπίου. Μην τους καθαρίζετε ποτέ με τίποτε άλλο εκτός από το ειδικό χαρτί φακών.
5. Όταν επανατοποθετείτε το μικροσκόπιο στη θέση του, να τοποθετείτε στη θέση παρατηρήσεως ***πάντοτε*** τη μικρότερη μεγέθυνση.

β. Προετοιμασία μικροσκοπίου.

1. Τοποθετήστε στη θέση παρατηρήσεως τον αντικειμενικό φακό μικρότερης μεγεθύνσεως, αν δεν είναι ήδη στη θέση του. Όταν αλλάζετε από ένα αντικειμενικό φακό σε άλλο, θα ακούτε ένα χαρακτηριστικό «κλικ» όταν ο φακός είναι στη θέση του.
2. Μετακινήστε τον καθρέφτη, ώστε το φως να ανταναχλάται προς τα επάνω μέσω του ανοίγματος της τράπεζας ή θέστε σε λειτουργία την ενσωματωμένη λυχνία φωτισμού. Τα περισσότερα μικροσκόπια είναι εφοδιασμένα με συγκεντρωτικό σύστημα φωτισμού για τη ρύθμιση του φωτός. Άλλα υλικά παρατηρούνται καλύτερα με χαμηλό φωτισμό και άλλα με δυνατό φωτισμό.
3. Βεβαιωθείτε ότι οι φακοί είναι καθαροί. Καθαρίστε τους φακούς με ειδικό χαρτί καθαρισμού φακών μόνο.

γ. Εξάσκηση στη χρήση του μικροσκοπίου.

1. Κόψτε ένα γράμμα Η από ένα κομμάτι εφημερίδας. Τοποθετήστε το σε μία καθαρή αντικειμενοφόρο. Με ένα σταγονόμετρο προσθέστε μία σταγόνα νερό στο γράμμα. Αυτό ονομάζεται ***νωπό*** ή ***πρόσφατο παρασκεύασμα.***
2. Περιμένετε να διαβραχεί το χαρτί, προτού το καλύψετε με καλυπτρίδα. Κρατήστε την καλυπτρίδα σε γωνία 45° ως προς την αντικειμενοφόρο και κατόπιν κατεβάστε την αργά. Η εικόνα 1-Γ-2 δείχνει αυτά τα πρώτα βήματα.
3. Τοποθετήστε την αντικειμενοφόρο στο τραπέζι, ώστε το γράμμα να βρίσκεται στη μέση της οπής του τραπεζιού. Βεβαιωθείτε ότι ο μικρότερος αντικειμενικός είναι στη θέση παρατηρήσεως. Να παρατηρείτε το τραπέζι από το πλάι, καθώς κατεβάζετε τον αντικειμενικό χρησιμοποιώντας τον αδρό κοχλία. Κατεβάστε τον, έως ότου βρίσκεται σε απόσταση περίπου 1 mm από την καλυπτρίδα ή έως ότου τον σταματήσει ο μηχανισμός που δεν επιτρέπει παραπέρα κάθοδο.
4. Τώρα παρατηρήστε μέσα από τον προσοφθάλμιο και με τον αδρό κοχλία ανεβάστε αργά τον αντικειμενικό, μέχρι να φανεί το γράμμα Η. Χρησιμοποιήστε το μικρομετρικό κοχλία για να εστιάσετε. Συγκρίνετε την όψη του γράμματος κάτω από το μικροσκόπιο με την όψη του με γυμνό οφθαλμό.
5. Κόψτε ένα γράμμα Α, ετοιμάστε ένα πρόσφατο παρασκεύασμα και εξετάστε κάτω από μικρή μεγέθυνση. Περιγράψτε τη θέση του γράμματος, όπως τη βλέπετε από το πλάι με γυμνό οφθαλμό. Κατόπιν περιγράψτε την, όπως τη βλέπετε μέσα από το μικροσκόπιο.
6. Ετοιμάστε ένα πρόσφατο παρασκεύασμα

από το γράμμα Ε. Κοιτάξτε το γράμμα μέσα από τον προσοφθάλμιο και μετακινήστε την αντικειμενοφόρο αργά προς τα εμπρός. Τι παρατηρείτε να συμβαίνει στο γράμμα; Μετακινήστε την αντικειμενοφόρο προς τα δεξιά. Προς ποια κατεύθυνση κινείται η εικόνα; Πώς μπορείτε να περιγράψετε τη σχετική θέση και κίνηση των αντικειμένων, όπως παρατηρούνται κάτω από ένα σύνθετο μικροσκόπιο;

8. Σχεδιάστε ένα από τα γράμματα, όπως φαίνεται μέσα από το μικροσκόπιο. Σχεδιάστε το γράμμα στο ίδιο μέγεθος και θέση, όπως φαίνεται μέσα από το μικροσκόπιο.
9. Ετοιμάστε ένα πρόσφατο παρασκεύασμα από δύο τρίχες διαφορετικού χρώματος, μία ανοικτόχρωμη και μία σκουρόχρωμη. Τοποθετήστε τις, ώστε να διασταυρώνονται μεταξύ τους. Παρατηρήστε τις κάτω από μικρή μεγέθυνση και περιγράψτε την εμφάνισή τους. Τοποθετήστε την αντικειμενοφόρο κατά τέτοιο τρόπο, ώστε οι τρίχες να διασταυρώνονται στο κέντρο του πεδίου. Ακολουθήστε τα στάδια του τμήματος δ, για να παρατηρήσετε τις τρίχες με μεγάλη μεγέθυνση.

δ. Χρήση αντικειμενικού μεγάλης μεγεθύνσεως.

1. Εντοπίστε το αντικείμενο πρώτα κάτω από μικρή μεγέθυνση.
2. Εστιάστε και προσαρμόστε το φως για τον καλύτερο φωτισμό.
3. Μετακινήστε την αντικειμενοφόρο, ώστε το αντικείμενο να είναι στη μέση του πεδίου μικρής μεγεθύνσεως.
4. Φέρτε στη θέση παρατηρήσεως τον αντικειμενικό μεγάλης μεγεθύνσεως. Μην αλλάζετε την εστίαση.
5. Εστιάστε με τη χρήση του μικρομετρικού κοχλία μόνο. Μην εστιάζετε, στην περίπτωση μεγάλων μεγεθύνσεων, με τον αδρό στρόφαλο.
6. Βελτιώστε την εστίαση με το μικρομετρικό κοχλία μόνο. Αν δεν επιτύχετε να βρείτε το αντικείμενο κάτω από υψηλή μεγέθυνση την πρώτη φορά, επιστρέψτε στο στάδιο 1 και επαναλάβετε όλη τη διαδικασία προσεκτικά.
7. Χρησιμοποιώντας το μικρομετρικό κοχλία εστιάστε τις τρίχες στο σημείο που διασταυρώνονται. Μπορείτε να τις δείτε και τις δύο καθαρά στο ίδιο επίπεδο εστιάσεως; Μπορείτε να προσδιορίσετε, ενώ παρατηρείτε μέσα από το μικροσκόπιο, ποια τρίχα, η ανοικτόχρωμη ή η σκουρόχρωμη, είναι επάνω από την άλλη; Εξηγήστε. Περιγράψτε την εμφάνιση των τριχών, όπως τις βλέπετε με τη μεγάλη μεγέθυνση.
8. Διαμορφώστε ένα σχέδιο των διασταυρουμένων τριχών, όπως φαίνονται σε μεγάλη μεγέθυνση.
9. Αν έχετε χρόνο, εξετάστε και άλλα υλικά, που θα σας δώσει ο καθηγητής σας.

1-Δ
Μικροσκοπικές μετρήσεις

Πολλά από τα αντικείμενα που μελετούν οι βιολόγοι με το μικροσκόπιο έχουν συγκεκριμένο μέγεθος και σχήμα. Προκειμένου να κάνετε ποσοτικές παρατηρήσεις των αντικειμένων αυτών, πρέπει να έχετε έναν τρόπο να το μετράτε. Πώς είναι δυνατό ένα μικροσκόπιο να χρησιμοποιηθεί ως όργανο μετρήσεως αντικειμένων πολύ μικρών, για να μετρηθούν με ένα συνηθισμένο κανόνα; Στην έρευνα αυτή θα μάθετε να χρησιμοποιείτε μία απλή τεχνική για τη μέτρηση ορισμένων αντικειμένων κάτω από το μικροσκόπιο.

ΥΛΙΚΑ

Σύνθετο μικροσκόπιο, αντικειμενοφόρος, καλυπτρίδα, ψαλίδι, κανόνας μετρήσεως, σταγονόμετρο, νερό, κομμάτι φωτογραφίας από εφημερίδα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Προσδιορίστε τη διάμετρο του πεδίου του μικροσκοπίου (του φωτεινού κύκλου που βλέπετε, όταν παρατηρείτε μέσα από το μικροσκόπιο) μετρώντας ένα κύκλο, σχεδιασμένο με το χέρι, ο οποίος μοιάζει στο μέγεθος με το πεδίο του μικροσκοπίου. Μετά τον προσδιορισμό της διαμέτρου του πεδίου, το μέγεθος των μικροσκοπικών αντικειμένων είναι δυνατόν να προσδιορισθεί διά συγκρίσεως προς το γνωστό μέγεθος του πεδίου. Για να αποκτήσετε πείρα στην τεχνική αυτή, προσδιορίστε τη διάμετρο των στιγμάτων της φωτογραφίας από εφημερίδα και το πάχος των ανθρωπίνων τριχών. Η τεχνική είναι χρήσιμη για τον προσδιορισμό του είδους μικροοργανισμών, γιατί κάθε συγκεκριμένο είδος μι-

κροοργανισμού αναμένεται να έχει μέγεθος που κυμαίνεται μέσα σε προσδιορισμένα όρια. Τα όρια αυτά θα είναι διαφορετικά από τα όρια ενός άλλου είδους (βλέπε εικόνα 2-8). Για παράδειγμα, ο αμοιβάδες είναι πολύ μεγαλύτερες από τις ευγλήνες. Ο αριθμός κάτω από κάθε όνομα αναφέρεται στο σχετικό μέγεθος κάθε οργανισμού.

ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Ετοιμάστε το μικροσκόπιο χρησιμοποιώντας τις τεχνικές που μάθατε στο πείραμα 1-Γ.
2. Με ένα καλοξυσμένο μολύβι σχεδιάστε προσεκτικά μερικούς πολύ μικρούς κύκλους σε απόσταση 1 εκ. τον ένα από τον άλλο σε ένα κομμάτι κοινό χαρτί. Αρχίστε από το μικρότερο που μπορείτε να σχεδιάσετε και προχωρήστε σταδιακά προς μεγαλύτερους, έως ότου έχετε σχεδιάσει 6 ή 8 κύκλους, ο μεγαλύτερος από τους οποίους δεν έχει διάμετρο μεγαλύτερη από 3 ή 4 mm. Κόψτε το χαρτί σε κομμάτια, κάθε ένα από τα οποία περιέχει έναν κύκλο. Ετοιμάστε ένα πρόσφατο παρασκεύασμα με το μικρότερο κύκλο και παρατηρήστε τον υπό μικρή μεγέθυνση. Ο κύκλος αυτός θα είναι μικρότερος μάλλον από το πεδίο.
   Ετοιμάστε και τους άλλους κύκλους με τον ίδιο τρόπο και προσδιορίστε εκείνον, που βρίσκεται πιο κοντά από απόψεως περιφέρειας προς την περιφέρεια του πεδίου του μικροσκοπίου. Η επιφάνεια του κύκλου αυτού αναπαριστά την επιφάνεια της αντικειμενοφόρου, την οποία βλέπετε, όταν παρατηρείτε μέσα από το μικροσκόπιο με μικρή μεγέθυνση. Μετρήστε σε χιλιοστά με όση ακρίβεια μπορείτε τη διάμετρο του κύκλου, που ταιριάζει με τη διάμετρο του πεδίου. Καταχωρήστε τη μέτρηση αυτή στο βιβλίο εργαστηρίου και σημειώστε ως τη διάμετρο που πλησιάζει κατά το δυνατόν τη διάμετρο του πεδίου υπό μικρή μεγέθυνση. Μπορείτε να ελέγξετε τη μέτρηση αυτή τοποθετώντας ένα κανόνα μετρήσεως σε μία αντικειμενοφόρο πλάκα και παρατηρώντας την άκρη του υπό μικρή μεγέθυνση. Προσδιορίστε τον αριθμό των χιλιοστών κατά μήκος της διαμέτρου του πεδίου. Συμφωνεί η μέτρηση αυτή με τη μέτρηση του κύκλου;
3. Η μονάδα μετρήσεως για αντικείμενα πολύ μικρά για να είναι ορατά μόνο με ένα μικροσκόπιο είναι το ***μικρόμετρο*** (μm). Ένα χιλιοστό του μέτρου είναι ίσο προς 1000 μm ή ένα μικρόμετρο είναι ίσο προς 0,001 m. Προσδιορίστε τη διάμετρο του πεδίου του μικροσκοπίου σε μικρόμετρα. Αναγράψτε αυτό το στοιχείο στο βιβλίο εργαστηρίου.
4. Κόψτε ένα κομμάτι φωτογραφίας από εφημερίδα, ετοιμάστε ένα πρόσφατο παρασκεύασμα και εξετάστε το κάτω από μικρή μεγέθυνση. Μετρήστε μία απλή γραμμή στιγμάτων, που διέρχεται από το κέντρο του πεδίου. Συγκρίνετε το μέγεθος των περιοχών μεταξύ των στιγμάτων προς το μέγεθος των δειγμάτων. Προσδιορίστε σε μικρόμετρα το μέγεθος των στιγμάτων συγκρίνοντάς τα προς τη γνωστή διάμετρο του πεδίου. Προσθέστε τις διαμέτρους όλων των στιγμάτων, που βρίσκονται κατά μήκος μιας γραμμής, η οποία διέρχεται από το κέντρο του πεδίου και τα διαστήματα μεταξύ των στιγμάτων αυτών. Ο τελικός αριθμός θα πρέπει να πλησιάζει τη διάμετρο του πεδίου, που προσδιορίσατε στο στάδιο 2. Αν οι δύο αριθμοί δεν πλησιάζουν, επαναλάβατε τα στάδια, έως ότου να έχετε προσδιορίσει με ακρίβεια το μέγεθος των στιγμάτων.
5. Γυρίστε στον αντικειμενικό μεγάλης μεγεθύνσεως και μετρήστε τα στίγματα και τα διαστήματα κατά μήκος της διαμέτρου του πεδίου μεγάλης μεγεθύνσεως. Από τα μεγέθη των στιγμάτων και των διαστημάτων που έχετε προσδιορίσει, υπολογίστε κατά προσέγγιση τη διάμετρο του πεδίου μεγάλης μεγεθύνσεως. Είναι το πεδίο μεγάλης μεγεθύνσεως μεγαλύτερο ή μικρότερο από το πεδίο χαμηλής μεγεθύνσεως; Πόσες φορές; Καταχωρήστε τη διάμετρο του πεδίου μεγάλης μεγεθύνσεως στα βιβλίο σας.
6. Προσδιορίστε τις τιμές μεγεθύνσεως επάνω στους αντικειμενικούς φακούς μικρής και μεγάλης μεγεθύνσεως. Σημειώστε ότι οι τιμές μεγεθύνσεως των αντικειμενικών φακών συνδέονται με μία αντίστροφη σχέση με τη διάμετρο των πεδίων:

$$\frac{\text{μεγάλη μεγέθυνση}}{\text{μικρή μεγέθυνση}} = \frac{\text{διάμετρος μικρής μεγεθύνσεως}}{\text{διάμετρος μεγάλης μεγεθύνσεως}}$$

Υπολογίστε τη σχέση αυτή για το μικροσκόπιό σας.

7. Ανταλλάξτε δείγματα τριχών με δύο άλλους συμμαθητές σας και προσδιορίστε τη διάμετρο των τριχών σε μικρά του μέτρου. Κόψτε τις τρίχες σε μικρά τεμάχια και τοποθετήστε τα το ένα πλάι στο άλλο, με μικρά ή και χωρίς διαστήματα μεταξύ των τριχών. Χρησιμοποιήστε διαφορετική αντικειμενοφόρο για κάθε δείγμα τριχών. Παρατηρήστε τις πρώτα με μικρή και κατόπιν με μεγάλη μεγέθυνση. Προσδιορίστε το πάχος κάθε τρίχας συγκρίνοντάς το με το προσδιορισμένο μέγεθος του πεδίου μεγάλης μεγεθύνσεως. Συγκρίνετε τις εκτιμήσεις πάχους, που έχετε κάνε εσείς με τις εκτιμήσεις άλλων, που έχουν μετρήσει τις τρίχες του ίδιου ατόμου. Υπάρχει καμιά σχέση μεταξύ μεγέθους και χρώματος τρίχας ή μεταξύ μεγέθους τρίχας και υφής (σγουρές ή λείες);
8. Γράψτε μία παράγραφο, που να περιγράφει τη χρήση του μικροσκοπίου για τη μέτρηση του μήκους ενός *Παραμηκύου*. Τα *Παραμήκυα* είναι από τους πιο κοινούς μικροοργανισμούς μικρών λιμνών.

Πειραματα για το κεφαλαιο 2

Έμβια όντα

2-Α
Κυτταρική δομή

Παρά το ότι υπάρχουν μεγάλες διαφορές στο μέγεθος, στο σχήμα, στο χρώμα και στη λειτουργικότητα των εμβίων όντων, οι βασικές μονάδες της ζωής έχουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά. Στο κεφάλαιο 10 μάθατε πώς ανακαλύφθηκαν και ονομάσθηκαν τα κύτταρα και πώς οι πρώτοι βιολόγοι ανακάλυψαν τις σπουδαίες δομές και λειτουργίες των κυττάρων.

Στο πείραμα αυτό θα δείτε πώς είναι μερικά κύτταρα. Επίσης θα συγκρίνετε τη δομή και την οργάνωση των κυττάρων από διάφορους οργανισμούς.

ΥΛΙΚΑ

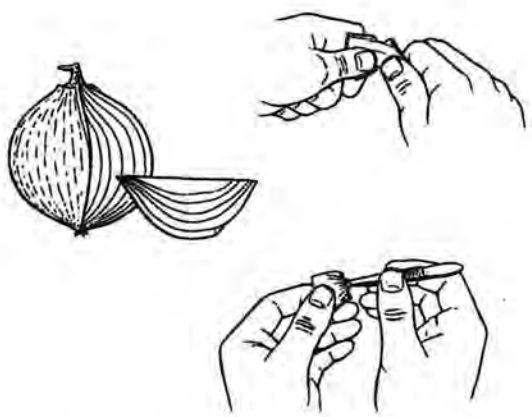
Κρεμμύδι, φύλλο *Ελωδίας*, οδοντογλυφίδα, μικροσκόπιο, αντικειμενοφόροι, καλυπτρίδες, διάλυμα ιωδίου, λαβίδα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ετοιμάστε αντικειμενοφόρους με υλικό από καθένα από τα έμβια όντα (κρεμμύδι, φύλλο Ελωδίας, κύτταρα από την εσωτερική πλευρική επιφάνεια του στόματός σας). Παρατηρήστε τα παρασκευάσματα και με τη μικρή και με τη μεγάλη μεγέθυνση του μικροσκοπίου. Χρησιμοποιήστε το διάλυμα ιωδίου, για να χρώσετε τα κύτταρα, ώστε ορισμένα μέρη των κυττάρων να φανούν καλύτερα.

ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Κρατήστε ένα χιτώνα κρεμμυδιού, έτσι ώστε να βλέπετε το κυρτό μέρος του και λυγίστε τον προς τα πίσω, ώσπου να σπάσει (βλέπε εικόνα 2-Α-1). Μπορείτε να δείτε μία διαφανή, λεπτή σαν χαρτί, στρώση κυττάρων, που αποσπάται από την εξωτερική κυρτή επιφάνεια του χιτώνα.
2. Χρησιμοποιώντας τη λαβίδα ή τα νύχια σας αποκόψτε ένα μικρό τεμάχιο της λεπτής αυτής στρώσεως και τοποθετήστε την σε λίγες σταγόνες διαλύματος ιωδίου.
3. Εξετάστε την αντικειμενοφόρο πρώτα κάτω από τη μικρή μεγέθυνση και κατόπιν κάτω από τη μεγάλη.
4. Σχεδιάστε μερικά κύτταρα, όπως φαίνονται με τη μεγάλη μεγέθυνση. Πόσες διαστάσεις φαίνεται να έχουν τα κύτταρα, όταν τα παρατηρείτε μέσα από το μικροσκόπιο; Σχεδιάστε ένα κύτταρο, όπως θα φαινόταν, αν μπορούσατε να το δείτε σε τρεις διαστάσεις. Προσδιορίστε το ***κυτταρικό τοίχωμα,*** την ***κυτταρική μεμβράνη,*** τον ***πυρήνα*** και το ***κυτταρόπλασμα.*** Κοιτάξτε στο κεφάλαιο 10, αν δεν γνωρίζετε τα



Εικόνα 2-Α-1 *Η λήψη μιας λεπτής στρώσεως κυττάρων από ένα χιτώνα κρεμμυδιού.*

μέρη αυτά του κυττάρου.

5. Ετοιμάστε σε μία αντικειμενοφόρο ένα πρόσφατο παρασκεύασμα από φύλλο *Ελωδίας* και παρατηρήστε το πρώτα σε μικρή μεγέθυνση και κατόπιν σε μεγάλη. Σχεδιάστε μερικά κύτταρα, όπως φαίνονται κάτω από τη μεγάλη μεγέθυνση. Ανασηκώστε την καλυπτρίδα και προσθέστε μία ή δύο σταγόνες διαλύματος ιωδίου στο φύλλο. Παρατηρήστε το πάλι κάτω από μεγάλη μεγέθυνση. Υπάρχουν δομές που είναι τώρα ορατές και που δεν βλέπατε πριν χωρίς το διάλυμα ιωδίου; Προσθέστε τις δομές στο σχήμα σας.
6. Με το πλατύ άκρο μιας οδοντογλυφίδας ξύστε ***ελαφρά*** την εσωτερική πλευρική επιφάνεια του στόματός σας. (Δεν υπάρχει λόγος να σχίσετε ή να πληγώσετε τον ιστό). Τοποθετήστε το πλατύ άκρο της οδοντογλυφίδας με τα αποξέσματα από το στόμα σε μία σταγόνα διαλύματος ιωδίου και θέστε το σε μία αντικειμενοφόρο. Περιστρέψτε την οδοντογλυφίδα, ώστε να ξεκολλήσουν από αυτή τα κύτταρα του στόματός σας. Πετάξτε την οδοντογλυφίδα. Καλύψτε μία καλυπτρίδα και εξετάστε τα κύτταρα του στόματός σας με τη μικρή και κατόπιν με τη μεγάλη μεγέθυνση του μικροσκοπίου σας. Βρέστε ένα πεδίο όπου τα κύτταρα είναι ξεχωρισμένα και διακριτά και σχεδιάστε μερικά από αυτά κάτω από τη μεγάλη μεγέθυνση.
7. Εξετάστε τα παρασκευάσματα που θα σας δώσει ο καθηγητής σας και συγκρίνετε τη δομή με τα κύτταρα που ετοιμάσατε εσείς.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Ποιο μέρος κυττάρου βρίσκετε γύρω από τα φυτικά κύτταρα, που δεν το βρίσκετε στα κύτταρα του στόματός σας;
2. Γιατί είναι δύσκολο να δείτε την κυτταρική μεμβράνη στα φυτικά κύτταρα;
3. Πώς βοηθά το διάλυμα ιωδίου; Γιατί νομίζετε ότι χρησιμοποιούν οι βιολόγοι χρωστικές διαφόρων ειδών, όταν μελετούν τα κύτταρα κάτω από το μικροσκόπιο;

2-Β
Μικροοργανισμοί μικρών λιμνών

Γνωρίζετε πολλά έμβια όντα. Για παράδειγμα, μπορείτε να αναγνωρίσετε μία ζέρβα ή ένα τάρανδο και να περιγράψετε μερικές διαφορές μεταξύ τους. Αν πηγαίνετε συχνά για ψάρεμα, θα γνωρίζετε διάφορα είδη ιχθύων, ίσως μάλιστα να μπορείτε να διακρίνετε μία πέρκα από έναν κυπρίνο ή από ένα γατόψαρο. Υπάρχει όμως μία μεγάλη ποικιλία οργανισμών, για την οποία ίσως δεν γνωρίζετε τίποτα. Αυτή αποτελείται από τον κρυμμένο κόσμο των μικροοργανισμών, οργανισμών πολύ μικρών για να είναι ορατοί με γυμνό οφθαλμό. Οι οργανισμοί αυτοί, όπως και τα μεγαλύτερα ζώα ή φυτά, έχουν διακριτά χαρακτηριστικά. Με επανειλημμένες παρατηρήσεις θα είσθε σύντομα σε θέση να περιγράψετε το σχήμα τους, τις συνήθειές τους και τα χαρακτηριστικά τους.

ΥΛΙΚΑ

Ποτήρι ζέσεως ή γυάλινο δοχείο, αποξηραμένα χόρτα και φύλλα μαζί με λίγο χώμα, μικροσκόπιο, αντικειμενοφόροι, σταγονόμετρα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ετοιμάστε ένα μικρό υδάτινο περιβάλλον με τα υλικά που έχετε συλλέξει. Κατόπιν παρατηρήστε την παρουσία διαφόρων τύπων μικροοργανισμών, που θα αναπτυχθούν σε μεγάλους αριθμούς κάτω από τις ειδικές συνθήκες που έχετε δημιουργήσει. Με επανειλημμένες παρατηρήσεις μάθετε να αναγνωρίζετε αυτά τα περίεργα έμβια όντα. Η εικόνα 2-10 θα σας βοηθήσει να αναγνωρίσετε μερικά από αυτά.

ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Προσθέστε στο γυάλινο δοχείο ή το ποτήρι ζέσεως μικρή ποσότητα χόρτων, φύλλων και ελάχιστο χώμα, ώστε να σχηματισθεί ένα στρώμα πάχους περίπου 1 cm. Γεμίστε το δοχείο με νερό από μία μικρή λίμνη. Σημειώστε στο δοχείο το όνομά σας και την ημερομηνία.
2. Τοποθετήστε το δοχείο σε ζεστή, φωτιζόμενη θέση. Αποφύγετε τη μεγάλη θερμοκρασία και το άμεσο ηλιακό φως.
3. Εξετάζετε το δοχείο καθημερινά τις επόμενες ημέρες. Σημειώστε κάθε αλλαγή στη διαύγεια, το χρώμα, την οσμή ή άλλα χαρακτηριστικά.
4. Όταν θα έχει σχηματισθεί στην επιφάνεια του νερού μία επιπλέουσα μεμβράνη, αρχίστε μικροσκοπικές παρατηρήσεις. Μπορείτε να το κάνετε αυτό παίρνοντας μερικές σταγόνες από τη μεμβράνη μαζί με νερό πάνω σε μία αντικειμενοφόρο πλάκα. Παρατηρήστε τις κάτω από μικρή μεγέθυνση και χωρίς καλυπτρίδα. Παρατηρήστε τον αριθμό των διαφόρων ειδών μικροοργανισμών και ετοιμάστε απλά σχέδια κάθε τύπου. Σημειώστε στα σχέδιά σας με τον αριθμό 1 τον τύπο που φαίνεται ότι είναι ο πιο πολυάριθμος.
5. Κάντε παρατηρήσεις και τις επόμενες ημέρες για αρκετούς μήνες και συγκρίνετε τους τύπους και τη συχνότητα των διαφόρων τύπων με εκείνους των προηγουμένων παρατηρήσεών σας.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Ποιο είδος μικροοργανισμού φαίνεται να παρατηρείται με μεγαλύτερη συχνότητα στην αρχή; (Σπουδαίο σημείο: Τι προκάλεσε το θόλωμα της καλλιέργειας και την άσχημη οσμή;)
2. Νομίζετε ότι όλοι οι τύποι των οργανισμών που παρατηρήσατε κατά τις τελευταίες ημέρες υπήρχαν στο νερό από την ημέρα που αρχίσατε την καλλιέργεια; Εξηγήστε.
3. Τι νομίζετε ότι προκάλεσε την αλλαγή στη συχνότητα των διαφόρων τύπων μικροοργανισμών, καθώς προχωρούσε η καλλιέργεια;

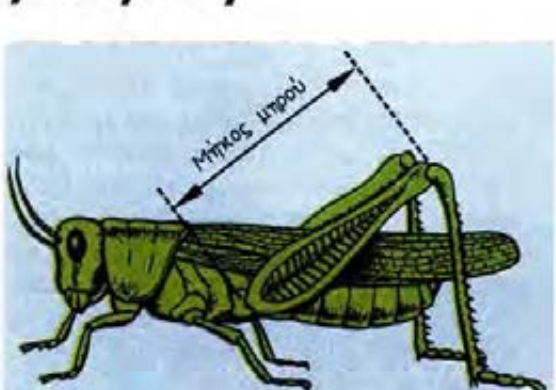
Πειραματα για το κεφαλαιο 3

Θεωρίες εξελίξεως

3-Α
Ποικιλότητα μέσα σε ένα είδος

Θα έχετε ίσως ακούσει την έκφραση «τόσο όμοιοι σαν δύο σταγόνες νερό». Πόσο όμως είναι όμοια δύο μπιζέλια ή δύο φασόλια από τον ίδιο λοβό ή το μήκος των ποδιών στις ακρίδες ή το ύψος των ανθρώπων; Σε ένα κοπάδι προβάτων όλα τα πρόβατα φαίνονται πολύ όμοια και δεν μπορούμε να τα ξεχωρίσομε το ένα από το άλλο. Τα νεαρά πρόβατα όμως φαίνεται ότι δεν έχουν δυσκολία να ξεχωρίζουν τις μητέρες τους, όταν έρχεται η ώρα του θηλασμού. Υπάρχουν διαφορές στις προβατίνες, που επιτρέπουν στα αρνιά τους να τις διακρίνουν. Δεν αντιλαμβανόμαστε τις διαφορές αυτές παρατηρώντας απλώς τα πρόβατα.

Οι διαφορές με τις οποίες τα άτομα μέσα σε



Εικόνα 3-Α-1 *Η μέτρηση που πρέπει να γίνει στο μηρό της ακρίδας.*

ένα είδος διακρίνονται μεταξύ τους είναι γνωστές ως ***ποικιλότητα.*** Οι διαφορές αυτές είναι δυνατόν να περιγραφούν με εικόνες,

απόσταση ματιών (σε mm)	Μικρότερη μέτρηση	Μεγαλύτερες μετρήσεις →					(Μεγαλύτερη μετρήσεων)
αριθμός μαθητών	1						1

Προσθέστε τετράγωνα αν χρειάζονται

Πίνακας 3-Α-1 Υπόδειγμα δεδομένων για την απόσταση των ματιών των μαθητών

λέξεις ή μετρήσεις. Ο καλύτερος τρόπος ίσως είναι οι μετρήσεις.

Στο πείραμα αυτό θα μελετήσετε τις διαφορές σε ένα αριθμό εμβίων όντων, με σκοπό να διαπιστώσετε αν υπάρχει κάποιο πρότυπο που ακολουθείται από την ποικιλότητα. Θα απαντήσετε επίσης σε ερωτήσεις σχετικά με τις απόψεις σας για τα πλεονεκτήματα προς επιβίωση, που προσφέρουν ορισμένοι τύποι ποικιλότητας.

ΥΛΙΚΑ

Διαβρεγμένα μπιζέλια ή φασόλια (προτιμότερο να βρίσκονται μέσα στους λοβούς), ακρίδες, μετρικός κανόνας, τρυβλίο petri ή άλλο παρόμοιο δοχείο, χαρτί μιλλιμετρέ, απάγγος.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

α. Συγκέντρωση δεδομένων.

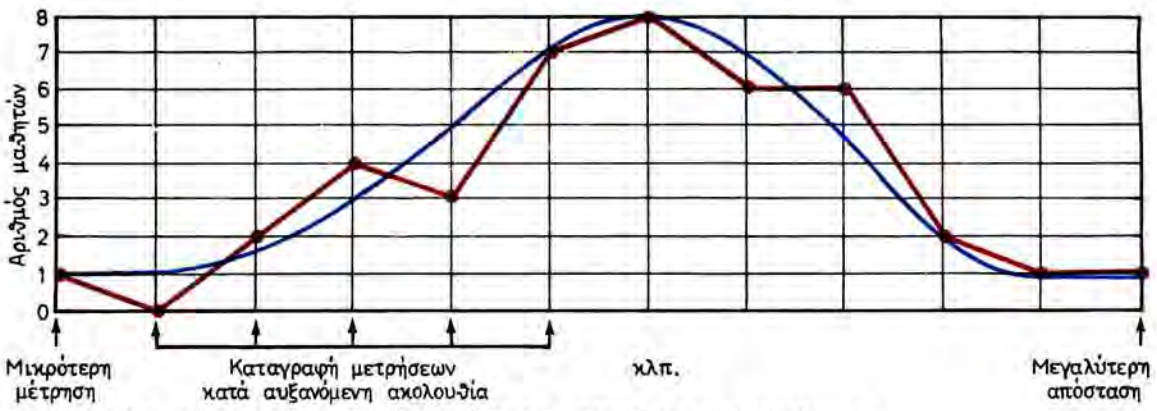
1. Απομακρύνετε το εξωτερικό περικάλυμμα από το σπέρμα, ώστε να είναι εύκολο να διαχωρισθεί στα δύο. Τοποθετήστε τα δύο ήμιση στο μετρικό κανόνα και προσδιορίστε με ακρίβεια χιλιοστού, ή $^1/_2$ χιλιοστού, τη μεγαλύτερη διάσταση του σπέρματος. Πετάξτε τα δύο ήμιση. Επαναλάβετε το ίδιο με άλλα σπέρματα, έως ότου έχετε μετρήσεις για περίπου 25 σπέρματα. Καταχωρήστε όλα τα δεδομένα στο βιβλίο σας σε πίνακα ή διάγραμμα, όπου θα εμφανίζονται μαζί όλα τα σπέρματα με το ίδιο μήκος. Συγκεντρώστε τα δεδομένα και άλλων συμμαθητών σας, ώστε να έχετε στη διάθεσή σας τουλάχιστον 100 μετρήσεις διαφορετικών σπερμάτων.
2. Μετρήστε το μήκος του μηρού των οπισθίων ποδιών μερικών ακρίδων. Δεν είναι ανάγκη να αποσπάσετε τα πόδια. Η εικόνα 3-Α-1 θα σας βοηθήσει να εντοπίσετε το μηρό. Καταχωρήστε τις μετρήσεις σας στο βιβλίο σας. Συγκεντρώστε τα δεδομένα όλης της τάξεως, ώστε να έχετε μετρήσεις από όλες τις ακρίδες.
3. Δέστε ένα κόμπο περίπου πέντε εκατοστά από το άκρο ενός σπάγγου, που θα χρησιμεύει ως σημείο αναφοράς. Κρατώντας το σπάγγο καθέτως ως προς τη μύτη συμμαθητή σας, τοποθετήστε τον κόμπο ακριβώς στην εξωτερική γωνία του ενός οφθαλμού. Τεντώστε το σπάγγο και σημειώστε με το νύχι σας το σημείο που αντιστοιχεί στην εξωτερική γωνία του άλλου οφθαλμού. Μετρήστε με ακρίβεια χιλιοστού την απόσταση μεταξύ κόμπου και του σημείου του νυχιού σας. Η μέτρηση αυτή αποδίδει την απόσταση της μιας γωνίας του ματιού σας από την άλλη. Αφήστε τώρα το συμμαθητή σας να κάνει την ίδια μέτρηση σε εσάς. Καταχωρήστε τις μετρήσεις στο βιβλίο σας. Συγκεντρώστε τα δεδομένα από όλους τους συμμαθητές σας.

β. Οργάνωση δεδομένων.

1. Καταχωρήστε τα τρία σύνολα μετρήσεων (μέγεθος μπιζελιών, μήκος ποδιού, απόσταση οφθαλμών) με τέτοιο τρόπο, ώστε να φαίνεται ο αριθμός των ομοίων μετρήσεων (βλέπε πίνακα 3-Α-1).
2. Ετοιμάστε μία γραφική παράσταση για κάθε σύνολο δεδομένων, που να δείχνει την κατανομή της ποικιλότητας. Για να το κάνετε αυτό, βάλτε στον οριζόντιο άξονα της γραφικής παραστάσεως το εύρος των μετρήσεων και στον κάθετο άξονα τον αριθμό των ατόμων που έχουν τα αντίστοιχα μεγέθη. Σχεδιάστε μία καμπύλη γραμμή, που να συνδέει ή να περνά πλησίον των σημείων που έχουν καταχωρηθεί σε κάθε γραφική παράσταση (Εικόνα 3-Α-2).
3. Υπολογίστε το μέσο μήκος κάθε συνόλου μετρήσεων. Σημειώστε το μήκος αυτό σε κάθε γραφική παράσταση βρίσκοντας τη μέση τιμή στον οριζόντιο άξονα και σύροντας μία κάθετη γραμμή, που να δείχνει τη θέση του μέσου μήκους.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Σε τι μοιάζουν οι τρεις γραφικές παραστά-



Εικόνα 3-Α-2 *Υποθετική γραφική παράσταση μαθητή για την απόσταση οφθαλμών, που δείχνει ευθείες γραμμές να συνδέουν τα αποτυπωμένα δεδομένα.*

σεις; Σε τι διαφέρουν;

2. Τα δύο ήμισυ των σπερμάτων είναι διαφοροποιημένα φύλλα, που περιέχουν αποθηκευμένες θρεπτικές ουσίες, οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν κατά την ανάπτυξη του νεαρού φυτού. Ποιο από τα σπέρματα που μετρήσατε έχει την περισσότερη τροφή;
3. Ποιο άλλο είδος μετρήσεων εκτός από το μήκος θα δώσει καλύτερη απάντηση στην ερώτηση 2;
4. Πώς βοηθά το νεαρό φυτό να επιβιώσει, η ύπαρξη ενός μεγάλου σπέρματος;
5. Αν υποθέσομε ότι μία ακρίδα που έχει μακρύτερο μηρό είναι δυνατό να κάνει μακρύτερα άλματα, πώς αυτό είναι δυνατό να επηρεάσει την ικανότητα επιβιώσεώς της; Καταχωρήστε όσα πλεονεκτήματα μπορείτε να σκεφθείτε, μη ξεχνώντας φυσικά, ότι αυτά βασίζονται σε μία υπόθεση. Μπορείτε να σκεφθείτε μειονεκτήματα;
6. Ένας οφθαλμολόγος (δηλαδή ένας γιατρός) που ασχολείται με τα προβλήματα των ματιών μετρά την απόσταση των οφθαλμών όλων των ανθρώπων στους οποίους δίνει συνταγή να φορέσουν γυαλιά. Αν όλες οι χιλιάδες μετρήσεις αποστάσεως των οφθαλμών, που κάνει ένας οφθαλμίατρος, χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή μιας γραφικής παραστάσεως κατανομής, θα ταιριάζει αυτή η γραφική παράσταση με αυτή που κάνατε;

3-Β
Φυσική επιλογή

Ο Κάρολος Δαρβίνος συγκέντρωσε πολλά δεδομένα προς υποστήριξη της θεωρίας της εξελίξεως διά φυσικής επιλογής. Ο Δαρβίνος όμως δεν είχε παρατηρήσει εξέλιξη να λαμβάνει χώρα στη φύση μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα. Κι όμως μερικά αξιόλογα παραδείγματα φυσικής επιλογής λάμβαναν χώρα γύρω του στην αγγλική ύπαιθρο. Ένα παράδειγμα είναι η εξελικτική διαδικασία, που αφορούσε το λεπιδόπτερο έντομο *Μπίστον μπετουλάρια*.

Η βιομηχανική επανάσταση στην Αγγλία άρχισε στα μέσα του 18ου αιώνα. Από τότε τόννοι αιθάλης έχουν αποτεθεί στην ύπαιθρο γύρω από τις βιομηχανικές περιοχές. Η αιθάλη έχει αλλοιώσει και γενικά κάνει πιο βαθύχρωμες τις εξωτερικές επιφάνειες των δένδρων, των βράχων και της υπόλοιπης υπαίθρου. Έχει επίσης καταστρέψει τις λειχήνες, οι οποίες ζούσαν κάποτε στις περιοχές αυτές. Οι λειχήνες είναι μικρά μη ανθοφόρα φυτά, τα οποία βρίσκονται συχνά στο φλοιό των δένδρων. Πολλές λειχήνες έχουν ανοικτό χρώμα. Πριν από τη βιομηχανική επανάσταση τα άτομα του είδους *Μπίστον μπετουλάρια* είχαν ανοικτό χρώμα.

Το πρώτο βαθύχρωμο άτομο παρατηρήθηκε και καταχωρήθηκε κατά το έτος 1848. Μία εκατονταετία αργότερα, σε μερικές περιοχές, το 90% ή και περισσότερο των ατόμων του είδους αυτού είναι βαθύχρωμο. Περισσότερα από 70 είδη λεπιδοπτέρων στην Αγγλία έχουν αλλάξει από ανοικτόχρωμα προς βαθύχρωμα. Παρόμοιες παρατηρήσεις έχουν γίνει και σε άλλα βιομηχανικά κράτη συμπεριλαμβανομένων των Η.Π.Α. Από πού προήλθε η εντυπωσιακή αυτή αλλαγή στο χρώμα; Συνδέεται αυτή η αλλαγή με τον τρόπο, κατά τον οποίο

υποθέτομε ότι εξελίσσεται ένα είδος προς ένα άλλο;

Προς απάντηση των ερωτήσεων αυτών και επεξήγηση των αποτελεσμάτων των ακολούθων πειραμάτων είναι χρήσιμο να θυμάσθε ότι:

1. Κληρονομικοί χαρακτήρες των γονέων μεταβιβάζονται στους απογόνους τους.
2. Αλλαγές που παρατηρούνται στο κληρονομικό υλικό των γονέων παράγουν απογόνους με χαρακτηριστικά διαφορετικά από αυτά των γονέων. Οι αλλαγές αυτές ονομάζονται ***μεταλλάξεις.***
3. Αν ο διαφορετικός τύπος, που ονομάζεται ***μετάλλαγμα,*** επιβιώσει και αναπαραχθεί, είναι δυνατόν να μεταβιβάσει το νέο χαρακτήρα ή μετάλλαξη στις μελλοντικές γενιές.

α. Ένα πείραμα με χημικές ουσίες από την αιθάλη.

Τα άτομα του είδους *Μπίστον μπετουλάρια* έχουν κύκλο ζωής ενός χρόνου. Από το ωό εκκολάπτεται η προνύμφη (κάμπια), που τρέφεται με φύλλα. Κατόπιν το ζώο μεταπίπτει σε ένα στάδιο λανθάνουσας ζωής και τελικά μεταμορφώνεται σε ώριμο άτομο. Το 1926 ένας Βρετανός επιστήμονας έτρεφε προνύμφες ανοικτοχρώμων ατόμων του είδους *Μπίστον μπετουλάρια* με ορισμένες χημικές ουσίες, που βρίσκονται στην αιθάλη. Οι προνύμφες ακολούθως διέρχονταν από τα υπόλοιπα στάδια της ζωής τους. Τελικά οι προνύμφες μεταβάλλονταν σε ανοικτόχρωμα ώριμα άτομα. Τα άτομα διασταυρώνονταν και αποκτούσαν απογόνους. Όταν ο επιστήμονας μέτρησε τους απογόνους, βρήκε ότι 8% των ατόμων ήταν βαθύχρωμα. Επειδή αυτό ήταν πολύ μεγαλύτερο ποσοστό από το φυσιολογικό ρυθμό μεταλλάξεων, ο επιστήμονας ισχυρίσθηκε ότι οι χημικές ουσίες που βρίσκονται στην αιθάλη προκάλεσαν αλλοιώσεις στο κληρονομικό υλικό, το οποίο προσδιορίζει το χρώμα του σώματος. Όταν το πείραμα επαναλήφθηκε από άλλους επιστήμονες, τα αποτελέσματα έδειξαν πολύ λιγότερο από 8% βαθύχρωμους απογόνους. Και το πιο σπουδαίο, βρέθηκε ότι προνύμφες από ανοικτόχρωμα άτομα, όταν τρέφονταν με μη ρυπασμένα φύλλα, παρήγαν βαθύχρωμα άτομα στο ίδιο ποσοστό, όπως αυτά που τρέφονταν με ρυπασμένα.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Ποια είναι η αξία ενός πειράματος, που άλλοι επιστήμονες επαναλαμβάνουν με διαφορετικά αποτελέσματα;
2. Ποια σφάλματα θα ήταν δυνατόν να είχαν γίνει από τον επιστήμονα, που έκανε το πείραμα διατροφής το 1926;
3. Ποιος ήταν ο «μάρτυρας» στο δεύτερο πείραμα; Γιατί ήταν αναγκαίος;

β. Ένα πείραμα σε δάσος χωρίς ρύπανση.

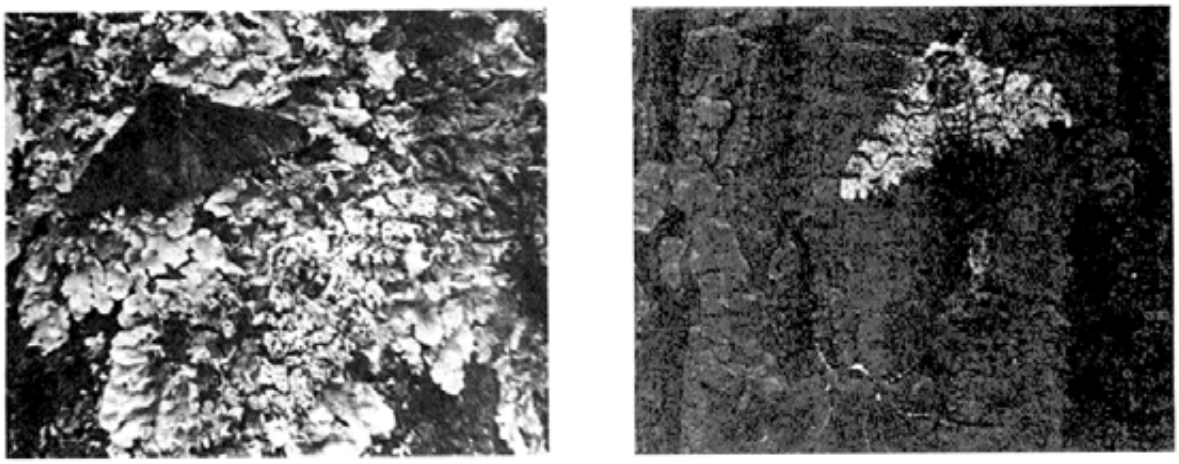
Πιο πρόσφατα ένα άλλο πείραμα έγινε με το *Μπίστον μπετουλάρια.* Ένας μεγάλος αριθμός ατόμων συνελήφθησαν. Το κοιλιακό μέρος κάθε ζώου σημαδεύθηκε με ένα μικρό στίγμα χρωστικής, για αναγνώριση. Γνωστοί αριθμοί των σημαδεμένων εντόμων εξαπολύθηκαν σε ένα δάσος που δεν είχε ρυπανθεί. Μετά από λίγο χρόνο συλλέχθηκαν από το δάσος άτομα του είδους *Μπίστον μπετουλάρια* και μετρήθηκαν τα σημαδεμένα άτομα. Επί 488 βαθυχρώμων ατόμων και 496 ανοικτοχρώμων εντόμων που εξαπολύθηκαν στο δάσος αυτό συνελήφθηκαν 34 βαθύχρωμα και 62 ανοικτόχρωμα άτομα.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4. Γιατί το στίγμα με τη χρωστική έγινε στην κοιλιακή και όχι στη ραχιαία επιφάνεια των εντόμων;
5. Τι μπορεί να συνέβη στα άτομα που δεν ξαναβρέθηκαν;
6. Κατά ποιο τρόπο τα αποτελέσματα του πειράματος αυτού παρέχουν ενδείξεις φυσικής επιλογής; Πώς θα μπορούσε να βελτιωθεί το πείραμα αυτό, για να δώσει ακόμη καλύτερες ενδείξεις για φυσική επιλογή;

γ. Ένα πείραμα με ανοικτόχρωμα δένδρα.

Σε ένα άλλο πείραμα ίσος αριθμός ανοικτόχρωμα και βαθύχρωμα έντομα τοποθετήθηκαν σε ένα ανοικτόχρωμο δένδρο σε δάσος που δεν είχε ρυπανθεί. Τα άτομα αυτά βρίσκονταν κάτω από συνεχή παρατήρηση. Τα πτηνά συνελάμβαναν άτομα του είδους *Μπίστον μπετουλάρια* και τα μετέφεραν μαζί τους. Στο τέλος μιας ημέρας περίπου διπλάσια ανοικτόχρωμα άτομα ως προς τα βαθύχρωμα παρέμειναν επάνω στα δένδρα. Κατόπιν έγινε το αντίστροφο πείραμα. Ίσος αριθμός ανοικτόχρωμα και βαθύχρωμα έντομα τοποθετήθηκαν σε ένα βαθύχρωμο δένδρο σε



Εικόνα 3-Β-1 *Το λεπιδόπτερο Μπίστον μπετουλάρια και ο βαθύχρωμος τύπος του* ***(καρμπονάρια)*** *σε κορμό δένδρου καλυμμένο με λειχήνες σε μία μη ρυπασμένη αγγλική εξοχή (αριστερά) και σε ένα κορμό βελανιδιάς (δεξιά) καλυμμένο με αιθάλη πλησίον της περιοχής της βιομηχανικής πόλεως Μπέρμιγχαμ της Αγγλίας.*

δάσος με ρύπανση. Στο τέλος της ημέρας παρέμεινε περίπου διπλάσιος αριθμός σκουρόχρωμα άτομα. Η σύλληψη των ατόμων του είδους *Μπίστον μπετουλάρια* από τα πτηνά αποτυπώθηκε σε κινηματογραφική ταινία. Η εικόνα 3-Β-1 δείχνει άτομα του είδους επί ανοικτοχρώμων και βαθυχρώμων δένδρων.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

7. Ποιος είναι ο κυρίως εχθρός του είδους *Μπίστον μπετουλάρια;*
8. Υποθέτοντας ότι εξίσου μεγάλοι αριθμοί των δύο τύπων του λεπιδοπτέρου αυτού βρίσκονται σε δένδρα, όπως αυτά που φαίνονται στην εικόνα 3-Β-1, ποιος τύπος ατόμων θα είναι πιο πιθανό να συλληφθεί σε κάθε περίπτωση;
9. Το πείραμα που μόλις περιγράφηκε υποστηρίζει τα συμπεράσματα που έχουν εξαχθεί μέχρι τώρα. Εξηγήστε.
10. Ποιος τύπος ατόμων είναι πιο πιθανό να επιβιώσει σε ένα δάσος με ρύπανση; Σε ένα μη ρυπασμένο;
11. Είναι πιθανό να υπήρχαν και πριν από τη βιομηχανική επανάσταση βαθύχρωμα άτομα;
12. Αν υπήρχαν βαθύχρωμα άτομα πριν από τη βιομηχανική επανάσταση, τι είναι πιο πιθανό να συνέβαινε σε αυτά;

δ. Μία παρατήρηση σε ένα δάσος χωρίς ρύπανση.

Σε ένα παλαιό δάσος της Σκωτίας, απομακρυσμένο από βιομηχανικές πόλεις, υπάρχουν είδη του λεπιδοπτέρου εντόμου *Κλέορα ρεπανδάτα*. Μεταξύ 500 ατόμων που παρατηρήθηκαν, περίπου 50, δηλαδή το 10% του ολικού πληθυσμού, ήταν βαθύχρωμα, ενώ τα 90% ήταν ανοικτόχρωμα. Όταν τα έντομα αυτά παραμένουν στο φλοιό των πεύκων κατά τη διάρκεια της ημέρας, ο βαθύχρωμος τύπος είναι πιο ευδιάκριτος. Παρατηρήσεις που έγιναν δείχνουν ότι πολλά άτομα κινούνται από ένα κορμό σε άλλο, αν ενοχληθούν κατά τη διάρκεια της ημέρας από μυρμήγκια ή από το φως του ηλίου. Την ώρα της πτήσεως τα βαθύχρωμα άτομα είναι ορατά σε απόσταση 18 μέτρων, ενώ τα ανοικτόχρωμα είναι ορατά σε απόσταση μεγαλύτερη από 90 μέτρα. Οι παρατηρητές σημείωσαν τη σύλληψη ατόμων από πτηνά την ώρα της πτήσεως.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

13. Ποιο χρώμα του σώματος παρέχει μεγαλύτερη προστασία, όταν τα άτομα του είδους *Κλέορα ρεπανδάτα* αναπαύονται κατά τη διάρκεια της ημέρας;
14. Ποιο χρώμα του σώματος παρέχει μεγαλύτερη προστασία, όταν τα άτομα πετούν κατά τη διάρκεια της ημέρας;
15. Εξηγήστε τις απαντήσεις σας στις ερωτήσεις 13 και 14.
16. Μελέτες που έχουν γίνει έχουν δείξει ότι τα ανοικτόχρωμα έντομα παράγουν 1 βαθύχρωμο άτομο μεταξύ περίπου 200.000 απογόνων. Αυτός είναι ένας αριθμός με-

ταλλάξεως μόνο 0,0005%. Από τα αποτελέσματα αυτά πώς μπορείτε να εξηγήσετε το γεγονός ότι το 10% του ολικού πληθυσμού των ατόμων σε ένα δάσος χωρίς ρύπανση είναι βαθύχρωμα;

ε. Εξήγηση των παρατηρήσεων.

Με βάση τις εξηγήσεις σας των προηγουμένων πειραμάτων, γράψτε μία σύντομη παράγραφο, χρησιμοποιώντας τις ερωτήσεις που ακολουθούν ως κατευθυντήριες γραμμές. Από πού προήλθε η εντυπωσιακή αλλαγή του χρώματος των λεπιδοπτέρων αυτών; (Χρησιμοποιήστε τη θεωρία του Δαρβίνου περί φυσικής επιλογής σε ό,τι μάθατε από τα πειράματα αυτά). Συνδέεται η αλλαγή αυτή με τους μηχανισμούς, που είναι αποδεκτοί σχετικά με την εξέλιξη ενός είδους σε άλλο; (Χρησιμοποιήστε τις ιδέες του Δαρβίνου για την καταγωγή νέων ειδών). Δώστε μία εξήγηση για τον τρόπο, με τον οποίο τα σκουρόχρωμα άτομα παρουσιάσθηκαν και πώς η αναλογία των βαθυχρώμων ατόμων άλλαξε από 0,0005% σε περισσότερο από 90% στα δάση που έχουν ρυπανθεί.

ζ. Προβλέψεις για το μέλλον.

Η αιθάλη και η βιομηχανική ρύπανση μειώνεται με τη λήψη των μέτρων εναντίον της ρυπάνσεως, όπως αποδεικνύουν μετρήσεις σε πολλές βιομηχανικές περιοχές. Στο μέλλον είναι πιθανό να αντικατασταθεί ο άνθρακας που χρησιμοποιείται στα σημερινά εργοστάσια από άλλα καύσιμα, που δεν θα ρυπαίνουν. Διατυπώστε μία σύντομη παράγραφο με προβλέψεις για τις αλλαγές που θα περίμενατε στο περιβάλλον, καθώς και τις επιπτώσεις που θα έχουν οι αλλαγές αυτές στην επιβίωση και αναπαραγωγή των δύο τύπων των ατόμων του είδους *Μπίστον μπετουλάρια*.

Πειράματα για το κεφαλαιο 4

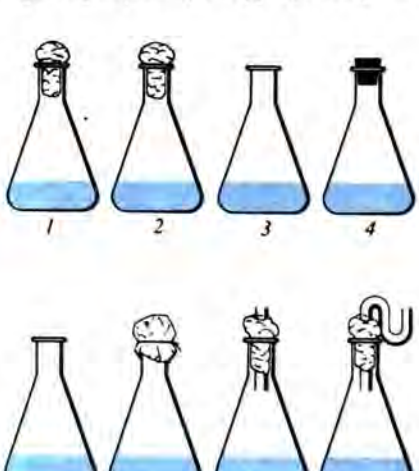
Οι πρόδρομοι της ζωής

4-Α
Από πού προέρχονται τα βακτήρια και οι άλλοι μικροοργανισμοί;

Οι γάτες γεννούν γατάκια. Ο κοκκινολαίμης γεννά αυγά, που εκκολάπτονται και βγαίνουν μωρά κοκκινολαίμηδες. Οι βαλανιδιές παράγουν βαλανίδια, που με τη σειρά τους παράγουν νέες βαλανιδιές. Είναι προφανές ότι όλα τα ζωντανά πράγματα, όπως τα παραπάνω, αναπαράγουν το είδος τους και η αναπαραγωγή είναι η μοναδική διαδικασία που επιτρέπει στα περισσότερα από τα ζωντανά είδη να υπάρχουν. Αλλά τι συμβαίνει με τα βακτήρια και τους άλλους μικροοργανισμούς; Ακόμη και σήμερα ορισμένοι αμφιβάλλουν, αν αυτοί οι μικροοργανισμοί εμφανίσθηκαν μόνο με αναπαραγωγή. Υπάρχουν άλλες υποθέσεις; Μ' αυτό το πείραμα θα ερευνήσομε αυτή την ερώτηση.

ΥΛΙΚΑ

Οκτώ κωνικές φιάλες των 250 ml, 600 ml θρεπτικού υλικού, γυάλινοι σωλήνες (μήκους 8-10 cm), σωλήνες σχήματος S (μήκους 18-20 cm), κερί για στεγανοποίηση ή παραφίνη, πώματα από βαμβάκι για 5 κωνικές, φελός για 1 κωνική, αλουμινόχαρτο, σπάγγος, υδατόλουτρο βρασμού (ποτήρι ζέσεως των 100



Εικόνα 4-Α-1 *Ετοιμασία κωνικών φιαλών από 1-8.*

ml) ή χύτρα σε θερμαινόμενη πλάκα), χύτρα πιέσεως ή αυτόκαυστο.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Τοποθετήστε 75 ml θρεπτικού υλικού σε κάθε κωνική. Αριθμήστε τις κωνικές από 1-8 και ακολουθήστε τη διαδικασία που περιγράφεται από τις παρακάτω οδηγίες: (βλ. εικόνα 4-Α-1).

Κωνική 1: Πωματίστε με βαμβάκι. Μη θερμάνετε.

Κωνική 2: Πωματίστε με βαμβάκι. Θερμάνετε προσεκτικά σε λουτρό βραστού νερού για 10΄.

Κωνική 3: Θερμάνετε προσεκτικά σε λουτρό βραστού νερού για 10΄. Αφήστε την ανοικτή.

Κωνική 4: Θερμάνετε προσεκτικά σε λουτρό βραστού νερού για 10΄. Μετά τη θέρμανση πωματίστε την με φελό. Στεγανοποιήστε χρησιμοποιώντας κερί ή παραφίνη.

Κωνική 5: Θερμάνετέ την στη χύτρα πιέσεως για 15΄ σε πίεση 15 lb. Αφήστε την κωνική απωμάτιστη.

Κωνική 6: Πωματίστε με βαμβάκι. Καλύψτε το βαμβάκι και το λαιμό της κωνικής με ένα ή δύο στρώματα αλουμινίου. Δέστε το λαιμό γερά. Θερμάνετέ την στη χύτρα πιέσεως ή το αυτόκαυστο, όπως κάνατε και με την κωνική 5.

Κωνική 7: Πωματίστε με βαμβάκι μέσα από το οποίο έχετε περάσει τον ίσιο γυάλινο ανοικτό σωλήνα. Θερμάνετέ την στη χύτρα πιέσεως ή στο αυτόκαυστο.

2. Μετά από αυτή τη διαδικασία φυλάξτε τις κωνικές φιάλες στο εργαστήριο, αλλά όχι σε ντουλάπι ούτε εκτεθειμένες στο ηλιακό φως. Παρατηρήστε τις αλλαγές στο θρεπτικό υλικό. Στην αρχή κάθε μέρα και αργότερα κάθε εβδομάδα.
3. Κατά μήκος της αριστερής στήλης στη σελίδα του ημερολογίου σας κάντε ένα απλό σχέδιο κάθε κωνικής. Σε μία στήλη δίπλα στα σχέδια, σημειώστε το είδος της επεξεργασίας που κάνατε με τη θέρμανση, στην οποία έχει υποβληθεί το θρεπτικό υλικό κάθε κωνικής φιάλης. Σε μία άλλη στήλη σημειώστε τις προβλέψεις σας σχετικά με την πιθανότητα σχηματισμού ή υπάρξεως βακτηρίων στο θρεπτικό υλικό τώρα ή αργότερα. Στην τελευταία στήλη σημειώστε τις παρατηρήσεις σας για τις αλλαγές που συμβαίνουν στο θρεπτικό υλικό. Από πού θα μπορούσαν να έχουν προέλθει τα βακτήρια, ώστε να προκαλέσουν αυτές τις αλλαγές; Χρησιμοποιήστε τόσο την όσφρηση όσο και την όρασή σας, για να περιγράψετε αυτές τις αλλαγές.
4. Όταν συμβούν αλλαγές στην εμφάνιση του θρεπτικού υλικού, τοποθετήστε μία σταγόνα από αυτό σε αντικειμενοφόρο πλάκα και παρατηρήστε την κάτω από το μικροσκόπιο. Ετοιμάστε μία αντικειμενοφόρο με φρέσκο θρεπτικό υλικό και κάνετε συγκρίσεις. Φυλάξτε το χρησιμοποιημένο θρεπτικό για το πείραμα 4-Β.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Από τις παρατηρήσεις που κάνατε στις κωνικές φιάλες τι συμπεράσματα βγάζετε σχετικά με την προέλευση και την πηγή των μικροοργανισμών;
2. Κρίνοντας τα αποτελέσματα από τις κωνικές 6 και 8, είναι δυνατόν τα βακτήρια να μην αναπτυχθούν σε θρεπτικό υλικό, που έχει θερμανθεί σε αυτόκαυστο ή χύτρα πιέσεως;
3. Γιατί εμφανίζονται βακτήρια στις κωνικές 5 και 7 αλλά όχι στην κωνική 8;
4. Ο Λ. Παστέρ ήταν ένας από τους επιστήμονες, που πίστευαν πως τα βακτήρια δεν έχουν αυτόματη προέλευση και επομένως χρειάζονται για να υπάρξουν άλλα ζωντανά βακτήρια πριν απ' αυτά. Ο Παστέρ χρησιμοποιούσε φιάλες με «λαιμό κύκλου» (παρόμοιες με την κωνική 8), για να παγιδεύσει τα βακτήρια στους λαιμούς των φιαλών χωρίς να αποκλείει τον αέρα. Πώς η κωνική 8 αποδεικνύει την άποψη του Παστέρ (και δεν αποκλείει την ύπαρξη «ενεργών στοιχείων» στον αέρα;).
5. Τι πρακτικές εφαρμογές προτείνονται από αυτό το πείραμα;

4-Β

Ποια είναι τα όξινα ή βασικά χαρακτηριστικά μερικών συνηθισμένων βιολογικών ουσιών;

Η τιμή του pH ενός διαλύματος μπορεί να μετρηθεί με ακρίβεια με σύνθετα ηλεκτρικά όργανα ή με μικρότερη ακρίβεια με ορισμένες

χρωστικές. Κάθε μία από αυτές τις χρωστικές, όπως το ερυθρό της φαινόλης που χρησιμοποιήσατε στην έρευνα 1-Β, αλλάζει χρώμα σε διαφορετικά σημεία της κλίμακας του pH. Με μία προσεκτική επιλογή χρωστικών μπορείτε να διαγνώσετε οποιοδήποτε σημείο της κλίμακας του pH. Σ' αυτήν την άσκηση θα χρησιμοποιήσετε χάρτινες ταινίες, που είναι επεξεργασμένες με ένα μίγμα από διαφορετικούς χρωστικούς δείκτες. Όταν η ταινία βυθιστεί στο διάλυμα το χαρτί θα αλλάξει χρώμα ανάλογα με το pH του διαλύματος. Συγκρίνοντας το χρώμα με ένα χαρτί αναφοράς, μπορείτε να καθορίσετε την τιμή του pH.

Στη διάρκεια του χρόνου θα πρέπει να μετρήσετε τιμές του pH αρκετές φορές. Τα τεστ που θα κάνετε σ' αυτή την άσκηση θα σας εισαγάγουν στην κλίμακα του pH και το μεγάλο εύρος τιμών του που συναντάμε στις βιολογικές ουσίες.

ΥΛΙΚΑ

Αραιό υδροχλωρικό οξύ, απεσταγμένο νερό, νερό της βρύσης, χυμός λεμονιού, τοματοχυμός, θρεπτικό υλικό του 4-Α, φρέσκο θρεπτικό υλικό, αραιό καυστικό νάτριο (βάση), άσπρο ξύδι, κόκκινο ξύδι, σάλια, ούρα, αίμα, φρέσκο γάλα, ξυνισμένο γάλα, κρόκος αυγού, ασπράδι αυγού, χαρτί pH με κλίμακα αναφοράς και ένα καλαμάκι.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Πάρτε ένα μικρό δείγμα από τα διάφορα υλικά και καθορίστε το pH του καθενός, βυθίζοντας ένα χαρτί του pH στο υγρό. Συγκρίνετε το χρώμα του pH μετρικού χαρτιού, ενώ είναι ακόμη βρεγμένο με την κλίμακα αναφοράς.
2. Κάνετε ένα πίνακα στο ημερολόγιο και σημειώστε τις ουσίες που ελέγξατε και το pH της καθεμιάς. Συγκρίνετε τις τιμές που βρήκατε εσείς με τις τιμές των άλλων.
3. Αναμίξτε μία ουσία με χαμηλή τιμή pH με μία ουσία με υψηλή τιμή pH. Καθορίστε το pH του δείγματος.
4. Μετρήστε το pH του νερού βρύσης. Κατόπιν με ένα καλαμάκι εκπνεύστε μέσα στο νερό, για 30 δευτερόλεπτα. Μετρήστε το pH του νερού πάλι.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Το απεσταγμένο νερό είναι ουδέτερο – που σημαίνει ότι δεν είναι ούτε οξύ ούτε βάση. Ποιο είναι το pH του απεσταγμένου νερού; Ποιες άλλες ουσίες βρήκατε ουδέτερες;
2. Το pH του διαλύματος υδροχλωρικού οξέος είναι μεγαλύτερο ή μικρότερο από αυτό του απεσταγμένου νερού;
3. Στο στάδιο 3 της διαδικασίας σας αναμίξατε ένα οξύ με μία βάση. Ποιο ήταν το pH των ουσιών πριν αναμιχθούν; Ποιο ήταν το pH του μίγματος; Εξηγήστε.
4. Ποια από τις ουσίες που εξετάσατε ήταν η πιο βασική; Ποια ήταν η πιο όξινη;
5. Ποια ήταν η επίδραση της εκπνοής σας στο pH του νερού; Ποια ουσία του εκπνεόμενου αέρα θα μπορούσε να επιφέρει αυτή την αλλαγή;
6. Κατατάξτε όλες τις ελεγμένες ουσίες από την πιο όξινη μέχρι την πιο βασική. Σημειώστε το pH καθεμιάς.
7. Τι επίδραση είχε το ξύνισμα στο pH του γάλακτος; Βασίστε τη διαφορά στο γεγονός ότι το γάλα ξυνίζει εξαιτίας των βακτηρίων που αναπτύσσονται σ'αυτό.

4-Γ
Σχηματισμός συσσωματωμάτων

Κάτω από ορισμένες συνθήκες, οι πρωτεΐνες, οι υδρογονάνθρακες και άλλα υλικά σε διάλυμα, μπορούν να συγκεντρωθούν σε οργανωμένες σταγόνες, που ονομάζονται ***συσσωματώματα.*** Επειδή τα συσσωματώματα έχουν ορισμένες από τις ιδιότητες της ζωντανής ύλης, τέτοια σταγονίδια πιθανόν αποτέλεσαν ένα σημαντικό βήμα για την προέλευση της ζωής. Σ' αυτό το πείραμα θα μπορέσετε να παράγετε συσσωματώματα και να μελετήσετε τις συνθήκες κάτω από τις οποίες σχηματίζονται.

ΥΛΙΚΑ

Ζελατίνη διαλυμένη σε απεσταγμένο νερό, αραβική γόμα διαλυμένη σε απεσταγμένο νερό, υδροχλωρικό οξύ (0,1 Μ), σιφώνιο, σταγονόμετρο, πεχαμετρικό χαρτί, δοκιμαστικοί σωλήνες με πώματα, ζωντανές αμοιβάδες (προαιρετικό), πλάκες μικροσκοπίου και καλυπτρίδες, μικροσκόπιο.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Αναμίξτε 5 ml διαλύματος ζελατίνης και 3 ml διαλύματος αραβικής γόμας. Η ζελατίνη

είναι μία πρωτεΐνη. Η αραβική γόμα είναι υδρογονάνθρακας, ένωση του άνθρακα ανάλογη προς τα σάκχαρα και το άμυλο. Μετρήστε το pH αυτού του μίγματος.

2. Τοποθετήστε μία σταγόνα του υγρού σε μία πλάκα μικροσκοπίου και παρατηρήστε την στο μικροσκόπιο.
3. Προσθέστε προσεκτικά οξύ στο δοκιμαστικό σωλήνα σταγόνα-σταγόνα. Μετά την προσθήκη κάθε μιας σταγόνας οξέος, αναμίξτε καλά και περιμένετε λίγα δευτερόλεπτα να δείτε αν το μίγμα θολώνει. Εάν το υγρό στο σωλήνα παραμένει διαυγές προσθέστε άλλη μία σταγόνα οξέος. Συνεχίστε να προσθέτετε οξύ μέχρις ότου να θολώσει το μίγμα.
4. Όταν το υλικό θολώσει, πάρτε μία ακόμη μέτρηση του pH. Σ' αυτό το σημείο παρατηρήστε προσεκτικά μία σταγόνα του μίγματος στο μικροσκόπιο. Ερευνήστε για συσσωματώματα, δομές που να μοιάζουν με εκείνες της εικόνας 4-16. Εάν δεν μπορείτε να τα δείτε, προσπαθήστε να ρυθμίσετε το φως και προσαρμόστε τη διακριτική ικανότητα του μικροσκοπίου. Αν πάλι δεν παρατηρείτε συσσωματώματα, επαναλάβετε τη διαδικασία από την αρχή, μήπως προσθέσατε πολύ γρήγορα το οξύ. Όταν πετύχετε σημειώστε τις παρατηρήσεις σας και σχεδιάστε τις σταγόνες των συσσωματωμάτων.
5. Παρατηρήστε στο μικροσκόπιο μία ζωντανή αμοιβάδα και συγκρίνετε τη δομή και οργάνωσή της με τα μεγαλύτερα συσσωματώματα.
6. Όταν τελειώσετε την παρατήρηση των συσσωματωμάτων, προσθέστε και άλλο οξύ στο δοκιμαστικό σωλήνα, σταγόνα-σταγόνα. Αναμίξτε ύστερα από την προσθήκη κάθε σταγόνας και μετρήστε το pH κάθε τρεις σταγόνες. Συνεχίστε, μέχρι να ξαναγίνει διαυγές το διάλυμα. Όταν το υγρό ξαναγίνει διαυγές, εξετάστε μία σταγόνα στο μικροσκόπιο και μετρήστε το pH.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Πώς θα μπορούσατε να συγκρίνετε τα υλικά που χρησιμοποιήσατε για να φτιάξετε συσσωματώματα με εκείνα που θα μπορούσαν να είναι παρόντα στις αρχέγονες θάλασσες;
2. Σε ποιο pH σχηματίστηκαν οι σταγόνες των συσσωματωμάτων;
3. Ανάμεσα στο σχηματισμό συσσωματωμάτων και τη διαύγαση του μίγματος συνέβη αλλαγή του pH που περιμένατε μετά την προσθήκη οξέος στο διάλυμα;
4. Όταν προστέθηκε υδροχλωρικό οξύ, ύστερα από ένα ορισμένο σημείο τα συσσωματώματα εξαφανίστηκαν. Τι θα μπορούσατε να προσθέσετε στο δοκιμαστικό σωλήνα, ώστε να επανεμφανισθούν;
5. Πώς οι σταγόνες των συσσωματωμάτων θα μπορούσαν να γίνουν περισσότερο ορατές κάτω από το μικροσκόπιο;

Πειράματα για το κεφαλαιο 5

Χημική ενέργεια και ζωή

5-Α
Τι περιέχουν τα κύτταρα που βοηθούν στις χημικές διεργασίες της ζωής;

Κάθε χημική δραστηριότητα σε ένα κύτταρο είναι δυνατόν να δοκιμασθεί για το πώς οι χημικές αντιδράσεις συμβαίνουν σε ήπιες θερμοκρασίες. Ποιο πράγμα επιτρέπει να γίνεται αυτό; Στη χημική αντίδραση που θα ερευνήσετε σ' αυτό το πείραμα, συμμετέχει η ένωση υπεροξείδιο του υδρογόνου.

Το υπεροξείδιο του υδρογόνου είναι μία δηλητηριώδης χημική ουσία, που σχηματίζεται συνεχώς ως παραπροϊόν των αντιδράσεων στα ζωντανά κύτταρα. Εφόσον είναι δηλητηριώδης, τα κύτταρα πρέπει είτε να απαλλάσσονται από αυτήν, είτε να τη μετατρέπουν σε κάτι ακίνδυνο. Αν δεν μπορούν να το κάνουν αυτό, θα πεθάνουν. Σ' αυτό το πείραμα θα χρησιμοποιήσετε φυτικούς και ζωικούς ιστούς και θα καθορίσετε τι συμβαίνει, όταν

προστεθεί σ' αυτούς υπεροξείδιο του υδρογόνου. Επίσης θα ερευνήσετε κάποιες συνθήκες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την ταχύτητα της αντιδράσεως.

ΥΛΙΚΑ

Σκόνη διοξειδίου του μαγγανίου, φρέσκο διάλυμα 3% υπεροξειδίου του υδρογόνου, κομμάτια συκωτιού και πατάτας, μικροί δοκιμαστικοί σωλήνες, βαθμονομημένος κύλινδρος ή σύριγγα, λαβίδες, θήκη δοκιμαστικών σωλήνων, υδατόλουτρο, λουτρό πάγου, γυάλινη ράβδος, λεπτή άμμος, πεχαμετρικό χαρτί, διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου (0,1 Μ), διάλυμα υδροχλωρικού οξέος (0,1 Μ), γουδί και γουδοχέρι, κομμάτια μαλλιού, σπίρτα. (Προαιρετικό για επίδειξη: συσκευή συλλογής αερίων).

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Οτιδήποτε προσθέσομε στο υπεροξείδιο του υδρογόνου, θα προκαλέσει αντίδραση; Για να το καθορίσετε αυτό, προσθέστε λίγη άμμο σε 2 ml υπεροξειδίου του υδρογόνου σε δοκιμαστικό σωλήνα. Περιγράψτε την αντίδραση με έναν από τους παρακάτω όρους: καμιά, αργή, μέτρια ή γρήγορη.
2. Θα συμβεί αντίδραση, όταν ένα μικρό κομμάτι συκωτιού προστεθεί στο υπεροξείδιο του υδρογόνου; Χρησιμοποιήστε περίπου 2 ml υπεροξειδίου του υδρογόνου και ένα κομμάτι συκωτιού στο μέγεθος ενός φασολιού. Μετρήστε την ταχύτητα της αντιδράσεως.
3. Θα συμβεί αντίδραση, όταν προστεθεί φυτικός ιστός σε υπεροξείδιο του υδρογόνου; Χρησιμοποιήστε ένα κομμάτι πατάτας περίπου στο μέγεθος μικρού φασολιού και περίπου 2 ml υπεροξειδίου του υδρογόνου. Μετρήστε την ταχύτητα της αντιδράσεως.
4. Θα συμβεί αντίδραση, όταν προστεθούν άλλα χημικά, διαφορετικά των ζωντανών πραγμάτων, σε υπεροξείδιο του υδρογόνου; Προσθέστε λίγο διοξείδιο του μαγγανίου σε περίπου 2 ml υπεροξειδίου του υδρογόνου. Μετρήστε την ταχύτητα της αντιδράσεως.
5. Η αντίδραση στο στάδιο 2 συμβαίνει για κάποιο χρόνο και τελικά σταματά. Γιατί; Είχε ολοκληρωθεί; (Είχε αλλάξει όλο το υπεροξείδιο του υδρογόνου;) Ή κάτι μέσα στο συκώτι «καταναλώθηκε», πριν μπορέσει να μεταβληθεί όλο το υπεροξείδιο του υδρογόνου; Για να το διαπιστώσετε, προσθέστε φρέσκο κομμάτι συκωτιού σε φρέσκο υπεροξείδιο του υδρογόνου και περιμένετε μέχρι να σταματήσει η αντίδραση. (Χρησιμοποιήστε ένα κομματάκι ξύλου, για να συγκρατήσετε στον πάτο του σωλήνα το συκώτι, αν αυτό έχει την τάση να ανεβαίνει προς τα πάνω). Όταν η αντίδραση τελειώσει, απομακρύνετε το κομμάτι του συκωτιού και τοποθετήστε το σε ένα καθαρό δοκιμαστικό σωλήνα. Προσθέστε λίγο φρέσκο υπεροξείδιο του υδρογόνου στο χρησιμοποιημένο συκώτι. Τι συμβαίνει; Για να το ελέγξετε, προσθέστε λίγο φρέσκο συκώτι στο χρησιμοποιημένο υπεροξείδιο του υδρογόνου σε έναν άλλο σωλήνα. Από τις νέες αντιδράσεις καθορίστε τι άλλαξε αρχικά – το συκώτι, το υπεροξείδιο του υδρογόνου ή και τα δύο.
6. Μήπως το άλεσμα του ιστού θα μπορούσε να επηρεάσει την ταχύτητα της αντιδράσεως; Χρησιμοποιήστε το γουδί και αλέστε ένα κομμάτι συκωτιού, αφού το αναμίξετε πρώτα με λίγη άμμο. Αδειάστε το αλεσμένο συκώτι με την άμμο σε ένα άδειο δοκιμαστικό σωλήνα. Πλύνετε το γουδί και αλέστε ένα κομμάτι πατάτας με άμμο. Αδειάστε το σε ένα δεύτερο δοκιμαστικό σωλήνα. Προσθέστε, περίπου 2 ml υπεροξειδίου του υδρογόνου σε κάθε δοκιμαστικό και συγκρίνετε τις αντιδράσεις με αυτές των σταδίων 2 και 3.
7. Επηρεάζεται η ταχύτητα της αντιδράσεως από τη θερμοκρασία; Χρησιμοποιήστε τη γυάλινη ράβδο, για να σπάσετε προσεκτικά λίγο συκώτι σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα και κρατήστε τον σε υδατόλουτρο βρασμού για 3' περίπου. Κατόπιν προσθέστε περίπου 2 ml υπεροξειδίου του υδρογόνου στο βρασμένο συκώτι. Μετρήστε την ταχύτητα της αντιδράσεως. Τοποθετήστε 2 δοκιμαστικούς σωλήνες με 2 ml περίπου υπεροξειδίου του υδρογόνου στον καθένα, σε ξεχωριστά υδατόλουτρα. Το ένα υδατόλουτρο θα πρέπει να είναι ζεστό και το άλλο ψυχρό με πάγο. Μετά από παραμονή των σωλήνων για 3' στα υδατόλουτρα, προσθέστε ένα μικρό κομμάτι συκωτιού στον καθένα. Μετρήστε τις ταχύτητες των αντιδράσεων.
8. Επηρεάζεται η ταχύτητα της αντιδράσεως από το pH; Αλέστε συκώτι με άμμο στο

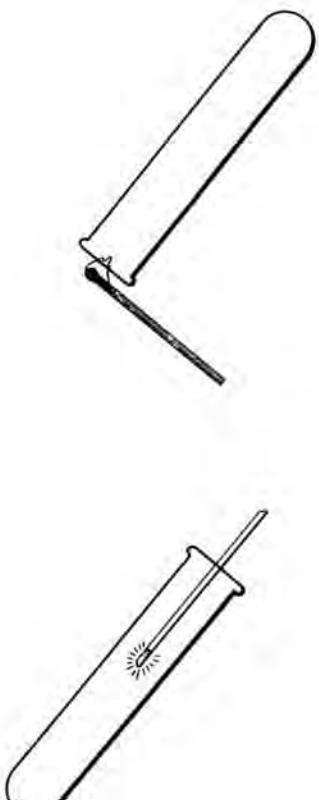


Εικόνα 5-Α-1 *Τοποθέτηση συσκευής συλλογής αερίων.*

γουδί και αφού το χωρίσετε σε τρεις ίσες ποσότητες, βάλτε τις σε 3 καθαρούς δοκιμαστικούς σωλήνες. Προσθέστε 2 ml απεσταγμένου νερού στον ένα, 2 ml αραιό καυστικό νάτριο στον άλλο και 2 ml αραιό υδροχλωρικό οξύ στον τρίτο. Ελέγξτε το pH κάθε σωλήνα με πεχαμετρικό χαρτί. Προσθέστε 2 ml υπεροξειδίου του υδρογόνου σε κάθε σωλήνα και μετρήστε τις ταχύτητες των αντιδράσεων.

9. Ποια είναι τα προϊόντα της αντιδράσεως; Με άλλα λόγια ποιο αέριο εκλύεται και ποιο υγρό παραμένει μετά το τέλος της αντιδράσεως; Για να συλλέξετε το αέριο, μπορείτε να ετοιμάσετε μία συσκευή συλλογής αερίων, όπως στην εικόνα 5-Α-1. (Ο δάσκαλος μπορεί να ζητήσει από μία ομάδα μαθητών να κάνουν το πείραμα για επίδειξη).

Χρησιμοποιώντας το γουδί αλέστε ένα κομμάτι συκωτιού περίπου ενός κυβικού εκατοστού με άμμο και τοποθετήστε το μίγμα σε κωνική φιάλη των 250 ml. Προσθέστε περίπου 100 ml υπεροξειδίου του υδρογόνου στην κωνική. Μετά από 5 δευτερόλεπτα, τοποθετήστε το πώμα με την κατάλληλη σωλήνωση στο στόμιο της κωνικής. Συλλέξτε με δύο δοκιμαστικούς σωλήνες το αέριο, μεταφέροντας τη σωλήνωση στο δεύτερο γεμάτο με νερό δοκιμαστικό σωλήνα, μόλις ο πρώτος έχει γεμίσει με αέριο. Απομακρύνετε ένα από τους σωλήνες αερίου, κρατώντας τον ανάποδα. (Πλησιάστε ένα αναμμένο σπίρτο στο άνοιγμα του



Εικόνα 5-Α-2 *Έλεγχος για υδρογόνο (επάνω) και για οξυγόνο (κάτω). Ποιος έλεγχος δίνει θετικά αποτελέσματα;*

δοκιμαστικού σωλήνα). Απομακρύνετε τον άλλο σωλήνα και ταχύτατα γυρίστε τον στην όρθια θέση. Εισάγετε ένα καιόμενο ξυλαράκι (χωρίς φλόγα) στο αέριο αυτού του σωλήνα. (Βλ. εικόνα 5-Α-2). Αναφέρατε τι συμβαίνει.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Κάνετε ένα κατάλογο με τις ταχύτητες των αντιδράσεων. Οργανώστε με τέτοιον τρόπο τον κατάλογο, ώστε τα υλικά που έδωσαν την πιο γρήγορη αντίδραση να είναι κατά σειρά πρώτα και τα υλικά που έδωσαν τη βραδύτερη αντίδραση να είναι τελευταία. Συγκρίνετε τον κατάλογό σας με αυτόν των άλλων ομάδων.
2. Βρέστε τη λέξη καταλύτης σε ένα λεξικό. Περιγράψτε τι συμβαίνει στο στάδιο 5 της διαδικασίας, χρησιμοποιώντας αυτόν τον ορισμό. Ο ιστός του συκωτιού περιέχει καταλύτη; Εξηγήστε.
3. Διαβάστε σχετικά με τα ένζυμα στο τμήμα 5-4. Ποια είναι η σχέση ανάμεσα σε ένα

καταλύτη και ένα ένζυμο; Ο ιστός του συκωτιού περιέχει ένζυμο; Εξηγήστε.

4. Το διοξείδιο του μαγγανίου δεν προήλθε από κάτι ζωντανό. Είναι το διοξείδιο του μαγγανίου καταλύτης; Είναι ένζυμο; Εξηγήστε.
5. Απαντήστε στην ερώτηση για κάθε στάδιο της διαδικασίας.
6. Συμπληρώστε την ακόλουθη χημική εξίσωση

$$2H_2O_2 + \underset{\text{(καταλάση)}}{\text{ένζυμο}} \longrightarrow \quad ; + \; ; + \underset{\text{(καταλάση)}}{\text{ένζυμο}}$$

7. Η καταλάση, ένα ένζυμο του ζωντανού ιστού, μετατρέπει το υπεροξείδιο του υδρογόνου σε ακίνδυνα υλικά; Εξηγήστε.

5-Β
Τι ελέγχει την κίνηση των υλικών μέσα και έξω από τα κύτταρα;

Το περιεχόμενο των κυττάρων περιβάλλεται από μία λεπτή μεμβράνη. Οτιδήποτε εισέρχεται ή εξέρχεται από το κύτταρο, πρέπει να περάσει διαμέσου της κυτταρικής μεμβράνης. Εάν υλικά μπορούν να περάσουν μέσα στο κύτταρο, τι εμποδίζει τα υλικά του κυττάρου από το να διαφύγουν; (Εάν διέφευγαν, το κύτταρο θα έχανε ζωτικές ουσίες και θα πέθαινε). Με κάποιο τρόπο η κυτταρική μεμβράνη θα πρέπει να ρυθμίζει την είσοδο και την έξοδο των ουσιών. Σ' αυτό το πείραμα θα διερευνηθεί η κίνηση των υλικών διαμέσου των μεμβρανών. Μερικές μεμβράνες θα είναι μεμβράνες ζωντανών κυττάρων και άλλες από άψυχα υλικά αλλά παρόμοιες όμως με αυτές των κυττάρων.

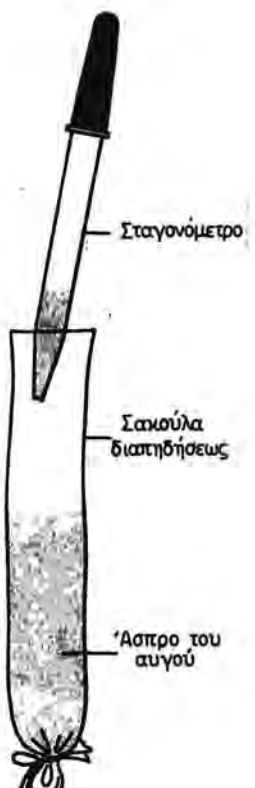
α. Πώς διακινούνται τα διάφορα υλικά μέσα από μία μεμβράνη διαπιδήσεως;

ΥΛΙΚΑ

Ψαλίδια, 30 cm περίπου σωληνώσεως διαπιδήσεως, 2 ποτήρια ζέσεως των 250 ml, απεσταγμένο νερό, ένα αυγό, σπάγγος, ζυγαριά, σταγονόμετρο, χαρτί κουζίνας ή άλλο απορροφητικό χαρτί, διάλυμα ζάχαρης.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Κόψτε σε δύο ίσια κομμάτια (περίπου 15 cm) το σωλήνα της διαπιδήσεως. Στρίψτε το ένα άκρο όπως στην εικόνα 5-Β-1, διπλώστε το και δέστε το σφικτά με ένα κομμάτι κλωστή. Ετοιμάστε και τους δύο σωλήνες με τον ίδιο τρόπο.



Εικόνα 5-Β-1 *Τοποθέτηση σάκου διαπιδήσεως.*

2. Σπάστε προσεκτικά ένα αυγό σ' ένα από τα ποτήρια ζέσεως και χωρίστε τον κρόκο από το ασπράδι. Προσθέστε το ασπράδι του αυγού στο ανοικτό άκρο ενός από τους σωλήνες διαπιδήσεως μέχρι να γεμίσει κατά τα τρία τέταρτα. Στρίψτε το άκρο, διπλώστε το και δέστε το σφικτά με κλωστή. Ξεπλύντε το εξωτερικό του σωλήνα και στεγνώστε το με απορροφητικό χαρτί. Πετάξτε τον κρόκο.
3. Προσθέστε διάλυμα ζάχαρης στον άλλο σωλήνα διαπιδήσεως και δέστε το ανοικτό άκρο σφικτά. Ξεπλύντε και στεγνώστε το, όπως στο στάδιο 2.
4. Ζυγίστε κάθε σωλήνα με ακρίβεια δέκατου του γραμμαρίου και καταγράψτε τα βάρη.
5. Τοποθετήστε τους σωλήνες σε δύο ξεχωριστά ποτήρια ζέσεως γεμάτα με απεσταγμέ-



Εικόνα 5-Β-2 *Προσθήκη διαλύματος σακχάρου ή άλατος κάτω από την καλυπτρίδα.*

νο νερό για 10 λεπτά. Προσέξτε ώστε το νερό να καλύπτει το σωλήνα.

6. Μετά από 10 λεπτά απομακρύνετε τους σωλήνες και στεγνώστε τους με απορροφητικό χαρτί. Ζυγίστε πάλι. Καταγράψτε τα βάρη.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Ποιο μέρος της κατασκευής ήταν παρόμοιο με κυτταρική μεμβράνη;
2. Υπολογίστε την αλλαγή του βάρους των δύο σωλήνων.
3. Το ασπράδι του αυγού είναι πρωτεΐνη, της οποίας τα μόρια αποτελούνται από πολλές εκατοντάδες άτομα. Τα μόρια του νερού έχουν 3 άτομα (H_2O). Ποιο χαρακτηριστικό της μεμβράνης διαπιδήσεως θα επέτρεπε στο νερό να μπει, αλλά δεν θα επέτρεπε στο ασπράδι να βγει;
4. Τα μόρια της ζάχαρης αποτελούνται από δύο δωδεκάδες άτομα, ανάλογα με το είδος σακχάρου που χρησιμοποιείται. Βοηθά αυτό στο να εξηγήσετε τη διαφορετική αλλαγή βάρους στους δύο σωλήνες; Εξηγήστε.
5. Ξαναθυμηθείτε το πείραμα με την πατάτα στο πείραμα 1-Α. Χρησιμοποιήστε τα στοιχεία από το πείραμα 5-8, για να εξηγήσετε γιατί η πατάτα σε απεσταγμένο νερό κέρδιζε βάρος ενώ σε 80% νερό έχανε βάρος.

β. Ποια είναι η επίδραση διαφορετικών υδατίνων συγκεντρώσεων στα ζωνταντά κύτταρα ενός φύλλου του φυτού Ελωδία;

ΥΛΙΚΑ

Φύλλο *Ελωδίας*, διάλυμα ζάχαρης (20%) σε μπουκάλι με σταγονόμετρο, διάλυμα άλατος (5%) σε μπουκάλι με σταγονόμετρο, απεσταγμένο νερό, αντικειμενοφόρες πλάκες και καλυπτρίδες, μικροσκόπιο, απορροφητικό χαρτί.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Τοποθετήστε ένα φύλλο *Ελωδίας* από την κορυφή του φυτού σε μία σταγόνα νερού πάνω σε αντικειμενοφόρο πλάκα. Καλύψτε με καλυπτρίδα και παρατηρήστε το στο μικροσκόπιο. Τοποθετήστε έτσι την πλάκα ώστε, όταν χρησιμοποιήσετε ισχυρότερο φακό, να βλέπετε κύτταρα κατά μήκος της μιας άκρης του φύλλου.
2. Φωτίστε ισχυρά και εστιάστε πάνω στα λίγα κύτταρα της άκρης του φύλλου. Ενώ παρατηρείτε με το μικροσκόπιο, ο συνεργάτης σας να τοποθετήσει ένα μικρό κομμάτι απορροφητικού χαρτιού στην αντίθετη άκρη της καλυπτρίδας από τη μεριά που παρατηρείτε, όπως φαίνεται στην εικόνα 5-Β-2 (θυμηθείτε ότι οι οδηγίες αναστρέφονται, όταν παρατηρείτε μέσα από το μικροσκόπιο). Κατόπιν πέστε στο συνάδελφό σας να τοποθετήσει μερικές σταγόνες διαλύματος ζάχαρης στην άκρη της καλυπτρίδας, που είναι κοντύτερα στο παρατηρούμενο μέρος του φύλλου. Το απορροφητικό χαρτί θα προκαλέσει ροή του διαλύματος κάτω από την καλυπτρίδα και το διάλυμα θα περιβάλει τα κύτταρα που παρατηρείτε. Ίσως θα είναι αναγκαίο να εστιάσετε, πάλι, αφού το νερό έχει αντικατασταθεί με ζαχαρόνερο. Συνεχίστε να

παρατηρείτε, μέχρι να δείτε αλλαγές στο περιεχόμενο των κυττάρων.
3. Κάντε απλά σχέδια των κυττάρων πριν και μετά την προσθήκη του διαλύματος της ζάχαρης.
4. Απομακρύνετε το ζαχαρόνερο και αντικαταστήστε το με απεσταγμένο νερό. Χρησιμοποιήστε ένα καινούργιο κομμάτι απορροφητικού χαρτιού και αφήστε 2-3 σταγόνες απεσταγμένο νερό να περάσουν κατά μήκος της πλάκας μέσω του χαρτιού, ώστε να έχει απομακρυνθεί σίγουρα το περισσότερο διάλυμα. Παρατηρήστε με το μικροσκόπιο, ενώ τα παραπάνω γίνονται από το συνεργάτη σας.
5. Αλλάξτε θέσεις με το συνεργάτη σας. Επαναλάβετε τα στάδια 1, 2, 3 και 4.
6. Επαναλάβατε τα στάδια 1, 2, 3, 4 με διάλυμα άλατος αντί του διαλύματος της ζάχαρης.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Το νερό μπήκε ή βγήκε από τα κύτταρα, όταν το φύλλο περικυκλώθηκε από το διάλυμα της ζάχαρης; Από το διάλυμα άλατος; Τι στοιχεία έχετε για να υποστηρίξετε την απάντησή σας;
2. Προς ποια κατεύθυνση κινήθηκε το νερό μέσω της κυτταρικής μεμβράνης, όταν το φύλλο περικυκλώθηκε από απεσταγμένο νερό;
3. Τι νομίζετε ότι θα συνέβαινε στα κύτταρα της *Ελωδίας* αν τα αφήνατε σε διάλυμα ζάχαρης για αρκετές ώρες; Θα μπορούσε η *Ελωδία* που φυτρώνει στη λίμνη να επιζήσει μεταφυτευόμενη στον ωκεανό; (Υποθέστε ότι η συγκέντρωση άλατος του ωκεανού είναι περίπου η ίδια με αυτή του διαλύματος άλατος που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα).
4. Ένας αποτελεσματικός τρόπος θανατώσεως φυτών είναι να χύσεις αλατόνερο στο έδαφος γύρω από αυτά. Εξηγήστε γιατί πεθαίνουν τα φυτά χρησιμοποιώντας τα συμπεράσματα αυτού του πειράματος.
5. Τα βακτήρια κάνουν την τροφή να χαλά και το κρέας να σαπίζει. Εξηγήστε γιατί το αλατισμένο χοιρινό, τα συντηρημένα κεράσια και οι γλυκές πίκλες δεν χαλάνε, ακόμη και αν εκτεθούν σε βακτήρια. Αναφέρατε άλλες τροφές, που συντηρούνται με τον ίδιο τρόπο.

γ. Μπορούν οι μεμβράνες ζωντανών κυττάρων να κάνουν πράγματα, που δεν κάνουν οι μεμβράνες νεκρών κυττάρων;

ΥΛΙΚΑ

Αιώρημα κυττάρων μαγιάς σε νερό, διάλυμα ερυθρού του Κονγκό σε μπουκάλια με σταγονόμετρο, 2 μικροί δοκιμαστικοί σωλήνες, λύχνος Bunsen ή άλλη θερμαντική πηγή, αντικειμενοφόρες πλάκες και καλυπτρίδες, μικροσκόπιο, σταγονόμετρα, στηρίγματα δοκιμαστικών σωλήνων και μανταλάκια.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Τοποθετήστε μία σταγόνα αιωρήματος μαγιάς σε αντικειμενοφόρο πλάκα, καλύψτε με καλυπτρίδα και παρατηρήστε τα κύτταρα μαγιάς στη χαμηλή και κατόπιν στην υψηλή ισχύ του μικροσκοπίου. Περιγράψτε τι βλέπετε και σχεδιάστε δύο ή τρία κύτταρα για να δώσετε τη γενική τους εικόνα.
2. Τοποθετήστε περίπου 1 ml αιωρήματος μαγιάς σε καθένα από τους δύο δοκιμαστικούς σωλήνες. Θερμάνετε τον ένα τουλάχιστον 30 δευτερόλεπτα, ώστε να βράσει το περιεχόμενο. Αυτό θα σκοτώσει τα κύτταρα μαγιάς. Αφήστε να κρυώσει ο σωλήνας και το περιεχόμενό του για λίγα λεπτά.
3. Προσθέστε 5 σταγόνες διαλύματος ερυθρού του Κονγκό στο βρασμένο αιώρημα μαγιάς και 5 σταγόνες στο άλλο.
4. Ετοιμάστε μία πλάκα από τον κάθε σωλήνα και εξετάστε την στο μικροσκόπιο. Καταγράψτε τις διαφορές των κυττάρων μαγιάς στα δύο αιωρήματα.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Στο παρασκεύασμα του μη θερμασμένου διαλύματος μαγιάς και ερυθρού του Κονγκό μπορεί συχνά να παρατηρηθούν ελάχιστα ερυθρά κύτταρα μαγιάς. Τι υπόθεση μπορείτε να κάνετε γι' αυτά τα κύτταρα;
2. Τι επίδραση φαίνεται να έχει η θέρμανση στη μεμβράνη του κυττάρου της μαγιάς;
3. Τι περνά πιο εύκολα μέσω των μεμβρανών των ζωντανών κυττάρων, τα μόρια του ερυθρού του Κονγκό ή τα μόρια του νερού; Κάντε μία υπόθεση που μπορεί να στηρίζει την παρατήρησή σας και απαντήστε.

Πειραματα για το κεφαλαιο 6

Φως ως ενέργεια

6-Α
Φωτοσύνθεση

Πέρασαν πολλά χρόνια, ώσπου να κατανοηθεί η διαδικασία της φωτοσυνθέσεως. Τα αντιδρώντα και τα προϊόντα της φωτοσυνθέσεως φαίνονται στην εξίσωση που αναπτύχθηκε στην παράγραφο 6-3:

διοξείδιο του άνθρακα + νερό $\xrightarrow[\text{φως}]{\text{φυτά}}$ υδατάνθρακας + οξυγόνο

$$CO_2 + H_2O \xrightarrow[\text{φως}]{\text{φυτά}} CH_2O + O_2$$

Προσέξτε αυτή την εξίσωση για λίγο. Θα μπορούσε να προκαλέσει πολλές ερωτήσεις. Αυτές οι ερωτήσεις θα μπορούσαν να χρησιμεύσουν ως βάσεις για πειράματα, που θα μας βοηθούσαν να καταλάβομε τη διαδικασία της φωτοσυνθέσεως.

(α) Ένα πράσινο φυτό χρησιμοποιεί στο φως διοξείδιο του άνθρακα;
(β) Είναι το φως απαραίτητο για να συνεχίσει η αντίδραση;
(γ) Τα υλικά της εξισώσεως συμμετέχουν και σε άλλες διαδικασίες των φυτών εκτός από τη φωτοσύνθεση;
(δ) Τα φυτά απελευθερώνουν την περίσσεια οξυγόνου που παράγεται από τη φωτοσύνθεση;

Τι πειράματα θα μπορούσατε να σχεδιάσετε, για να απαντήσετε στις παραπάνω ερωτήσεις; Θα μπορούσατε να πάρετε διάφορες αποφάσεις, αλλά θα έπρεπε να συζητήσετε πριν αποφασίσετε ποια πειράματα θα κάνετε.

(α) Τι είδος φυτού θα εξυπηρετούσε καλύτερα το σκοπό σας; Ένα υδρόβιο ή ένα φυτό εδάφους;
(β) Ποιος παράγοντας της φωτοσυνθέσεως θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί, για να αρχίσει και να σταματήσει τη διαδικασία της φωτοσυνθέσεως;
(γ) Τι είδους ανιχνευτής θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί, για να δούμε, αν η φωτοσύνθεση πραγματοποιήθηκε ή όχι;
(δ) Πώς θα μπορούσαμε να πιστοποιήσομε τα υλικά που παράγονται ή απελευθερώνονται κατά τη διάρκεια της φωτοσυνθέσεως;

α. Ένα πράσινο φυτό χρησιμοποιεί CO_2, όταν εκτεθεί στο φως για μία χρονική περίοδο;

ΥΛΙΚΑ

Μπλε βρωμοθυμόλης, *Ελωδία*, δοκιμαστικοί σωλήνες, πώματα, καλαμάκια, ανθρακούχο νερό.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Προσθέστε μπλε βρωμοθυμόλης σε δοκιμαστικό σωλήνα, και με ένα καλαμάκι εκπνεύστε κάνοντας μπουρμπουλήθρες, μέχρι να δείτε αλλαγή χρώματος.
2. Ρίξτε λίγες σταγόνες ανθρακούχου νερού σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα και προσθέστε μικρή ποσότητα μπλε βρωμοθυμόλης και παρατηρήστε την αλλαγή χρώματος. Τι κοινό έχουν η αναπνοή σας και το ανθρακούχο νερό, που θα μπορούσαν να ευθύνονται για την αλλαγή χρώματος; Τι θα πρέπει να κάνετε, για να επαναφέρετε το αρχικό χρώμα του μπλε της βρωμοθυμόλης μετά την προσθήκη ενός από τα παραπάνω υλικά;
3. Χρησιμοποιώντας *Ελωδία*, μπλε της βρωμοθυμόλης και δοκιμαστικούς σωλήνες στήστε ένα δικό σας πείραμα, για να απαντήσετε στην ερώτηση του τίτλου (α). (Το μπλε της βρωμοθυμόλης δεν είναι δηλητηριώδες για την *Ελωδία*).

β. Είναι το φως απαραίτητο στα πράσινα φυτά για να συνεχισθεί η φωτοσύνθεση;

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Χρησιμοποιώντας μερικά από τα υλικά του μέρους α κάντε ένα πείραμα, για να απαντήσετε στην ερώτηση του μέρους β. Χρησιμο-

Δοκιμαστικός σωλήνας	Ουσίες που προστέθηκαν (διαδικασία)	Αναμενόμενη αλλαγή χρώματος δείκτη (υπόθεση)	Πραγματική αλλαγή χρώματος δείκτη (δεδομένα)	Τι δείχνει η αλλαγή (εξήγηση)
1	Μπλε βρωμοθυμόλης *Ελωδία* CO_2 και φως	Το μπλε της βρωμοθυμόλης θα μείνει κίτρινο		

Πίνακας 6-Α-1 Πρότυπο για πίνακα αποτελεσμάτων για χημικούς δείκτες με εισαγωγή δείγματος.

ποιήστε όσα φυτά και σωλήνες είναι απαραίτητα για να είσθε βέβαιοι για την απάντησή σας. Αυτή τη φορά, τουλάχιστον ένας σωλήνας θα πρέπει να έχει πώμα, για να ρυθμίσετε την απορρόφηση του CO_2 κατά την αντίδραση με την επίδραση του φωτός.

γ. Προσλαμβάνεται, απελευθερώνεται ή εμπλέκεται με κάποιο τρόπο το CO_2, όταν το φυτό δεν πραγματοποιεί φωτοσύνθεση;

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Χρησιμοποιώντας τα ίδια υλικά κάντε ένα πείραμα, για να απαντήσετε στην ερώτηση γ.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Φτιάξτε έναν πίνακα στον οποίο να καταγράφονται οι δοκιμαστικοί σωλήνες που χρησιμοποιήσατε. Δείξτε τι προσθέσατε στον κάθε σωλήνα, τι αλλαγή περιμένατε στο μπλε της βρωμοθυμόλης και τι αλλαγή έγινε στην πραγματικότητα. Δώστε μία εξήγηση για την αλλαγή.
   Ο πίνακας 6-Α-1 δίνεται ως παράδειγμα. Οι τρεις πρώτες στήλες πρέπει να συμπληρωθούν την ημέρα του πειράματος και οι τελευταίες δύο την επόμενη μέρα.
2. Έχετε στοιχεία από το πείραμά σας ότι το φως μόνο του δεν αλλάζει το χρώμα του μπλε της βρωμοθυμόλης; Ποιος δοκιμαστικός σωλήνας ή συνδυασμός σωλήνων του πίνακά σας τα δείχνει;
3. Ποιος δοκιμαστικός σωλήνας ή συνδυασμός σωλήνων δείχνει ότι το φως είναι απαραίτητο σε ένα φυτό, για να συνεχίσει τη φωτοσύνθεση;
4. Πώς εμπλέκεται το CO_2 στα φυτά, που δεν κάνουν φωτοσύνθεση; Ποιος δοκιμαστικός σωλήνας ή συνδυασμός το δείχνει; Ποια βιολογική διαδικασία είναι αιτία γι' αυτό;
5. Ελέγξτε τον πίνακά σας, για να δείτε πού οι αναμενόμενες αλλαγές δεν συμφωνούν με τις αλλαγές που τελικά έγιναν. Αυτές οι διαφορές, αν υπάρχουν, οφείλονται σε πειραματικό λάθος ή σε δική σας λανθασμένη υπόθεση; Εξηγήστε.

δ. Ένα πράσινο φυτό που πραγματοποιεί φωτοσύνθεση παράγει περισσότερο οξυγόνο;

Ο καθηγητής σας ή μία επιλεγμένη ομάδα μαθητών θα κάνει μία πειραματική επίδειξη, για να απαντήσει σ' αυτήν την ερώτηση. Παρατηρήσατε στους σωλήνες στα πειράματα α, β ή γ κάτι που να δείχνει ότι η *Ελωδία* στο φως απελευθερώνει κάποιο είδος αερίου; Πώς θα μπορούσατε να συλλέξετε λίγο από αυτό το αέριο και να πιστοποιήσετε την ταυτότητά του;

6-Β
Μπορούν μέρη φυτών χωρίς χλωροφύλλη να πραγματοποιούν φωτοσύνθεση, όταν είναι στο φως;

Οι υδατάνθρακες είναι ένα σημαντικό προϊόν της φωτοσυνθέσεως. Πιο συγκεκριμένα, όλα τα αποθέματα τροφής πάνω στη γη εξαρτώνται έμμεσα ή άμεσα από τους υδατάνθρακες, που παράγονται από τα φυτά. Η πρωτογενής τροφή παραγόμενη από τη φωτοσύνθεση είναι σάκχαρο, αλλά πολλά φυτά περιέχουν ένζυμα, τα οποία μετατρέπουν το σάκχαρο σε άμυλο. Το άμυλο δεν είναι διαλυτό στο νερό και δεν μπορεί να διαχυθεί στα

κύτταρα όταν συντίθεται. Έτσι, φυτικά κύτταρα που δημιουργούν σάκχαρο και το μετατρέπουν σε άμυλο, μπορούν εύκολα να ανιχνευθούν με ένα δείκτη αμύλου, το ιώδιο.

Παρακάτω θα ερευνήσετε πειραματικά την παραγωγή αμύλου με ένα φυτό, του οποίου τα φύλλα είναι εν μέρει πράσινα και εν μέρει λευκά.

ΥΛΙΚΑ

2 φυτά *Κολεός* (ένα από τα οποία έχει παραμείνει στο σκοτάδι για 72 ώρες), αιθυλική ή ισοπροπυλική αλκοόλη (50-70%), λαβίδες, δύο ποτήρια ζέσεως των 250 ml, ένα ποτήρι ζέσεως των 1000 ml, διάλυμα ιωδίου, θερμαντική πλάκα.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Πάρτε ένα υγιές φύλλο από το φυτό που έχει παραμείνει στο φως και σχεδιάστε το έτσι, ώστε να φαίνεται η κατανομή της χλωροφύλλης.
2. Τοποθετήστε το φύλλο σε ποτήρι ζέσεως με βραστό νερό και αφήστε το να βράσει για 2-3 λεπτά.
3. Απομακρύνετε το φύλλο από το βραστό νερό και βυθίστε το σε ζεστή ή ζέουσα αλκοόλη για 3 λεπτά περίπου.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Μη ζεστάνετε την αλκοόλη πάνω σε γυμνή φλόγα. Βυθίστε ένα σωλήνα pyrex που περιέχει την αλκοόλη μέσα σε ένα μεγαλύτερο δοχείο με νερό, το οποίο θερμαίνεται σε μια θερμαντική πλάκα.

4. Απομακρύνετε το φύλλο από την αλκοόλη και αφήστε το να στεγνώσει. Κατόπιν βυθίστε το φύλλο σε ποτήρι με διάλυμα ιωδίου για ένα ή δύο λεπτά. Σχεδιάστε πάλι το φύλλο έτσι, ώστε να φαίνεται η κατανομή του αμύλου, έτσι όπως το αποκάλυψε το πείραμα με το ιώδιο.
5. Επαναλάβετε τα στάδια 1, 2, 3 και 4 με ένα φύλλο από το φυτό που είχε παραμείνει στο σκοτάδι για 72 ώρες.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Ποια ήταν η προφανής επίδραση της ζεστής αλκοόλης στο «βρασμένο» φύλλο;
2. Ποια κύτταρα φύλλων περιείχαν προφανώς σάκχαρο, που μετατράπηκε σε άμυλο;
3. Έχουν τα πράσινα μέλη των φύλλων απαραίτητα άμυλο; Εξηγήστε.
4. Υποθέστε πως ένα φρέσκο φύλλο *Κολεός*, σ' αυτά με τα οποία πειραματισθήκατε, τοποθετήθηκε σε ένα ασθενές διάλυμα γλυκόζης για 12 ώρες. Υποθέστε πως η γλυκόζη διαχέεται στα κύτταρα. Εξηγήστε την περίπτωση, κατά την οποία το αποτέλεσμα του πειράματος με ιώδιο θα ήταν η μετατροπή ολόκληρου του φύλλου από πράσινο σε μαύρο.
5. Η μετατροπή του σακχάρου σε άμυλο είναι μία μοριακή αντίδραση, κατά την οποία πολλά μικρά μόρια συνδέονται, για να δώσουν λιγότερα μεγάλα μόρια. Τι είδος ειδικής ουσίας πρέπει να υπάρχει στο κύτταρο, για να ενεργοποιήσει αυτήν τη χημική αντίδραση;
6. Αυτό το πείραμα έδειξε πως το φυτό θα πρέπει να περιέχει δύο πράγματα, για να παράγει τροφή. Ονομάστε τα.
7. Ποιοι είναι οι έλεγχοι γι' αυτό το πείραμα;

6-Γ
Η ταχύτητα της φωτοσυνθέσεως εξαρτάται από την ένταση του φωτός;

Σε προηγούμενα πειράματα προσδιορίστηκε ότι τα φυτά θα πρέπει να έχουν φως, για να πραγματοποιούν φωτοσύνθεση. Σ' αυτό το πείραμα θα εξετάσομε τη σχέση ανάμεσα στην ταχύτητα της φωτοσυνθέσεως και στην ένταση του φωτός. Χρησιμοποιήστε τις παρακάτω βασικές πληροφορίες, ώστε να σχεδιάσετε πειράματα και να συλλέξετε πληροφορίες που θα καθορίσουν τη σχέση ανάμεσα στην ένταση του φωτός και την ταχύτητα της φωτοσυνθέσεως.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

Τα βλαστάρια της *Ελωδίας* θα πραγματοποιήσουν φωτοσύνθεση, όταν εκτεθούν στο

φως μέσα σε δοκιμαστικό σωλήνα, που είναι γεμάτος με νερό, στο οποίο έχει προστεθεί ελάχιστη ποσότητα όξινου ανθρακικού νατρίου. Το όξινο ανθρακικό νάτριο μετατρέπεται χημικά και αντικαθιστά το CO_2, που προσλαμβάνει το φυτό από το νερό με τη φωτοσύνθεση. Έτσι δεν συμβαίνει καμιά αλλαγή στη συγκέντρωση του CO_2, που θα μπορούσε να επηρεάσει την ταχύτητα της φωτοσυνθέσεως της *Ελωδίας*. Το οξυγόνο που απελευθερώνεται από την *Ελωδία* φθάνει στην επιφάνεια τσυ υγρού σε μικρές φυσαλίδες.

ΠΡΟΤΑΣΗ: Συμβουλευθείτε το πείραμα 18-Α, για να δείτε πώς θα χρησιμοποιήσετε την ογκομετρική συσκευή, για να μετρήσετε την ταχύτητα φωτοσυνθέσεως του βλαστού της *Ελωδίας*. Πρέπει να τοποθετήσετε το δοχείο όρθιο αντί πλάγια. Τι θα βάλετε στο δοχείο; Πώς θα χρησιμοποιήσετε μία άλλη ογκομετρική συσκευή για έλεγχο;

Η ένταση του φωτός μεταβάλλεται με τη χρησιμοποίηση λαμπτήρων διαφορετικού μεγέθους ή ενός μεγέθους με μεταβολή της αποστάσεως μεταξύ του λαμπτήρα και του φυτού. Βεβαιωθείτε ότι δεν υπάρχουν μεγάλες μεταβολές θερμοκρασίας στην ογκομετρική συσκευή.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Τι έλεγχο χρησιμοποιήσατε, για να δείξετε ότι οι αλλαγές που συμβαίνουν οφείλονται στη δραστηριότητα της ελωδίας;
2. Κάντε μία γραφική παράσταση των ταχυτήτων της φωτοσυνθέσεως ως προς τις διαφορετικές φωτεινές εντάσεις. Συγκρίνετε τη γραφική σας παράσταση με αυτές των άλλων ομάδων.
3. Από τα αποτελέσματα αυτού του πειράματος θα μπορούσατε να προβλέψετε αν ένα χωράφι με σιτάρι παράγει ή όχι περισσότερο σιτάρι σε μία φωτεινή ηλιόλουστη ημέρα από όσο σε μία μουντή συννεφιασμένη ημέρα;

ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

1. Σχεδιάστε ένα πείραμα για να ελέγξετε την επίδραση της φωτεινής διάρκειας στην ταχύτητα φωτοσυνθέσεως. Για παράδειγμα μετρήστε την ταχύτητα της φωτοσυνθέσεως τοποθετώντας την *Ελωδία* για διαφορετικά χρονικά διαστήματα στο φως και το σκοτάδι και δώστε στο φυτό ίσο συνολικά ποσό φωτός ποικίλλοντας το χρόνο ανάμεσα στις σκοτεινές και φωτεινές περιόδους.
2. Από όσα γνωρίζετε για το χρώμα της χλωροφύλλης και για την απορρόφηση ή ανάκλαση του φωτός από χρωματιστά υλικά, κάντε μία υπόθεση για την επίδραση των διαφόρων χρωμάτων του φωτός στην ταχύτητα της φωτοσυνθέσεως. Για παράδειγμα «μερικά χρώματα απορροφούνται πολύ ισχυρά και θα έπρεπε να δώσουν περισσότερη φωτοσύνθεση. Αυτά τα χρώματα φαίνονται στο Παράρτημα 6-5». Κατόπιν προσπαθήστε να ελέγξετε την υπόθεσή σας. Μπορείτε να ελέγξετε το χρώμα του φωτός που φθάνει στο εξεταζόμενο φυτό, προσθέτοντας διαφορετικές χρωστικές στο νερό, που περιβάλλει το φυτό. Αρχίστε με το κόκκινο, πράσινο και μπλε. Αν υπάρχει χρόνος, δοκιμάστε και άλλα χρώματα. Προσπαθήστε να βεβαιωθείτε ότι η ένταση του φωτός είναι η ίδια για κάθε χρώμα. Ένα φωτογραφικό φωτόμετρο θα ήταν πολύ χρήσιμο για τον καθορισμό της εντάσεως του φωτός.
   Ετοιμάστε ένα κόκκινο διάλυμα και μετρήστε το ποσό του φωτός που διαπερνά. Κατόπιν ετοιμάστε το πράσινο διάλυμα προσθέτοντας αργά πράσινη χρωστική σε ένα ποτήρι φρέσκο νερό, μέχρι η ένδειξη του φωτομέτρου να είναι η ίδια. Ετοιμάστε ένα πίνακα, που να συσχετίζει την ταχύτητα της φωτοσυνθέσεως με το χρώμα του φωτός. Κατόπιν κάντε μία γραφική παράσταση με τα χρώματα του φωτός στον οριζόντιο άξονα, σύμφωνα με τη σειρά τους στο φάσμα.
3. Είναι δυνατόν να χρησιμοποιήσετε την ίδια συσκευή που χρησιμοποιήσατε σ' αυτό το πείραμα, για να αποκτήσετε δεδομένα που να αφορούν πολλούς άλλους παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν τη φωτοσύνθεση. Η θερμοκρασία, η συγκέντρωση του CO_2, η συγκέντρωση χλωροφύλλης στα πράσινα κύτταρα ή οι μεταβολές στα είδη χρωστικών στα πράσινα κύτταρα είναι μερικοί πρόσθετοι παράγοντες, των οποίων το ρόλο στη φωτοσύνθεση ίσως θα επιθυμούσατε να διερευνήσετε.

6-Δ
Το πράσινο χρώμα των φύλλων είναι μία απλή ουσία ή μίγμα διαφόρων ουσιών;

Παρατηρήσατε στο πείραμα 6-Β ότι η ζεστή αλκοόλη αφαιρεί το πράσινο χρώμα από τα φύλλα. Όσο τα φύλλα ξεθωριάζουν, η αλκοόλη γίνεται πράσινη. Επειδή αυτή η πράσινη ουσία έχει τόσο μεγάλη σημασία για η φωτοσύνθεση και η φωτοσύνθεση είναι τόσο σημαντική για τα αποθέματα τροφής στον κόσμο, είναι ευνόητο γιατί οι βιολόγοι και οι βιοχημικοί θέλουν να μάθουν ό,τι είναι δυνατό για την πράσινη ουσία των φύλλων.

Σ'αυτό το πείραμα θα χρησιμοποιήσετε μία τεχνική, που ονομάζεται χρωματογραφία χαρτιού, για να καθορίσετε αν η πράσινη ουσία είναι απλή ή μίγμα ουσιών. Η χρωματογραφία χαρτιού είναι μία τεχνική, που διαχωρίζει μίγματα ουσιών. Κατόπιν μπορούν να γίνουν χημικές αναλύσεις, για να πιστοποιηθούν τα διάφορα ξεχωρισμένα συστατικά.

ΥΛΙΚΑ

Πράσινα φύλλα, δύο ποτήρια ζέσεως των 250 ml, ένα ποτήρι ζέσεως των 1000 ml, ψαλίδια, μίγμα διαλύτη, αγκίστρια (φτιαγμένα από συνδετήρες), δοκιμαστικοί σωλήνες, θερμαντική πλάκα, οδοντογλυφίδες, μεγάλος δοκιμαστικός σωλήνας και πώμα, ταινίες διηθητικού χαρτιού.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

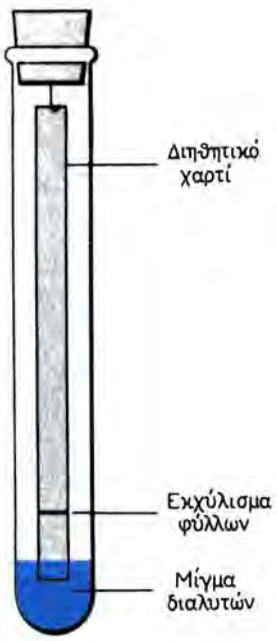
1. Τοποθετήστε πράσινα φύλλα σε ποτήρι ζέσεως και αφήστε τα να βράσουν για 2 ως 3 λεπτά.
2. Απομακρύνετε τα φύλλα από το νερό και τοποθετήστε τα σε ποτήρια ζέσεως με ζέουσα αλκοόλη. Χρησιμοποιήστε όση αλκοόλη χρειάζεστε, για να σκεπάσετε τα φύλλα στον πάτο του ποτηριού. Βράστε τα για 2-3 λεπτά.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Ζεστάνετε την αλκοόλη σε μπεν-μαρί. Βάλτε το ποτήρι της αλκοόλης σε ένα μεγαλύτερο ποτήρι με νερό πάνω σε μία θερμαντική πλάκα. Μη χρησιμοποιείτε λύχνο Bunsen ή πλάκα ανοικτής φλόγας.

3. Απομακρύνετε τα λευκασμένα φύλλα από την αλκοόλη και πετάξτε τα. Συνεχίστε να βράζετε την αλκοόλη μέχρι να γίνει το εκχύλισμα σκούρο πράσινο, σχεδόν μαύρο.
4. Κατασκευάστε ένα αγκίστρι σχήματος J και σπρώχτε το στη βάση του πώματος. Προσαρμόστε την ταινία χαρτιού στο αγκίστρι και χαμηλώστε την μέσα στον άδειο δοκιμαστικό σωλήνα. Τακτοποιήστε το χαρτί, ώστε να κρέμεται ίσια και να αγγίζει σχεδόν τον πάτο του σωλήνα.
5. Μόλις το χαρτί τακτοποιηθεί στο σωλήνα βγάλτε το και προσροφήστε το πράσινο εκχύλισμα της αλκοόλης. Αυτό θα το πετύχετε βυθίζοντας μία οδοντογλυφίδα στο εκχύλισμα και σχεδιάζοντας μία λεπτή γραμμή μ' αυτό, 2 cm πάνω από τη βάση του χαρτιού. Επαναλάβετε τη γραμμή αρκετές φορές αφήνοντας κάθε φορά το εκχύλισμα να στεγνώσει. Όσο πιο λεπτή και σκούρα είναι η γραμμή του εκχυλίσματος, τόσο το καλύτερο.
6. Όταν η γραμμή στεγνώσει, χύστε λίγο διαλυτή στο δοκιμαστικό σωλήνα. Τοποθετήστε τόσο διαλυτή, ώστε η άκρη της ταινίας του χαρτιού να βυθισθεί, όταν τοποθετηθεί στο δοκιμαστικό σωλήνα, όπως στην εικόνα 6-Δ-1. Αλλά βεβαιωθείτε ότι δεν βυθίζεται η γραμμή του προσροφημένου εκχυλίσματος.
7. Αφήστε το σωλήνα ακίνητο και σε όρθια θέση για 10 ή 15 λεπτά ή μέχρις ότου ο διαλυτής να φθάσει σε ένα σημείο κοντά στην κορυφή της χάρτινης ταινίας.
8. Απομακρύνετε την ταινία (χρωματογράφημα) από το μίγμα διαλυτών. Αφήστε το να στεγνώσει και κατόπιν κρατήστε σημειώσεις και κάντε σχέδια από τις παρατηρήσεις σας.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Είναι η πράσινη χρωστική των φυτών μία απλή ουσία ή μίγμα διαφόρων ουσιών; Εξηγήστε.
2. Η χλωροφύλλη είναι πράσινη. Όλη η χρωστική στα φύλλα που εξετάσατε ήταν χλωροφύλλη; Εξηγήστε.
3. Το φθινόπωρο τα πιο πολλά φύλλα των φυλλοβόλων δέντρων πεθαίνουν και πέφτουν. Με ποιο τρόπο οι παρατηρήσεις



Εικόνα 6-Δ-1 *Τοποθέτηση χρωματογραφίας χάρτου.*

αυτού του πειράματος θα σας βοηθήσουν να εξηγήσετε τις ποικίλες χρωματικές αλλαγές από τις οποίες περνούν τα φύλλα πεθαίνοντας;

4. Πόσες χρωματιστές ταινίες μπορείτε να δείτε στο χρωματογράφημά σας; Πώς συγκρίνεται το αποτέλεσμά σας μ' αυτό που έκαναν οι άλλες ομάδες, χρησιμοποιώντας το ίδιο είδος φύλλων; Πώς συγκρίνεται η σειρά των ταινιών μ' αυτές που βρήκαν οι άλλες ομάδες χρησιμοποιώντας άλλο είδος φύλλων;
5. Εάν πιστοποιούσατε με ειδικά τεστ και όργανα ότι μία ορισμένη ταινία στο χρωματογράφημά σας ήταν χλωροφύλλη α, πώς θα μπορούσατε να την αναγνωρίσετε στο χρωματογράφημα κάποιου άλλου;
6. Τα καρότα περιέχουν μία χρωστική που τους δίνει αυτό το ξεχωριστό χρώμα. Υπάρχει καμιά ένδειξη ότι στα φύλλα που ελέγξατε περιέχεται λίγη από αυτή τη χρωστική; Εξηγήστε.

Πειραματα για το κεφαλαιο 7

Η ζωή με οξυγόνο

7-Α
Επηρεάζει η παροχή οξυγόνου την ταχύτητα αυξήσεως και αναπαραγωγής των κυττάρων;

Το οξυγόνο είναι πολύ σημαντικό στην απελευθέρωση ενέργειας από τις τροφές. Οι περισσότεροι οργανισμοί, συμπεριλαμβανομένων και των ανθρώπων, δεν μπορούν να ζήσουν χωρίς σταθερή παροχή οξυγόνου. Εντούτοις μερικοί οργανισμοί μπορούν να πάρουν ενέργεια από την τροφή χωρίς οξυγόνο. Υπάρχουν μερικά είδη μικροοργανισμών, που χρησιμοποιούν οξυγόνο, αν είναι διαθέσιμο, αλλά όταν δεν υπάρχει οξυγόνο μπορούν να λάβουν ενέργεια από τις τροφές. Με άλλα λόγια, μερικοί τύποι μικροοργανισμών είναι συγχρόνως αερόβιοι και αναερόβιοι. Το *Aerobacter aerogenes* είναι το επιστημονικό όνομα ενός βακτηριδίου, που μπορεί να είναι είτε αερόβιο είτε αναερόβιο.

Σε αυτό το πείραμα θα σας δοθούν αποτελέσματα από ένα πείραμα με *Aerobacter aerogenes*. Τα βακτήρια μεγάλωσαν σε δοκιμαστικούς σωλήνες με απεσταγμένο νερό, στο οποίο είχαν προστεθεί μόνο μερικά άλατα και διάφορες συγκεντρώσεις γλυκόζης. Μερικοί

Συγκέντρωση γλυκόζης (mg ανά 100 ml H_2O)	Αριθμός βακτηρίων κατά τη μέγιστη ανάπτυξη (εκατομμύρια ανά ml)			
	Αρ. σωλήνα	Σωλήνες χωρίς αέρα	Αρ. σωλήνα	Σωλήνες με αέρα
18	1A	50	1B	200
36	2A	90	2B	500
54	3A	170	3B	800
72	4A	220	4B	1100
162	5A	450	5B	2100
288	6A	650	6B	
360	7A	675	7B	
432	8A	675	8B	
540	9A	670	9B	

Πίνακας 7-Α-1 Επίδραση διαφόρων συγκεντρώσεων γλυκόζης στην ανάπτυξη των βακτηριδίων.

από τους σωλήνες στεγανοποιήθηκαν ώστε να μην υπάρχει διαθέσιμος αέρας για τα κύτταρα. Άλλοι σωλήνες είχαν συνεχή παροχή φυσαλίδων αέρα στο διάλυμα της καλλιέργειας.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ

Χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα του πίνακα 7-Α-1 κατασκευάστε δύο καμπύλες στην ίδια γραφική παράσταση. Αρχικά κατασκευάστε την καμπύλη της «συγκεντρώσεως γλυκόζης» ως προς «αριθμό βακτηριδίων» για τη σειρά Α των δοκιμαστικών σωλήνων (χωρίς αέρα). Γράψτε στον κάθετο άξονα «εκατομ. κυττάρων ανά ml» και στον οριζόντιο «γλυκόζη (mg/100 ml)».

Σχεδιάστε τη δεύτερη καμπύλη από «συγκέντρωση γλυκόζης» ως προς τον «αριθμό των βακτηρίων» για τη σειρά Β των σωλήνων (με αέρα). Ονομάστε την πρώτη γραφική παράσταση «ανάπτυξη χωρίς αέρα» και τη δεύτερη «ανάπτυξη με αέρα».

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Ποιες είναι οι δύο προφανέστερες διαφορές ανάμεσα στις γραφικές παραστάσεις;
2. Παρατηρήστε τον πίνακα 7-Α-1 και συγκρίνετε τους δοκιμαστικούς σωλήνες 4Α και 4Β. Πόσες φορές είναι μεγαλύτερη η ανάπτυξη παρουσία αέρα;
3. Συγκρίνετε τους άλλους σωλήνες των σειρών Α και Β για τις διάφορες συγκεντρώσεις γλυκόζης. Πόσο μεγαλύτερη είναι η ανάπτυξη στον αέρα για κάθε ζεύγος σωλήνων από το 1Α και Β μέχρι το 5Α και Β;
4. Σημειώστε ότι ο αριθμός των βακτηριδίων δεν δόθηκε για τους δοκιμαστικούς σωλήνες 6Β, 7Β, 8Β και 9Β. Πόσα βακτηρίδια θα προβλέπατε για το σωλήνα 6Β; Τον 7Β; Αυτοί οι αριθμοί παραλείφθηκαν από τον πίνακα, γιατί ήταν πάρα πολύ μεγάλοι.
5. Αφού κάθε σωλήνας έφθασε στη μέγιστη ανάπτυξη, το διάλυμα ελέχθηκε για παρουσία γλυκόζης. Σε όλους τους δοκιμαστικούς σωλήνες από τον 1Α ως τον 6Α και από τον 1Β ως τον 9Β δεν υπήρχε γλυκόζη. Αντίθετα οι ωλήνες 7Α, 8Α και 9Α περιείχαν λίγη γλυκόζη, παρότι είχαν φθάσει στη μέγιστη ανάπτυξη. Τώρα συγκρίνετε τους σωλήνες 4Α και 4Β. Πόσα βακτηρίδια παρήχθησαν ανά γραμμάριο γλυκόζης σε κάθε περίπτωση;
6. Τώρα κάντε μία υπόθεση, που να εξηγεί τους αριθμούς που μετρήσατε για την ερώτηση 5. Γιατί υπάρχουν τόσα πολλά κύτταρα ανά μιλλιγραμμάριο γλυκόζης στους Β σωλήνες;
7. Κάθε μιλλιγραμμάριο γλυκόζης έχει ίσο διαθέσιμο ποσό ενέργειας. Οι Β σωλήνες παρήγαγαν περισσότερα κύτταρα ανά μιλλιγραμμάριο γλυκόζης από όσα οι Α σωλή-

νες. Υποθέτοντας ότι κάθε παραγόμενο κύτταρο απαιτεί ένα ορισμένο ποσό ενέργειας, ποιοι σωλήνες θα περιείχαν προϊόντα γλυκόζης, που ακόμη περιέχουν κάποια «αχρησιμοποίητη» ενέργεια;

8. Με άλλα πειράματα προσδιορίστηκε επίσης ότι στους σωλήνες Α συσσωρεύεται αλκοόλη. Πώς θα μπορούσατε να συνδυάσετε αυτή την πληροφορία με την απάντηση για την «αχρησιμοποίητη ενέργεια»;

Πειραματα για το κεφαλαιο 8

Κυρίαρχα μόρια

8-Α
Βακτήρια, πνευμονία και DNA

Τα νουκλεϊνικά οξέα ήταν γνωστά 75 χρόνια πριν η σημασία τους για τα ζωντανά κύτταρα γίνει πλήρως κατανοητή. Το μυστήριο του πώς ενεργεί το DNA εξερευνήθηκε πρώτα στα βακτήρια. Οι ερευνητές βιολόγοι εστίασαν πρώτα την προσοχή τους στο ρόλο του DNA σ' ένα ορισμένο είδος βακτηριδίου, το *Diplococcus pneumonial*. Όπως ίσως θα μαντέψατε από το όνομά του, πρόκειται για το βακτήριο που προκαλεί την πνευμονία. Το όνομα *Diplococcus* αναφέρεται στο γεγονός ότι τα βακτηριακά κύτταρα είναι σε ζευγάρια και στρογγυλά στο σχήμα (*diplo*, διπλό και *coccus*, κόκκος). Συχνά χρησιμοποιείται ένα μικρότερο όνομα για το είδος, ο πνευμονιόκοκκος. Υπάρχουν δύο κύρια είδη του βακτηρίου πνευμονιόκοκκος. Στο ένα είδος κάθε ζεύγος βακτηριακών κυττάρων περιβάλλεται από μία κάψουλα μιας ουσίας, που μοιάζει με σάκχαρα. Το άλλο είδος δεν έχει κάψουλα, που να περιβάλλει τα κύτταρα. Η εικόνα 8-Α-1 δείχνει και τα δύο είδη. Και τα δύο είναι ικανά για αναπαραγωγή, παράγοντας κύτταρα ίδια με τον εαυτό τους. Όταν τα κύτταρα με τις κάψουλες χωρίζονται, σχηματίζουν νέα κύτταρα με κάψουλες. Κύτταρα χωρίς κάψουλες σχηματίζουν νέα κύτταρα χωρίς κάψουλες.

Η κάψουλα γύρω από τα κύτταρα του πνευμονιοκόκκου σχετίζεται με ένα άλλο χαρακτηριστικό αυτών των κυττάρων. Αυτά τα κύτταρα με τις κάψουλες προκαλούν πνευμονία και στη συνέχεια το θάνατο, όταν ενεθούν σε ποντίκια. Τα κύτταρα πνευμονιοκόκκου χωρίς κάψουλες δεν προκαλούν πνευμονία σε ανάλογη περίπτωση. Εξαιτίας των κινδύνων που ενέχει ο χειρισμός του πνευμονιοκόκκου, δεν θα είναι δυνατό για σας να κάνετε πειράματα χρησιμοποιώντας αυτό το βακτηρίδιο που προκαλεί ασθένεια. Παρακάτω περιγράφονται μερικά πειράματα, που έχουν ήδη γίνει. Η προσπάθειά σας θα περιοριστεί στο να αναλύσετε τα αποτελέσματα και να προτείνετε υποθέσεις σχετικές με τα αποτελέσματα αυτών των πειραμάτων.

Πείραμα 1

Σε ζωντανά ποντίκια ενέθηκαν με λίγα κύτταρα πνευμονιοκόκκου, χωρίς κάψουλες, όπως στο μέρος α της εικόνας 8-Α-1. Τα ποντίκια παρέμειναν υγιή.

Πείραμα 2

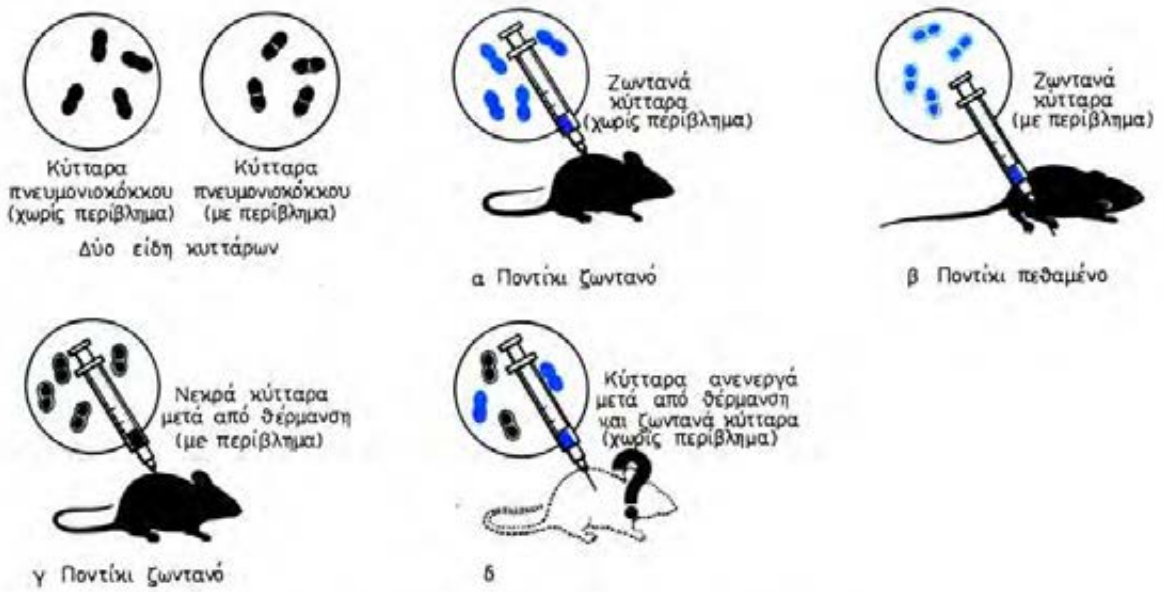
Υγιή ποντίκια ενέθηκαν με λίγα κύτταρα πνευμονιοκόκκου με κάψουλα. Τα ποντίκια πέθαναν. Η αυτοψία απέδειξε ότι ο θάνατος προήλθε από πνευμονία (δέστε μέρος β της εικόνας 8-Α-1).

Πείραμα 3

Κύτταρα πνευμονιοκόκκου με κάψουλα καταστράφηκαν με θέρμανση. Τα νεκρά κύτταρα με κάψουλα ενέθηκαν σε υγιή ποντίκια. Τα ποντίκια παρέμειναν υγιή (δέστε το μέρος γ της ίδας εικόνας).

Πείραμα 4

Στο μέρος α της εικόνας 8-Α-1 υγιή ποντί-



Εικόνα 8-Α-1 *Πειράματα με δύο στελέχη πνευμονιοκόκκου σε ποντίκια.*

κια ενέθηκαν μ' ένα μίγμα ζωντανών κυττάρων πνευμονιοκόκκου χωρίς κάψουλα και λίγα νεκρά κύτταρα πνευμονιοκόκκου με κάψουλα.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Βασιζόμενοι στα αποτελέσματα των πειραμάτων 1, 2 και 3 τι νομίζετε ότι συνέβη στα ποντίκια του πειράματος 4; Εξηγήστε.
2. Υποθέστε ότι τα ποντίκια πέθαναν από πνευμονία. Κάντε μερικές υποθέσεις, που να υποστηρίζουν αυτό.

Πείραμα 5

Στην πραγματικότητα στο πείραμα 4 τα ποντίκια προσβλήθηκαν από πνευμονία και πέθαναν. Οι επιστήμονες πρότειναν μία υπόθεση, για να το εξηγήσουν. Ίσως με κάποιο τρόπο τα κύτταρα του πνευμονιοκόκκου χωρίς κάψουλα απέκτησαν την ικανότητα να παράγουν κάψουλες και μπόρεσαν να μεταδώσουν αυτή την ικανότητα στους απογόνους τους. Θυμηθείτε ότι για να προκληθεί πνευμονία, τα κύτταρα πρέπει να έχουν κάψουλα. Για να ελέγξουν αυτή την υπόθεση, οι επιστήμονες ετοίμασαν ένα μίγμα θρεπτικών υλικών, όπου τα κύτταρα του πνευμονιοκόκκου θα μπορούσαν να αυξηθούν έξω από το σώμα κάποιου ζωντανού οργανισμού. Ένα τέτοιο μίγμα θρεπτικών υλικών ονομάζετει μέσο καλλιέργειας. Οι πειραματιστές μπορούσαν να μεγαλώσουν τα κύτταρα πνευμονιοκόκκου σε μία καλλιέργεια σε τρυβλία petri και να τα παρατηρήσουν με το μικροσκόπιο, για να δουν, αν είχαν σχηματισθεί κάψουλες ή όχι.

Οι πειραματιστές ετοίμασαν πρώτα μεγάλους αριθμούς κυττάρων πνευμονιοκόκκων με κάψουλες. Κατόπιν σκότωσαν αυτά τα κύτταρα, τα έσπασαν και τα έκαναν ένα διάλυμα. Ένα τέτοιο διάλυμα, που ονομάζεται εκχύλισμα, περιέχει τα συνήθη υλικά που περικλείουν οι κυτταρικές μεμβράνες.

Το εκχύλισμα των νεκρών κυττάρων με κάψουλες αναμίχθηκε με ζωντανά κύτταρα χωρίς κάψουλες. Αυτό το μίγμα προστέθηκε σε μία καλλιέργεια και αφέθηκε να αναπτυχθεί, όπως στην εικόνα 8-Α-2, μέρος α.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πειράματος 4, ποια είναι η πιο λογική υπόθεση ως προς τον τύπο ή τους τύπους των βακτηρίων που βρέθηκαν να αναπτύσσονται στην καλλιέργεια του πειράματος 5;

Πείραμα 6

Μερικά από τα κύτταρα του πειράματος 5 ενέθηκαν σε ζωντανά ποντίκια, όπως στο μέρος δ της εικόνας 8-Α-2.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Υποθέστε ότι τα ποντίκια του πειράματος 6 πέθαναν από πνευμονία. Τι συμπέρασμα θα μπορούσατε να βγάλετε για τα κύτταρα που μεγάλωναν στην καλλιέργεια του πειράματος 5;
2. Θα μπορούσαν αυτά τα κύτταρα να προκαλέσουν πνευμονία στα ποντίκια πριν αναπτυχθούν στην ειδική καλλιέργεια του πειράματος 5; Γιατί;
3. Στην πραγματικότητα στα πειράματα 5 και 6, η μικροσκοπική εξέταση έδειξε παρουσία ζωντανών κυττάρων με κάψουλες. Αυτά τα κύτταρα θα μπορούσαν να αναπαραχθούν για τη δημιουργία περισσοτέρων βακτηρίων με κάψουλες. Όταν αυτά ενέθηκαν στα ποντίκια, προκάλεσαν πνευμονία. Σε τι διέφεραν τα βακτήρια μετά την ανάπτυξή τους στο ειδικό υλικό της καλλιέργειας; Αυτή η διαφορά αφορούσε μόνο τη δομή τους; Εξηγήστε.

Πρόταση: Άλλαξαν όχι μόνο τα αρχικά κύτταρα, που τοποθετήθηκαν στην ειδική καλλιέργεια, αλλά και οι απόγονοί τους έδειξαν τα ίδια νέα χαρακτηριστικά.

Πείραμα 7

Στο Πανεπιστήμιο Ροκφέλερ της πόλεως της Ν. Υόρκης, οι Ο. Άβερυ, Κ. Μακλέοντ και Μ. Μακάρτυ εργάσθηκαν για να βρουν ποιο μέρος του εκχυλίσματος των νεκρών κυττάρων προκάλεσε την αλλαγή στο κληρονομικό υλικό. Ήθελαν να βρουν τι έδωσε τη δυνατότητα στα κύτταρα χωρίς κάψουλες να παράγουν κύτταρα με κάψουλες. Έκαναν πολύ ακριβή πειράματα, στα οποία ελέγχθηκε



Εικόνα 8-Α-2

κάθε μέρος του εκχυλίσματος. Υπέθεσαν ότι κάποιο ειδικό μόριο στο εκχύλισμα προσλήφθηκε από το ζωντανό κύτταρο και ότι αυτό το μόριο ήταν υπεύθυνο για τη νέα κληρονομική πληροφορία. Το μόριο τελικά ταυτοποιήθηκε ως DNA. Τα χαρακτηριστικά του πνευμονιόκοκκου είχαν αλλάξει λόγω της ενσωματώσεως των μορίων DNA από το εκχύλισμα.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Τι συμβαίνει προφανώς στο DNA των κυττάρων πνευμονιοκόκκου, όταν διαιρούνται, για να σχηματίσουν νέα κύτταρα;
2. Με όσα γνωρίζετε για τα μόρια του DNA, δώστε μία εξήγηση για το τι συνέβη στο πείραμα 4, ώστε να προκαλέσει το θάνατο των ποντικιών από μόλυνση πνευμονίας.

Πειραματα για το κεφαλαιο 9

Ο γενετικός κώδικας

9-Α
Πώς μπορούν να απομονωθούν μεταλλάξεις βακτηρίων;

Επειδή τα βακτήρια έχουν μικρό σχήμα, μεγάλη ταχύτητα αναπαραγωγής και σχετικά απλή δομή, αποτελούν εξαιρετικό υλικό για εργαστηριακές μελέτες. Αυτά τα πειράματα θα σας εισαγάγουν στις τεχνικές της μικροβιολογίας, που θα χρησιμοποιήσετε σε όλη τη βιολογική σας εργασία.

α. Πώς να χειρίζεσθε τα βακτήρια. Τα βακτήρια βρίσκονται παντού. Μπορούν να μολύνουν ο,τιδήποτε, αν δεν ληφθούν οι απαραίτητες προφυλάξεις. Ακόμη και τα πιο «ήμερα» βακτήρια μπορούν να προκαλέσουν μολύνσεις, αν είναι παρόντα σε ποσότητα. Θα πρέπει να προσέχετε εξαιρετικά σε όλες τις εργαστηριακές διαδικασίες αυτού του πειράματος.

Διαβάστε και θυμηθείτε τις παρακάτω οδηγίες. Κατόπιν εξασκηθείτε στις προτεινόμενες τεχνικές. Εάν δυσκολεύεστε σε οποιοδήποτε κομμάτι αυτής της δουλειάς, συμβουλευθείτε τον καθηγητή σας.

ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ

1. Μην τρώτε στο εργαστήριο.
2. Μη βάζετε ο,τιδήποτε μέσα στο στόμα σας από το εργαστήριο. Μάθετε να κρατάτε τα χέρια σας και όλα τα αντικείμενα μακριά από το πρόσωπό σας και το στόμα.
3. Μην πίνετε από τα γυαλικά του εργαστηρίου ή τα σκεύη.
4. Να είσθε όσο το δυνατόν πιο προσεκτικοί και καθαροί στη χρήση όλου του εξοπλισμού του εργαστηρίου, συμπεριλαμβανομένων των μικροσκοπίων, πάγκων κ.ά.
5. Στην περίπτωση που χυθεί μία καλλιέργεια, ενημερώστε τον υπεύθυνο αμέσως και απολυμάνετε τα χέρια σας.
6. Αποστειρώνετε όλες τις καλλιέργειες πριν τις αποχύσετε. Ο υπεύθυνος θα σας δείξει πώς να το κάνετε.
7. Τα υγρά απόβλητα και το άγαρ χύστε τα σε δοχεία ειδικά γι' αυτόν το λόγο.
8. Τελειώνοντας το εργαστήριο, τοποθετήστε όλον τον εξοπλισμό στη θέση του και πλύντε τους πάγκους με απολυμαντικό.
9. Ποτέ να μην ανοίγετε τρυβλία petri που περιέχουν καλλιέργειες, μέχρις ότου είσθε έτοιμοι να καθαρίσετε. Μπορεί να περιέχουν επικίνδυνους οργανισμούς.

ΠΩΣ ΝΑ ΜΕΤΑΦΕΡΕΤΕ ΔΕΙΓΜΑΤΑ

Όλη η εργασία με τις καλλιέργειες βακτηρίων εξαρτάται από την τεχνική μεταφοράς δειγμάτων χωρίς να μολυνθούν. Παρατηρήστε προσεκτικά την επίδειξη, που θα κάνει ο υπεύθυνός σας. Κατόπιν εφαρμόστε την τεχνική χωρίς βακτήρια μέχρι να μπορείτε να κάνετε τη μεταφορά γρήγορα και ήρεμα.

1. Κρατήστε στο αριστερό σας χέρι το δοκιμαστικό σωλήνα, που περιέχει την καλλιέργεια βακτηρίων και ένα δοκιμαστικό σωλήνα με αποστειρωμένο άγαρ, όπως φαίνεται στην εικόνα 9-Α-1. Κρατήστε το βρόγχο ή τη βελόνα στο αριστερό σας χέρι (αν είσθε αριστερόχειρας, θα είναι πιο εύκολο, αν αντιστρέψετε τη διαδικασία).
2. Με το αριστερό σας χέρι αφαιρέστε τα πώματα και από τους δύο δοκιμαστικούς σωλήνες.
3. Περάστε από τη φλόγα το στόμιο του καθενός δοκιμαστικού σωλήνα δύο φορές.
4. Θερμάνετε το βρόγχο μέχρι να κοκκινίσει.
5. Κρυώστε το βρόγχο ακουμπώντας τον κατά μήκος της επιφάνειας του άγαρ του αποστειρωμένου δοκιμαστικού σωλήνα.
6. Με το βρόγχο αφαιρέστε μία μικρή ποσότητα της καλλιέργειας βακτηρίων από την επιφάνεια του άγαρ και αμέσως μεταφέρτε το στην επιφάνεια του αποστειρωμένου υλικού. Μη σκαλίσετε το άγαρ. Η πίεση από το βάρος του βρόγχου επαρκεί για να τοποθετήσετε ένα δείγμα ζωντανών βακτηρίων στην καλλιέργεια.
7. Θερμάνετε το βρόγχο και περάστε από τη φλόγα το στόμιο καθενός δοκιμαστικού σωλήνα, όπως και πριν. Ξανατοποθετήστε τα πώματα από βαμβάκι, το καθένα στο σωλήνα από τον οποίο προήλθε. Βάλτε τους δοκιμαστικούς σωλήνες στο στήριγμα.

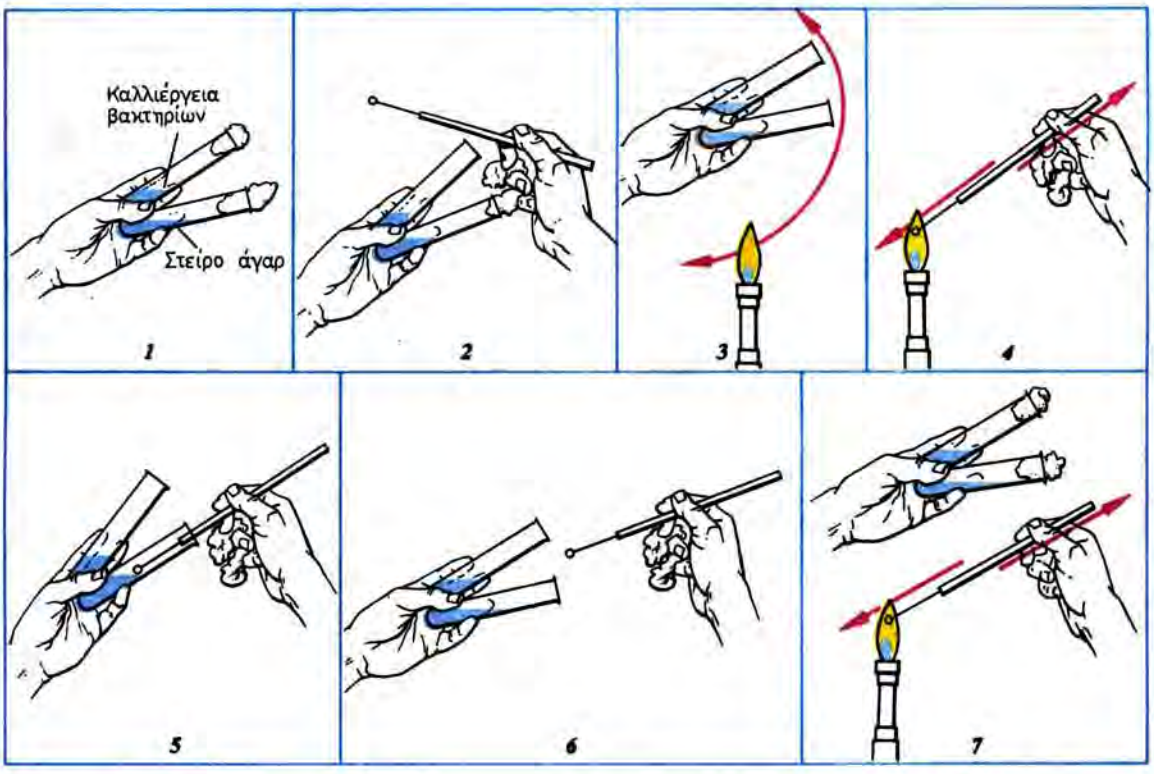
ΠΡΟΣΟΧΗ: Κατά τη διάρκεια της μεταφοράς θυμηθείτε ότι τόσο το γυαλί όσο και το σύρμα, θα είναι τόσο καυτά ώστε να μπορούν να κάψουν τα δάκτυλά σας.

Αυτές οι τεχνικές δεν είναι δύσκολες. Όταν μπορέσετε να εκτελέσετε σωστά τη μεταφορά, αρχίστε το πείραμα.

β. Η βακτηριακή αντοχή στα αντιβιοτικά.

ΥΛΙΚΑ

Καθαρές καλλιέργειες του *Bacillus cereus*, δοκιμαστικοί σωλήνες αποστειρωμένου άγαρ,



Εικόνα 9-Α-1 *Αποστειρωμένη μεταφορά βακτηρίων.*

δίσκοι αντιβιοτικών (πενικιλλίνης και χρυσομυκίνης), λαβίδες μέσα σε διάλυμε 70% αλκοόλης, αποστειρωμένα τρυβλία petri, λύχνος Bunsen, βρόγχοι μεταφοράς, υδατόλουτρο 100°C.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Ζεστάνετε τους δοκιμαστικούς σωλήνες με το αποστειρωμένο άγαρ στο υδατόλουτρο μέχρι να λιώσει το άγαρ.
2. Απομακρύνετε τους δοκιμαστικούς σωλήνες από το υδατόλουτρο. Αφήστε να κρυώσουν τόσο, ώστε να μπορούν να κρατιούνται με το χέρι, αλλά και να μη ξαναγίνει το άγαρ στέρεο. Κάντε την παρακάτω μεταφορά όσο το δυνατόν πιο γρήγορα. Πρέπει να δουλέψετε γρήγορα, ώστε το υγρό άγαρ να μην παγώσει και στερεοποιηθεί πριν τελειώσει η μεταφορά.
3. Κρατήστε το δοκιμαστικό σωλήνα με το χλιαρό άγαρ και το δοκιμαστικό σωλήνα με την καλλιέργεια των βακτηρίων στο αριστερό σας χέρι. Αφαιρέστε τα πώματα από βαμβάκι και περάστε από τη φλόγα του λύχνου δύο φορές το στόμιο καθενός δοκιμαστικού σωλήνα. Θερμάνετε το βρόγχο και αφήστε τον να κρυώσει. Πάρτε με το βρόγχο μία ποσότητα βακτηρίων και μεταφέρετέ τη στο χλιαρό άγαρ στο δεύτερο δοκιμαστικό σωλήνα. Κινήστε το βρόγχο στο υγρό μερικές φορές και κατόπιν απομακρύνετέ τον. Περάστε από τη φλόγα το βρόγχο και το στόμιο καθενός δοκιμαστικού σωλήνα και βάλτε πάλι τα πώματα από βαμβάκι.
4. Τρίψτε το δοκιμαστικό σωλήνα με το χλιαρό άγαρ ανάμεσα στις παλάμες των χεριών σας, για να αναμιχθούν τα βακτηρίδια με το άγαρ. Βγάλτε το πώμα και περάστε από τη φλόγα το στόμιο του δοκιμαστικού σωλήνα. Σηκώστε το σκέπασμα του αποστειρωμένου τρυβλίου Petri, σε γωνία περίπου 45°. Κρατήστε το σηκωμένο σκέπασμα, όσο πιο κοντά γίνεται στον πάτο του



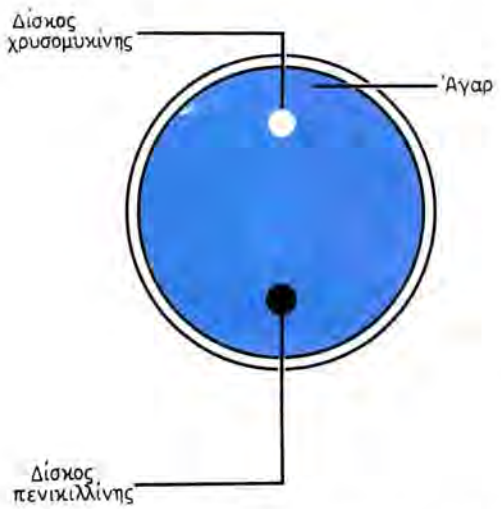
Εικόνα 9-Α-2 *Χύνοντας ζεστό άγαρ από δοκιμαστικό σωλήνα σε τρυβλίο petri.*

τρυβλίου, για να αποφύγετε τη μόλυνση, όπως στην εικόνα 9-Α-2. Χύστε το άγαρ στον πάτο του τρυβλίου. Βεβαιωθείτε ότι το στόμιο του δοκιμαστικού σωλήνα δεν αγγίζει κανένα μέρος του τρυβλίου. Απομακρύνετε το δοκιμαστικό σωλήνα και χαμηλώστε το σκέπασμα. Κινήστε απαλά το κλειστό τρυβλίο πάνω στον πάγκο διαγράφοντας οκτάρια για να κατανεμηθεί το άγαρ ομοιόμορφα. Αφήστε το άγαρ να κρυώσει μέχρι να στερεοποιηθεί.

5. Βγάλτε τις λαβίδες από το διάλυμα αλκοόλης και περάστε γρήγορα τα άκρα από τη φλόγα. Χρησιμοποιήστε τις λαβίδες, για να βγάλετε τους δίσκους πενικιλλίνης από το δοχείο και αποφύγετε τη μόλυνση των δίσκων που έμειναν. Τοποθετήστε τους δίσκους πενικιλλίνης στη μία πλευρά του άγαρ ανασηκώνοντας ελαφρά το σκέπασμα του τρυβλίου petri. Κατόπιν περάστε γρήγορα από τη φλόγα τις λαβίδες και πάρτε ένα από τους δίσκους χρυσομυκίνης. Τοποθετήστε αυτόν το δίσκο στην άλλη πλευρά της επιφάνειας του άγαρ, όπως στην εικόνα 9-Α-3. Περάστε τις λαβίδες από τη φλόγα και βάλτε τες στην αλκοόλη.
6. Ύστερα από λίγα λεπτά γυρίστε το τρυβλίο petri ανάποδα. Αφήστε το σε θερμοκρασία δωματίου ή σε έναν επωαστή, ώστε να επιτρέψετε στα βακτήρια να αναπτυχθούν. Παρατηρήστε το τρυβλίο την επόμενη και τις επόμενες ημέρες. Περιγράψτε το χρώμα και το σχήμα όποιων αποικιών βακτηρίων και άλλων σχεδίων που παρατηρήσατε.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Τα διαφορετικά βακτήρια παράγουν συνήθως αποικίες με διαφορετική εμφάνιση. Πιστεύετε ότι στο τρυβλίο petri υπάρχει πάνω από ένα είδος βακτηρίου; Τι σας κάνει να το πιστεύετε;
2. Ποιες περιοχές, αν υπάρχουν, δεν έχουν βακτηριακές αποικίες; Γιατί;
3. Ποια καθαρή περιοχή είναι μεγαλύτερη, αυτή γύρω από το δίσκο πενικιλλίνης ή εκείνη γύρω από το δίσκο της χρυσομυκίνης;
4. Γιατί μπορεί η μία περιοχή να είναι μεγαλύτερη από την άλλη;
5. Για ποιο σκοπό μπορεί να είναι χρήσιμοι αυτοί οι δίσκοι στην ιατρική έρευνα.
6. Εξετάστε την καθαρή από βακτήρια περιοχή γύρω από κάθε δίσκο. Ίσως βρείτε μία ή περισσότερες μικρές αποικίες σ' αυτήν την περιοχή. Εάν βρείτε μία αποικία σ' αυτήν την περιοχή, πώς μπορείτε να το εξηγήσετε;
7. Μεταλλαγμένα βακτήρια ανθεκτικά στα αντιβιοτικά υπήρχαν προφανώς στην αρχική καλλιέργεια του *Βακίλου*. Γιατί δεν έγιναν αντιληπτά πριν από το πείραμα; Γιατί εμφανίστηκαν στην καθαρή από βακτήρια περιοχή;
8. Μπορείτε να καθορίσετε, αν μπορεί αυτή η αποικία να αναπτύχθηκε, επειδή το αντιβιοτικό είχε χάσει τη δραστικότητά του;
9. Υποθέστε ότι απομονώθηκαν ένα στέλεχος ανθεκτικό στην πενικιλλίνη και ένα στέλεχος ανθεκτικό στη χρυσομυκίνη στις αντίστοιχες καθαρές από βακτήρια περιοχές της καλλιέργειας. Τι είδος πείραμα θα μπορούσατε να κάνετε, για να καθορίσετε, αν το ανθεκτικό στέλεχος στο ένα αντιβιοτικό είναι επίσης ανθεκτικό και στο άλλο;
10. Πώς θα μπορούσατε να εξηγήσετε τα αποτελέσματα ενός πειράματος, που έδειξαν ότι τα ανθεκτικά στην πενικιλλίνη



Εικόνα 9-Α-3 *Τρυβλίο petri άγαρ με δύο δίσκους από προσθήκη αντιβιοτικών.*

βακτήρια δεν είναι ανθεκτικά στη χρυσομυκίνη και τα ανθεκτικά στη χρυσομυκίνη δεν είναι ανθεκτικά στην πενικιλλίνη;

11. Περιγράψτε ένα πείραμα, που θα ήταν μία λογική προσπάθεια για την παραγωγή στελέχους βακτηρίων ανθεκτικού και στα δύο αντιβιοτικά.

9-Β
Επίδραση της ακτινοβολίας στους μικροοργανισμούς

Η έκθεση στην ακτινοβολία μπορεί να είναι μοιραία για έναν οργανισμό. Η αντοχή των διαφόρων οργανισμών στα είδη, ποικίλλει ως προς το ποσόν της ακτινοβολίας που δέχονται. Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για να περιγραφεί η επίδραση της ακτινοβολίας σε κάθε είδος, είναι να μιλήσομε για μερικές θανατηφόρες δόσεις. Τέτοια είναι η δόση που έχει καθοριστεί ως το ποσόν της ακτινοβολίας, που μπορεί να σκοτώσει μόλις το 50% του πληθυσμού ενός είδους (το άλλο μισό του πληθυσμού θα σκοτωνόταν, μόνο αν η δόση ακτινοβολίας ήταν μεγαλύτερη από τη μέση θανατηφόρο δόση). Ο όρος LD-50 σημαίνει «θανάσιμη δόση για το 50% του πληθυσμού». Σ' αυτό το πείραμα θα καθορίσετε την LD-50 ενός πληθυσμού κυττάρων μαγιάς.

ΥΛΙΚΑ

Ξηρή μαγιά, δεξτρόζη πατάτας, ή άγαρ χυμού φράπας, αποστειρωμένα τρυβλία petri, μικροβιοκτόνος λάμπα υπεριώδους, ξυπνητήρι, κωνική φιάλη 1 lt με πώμα από βαμβάκι, βαθμονομημένος κύλινδρος (ή ογκομετρική φιάλη 1 lt), κανόνας, αποστειρωμένο απεσταγμένο νερό, αποστειρωμένα σιφώνια.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Εάν δεν σας έχουν ήδη ετοιμάσει τρυβλία petri με άγαρ, λιώστε το άγαρ και χύστε το σε 10 αποστειρωμένα τρυβλία petri, χρησιμοποιώντας προσεκτικές στείρες συνθήκες. Αριθμήστε τα τρυβλία από 1 έως 10.
2. Ζυγίστε 0,75 g ξηρής μαγιάς και φτιάξτε εναιώρημα με αποστειρωμένο απεσταγμένο νερό σε φιάλη κωνική 1 lt. Πωματίστε με βαμβάκι και ανακινήστε για να αναμιχθεί καλά. Μεταφέρετε με σιφώνιο 5 ml από το αιώρημα μαγιάς σ' ένα άδειο αποστειρωμένο τρυβλίο petri. Χρησιμοποιώντας αποστειρωμένο σιφώνιο μεταφέρετε 0,1 ml του αιωρήματος μαγιάς στο άγαρ των τρυβλίων petri No 1 και 2. Απλώστε ομοιόμορφα το αιώρημα πάνω από την επιφάνεια του άγαρ και αναδέψτε προσεκτικά το περιεχόμενο του τρυβλίου. Αυτά τα δύο τρυβλία δε θα εκτεθούν σε υπεριώδη ακτινοβολία.
3. Τοποθετήστε τη λάμπα υπεριώδους 10 cm πάνω από τον πάγκο και ανάψτε τη. Τοποθετήστε το τρυβλίο petri με τα 5 ml αιωρήματος μαγιάς κάτω από τη λάμπα ακριβώς 5 δευτερόλεπτα.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Μην βλέπετε κατευθείαν τη λάμπα. Είναι βλαβερό για τα μάτια.

4. Απομακρύνετε το αιώρημα μαγιάς από κάτω από τη λάμπα χρησιμοποιώντας αποστειρωμένη πιπέτα, όπως και στο στάδιο 2. Μεταφέρετε 0,1 ml ακτινοβολημένου αιωρήματος μαγιάς στο άγαρ του τρυβλίου No 3. Απλώστε, όπως και στο στάδιο 2. Σημειώστε στο κάλυμμα του τρυβλίου τη διάρκεια εκθέσεως (5 δευτερόλεπτα) στο υπεριώδες.

5. Με τον ίδιο τρόπο ακτινοβολήστε τα 5 ml αιωρήματος μαγιάς για 10 δευτερόλεπτα ακόμη. Τα κύτταρα μαγιάς έχουν τώρα εκτεθεί στο υπεριώδες συνολικά 15 δευτερόλεπτα. Προσθέστε 0,1 ml ακτινοβοληµένου αιωρήματος μαγιάς στο τρυβλίο No 4. Επαναλάβετε την έκθεση σε ακτινοβολία των δειγμάτων μαγιάς για 30 και 60 δευτερόλεπτα, 2, 5, 10 και 20 λεπτά. Προσθέστε 0,1 ml ακτινοβοληµένου δείγματος σε διαφορετικά αριθμημένο τρυβλίο petri, ύστερα από κάθε έκθεση. Αναμίξτε το καθένα, όπως σας υποδείχθηκε πριν και σημειώστε στο τρυβλίο το χρόνο εκθέσεως.
6. Κατόπιν επωάστε όλα τα εμβολιασμένα άγαρ στο σκοτάδι στους 25°C για 48 ώρες. Κατά τη διάρκεια της επωάσεως όλα τα επιζήσαντα κύτταρα θα πολλαπλασιαστούν επαρκώς, ώστε να δημιουργήσουν ορατές αποικίες.
7. Μετρήστε τον αριθμό των αποικιών που σχηματίσθηκαν σε κάθε μη ακτινοβοληµένη καλλιέργεια κυττάρων. Πέστε ότι ο μέσος όρος αποικιών που υπάρχει σ' αυτές τις καλλιέργειες ελέγχου αντιπροσωπεύει επιβίωση 100%. Κατόπιν συγκρίνετε τον αριθμό των αποικιών των καλλιεργιών ελέγχου, για να βρείτε την εκατοστιαία αναλογία επιζώντων (100% μείον την επί τοις εκατό αναλογία επιζώντων είναι η εκατοστιαία αναλογία κυττάρων που δεν επιβίωσαν από την έκθεση στην ακτινοβολία).
8. Σχεδιάστε μία γραφική παράσταση με το «χρόνο εκθέσεως στην ακτινοβολία» στον οριζόντιο άξονα και την «εκατοστιαία αναλογία πληθυσμού που δεν επιβίωσε» στον κάθετο άξονα. Βάλτε πολύ προσεκτικά το χρόνο στον οριζόντιο άξονα. Θυμηθείτε ότι κάθε τετράγωνο στο χιλιοστομετρικό χάρτη αντιπροσωπεύει έναν ορισμένο αριθμό δευτερολέπτων ή λεπτών. Άρα τα σημεία που αντιπροσωπεύουν τα 10 και 20 λεπτά θα είναι πολύ μακρύτερα από τα σημεία των 15 και 30 δευτερολέπτων. Σχεδιάστε μία καμπύλη από τα σημεία.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Ποιος είναι περίπου ο χρόνος εκθέσεως που σκοτώνει τα μισά κύτταρα; Για να απαντήσετε σ' αυτήν την ερώτηση, σχεδιάσετε μία ίσια οριζόντια γραμμή από το σημείο στον κάθετο άξονα, που αντιπροσωπεύει το 50% των θανάτων. Στο σημείο που η γραμμή τέμνεται με την καμπύλη τραβήξετε μία κάθετη στον άξονα του χρόνου και διαβάσετε το χρόνο.
2. Πώς μπορείτε να εξηγήσετε το σχήμα της καμπύλης;
3. Εάν σχεδιάζατε ένα παρόμοιο πείραμα χρησιμοποιώντας τις ίδιες τεχνικές και χρόνους εκθέσεως αλλά διαφορετικό είδος μικροοργανισμών, θα μπορούσατε να χρησιμοποιήσετε την πληροφορία από αυτό το πείραμα, για να προβλέψετε το LD-50 των νέων ειδών; Εξηγήστε.
4. Το σχήμα της καμπύλης γι' αυτά τα νέα είδη θα ήταν περίπου το ίδιο;

9-Γ Τι ρυθμίζει τη σύνθεση μακρομορίων σε ένα ζωντανό κύτταρο;

Οι Γ.Β. Μπηντλ και Ε.Λ. Τάτουμ του πανεπιστημίου του Στάνφορντ στις αρχές του 1940 προσπάθησαν να ερευνήσουν και να απαντήσουν στην ερώτηση του παραπάνω τίτλου. Χρησιμοποίησαν μία συνήθη ερυθρόχροη μούχλα, τη *Νευρόσπορα*, για να καθορίσουν, αν τα σπόρια της μούχλας, που ξεκινάνε μία νέα γενιά, μεταφέρουν τις πληροφορίες για την κατασκευή των μεγάλων ειδικευμένων μακρομορίων που χαρακτηρίζουν τους οργανισμούς. Ήταν γνωστό ότι οι σπόροι της *Νευρόσπορας* μπορούν να καλλιεργηθούν σε υλικό που περιέχει μικρά και απλά είδη μορίων, αν και η μούχλα συνθέτει μεγάλα πολύπλοκα μόρια στη διάρκεια της αναπτύξεώς της.

Παρακάτω θα αναλύσετε τα αποτελέσματα μερικών πειραμάτων παρομοίων με αυτά που έκαναν οι Μπηντλ και Τάτουμ. Για λόγους απλότητας το πρόβλημα θα περιορισθεί στην ικανότητα της *Νευρόσπορας* να συνθέτει αμινοξέα και βιταμίνες.

Πείραμα 1

Τα σπόρια της *Νευρόσπορας* τοποθετήθηκαν σε άγαρ που περιείχε μόνο άλατα και βιοτίνη (μία βιταμίνη). Από εδώ και πέρα αυτό θα αποκαλείται ***απλό μέσο.*** Στο στάδιο

των σπορίων του κύκλου της ζωής, οι σπόροι εκτέθηκαν σε ακτινοβολία Χ. Ακτινοβοληµένα σπόρια τοποθετήθηκαν σε άγαρ, που είχε πολλές βιταµίνες και τα 20 αµινοξέα επιπλέον των υλικών του «απλού µέσου». Αυτό το µέσο θα αναφέρεται σαν «πλήρες µέσο». Τα σπόρια αναπτύχθηκαν και µεγάλωσαν σε νέα µούχλα, που παρήγαγε σπόρια. Μερικά από αυτά τα σπόρια τοποθετήθηκαν στο απλό µέσο και άλλα στο πλήρες, όπως δείχνει η εικόνα 9-Γ-1. Στο πλήρες µέσο µεγάλωσαν όλα τα σπόρια, αλλά στο απλό µέσο µερικά σπέρµατα δεν µεγάλωσαν.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

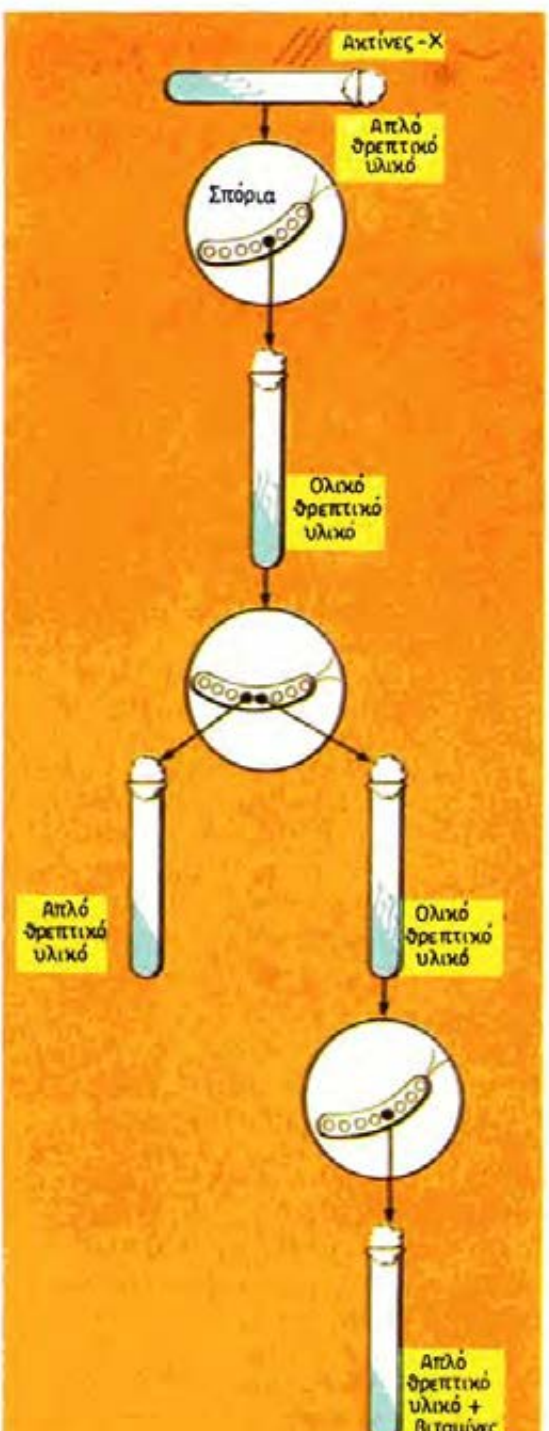
1. Ποιο από τα παρακάτω περιγράφει καλύτερα τα αποτελέσµατα του πρώτου πειράµατος µε τη *Νευρόσπορα;*
   (α) Οι ακτίνες Χ σκοτώνουν τα σπόρια της *Νευρόσπορας.*
   (β) Οι ακτίνες Χ άλλαξαν κάτι στα σπόρια που παρενέβη µε τη σύνθεση των βιταµινών.
   (γ) Οι ακτίνες Χ άλλαξαν κάτι στα σπόρια, που παρενέβη µε τη σύνθεση των αµινοξέων.
   (δ) Οι ακτίνες Χ άλλαξαν κάτι στα σπόρια που παρενέβη µε τη σύνθεση των βιταµινών ή των αµινοξέων ή και των δύο.
2. Ποιο πείραµα θα ήταν απαραίτητο τώρα, για να καθορίσετε τι είδους αλλαγές έκαναν οι ακτίνες Χ;

Πείραµα 2

Σπόρια από *Νευρόσπορα* που δεν µεγάλωσαν σε απλό µέσο αλλά σε σύνθετο τοποθετήθηκαν σε άγαρ, που περιείχε όλες τις βιταµίνες αλλά όχι αµινοξέα. Αυτό παρουσιάζεται στο κάτω µέρος της εικόνας 9-Γ-1. Τα σπόρια δεν µεγάλωσαν.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Ποια από τις επιλογές στην ερώτηση 1 της συζητήσεως του πειράµατος 1 περιγράφει τώρα πληρέστερα την επίδραση των ακτίνων Χ στη *Νευρόσπορα;*
2. Προτείνετε το επόµενο στάδιο στο πείραµα εφόσον τώρα γνωρίζετε ότι τα ακτινοβοληµένα σπόρια µεγαλώνουν σε απλό µέσο µε



Εικόνα 9-Γ-3 *Απαιτήσεις για επιβίωση για σπόρια Νευρόσπορας µετά από ακτινοβόληση.*

αμινοξέα και βιταμίνες αλλά όχι σε απλό μέσο με βιταμίνες μόνο.

Πείραμα 3

Οι Μπηντλ και Τάτουμ αποφάνθηκαν ότι οι ακτίνες Χ είχαν αλλάξει ή μεταλλάξει στη *Νευρόσπορα*, ώστε τα σπόρια να μη μεγαλώνουν πια χωρίς εξωτερική παροχή αμινοξέων. Περαιτέρω πειράματα έδειξαν ότι τα ακτινοβολημένα σπόρια μεγάλωναν σε απλό μέσο στο οποίο είχαν προστεθεί και τα 20 αμινοξέα.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Υπάρχει κάποιος τρόπος να μάθομε από αυτά τα πειράματα, αν απαιτούνται όλα τα αμινοξέα;
2. Περιγράψτε το είδος του πειράματος που θα καθόριζε, αν ορισμένα αμινοξέα επαρκούν για την ανάπτυξη των ακτινοβολημένων σπορίων.

Πείραμα 4

Ετοιμάσθηκαν 20 δοκιμαστικοί σωλήνες, ο καθένας με απλό μέσο και διαφορετικό αμινοξύ. Οι 19 δοκιμαστικοί σωλήνες δεν έδειξαν τίποτα. Στον ένα το αμινοξύ που είχε προστεθεί στο απλό μέσο ήταν η αργινίνη. Σ' αυτόν το σωλήνα παρατηρήθηκε αύξηση.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Περιγράψτε τώρα την επίδραση των ακτίνων Χ στα σπόρια της *Νευρόσπορας*, αλλά πιο ειδικά απ' ό,τι κάνατε προηγουμένως.

Πείραμα 5

Οι Μπηντλ και Τάτουμ ανακάλυψαν ότι μερικά από τα ακτινοβολημένα σπόρια που απαιτούσαν αργινίνη, μπορούσαν να μεγαλώσουν, εάν είχαν προστεθεί ουσίες παρόμοιες με την αργινίνη. Πράγματι ανακάλυψαν τρεις τρόπους, για να μεγαλώσουν μερικά από τα μεταλλαγμένα σπόρια (πρόσθεσαν ορνιθίνη, κιτρουλίνη ή αργινίνη) και δύο τρόπους για να μεγαλώσουν άλλες μεταλλάξεις (πρόσθεσαν κιτρουλίνη ή αργινίνη). Μερικά σπόρια πολλαπλασιάσθηκαν μόνο όταν πρόσθεσαν αργινίνη στο απλό μέσο.

Τον πρώτο από τους τύπους που αυξήθηκε με προσθήκη οποιασδήποτε από τις τρεις ουσίες, τον ονόμασαν τύπο Ι. Το δεύτερο που απαιτούσε είτε κιτρουλίνη είτε αργινίνη ήταν ο τύπος ΙΙ και μεταλλάξεις που μεγαλώνουν μόνο με αργινίνη ήταν ο τύπος ΙΙΙ (βλ. εικόνα 9-Γ-2). Η μοριακή δομή αυτών των τριών ουσιών είναι αρκετά όμοια όπως βλέπετε και στην εικόνα 9-6.



Εικόνα 9-Γ-2 *Απομόνωση τριών μεταλλάξεων της Νευρόσπορας που αναπτύχθηκαν σε απλό θρεπτικό υλικό στο οποίο προστέθηκαν διάφορα αμινοξέα.*

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Αν προσθέταμε ορνιθίνη στο απλό θρεπτικό υλικό και σπόρια της μεταλλάξεως του τύπου 3 τι αποτελέσματα θα περιμένατε;
2. Τι θα περιμένατε να δείτε αν προσθέταμε μετάλλαξη του τύπου 2 ή του τύπου 1;
3. Ποια χημική ουσία χρειάζεται η μετάλλαξη του τύπου 2 για να συνθέσει την αργινίνη της;
4. Ποια χημική ουσία χρειάζεται η μετάλλαξη του τύπου 1 για να συνθέσει την κιτρουλίνη και την αργινίνη της;
5. Στην εικόνα 9-6 ποιο μόριο είναι το πιο πολύπλοκο; Ποιο είναι το πιο απλό;
6. Ποιοι μετασχηματισμοί είναι απαραίτητοι για να μετατραπεί η ορνιθίνη σε κιτρουλίνη και η κιτρουλίνη σε αργινίνη;
7. Οι χημικές αλλαγές που συζητήθηκαν στην 6η ερώτηση συμβαίνουν φυσιολογικά, όμως θα απαιτούσαν πολύ χρόνο. Ποιες ενώσεις προκαλούν τέτοιες αλλαγές με γρήγορο ρυθμό μέσα στα κύτταρα;
8. Ποιες από τις παρακάτω υποθέσεις φαίνονται περισσότερο λογικές;
   (α) Το DNA κωδικοποιεί άμεσα τη σύνθεση της αργινίνης.
   (β) Το DNA κωδικοποιεί και κατευθύνει τη σύνθεση ενζύμων, τα οποία με τη σειρά τους κατευθύνουν το σχηματισμό της αργινίνης.
9. Φαίνεται ότι κάποια χημική ένωση στο θρεπτικό υλικό μετατρέπεται σε ορνιθίνη με τη βοήθεια ενός ειδικού ενζύμου. Η ορνιθίνη κατόπιν μετατρέπεται σε αργινίνη από ένα άλλο ένζυμο. Τα διαφορετικά αυτά ένζυμα υπάρχουν γιατί κωδικοποιούνται από το DNA. Προτείνετε μερικές υποθέσεις αναφορικά με την επίδραση των ακτίνων Χ οι οποίες δημιούργησαν τα διάφορα μεταλλαγμένα είδη της *Νευρόσπορας*.
   Πρόταση: Αναρωτηθείτε σε ποιο σημείο της μοριακής δομής συνέβη η μετάλλαξη. Τι επηρεάστηκε από τις ακτίνες Χ;

Πειραματα για το κεφαλαιο 10

Η κυτταρική θεωρία

10-Α
Ποια είναι η σχέση μεταξύ διαχύσεως και μεγέθους κυττάρου;

Όταν τα κύτταρα φθάσουν σε ορισμένο μέγεθος, ο ρυθμός αναπτύξεώς τους επιβραδύνεται, έως ότου παύσουν να αναπτύσσονται τελείως. Έχουν φθάσει στο οριακό τους μέγεθος. Όταν ένα από αυτά τα μεγαλύτερα κύτταρα διαιρείται σε δύο μικρότερα, ο ρυθμός αναπτύξεως αυξάνει πάλι. Στην πειραματική αυτή εργασία θα διερευνήσετε τους παράγοντες που περιορίζουν το μέγεθος των κυττάρων και το ρυθμό αναπτύξεώς τους.

Για τις δραστηριότητες και των κυττάρων απαιτούνται υλικά, που πρέπει κατά κάποιο τρόπο να εισέλθουν στα κύτταρα. Ταυτόχρονα άχρηστα υλικά πρέπει να απομακρυνθούν από τα κύτταρα. Φαίνεται επίσης λογικό ότι όσο μεγαλύτερο είναι ένα κύτταρο τόσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια για τη δίοδο των υλικών σ' αυτό. Αλλά επίσης τόσο μεγαλύτερος είναι και ο όγκος του κυττάρου. Ο μεγαλύτερος αυτός όγκος αυξάνει τις ανάγκες του κυττάρου για υλικά που πρέπει να διέλθουν μέσω της επιφάνειάς του. Ποια είναι η σχέση μεταξύ της επιφάνειας και του όγκου ενός κυττάρου; Πώς η σχέση αυτή επιδρά στο ρυθμό διαχύσεως υλικών προς τα μέσα και τα έξω του κυττάρου; Μετά από τα πειράματα και τους υπολογισμούς που θα κάνετε, θα είσθε σε θέση να απαντήσετε στις ερωτήσεις αυτές.

ΥΛΙΚΑ

3 κύβοι από 3% αγαρ-φαινολοφθαλεΐνη (1 εκ., 2 εκ., 3 εκ. ακμής), κανόνας μετρήσεως, 100 ml 4% διαλύματος υδροχλωρικού οξέος (HCl), ποτήρι ζέσεως 250 ml, πλαστικό κουτάλι, πλαστικό μαχαίρι, χαρτοπετσέτες.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Μετρήστε κάθε κύβο από άγαρ και κόψτε τον ακριβώς στις σωστές διαστάσεις του 1 cm, 2 cm και 3 cm.
2. Τοποθετήστε τους κύβους από άγαρ στο ποτήρι ζέσεως και προσθέστε το υδροχλωρικό οξύ, έως ότου οι κύβοι έχουν καλυφθεί. Καταχωρήστε το χρόνο. Αναποδογυρίζετε συχνά τους κύβους για τα επόμενα 10 λεπτά.
3. Ετοιμάστε ένα πίνακα, όπως ο πίνακας 10-Α-1 και προβείτε στους απαραίτητους υπολογισμούς, για να τον συμπληρώσετε.

επιφάνεια κύβου =
= ύψος × πλάτος × αριθμό επιφανειών

όγκος κύβου = ύψος × πλάτος × μήκος

σχέση επιφάνειας προς όγκο =

$$\frac{\text{επιφάνεια}}{\text{όγκος}}$$

Η σχέση αυτή είναι δυνατό να αποδοθεί επίσης ως: «επιφάνεια: όγκος». Η σχέση πρέπει να αναγραφεί μετά από απλοποίηση. Γι' αυτό διαιρούμε τους δύο όρους με το δεύτερο όρο.

Παράδειγμα: Η επιφάνεια του κύβου προσδιορίζεται ότι είναι 24 cm^2. Ο όγκος υπολογίζεται ότι είναι 8 cm^3. Η σχέση επιφάνειας προς όγκο είναι 24/8 ή 3/1 ή 3:1.

4. Μετά από 10 λεπτά αφαιρέστε τους κύβους από άγαρ από το υδροχλωρικό οξύ και στεγνώστε τους. Αποφύγετε να αγγίζετε τους κύβους, έως ότου τους στεγνώσετε. Αν θέλετε, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το πλαστικό μαχαίρι, για να κόψετε κάθε κύβο στη μέση. Καταχωρήστε τις παρατηρήσεις σας για την επιφάνεια τομής. Ή καταχωρήστε τις παρατηρήσεις σας από απευθείας μετρήσεις στο εξωτερικό κάθε κύβου. Μετρήστε το βάθος διαχύσεως του υδροχλωρικού οξέος σε εκατοστά.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Καταχωρήστε τους κύβους από άγαρ κατά τάξη μεγέθους από τον μεγαλύτερο προς τον μικρότερο. Καταχωρήστε τους κατά τάξη σχέσεως επιφάνειας προς όγκο. Από τη μεγαλύτερη προς τη μικρότερη σχέση. Πώς συγκρίνονται οι δύο αυτοί τρόποι καταχωρήσεως;
2. Υπολογίστε τη σχέση επιφάνειας προς όγκο για ένα κύβο ακμής 0,01 εκ.
3. Ποιος έχει τη μεγαλύτερη επιφάνεια: Ένας κύβος ακμής 3 εκ. ή ένας μικροσκοπικός κύβος μεγέθους ενός κυττάρου από χιτώνα κρεμμυδιού; (Υποθέστε ότι το κύτταρο έχει ακμή 0,01 εκ.). Ποιος από τους δύο κύβους έχει τη μεγαλύτερη επιφάνεια σε αναλογία με τον όγκο του;
4. Τι ενδείξεις υπάρχουν ότι το υδρσχλωρικό οξύ διαχέεται μέσα σε ένα κύβο από άγαρ; Τι ενδείξεις υπάρχσυν ότι ο ρυθμός διαχύσεως είναι περίπου ο ίδιος σε κάθε κύβο; Εξηγήστε.

Διαστάσεις κύβου	Επιφάνεια	Όγκος	Απλοποιημένη σχέση
3 cm / ακμή			
2 cm / ακμή			
1 cm / ακμή			
0,01 cm / ακμή			

Πίνακας 10-Α-1 Πίνακας δεδομένων από μετρήσεις κύβων από άγαρ και οι σχέσεις επιφάνειας προς όγκο.

5. Αν οι κύβοι από άγαρ ήταν ζωντανά κύτταρα και το υδροχλωρικό οξύ ένα απαραίτητο υλικό, ποιος κύβος θα είχε την πιο αποδοτική σχέση επιφάνειας προς όγκο;
6. Τι συμβαίνει στη σχέση επιφάνειας προς όγκο, καθώς μεγαλώνει το κύτταρο;
7. Όταν ένα κύτταρο κυβικού σχήματος τεμαχίζεται σε δύο ίσα τμήματα, ποια σχέση υπάρχει μεταξύ του όγκου κάθε μικρότερου κυττάρου σε σύγκριση με το ένα μεγαλύτερο κύτταρο; Η μεταβολή της σχέσεως ως προς τις επιφάνειες είναι ίδια; Εξηγήστε.
8. Προτείνετε μία υπόθεση, που να ανταποκρίνεται στις ακόλουθες ερωτήσεις. Γιατί οι μεγαλύτεροι οργανισμοί αναπτύχθηκαν έχοντας περισσότερα κύτταρα αντί για μεγαλύτερα κύτταρα; Πώς επηρεάζει, την ικανότητα απορροφήσεως υλικών ζωτικών για την επιβίωση του κυττάρου, κάθε κυτταρική διαίρεση;

10-Β
Ποιες είναι οι δραστηριότητες του πυρήνα του κυττάρου που προηγούνται της διαιρέσεως ενός κυττάρου σε δύο κύτταρα;

Για τη μελέτη της κυτταρικής διαιρέσεως θα εξετάσετε ομάδες κυττάρων, που έχουν συντηρηθεί και χρωσθεί. Οι δομές του πυρήνα τους θα είναι ορατές με συνηθισμένο μικροσκόπιο. Ορισμένα από τα κύτταρα που θα παρατηρήσετε βρίσκονται σε πρώιμα στάδια κυτταρικής διαιρέσεως, άλλα σε πιο προχωρημένα στάδια και άλλα στο μεταξύ δύο κυτταρικών διαιρέσεων στάδιο. Τα στάδια της κυτταρικής διαιρέσεως έχουν προσδιοριστεί με μακροχρόνιες και επίπονες παρατηρήσεις παρομοίων μικροσκοπικών παρασκευασμάτων. Είναι όμως πολύ δύσκολο από παρασκευάσματα, όπως αυτά, να εντοπίσετε ποια στάδια προηγούνται και ποια έπονται. Αυτό να το θυμάσθε όπως θα διαρθρώνετε από μόνος σας την αλληλουχία των σταδίων, που θα παρατηρείτε. Ετοιμάστε τα μικροσκοπικά σας παρασκευάσματα σύμφωνα προς τις οδηγίες του καθηγητή σας ή εξετάστε έτοιμα μικροσκοπικά παρασκευάσματα διαιρουμένων κυττάρων.

ΥΛΙΚΑ

Σύνθετο μικροσκόπιο, έτοιμο μικροσκοπικό παρασκεύασμα κυττάρων ακροριζίων και έτοιμο μικροσκοπικό παρασκεύασμα εμβρυϊκών κυττάρων ζώων (*Ασκαρίδας* ή πέστροφας).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Τοποθετήστε ένα παρασκεύασμα ακροριζίων στο μικροσκόπιο και εξετάστε το κάτω από τη μικρή μεγέθυνση. Εξετάστε ολόκληρη την τομή. Παρατηρήστε ότι στα κύτταρα που βρίσκονται μακριά από την άκρη και στα κύτταρα που βρίσκονται ακριβώς στην άκρη δεν παρατηρούνται πολλές διαιρέσεις. Εντοπίστε την περιοχή των πολλαπλών διαιρέσεων μεταξύ των δύο άλλων περιοχών.
2. Περάστε στη μεγάλη μεγέθυνση όπως παρατηρείτε τα κύτταρα εστιάσεως σε διάφορα επίπεδα, ώστε να παρατηρήσετε εστιασμένες τις διάφορες δομές του κυττάρου. Εντοπίστε κύτταρα σε διάφορα στάδια διαιρέσεως. Να θυμάσθε ότι, όταν ετοιμαζόταν το παρασκευάσμα, κάθε κύτταρο θανατώθηκε σε διάφορα στάδια μιας συνεχούς διαδικασίας. Τα κύτταρα είναι δυνατό να παρομοιωθούν με ανακατεμένα πλαίσια μιας κινηματογραφικής ταινίας. Προσπαθήστε να φαντασθείτε πώς θα ανασυγκροτήσετε την ταινία. Διαβάστε πάλι το κεφάλαιο 10-4. Φτιάξτε σχέδια των διαφόρων σταδίων, όπως περιγράφονται στο κεφάλαιο 10-4, και τοποθετήστε τα στη σωστή ακολουθία. Προσδιορίστε κάθε στάδιο με την ονομασία του.
3. Εξετάστε ένα παρασκεύασμα από αναπτυσσόμενο έμβρυο *Ασκαρίδας* ή πέστροφας. Εντοπίστε ένα κύτταρο, στο οποίο τα χρωματοσώματα είναι επιμήκη και ευδιάκριτα. Προσπαθήστε να μετρήσετε τον αριθμό χρωματοσωμάτων (στα ωά της *Ασκαρίδας*. Η μέτρηση είναι εύκολη αλλά στα έμβρυα της πέστροφας είναι σχεδόν αδύνατη).
4. Εντοπίστε ένα κύτταρο, στο οποίο τα χρω-

ματοσώματα βρίσκονται στον ισημερινό της ατράκτου. Συγκρίνετε τους πόλους αυτής της ατράκτου με τους πόλους της ατράκτου στα διαιρούμενα κύτταρα που έχετε μελετήσει.

5. Εντοπίστε ένα κύτταρο, στο οποίο τα χρωματοσώματα βρίσκονται σε στάδιο διαχωρισμού και το κύτταρο έχει αρχίσει να περισφίγγεται στη μέση. Συγκρίνετε αυτόν τον τρόπο διαχωρισμού σε νέα κύτταρα με τον τρόπο που έχετε παρατηρήσει σε κύτταρα φυτών. Ποιες δομές από αυτές που παρατηρείτε σε ένα διαιρούμενο ζωικό κύτταρο βρίσκονται επίσης σε ένα διαιρούμενο φυτικό κύτταρο; Ποιες δομές παρατηρείτε, που δεν βρίσκονται σε ένα διαιρούμενο φυτικό κύτταρο;
6. Με βάση την εικόνα 10-Β-1 τοποθετήστε τα κύτταρα με αριθμό 2, 7, 9, 11, 12, 13, 16 και 33 κατά σειρά, όπως θα τα συναντούσατε, αν παρακολουθούσατε ένα κύτταρο να διέρχεται τα διαδοχικά στάδια μιτώσεως.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Σε τι μοιάζουν οι μιτώσεις στα ζώα και στα φυτά;
2. Σε τι διαφέρουν;
3. Συγκρίνετε τον αριθμό των χρωματοσωμάτων στα δύο νέα κύτταρα με τον αριθμό των χρωματοσωμάτων στο πατρικό κύτταρο.

10-Γ
Τι είδους εξειδικευμένες δομές έχουν ορισμένοι απλοί οργανισμοί που βοηθούν στην πρόσληψη τροφής;

Σε κάθε οργανισμό κάθε κύτταρο πρέπει να παίρνει ενέργεια για τις δραστηριότητές του. Όπως οι οργανισμοί εξελίσσονταν προς πολυκύτταρες μορφές, γινόταν όλο και πιο δύσκολο για κάθε ένα ξεχωριστό κύτταρο να προσλαμβάνει την τροφή του απευθείας. Γι' αυτό έπρεπε να αναπτυχθούν μέθοδοι για την προσφορά προς τα κύτταρα των απαιτουμένων για τη ζωή τους συστατικών.

Εξετάζοντας ένα αριθμό διαφορετικών οργανισμών, θα διαπιστώσετε πώς έχουν προσαρμοστεί για την προσφορά τροφής προς όλα τα κύτταρά του. Συγκρίνοντας αυτές τις μεθόδους θα είστε σε θέση να επανασυγκροτήσετε, τα διάφορα στάδια της διαδικασίας προσαρμογής.

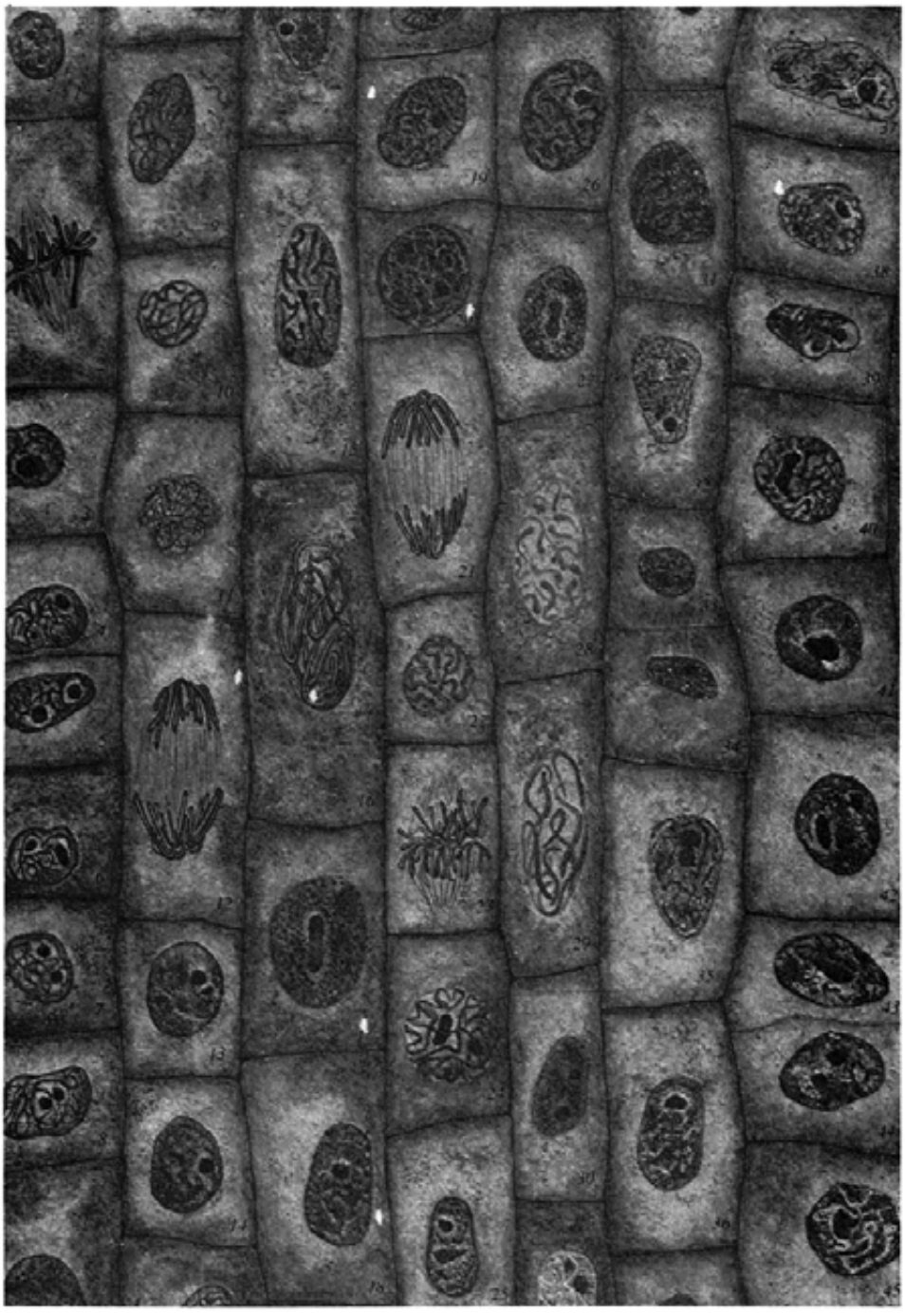
ΥΛΙΚΑ

Μικροσκόπια (σύνθετο και στερεοσκοπικό), μεθυλική κυτταρίνη, μικροσκοπικές πλάκες και καλυπτρίδες, οδοντογλυφίδες, ανατομικό ψαλίδι, καρφίτσες, ανατομικός δίσκος, κάψες, γυαλιά ρολογιού, *Παραμήκυα*, παρασκεύασμα μαγιάς και ερυθρού του Κογκό, *Ύδρα*, *Δάφνια*, πλανάρια, γεωσκώληκας, (συντηρημένος ή αναισθητοποιημένος).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Παραμήκυο

1. Τοποθετήστε ένα δακτύλιο μεθυλικής κυτταρίνης διαμέτρου περίπου 1 εκ. σε μία αντικειμενοφόρο πλάκα. Στο μέσο του δακτυλίου αυτού προσθέστε μία σταγόνα καλλιέργειας *Παραμηκύου*. Προσθέστε μία μικρή σταγόνα παρασκευάσματος μαγιάς και αναμίξτε την καλλιέργεια με μία οδοντογλυφίδα. Καλύψτε το παρασκεύασμα με μία καλυπτρίδα και παρατηρήστε πρώτα κάτω από μικρή μεγέθυνση και κατόπιν κάτω από μεγάλη.
2. Εντοπίστε κάτω από τη μεγάλη μεγέθυνση ένα *Παραμήκυο*. Συνεχίστε να το παρατηρείτε για αρκετή ώρα. Προσπαθήστε να καταλάβετε πώς παίρνει την τροφή του, ποια δομή χρησιμοποιεί γι' αυτό και πού πηγαίνει η τροφή μέσα στο κύτταρο μετά από την πέψη. Ερευνήστε για πιθανές διακινήσεις της τροφής μέσα στο κύτταρο και για πιθανές χρωματικές αλλαγές.
3. Δώστε ένα σχέδιο του *Παραμηκύου*, που να δείχνει το γενικό του σχήμα, δομή και εντοπισμό των τμημάτων προσλήψεως τροφής. Δείξτε με βέλη κάποιο πρότυπο διακινήσεως της τροφής μέσα στο κύτταρο.
4. Απαντήστε στις ερωτήσεις 1, 2, 3 και 4 της συζητήσεως.



Εικόνα 10-Β-1 *Σχεδίασμα διαιρουμένων κυττάρων σε ρίζα κρεμμυδιού, όπως φαίνεται μέσω ενός σύνθετου μικροσκοπίου. Τοποθετήστε στη σωστή ακολουθία τα κύτταρα 2, 7, 9, 11, 12, 13, 16 και 33 δείχνοντας τα στάδια της μιτώσεως.*

Ύδρα

1. Τοποθετήστε δύο ή τρεις *Ύδρες* σε ένα γυαλί ρολογιού, στην οποία έχετε προσθέσει λίγο νερό. Παρατηρήστε τις με μεγεθυντικό φακό, ή στερεοσκοπικό μικροσκόπιο, έως ότου απλώσουν και χαλαρώσουν.
2. Με ένα σταγονόμετρο προσθέστε αρκετές ζωντανές *Δάφνιες* στο νερό γύρω από τις *Ύδρες*. Παρατηρήστε για αρκετά λεπτά τις διαδικασίες προσλήψεως τροφής.
3. Σχεδιάστε *Ύδρες* πριν, κατά και μετά τις διαδικασίες προσλήψεως τροφής.
4. Διατηρήστε τα δοχεία με τις *Ύδρες* και παρατηρήστε τις πάλι την επόμενη μέρα.
5. Απαντήστε στις ερωτήσεις 5, 6 και 7 της συζητήσεως.

Πλανάρια

1. Τοποθετήστε μία πλανάρια σε ένα γυαλί ρολογιού με λίγο νερό. Παρατηρήστε με ένα μεγεθυντινό φακό ή στερεσκοπικό μικροσκόπιο. Μη χρησιμοποιείτε ισχυρό φωτισμό κατά τη διάρκεια των παρατηρήσεων αυτών. Με μία οδοντογλυφίδα αναποδογυρίστε την πλανάρια και παρατηρήστε την κοιλιακή επιφάνεια. Σχεδιάστε την εμφάνιση και των δύο πλευρών.
2. Πάρτε μία άλλη πλανάρια, η οποία έχει μόλις προσλάβει ως τροφή κρόκο βρασμένου αυγού. Παρατηρήστε την πλανάρια αυτή, όπως και κατά το στάδιο 1. Προσθέστε κάθε νέα παρατήρηση στο προηγούμενο σχέδιό σας.
2. Απαντήστε στις ερωτήσεις 8, 9 και 10.

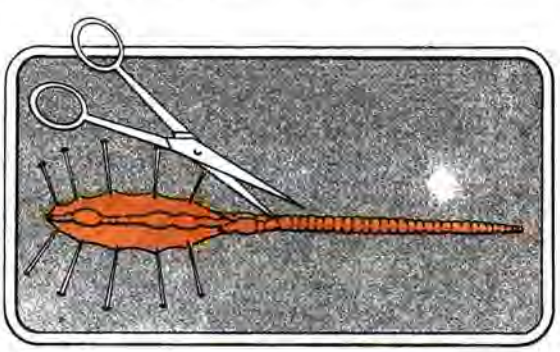
Γεωσκώληκας

1. Τοποθετήστε ένα συντηρημένο ή αναισθητοποιημένο γεωσκώληκα στην παραφίνη του πυθμένα ενός ανατομικού δίσκου. Τοποθετήστε τον έτσι, ώστε το επίσαγμα (η ανοικτόχρωμη ζώνη γύρω από το σώμα του σκώληκα) να είναι στο επάνω μέρος. Ο γεωσκώληκας είναι τώρα στη σωστή θέση. Στηρίξτε με καρφίτσες τα δύο άκρα στην παραφίνη. Με το ψαλίδι κάντε μία κατά μήκος τομή του δέρματος και της μυικής στρώσεως κατά μήκος ολόκληρου του σώματος. Παρατηρήστε την εικόνα 10-Γ-1. Χρησιμοποιήστε μόνο τη μύτη του ψαλιδιού, ώστε να μην κόψετε εσωτερικά όργανα ή αιμοφόρα αγγεία. Χρησιμοποιήστε τη μύτη του ψαλιδιού, για να κόψετε κατά μήκος των πλευρών του «εσωτερικού σωλήνα» και να ελευθερώσετε το δέρμα και τους μύες, ώστε να είναι δυνατόν να ανοίξουν και να στερεωθούν στην παραφίνη.
2. Παρατηρήστε τις δομές και τα όργανα, που νομίζετε ότι αποτελούν μέρος των συστημάτων προσλήψεως, πέψεως και διανομής της τροφής.
3. Απαντήστε στις ερωτήσεις 11, 12, 13 και 14 της συζητήσεως.

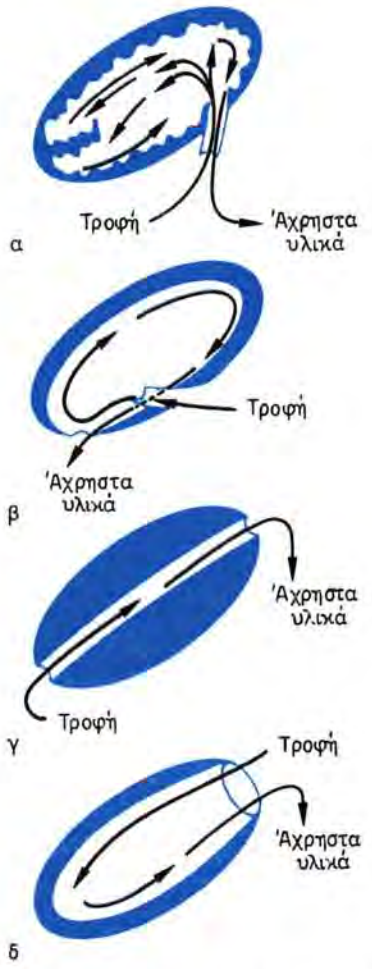
ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Υπάρχει στο *Παραμήκυο* ειδική είσοδος για την τροφή ή η τροφή εισέρχεται από κάθε σημείο;
2. Περιγράψτε τις εξειδικευμένες δομές του *Παραμηκύου* για την πρόσληψη τροφής.
3. Ποια φάση της πέψεως δείχνει η αλλαγή του χρώματος στα υπό πέψη κύτταρα της μαγιάς;
4. Περιγράψτε το γενικό σχέδιο διακινήσεως της τροφής κατά τη διάρκεια της πέψεως.
5. Υπάρχει στην *Ύδρα* ειδική θέση για την είσοδο της τροφής;

Εικόνα 10-Γ-1 *Διάταξη για την ανατομία και την ακινητοποίηση του γεωσκώληκα.*



6. Περιγράψτε τις εξειδικευμένες δομές της *Ύδρας*, που παίρνουν μέρος στην πρόσληψη της τροφής.
7. Τι συμβαίνει σε αντικείμενα που προσλαμβάνονται αλλά δεν είναι δυνατόν να χωνευθούν;
8. Υπάρχει στην πλανάρια ειδική θέση για την πρόσληψη της τροφής;
9. Από τις παρατηρήσεις σας, πού υπάρχει πιο προχωρημένο πεπτικό σύστημα, στην πλανάρια ή στην *Ύδρα;*
10. Ποιες είναι οι δύο βασικές διαδικασίες που επιτελούνται από τον τύπο του συστήματος που έχει η πλανάρια;
11. Υπάρχει στο γεωσκώληκα ειδική θέση για την πρόσληψη της τροφής;
12. Σε τι διαφέρει σε γενικές γραμμές η είσοδος και διακίνηση της τροφής στο γεωσκώληκα από τα αντίστοιχα στην *Ύδρα* και στην πλανάρια;
13. Ποιο σύστημα παρατηρείται στο γεωσκώληκα που δεν απαιτείται στο *Παραμήκυο*, την *Ύδρα* και την πλανάρια;
14. Η εικόνα 10-Γ-2 δείχνει τέσσερις γενικούς τρόπους πεπτικών οδών. Αντιστοιχίστε κάθε ένα από τους τέσσερις οργανισμούς που μελετήσατε με την εικόνα που βρίσκεται πλησιέστερα προς το πεπτικό του σύστημα. Περιγράψτε μερικές προσαρμογές στην πρόσληψη της τροφής που παρουσιάσθηκαν εξελικτικώς, καθώς οι οργανισμοί γίνονται μεγαλύτεροι και πλέον περίπλοκοι.



Εικόνα 10-Γ-2 *Κάθε μία από τις πεπτικές αυτές οδούς μοιάζει με εκείνη ενός οργανισμού που μελετήσατε.*

Πειραματα για το κεφαλαιο 11

Αναπαραγωγή

11-Α
Αναπαραγωγή ανθοφόρων φυτών

Αν έχετε ποτέ παρατηρήσει άνθη αγροστωδών, βαλανιδιάς, πλατάνου ή αγριοχόρτων, θα έχετε καταλάβει ότι τα άνθη δεν είναι πάντοτε ούτε όμορφα ούτε εντυπωσιακά. Για την ακρίβεια τα άνθη των διαφόρων φυτών διαφέρουν σημαντικά ως προς τη δομή τους. Η κοινή όμως λειτουργία τους είναι πάντοτε η ίδια: η εγγενής αναπαραγωγή των φυτών.

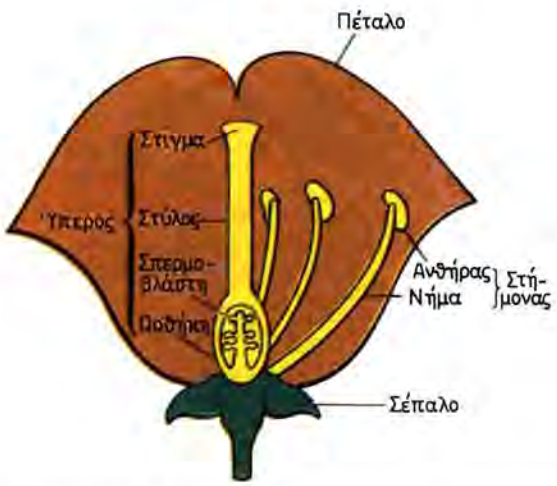
Στην πειραματική αυτή εργασία θα μελετήσετε τη δομή ενός άνθους και θα παρατηρήσετε πώς είναι προσαρμοσμένο στη λειτουργία του.

ΥΛΙΚΑ

Άνθη, ανατομικό εγχειρίδιο ή ξυραφάκι, αντικειμενοφόροι πλάκες και καλυπτρίδες, μεγεθυντικός φακός ή στερεοσκοπικό μικροσκόπιο.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Εξετάστε το άνθος προσεκτικά. Συγκρίνετέ το προς το διάγραμμα της εικόνας 11-Α-1 και προσδιορίστε τα διάφορα τμήματα. Σε ποια σημεία το άνθος που εξετάζετε είναι όμοιο προς το διάγραμμα και σε ποια διαφέρει;
2. Απομακρύνετε πρώτα τα ***σέπαλα*** και κατόπιν τα ***πέταλα.*** Τι σημασία έχουν οι δομές αυτές για τη λειτουργία του άνθους;
3. Οι ***στήμονες*** είναι τα μέρη του άνθους που παράγουν τη γύρη. Αν ο ***ανθήρας*** είναι ώριμος, είναι δυνατό να ρίξετε λίγη γύρη σε μία σταγόνα νερό σε μία αντικειμενοφόρο και να την εξετάσετε κάτω από τη μεγάλη μεγέθυνση του μικροσκοπίου. Συγκρίνετε το σχήμα και το μέγεθος των γυρεοσκόπων από διάφορα είδη ανθέων. Σχεδιάστε μερικούς από τους γυρεόκοκκους, όπως φαίνονται κάτω από τη μεγάλη μεγέθυνση.
4. Αποκόψτε τον ***ύπερο*** ή τους ύπερους. Εξετάστε με μεγεθυντικό φακό ή στερεοσκοπικό μικροσκόπιο για να διαπιστώσετε αν υπάρχουν γυρεόκοκκοι επάνω του. Ποια είναι η ειδική προσαρμογή του στίγματος, για να συγκρατεί τους γυρεόκοκκους που επικάθονται σ' αυτό;
5. Εντοπίστε την ***ωοθήκη,*** δηλαδή το διογκωμένο μέρος του υπέρου. Κόψτε προσεκτικά κατά μήκος την ωοθήκη, για να παρατηρήσετε το εσωτερικό της. Οι σπερμοβλάστες μέσα στην ωοθήκη είναι άωρα σπέρματα. Προσδιορίστε, αν το άνθος αυτό παράγει ένα απλό σπέρμα (όπως η ροδακινιά) ή αρκετά σπέρματα (όπως η αχλαδιά), ή πάρα πολλά μαζί.



Εικόνα 11-Α-1 *Διάγραμμα των τμημάτων του άνθους.*

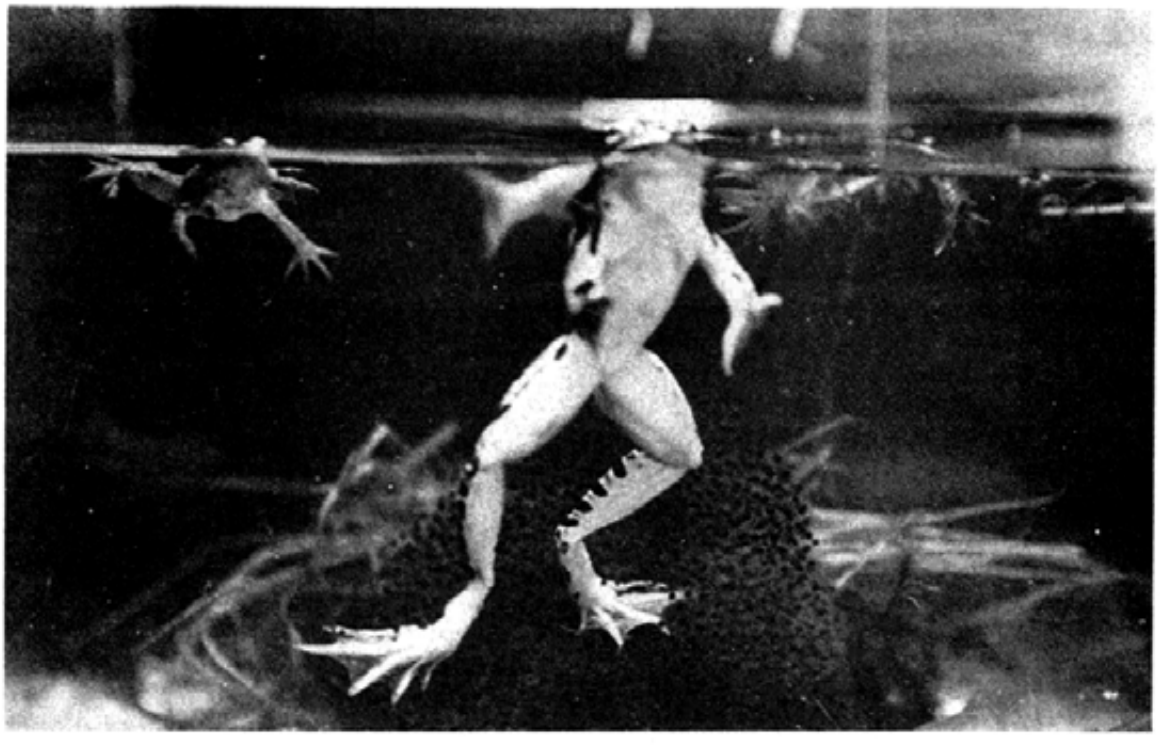
6. Αν ο χρόνος και τα υλικά επιτρέπουν, εξετάστε και άλλα είδη ανθέων. Συγκρίνετε τον αριθμό των διαφόρων τμημάτων και τον τρόπο, με τον οποίο τα διάφορα αυτά τμήματα είναι διαταγμένα το ένα ως προς το άλλο. Τα χαρακτηριστικά αυτά έχουν μεγάλη σημασία για τη συστηματική κατάταξη των ανθοφόρων φυτών.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Ετοιμάστε μία σύντομη περιγραφή του άνθους και σχεδιάστε το, για να συμπληρώσετε την περιγραφή σας.
2. Περιγράψτε πώς τα τμήματα του άνθους εμπλέκονται στην εγγενή αναπαραγωγή και παραγωγή σπερμάτων.

11-Β
Τι ρυθμίζει το χρονοδιάγραμμα αποθέσεως ωαρίων στα θήλεα άτομα βατράχων;

Τα θήλεα άτομα βατράχων παράγουν ωάρια κατά τους πρώτους μήνες της ανοίξεως, αλλά τα ωάρια αυτά παραμένουν στις ωοθήκες τους έως την επόμενη άνοιξη. Τότε τα ωάρια αποθέτονται. Τι είναι εκείνο στο εσωτερικό ή στο εξωτερικό περιβάλλον του βατράχου που επηρεάζει τη συμπεριφορά του και προκαλεί την απόθεση των ωαρίων σε



Εικόνα 11-Β-1 *Οι χιλιάδες ωαρίων που φαίνονται αποτέθηκαν από ένα μόνο θήλυ άτομο βατράχου.*

ορισμένη χρονική περίοδο κάθε χρόνο; Η ερώτηση αυτή και άλλες θα διερευνηθούν κατά την πειραματική αυτή εργασία.

ΥΛΙΚΑ

2 ζωντανά θήλεα άτομα βατράχου, 1 ζωντανό άρρεν άτομο βατράχου, υποδερμική σύριγγα των 5 cc με μικρή βελόνα (No 18 ή No 19), 80 ml διάλυμα Holtfreter, ανατομικά εργαλεία, ανατομικός δίσκος, 2 μεγάλα δοχεία (για τους βατράχους), τουλπάνι και χοντρά λαστιχάκια, 4 τριβλία καλλιέργειας (περίπου 10 εκ. σε διάμετρο), γυάλινη ράβδος, 2 cc παρασκεύασμα υποφύσεως, διαφανές πλαστικό περιτυλίγματος.

α. Τι προκαλεί την απόθεση ωαρίων από τα θήλεα άτομα βατράχου σε ορισμένη χρονική περίοδο;

Δύο παρατηρήσεις είναι εμφανείς, καθώς πλησιάζει η χρονική περίοδος αποθέσεως ωαρίων από το βάτραχο. Το πρώτο είναι ότι τα άρρενα και θήλεα άτομα βατράχου εμφανίζονται μαζί στην ίδια περιοχή και το δεύτερο είναι ότι αυξάνει η συγκέντρωση υποφυσιακής ορμόνης στο αίμα των θηλέων ατόμων. Όσον αφορά στα θήλεα άτομα του βατράχου, η άνοδος της θερμοκρασίας στον αέρα και στο νερό κατά την άνοιξη καθώς και η παρουσία των αρρένων βατράχων αποτελούν μέρος του εξωτερικού περιβάλλοντος, ενώ η αύξηση υποφυσιακής ορμόνης στο αίμα αποτελεί αλλαγή του εσωτερικού του περιβάλλοντος. Ποια από τις αλλαγές αυτές έχει μεγαλύτερη σημασία για την αναπαραγωγική λειτουργία των θηλέων βατράχων;

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Ενέσατε 2 cc απεσταγμένου νερού κάτω από το δέρμα του κατώτερου κοιλιακού τμήματος σε ένα από τα θήλεα άτομα βατράχου. Προσέξτε να μην τρυπήσετε τα εσωτερικά όργανα. Τοποθετήστε το μαζί με το άρρεν άτομο σε ένα μεγάλο δοχείο.

Κλείστε το άνοιγμα του δοχείου με τουλπάνι στερεωμένο καλά με λαστιχάκια. Τοποθετήστε το δοχείο σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον με θερμοκρασία και φως όσο το δυνατόν πιο όμοια προς τα αντίστοιχα της ανοίξεως.

2. Ενέσατε 2 cc παρασκευάσματος υποφύσεως κάτω από το δέρμα του κατώτερου κοιλιακού τμήματος του άλλου θήλεος ατόμου βατράχου. Τοποθετήστε το σε ένα άλλο δοχείο, καλύψτε το άνοιγμα με τουλπάνι και τοποθετήστε το στο ίδιο περιβάλλον, όπως και το προηγούμενο δοχείο. Σημαδέψτε τα δοχεία.
3. Μετά από 24 ή 48 ώρες πάρτε τα θήλεα άτομα βατράχου από τα δοχεία και ελέγξτε, αν είναι έτοιμα να αποθέσουν ωάρια. Για να το κάνετε αυτό, κρατήστε το βάτραχο με το ένα χέρι με τη ράχη στην παλάμη. Ανοίξτε τα πόδια του βατράχου με το άλλο πιέζοντας ελαφρά την κοιλιά. Αρχίστε την πίεση με το πρώτο δάκτυλο ακριβώς κάτω από τα πρόσθια πόδια και προχωρήστε προς τα κάτω με τα υπόλοιπα δάκτυλα. Αυτό το «άρμεγμα» θα εξωθήσει τα ωάρια έξω από το βάτραχο, αν βρίσκεται σε περίοδο εναποθέσεως ωαρίων. Αν η πειραματική δοκιμασία δεν έχει προωθήσει την ωρίμανσή του για απόθεση ωαρίων, τότε δεν θα πάρετε ωάρια με την τεχνική αυτή. (Μην πληγώσετε το βάτραχο πιέζοντας σκληρά). Αν εμφανισθούν ωάρια, σταματήστε το «άρμεγμα», έως ότου είσθε έτοιμοι να συλλέξετε μεγάλο αριθμό ωαρίων. Αν δεν εμφανισθούν ωάρια στους δύο βατράχους, τοποθετήστε τους πάλι στις θέσεις τους και δοκιμάστε μετά από 24 ώρες.

β. Είναι απαραίτητη η άμεση γονιμοποίηση για τη φυσιολογική εμβρυονική ανάπτυξη του βατράχου;

Η φυσιολογική αναπαραγωγική διαδικασία περιλαμβάνει άμεση γονιμοποίηση των ωαρίων από το άρρεν άτομο βατράχου, αμέσως μόλις έχουν αποτεθεί από το θήλυ άτομο. Θα πραγματοποιηθεί γονιμοποίηση και ανάπτυξη, αν τα ωάρια και το σπέρμα αναμιχθούν 5 ή 10 λεπτά μετά την απόθεση των ωαρίων;

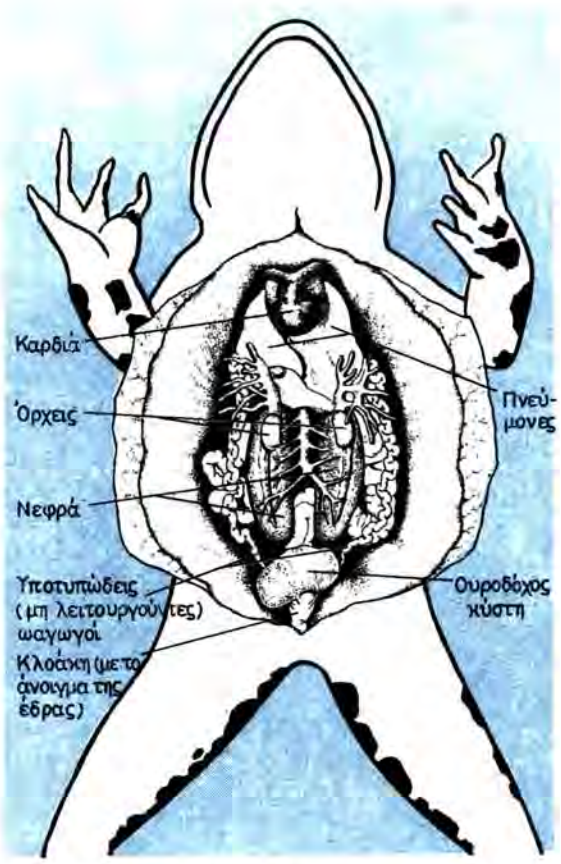
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αρχίστε μόνο όταν υπάρχουν ωάρια βατράχου.

1. Πραγματοποιήστε την επέμβαση διπλής απομυελώσεως στο άρρεν άτομο του βατράχου (την τεχνική της επεμβάσεως αυτής θα σας τη διδάξει ο καθηγητής σας ή θα την κάνει ο ίδιος). Ανοίξτε τη σωματική κοιλότητα του άρρενος ατόμου εισάγοντας το ψαλίδι μέσα στο δέρμα και το μυικό τοίχωμα της κατώτερης περιοχής της κοιλιάς και κάντε μία τομή έως το σημείο μεταξύ των προσθίων ποδιών. Κάντε πλευρικές τομές στα δύο άκρα της πρώτης τομής, ώστε να είναι δυνατό να ανοίξετε τα πλευρικά τοιχώματα και να αποκαλύψετε τα εσωτερικά όργανα της σωματικής κοιλότητας. Στερεώστε με καρφίτσες τα τοιχώματα του δέρματος και τα μυικά τοιχώματα, ανοικτά στον πυθμένα του ανατομικού δίσκου, ώστε να είναι ορατά τα εσωτερικά όργανα.
2. Εντοπίστε τους όρχεις σπρώχνοντας προς το πλάι το στόμαχο και τα έντερα. Οι όρχεις είναι μικροί κίτρινοι, σχήματος φασολιού, και ευρίσκονται στο οπίσθιο τοίχωμα της σωματικής κοιλότητας (εικόνα 11-Β-2).
3. Με τη μύτη του ψαλιδιού αποκόψτε τους όρχεις και βγάλτε τους από το σώμα του βατράχου. Τοποθετήστε τους σε ελάχιστη ποσότητα διαλύματος Holtfreter 10% στον πυθμένα ενός τρυβλίου καλλιέργειας. Σημαδέψτε το τρυβλίο αυτό με Μ. Με το ανατομικό εγχειρίδιο ή το ψαλίδι τεμαχίστε τους όρχεις σε μικρά τεμάχια και κατόπιν λιώστε τα τεμάχια με το πλοτύ άκρο της γυάλινης ράβδου. Προσθέστε 20 ml διαλύματος Holtfreter 10%. Σημειώστε το χρόνο προσθήκης του διαλύματος Holtfreter.
4. Παρατηρήστε σταγόνες του εναιωρήματος σπέρματος κάτω από τη μεγάλη μεγέθυνση του μικροσκοπίου σας. Παρατηρήστε τυχόν κίνηση των σπερματοζωαρίων. Παρατηρήστε μία σταγόνα του σπέρματος αμέσως μόλις ετοιμάσθηκε το εναιώρημα και 10 λεπτά αργότερα.
5. Προσθέστε 20 ml διαλύματος Holtfreter 10% σε τρία άλλα τρυβλία. Σημαδέψτε τα Α, Β και Γ.
6. Περίπου 10 λεπτά μετά από το λιώσιμο των όρχεων προσθέστε το ένα τρίτο περί-

που του τρυβλίου Μ στο τρυβλίο Α. «Αρμέξτε» μέρος των ωαρίων από το θήλυ άτομο βατράχου απευθείας στο τρυβλίο Α. Μεταφέρετε το βάτραχο σε διάφορες θέσεις επάνω από το τρυβλίο, ώστε τα ωάρια να μην πέσουν όλα σε μία θέση. Μεταφέρετε το βάτραχο επάνω από το τρυβλίο Β, που περιέχει το διάλυμα Holtfreter, και συνεχίστε την εναπόθεση των ωαρίων. Σημειώστε το χρόνο. Συνεχίστε στο τρυβλίο Γ αφήνοντας ωάρια και σε αυτό. Σημειώστε το χρόνο. Τώρα θα έχετε 3 τρυβλία, κάθε ένα των οποίων θα περιέχει περίπου 20 ml διαλύματος Holtfreter και αρκετά ωάρια. Το πρώτο τρυβλίο περιέχει επίσης σπέρμα βατράχου. Με το ψαλίδι κόψτε τις ταινίες των ωαρίων σε μικρά αθροίσματα των 6-12 ωαρίων.

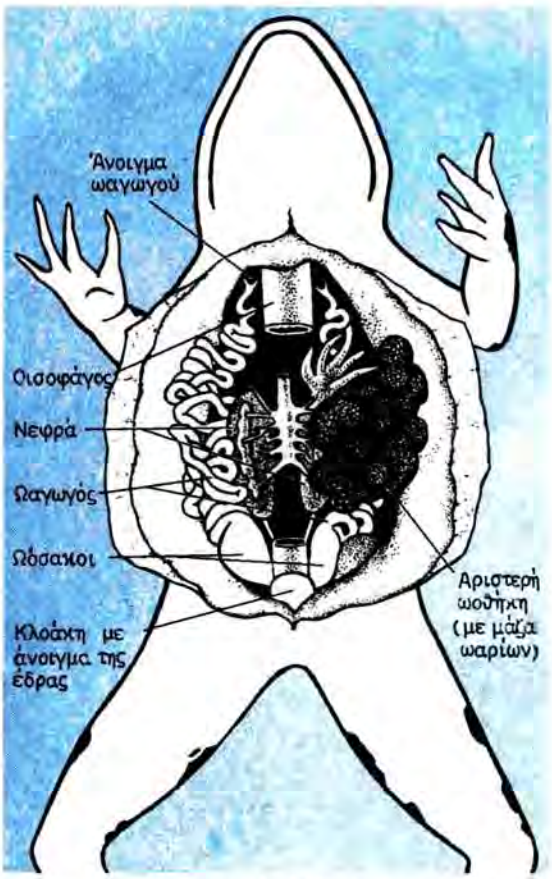
7. Με ένα σταγονόμετρο πάρτε λίγο εναιώρημα από τον περίγυρο των ωαρίων στο τρυβλίο Α και καταβρέξτε με αυτό τα ωάρια του τρυβλίου Α αρκετές φορές για τα επόμενα 5 λεπτά.
8. Πέντε λεπτά μετά την προσθήκη των ωαρίων στο τρυβλίο Β πάρτε το ένα τρίτο του εναιωρήματος σπέρματος από το τρυβλίο Σ και με αυτό καταβρέξτε τα ωάρια του τρυβλίου Β. Επαναλάβετε το κατάβρεγμα αρκετές φορές.
9. Δέκα λεπτά μετά την προσθήκη ωαρίων στο τρυβλίο Γ, προσθέστε στο τρυβλίο αυτό περίπου το ένα τρίτο του εναιωρήματος σπέρματος χρησιμοποιώντας την ίδια τεχνική.
10. Παρατηρήστε τα ωάρια και καταχωρήστε τις οποιεσδήποτε αλλαγές και διαφορές ανάμεσα στα τρία σύνολα ωαρίων που παρατηρείτε στα επόμενα 10 λεπτά.
11. Προσθέστε αρκετή ποσότητα διαλύματος Holtfreter, αφήστε τα να παραμείνουν τα ωάρια στο διάλυμα αυτό για 5 λεπτά και αδειάστε προσεκτικά το διάλυμα. Προσθέστε νερό από λίμνη ή Holtfreter διάλυμα, αρκετό για να καλυφθούν τα ωάρια.
12. Αν είναι δυνατόν, παρατηρήστε προσεκτικά τα ωάρια κατά την επόμενη ώρα. Κατόπιν αφήστε τα ωάρια σε θέση, που θα σας υποδείξει ο καθηγητής σας. Μεταφέρετε τα θήλεα άτομα βατράχου στη θέση τους για τη μελέτη της επόμενης ημέρας. Περιτυλίξτε τα υπόλοιπα του άρρενος ατόμου σε ένα πλαστικό περιτύλιγμα και τοποθετήστε τα σε ψυγείο.
13. Μετά από 24 ώρες εξετάστε τα ωάρια στα τρία τρυβλία με ένα μεγεθυντικό φακό ή στερεοσκοπικό μικροσκόπιο. Ποιο τρυβλίο περιέχει ωάρια, που φαίνεται να αναπτύσσονται; Τι ενδείξεις υπάρχουν ότι τα ωάρια αναπτύσσονται;



Εικόνα 11-Β-2 *Ανατομία άρρενος βατράχου όπου μερικά εσωτερικά όργανα και ιστοί έχουν μετακινηθεί ή απομακρυνθεί, για να αποκαλυφθεί το αναπαραγωγικό σύστημα.*

γ. Πώς κινούνται τα ωάρια από την ωοθήκη προς τα έξω του σώματος του βατράχου;

Το μόνο άνοιγμα στο κυρίως σώμα του βατράχου είναι το άνοιγμα της έδρας. Από εκεί εξέρχονται τα ωάρια κατά την απόθεσή τους. Ανατομική εξέταση του βατράχου προς αποκάλυψη των εσωτερικών οργάνων δείχνει ότι οι ωοθήκες δεν επικοινωνούν απευθείας με δίοδο προς την έδρα. Πώς λοιπόν τα ωάρια από τις ωοθήκες εξέρχονται προς τα έξω;



Εικόνα 11-Β-3 *Ανατομία θήλεος βατράχου όπου τα αναπνευστικά, κυκλοφορικά και πεπτικά όργανα έχουν απομακρυνθεί, ώστε να αποκαλυφθεί το αναπαραγωγικό σύστημα και οι μάζες των ωαρίων.*

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

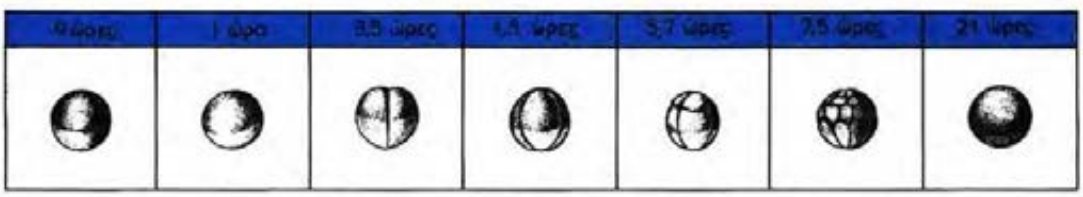
1. Μετά από διαδικασία διπλής απομυελώσεως ανοίξτε την κοιλιακή κοιλότητα των δύο θηλέων ατόμων βατράχων με τον τρόπο που περιγράφεται για τα άρρενα άτομα στο στάδιο 1 του τμήματος ***β.***
2. Εντοπίστε τις ωοθήκες του θήλεος ατόμου, που δεν παρήγαγαν ωάρια κατά τη διαδικασία του σταδίου ***α*** (βλέπε εικόνα 11-Β-3). Περιγράψτε την εμφάνιση των ωοθηκών.
3. Στο βάτραχο που παρήγαγε ωάρια, επιχειρήστε να βρείτε τη δίοδο, που ακολουθούν τα ωάρια για να περάσουν από τις ωοθήκες προς τα έξω. Ανοίξτε όργανα ή αγγεία, που νομίζετε ότι είναι πιθανό να χρησιμεύουν ως δίοδος και κοιτάξτε, αν υπάρχουν ωάρια μέσα. Μία σύγκριση των εσωτερικών οργάνων των αρρένων και των θηλέων ατόμων θα σας βοηθήσει να εντοπίσετε τα όργανα, που εμπλέκονται στην απόθεση των ωαρίων.

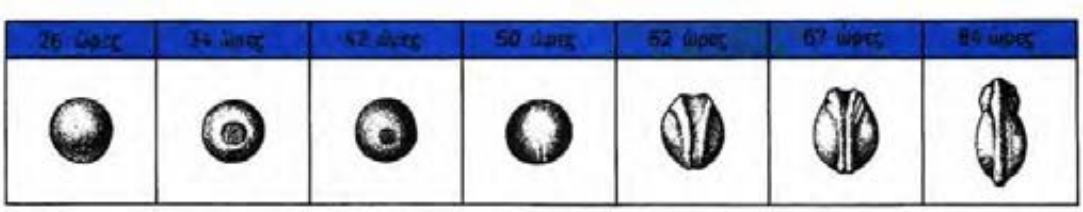
ΣΥΖΗΤΗΣΗ

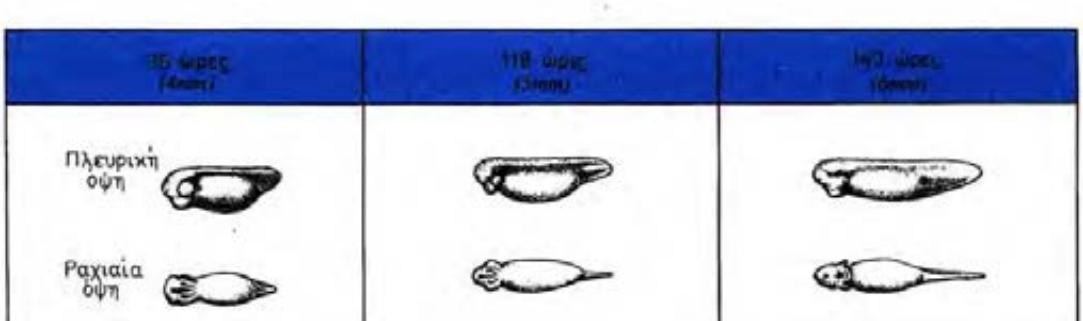
1. Τι προκαλεί την απόθεση των ωαρίων στα θήλεα άτομα του βατράχου; Δώστε πειραματικά αποτελέσματα, για να υποστηρίξετε την άποψή σας.
2. Από το τμήμα ***α*** γνωρίζετε ποιες συνθήκες θερμοκρασίας και μήκους ημέρας είναι απαραίτητες; Αν όχι, πώς θα μπορούσε να ερευνηθεί αυτό πειραματικά;
3. Γιατί ενέθηκε απεσταγμένο νερό στο πρώτο θήλυ άτομο βατράχου;
4. Είναι αναγκαία η άμεση γονιμοποίηση για φυσιολογική ανάπτυξη του εμβρύου; Δώστε πειραματικά αποτελέσματα, που να υποστηρίζουν την άποψή σας.
5. Πώς διέρχονται τα ωάρια από την ωοθήκη προς τα έξω του σώματος; Πώς συγκρίνεται αυτή με τη διακίνηση των ωαρίων των θηλαστικών, που περιγράφηκε στην παράγραφο 11-12;
6. Περιγράψτε τις διαφορές των ωοθηκών και των ωοαγωγών στα δύο θήλεα άτομα βατράχου που εξετάσατε.

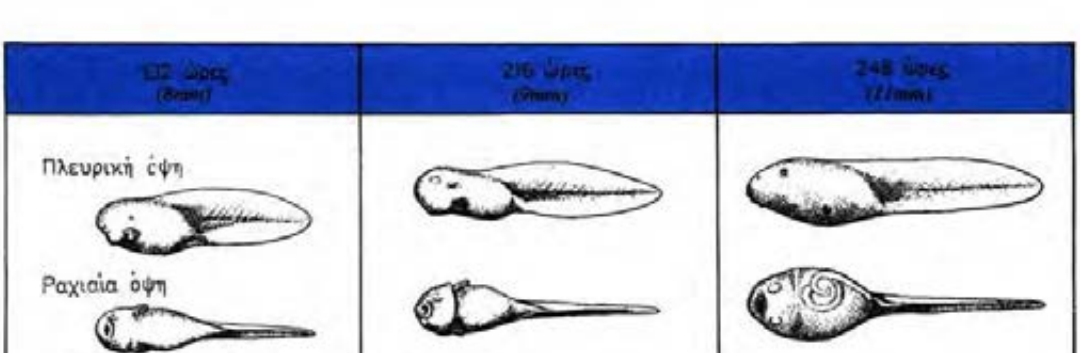
ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

1. Με βάση την εικόνα 11-Β-4 συνεχίστε την παρατήρηση των ωαρίων για αρκετές ημέρες και την καταχώρηση των αλλαγών που παρατηρείτε.
2. Με τη βοήθεια των εικόνων 11-Β-2 και 11-Β-3 εντοπίστε και αναγνωρίστε τα όργανα στο εσωτερικό του βατράχου.
3. Ίσως θέλετε να πειραματισθείτε με την ανάπτυξη των ωαρίων του βατράχου. Μερικά προβλήματα προς διερεύνηση είναι τα ακόλουθα:
   (α) Ποια είναι η επίδραση των διαφορών θερμοκρασίας στο αναπτυσσόμενο έμβρυο;
   (β) Ποια είναι η επίδραση χημικών ουσιών, όπως η αλκοόλη ή η καφεΐνη, στο αναπτυσσόμενο έμβρυο;
   (γ) Ποια επίδραση έχει ο αερισμός του νερού;
   (δ) Πειραματική δοκιμασία με θυρεοειδείς ορμόνες επιδρά στην ανάπτυξη των γυρίνων;









Εικόνα 11-Β-4 *Στάδια αναπτύξεως βατράχων από ωά διατηρούμενα στους 18°C.*

Πειραματα για το κεφαλαιο 12

Ανάπτυξη

12-Α
Τι υπάρχει σε ένα σπέρμα που έχει τη δυνατότητα να αναπτυχθεί σε ολόκληρο φυτό;

Τα φυτά περνούν από βασικά στάδια ανάπτύξεως. Σε ορισμένα φυτά η ανάπτυξη αρχίζει αμέσως μετά τη γονιμοποίηση. Στη φασολιά, για παράδειγμα, το έμβρυο φθάνει σε ένα σύνθετο στάδιο αναπτύξεως, ενώ βρίσκεται ακόμη στο σπέρμα. Όταν το σπέρμα είναι ώριμο, το έμβρυο παύει να αναπτύσσεται και παραμένει σε διάπαυση, μέχρι ότου οι συνθήκες γίνουν ευνοϊκές για την πρόοδο της αναπτύξεως.

Στην πειραματική αυτή εργασία θα μελετήσετε φυτικά έμβρυα ορισμένων ωρίμων σπερμάτων. Θα προσδιορίσετε τις συνθήκες, που είναι αναγκαίες για την έναρξη της βλαστήσεως και τις αλλαγές, που γίνονται στο έμβρυο και στο σπέρμα κατά την ανάπτυξη.

ΥΛΙΚΑ

Σπέρματα φασολιού, μπιζελιού και καλαμποκιού διαβρεγμένα σε νερό από την προηγούμενη ημέρα, στερεοσκοπικό μικροσκόπιο ή μεγεθυντικός φακός, ξυραφάκι ή ανατομικό εγχειρίδιο, ιωδιούχο διάλυμα, λεπτός μαρκαδόρος με αδιάβροχο μελάνι, κανόνας μετρήσεως, χαρτοπετσέτες, ποτήρι ζέσεως ή άλλο γυάλινο δοχείο, νεαρά αναπτυσσόμενα φυτά, σύνθετο μικροσκόπιο.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

α. Μελέτη της δομής σπέρματος

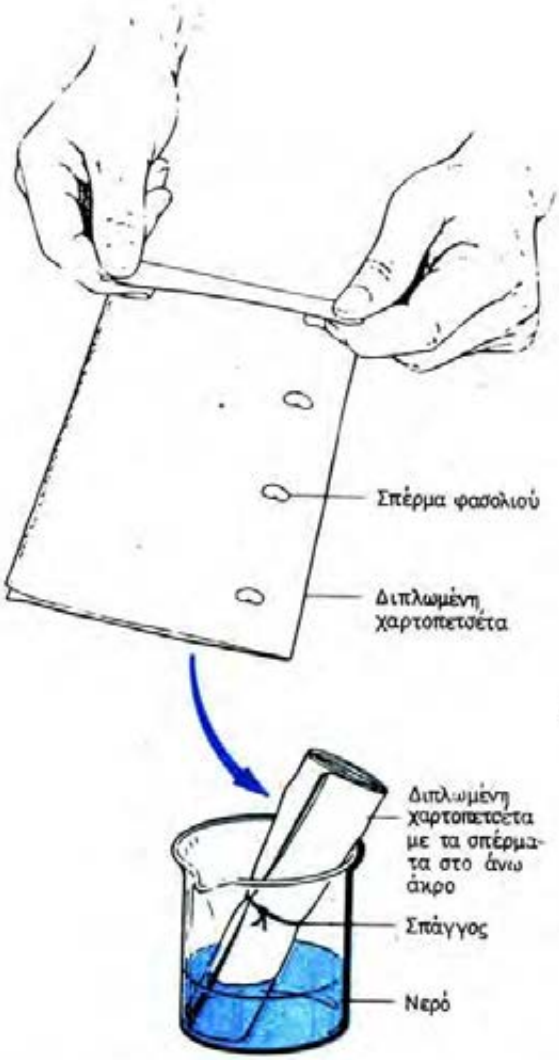
1. Απομακρύνετε με προσοχή το περίβλημα του σπέρματος από ένα σπέρμα φασολιού και από ένα μπιζελιού. Διαχωρίστε τις ***κοτυληδόνες*** και εντοπίστε το έμβρυο. Η εικόνα 12-1 θα σας βοηθήσει. Απομακρύνετε το έμβρυο από τις κοτυληδόνες και τοποθετήστε το με διαβρεγμένη χαρτοπετσέτα σε ένα τρυβλίο petri.
2. Εξετάστε τα έμβρυα κάτω από το στερεοσκοπικό μικροσκόπιο ή με το μεγεθυντικό φακό και σχεδιάστε το σε γενικές γραμμές. Σημειώστε τα μέρη του εμβρύου που μπορείτε να αναγνωρίσετε.
3. Αποθέστε ένα σπέρμα καλαμποκιού με το πλατύ μέρος σε μία χαρτοπετσέτα. Τοποθετήστε το έτσι, ώστε η μικρή, ωοειδής ανοιχτόχρωμη περιοχή που εξέχει από το περίβλημα να είναι στο επάνω μέρος. Τοποθετήστε την κόψη ενός ξυραφιού κατά μήκος της μικρής ωοειδούς δομής και πιέστε το ξυραφάκι κόβοντας το σπέρμα στη μέση (βλέπετε εικόνα 12-Α-1). Προσθέστε από μία σταγόνα ιωδιούχου διαλύματος στις επιφάνειες τομής. Το τμήμα που δεν παίρνει μαύρο χρώμα είναι το έμβρυο. Μελετήστε και καταχωρήστε τα τμήματα που αναγνωρίζετε, όπως κάνετε με τα σπέρματα του μπιζελιού και του φασολιού.



Εικόνα 12-Α-1 *Πώς να κόψετε ένα σπέρμα καλαμποκιού.*

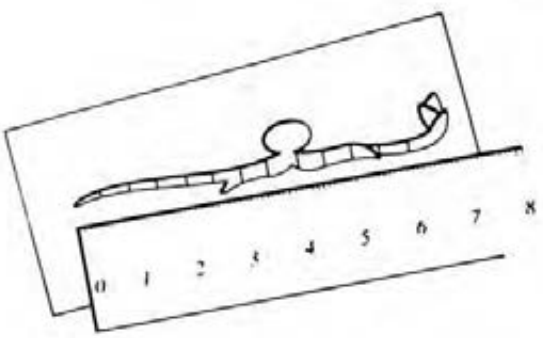
β. Μελέτη της αναπτύξεως φυτού

1. Φυτέψτε 5 διαβρεγμένα σπέρματα μπιζελιού και 5 διαβρεγμένα σπέρματα καλαμποκιού σε δύο ξεχωριστά περιτυλιγμένες χαρτοπετσέτες (εικόνα 12-Α-2) και δέστε τις με σπάγγο ή λαστιχάκι. Τοποθετήστε τις όρθιες σε κατάλληλο δοχείο. Βεβαιωθείτε ότι τα σπέρματα βρίσκονται στο επάνω και όχι στο κάτω άκρο.



Εικόνα 12-Α-2 *Προετοιμασία ενός περιβάλλοντος κατάλληλου για ανάπτυξη σπερμάτων.*

2. Μετά από 3 ημέρες αναπτύξεως ξετυλίξτε τις χαρτοπετσέτες και εξετάστε τα σπέρματα. Με το μαρκαδόρο και το μετρικό κανόνα ως οδηγό, σημαδέψτε ισομήκη διαστήματα στη ρίζα και στο βλαστό μερικών φυταρίων μπιζελιού και καλαμποκιού. Η εικόνα 12-Α-3 δείχνει πώς θα γίνει αυτό. Ετοιμάστε ένα σχέδιο, που να δείχνει πώς σημαδέψατε τα φυτάρια. Περιτυλίξτε πάλι τα φυτάρια στις χαρτοπετσέτες και αφήστε να αναπτυχθούν.
3. Μετά από δύο ακόμη ημέρες αναπτύξεως ξετυλίξτε τις χαρτοπετσέτες και εξετάστε



Εικόνα 12-Α-3 *Πώς να σημαδέψετε τα αναπτυσσόμενα φυτά σε ισομήκη διαστήματα.*

τα φυτά. Καταχωρήστε τις παρατηρήσεις σας και διαμορφώστε άλλο ένα σχέδιο, που να δείχνει τις αποστάσεις ανάμεσα στα σημάδια στα φυτάρια.
4. Αποκόψτε προσεκτικά περίπου 2 εκ. αναπτυσσόμενης ρίζας. Εξετάστε την τομή αυτή τοποθετώντας λίγες σταγόνες νερού σε μία αντικειμενοφόρο πλάκα και παρατηρήστε χρησιμοποιώντας τη μικρή μεγέθυνση του σύνθετου μικροσκοπίου. Σχεδιάστε το τμήμα που περιλαμβάνει και ριζικά τριχίδια.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Ποια μέρη του φυτού αναγνωρίσατε στα φυτικά έμβρυα, που εξετάσατε στο στάδιο 2 κατά την πρώτη ημέρα;
2. Πώς διαφέρει το πρότυπο αναπτύξεως στα φυτάρια μπιζελιού και καλαμποκιού; Αναφέρατε λεπτομέρειες για το βλαστό, τα φύλλα και τις ρίζες.
3. Η ανάπτυξη γίνεται ομοιόμορφα στους βλαστούς; Στις ρίζες; Εξηγήστε.
4. Ποιες είναι οι τρεις δυνατές πηγές υλικών για την αύξηση του μεγέθους του φυτού καθώς αναπτύσσεται;
5. Ποια είναι η πηγή θρεπτικών ουσιών των φυταρίων καλαμποκιού; (Θυμηθείτε τη δοκιμασία ιωδιούχου διαλύματος στο στάδιο 3 του μέρους ***α)***.
6. Γενικά σε ποια περιοχή της ρίζας γίνονται περισσότερες μιτώσεις στα κύτταρα του φυτού; Εξηγήστε.
7. Ποια είναι δυνατό να είναι η λειτουργία των ριζικών τριχιδίων, που παρατηρήσατε στο στάδιο 4 του ***β*** μέρους;

12-Β
Ανάπτυξη εμβρύου κότας

Η ανάπτυξη ενός γονιμοποιημένου ωού κότας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την περιγραφή πολλών από τις περίπλοκες αλλαγές που γίνονται προτού εκκολαφθεί το κοτόπουλο.

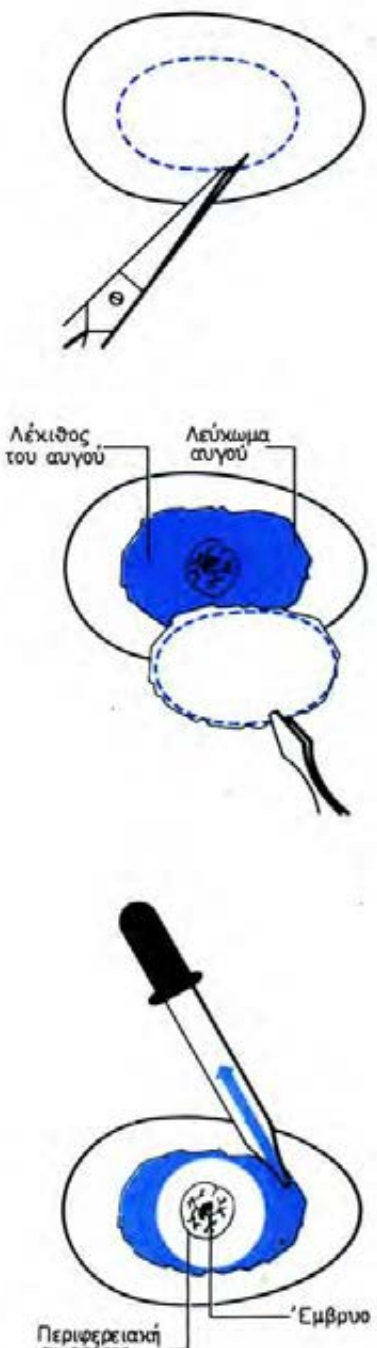
Όπως όλα τα ωά, το ωό της κότας αποτελείται από ένα μόνο κύτταρο. Είναι αρκετά μεγάλο, γιατί έχει αρκετή ποσότητα λεκίθου για τη διατροφή του αναπτυσσόμενου κοτόπουλου μέχρι την εκκόλαψή του.

Το κύτταρο του ωού αποτελείται μόνο από την κίτρινη λέκιθο και τη μικρή περιοχή διαφανούς κυτταροπλάσματος, που περιέχει τον πυρήνα του ωού. Το «άσπρο» του ωού, το κέλυφος και ορισμένες μεμβράνες που καλύπτουν την εσωτερική επιφάνεια του κελύφους δεν αποτελούν μέρος του ωού, αλλά εκκρίνονται από την κότα, καθώς το ωάριο διέρχεται από τον ωοαγωγό.

Το καθαρό κυτταρόπλασμα στη λέκιθο είναι εκείνο, που διαιρείται σε πολλά κύτταρα μετά από τη γονιμοποίηση του ωαρίου. Όταν δημιουργηθούν αρκετά κύτταρα, το έμβρυο του κοτόπουλου αρχίζει να παίρνει σχήμα, έως ότου αναπτυχθεί μέσα στο κέλυφος ένα ολόκληρο κοτόπουλο. Το έμβρυο περιβάλλεται από τις μεμβράνες, που περιγράφηκαν στην παράγραφο 11-9.

Όλες οι περίπλοκες δομές που σχηματίζουν ένα κοτόπουλο εμφανίζονται στο έμβρυο κατά μία καθορισμένη ακολουθία σε καθορισμένο χρόνο. Πρότυπα συμπεριφοράς εμφανίζονται επίσης στο έμβρυο, όταν αυτό βρίσκεται ακόμη μέσα στο κέλυφος. Πρότυπα όπως το ράμφισμα, που του επιτρέπει να θραύσει το κέλυφός του στον κατάλληλο χρόνο. Το πρόβλημα που αντιμετωπίζει ένας βιολόγος είναι να βρει εξήγηση για την εντυπωσιακή ακολουθία συμβάντων, που όλα αρχίζουν από ένα γονιμοποιημένο ωό μέσα στη λέκιθο.

Πώς προχωρεί αυτή η περίπλοκη διαδικασία; Ποιες δομές δρουν σε όργανα αναπνοής, διατροφής και απεκκρίσεως σε ένα αναπτυσσόμενο έμβρυο; Με ποια σειρά οι δομές αυτές εμφανίζονται στο έμβρυο; Από τη μελέτη των εμβρυακών μεμβρανών στην παράγραφο 11-15 θα γνωρίζετε ίσως ορισμένες από τις απαντήσεις στις ερωτήσεις αυτές. Στην πειραματική αυτή έρευνα θα διερευνήσετε περισσότερο τα προβλήματα αυτά της αναπτύξεως εξετάζοντας γονιμοποιημένα ωά κότας σε διάφορα στάδια.



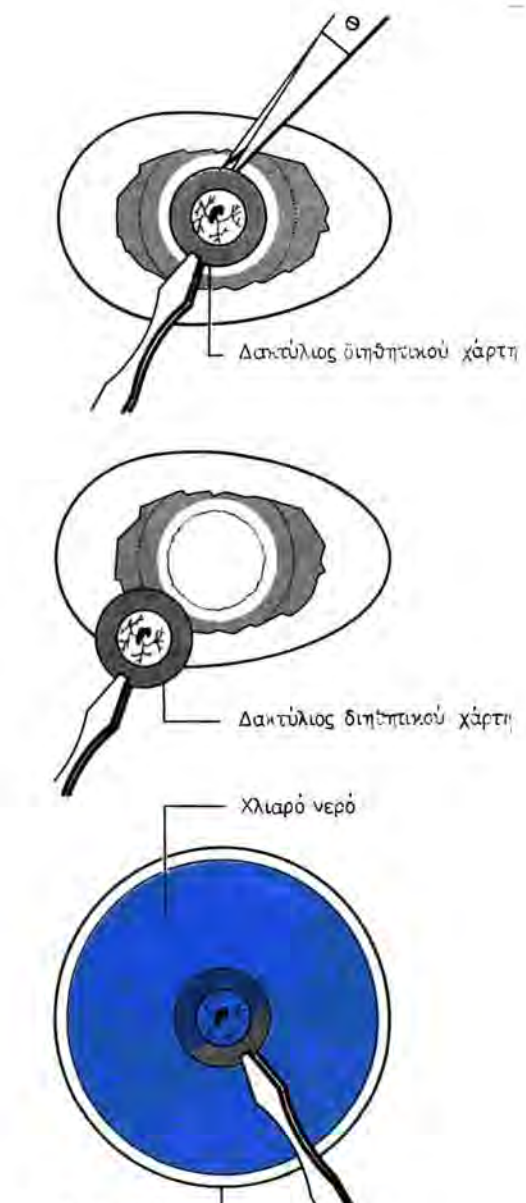
Εικόνα 12-Β-1 *Απομακρύνοντας ένα τεμάχιο κελύφους αυγού προς αποκάλυψη του εμβρύου.*

ΥΛΙΚΑ

Γονιμοποιημένο, μη επωασμένο αυγό κότας, αυγό επωασμένο για περίπου 3 ημέρες, αυγό επωασμένο για περίπου 5 ημέρες, 3 τρυβλία καλλιέργειας, ανατομικό μικροσκόπιο ή μεγεθυντικός φακός, οξυκατάληκτο ψαλίδι, λαβίδα, σταγονόμετρο, χαρτοπετσέτες, γυαλί ρολογιού, μικρό πλαστικό κουτάλι, φυσιολογικός ορός.

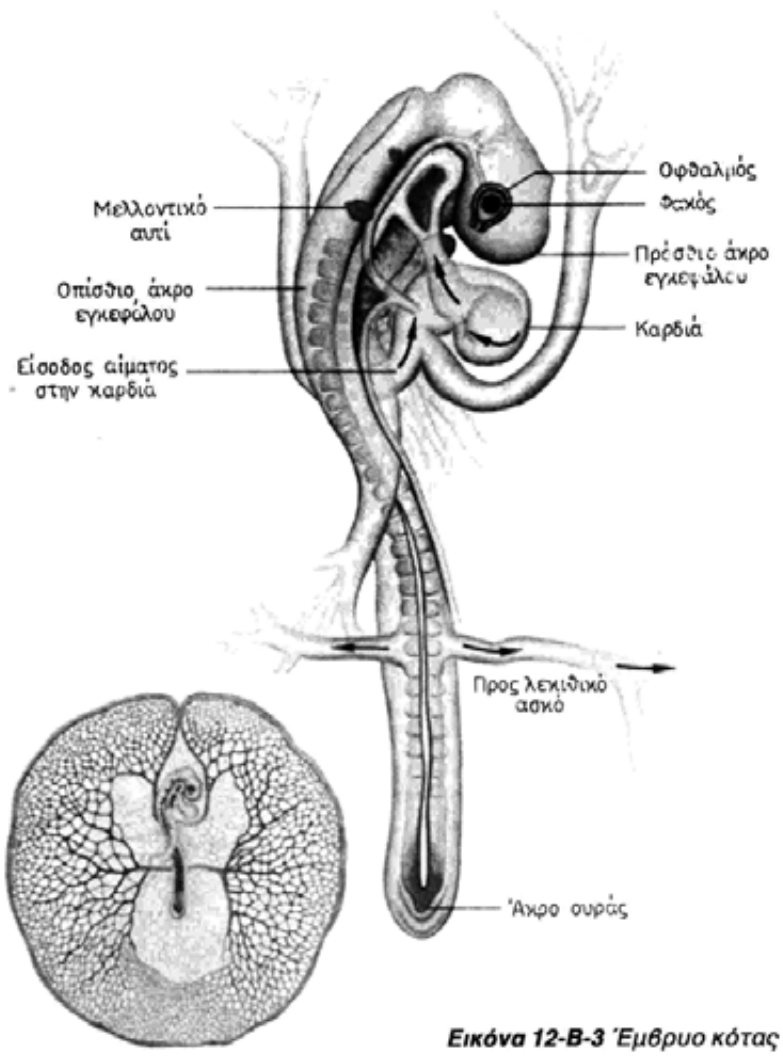
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Τοποθετήστε διαλυμένες χαρτοπετσέτες στον πυθμένα κάθε τρυβλίου, για να προφυλάξετε τα αυγά από το να κυλήσουν. Σημαδέψτε την επάνω επιφάνεια κάθε αυγού όπως το τοποθετείτε στον επωαστήρα. Κρατάτε το αυγό στην ίδια θέση καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής εργασίας. Τοποθετήστε το αυγό στο τρυβλίο.
2. Χωρίς να απομακρύνετε το αυγό από το τρυβλίο, κόψτε το άνω μέρος του κελύφους, όπως φαίνεται στην εικόνα 12-Β-1. Κόψτε το χρησιμοποιώντας μόνο τη μύτη του ψαλιδιού, ώστε να μην προκαλέσετε βλάβη στα υλικά κάτω από το κέλυφος.
3. Απομακρύνετε το κομμένο τμήμα του κελύφους και παρατηρήστε το έμβρυο και το υλικό που περιβάλλει κάθε ωό: το μη επωασμένο, το επωασμένο 3 ημερών, το επωασμένο 5 ημερών.
4. Με το σταγονόμετρο, απομακρύνετε όσο περισσότερη αλβουμίνη (άσπρο αυγού) είναι δυνατό.
5. Κόψτε ένα δακτύλιο από διηθητικό χάρτη και τοποθετήστε τον επάνω από το έμβρυο 3 ημερών, όπως φαίνεται στην εικόνα 12-Β-2. Κόψτε προσεκτικά τη μεμβράνη της αλβουμίνης γύρω από την εξωτερική περιφέρεια του δακτυλίου· κόβετε έως ότου ελευθερωθεί το έμβρυο από τη λέκιθο. Κρατάτε το δακτύλιο με τη λαβίδα καθώς κάνετε την τομή.
6. Αναση κώστε προσεκτικά το δακτύλιο, με το έμβρυο προσκολλημένο σε αυτόν, ανάμεσα από το κομμένο κέλυφος και μεταφέρετέ τα σε ένα μικρό τρυβλίο με φυσιολογικό ορό. Παρατηρήστε το έμβρυο με τη μικρή μεγέθυνση ενός στερεοσκοπικού μικροσκοπίου ή με μεγεθυντικό φακό και συγκρίνετε ό,τι βλέπετε με την εικόνα 12-Β-3.



Εικόνα 12-Β-2 *Προετοιμασία εμβρύου κότας για παρατήρηση.*

7. Διαχωρίστε το έμβρυο 5 ημερών με τον ίδιο τρόπο. Η χρήση ενός μικρού κουταλιού κάτω από το έμβρυο θα βοηθήσει στην ανύψωσή του, καθώς το έμβρυο είναι μεγαλύτερο και βαρύτερο από ό,τι το έμβρυο των 3 ημερών.



Εικόνα 12-Β-3 *Έμβρυο κότας σε ηλικία 56 ωρών.*

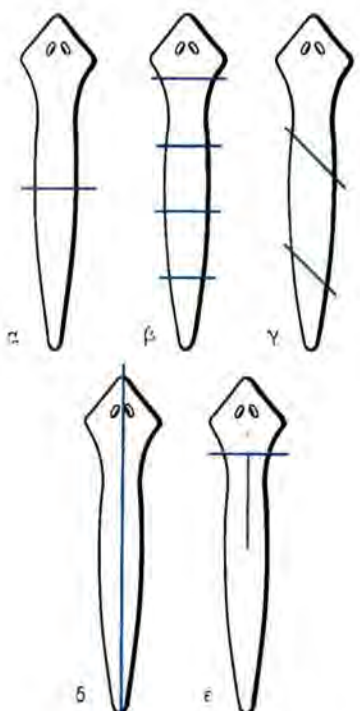
ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Ποιες είναι οι λειτουργίες των μεμβρανών, που αναπτύσσονται γύρω από το έμβρυο της κότας;
2. Το έμβρυο της κότας έχει ένα μεγάλο απόθεμα τροφής υπό μορφή λεκίθου. Πώς παίρνουν τις τροφές τους τα έμβρυα των ανωτέρων θηλαστικών, τα οποία δεν έχουν απόθεμα λεκίθου;
3. Πώς παίρνει οξυγόνο το έμβρυο της κότας; Πώς αποδίδει το διοξείδιο του άνθρακα;
4. Αναφέρατε τις κύριες λειτουργίες του χορίου και της αλλαντοΐδας.
5. Τι επίδραση θα έχει στην ανάπτυξη του εμβρύου η επικάλυψη του κελύφους του αυγού με βαζελίνη;
6. Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις σας ποιο σύστημα αρχίζει να λειτουργεί από τα πρώτα στάδια της αναπτύξεως; Εξηγήστε τη σημασία του συστήματος αυτού.
7. Γράψτε μία παράγραφο, η οποία να περιγράφει τις αλλαγές του εμβρύου μεταξύ τρίτης και πέμπτης ημέρας. Χρησιμοποιήστε σχέδια, για να δείξετε την πρόοδο της αναπτύξεως του εμβρύου.

12-Γ
Τι συμβαίνει στις τεμαχισμένες πλανάριες

Πολλά έμβια όντα έχουν τη δυνατότητα να αναπαράγουν ή να αναγεννούν τμήματα του σώματός τους, που έχουν απωλεσθεί. Ορισμένοι πλατυέλμινθες σκώληκες (πλανάριες) αποτελούν συνηθισμένα αντικείμενα έρευνας επί της αναγεννήσεως από τον 18ο αιώνα. Τα ζώα αυτά μερικές φορές αναπαράγονται με περίσφιγξη, που τα αποκόπτει σε δύο τμήματα. Το πρόσθιο τμήμα αναπτύσσει νέα ουρά και το οπίσθιο νέα κεφαλή.

Στην πειραματική αυτή εργασία θα μελετήσετε πώς η διαδικασία της αναγεννήσεως ποικίλλει στα διάφορα τμήματα από τις πλανάριες.



Εικόνα 12-Γ-1 *Τρόποι για να τεμαχίσετε μία πλανάρια, για να μελετήσετε την αναγέννηση.*

ΥΛΙΚΑ

Πλανάριες, ξυραφάκι ή λεπτό χειρουργικό εγχειρίδιο, αντικειμενοφόρος πλάκα μικροσκοπίου, νερό από πηγή ή μη-χλωριωμένο νερό βρύσης, βαμβάκι, τρυβλίο petri, ετικέτες ή υαλογραφικά μολύβια, παγάκια.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Εγκάρσιες τομές

1. Αποχύστε μικρή ποσότητα νερού πηγής ή μη χλωριωμένου νερού βρύσης σε ένα τρυβλίο petri. Τοποθετήστε μία σταγόνα νερό σε μία αντικειμενοφόρο πλάκα και τοποθετήστε μια πλανάρια στη σταγόνα του νερού. Το ζώο μπορεί να μεταφερθεί από το απόθεμα με λίγο βαμβάκι.
2. Ψύξτε την αντικειμενοφόρο πλάκα επάνω σε παγάκι, για να επιβραδύνετε τις κινήσεις της πλανάριας.
3. Μόλις το ζώο ακινητοποιηθεί, κόψτε το σώμα εγκάρσια σε δύο ίσια μέρη (βλέπε εικόνα 12-Γ-1, μέρος α). Τοποθετήστε τα δύο μέρη μαζί με νερό σε τρυβλίο petri.
4. Επαναλάβετε την ίδια διαδικασία σε μία ή δύο άλλες πλανάριες. Σκεπάστε τα τρυβλία και φυλάξτε τα σε ένα σκοτεινό, δροσερό μέρος.
5. Εξετάζετε τα τεμάχια κάθε δύο ημέρες. Απομακρύντε νεκρά τεμάχια. Παρατηρήστε πότε κλείνουν οι πληγές και πότε αρχίζουν να εμφανίζονται οι απαρχές των αναγενομένων τμημάτων. Κατά τι διαφέρουν στην εμφάνιση τα πρώιμα αυτά στάδια από τα υπόλοιπα τμήματα; Φτιάξτε σχέδια των παρατηρήσεών σας.

Άλλες τομές: Το προηγούμενο πείραμα επαναλαμβάνει απλώς ό,τι συμβαίνει στη φύση κατά τον αγενή πολλαπλασιασμό, που παρατηρείται στις πλανάριες. Είναι δυνατό μικρότερα τμήματα να αναγεννηθούν προς ολόκληρα ζώα; Τι θα συμβεί, αν οι τομές είναι λοξές; Τι θα συμβεί αν μία πλανάρια κοπεί κατά μήκος από την κεφαλή ως την ουρά;

Για να διερευνήσετε αυτές τις πιθανότητες, συγκεντρώστε τα απαραίτητα υλικά όπως και προηγουμένως. Τα μέρη β, γ και δ της εικόνας 12-Γ-1 προτείνουν ορισμένα πρότυπα τομής, που μπορείτε να δοκιμάσετε. Επειδή τα μικρότερα τμήματα δεν αναγνωρίζονται εύκο-

λα, θα χρειασθεί να τα διαχωρίσετε σε ξεχωριστά σημαδεμένα τρυβλία, ένα για κάθε είδος τμήματος πλανάριας. Να διατηρείτε τα ζώα σε δροσερό, σκοτεινό μέρος. Εξετάζετέ τις κάθε μία ή δύο ημέρες, για να διαπιστώσετε αν έχει παρατηρηθεί αναγέννηση.

Μερικός διαχωρισμός: Μία άλλη ενδιαφέρουσα δυνατότητα είναι η μερική κατά μήκος τομή. Για να κάνετε το πείραμα αυτό, πρώτα κόψτε και πετάξτε την κεφαλή και κατόπιν κάντε την τομή που δείχνει η εικόνα 12-Γ-1, μέρος *ε*. Η δυσκολία με το πείραμα αυτό βρίσκεται στο γεγονός ότι τα μερικώς διαχωρισμένα τμήματα τείνουν να συνενωθούν. Γι' αυτό πρέπει να επαναλάβετε την ίδια τομή 2 ή 3 φορές κατά τις επόμενες 24 ώρες. Εξετάζετε την πλανάρια με τις τομές κάθε δύο ημέρες για να διαπιστώσετε τι θα συμβεί.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Πώς διαφέρει το νεοαναπτυσσόμενο τμήμα της πλανάριας από το αρχικό;
2. Πόσο μεγάλο πρέπει να είναι ένα τμήμα μιας πλανάριας, για να παράγει μία νέα κεφαλή, μία νέα ουρά ή και τα δύο;
3. Πού αρχίζει η αναγέννηση;
4. Οι πλανάριες που προκύπτουν από διαδικασία αναγεννήσεως φαίνεται να είναι φυσιολογικά άτομα; Εξηγήστε.
5. Κατά ποιο τρόπο τα πειράματα αναγεννήσεως χρησιμεύουν στην κατανόηση της εμβρυονικής αναπτύξεως;

12-Δ
Πρότυπα αναπτύξεως

Όλα τα έμβια όντα αρχίζουν τη ζωή τους ως ένα κύτταρο. Η μίτωση και η κυτταρική διαίρεση αναπαράγουν περισσότερα κύτταρα και αυτά μεγαλώνουν, διαφοροποιούνται και διαιρούνται, έως ότου ο οργανισμός αποτελείται από δισεκατομμύρια κυττάρων. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται ***ανάπτυξη***. Το πρότυπο αναπτύξεως ενός εμβίου όντος είναι δυνατό να προσδιορισθεί με αλληλουχία ποσοτικών μετρήσεων του οργανισμού. Η μητέρα σας ίσως έχει κρατήσει σημειώσεις για την εβδομαδιαία αύξηση του βάρους σας, όταν ήσαστε μωρό ή έχει κρατήσει σημειώσεις για το ύψος σας σε κάθε επέτειο της γεννήσεώς σας. Η εργαστηριακή μελέτη του ρυθμού της αναπτύξεως ενός οργανισμού είναι χρονοβόρα, αφού οι καταχωρήσεις πρέπει να γίνονται για μακρές χρονικές περιόδους, ίσως ολόκληρα χρόνια. Γι' αυτό στην εργασία αυτή θα χρησιμοποιήτε δεδομένα, που συγκεντρώθηκαν από άλλους ερευνητές. Στη σελίδα 629 δίνονται στοιχεία αναπτύξεως τριών διαφορετικών οργανισμών. Από τα δεδομένα αυτά θα πρέπει να είσθε σε θέση να προσδιορίσετε κάποια γενικά χαρακτηριστικά αναπτύξεως κοινά σε όλους τους οργανισμούς.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Για κάθε σύνολο δεδομένων ετοιμάστε μία γραφική παράσταση με την ηλικία στον οριζόντιο άξονα και το μέγεθος στον κάθετο άξονα.
2. Για ένα από τα τρία σύνολα δεδομένων ετοιμάστε μία άλλη γραφική παράσταση με την ***ηλικία*** ή το ***χρόνο*** στον οριζόντιο άξονα, αλλά στον κάθετο άξονα χρησιμοποιήστε το μέγεθος της αυξήσεως από μέτρηση σε μέτρηση. Για παράδειγμα, το μπαμπού αυξήθηκε 0,7 μ. την πρώτη εβδομάδα, 1,5-0,7 = 0,8 μ. τη δεύτερη, 2,5-1,5 = 1,0 μ. την τρίτη κλπ.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Περιγράψτε το γενικό σχήμα των τριών γραφικών παραστάσεων αναπτύξεως, που ετοιμάσατε πρώτα. Κατά τι είναι όμοιες οι καμπύλες μεταξύ τους; Κατά τι διαφέρουν;
2. Πότε παρατηρήθηκε η ταχύτερη ανάπτυξη;
3. Πώς νομίζετε ότι συγκρίνονται οι καμπύλες αυτές προς την καμπύλη που αποδίδει την ανάπτυξή σας σε βάρος και ύψος;
4. Ποια είναι η σχέση μεταξύ του δεύτερου τύπου καμπύλης που κάνατε και της πρώτης ομάδας καμπυλών;
5. Νομίζετε ότι θα ήταν δυνατόν να καταναλώσει η οικογένειά σας σε ένα μόνο γεύμα τη γαλοπούλα εννέα μηνών, που περιγράφετε στον πίνακα δεδομένων Β;

Δεδομένα για 12-Δ

Δεδομένα Α: Το ύψος του βλαστού ενός μπαμπού, ενός δηλαδή από τα ταχύτερα αναπτυσσόμενα φυτά, όπως μετριέται περιοδικώς από το χρόνο βλαστήσεως.

Ηλικία σε εβδομάδες:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ύψος σε μέτρα:	0,7	1,5	2,5	4,0	6,2	8,3	10,2	12,0	13,2	13,8	14,1	14,2

Δεδομένα Β: Βάρος γαλοπούλας κάθε μήνα από την εκκόλαψή της έως την ηλικία ώριμου μεγέθους.

Ηλικία σε μήνες:	0*	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Βάρος σε χιλιόγραμμα:	0,05	0,60	2,06	3,95	6,22	8,37	10,64	12,65	14,58	14,82

* μόλις εκκολαφθέντα

Δεδομένα Γ: Το μέσο βάρος μεγάλου αριθμού φυταρίων καλαμποκιού μετρημένο κάθε δύο εβδομάδες.

Ηλικία σε εβδομάδες:	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Μέσο βάρος σε γραμμάρια:	21	28	58	76	170	422	706	853	924	966

Πειραματα για το κεφαλαιο 13

Πρότυπα κληρονομικότητας

13-Α
Γιατί τα φυτά αναπτύσσουν χλωροφύλλη;

Ο αλφισμός (έλλειψη χρωστικής) είναι μία σπάνια κατάσταση, που παρατηρείται και σε φυτά και σε ζώα. Τα κύτταρα των αλφικών ζώων ή φυτών δεν περιέχουν ορισμένες χρωστικές (χημικές έγχρωμες ουσίες). Τα αλφικά φυτά, για παράδειγμα, δεν περιέχουν χλωροφύλλη, δηλαδή τη χημική ουσία, που κάνει τα φυτά πράσινα. Στην παράγραφο αυτή θα διερευνήσετε την επίδραση τόσο της κληρονομικότητας όσο και του περιβάλλοντος στην ικανότητα του φυτού να παράγει χλωροφύλλη.

ΥΛΙΚΑ

Τρυβλία petri, διηθητικό χαρτί κομμένο στα μέτρα του τρυβλίου petri, σκοτεινός θάλαμος ή φύλλο αλουμινίου, που να καλύπτει το τρυβλίο, περίπου 100 σπέρματα καπνόφυτου.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Σκορπίστε ομοιόμορφα τα σπέρματα του καπνόφυτου επάνω σε υγρό χαρτί στον πυθμένα του τρυβλίου petri. Τα σπέρματα πρέπει να διαχωρίζονται το ένα από το άλλο από απόσταση ίση τουλάχιστον με το διπλάσιο του μήκους τους.
2. Τοποθετήστε το γυάλινο κάλυμμα πάνω από το τρυβλίο. Τοποθετήστε το τρυβλίο σε μία φωτιζόμενη θέση για 4 ημέρες περίπου. Μετά από 4 ή 5 ημέρες ή τυλίξτε το τρυβλίο με το φύλλο αλουμινίου ή τοποθετήστε το σε ένα σκοτεινό θάλαμο. Αφήστε το σε μία ασφαλή θέση (να μην εκτίθεται άμεσα σε ηλιακό φως). Να είσθε βέβαιος ότι το χαρτί παραμένει πάντοτε υγρό. Μην εκθέτετε τα σπέρματα στο φως, όταν ελέγχετε την υγρασία.
3. Αφού φυτρώσουν τα σπέρματα, συνήθως μέσα σε μία εβδομάδα έως 10 ημέρες, βγάλτε το κάλυμμα ή το φύλλο αλουμινίου που προφυλάσσει από το φως και εξετάστε τα σπέρματα. Παρατηρήστε ειδικά το χρώμα των μικρών φύλλων.
4. Τοποθετήστε το τρυβλίο petri με τα σπέρματα σε μία θέση, που φωτίζεται άπλετα. Βεβαιωθείτε ότι το γυάλινο κάλυμμα βρίσκεται στο τρυβλίο και ότι το χαρτί είναι υγρό πάντοτε. Παρατηρήστε τα σπέρματα καθημερινά, καθώς βρίσκονται εκτεθειμένα στο φως.
5. Με την εμφάνιση χρώματος στα φύλλα μετρήστε τα φυτά που δείχνουν χρωματικές διαφορές. Καταχωρήστε τις παρατηρήσεις σας και τους αριθμούς στο βιβλίο παρατηρήσεως.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Ποιο ήταν το χρώμα των καπνοφύτων, ενώ εβλάσταναν στο σκοτάδι;
2. Είχε το φως επίπτωση σε όλα τα φυτά; Εξηγήστε.
3. Τα σπέρματα που χρησιμοποιήσατε στο πείραμα αυτό προήλθαν από μία ειδική διασταύρωση καπνοφύτων. Υποθέτετε ότι τα γονικά φυτά ήταν και τα δύο πράσινα, το ένα πράσινο και το άλλο αλφικό ή και τα δύο αλφικά; Προσέξτε: Λάβετε υπόψη σας το ρόλο της χλωροφύλλης για τη ζωή ενός φυτού.
4. Το φως έχει επίδραση στην ικανότητα του φυτού να παράγει χλωροφύλλη; Εξηγήστε.
5. Είναι το φως ο μόνος παράγοντας που είναι απαραίτητος για την παραγωγή χλωροφύλλης; Εξηγήστε.
6. Στο πείραμα αυτό διερευνήθηκε ο ρόλος της κληρονομικότητας και της επιδράσεως του περιβάλλοντος στην ανάπτυξη της χλωροφύλλης στα καπνόφυτα. Ποια νεαρά φυτά έδειξαν την επίδραση της κληρονομικότητας στην ανάπτυξη χλωροφύλλης;
7. Ποια ήταν περίπου η αναλογία των πρασίνων προς τα αλφικά φυτά, αφού τα φυτά αναπτύχθηκαν στο φως για αρκετές ημέρες; Πώς συγκρίνετε η αναλογία αυτή με ορισμένα από τα πειράματα του Μέντελ στο παράρτημα 13-Α;

13-Β
Πώς κληρονομούνται χαρακτηριστικά στις μύγες των φρούτων;

Μεταξύ των πολλών πειραμάτων του Μέντελ ήταν και διασταυρώσεις μεταξύ φυτών, που είχαν ξεκάθαρα αντίθετα χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, ο Μέντελ ήθελε να μάθει ποια θα ήταν τα αποτελέσματα από τη διασταύρωση ενός υψηλού φυτού μπιζελιού με ένα νάνο φυτό μπιζελιού. Θα ήταν οι απόγονοι νάνοι, όπως ο ένας γονέας, ή θα ήταν υψηλοί, όπως ο άλλος; Ή θα ήταν μέσου ύψους, παρουσιάζοντας μία ανάμιξη των χαρακτηριστικών των δύο γονέων;

Οι ίδιες ερωτήσεις παρουσιάζονται και για άλλους οργανισμούς. Με τη διασταύρωση μυγών των φρούτων, οι οποίες έχουν πολύ διαφορετικά χαρακτηριστικά, είναι δυνατόν να παρατηρήσετε πώς εμφανίζονται αυτά στους απογόνους.

α. Η πρώτη γενιά

ΥΛΙΚΑ

Καλλιέργειες δύο διαφορετικών τύπων *Δροσόφιλας*, υλικά για τη διατήρηση και εξέταση των εντόμων *Δροσόφιλας*, μολύβια κεριού, δοχεία καλλιέργειας με υλικό που έχει πρόσφατα παρασκευασθεί.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Χρησιμοποιώντας τεχνικές που θα σας δείξει ο καθηγητής σας εξετάστε τις δύο καλλιέργειες *Δροσόφιλας*, που σας έχουν δοθεί. Η μία από τις καλλιέργειες αυτές είναι φυσιολογικού ή «άγριου» τύπου. Η άλλη είναι ένα μεταλλαγμένο στέλεχος δροσόφιλας. Περιγράψτε ή σχεδιάστε τις παρατηρούμενες διαφορές μεταξύ των δύο τύπων. Στη γενετική έχει γίνει αποδεκτό το σύμβολο + για τους χαρακτήρες του άγριου τύπου. Δώστε στο μεταλλαγμένο στέλεχος ένα κατάλληλο σύμβολο για να το διακρίνετε από τον άγριο τύπο.
2. Απομακρύνετε όλα τα ώριμα άτομα του ενός τύπου από το δοχείο καλλιέργειας και τοποθετήστε τα σε μία φιάλη με νέο, δηλαδή πρόσφατα παρασκευασμένο υλικό καλλιέργειας. Επαναλάβατε αυτό για τον άλλο τύπο. Σημαδέψτε στις φιάλες την ημερομηνία μεταφοράς και τον τύπο της μύγας. Οι μύγες αυτές δεν θα χρησιμοποιηθούν στο πείραμα αυτό, αλλά μπορείτε να αναπτύξετε έναν πληθυσμό μυγών των φρούτων για άλλο μεταγενέστερο πείραμα. Χρειάζονται αρκετές εβδομάδες, για να αναπτυχθεί ένας πληθυσμός μυγών των φρούτων.
3. Διατηρήστε τα αρχικά δοχεία, ώστε να μπορείτε να συλλέγετε τις νεοεμφανιζόμενες μύγες. Εξετάζετε συνεχώς για τις επόμενες 10 ώρες τα δοχεία, από όπου έχετε απομακρύνει τα ώριμα άτομα. Απομακρύνετε με την αναισθητοποίηση όλα τα ώριμα άτομα, που εμφανίζονται στο διάστημα αυτό. Ο καθηγητής σας θα σας βοηθήσει στο σχεδιασμό συλλογής μυγών.
4. Ξεχωρίστε τρία έως πέντε θήλεα άτομα από τον ένα τύπο μύγας. Δεν θα έχουν γονιμοποιηθεί ακόμη, γιατί τα θήλεα άτομα δεν γονιμοποιούνται παρά μετά από 10 ώρες από την έξοδό τους από το στάδιο της νύμφης. Μην ξεχωρίζετε μύγες με πολύ ανοικτό χρώμα και ατελώς ξεδιπλωμένες πτέρυγες, γιατί αυτές έχουν μόλις πρόσφατα βγει από το στάδιο της νύμφης.
5. Τοποθετήστε τα τρία ως πέντε θήλεα άτομα, που έχετε συλλέξει, σε μία φιάλη με νέο υλικό καλλιέργειας μαζί με ίσο αριθμό αρρένων ατόμων του άλλου τύπου. (Αν τα θήλεα άτομα είναι άγριου τύπου, τα άρρενα πρέπει να είναι από το μετάλλαγμα, ή αντιστρόφως). Σημαδέψτε τη φιάλη σύμφωνα προς τα άρρενα και θήλεα άτομα, που έχει τοποθετήσει.
6. Μετά από 7 έως 8 ημέρες, όταν προνύμφες και νύμφες θα είναι ορατές, απομακρύνατε τις μύγες-γονείς από τη φιάλη καλλιέργειας και πετάξτε τις. Βεβαιωθείτε ότι οι φιάλες καλλιέργειας παραμένουν σε ένα δωμάτιο με μέση θερμοκρασία (περίπου 25°C). Κρατήστε τις μακριά από το ηλιακό φως και τις πηγές θερμότητας.
7. Περίπου 10 έως 12 ημέρες μετά τη διασταύρωση θα αρχίσουν να εμφανίζονται νέες μύγες. Εξετάστε 100 ως 200 από αυτή τη νέα γενιά και καταχωρήστε την περιγραφή τους σε έναν πίνακα. Μην καταχωρήτε παρατηρήσεις μετά από τη δέκατη ημέρα από την εμφάνιση των πρώτων νέων μυγών, γιατί στα αποτελέσματά σας θα υπεισέλθουν παρατηρήσεις από την παρουσία ατόμων της F_2 γενιάς.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Πόσα άτομα από την F_1 γενιά είναι άγριου τύπου; Πόσα είναι του τύπου του μεταλλάγματος;
2. Πώς το εξηγείτε αυτό;
3. Ποιος νόμος του Μέντελ παρουσιάζει τα αποτελέσματα της διασταυρώσεως αυτής;
4. Πώς θα προχωρήσετε για την εξήγηση της γονιδιακής συγκροτήσεως των μυγών της F_1 γενιάς;

α. Η δεύτερη γενιά

Στο πείραμα που ακολουθεί θα επιστρέψετε σε μερικές από τις μύγες της F_2 γενιάς που έχετε συλλέξει να αλληλογονιμοποιηθούν. Οι απόγονοι της διασταυρώσεως αυτής θα είναι η F_2 γενιά.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Τοποθετήστε 5 ή 6 ζεύγη από τις μύγες της F_1 γενιάς σε κάθε μία από 3 φιάλες ή δοχεία με νέο υλικό καλλιέργειας. Για τη διασταύρωση αυτή δεν έχει σημασία, αν τα θήλεα άτομα έχουν γονιμοποιηθεί από πριν. (Γιατί;) Σημαδέψτε τα δοχεία με την ημερομηνία και τους τύπους μυγών της διασταυρώσεως.
2. Μόλις αρχίσουν να εμφανίζονται οι νύμφες (σε περίπου 7 ή 8 ημέρες) απομακρύνετε και πετάξτε τις μύγες-γονείς.
3. Όταν εμφανισθεί η δεύτερη γενιά (F_2) μυγών, προσδιορίστε πόσες ανήκουν στον άγριο τύπο και πόσες στον τύπο του μεταλλάγματος. Καταχωρήστε τα δεδομένα σε πίνακα. Συνεχίστε τις παρατηρήσεις σας και μετράτε τις μύγες, έως ότου έχετε τουλάχιστον 200. Παρατηρήσεις για την F_2 γενιά είναι δυνατόν να γίνουν μόνο για 9 ή 10 ημέρες, γιατί κατόπιν θα αρχίσει να βγαίνει από τις νύμφες η F_3 γενιά. Αφού σημειώσετε την εμφάνισή τους, μπορείτε να πετάξετε τις μύγες.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Ποιο ποσοστό μυγών της F_2 γενιάς είναι του τύπου του μεταλλάγματος και ποιο του άγριου τύπου;
2. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του χ-τετράγωνο (παράρτημα 15 Γ), συγκρίνετε τα αποτελέσματα που πήρατε στην F_2 γενιά με εκείνα που θα αναμένατε σύμφωνα με τους νόμους του Μέντελ.
3. Γιατί τα χαρακτηριστικά του μεταλλάγματος παραμένουν καλυμμένα κατά την F_1 γενιά, αλλά επανεμφανίζονται κατά την F_2 γενιά;
4. Ποιοι νόμοι του Μέντελ καταδεικνύονται από το πείραμα αυτό;

13-Γ
Πώς κληρονομούνται οι ομάδες αίματος Α, Β, ΑΒ και Ο;

Οι ομάδες αίματος Ο, Α, Β και ΑΒ προσδιορίζονται από την παρουσία ή απουσία των πρωτεϊνών Α και Β στα ερυθρά αιμοσφαίρια. Οι ανθρώπινοι τύποι αίματος είναι παράδειγμα υπάρξεως πολλαπλών αλληλομόρφων, δηλαδή Α, Β και Ο, για ένα απλό χαρακτηριστικό. Ο πίνακας 13-Γ-1 δίνει περιληπτικά το συσχετισμό μεταξύ των συνδυασμών των αλληλομόρφων και του τύπου του αίματος.

Φαινότυπος	Γονότυπος	Πρωτεΐνη ερυθρών αιμοσφαιρίων
τύπος Α	ΑΑ ή ΑΟ	Α
τύπος Β	ΒΒ ή ΒΟ	Β
τύπος ΑΒ	ΑΒ	Α και Β
τύπος Ο	Ο	καμιά

Πίνακας 13-Γ-1 Οι Α-Β-Ο τύποι αίματος.

Στην παράγραφο αυτή θα προσδιορίσετε την ομάδα του αίματός σας. Απαντήστε στις ερωτήσεις αυτές, προτού αρχίσετε την πειραματική εργασία:

1. Από τα δεδομένα που δίνονται στον πίνακα το γονίδιο Α είναι επικρατές ή υπολειπόμενο ως προς το γονίδιο Ο; Είναι το γονίδιο Β επικρατές ή υπολειπόμενο ως προς το γονίδιο Ο;
2. Ποιος τύπος αίματος δημιουργείται, όταν ένα άτομο κληρονομεί το γονίδιο Α από τον ένα γονέα και το γονίδιο Β από τον

άλλον; Είναι το ένα γονίδιο επικρατές στο άλλο;
3. Σε ποιον από τους τύπους αίματος Α, Β, ΑΒ και Ο οι γονότυποι είναι δυνατόν να προσδιορισθούν χωρίς τη γνώση του τύπου αίματος των γονέων; Εξηγήστε.

ΥΛΙΚΑ

70% αλκοόλη, βαμβάκι, λεπίδια αίματος (μιας χρήσεως), ορός Α και ορός Β τυποποιήσεως αίματος, αντικειμενοφόροι πλάκες, οδοντογλυφίδες.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Καθαρίστε προσεκτικά το δείκτη του χεριού σας με βαμβάκι και αλκοόλη. Αφήστε το δάκτυλο να στεγνώσει αλλά μην αγγίζετε τίποτα, που θα ήταν δυνατό να μολύνει την επιδερμίδα.
2. Αφήστε το συνεργάτη σας στο εργαστήριο ή τον καθηγητή σας να τρυπήσει το δάκτυλό σας με ένα αποστειρωμένο λεπίδιο και συγκεντρώστε μία σταγόνα αίματος σε κάθε μία από δύο αντικειμενοφόρους. Μπορεί να χρειασθεί να πιέσετε το δάκτυλό σας ελαφρά, για να συλλέξετε μία σταγόνα αίμα από το τρυπημένο δάκτυλο. Πιέστε με αποστειρωμένο βαμβάκι το τρύπημα, για να σταματήσετε την αιμορραγία.
3. Πριν πήξει ή ξεραθεί το αίμα, αναμίξτε μία μικρή σταγόνα ορού Α με σταγόνα αίματος και ορού Β με μία άλλη σταγόνα αίματος. Χρησιμοποιήστε διαφορετικές οδοντογλυφίδες, για να ανακατέψετε ορό και το αίμα κάθε σταγόνας. Σημαδέψτε τις αντικειμενοφόρους ανάλογα με τον ορό αίματος, που έχετε χρησιμοποιήσει. Μη λερώνετε με αίμα τα σταγονομετρικά φιαλίδια των ορών.
4. Μετά από την ανάμιξη, παρατηρήστε, αν δημιουργούνται συγκολλήσεις στις σταγόνες. Μπορεί να παρουσιασθούν συγκολλήσεις και στις δύο σταγόνες. Μπορεί να παρουσιασθούν στη μία αλλά όχι στην άλλη. Ή, μπορεί να μη παρουσιασθούν σε καμία. Ο τύπος συγκολλήσεως εξαρτάται από τον τύπο αίματος που έχετε. Ορός Α θα συγκολλήσει αίμα με πρωτεΐνη Α. Ορός Β θα συγκολλήσει αίμα με πρωτεΐνη Β. Και οι δύο οροί θα συγκολλήσουν αίμα ΑΒ, αλλά κανείς δεν θα συγκολλήσει τύπο 0.
5. Ετοιμάστε ένα πίνακα, που να δείχνει τα ποσοστά κάθε τύπου αίματος για τα άτομα της τάξεως.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Οι τύποι αίματος στον αμερικάνικο πληθυσμό είναι 44% 0, 37% Α, 13% Β και 6% ΑΒ. Ακολουθεί η τάξη σας την κατανομή αυτή; Εξηγήστε τις αποκλίσεις.
2. Ποιος είναι ο τύπος του αίματός σας; Ποιοι συνδυασμοί θα μπορούσαν να παράγουν τον τύπο αίματός σας;
3. Αν επρόκειτο να παντρευθείτε ένα άτομο με τύπο 0 αίματος ποιους τύπους αίματος θα ήταν δυνατό να έχουν τα παιδιά σας; Αν επρόκειτο να παντρευθείτε ένα άτομο με ΑΒ αίμα, ποιους τύπους αίματος θα ήταν δυνατό να έχουν τα παιδιά σας;
4. Ετοιμάστε ένα γενεαλογικό δένδρο των μελών της οικογένειάς σας, που να δείχνει το φαινότυπο και το γονότυπο των τύπων του αίματός τους. Αν μέλη της οικογένειάς σας δεν έχουν προσδιορίσει τον τύπο αίματός τους, συμπληρώστε το γενεαλογικό δένδρο με τις διάφορες πιθανότητες σύμφωνα προς τους γνωστούς τύπους των άλλων μελών. Χρησιμοποιήστε γονείς, παππούδες, γιαγιάδες, θείες, θείσυς, αδελφούς και αδελφές, αν είναι δυνατό να συγκεντρώσετε τα δεδομένα αυτά.
5. Υποθέστε ότι δύο νεογέννητα συγχέονται τυχαία στο νοσοκομείο (κάτι που συμβαίνει πάρα πολύ σπάνια). Σε μία προσπάθεια να εντοπίσουν τους γονείς κάθε νεογέννητου προσδιορίσθηκαν οι τύποι αίματος κάθε νεογέννητου και τον γονέων.

Νεογέννητο 1	Τύπος 0
Νεογέννητο 2	Τύπος Α
Κα Μπράουν	Τύπος Β
Κος Μπράουν	Τύπος ΑΒ
Κα Σμιθ	Τύπος Β
Κος Σμιθ	Τύπος Β

Δείξτε από το γενεαλογικό δένδρο σε ποιους γονείς ανήκει κάθε νεογέννητο και το γονότυπο κάθε ατόμου.

6. Ο προσδιορισμός των γονέων κάθε παιδιού είναι δυνατό να γίνει πάντοτε από τους τύπους αίματος; Δώστε παραδείγματα που να υποστηρίζουν την άποψή σας.

Πειραματα για το κεφαλαιο 14

Γονίδια και χρωματοσώματα

14-Α
Γιατί μερικά σπέρματα μπιζελιού είναι συρρικνωμένα και άλλα όχι;

Ο Μέντελ ανακάλυψε ότι το σχήμα των σπερμάτων του μπιζελιού βρίσκεται υπό γενετικό έλεγχο. Φυτά με παράγοντες (γονίδια) για συρρικνωμένα σπέρματα παρήγαν πάντοτε απογόνους με συρρικνωμένα σπέρματα και φυτά με παράγοντες για λεία σπέρματα παρήγαν πάντοτε απογόνους με λεία σπέρματα.

Η ερώτηση του πειράματος αυτού σχετίζεται με τον τρόπο, με τον οποίο το γονίδιο επιδρά στο περίβλημα του σπέρματος καθιστώντας το συρρικνωμένο ή λείο. Τι μπορεί να κάνει ένα κωδικοποιημένο μήνυμα στον πυρήνα του κυττάρου, ώστε να προκαλέσει συστολή και συρρίκνωση σε ένα σπέρμα κατά την ξήρανση ή να μην προκαλέσει συρρίκνωση κατά την ξήρανση;

α. Ποια είναι η άμεση αιτία των λείων ή συρρικνωμένων περιβλημάτων σπερμάτων στα μπιζέλια;

ΥΛΙΚΑ

10 λεία μπιζέλια και 10 συρρικνωμένα, 4 μικρά ποτήρια ζέσεως ή άλλα γυάλινα δοχεία, ζυγός, χαρτοπετσέτες, ετικέτες.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Εξετάστε τα δύο είδη των μπιζελιών. Ποια είναι η οφθαλμοφανής διαφορά μεταξύ τους; Η διαφορά συρρικνώσεως μεταξύ των δύο περιβλημάτων των σπερμάτων είναι αποτέλεσμα διαφορετικών γονιδίων ή αποτέλεσμα διαφορετικών μεθόδων ξηράνσεως των μπιζελιών; Στα επόμενα δύο στάδια θα αρχίσετε να απαντάτε στην ερώτηση αυτή μετρώντας την ποσότητα νερού, που κάθε είδος μπιζελιού είναι δυνατό να απορροφήσει.
2. Προσδιορίστε το ξηρό βάρος των 10 λείων μπιζελιών και κατόπιν το ξηρό βάρος των 10 συρρικνωμένων μπιζελιών. Καταχωρήστε τα βάρη αυτά σε πίνακα. Τοποθετήστε τα λεία και τα συρρικνωμένα σπέρματα σε διαφορετικά ποτήρια ζέσεως ή γυάλινα δοχεία και προσθέστε 4 φορές τον όγκο τους σε νερό. Σημαδέψτε τα δοχεία σας με τα 2 είδη μπιζελιών και αφήστε τα για 24 ώρες.
3. Μετά από ολονύχτια ύγρανση των μπιζελιών αποχύστε το νερό που περισσεύει από κάθε δοχείο και αδειάστε το σε ξεχωριστές θέσεις σε χαρτοπετσέτες. Στεγνώστε με τις χαρτοπετσέτες το νερό στην επιφάνεια των μπιζελιών και προσδιορίστε πάλι το βάρος τους. Καταχωρήστε τα βάρη των υγρών μπιζελιών στον πίνακα πλάι στα προηγούμενα βάρη των ξηρών σπερμάτων. Προσδιορίστε την εκατοστιαία αύξηση βάρους σε κάθε είδος μπιζελιού.

$$\frac{\text{διαφορά βάρους}}{\text{ξηρό βάρος}} \times 100 = \% \text{ αύξηση}$$

Καταχωρήστε αυτό στον πίνακά σας.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Ποιο είδος σπέρματος, το συρρικνωμένο ή το λείο, είχε μεγαλύτερη ικανότητα απορροφήσεως νερού;
2. Υπάρχει τρόπος να βρεθεί, αν η διαφορά αυτή είναι γενετική ή είναι περιβαλλοντική; Εξηγήστε.
3. Αν και τα δύο είδη διαβρεγμένων σπερμάτων τοποθετούνταν σε ένα ξηραντικό κλίβανο και αφήνονταν για 24 ώρες, νομίζετε ότι θα έδειχναν πάλι διαφορές στο περίβλημά τους;

β. Τι προκαλεί διαφορά στην ποσότητα του νερού που απορροφάται από τα λεία και συρρικνωμένα σπέρματα;

ΥΛΙΚΑ

Διαβρεγμένα σπέρματα (1 λείο και 1 συρρικνωμένο), χειρουργικό μαχαιρίδιο, ξυραφάκι, αντικειμενοφόρος πλάκα, 2 σταγονόμετρα, μικροσκόπιο, μολύβι κεριού.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

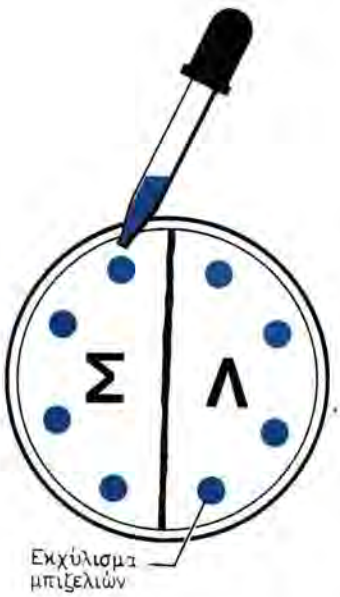
1. Στη μία άκρη της αντικειμενοφόρου πλάκας σημειώστε Σ για συρρικνωμένο σπέρμα και στην άλλη Λ για λείο. Προσθέστε μία σταγόνα νερό σε κάθε άκρη.
2. Κόψτε με ένα κοφτερό όργανο ένα διαβρεγμένο συρρικνωμένο σπέρμα και ξύστε με προσοχή λίγο υλικό από την επιφάνεια τομής και μεταφέρετέ το στην αντίστοιχη σταγόνα νερού. Καθαρίστε τη λεπίδα του οργάνου και επαναλάβετε τη διαδικασία με το λείο σπέρμα.
3. Παρατηρήστε προσεκτικά τις δύο σταγόνες νερού με τα ξύσματα κάτω από μικρή μεγέθυνση, με το μικροσκόπιο. Ιχνογραφήστε απλά σχήματα, που να δείχνουν το σχήμα των απομονωμένων αμυλοκόκκων σε κάθε σταγόνα. Παρατηρήστε αντικειμενοφόρους πλάκες προετοιμασμένες από συμμαθητές σας και συγκρίνετέ τις με τη δική σας.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Ποιος συνδυασμός τριών λέξεων από τον κατάλογο που ακολουθεί περιγράφει καλύτερα την όψη των αμυλοκόκκων από τα συρρικνωμένα σπέρματα; Από τα λεία σπέρματα; Σύνθετα, απλά, ολόκληρα, τεμαχισμένα, ωοειδή, στρογγυλά, ανώμαλα.
2. Είναι οι αμυλόκοκκοι πάντοτε όμοιοι για κάθε τύπο μπιζελιού;
3. Αυτή η διαφορά είναι πιο πιθανό να οφείλεται σε γονίδια ή στο περιβάλλον; Εξηγήστε πώς είναι δυνατό να γίνει ένα πείραμα, για να βεβαιωθούμε γι' αυτό.

γ. Υπάρχει διαφορά στο ρυθμό παραγωγής αμύλου από τα ένζυμα μεταξύ λείων και συρρικνωμένων σπερμάτων;

Οι μεγάλοι αμυλόκοκκοι που παρατηρήθηκαν στο πείραμα *β* αποτελούνται από πολλά μόρια αμύλου. Τα μόρια του αμύλου σχηματίζονται στο φυτό από το συνδυασμό πολλών μικροτέρων και απλουστέρων μορίων σακχάρων.



Εικόνα 14-Α-1 *Κατανομή σταγόνων εκχυλίσματος μπιζελιών σε τρυβλίο petri.*

ΥΛΙΚΑ

10 ξηρά συρρικνωμένα σπέρματα, 10 ξηρά λεία σπέρματα, 2 σταγονόμετρα, τρυβλία petri με άγαρ και φωσφορική-1-γλυκόζη, φυγόκεντρος, τουλπάνι, γουδί και γουδοχέρι, ογκομετρικός κύλινδρος, διάλυμα ιωδίου, τανάλια, χωνί, δοχείο ζέσεως, ζυγός, βαμβάκι ή χαρτοπετσέτες.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Ζυγίστε 5 g ξηρών συρρικνωμένων μπιζελιών και 5 g ξηρών λείων μπιζελιών.
2. Τεμαχίστε τα μπιζέλια με την τανάλια και αλέστε τα, κάθε είδος ξεχωριστά, με γουδί και γουδοχέρι, έως ότου δεν υπάρχουν μεγάλα τεμάχια (αυτό χρειάζεται αρκετή προσπάθεια). Προσθέστε 20 ml νερού σε κάθε μία από τις μάζες των αλεσμένων μπιζελιών. Αναμίξτε καλά και συνεχίστε το άλεσμα με το γουδοχέρι.
3. Απομακρύνετε τα μεγαλύτερα τεμάχια με διήθηση του μίγματος μέσα από το τουλπάνι επάνω από ένα κατάλληλα σημαδεμένο ποτήρι ζέσεως. Στίψτε το τουλπάνι, ώστε να πάρετε το κατά το δυνατόν περισσότερο

υγρό. Φυγοκεντρίστε το υγρό μίγμα προς λήψη ενός διαυγούς διαλύματος χωρίς ιζήματα. Να προσέχετε να μην αναμίξετε τα εκχυλίσματα από τα δύο είδη μπιζελιών.

4. Χρειάζονται περίπου 40 λεπτά για την υπόλοιπη διαδικασία. Αν δεν έχετε αρκετό χρόνο, σημαδέψτε τα δοχεία και αφήστε τα στο ψυγείο μέχρι την επόμενη ημέρα.
5. Διαχωρίστε την εξωτερική επιφάνεια του κάτω ημίσεος ενός τρυβλίου petri στη μέση. Σημειώστε ένα **Σ** στο ένα ήμισυ και ένα **Λ** στο άλλο όπως στην εικόνα 14-Α-1. Στην πλευρά **Σ** του τρυβλίου τοποθετήστε 4 σταγόνες εκχυλίσματος, από τους συρρικνωμένους σπόρους, στην επιφάνεια του άγαρ με γλυκόζη. Τοποθετήστε τις σταγόνες αρκετά μακριά, ώστε να μην αναμιγνύονται. Κάντε το ίδιο με το εκχύλισμα των λείων μπιζελιών στην **Λ** πλευρά του τρυβλίου. Καταχωρήστε το χρόνο που το εκχύλισμα τοποθετείται στο άγαρ.
6. Μετά από 10 λεπτά αναρροφήστε μία από τις σταγόνες εκχυλίσματος στην **Σ** πλευρά και μία από τις σταγόνες εκχυλίσματος στην **Λ** πλευρά. Προσθέστε αμέσως μία σταγόνα διαλύματος ιωδίου στις δύο κηλίδες, όπου προηγουμένως βρίσκονταν τα εκχυλίσματα. Προσθέστε μία σταγόνα ιωδίου σε επιφάνεια άγαρ όπου δεν υπήρχε εκχύλισμα.
7. Ανά διαστήματα 10 λεπτών επαναλαμβάνετε το στάδιο 6 με τις υπόλοιπες σταγόνες εκχυλίσματος. Χρησιμοποιήστε μόνο μία σταγόνα από κάθε είδος εκχυλίσματος κάθε δέκα λεπτά.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Υπήρχε διαφορά στην ποσότητα του αμύλου που σχηματίζεται από τα συρρικνωμένα και τα λεία σπέρματα; Πώς μπορείτε να εκφράσετε τη διαφορά;
2. Πειράματα αναπαραγωγής - βελτιώσεως έχουν δείξει ότι όλες οι ποικιλίες των μπιζελιών που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα αυτό ελέγχονται από ένα ζεύγος γονιδίων. Ποια κατάσταση από τις τρεις, δηλαδή το περίβλημα του σπέρματος, το σχήμα των αμυλοκόκκων ή η ενεργότητα του ενζύμου για το άμυλο βρίσκεται πλησιέστερα προς την άμεση επίδραση του γονιδίου;
3. Γιατί μερικά σπέρματα μπιζελιών έχουν συρρικνωμένο περίβλημα; Αυτό οφείλεται σε επίδραση του περιβάλλοντος, άμεση δράση γονιδίου ή σε δευτερογενή επίδραση κάποιου άλλου παράγοντα, που ελέγχεται από γονίδια; Εξηγήστε.

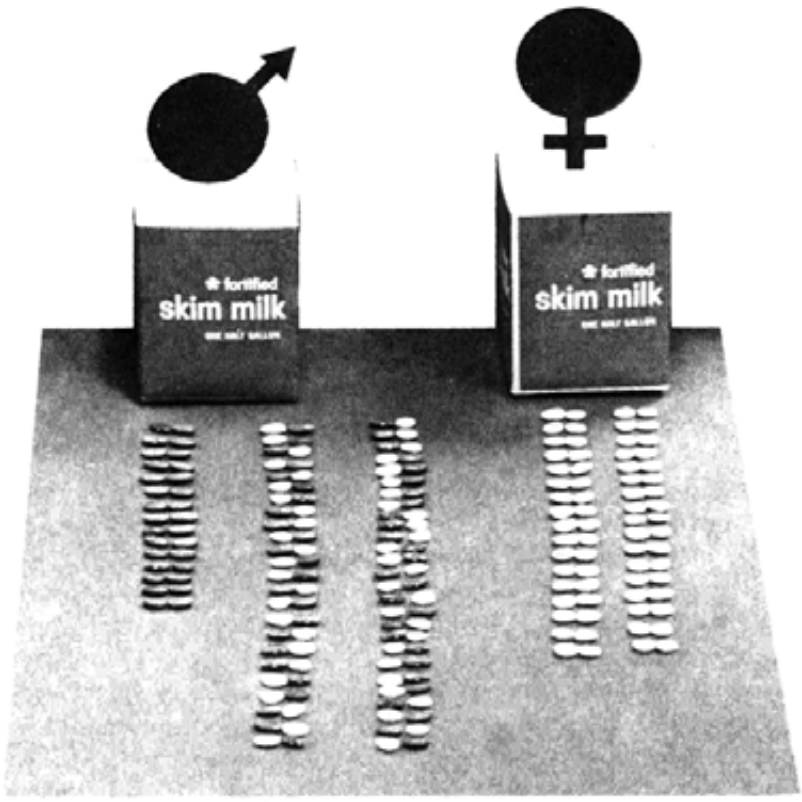
Πειραματα για το κεφαλαιο 15

Καταγωγή νέων ειδών

15-Α
Ένα πρότυπο γονιδιακού αποθέματος

Αν υπάρχουν δύο είδη γονιδίων (Α και α) για ένα ορισμένο χαρακτηριστικό του γενετικού αποθέματος ενός πληθυσμού, υπάρχουν τρεις δυνατοί διαφορετικοί συνδυασμοί ζευγών γονιδίων, που μπορούν να προκύψουν μετά από γονιμοποίηση: (ΑΑ, Αα, αα). Η πιθανότητα παρατηρήσεως ενός συγκεκριμένου συνδυασμού εξαρτάται από το σχετικό αριθμό κάθε είδους γονιδίων στο γονιδιακό απόθεμα.

Για την κατανόηση της λειτουργίας ορισμένων νόμων των πιθανοτήτων σε ένα πραγματικό πληθυσμό εμβίων όντων, θα δημιουργήσετε ένα πρότυπο γονιδιακού αποθέματος και θα κάνετε συνδυασμούς γονιδίων λαμβάνοντας τα πρότυπα γονίδια από το γονιδιακό απόθεμα.



Εικόνα 15-Α-1 *Κιβώτια σημαδεμένα με τα σύμβολα αρρένων και θηλέων ατόμων και τα «ζεύγη γονιδίων» που επελέγησαν από τα κιβώτια. Ένα μέλος κάθε ζεύγους προέκυψε από το κιβώτιο αρρένων και το άλλο μέλος από το κιβώτιο θηλέων.*

ΥΛΙΚΑ

Ερυθρά και άσπρα φασόλια, 2 κιβώτια (το κάτω μέρος από χαρτονένια κουτιά γάλακτος του ενός λίτρου), το ένα σημαδεμένο με ♂ (άρρενα) και το άλλο σημαδεμένο με ♀ (θήλεα).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Μετρήστε δύο σύνολα 40 μπιζελιών ενός χρώματος (ερυθρά) και δύο σύνολα 60 μπιζελιών (λευκά). Τοποθετήστε ένα από τα σύνολα των 40 στο κιβώτιο το σημαδεμένο για άρρενα και το άλλο σύνολο των 40 στο κιβώτιο το σημαδεμένο για θήλεα. Τοποθετήστε το ένα σύνολο των 60 μπιζελιών στο κιβώτιο το σημαδεμένο για άρρενα και το άλλο σύνολο των 60 στο κιβώτιο το σημαδεμένο για θήλεα. Κάθε κιβώτιο θα έχει 40 ερυθρά φασόλια και 60 λευκά φασόλια. Αναμίξτε τα φασόλια ανακινώντας κάθε κιβώτιο.
2. Ο συνδυασμός των γονιδίων που θα προέκυπτε από τη γονιμοποίηση για την παραγωγή της πρώτης γενιάς απογόνων μπορεί να αρχίσει με τον τυχαίο διαχωρισμό ενός φασολιού από κάθε κιβώτιο (άρρενα και θήλεα) και καταχώρηση του συνδυασμού των χρωμάτων του ζεύγους. Δημιουργήστε ξεχωριστή θέση για κάθε ένα από τα τρία είδη ζευγών (αμφότερα ερυθρά, αμφότερα λευκά, ένα ερυθρό και ένα λευκό) στο τραπέζι του εργαστηρίου, σε τρεις σειρές ή σε τρία σύνολα. Οι συνδυασμοί αυτοί αντιπροσωπεύουν τα μέλη του πληθυσμού, που θα συνεισφέρουν γονίδια στην επόμενη γενιά. Διατηρήστε αυτά τα ζεύγη φασολιών. Συνεχίστε να διαχωρίζετε συνδυασμούς, έως ότου τα κιβώτια είναι άδεια. Όταν έχετε αδειάσει τα κιβώτια, θα έχετε σχηματίσει όλους τους δυνατούς συνδυασμούς αυτής της γενιάς του πληθυσμού. Η εικόνα 15-Α-1 δείχνει πώς θα δείχνουν οι κατανομές. Καταχωρήστε τον αριθμό των

Συνδυασμοί	Μαθηματικώς αναμενόμενοι %	Ατομικά αποτελέσματα %	Ομαδικά αποτελέσματα %
ΑΑ			
ΕΑ ή ΑΕ			
ΕΕ			

Πίνακας 15-Α-1 Πίνακας αποτελεσμάτων για τη σύγκριση αναμενομένων και πραγματικών συνδυασμών γονιδίων.

ζευγών κάθε συνόλου.

3. Κάθε ζεύγος φασολιών αναπαριστά ένα άτομο του πληθυσμού. Μισά από τα ζεύγη των φασολιών αναπαριστούν τα άρρενα άτομα του πληθυσμού και τα μισά τα θήλεα. Για παράδειγμα, αν έχετε 18 ζεύγη ερυθρών - ερυθρών συνδυασμών, εννέα είναι άρρενα και εννέα θήλεα. Επανατοποθετήστε τα αντιστοίχως τα εννέα άρρενα στο κιβώτιο «αρρένων» και τα εννέα θήλεα στο κιβώτιο «θηλέων». Διαχωρίστε τους υπόλοιπους συνδυασμούς με τον ίδιο τρόπο, επανατοποθετώντας τα μισά ζεύγη στο κιβώτιο «αρρένων» και τα μισά στο κιβώτιο «θηλέων». Όταν θα έχετε διαχωρίσει και τους τρεις τύπους σε άρρενα και θήλεα και θα έχετε επιστρέψει στο γονιδιακό απόθεμα, θα είσθε έτοιμος να διαχωρίσετε νέους συνδυασμούς, που θα αποτελούν τη δεύτερη γενιά απογόνων. Αναμίξτε τα φασόλια προτού διαχωρίσετε τους νέους συνδυασμούς.
4. Διαχωρίστε και πάλι τα ζεύγη, που θα αναπαριστούν άτομα της δεύτερης γενιάς. Μετρήστε και καταχωρήστε τους συνδυασμούς αυτούς.
5. Συνδυάστε τα αποτελέσματά του με εκείνα των άλλων ομάδων αναγράφοντας τα δικά σας στον πίνακα στην κατάλληλη θέση. Καταχωρήστε την πρώτη και τη δεύτερη γενιά ξεχωριστά.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Ποιο ήταν το ποσοστό κάθε είδους φασολιών στο αρχικό άρρεν γονιδιακό απόθεμα; Στο αρχικό θήλυ γονιδιακό απόθεμα;
2. Κατά την έναρξη της διαδικασίας διαχωρισμού φασολιών ποια πιθανότητα είχατε να ανασύρετε ένα λευκό φασόλι από το κιβώτιο; Ποιες ήταν οι πιθανότητες να βγάλετε ένα λευκό φασόλι, όταν κάνατε το ίδιο με το άλλο κιβώτιο; Ποιες ήταν οι πιθανότητες να βγάλετε μαζί δύο λευκά φασόλια, ένα από κάθε κιβώτιο; (Να θυμάσθε ότι η πιθανότητα δύο γεγονότων να συμβούν μαζί είναι το γινόμενο των πιθανοτήτων τους να συμβούν ξεχωριστά). Σχηματίστε ένα πίνακα, όπως ο πίνακας 15-Α-1. Προσδιορίστε την πιθανότητα κάθε συνδυασμού και καταχωρήστε τον στη στήλη των «μαθηματικώς αναμενομένων» του πίνακά σας. Να θυμάσθε ότι ο μικτός συνδυασμός παρατηρείται με δύο τρόπους (ερυθρό - λευκό και λευκό - ερυθρό).
3. Προσδιορίστε τις ποσοστιαίες αναλογίες των συνδυασμών που παρατηρήθηκαν στην πραγματικότητα, όταν διαχωρίζατε τα φασόλια από τα κιβώτια την πρώτη φορά. Καταχωρήστε τα ποσοστά αυτά στη στήλη «ατομικά αποτελέσματα». Προσδιορίστε τα ποσοστά από τα δεδομένα ολόκληρης της τάξεώς σας και καταχωρήστε τα στη στήλη «ομαδικά αποτελέσματα».

$$\frac{\text{Αριθμός ζευγών ενός συνδυασμού}}{\text{Αριθμός ζευγών όλων των συνδυασμών}} \times 100 = \% \text{ του συνδυασμού αυτού}$$

4. Πώς συγκρίνονται τα αποτελέσματα που προήλθαν από μαθηματική ανάλυση (ερώτηση 2) προς τα πραγματικά πειραματικά αποτελέσματα (ερώτηση 3);
5. Πώς συγκρίνονται τα πραγματικά ποσοστά των συνδυασμών της πρώτη γενιάς προς αυτά της δεύτερης; Προσδιορίστε από τα δεδομένα σας τον αριθμό των ερυθρών και λευκών φασολιών, που τοποθετήθηκαν σε κάθε κιβώτιο για το δεύτερο διαχωρισμό. Πώς συγκρίνονται αυτοί οι αριθμοί με τους αρχικούς αριθμούς, που τοποθετήθηκαν στα κιβώτια; Με άλλα λόγια, πώς συγκρίνεται το γονιδιακό απόθεμα της δεύτερης γενιάς προς το γονιδιακό απόθεμα της πρώτης; Η διαφορά αυτή, αν υπάρχει, αναμένεται να παρατηρηθεί προς την ίδια κατεύθυνση αν επαναληφθεί το πείραμα;
6. Από τα ευρήματα της μελέτης αυτής, μπορείτε να διατυπώσετε μία υπόθεση που να αφορά στη συχνότητα γονιδίων και συνδυασμών γονιδίων που παρατηρείται από γενιά σε γενιά σε ένα πραγματικό πληθυσμό;

Πειραματα για το κεφαλαιο 16

Το ανθρώπινο είδος

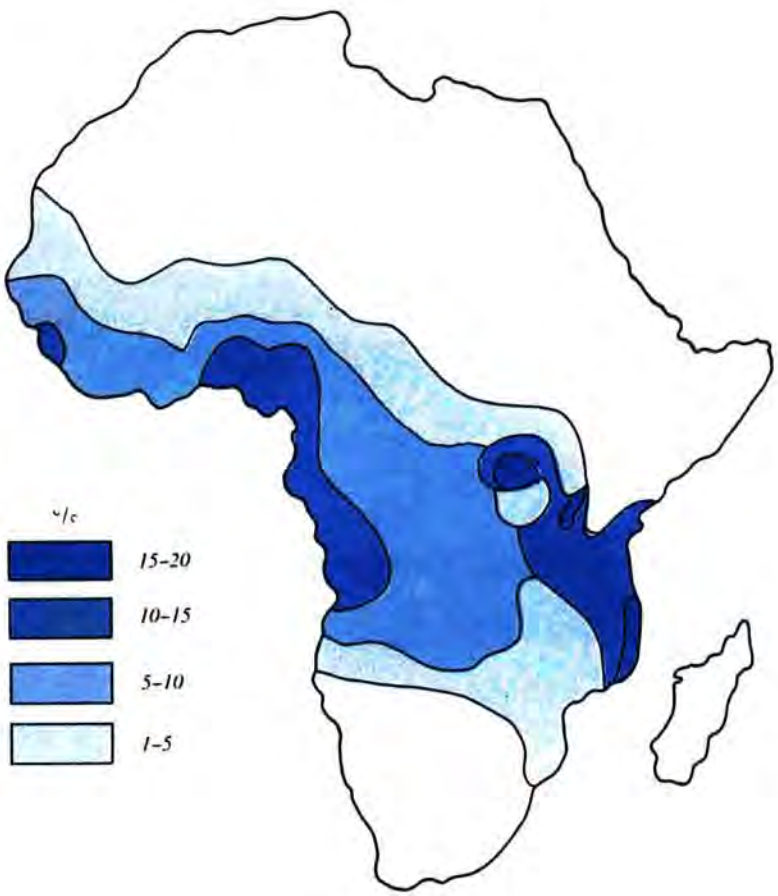
16-Α
Μία ανωμαλία αίματος στον ανθρώπινο πληθυσμό

Ποια είναι η σπουδαιότητα των παραλλαγών στους τύπους αίματος; Μήπως κάθε παραλλαγή προσφέρει κάποιο ειδικό πλεονέκτημα στο φορέα της; Οι ερωτήσεις αυτές παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τους βιολόγους. Το σύγχρονο ανθρώπινο είδος αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια των τελευταίων 40 ως 60 χιλιάδων ετών και οι βιολόγοι πιστεύουν ότι οι περισσότερες παραλλαγές μέσα στο ανθρώπινο είδος έχουν κάποια σημασία για την επιβίωση. Αλλά είναι δυνατό να συμβαίνει αυτό ακόμη και για παραλλαγές που προκαλούν ασθένειες; Είναι δυνατό μία ασθένεια του αίματος, όπως η ***δρεπανοκυτταρική αναιμία,*** να έχει αξία όσον αφορά στην επιβίωση; Στην περίπτωση αυτή, κάτω από ποιες συνθήκες είναι δυνατό η ασθένεια αυτή να προσφέρει πλεονεκτήματα στους ανθρώπους;

Η δρεπανοκυτταρική αναιμία είναι μία ασθένεια, κατά την οποία τα ερυθρά αιμοσφαίρια παίρνουν σχήμα δρεπανιού, όταν το απόθεμα οξυγόνου είναι χαμηλό. Ακόμη και αν αργότερα προσλάβουν οξυγόνο, τα δρεπανόμορφα κύτταρα δεν επιστρέφουν στο αρχικό τους σχήμα. Αν τα τριχοειδή αποφραχθούν από ικανό αριθμό δρεπανομόρφων κυττάρων και η ροή αίματος και οξυγόνου ανακοπεί, τότε ο ασθενής πεθαίνει. Η εικόνα 16-Α-1 δείχνει δρεπανόμορφα και φυσιολογικά κύτταρα.

Εικόνα 16-Α-1 *Ερυθρά αιμοσφαίρια ατόμου με δρεπανοκυτταρική αναιμία. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου ακόμη πιο πολλά από τα φυσιολογικά δισκόμορφα κύτταρα παίρνουν δρεπανόμορφο σχήμα (βλέπε εικόνα 16-13).*





Εικόνα 16-Α-2 *Συχνότητα του γονιδίου που προκαλεί τη δρεπανοκυτταρική αναιμία ως ποσοστού επί του αποθέματος γονιδίων σε μέρη της Αφρικής.*

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Η δρεπανοκυτταρική αναιμία οφείλεται σε ένα ορισμένο γονίδιο (σύμβολο: s), όταν αυτό βρίσκεται σε ομοζυγωτική κατάσταση. Ποιοι είναι οι τρεις δυνατοί γονότυποι του γονιδίου αυτού και του φυσιολογικού αλληλομόρφου; (Χρησιμοποιήστε το σύμβολο S για το φυσιολογικό αλληλόμορφο).
2. Ποιοι φαινότυποι συνδέονται με κάθε γονότυπο που αναφέρατε στην απάντησή σας στην ερώτηση 1;
3. Περίπου το ένα τέταρτο του ενός εκατοστού (0,25%) των Αμερικανών μαύρων είναι ομόζυγοι (ss) για το γονίδιο αυτό. Με βάση αυτό ποιο ποσοστό του μαύρου πληθυσμού είναι ετερόζυγο για το αλληλόμορφο s; Ξαναδιαβάστε για την ισορροπία Χάρντι - Βάινμπεργκ στην παράγραφο 15-6.
4. Στην Αφρική περίπου 4% των ατόμων ορισμένων φυλών έχουν δρεπανοκυτταρική αναιμία. Ποιο ποσοστό του πληθυσμού είναι ετερόζυγο για το αλληλόμορφο s;
5. Η αρχή των Χάρντι - Βάινμπεργκ μας επιτρέπει να προβλέψομε όταν η συχνότητα των γονιδίων σε ένα πληθυσμό παραμείνει σταθερή. Αναμένετε η συχνότητα του γονιδίου s να παραμείνει σταθερή; Επειδή τα άτομα που πάσχουν από δρεπανοκυτταρική αναιμία συνήθως πεθαίνουν κατά την παιδική ηλικία, η συχνότητα του γονιδίου που προκαλεί την ασθένεια ίσως να μην παραμείνει σταθερή. Κάθε θάνατος αφαιρεί ένα ζεύγος γονιδίων που προκαλούν δρεπανοκυτταρική αναιμία από τον πληθυσμό. Εντούτοις η απάντησή σας στην ερώτηση 4 δείχνει ένα υψηλό ποσοστό ορισμένων πληθυσμών που είναι ετερόζυγοι για το γονίδιο, το οποίο προκαλεί δρεπανόμορφα κύτταρα. Γιατί η συχνότητα του γονιδίου αυτού παραμένει υψηλή;
6. Η εικόνα 16-Α-2 δείχνει τις περιοχές της

Αφρικής, όπου η συχνότητα του γονιδίου s είναι υψηλή. Οι περιοχές αυτές είναι επίσης περιοχές, όπου ενδημεί μία θανατηφόρος μορφή ελονοσίας. Η σπουδή των δεδομένων αποκαλύπτει ότι το γονίδιο που προκαλεί δρεπανοκυτταρική αναιμία προσφέρει κάποια προστασία εναντίον της ελονοσίας. Ας επανέλθομε στους γονότυπους της απαντήσεως 1. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα από την ύπαρξη των τριών αυτών γονοτύπων; Ποιο γονότυπο θα επιλέγατε ως εκείνο που έχει αξία για την επιβίωση;

7. Θεωρήστε ότι στην Αφρική και οι δύο φαινότυποι αποτελούν θανατηφόρες καταστάσεις, ο ένας λόγω της ελονοσίας και ο άλλος λόγω της δρεπανοκυτταρικής αναιμίας. Ποιος γονότυπος θα είχε τάση να επιβιώσει; Ποιες θα ήταν οι συχνότητες των s και S σε ένα πληθυσμό, που θα είχε αυτό το γονότυπο επιβιώσεως;
8. Οι συχνότητες γονιδίων στους αφρικανικούς αυτούς πληθυσμούς δεν είναι 0,5 για κάθε γονίδιο, όπως υπολογίσατε στο στάδιο 7 της εργασίας αυτής. Με βάση το δεδομένο αυτό νομίζετε ότι η υπόθεση του σταδίου 7 είναι λογική; Ποιος γονότυπος, νομίζετε, ότι έχει τις λιγότερες πιθανότητες να είναι θανατογόνος;
9. Πώς μπορείτε να εξηγήσετε τη μικρότερη συχνότητα του γονιδίου, που προκαλεί τη δρεπανοκυτταρική αναιμία μεταξύ των Αμερικανών μαύρων; (Βλέπε την απάντησή σας στην ερώτηση 3).
10. Το δρεπανόμορφο ερυθροκύτταρο προκαλείται από μία μετάλλαξη που επηρεάζει την αιμοσφαιρίνη των δρεπανομόρφων κυττάρων. Η αιμοσφαιρίνη είναι ένα πρωτεϊνικό μόριο και γι' αυτό αποτελείται από αμινοξέα. Οι επιστήμονες σύγκριναν τη χημική δομή της φυσιολογικής αιμοσφαιρίνης, της ***αιμοσφαιρίνης A,*** με το είδος της αιμοσφαιρίνης που βρίσκεται στα δρεπανόμορφα κύτταρα, την ***αιμοσφαιρίνη S.*** Βρήκαν ότι οι δύο τύποι των αιμοσφαιρινών περιέχουν 560 αμινοξέα 19 διαφορετικών ειδών. Η εικόνα 16-Α-3 δείχνει ότι τα δύο μόρια είναι πανομοιότυπα εκτός από ένα σημείο, όπου υπάρχει μία διαφορετική αλληλουχία αμινοξέων. Ποια είναι η σημαντική διαφορά μεταξύ της αιμοσφαιρίνης A και της αιμοσφαιρίνης S;



Εικόνα 16-Α-3 *Σύγκριση αλληλουχιών αμινοξέων της φυσιολογικής και της δρεπανοκυτταρικής αιμοσφαιρίνης σε ένα σημείο της πολυπεπτιδικής αλυσσίδας.*

11. Σημειώστε ότι η υποκατάσταση ενός απλού αμινοξέος εντός αυτού του μορίου προκαλεί σημαντική διαφορά στη συμπεριφορά του μορίου.

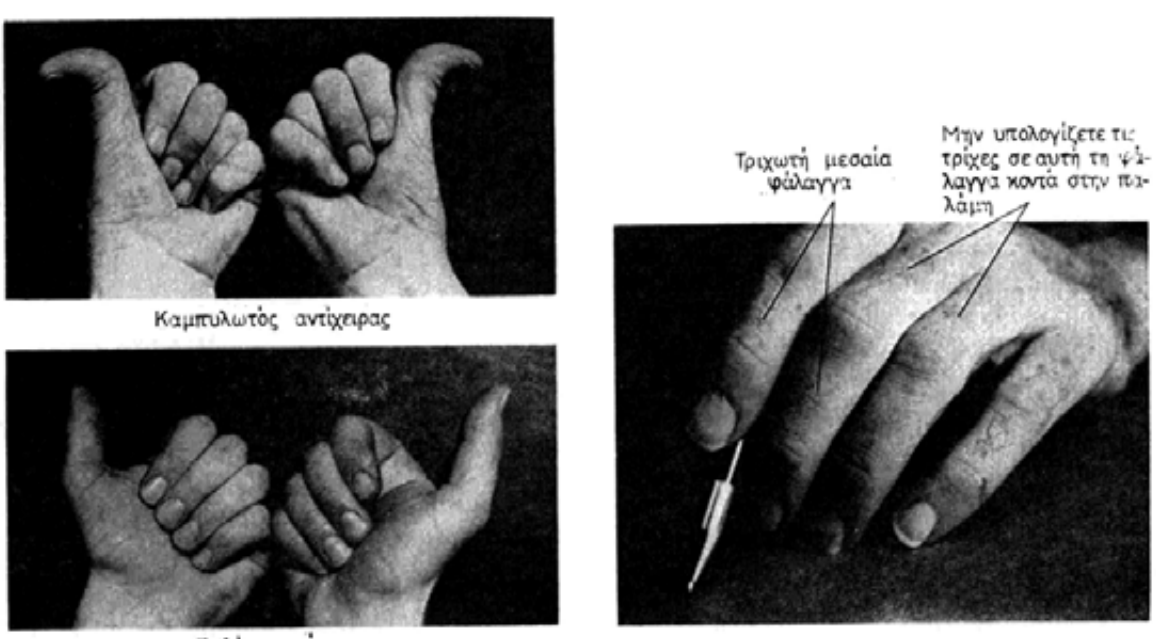
Ποια είναι τα κωδικόνια των νουκλεοτιδίων για τα δύο αμινοξέα, στα οποία διαφέρουν η αιμοσφαιρίνη A και η αιμοσφαιρίνη S; Χρησιμοποιήστε τον πίνακα γενετικού κώδικα του παραρτήματος 9-Α. Ποιο είναι το απλούστερο λάθος στον κώδικα, που θα ήταν δυνατό να προκαλέσει μετάλλαξη;

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Γράψτε λίγες παραγράφους, όπου θα συνοψίσετε το θέμα της δρεπανοκυτταρικής αναιμίας. Δώστε έμφαση στις έννοιες της μεταλλάξεως, της επιλογής, της επιβιώσεως και της εξελίξεως.

16-Β
Ποικιλότητα στο ανθρώπινο είδος

Η ποικιλότητα είναι βασικό χαρακτηριστικό των εμβίων όντων. Η φυσική επιλογή δρα επί των αποθεμάτων γενετικής ποικιλότητας, καθώς ένα είδος αντιμετωπίζει μεταβολές του περιβάλλοντός του.



Εικόνα 16-Β-1 *Καμπυλωτός αντίχειρας και τριχωτή μεσαία φάλαγγα.*

Τα ανθρώπινα όντα δείχνουν ποικιλότητα σε πολλά χαρακτηριστικά, η οποία μπορεί να εξακριβωθεί εύκολα διά του φαινοτύπου ή της εμφανίσεως. Μερικά από τα χαρακτηριστικά αυτά επιβιώνουν, γιατί δεν επενεργεί φυσική επιλογή. Μερικά δηλαδή χαρακτηριστικά δεν επιδρούν σήμερα επί της επιβιώσεως, τουλάχιστον με τρόπο που να είναι δυνατό να εξακριβωθεί από τους γενετιστές.

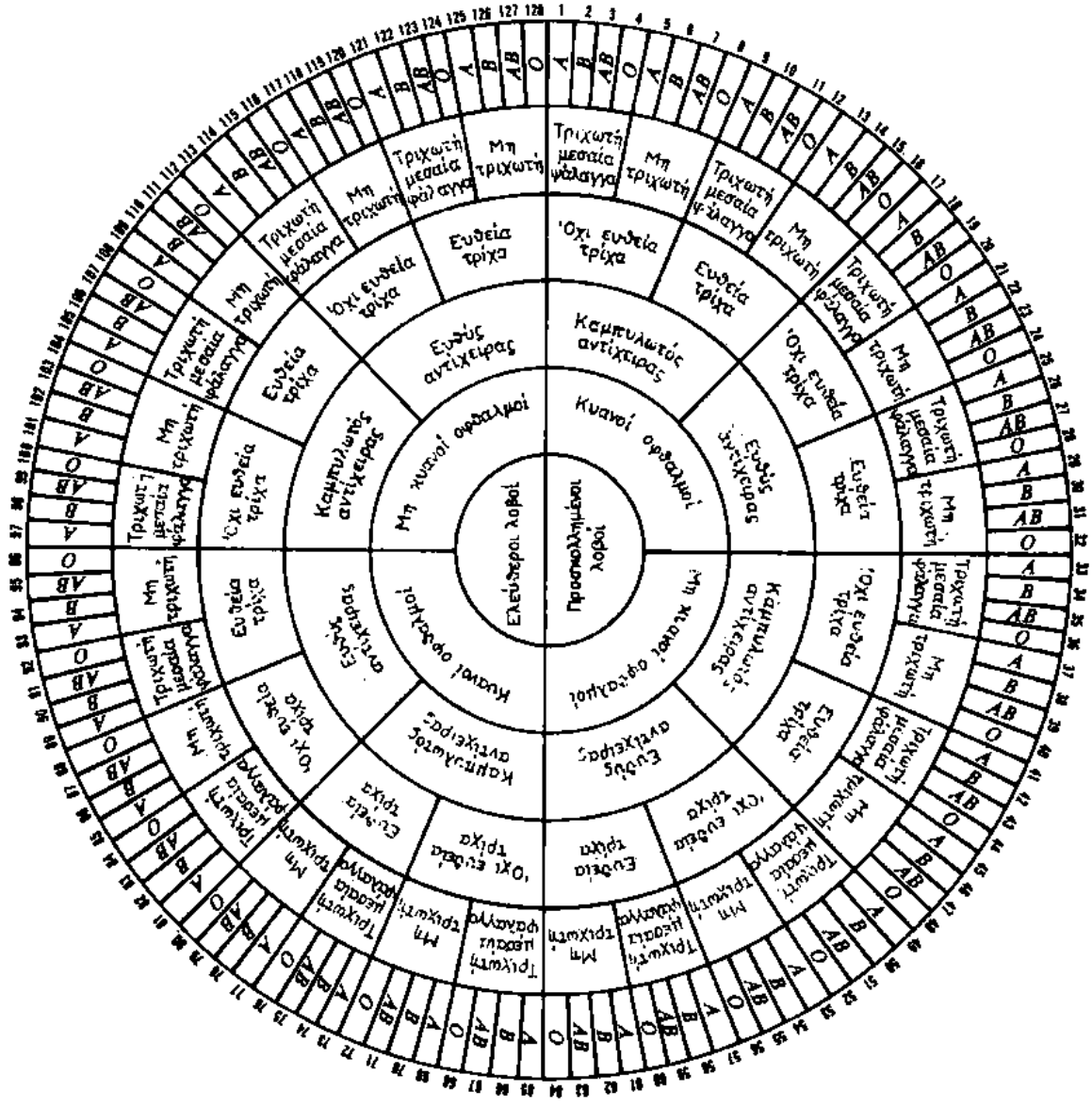
Η άσκηση που ακολουθεί θα σας επιτρέψει να εξετάσετε την ποικιλότητα μεταξύ των μελών της τάξεώς σας με βάση έξι χαρακτηριστικά. Πέντε από τα χαρακτηριστικά προσδιορίζονται με άμεση εξέταση (αν και ο καμπυλωτός αντιτακτός δακτύλιος παρουσιάζει τέτοια ποικιλότητα, που μπορεί να σας δυσκολέψει). Το έκτο χαρακτηριστικό είναι ο Α-Β-Ο τύπος αίματος, που προσδιορίσατε στην πειραματική εργασία 13-Γ. Τα έξι αυτά χαρακτηριστικά σας επιτρέπουν να λάβετε μία ιδέα των διαφορών μεταξύ των ατόμων της τάξεώς σας.

Τα έξι χαρακτηριστικά είναι:

1. Ελεύθεροι σε αντίθεση με προσκολλημένους λοβούς αυτιού (βλέπε εικόνα 13-2).
2. Μη-γαλάζιοι οφθαλμοί (με χρωστική) σε αντίθεση με γαλάζιους οφθαλμούς (άνευ χρωστικής).
3. Καμπυλωτός αντιτακτός δάκτυλος σε αντίθεση με ευθύ αντιτακτό δάκτυλο (βλέπε εικόνα 16-Β-1).
4. Μη λείες τρίχες κεφαλής σε αντίθεση με λείες τρίχες κεφαλής.
5. Τριχωτή μεσαία φάλαγγα δακτύλων σε αντίθεση με μη τριχωτή (βλέπε εικόνα 16-Β-1).
6. Τέσσερις τύποι αίματος Α, Β, ΑΒ και Ο.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Προσδιορίστε τα έξι δικά σας χαρακτηριστικά. Χρησιμοποιήστε τα αποτελέσματα προσδιορισμού τύπου αίματος του πειράματος 13-Γ.
2. Χρησιμοποιήστε το γενετικό τροχό (εικόνα 16-Β-2). Αρχίστε από τη μέση με το πρώτο χαρακτηριστικό και προσδιορίστε αν σε κατατάσσει στη δεξιά ή στην αριστερή πλευρά από την κάθετη γραμμή.
3. Προχωρήστε στον επόμενο κύκλο του τροχού και αποφασίστε ποιο τμήμα πρέπει να διαλέξετε. Συνεχίστε να προχωράτε προς τα έξω ακολουθώντας τα διάφορα χαρα-



Εικόνα 16-Β-2 *Γενετικός τροχός για πέντε ζεύγη χαρακτήρων (φαινοτύπων) και ένα έκτο χαρακτηριστικό (ομάδες αίματος) με τέσσερις φαινοτύπους.*

κτηριστικά, έως ότου φθάσετε στην άκρη του τροχού. Το τελευταίο χαρακτηριστικό, ο τύπος αίματος, είναι ένα από τα τέσσερα αντί ένα από τα δύο. Αναγνώστε τώρα τον αριθμό που αναφέρεται στο συγκεκριμένο συνδυασμό χαρακτηριστικών.

4. Καταχωρίστε τον αριθμό.
5. Συγκεντρώστε τους αριθμούς, που έχουν προσδιορίσει οι συμμαθητές σας για τους εαυτούς τους.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Υπάρχει κανείς στην τάξη όμοιος με σας όσον αφορά και στα έξι χαρακτηριστικά; Δηλαδή έχει κανείς προσδιορίσει τον ίδιο

αριθμό με σας; (Αν υπάρχει, μπορείτε να ονομάσετε ένα έβδομο χαρακτηριστικό, στο οποίο διαφέρετε;)
2. Σε τι διαφέρει, όσον αφορά στους χαρακτήρες αυτούς, ένα άτομο με αριθμό 73 από ένα με αριθμό 56;
3. Σε τι διαφέρει, όσον αφορά στους χαρακτήρες αυτούς, ένα άτομο με αριθμό 46 από ένα με αριθμό 80;
4. Προσπαθήστε να δώσετε εξηγήσεις για πιθανές ομαδοποιήσεις γύρω από ορισμένους αριθμούς των ατόμων της τάξεώς σας.
5. Υποθέστε ότι από μία πτώση αεροπλάνου επιβιώνουν δύο άρρενα και δύο θήλεα άτομα, που έχουν αντίστοιχους αριθμούς 36, 40, 44 και 48, σε ένα ακατοίκητο νησί, στο οποίο δημιουργούν ένα νέο απομονωμένο πληθυσμό. Ποια χαρακτηριστικά δεν θα βρείτε στο νησιώτικο αυτό πληθυσμό, που είναι παρόντα στην τάξη σας;

Πειραματα για το κεφαλαιο 17

Συστήματα μεταφοράς

17-Α
Πώς ελέγχεται η μεταφορά νερού στα φυτά;

Η φυσιολογική οδός μεταφοράς νερού σε ένα ζωντανό φυτό αρχίζει από τις ρίζες, προχωρεί στο βλαστό και απολήγει στα φύλλα. Δυνάμεις και δομές του φυτού προσδιορίζουν την κίνηση αυτή του νερού. Η πειραματική αυτή εργασία συνδέεται με τις ακόλουθες ερωτήσεις:
1. Ποιο δομικό τμήμα του φυτού (ρίζα, βλαστός ή φύλλα) είναι το ποιο σπουδαίο για τη μεταφορά του νερού;
2. Ποια είδη κυττάρων υπάρχουν σε ένα φυτό, τα οποία επιτρέπουν στο νερό να διακινείται διά μέσου αυτών;
3. Χρησιμοποιείται όλο το νερό που προωθείται στα φύλλα ή ένα μέρος χάνεται;
4. Από ποια κατεύθυνση δρουν οι δυνάμεις για την ανοδική μεταφορά του νερού εναντίον της δυνάμεως της βαρύτητας;

α. Μέτρηση της προσλήψεως του νερού

ΥΛΙΚΑ

6 δοκιμαστικοί σωλήνες, φορέας δοκιμαστικών σωλήνων, νερό, φύλλο αλουμινίου, ξυραφάκι, 6 φυτάρια φασολιού (ή ηλίου), βαζελίνη, βαμβάκι, υαλογράφος.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γεμίστε 6 δοκιμαστικούς σωλήνες με νερό μέχρι αποστάσεως 2 εκ. από την κορυφή και σκεπάστε τους με φύλλο αλουμινίου. Χρησιμοποιήστε τους σύμφωνα με τις οδηγίες που ακολουθούν, χρησιμοποιώντας την εικόνα 17-Α-1 ως οδηγό. Σημειώστε τη στάθμη του νερού, αφού τοποθετήσετε κάθε φυτό στο νερό.

Σωλήνας 1: Σημειώστε τη στάθμη του νερού μόνο.

Σωλήνας 2: Με ένα ξυραφάκι κόψτε τις ρίζες περίπου 6 εκ. κάτω από τις κοτυληδόνες. Τρυπήστε το φύλλο αλουμινίου με ένα μολύβι, περάστε το φυτό μέσα από την τρύπα και βυθίστε το στο νερό.

Σωλήνας 3: Επαναλάβετε τη διαδικασία για το σωλήνα 2. Κατόπιν κόψτε τα ελάσματα των φύλλων από το φυτό αφήνοντας μόνο τους μίσχους.



Εικόνα 17-Α-1 *Παράδειγμα σωλήνων και φυτών για το πείραμα προσλήψεως νερού.*

Σωλήνας 4: Βγάλτε το φύλλο αλουμινίου από το στόμιο του σωλήνα και βυθίστε τις ρίζες ενός ολόκληρου φυταρίου στο νερό. Επανατοποθετήστε το φύλλο αλουμινίου, έτσι ώστε να κλείνει το άνοιγμα του σωλήνα και να στηρίζει το βλαστό του φυτού.

Σωλήνας 5: Επαναλάβετε τη διαδικασία που περιγράφηκε για το σωλήνα 4. Επιπλέον αφαιρέστε τα ελάσματα των φύλλων από το φυτάριο. Αφήστε μόνο τους μίσχους.

Σωλήνας 6: Επαναλάβετε τη διαδικασία που περιγράφηκε για το σωλήνα 2. Επιπλέον αλείψτε με βαζελίνη την άνω και κάτω επιφάνεια των φύλλων με ένα μικρό κομμάτι βαμβάκι.

Αφήστε το σύνολο των φυτών μέχρι την επόμενη μέρα αποφεύγοντας την απευθείας έκθεση στο ηλιακό φως. Μετά από 24 ώρες σημειώστε τη νέα στάθμη του νερού σε κάθε σωλήνα.

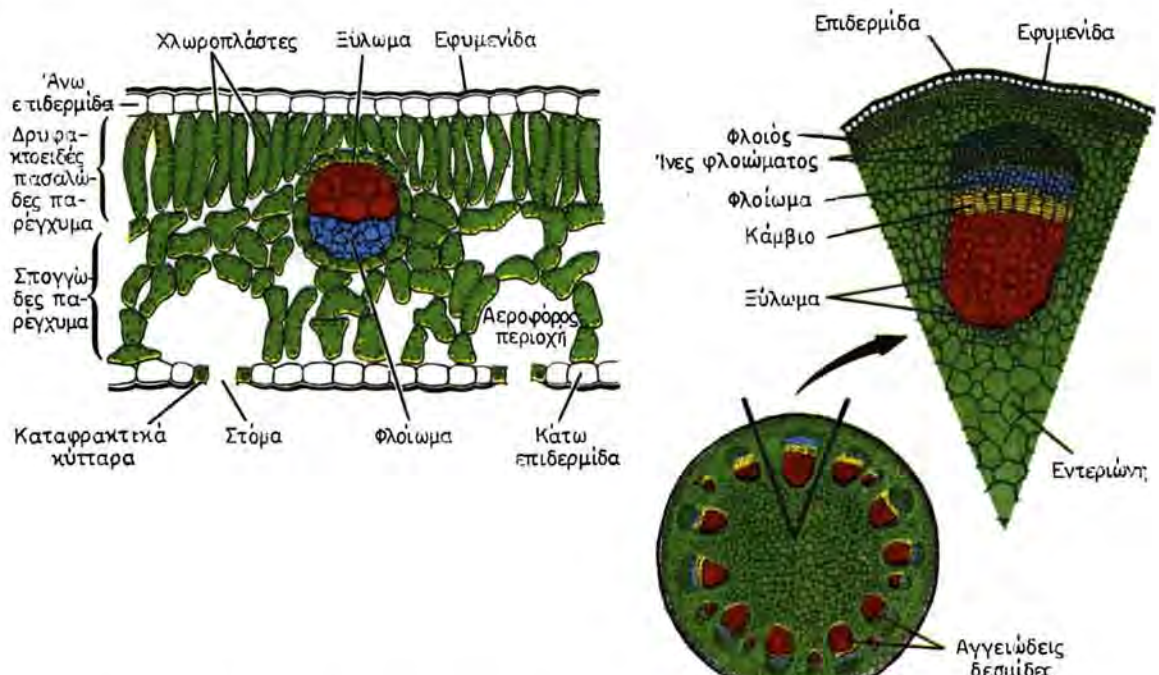
Προσδιορίστε τη διαφορά σε χιλιοστά μεταξύ της αρχικής στάθμης και της τελικής στάθμης του νερού σε κάθε σωλήνα.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Ποιος είναι ο σκοπός του πρώτου σωλήνα;
2. Εξηγήστε τις διαφορές επιπέδων νερού σε κάθε σωλήνα.
3. Ποιο μέρος του φυτού συνεισφέρει περισσότερο στην πρόσληψη του νερού;
4. Ποια διαφορά θα αναμένατε στο επίπεδο του νερού του σωλήνα 2, αν το φυτό είχε διπλάσιο αριθμό φύλλων;
5. Ποια διαφορά θα αναμένατε στο επίπεδο του νερού στο σωλήνα 5, αν το φυτό είχε διπλάσιο αριθμό ριζών;
6. Ποια διαφορά θα αναμένατε, αν η επιφάνεια τομής του φυτού στο σωλήνα 6 είχε καλυφθεί με βαζελίνη;
7. Με βάση τις παρατηρήσεις του πειράματος αυτού ποια από τις ακόλουθες φράσεις είναι σχεδόν σωστή;
   (α) Το νερό ωθείται στο φυτό προς τα άνω από δυνάμεις που δημιουργούνται στα κατώτερα τμήματα του φυτού.
   (β) Το νερό έλκεται στο φυτό προς τα άνω από δυνάμεις που δημιουργούνται στα ανώτερα τμήματα του φυτού.
8. Αν τα μόρια του νερού στους δοκιμαστικούς σωλήνες είχαν ιχνηθετηθεί, έτσι ώστε να είναι δυνατόν να παρακολουθηθούν, πού νομίζετε ότι θα ήταν δυνατόν να εντοπιστούν τα περισσότερα από αυτά που εισέρχονται; Περιγράψτε ένα πείραμα για να δοκιμάσετε την υπόθεσή σας.
9. Διαμορφώστε μία υπόθεση, η οποία θα ήταν δυνατόν να εξηγήσει τις δυνάμεις που μεταφέρουν το νερό στο φυτό προς άνω. (Αξιοπρόσεκτο σημείο: Τα μόρια του νερού τείνουν να συγκρατούνται ενωμένα).
10. Πώς τα αποτελέσματα του πειράματος αυτού βοηθούν στην εξήγηση της προσαρμογής ενός κάκτου της ερήμου για τη διατήρηση του νερού;

β. Παρατήρηση των δομών μεταφοράς στα φυτά

Στο μέρος ***α*** παρατηρήσατε ότι το επίπεδο νερού μεταβαλλόταν, όταν απουσίαζαν τα φύλλα ή οι ρίζες. Τώρα θα εξετάσετε τα μέρη του φυτού με το μικροσκόπιο και θα προσδιορίσετε ποιες δομές καθιστούν εφικτή τη μεταφορά του νερού σε ένα φυτό.



Εικόνα 17-Α-2 *Εγκάρσια τομή φύλλου (αριστερά) και εγκάρσια τομή νεαρού ξυλώδους βλαστού (δεξιά).*

ΥΛΙΚΑ

Έτοιμα μικροσκοπικά παρασκευάσματα που να δείχνουν: εγκάρσια τομή ξυλώδους βλαστού, εγκάρσια τομή φύλλου, επιδερμίδα φύλλου, σύνθετο μικροσκόπιο, φυτάρια από ραπάνια ή γρασίδι σε ένα τρυβλίο petri.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Μελετήστε την εγκάρσια τομή ενός φύλλου πρώτα με τη μικρή μεγέθυνση και κατόπιν με τη μεγάλη του σύνθετου μικροσκοπίου. Προσδιορίστε τις ακόλουθες δομές χρησιμοποιώντας ως πρότυπο την εικόνα 17-Α-2.

   Άνω επιδερμίδα η οποία καλύπτεται από ένα κηρώδες στρώμα. Τα κύτταρα είναι παχύτοιχα και πεπλατυσμένα.

   Δρυφακτοειδές (πασαλώδες) παρέγχυμα, το οποίο αποτελείται από πυκνά επιμήκη κύτταρα, που περιέχουν πολλούς χλωροπλάστες.

   Σπογγώδες παρέγχυμα, το οποίο αποτελείται από στρογγυλά κύτταρα με αεροφόρους χώρους μεταξύ τους· τα κύτταρα αυτά επίσης περιέχουν χλωροπλάστες.

   Νεύρα τα οποία αποτελούνται από ***ξυλώδη*** παχύτοιχα και φλοιώδη κύτταρα.

   Κάτω επιδερμίδα, η οποία δεν έχει χλωροπλάστες αλλά αφήνει ανοίγματα κατά διαστήματα.

   Στόματα. Αυτά είναι ανοίγματα στην κάτω επιδερμίδα.

   Καταφρακτικά κύτταρα, που είναι δύο μικρά κύτταρα, τα οποία περιβάλλουν κάθε στόμα και τα οποία περιέχουν χλωροπλάστες.

2. Παρατηρήστε με μεγάλη μεγέθυνση ένα παρασκεύασμα που δείχνει την κάτω επιδερμίδα. Εντοπίστε τα καταφρακτικά κύτταρα που περιβάλλουν ένα άνοιγμα, το στόμα.

3. Μελετήστε μία εγκάρσια τομή ενός ξυλώδους βλαστού με τη μικρή μεγέθυνση του μικροσκοπίου. Προσδιορίστε τις περιοχές της ***εντεριώνης,*** των ***αγγειωδών δεσμίων,*** του ***καμβίου,*** του ***φλοιού.*** Τοποθετήστε τη μεγάλη μεγέθυνση και παρατηρήστε μία αγγειώδη δεσμίδα σε μεγαλύτερη λεπτομέρεια. Προσδιορίστε το ***ξύλωμα,*** με τα παχύτοιχα κύτταρα, προς την κεντρική περιο-

χή του βλαστού και το ***φλοίωμα,*** με τα λεπτότοιχα κύτταρα, προς την έξω περιοχή του βλαστού. Τα κύτταρα του ξυλώματος και τα κύτταρα του φλοιώματος διαχωρίζονται από μία επιφάνεια ζωντανών κυττάρων, που ονομάζεται ***κάμβιο.***

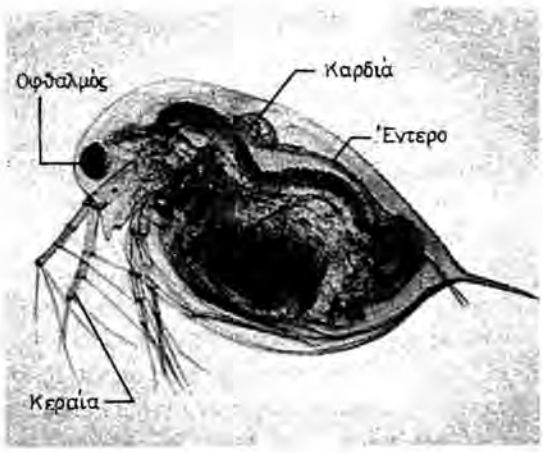
4. Τοποθετήστε προσεκτικά ένα φυτάριο σε μία σταγόνα επάνω σε μία αντικειμενοφόρο και παρατηρήστε το με μικρή μεγέθυνση. Προσέξτε την επέκταση της επιφάνειας απορροφήσεως, η οποία δημιουργείται από την ανάπτυξη των ριζικών τριχιδίων. Η βαθύχρωμη και μεγαλύτερης πυκνότητας κεντρική περιοχή της νεαρής ρίζας προέρχεται από την ανάπτυξη των αγγειωδών δεσμίδων της ρίζας, που αποτελούνται από κύτταρα ξυλώματος, φλοιώματος και καμβίου.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Αναφέρετε μερικές προσαρμογές του φύλλου για την προστασία από απώλεια νερού.
2. Με ποιους τρόπους η απώλεια νερού από τα φύλλα βοηθά το φυτό; Με ποιους τρόπους είναι δυνατόν να βλάψει το φυτό;
3. Πώς έχει προσαρμοσθεί η ρίζα για την απορρόφηση νερού από το έδαφος;
4. Πώς εισέρχεται το νερό στα ριζικά τριχίδια και τα επιδερμικά κύτταρα;
5. Ποια δομή του βλαστού χρησιμεύει ως σύνδεσμος μεταξύ των αγγείων των ριζών που μεταφέρουν νερό και των νεύρων των φύλλων;
6. Ποια είναι η οδός που ακολουθούν τα μόρια του νερού; Χρησιμοποιήστε το ***α*** μέρος της πειραματικής αυτής εργασίας.
7. Ονομάστε τις γενικές και τις ειδικές δομές της ρίζας, του βλαστού και του φύλλου, που σχετίζονται με τη μεταφορά του νερού.

17-Β
Ποικιλότητα στους καρδιακούς παλμούς της Δάφνιας

Η *Δάφνια* είναι ένα μικρό υδρόβιο ζώο. Παρά το ότι ονομάζεται συνήθως «ψύλλος της θάλασσας» στην πραγματικότητα είναι ένα καρκινοειδές συγγενές της καραβίδας και της γαρίδας. Η *Δάφνια* είναι ένα πολύ χρήσιμο πειραματόζωο, γιατί είναι διαφανές. Τα εσω-



Εικόνα 17-Β-1 *Δάφνια.*

τερικά όργανά της φαίνονται όπως βρίσκονται σε λειτουργία. Στην άσκηση αυτή θα παρατηρήσετε την καρδιά της *Δάφνιας*, για να προσδιορίσετε, αν υπάρχει σύνδεση μεταξύ του ρυθμού των καρδιακών παλμών και της ποικιλότητας που θα εισάγετε στο περιβάλλον της.

ΥΛΙΚΑ

Μικροσκόπιο, *Δάφνια* (ζωντανά άτομα), αντικειμενοφόρες πλάκες, 0,5% αλκοόλη, σταγονόμετρα, ίνες βαμβακιού, χλωροπρομαζίνη, χρονόμετρο, ή ρολόι με δευτερολεπτοδείκτη, D-θειική αμφεταμίνη, καφές, κακάο, ανθρακούχα αναψυκτικά, άλλα διεγερτικά ή καταπραϋντικά.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Με ένα σταγονόμετρο μεταφέρετε ένα έως δύο άτομα *Δάφνιας* από την καλλιέργεια σε μία αντικειμενοφόρο πλάκα. Απομακρύνετε όσο μπορείτε περισσότερο νερό αφήνοντας μόνο όσο είναι αρκετό για να διατηρηθούν οι *Δάφνιες* ζωντανές. Οι κινήσεις των ζώων είναι δυνατόν να μειωθούν με την τοποθέτηση λίγων ινών βαμβακιού κάτω από την καλυπτρίδα.
   Τοποθετήστε την πλάκα κάτω από τη μικρή μεγέθυνση του μικροσκοπίου. Χρησιμοποιήστε την εικόνα 17-Β-1, για να εντοπίσετε τα διάφορα μέρη του σώματος.
2. Θα πρέπει να δείτε πολύ εύκολα την καρδιά που πάλλεται πολύ γρήγορα μέσα στο διαφανές σώμα του ζώου. (Μείωση του

φωτισμού θα σας βοηθήσει να παρατηρήσετε καλύτερα και συγχρόνως θα προλάβει αύξηση της θερμοκρασίας, που είναι δυνατόν να αποβεί θανατηφόρα για το ζώο). Μαζί με ένα άλλο μαθητή, που θα είναι ο χρονομέτρης, προσδιορίστε το ρυθμό των καρδιακών παλμών υπό φυσιολογικές συνθήκες μετρώντας τον αριθμό των παλμών ανά λεπτό για τρεις φορές. (Αργότερα θα υπολογίσετε το μέσο όρο, αλλά τώρα απλώς καταχωρήστε τις μετρήσεις).
3. Προσθέστε μία σταγόνα χλωροπρομαζίνης στην αντικειμενοφόρα πλάκα. Σημειώστε την αντίδραση της *Δάφνιας*. Κάντε τρεις μονόλεπτες μετρήσεις των καρδιακών παλμών όπως και πριν. Καταχωρήστε τους ρυθμούς. Ξεπλύνετε το σταγονόμετρο και μεταφέρετε τις *Δάφνιες* πίσω στο δοχείο καλλιέργειας.
4. Τοποθετήστε μία άλλη *Δάφνια* σε μία καθαρή πλάκα και απομακρύνετε όσο περισσότερο νερό είναι δυνατό. Προσθέστε μία σταγόνα D-θειικής αμφεταμίνης και παρατηρήστε τα αποτελέσματα. Προσδιορίστε τον ρυθμό καρδιακών παλμών πάλι.
5. Σε ένα τρίτο άτομο *Δάφνιας* προσδιορίστε τον κανονικό ρυθμό καρδιακών παλμών και το ρυθμό μετά από προσθήκη αλκοόλης. Αν έχετε χρόνο, μπορείτε να προσδιορίσετε την επίδραση και άλλων υλικών, που είναι γνωστά ως διεγερτικά ή καταπραϋντικά. Καταχωρήστε όλα τα αποτελέσματά σας υπό μορφή πίνακα.
6. Υπολογίστε το μέσο όρο για κάθε σύνολο τριών μετρήσεων που έχετε πάρει, το μέσο όρο της τάξεως για το μάρτυρα και το μέσο όρο για κάθε πειραματική δοκιμασία.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Τι χρησιμεύει ως μάρτυρας σε όλα αυτά τα πειράματα;
2. Ποια είναι η επίδραση καθεμιάς από τις χημικές ουσίες που προστέθηκαν;
3. Πόσο μεγάλη είναι η ποικιλότητα στο φυσιολογικό ρυθμό καρδιακών παλμών στη *Δάφνια;* Με άλλα λόγια έχουν όλα τα άτομα περίπου τον ίδιο ρυθμό καρδιακών παλμών ή μερικά άτομα διαφέρουν πολύ από το μέσο όρο;
4. Από τους μέσους όρους της τάξεως για τα τρία πειράματα ετοιμάστε μία γραφική παράσταση. Σημειώστε το ρυθμό καρδιακών παλμών (σε κατάλληλες αποστάσεις) στον οριζόντιο άξονα και τον αριθμό των ατόμων στον κατακόρυφο άξονα. Σημειώστε το φυσιολογικό ρυθμό με ένα χρώμα και τους ρυθμούς υπό την επίδραση κάθε χημικής ουσίας με άλλο χρώμα.
5. Ποια είναι η πιθανότητα οι μεταβολές που εντοπίσατε στο ρυθμό καρδιακών παλμών να είναι τυχαίες παρά να οφείλονται στις χημικές ουσίες που χρησιμοποιήσατε; Εξηγήστε την απάντησή σας χρησιμοποιώντας τη γραφική παράσταση που ετοιμάσατε.

17-Γ
Τριχοειδής κυκλοφορία

Στα τριχοειδή, τα κύτταρα του αίματος καθώς διέρχονται κινούνται γρήγορα, περιστρέφονται και συσφίγγονται. Παρατηρώντας την τριχοειδή κυκλοφορία θα αντιληφθείτε το σπουδαίο συσχετισμό που υπάρχει ανάμεσα στην κυκλοφορία του αίματος και τους σωματικούς ιστούς.

Η διάμετρος των τριχοειδών ποικίλλει αρκετά, εξαρτώμενη από την ποσότητα του αίματος που κυκλοφορεί. Τα λεπτά τοιχώματα των τριχοειδών είναι πιο ελαστικά παρά μυώδη και γι' αυτό είναι δυνατό να διαστέλλονται ή να συστέλλονται. Η ροή του αίματος προσδιορίζεται κυρίως από τις μικρές αρτηρίες, που καταλήγουν στα τριχοειδή. Οι αρτηρίες αυτές έχουν μυώδη τοιχώματα, που αντιδρούν άμεσα σε χημικά και νευρικά ερεθίσματα. Το κοκκίνισμα ενός ατόμου που έχει μόλις τελειώσει τις ασκήσεις του οφείλεται στην αυξημένη ροή αίματος και τη διαστολή των τριχοειδών. Ερεθίσματα από αλκοόλη, νικοτίνη, γαλακτικό οξύ και νιτρώδες νάτριο οδηγούν σε διαστολή ή συστολή των μικρών αρτηριών.

Στην πειραματική αυτή εργασία θα παρατηρήσετε τη φυσιολογική τριχοειδή κυκλοφορία σε ζωντανό ιστό. Θα προσδιορίσετε, αν διάφορα ερεθίσματα οδηγούν σε διαστολή ή συστολή των μικρών αρτηριών.

α. Παρατηρώντας τα τριχοειδή

ΥΛΙΚΑ

Ζωντανός βάτραχος ή χρυσόψαρο, σανίδα

από μαλακό ξύλο ή τρυβλίο petri, ύφασμα ή χαρτοπετσέτες, σταγονόμετρο, καρφίτσες, σπάγγος, σύνθετο μικροσκόπιο.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τυλίξτε το βάτραχο σε υγρό ύφασμα ή υγρές χαρτοπετσέτες και δέστε τον επάνω στη σανίδα, έτσι ώστε να μην είναι δυνατόν να κινηθεί. Τεντώστε ένα από τα πίσω πόδια του βατράχου επάνω στη σανίδα και συγκρατήστε το με καρφίτσες τοποθετημένες σταυρωτά, όπως φαίνεται στην εικόνα 17-Γ-1. Η μεμβράνη ανάμεσα στα δάκτυλα του ποδιού μπορεί να διαταθεί επάνω από μία τρύπα της σανίδας και να συγκρατηθεί στη θέση αυτή με δύο ή τρεις καρφίτσες, όπως φαίνεται στην ίδια εικόνα.

ΠΡΟΣΟΧΗ. Έχετε υποχρέωση να μεταχειρίζεσθε το βάτραχο με ανθρωπισμό. Ο βάτραχος πρέπει να προσδεθεί προσεκτικά στη σανίδα, έτσι ώστε να μη μπορεί να τραβήξει το πόδια του από τις καρφίτσες που συγκρατούν τη μεμβράνη ανάμεσα στα δάκτυλα Κ αυτό θα προκαλούσε σχίσιμο της μεμβράνης και αιμορραγία. Επειδή στο σημείο αυτό δεν υπάρχουν σχεδόν καθόλου νεύρα, ο βάτραχος δεν αισθάνεται πόνο, αν το πόδι του έχει ακινητοποιηθεί προσεκτικά. Αν το πόδι συγκρατείται σωστά, οι τρύπες από τις καρφίτσες, που είναι πολύ μικρές, θα αποθεραπευθούν σχεδόν αμέσως.

Όταν θα έχει τελειώσει η τοποθέτηση, καταβρέξτε τη μεμβράνη του ποδιού με νερό από το σταγονόμετρο. Βρέχετέ την κάθε 2 έως 3 λεπτά. Μην αφήσετε τη μεμβράνη να στεγνώσει, γιατί αυτό θα βλάψει την κυκλοφορία.

Αν χρησιμοποιείτε ψάρι, τυλίξτε το (εκτός από την ουρά) σε υγρό ύφασμα ή χαρτί και τοποθετήστε το σε ένα τρυβλίο petri. Βρέξτε τον πυθμένα του τρυβλίου και απλώστε την ουρά στο βρεγμένο γυαλί. Προσθέστε νερό κάθε λίγα λεπτά, για να διατηρείται η ουρά υγρή. Τοποθετήστε το τρυβλίο στην τράπεζα του μικροσκοπίου.

Τοποθετήστε το βάτραχο ή το ψάρι στην τράπεζα του μικροσκοπίου, έτσι ώστε να διέρχεται πολύ φως μέσα από τους ιστούς της



Εικόνα 17-Γ-1 *Ζωντανός βάτραχος στην κατάλληλη θέση για την παρατήρηση της κυκλοφορίας του αίματος στα τριχοειδή αγγεία του ποδιού. Σημειώστε την τρύπα κάτω από το πόδι και διασταυρούμενες καρφίτσες που συγκρατούν το πόδι στη κατάλληλη θέση χωρίς να πληγώνουν τον βάτραχο.*

μεμβράνης ή της ουράς. Εξετάστε προσεκτικά τον ιστό κάτω από τη μικρή μεγέθυνση του μικροσκοπίου. Προσπαθήστε να εντοπίσετε μικρές αρτηρίες, μικρές φλέβες και τριχοειδή. Θα πρέπει να είσθε σε θέση να ξεχωρίζετε αγγεία διαφόρων μεγεθών. Είναι η ταχύτητα ροής η ίδια σε όλα τα αγγεία; Αν δεν είναι, πού είναι ταχύτερη, στα μεγάλα ή στα μικρά αιμοφόρα αγγεία; Προσδιορίστε τη διάμετρο των αγγείων με σύγκριση προς το μέγεθος των ερυθροκυττάρων. Στο βάτραχο τα κύτταρα αυτά είναι ωοειδή ως προς το σχήμα και το μήκος τους, είναι κατά μέσο όρο 22 μm, το πλάτος 15 μm και το πάχος 4 μm (1 μm είναι 1/100 του mm).

β. Χημικός έλεγχος της διαμέτρου των τριχοειδών

Στην παράγραφο αυτή θα μελετήσετε την επίδραση διαφόρων χημικών ουσιών στη διάμετρο των μικρών αρτηριών. Μερικές χημικές ουσίες προκαλούν διαστολή των αιμοφόρων αγγείων και άλλες προκαλούν συστολή των αγγείων. Αν χρησιμοποιείτε ένα βάτραχο, χρησιμοποιήστε μία διαστέλλουσα και μία συστέλλουσα ουσία στη μεμβράνη κάθε ποδιού. Αν χρησιμοποιείτε ένα ψάρι, είναι δυνατό να πειραματισθείτε στο ουραίο πτερύγιο με δύο διαστέλλουσες και δύο συστέλλουσες χημικές ουσίες. Για τη διάκριση των ουσιών που διαστέλλουν από αυτές που συστέλλουν οι χημικές ουσίες είναι ομαδοποιημένες σε δύο ομάδες. Καθώς εκτελείτε το πείραμα, θα μπορέσετε να βρείτε ποια ομάδα περιέχει τις ουσίες που διαστέλλουν και ποια τις ουσίες που συστέλλουν.

ΥΛΙΚΑ

Ανατομική βελόνα, σταγονόμετρα, οδοντογλυφίδες, χημικές ουσίες ομάδας Α (αδρεναλίνη, νικοτίνη), χημικές ουσίες ομάδας Β (γαλακτικό οξύ, ισταμίνη, όξινη φωσφορική ισταμίνη, ακετυλχολίνη, αλκοόλη, νιτρώδες νάτριο).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ο συνεργάτης σας στο εργαστήριο θα πρέπει να προσθέσει με ένα σταγονόμετρο μία ή δύο σταγόνες ενός διαλύματος στη μεμβράνη. Να παρατηρείτε συνεχώς τα τριχοειδή, πριν, κατά τη διάρκεια και μετά τη δοκιμασία. Να παρατηρείτε τα τριχοειδή για 2 ως 5 λεπτά, για να έχετε χρόνο η χημική ουσία να διαχυθεί στους ιστούς.

Είναι δύσκολο να παρατηρήσετε τη συστολή και τη διαστολή. Θα διαπιστώσετε ότι είναι πιο εύκολο να πείτε, αν τα τριχοειδή διαστέλλονται ή συστέλλονται, αν συγκρίνετε τη διάμετρο των τριχοειδών με τη διάμετρο των ερυθρών αιμοσφαιρίων και αν παρατηρείτε το ρυθμό ροής του αίματος.

Αφού δοκιμάσετε την επίδραση μιας χημικής ουσίας, ξεπλύνετε τη μεμβράνη με άφθονο νερό. Κατόπιν διαλέξτε μία άλλη χημική ουσία από την άλλη ομάδα και δοκιμάστε την επίδρασή της. Η επίδραση της νικοτίνης πρέπει να μελετηθεί τελευταία.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Με βάση το πείραμα αυτό νομίζετε ότι έχετε λιγότερες ή περισσότερες πιθανότητες να υποφέρει από έκθεση σε δυνατό κρύο ένας άνθρωπος που βρίσκεται κάτω από την επίδραση αλκοόλης; Εξηγήστε το συλλογισμό σας.
2. Ένας μυς που έχει συγκεντρωμένο γαλακτικό οξύ εξυπηρετείται λιγότερο ή περισσότερο αποτελεσματικά από το κυκλοφορικό σύστημα;
3. Γιατί η νικοτίνη (που βρίσκεται στα τσιγάρα) επιδρά στις αθλητικές ικανότητες ενός ανθρώπου;
4. Οι πειραματικές δοκιμασίες που χρησιμοποιήσατε είναι, φυσικά, τεχνητές. Κάτω από ποιες ***φυσιολογικές*** συνθήκες είναι δυνατό να αλλάζει η διάμετρος των τριχοειδών;

Πειραματα για το κεφαλαιο 18

Αναπνευστικά συστήματα

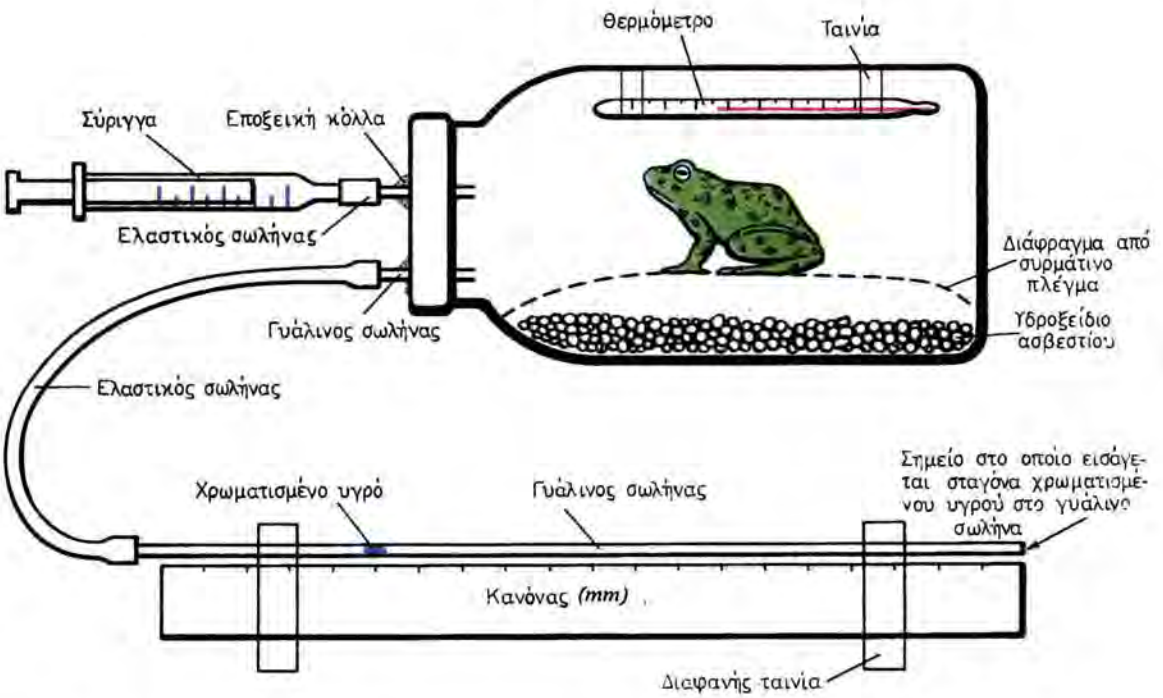
18-Α
Σύγκριση καταναλώσεως οξυγόνου σε μικρά σπονδυλωτά ζώα

Ως ***μεταβολισμός*** είναι δυνατό να ορισθεί το σύνολο όλων των ζωικών λειτουργιών ενός οργανισμού. Στους αερόβιους οργανισμούς οι ζωικές λειτουργίες εξαρτώνται από την ενέργεια, που προκύπτει από την κυτταρική αναπνοή, η οποία χρησιμοποιεί οξυγόνο. Γι' αυτό η ποσότητα οξυγόνου που χρησιμοποιεί ένας οργανισμός συνδέεται άμεσα με το ρυθμό μεταβολισμού του. Ο ρυθμός μεταβολισμού ενός οργανισμού είναι δυνατό να προσδιορισθεί από την ποσότητα οξυγόνου, που χρησιμοποιείται ανά μονάδα βάρους σε δεδομένη χρονική περίοδο.

Στη μελέτη αυτή θα προσδιορίσετε και κατόπιν θα συγκρίνετε το ρυθμό καταναλώσεως οξυγόνου σε ορισμένα μικρά ζώα.

ΥΛΙΚΑ

Ογκομετρική συσκευή, ποντίκι, βάτραχος και άλλα μικρά ζώα, ασβέστιο ύδωρ, θερμόμετρο, χρωματισμένο νερό και σταγονόμετρο, ζυγός, ρολόι με δευτερολεπτοδείκτη, πάγος.



Εικόνα 18-Α-1 *Ογκομετρική συσκευή μετρήσεως καταναλώσεως οξυγόνου από ένα βάτραχο (ή άλλο μικρό ζώο).*

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Κατασκευάστε μία ογκομετρική συσκευή, όπως αυτή που φαίνεται στην εικόνα 18-Α-1. Βεβαιωθείτε ότι το πώμα εφαρμόζει αεροστεγώς. Ακινητοποιήστε τη φιάλη, ώστε να μην είναι δυνατό να κυλήσει. Το διοξείδιο του άνθρακα που αποδίδεται από το ζώο θα απορροφάται από το ασβέστιο ύδωρ. Καθώς το ζώο χρησιμοποιεί το οξυγόνο, η ατμοσφαιρική πίεση μέσα στη φιάλη θα ελαττώνεται. Η υψηλότερη εξωτερική πίεση θα ωθήσει το χρωματισμένο υγρό στο σωλήνα προς τη φιάλη. Μετρώντας την απόσταση που διανύει το υγρό σε δεδομένη χρονική περίοδο μπορείτε να προσδιορίσετε το ρυθμό καταναλώσεως οξυγόνου από το ζώο.
2. Ζυγίστε το ζώο που θα χρησιμοποιηθεί. Τοποθετήστε το στη φιάλη.
3. Τραβήξτε προς τα έξω το έμβολο της σύριγγας έως το σημείο των 3/4 του διαστήματος κινήσεώς του. Κατόπιν προσθέστε μία σταγόνα χρωματισμένο υγρό στο ανοικτό άκρο του σωλήνα στο τέλος του κανόνα.
4. Αρχίστε τη δοκιμασία και καταχωρήστε την απόσταση που διανύει το υγρό σε δεδομένη χρονική περίοδο. Ο χρόνος που χρειάζεται για να εκτελέσετε κάθε δοκιμασία, θα εξαρτάται από το ρυθμό με τον οποίο το ζώο καταναλίσκει οξυγόνο. Μεταξύ δοκιμασιών πρέπει να αποσύρετε τη σύριγγα από το σωλήνα και να ανοίγετε τη φιάλη, για να εφοδιάσετε το ζώο με αέρα. Αν έχετε χρόνο, εκτελέστε τρεις δοκιμασίες με κάθε ζώο.
5. Μετά από τη δοκιμασία κάθε ζώου προσδιορίστε σε χιλιοστά του λίτρου το μέσο όρο όγκου οξυγόνου που χρησιμοποίησε κάθε ζώο. Χρησιμοποιήστε τη σύριγγα, για να μετρήσετε τον όγκο του αέρα που θα μετακινήσει το υγρό όσο ακριβώς μετακι-

νήθηκε από την αναπνοή του ζώου κατά τη δοκιμασία. Ο όγκος αυτός θα είναι ίσος με τον όγκο του οξυγόνου, που χρησιμοποιήθηκε από το ζώο.

6. Αν ο χρόνος το επιτρέπει, συγκρίνετε την κατανάλωση οξυγόνου από ζώα υπό διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασίας. Ψύξτε τον αέρα της φιάλης τοποθετώντας ένα πλαστικό σάκο με πάγο στο εξωτερικό της φιάλης. Θερμάνετε τον αέρα προσθέτοντας στο σάκο ζεστό νερό. Απομακρύνετε το σάκο, όταν ο αέρας έχει λάβει την επιθυμητή θερμοκρασία.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Τοποθετήστε τα δεδομένα σας σε γραφική παράσταση, για να συγκρίνετε το οξυγόνο που καταναλώθηκε από τα ζώα, με τα οποία πειραματισθήκατε.
2. Προσδιορίστε το μέσο όρο των χιλιοστών του λίτρου οξυγόνου, που κάθε ζώο καταναλώνει σε μία ώρα ανά 100 γραμμάρια μάζας του σώματός του.
   Παράδειγμα:
   Μάζα ζώου = 250 g
   Οξυγόνο που καταναλώθηκε σε 3 λεπτά: 6 ml
   6 ml / 3 λεπτά = 2 ml ανά λεπτό για τα 250 g
   2 ml / 2,5 = 0,8 ml ανά 100 g μάζας σώματος ανά λεπτό
   0,8 ml × 60 = 48 ml οξυγόνο ανά 100 g μάζας σώματος ανά ώρα
3. Ποια τιμή αποδίδει ορθότερα το ρυθμό μεταβολισμού ενός ζώου: η ολική ποσότητα του οξυγόνου που καταναλώθηκε σε δεδομένη χρονική περίοδο ή η ποσότητα οξυγόνου που χρησιμοποιήθηκε σε δεδομένη χρονική περίοδο σε σχέση με τη μάζα του σώματος; Εξηγήστε.
4. Ο πίνακας 18-Α-1 δίνει τιμές καταναλώσεως οξυγόνου για διάφορα ζώα. Συγκρίνετε τα αποτελέσματά σας με τις τιμές που δίνονται στον πίνακα. Βεβαιωθείτε ότι οι μονάδες είναι ίδιες. Ένα ml είναι ίσο προς 1000 mm^3 του μέτρου (1 ml = 1000 mm^3).
5. Μελετήστε τα αποτελέσματα του εργαστηριακού αυτού πειράματος και τις τιμές που δίνονται στον πίνακα 18-Α-1. Διαμορφώστε μερικές υποθέσεις για τους διάφορους παράγοντες, που επιδρούν στους μεταβολικούς ρυθμούς των διαφόρων οργανισμών.

Ζώο	Καταναλωθέν οξυγόνο σε mm^3 ανά g μάζας σώματος ανά ώρα
Θαλάσσια ανεμώνα	13
Πολύχαιτος σκώληκας	30
Χταπόδι	80
Καλαμάρι	320
Χέλι	128
Άνθρωπος	200
Κολίβριο (σε ανάπαυση)	3.500
Κολίβριο (σε πτήση)	40.000

Πίνακας 18-Α-1 Η κατανάλωση οξυγόνου από έξι ζώα σε κατάσταση αναπαύσεως και ένα έβδομο, ένα κολίβριο, σε ανάπαυση και την ώρα που πετά.

18-Β
Μέτρηση συγκεντρώσεως διοξειδίου του άνθρακα στην ανθρώπινη αναπνοή

Γνωρίζετε ότι, όταν ασκείσθε, η αναπνοή σας επιταχύνεται, σχετικά με το ρυθμό της όταν αναπαύεσθε. Αν το διοξείδιο του άνθρακα απομακρύνεται από τους πνεύμονές σας όταν εκπνέετε, τότε, όσο ταχύτερα αναπνέετε, τόσο ταχύτερα το διοξείδιο του άνθρακα απομακρύνεται. Αντιθέτως, όσο ταχύτερα αναπνέετε, τόσο λιγότερο χρόνο παραμένει ο αέρας στους πνεύμονές σας και γι' αυτό υπάρχει λιγότερος χρόνος για τη μεταφορά του διοξειδίου του άνθρακα από το αίμα στους πνεύμονες. Αυτό θα οδηγούσε σε λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα στην αναπνοή σας. Γι' αυτό είναι δυνατό να βεβαιωθούμε ότι ταχύτερη αναπνοή απομακρύνει περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα;

Στο πείραμα αυτό θα διερευνήσετε τις αντίθετες αυτές υποθέσεις και θα απαντήσετε στην ερώτηση: Πώς επιδρά η εξάσκηση στη συγκέντρωση διοξειδίου άνθρακα στον εκπνεόμενο αέρα;

ΥΛΙΚΑ

2 λαστιχάκια μικρού μήκους, πλαστικός σωλήνας (εσωτερική διάμετρος 6 mm), 2 πλαστικοί σάκοι (όγκου 2 λίτρων), 2 κωνικές

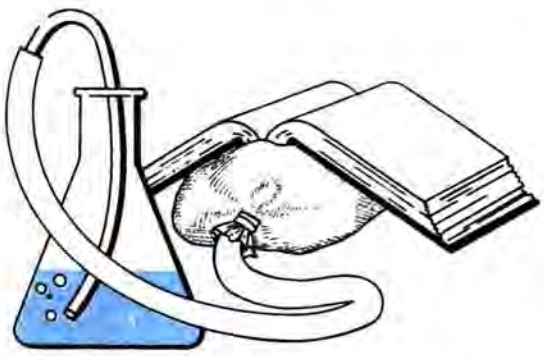
φιάλες των 250 ml, πλαστικός σωλήνας μήκους 30 cm (εξωτερική διάμετρος 6 mm), ογκομετρικός κύλινδρος 100 ml, ογκομετρικός κύλινδρος 10 ml, σταγονομετρική φιάλη με 0,04% υδροξείδιο του νατρίου (NaOH), γυάλινο δοχείο των 4 λίτρων, δοχείο που να συγκρατεί νερό από το γυάλινο δοχείο των 4 λίτρων, υαλογραφικό μολύβι.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΠΕΡΙΛΗΠΤΙΚΑ

Θα συλλέξετε αέρα από την επνοή σας μέσα σε ένα πλαστικό σάκο και θα τον διαβιβάσετε υπό μορφή φυσαλίδων μέσα από το νερό. Το CO_2 είναι διαλυτό στο νερό και αντιδρά χημικώς προς τη φιάλη με σχηματισμό ανθρακικού οξέος (H_2CO_3). Όσο περισσότερο CO_2 προστίθεται στο νερό, τόσο περισσότερο όξινο γίνεται το νερό. Η ποσότητα του CO_2 στο νερό μπορεί να προσδιορισθεί με μέτρηση της ποσότητας βάσεως (γνωστής συγκεντρώσεως), που χρειάζεται για να εξουδετερώσει το οξύ. Η δοκιμασία αυτή θα γίνει στον αέρα της αναπνοής σας πριν και μετά από άσκηση. Οι ακόλουθες λεπτομερείς οδηγίες θα πρέπει να τηρηθούν σχολαστικά, ώστε να έχετε ακριβείς και αξιόπιστες μετρήσεις της συγκεντρώσεως του CO_2 στην εκπνοή σας.

ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Εισάγετε το σωλήνα μεγαλύτερης διαμέτρου στο ανοικτό άκρο του πλαστικού σάκου. Κλείστε το άκρο σφικτά με ένα λαστιχάκι. Δοκιμάστε να βεβαιωθείτε ότι δεν φεύγει αέρας.
2. Προσθέστε 100 ml νερού σε κάθε μία από τις κωνικές φιάλες των 250 ml. Προσθέστε 6 έως 8 σταγόνες κυανού της βρωμοθυμόλης. Ανακινήστε καλά τη φιάλη. Αν το νερό δεν είναι κυανό, προσθέστε μερικές σταγόνες υδροξειδίου του νατρίου (NaOH), έως ότου το νερό πάρει οριστικά κυανό χρώμα. Αν το NaOH είναι αναγκαίο, βεβαιωθείτε ότι έχετε προσθέσει τον ίδιο αριθμό σταγόνων και στις δύο φιάλες. Σημαδέψτε τις φιάλες ως Α και Β. Τοποθετήστε το ένα άκρο του μικρότερου πλαστικού σωλήνα στο διάλυμα της φιάλης Α.



Εικόνα 18-Β-1 Η πειραματική διάταξη για διοχέτευση φυσαλίδων διοξειδίου του άνθρακα μέσω του διαλύματος της φιάλης Α.

3. Τοποθετήστε το ελεύθερο άκρο του μεγαλύτερου σωλήνα στο στόμα σας, ενώ θα βρίσκεσθε σε ανάπαυση και θα αναπνέετε κανονικά. Αφήστε την εκπνοή σας μέσα στον πλαστικό σάκο. Αναπνέετε κανονικά αλλά αντί να αφήνετε την εκπνοή σας στο δωμάτιο, αφήνετέ την στον πλαστικό σάκο. Μην εισπνέετε αέρα από το σάκο. Μη συγκρατείτε την αναπνοή σας προτού εκπνεύσετε και μην εξωθείτε την εκπνοή σας. Επαναλάβετε την εκπνοή στο σάκο όσες φορές είναι αναγκαίο για να πληρωθεί τελείως.
4. Μόλις ο σάκος είναι πλήρης από αέρα της εκπνοής σας, εισάγετε γρήγορα το άκρο του μικρού πλαστικού σωλήνα στο μεγάλο πλαστικό σωλήνα του σάκου. Προσπαθήστε να μη χάσετε καθόλου αέρα, καθώς συνδέετε τους σωλήνες. Ξαπλώστε τον πλήρη αέρα σάκο στο τραπέζι. Τοποθετήστε το βιβλίο βιολογίας σας επάνω στο σάκο, όπως φαίνεται στην εικόνα 18-Β-1. Αφήστε το βάρος του βιβλίου να εξωθήσει όλο τον αέρα μέσα από το υγρό με σταθερή ροή.
5. Κρατώντας τη σταγονομετρική φιάλη σε κατακόρυφη θέση προσθέστε NaOH σταγόνα - σταγόνα στο υγρό της φιάλης Α. Μετρήστε τον αριθμό των σταγόνων που απαιτούνται, για να μεταβληθεί το χρώμα στο αρχικό κυανό. Αναδεύστε τη φιάλη μεταξύ σταγόνων και συγκρίνετε το χρώμα της φιάλης Α με το χρώμα της φιάλης Β. Καταχωρήστε τον ακριβή αριθμό στα-

γόνων που απαιτούνται, για να εξουδετερωθεί το οξύ που σχηματίσθηκε από το CO_2.

6. Προσθέστε τον ίδιο αριθμό NaOH σταγόνων (ομοιόμορφου μεγέθους) σε ένα άδειο ογκομετρικό σωλήνα των 10 ml. Καταχωρήστε πόσα ml διαλύματος NaOH αντιπροσωπεύουν οι σταγόνες αυτές.
7. Πολλαπλασιάστε επί 10 τον αριθμό των ml του 0,04% διαλύματος NaOH, που απαιτούνται για να εξουδετερώσετε το CO_2 που εκπνεύσατε.
   Το γινόμενο ισούται προς τον αριθμό των μικρογραμμομορίων CO_2, που περιέχονται σε ένα σάκο πλήρη από εκπνεόμενο αέρα της αναπνοής σας. Το μικρογραμμομόριο (μικρομόλ) είναι μονάδα, που διευκολύνει τη μέτρηση μικρών ποσοτήτων υλικών σε διάλυμα. Καταχωρήστε τον αριθμό αυτό.
8. Ασκηθείτε έντονα για τρία λεπτά και επαναλάβετε τα στάδια 1 έως 7. Έχετε τα υλικά έτοιμα, ώστε να είσθε σε θέση να εκπνεύσετε στο σάκο αμέσως μετά από την άσκηση.
9. Για να προσδιορίσετε τον όγκο του πλαστικού σάκου που χρησιμοποιήσατε μετρήστε την ποσότητα νερού που εκτοπίζεται από το σάκο, όταν είναι πλήρης με αέρα. Για να το κάνετε αυτό, πληρώστε ένα δοχείο 4 λίτρων ή οποιοδήποτε άλλο κατάλληλο δοχείο με νερό. Κατόπιν κρατώντας κλειστό με το χέρι σας το άνοιγμα, αναποδογυρίστε το δοχείο σε ένα μεγάλο βαθύ δίσκο, που είναι μερικώς πληρωμένος με νερό. Πληρώστε με αέρα τον πλαστικό σάκο όπως και πριν. Τοποθετήστε γρήγορα το σωλήνα κάτω από το άνοιγμα του αναποδογυρισμένου δοχείου, που είναι πλήρες με νερό. Πιέστε το σάκο και σημειώστε ότι, καθώς ο αέρας εισέρχεται στο δοχείο, το νερά απομακρύνεται. Αδειάστε όλο τον αέρα στο δοχείο. Σημειώστε το επίπεδο του αέρα στο δοχείο με ένα υαλογραφικό.
10. Πάρτε το δοχείο και αδειάστε και το υπόλοιπο νερό. Με ένα μεγάλο ογκομετρικό κύλινδρο μετρήστε την ποσότητα νερού, που απαιτείται για να πληρώσετε το δοχείο έως το σημείο που έχετε σημειώσει. Ο όγκος αυτός αντιστοιχεί στον όγκο του πλαστικού σάκου. Καταχωρήστε τον όγκο αυτό σε λίτρα (ένα λίτρο = 1000 ml).
11. Προσδιορίστε τον αριθμό των μικρογραμμομορίων CO_2 που έχετε εκπνεύσει ανά λίτρο αέρα. Για τον προσδιορισμό αυτό διαιρέστε τον ολικό αριθμό των μικρογραμμομορίων, που υπολογίσατε στο στάδιο 7, διά του αριθμού των λίτρων αέρα που προσθέσατε στο σάκο (στάδιο 9).
12. Καταχωρήστε στο μαυροπίνακα τα ακόλουθα δεδομένα:
   (α) Μικρογραμμομόρια CO_2 / λίτρο εκπνοής σε ανάπαυση.
   (β) Μικρογραμμομόρια CO_2 / λίτρο εκπνοής μετά από άσκηση.
   (γ) Το φύλο σας.
13. Αν υπάρχει χρόνος, κάντε την επόμενη δοκιμασία. Κρατήστε την αναπνοή σας για 30 δευτερόλεπτα και κατόπιν αφήστε την εκπνοή σας στον πλαστικό σάκο. Μετρήστε τα μικρογραμμομόρια CO_2 που περιέχει ο αέρας αυτός. Πώς συγκρίνεται το αποτέλεσμα αυτό με τις δοκιμασίες που κάνατε πρσηγουμένως; Εξηγήστε τα αποτελέσματά σας.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Συγκεντρώστε τα δεδομένα από διάφορα άτομα της τάξεώς σας. Προσδιορίστε, αν η συγκέντρωση CO_2 είναι σημαντικά διαφορετική κάτω από τις διάφορες συνθήκες. Συγκρίνετε τα δεδομένα πριν και μετά την άσκηση· συγκρίνετε τα αγόρια με τα κορίτσια. Χρησιμοποιήστε τη δοκιμασία χ-τετράγωνο του παραρτήματος 15-Β, αν δεν υπάρχουν καθαρές διαφορές.
2. Παρουσιάστε τα δεδομένα σας με γραφική παράσταση.
3. Είναι οι διαδικασίες του πειράματος αυτού αρκετά ελεγχόμενες, ώστε να επιτρέπουν να οδηγηθείτε σε ένα συμπέρασμα οριστικό σχετικά με τη συγκέντρωση CO_2 που εκπνέετε ανά λεπτό, ενώ βρίσκεσθε σε ανάπαυση και μετά από εξάσκηση;

Πειραματα για το κεφαλαιο 19

Πεπτικά συστήματα

19-Α
Η πέψη του αμύλου

Το άμυλο αποτελεί ένα μεγάλο τμήμα της τροφής των εμβίων όντων. Παρασκευάζεται από τα φυτά και είναι μία από τις κύριες πηγές ενέργειας για τις δραστηριότητες όλων των τύπων των κυττάρων τόσο των ζώων όσο και των φυτών. Η πέψη του αμύλου προς ελευθέρωση των συστατικών του σακχάρου είναι ίσως η κύρια πηγή ενέργειας για τους ανθρώπους.

Κατά την πειραματική αυτή διαδικασία θα διαπιστώσετε γιατί η πέψη του αμύλου πρέπει να προηγηθεί της χρήσεώς του από τα κύτταρα.

ΥΛΙΚΑ

5 τεμάχια σωλήνα διαπιδύσεως περίπου 10 εκ. μήκους και 1,5 έως 2 εκ. διαμέτρου, 5 δοκιμαστικοί σωλήνες και πώματα με διάμετρο μεγαλύτερη από εκείνη του σωλήνα διαπιδύσεως, 100 ml ιωδιούχου διαλύματος Lugol, 100 ml διαλύματος υδατοδιαλυτού αμύλου, 2 χιλιοστόλιτρα σιέλου αναμιγμένου με 2 ml νερού, σπάγγος (μήκους 1 μέτρου), 5 σταγονόμετρα, 6 μικροί δοκιμαστικοί σωλήνες, 20 ml διάλυμα Benedict, 15 ml γλυκόζης ή δεξτρόζης, 20 ml διαλύματος διαστάσεως, ψαλίδι.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Τοποθετήστε διάφορα διαλύματα και μίγματα σε μικρούς σάκους από μεμβράνη διαπιδύσεως, που ακολούθως θα περιβάλετε με άλλα διαλύματα και μίγματα. Αφήστε τα για ορισμένη χρονική περίοδο και κατόπιν κάντε παρατηρήσεις ή δοκιμασίες, για να προσδιορίσετε αν τα διαλύματα ή τα μίγματα έχουν μεταβληθεί και αν έχουν διαχυθεί προς τα έξω ή προς τα μέσα των σάκων διαπιδύσεως.

ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

α. Προδοκιμασία των δεικτών

Το ιωδιούχο διάλυμα Lugol και το Benedict είναι χημικοί δείκτες. Για να εξοικειωθείτε με τις αντιδράσεις των δεικτών, προβείτε στις δοκιμασίες και καταχωρήστε τις παρατηρούμενες μεταβολές, ώστε να γνωρίσετε τι δείχνουν τα διαλύματα αυτά.

1. Προσθέστε λίγες σταγόνες ιωδιούχου διαλύματος Lugol σε διάλυμα αμύλου σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα.
2. Προσθέστε λίγες σταγόνες ιωδιούχου διαλύματος Lugol σε λίγο νερό σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα.
3. Προσθέστε λίγες σταγόνες ιωδιούχου διαλύματος Lugol σε μία ποσότητα διαλύματος γλυκόζης ή δεξτρόζης σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα.
4. Προσθέστε περίπου 2 ml διαλύματος Benedict σε ίση ποσότητα διαλύματος γλυκόζης ή δεξτρόζης σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα. Τοποθετήστε το σωλήνα σε λουτρό αναβράζοντος νερού και παρατηρήστε τον μετά από 5 λεπτά.
5. Προσθέστε περίπου 2 ml διαλύματος Benedict σε ίση ποσότητα νερού. Τοποθετήστε το σωλήνα σε λουτρό αναβράζοντος νερού για περίπου 5 λεπτά.
6. Προσθέστε περίπου 2 ml διαλύματος Benedict σε ίση ποσότητα διαλύματος αμύλου σε δοκιμαστικό σωλήνα. Τοποθετήστε το σωλήνα σε λουτρό αναβράζοντος νερού για 5 λεπτά.
7. Διαλύστε σε μία μικρή ποσότητα διαλύματος γλυκόζης ή δεξτρόζης 10 περίπου μέρη νερού. Προσθέστε 2 ml διαλύματος σακχάρου σε ίσο όγκο διαλύματος Benedict και θερμάνετέ τα σε λουτρό αναβράζοντος νερού.
8. Προσθέστε διάλυμα Benedict σε λίγο σίελο

σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα και θερμάνετέ το σε λουτρό αναβράζοντος νερού.

9. Προσθέστε διάλυμα Benedict σε ίσο όγκο διαλύματος διαστάσεως και θερμάνετέ το σε λουτρό αναβράζοντος νερού.

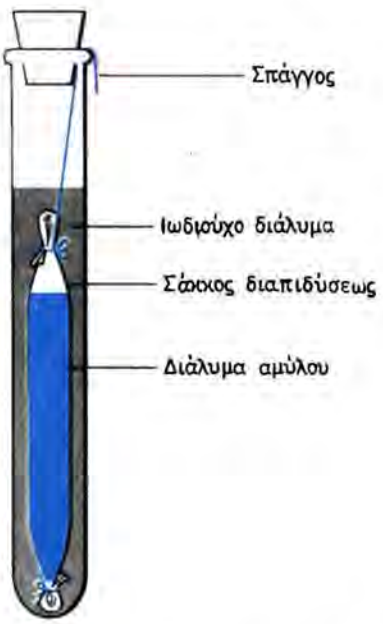
ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Μεταβάλλεται το χρώμα του ιωδιούχου διαλύματος Lugol, όταν προστίθεται σε διάλυμα σακχάρου; Νερού; Αμύλου;
2. Περιγράψτε πώς μπορείτε να χρησιμοποιήσετε ιωδιούχο διάλυμα Lugol, για να διαπιστώσετε αν κάποιο είδος τροφής περιέχει άμυλο. Για παράδειγμα, πώς θα δοκιμάσετε, αν έχει άμυλο μία ωμή πατάτα;
3. Τι χρώμα έχει το διάλυμα Benedict, όταν αναμιχθεί με νερό και θερμανθεί;
4. Τι χρώμα έχει το διάλυμα Benedict, όταν αναμιχθεί με πυκνό διάλυμα σακχάρου και θερμανθεί; Τι χρώμα έχει το ίδιο διάλυμα, όταν αναμιχθεί με αραιό διάλυμα σακχάρου και θερμανθεί;
5. Ποια ουσία ανιχνεύει καυτό διάλυμα Benedict;
6. Περιέχει ο σίελος σάκχαρο; Εξηγήστε.
7. Περιέχει η διαστάση σάκχαρο; Εξηγήστε.

6. Πειράματα διαχύσεως και πέψεως

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Εξετάστε την εικόνα 19-Α-1. Δείχνει τη διάταξη για το πείραμα Α του πίνακα 19-Α-1. Όλα τα άλλα πειράματα είναι παρόμοια. Ετοιμάστε πίνακα όπως ο πίνακας 19-Α-1 και συμπληρώστε τη στήλη υποθέσεων με όποιες μεταβολές νομίζετε ότι θα παρατηρηθούν. Αναφέρετε τις μεταβολές που νομίζετε ότι θα παρατηρηθούν στα χρώματα των δεικτών και γιατί. (Κυανόμαυρο ή ιώδες - μαύρο διάλυμα Lugol δείχνει ύπαρξη αμύλου. Πορτοκαλόχροο διάλυμα Benedict δείχνει ύπαρξη σακχάρου).



Εικόνα 19-Α-1 *Διάταξη για το πείραμα διαπιδύσεως.*

Πείραμα	Υλικά προστιθέμενα στο σάκο διαπιδύσεως	Υλικά προστιθέμενα στο δοκιμαστικό σωλήνα	Υπόθεση αναμενόμενα αποτελέσματα	Παρατηρήσεις (μετρήσεις)	Εξήγηση (τι προκάλεσε διαφορές)
Α	Διάλυμα αμύλου	Διάλυμα Lugol ιωδίου			
Β	Διάλυμα Lugol ιωδίου	Διάλυμα αμύλου			
Γ	Γλυκόζη ή δεξτρόζη	νερό			
Δ	1/2 άμυλο 1/2 διαστάση	νερό			
Ε	182 άμυλο 1/2 σίελος	νερό			

Πίνακας 19-Α-1 Πίνακας δεδομένων για πειράματα πέψεως

2. Συγκεντρώστε τα υλικά για τα πειράματα Α έως και Ε, όπως αναφέρονται στον πίνακα 19-Α-1. Σημαδέψτε τους δοκιμαστικούς σωλήνες Α, Β, Γ, Δ και Ε. Προσθέστε υλικά στους μικρούς σάκους διαπιδύσεως και στους δοκιμαστικούς σωλήνες σύμφωνα με τις οδηγίες του πίνακα. Όταν ετοιμάσετε τη διάταξη του πειράματος Α, θα πρέπει να δείχνει όπως στην εικόνα 19-Α-1. Ξεπλύνετε το εξωτερικό του σάκου διαπιδύσεως, πριν από κάθε πείραμα, με νερό και προτού τοποθετήσετε το σάκο μέσα στο διάλυμα του δοκιμαστικού σωλήνα.
3. Μετά από 5-10 λεπτά κάντε τις παρατηρήσεις σας στους σωλήνες Α και Β και καταχωρήστε τις στον πίνακα.
4. Αποθηκεύσετε τους σωλήνες Γ, Δ και Ε για 24 ώρες σε ένα σκοτεινό μέρος.
5. Μετά από 24 ώρες αδειάστε προσεκτικά μέρος του περιεχομένου του δοκιμαστικού σωλήνα Γ σε ένα καθαρό δοκιμαστικό σωλήνα. Σημαδέψτε τον με Ν για νερό. Αδειάστε το περιεχόμενο του σάκου διαπιδύσεως σε ένα άλλο δοκιμαστικό σωλήνα και σημαδέψτε τον με Σ. Προσθέστε λίγο διάλυμα Benedict σε κάθε σωλήνα και θερμάνετέ τους. Καταχωρήστε τις παρατηρήσεις σας.
6. Αδειάστε προσεκτικά το περιεχόμενο του δοκιμαστικού σωλήνα Δ σε δύο διαφορετικούς δοκιμαστικούς σωλήνες και σημαδέψτε τους με Ν. Αδειάστε επίσης το περιεχόμενο των σάκων διαπιδύσεως σε δύο άλλους σωλήνες και σημαδέψτε τους με Σ. Δοκιμάστε ένα από τους σωλήνες Ν για άμυλο και τον άλλο για σάκχαρο. Δοκιμάστε ένα από τους σωλήνες Σ για άμυλο και τον άλλο για σάκχαρο. Καταχωρήστε τα αποτελέσματα στον πίνακα δεδομένων.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Τι συμπεράσματα εξάγονται από τα σχετικά μεγέθη των τεμαχίων αμύλου και των τεμαχίων του ιωδιούχου διαλύματος Lugol; Παρουσιάστε επιχειρήματα από τα πειράματα Α και Β, που να υποστηρίζουν την απάντησή σας.
2. Τι συμπεράσματα εξάγονται για τα σχετικά μεγέθη των τεμαχίων γλυκόζης και των τεμαχίων αμύλου; Παρουσιάστε επιχειρήματα από τα πειράματα Α και Γ, που να υποστηρίζουν την απάντησή σας.
3. Όσον αφορά στη διάχυση ο σάκος διαχύσεως είναι όμοιος με μία ζωντανή κυτταρική μεμβράνη. Ποιος θα μπορούσε να είναι ο περιοριστικός παράγοντας στην επιβίωση του «κυττάρου διαχύσεως» Γ;
4. Ποιες είναι οι δύο από τις δραστηριότητες της πέψεως που καταδεικνύονται από τα αποτελέσματα της πειραματικής εργασίας στο πείραμα Δ;
5. Πώς συγκρίνονται τα αποτελέσματα των πειραμάτων Δ και Ε; Η διαστάση είναι ένζυμο που βρίσκεται σε ορισμένα φυτά. Ποιο ένζυμο παρόμοιο προς αυτή βρίσκεται στο σώμα σας;
6. Το όξινο περιεχόμενο του στομάχου καταστρέφει τη δράση των ενζύμων πέψεως του αμύλου μετά την κατάποση της τροφής. Είναι ορθό ότι το άμυλο που δεν έχει τελείως πεφθεί από τα ένζυμα του σιέλου θα διέλθει στο υπόλοιπο πεπτικό σύστημα αναλλοίωτο και δεν θα χρησιμοποιηθεί από τον οργανισμό; Εξηγήστε. (Βλέπε την εικόνα 19-10).
7. Γιατί οι γιατροί δίνουν γλυκόζη και όχι άμυλο υπό μορφή ενδοφλεβίων ενέσεων σε ασθενείς, των οποίων το πεπτικό σύστημα δεν λειτουργεί κανονικά;

19-Β
Περιέχουν τα φυτά ορισμένα ένζυμα που προκαλούν πέψη του αμύλου;

Όπως έχετε διαπιστώσει στο κεφάλαιο 19-Α, ο σίελός σας μπορεί να μετατρέψει το άμυλο που βρίσκεται αποθηκευμένο στα φυτά σε μορφή που απορροφάται από τα κύτταρα του σώματός σας. Πώς χρησιμοποιούν τα φυτά το άμυλο που αποθηκεύουν; Έχουν και τα φυτά ένζυμα για τη μετατροπή του αμύλου σε χρησιμοποιήσιμη μορφή; Το τελικό προϊόν της πέψεως του αμύλου είναι το ίδιο στα φυτά και στους ανθρώπους; Στην παράγραφο αυτή θα έχετε την ευκαιρία να διερευνήσετε τις ερωτήσεις αυτές.

ΥΛΙΚΑ

Φυτά μπιζελιού ή φασολιού, άμμος (περίπου 5 γραμμάρια), γουδί και γουδοχέρι, τουλπάνι (αρκετές στρώσεις), λουτρό αναβράζοντος νερού, 10 ml διαλύματος αμύλου

Α, ψαλίδι, 3 δοκιμαστικοί σωλήνες, διάλυμα Benedict, χωνί, 5 ml διαλύματος αμύλου Β, ιωδιούχο διάλυμα Lugol, διάλυμα σε σταγονομετρική φιάλη.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Κόψτε ολόκληρο το φυτό σε μικρά τεμάχια. Τοποθετήστε τα τεμάχια στο γουδί μαζί με 10 ml νερού και λίγη άμμο. Αλέστε τα προσεκτικά με το γουδοχέρι.
2. Στρώστε το χωνί με αρκετές στρώσεις τουλπανιού και τοποθετήστε το σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα. Σουρώστε το λιωμένο φυτικό υλικό μέσω του χωνιού. Διατηρήστε το διήθημα (φυτικός οπός).
3. Μεταφέρτε 3 ml διηθήματος σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα και προσθέστε 3 ml διαλύματος αμύλου Α. Μεταφέρετε 3 ml νερού απεσταγμένου σε ένα άλλο δοκιμαστικό σωλήνα και προσθέστε 3 ml διαλύματος αμύλου Α.
4. Μετά από 5 λεπτά προσθέστε λίγες σταγόνες ιωδιούχου διαλύματος σε καθένα από τους σωλήνες αυτούς. Καταχωρήστε τα αποτελέσματά σας.
5. Χύστε το υπόλοιπο διήθημα από το φυτό σε δύο διαφορετικούς δοκιμαστικούς σωλήνες. Προσθέστε 3 ml διαλύματος αμύλου Β στον ένα σωλήνα και 3 ml νερού στον άλλο. Μετά από 12-15 λεπτά, δοκιμάστε πειραματικά και τους δύο σωλήνες για την παρουσία σακχάρου, προσθέτοντας ίση ποσότητα διαλύματος Benedict σε κάθε σωλήνα και θερμαίνοντας και τους δύο σωλήνες σε λουτρό αναβράζοντος νερού.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Από τα αποτελέσματα του πειράματος αυτού τι συμπεραίνετε σχετικά με την ικανότητα ενός φυτού για την πέψη του αμύλου;
2. Ποια αξία έχει για το φυτό η ικανότητα πέψεως αμύλου; Ποια αξία έχει για ένα ζώο η ικανότητα πέψεως αμύλου;
3. Πού νομίζετε ότι γίνεται η πέψη στα φυτά;
4. Τα ζώα έχουν ειδικούς αδένες για την παραγωγή των ενζύμων, που αποικοδομούν τα μεγάλα μόρια τροφής σε μικρότερα. Ποιες ενδείξεις υπάρχουν, αν υπάρχουν, από τα αποτελέσματα του πειράματος αυτού, που δείχνουν ότι τα κύτταρα του φυτού έχουν παρόμοια ένζυμα;
5. Το προϊόν της πέψεως του αμύλου είναι όμοιο στα φυτά και στα ζώα; Εξηγήστε.

19-Γ
Πέψη λιπιδίων

Στην πειραματική αυτή εργασία θα παρατηρήσετε την πέψη λιπιδίων με πειραματική δοκιμασία για την παρουσία λιπαρών οξέων. Η ***παγκρεατίνη,*** ένα μίγμα ουσιών που προέρχονται από το πάγκρεας, είναι η πηγή των ενζύμων πέψεως για τις αντιδράσεις αυτές.

ΥΛΙΚΑ

3 δοκιμαστικοί σωλήνες, φορέας δοκιμαστικών σωλήνων, κρέμα γάλακτος ή γάλα, άλατα χολής, πρόσφατο διάλυμα παγκρεατίνης, ρολόι, υαλογραφικό, διάλυμα ερυθρού φαινόλης, υδατόλουτρο, διάλυμα NaOH (0,01 Μ ή 0,04%) σταγονόμετρα και σιφώνια, θερμόμετρο, απεσταγμένο νερό.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Τοποθετήστε δοκιμαστικούς σωλήνες στο φορέα δοκιμαστικών σωλήνων. Σημαδέψτε τους σωλήνες ως 1, 2 και 3. Χύστε 5 ml κρέμας γάλακτος ή γάλα σε κάθε ένα σωλήνα. Προσθέστε 8 έως 10 σταγόνες διαλύματος ερυθρού φαινόλης και αναδέψτε τους σωλήνες έως ότου τα περιεχόμενα έχουν αναμιχθεί καλά. Τι χρώμα έχει το υγρό; Αν δεν είναι ροδόχροο, προσθέστε διάλυμα NaOH σταγόνα-σταγόνα έως ότου το χρώμα του υγρού γίνει ροδόχροο.
2. Στον πρώτο σωλήνα προσθέστε 5 ml απεσταγμένου νερού και ελάχιστα άλατα χολής (όση ποσότητα συγκρατείται στο πλατύ άκρο μιας οδοντογλυφίδας). Τα άλατα χολής διασπούν τα σταγονίδια λίπους σε πάρα πολύ μικρά σταγονίδια, δημιουργώντας μεγαλύτερη επιφάνεια για τη δράση των ενζύμων.
3. Στο δεύτερο σωλήνα προσθέστε 5 ml διαλύματος παγκρεατίνης και ελάχιστα άλατα χολής.
4. Προσθέστε 5 ml διαλύματος παγκρεατίνης στον τρίτο σωλήνα.
5. Αναδέψτε καλά κάθε σωλήνα μέχρι τέλειας αναμίξεως. Τοποθετήστε τους δοκιμαστικούς σωλήνες σε ένα υδατόλουτρο που διατηρείται στους 35° έως 40°C. Παρατηρήστε τις χρωματικές αλλαγές· μερικές θα γίνουν πολύ γρήγορα. Καταχωρήστε το χρόνο που απαιτείται για αλλαγή του χρώματος από ροδόχροο σε κίτρινο σε κάθε σωλήνα. Αλλαγή χρώματος σημαίνει ότι

έχει δημιουργηθεί κάποιο οξύ.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Ποιος ή ποιοι δοκιμαστικοί σωλήνες μπορούν να θεωρηθούν ως μάρτυρες;
2. Το γάλα ή η κρέμα είναι μία περίπλοκη ουσία, που μπορεί να περιέχει περισσότερα από ένα είδος οξέος. Γιατί αυτό κάνει απαραίτητο το σωλήνα 1 για το πείραμα;
3. Η παρουσία των αλάτων χολής επιταχύνει την ενζυματική δράση; Γιατί;
4. Γίνεται η πέψη των λεπιδίων, όταν δεν είναι παρόντα τα άλατα χολής;
5. Ποιο είδος οξέος παράγεται από τη δράση των ενζύμων στα λιπίδια; Ποιο άλλο μόριο εκτός από το οξύ θα περιμένετε να βρείτε; (Βλέπε εικόνα 19-10).
6. Περιγράψτε ένα πείραμα για τη διερεύνηση της ικανότητας πέψεως των διαφόρων φυτικών λιπαρών ουσιών όπως το αραβοσιτέλαιο, το ηλιέλαιο, το ελαιόλαδο ή ζωικά λίπη, όπως το λίπος του χοιρινού, του κοτόπουλου και του βοδινού.

Πειραματα για το κεφαλαιο 20

Απεκκριτικά συστήματα

20-Α
Απεκκριτικές δομές γεωσκώληκα

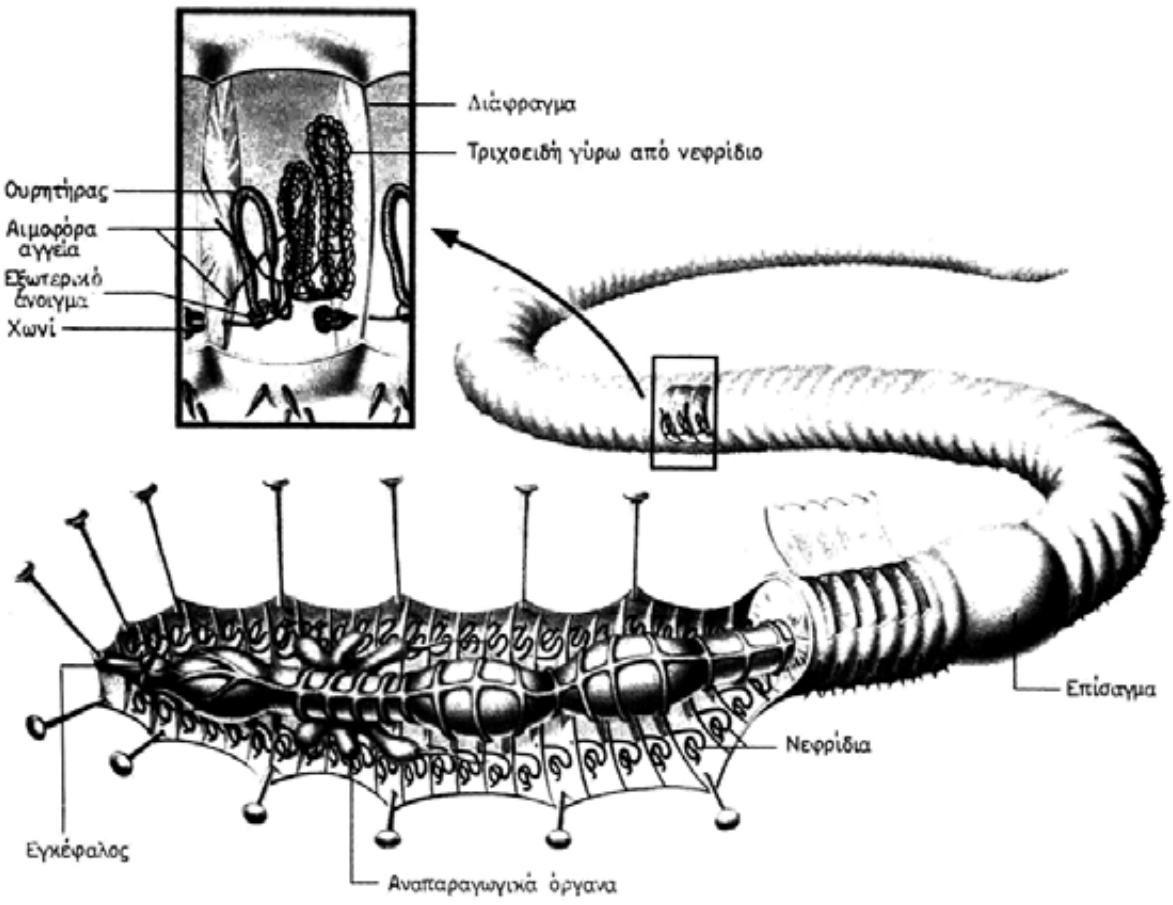
Ο γεωσκώληκας έχει τα ίδια προβλήματα ομοιοστάσεως και απεκκρίσεως όπως και τα άλλα έμβια όντα. Η ισορροπία νερού-αλάτων πρέπει να διατηρείται σταθερή και τα αζωτούχα άχρηστα παραπροϊόντα πρέπει να απομακρύνονται. Παρά το ότι ο γεωσκώληκας είναι χερσαίο ζώο, ζει σε υγρό έδαφος και έχει ένα βλεννώδες περικάλυμμα γύρω από το σώμα του που μειώνει την απώλεια νερού. Το σώμα του γεωσκώληκα είναι χωρισμένο σε τμήματα. Να θυμάσθε τα στοιχεία αυτά γύρω από τη δομή και τις συνήθειες του ζώου, καθώς θα μελετάτε το απεκκριτικό του σύστημα.

ΥΛΙΚΑ

Ανατομικός δίσκος, εργαλεία ανατομίας, ανατομικές καρφίδες, γεωσκώληκας στον οποίο έχει ενεθεί κυανό του μεθυλενίου, μεγεθυντικός φακός, νερό, χαρτοπετσέτες, φιαλίδιο αναισθητικού, έγχρωμα μολύβια.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Καλύψτε τον ανατομικό δίσκο με χαρτοπετσέτες και ξαπλώστε ένα αναισθητοποιημένο γεωσκώληκα με το βαθύχρωμο, πιο αποστρογγυλωμένο μέρος, προς τα πάνω.
2. Στερεώστε με τις καρφίτσες τα δύο άκρα του σκώληκα. Αν η αναισθησία αρχίζει να υποχωρεί και ο σκώληκας αρχίζει να κινείται, ζητήστε από τον καθηγητή σας οδηγίες για την εφαρμογή περισσότερου αναισθητικού.
3. Εισάγετε τη μύτη ενός ψαλιδιού ακριβώς κάτω από το δέρμα στο στοματικό άκρο του ζώου. Κόψτε το δέρμα καθ' όλο το μήκος του. Να είσθε προσεκτικός να μην τραυματίσετε τα όργανα ή τα αιμοφόρα αγγεία.
4. Στερεώστε το γεωσκώληκα με καρφίδες ανά διαστήματα καθ' όλο το μήκος του σώματός του, στερεώνοντας πρώτα τη μία πλευρά και κατόπιν την άλλη. Για να αποκαλύψετε τα όργανα, κόψτε το λεπτό ιστό που περιβάλλει τον πεπτικό σωλήνα



Εικόνα 20-Α-1 *Ανατομία ενός γεωσκώληκα προς αποκάλυψη της στενής διασυνδέσεως των αιμοφόρων αγγείων και των νεφριδίων. Παρακολουθήστε την οδό που ακολουθούν τα άχρηστα υλικά μέσω των νεφριδίων.*

(βλέπε εικόνα 20-Α-1).

5. Στάξτε λίγο νερό στα εκτεθειμένα όργανα και παρατηρήστε προσεκτικά με ένα μεγεθυντικό φακό.
6. Εντοπίστε τα ***νεφρίδια.*** Αυτά είναι πολύ λεπτοί σωληνίσκοι αναδιπλωμένοι και δυθισμένοι σε κάθε τμήμα του σώματος του ζώου. Οι σωληνίσκοι αυτοί απομακρύνουν τα άχρηστα υλικά από τα υγρά του σώματος προς τα έξω. Μελετήστε την υπό μεγέθυνση εικόνα στην εικόνα 20-Α-1 και σημειώστε το συσχετισμό των αιμοφόρων αγγείων σε κάθε νεφρίδιο. Θυμηθείτε ότι στο ζώο που έχει γίνει ανατομία έχει ενεθεί κυανό του μεθυλενίου μέσα στη σωματική του κοιλότητα, ώστε να φανούν καλύτερα τα νεφρίδια και τα αιμοφόρα αγγεία. Αν υπάρχει στερεοσκοπικό μικροσκόπιο, παρατηρήστε τα νεφρίδια υπό μεγέθυνση 15× έως 20×.
7. Χρησιμοποιώντας λεπτή λαβίδα ανασηκώστε προσεκτικά ένα νεφρίδιο και ετοιμάστε ένα ενυδατωμένο μικροσκοπικό παρασκεύασμα. Εστιάστε με τη μικρή μεγέθυνση του σύνθετου μικροσκοπίου σας. Διαμορφώστε ένα σχέδιο παρατηρήσεών σας χρωματίζοντάς το όπως το βλέπετε. Βεβαιωθείτε ρωτώντας προσεκτικά τον καθηγητή σας, αν αυτό που βλέπετε είναι νεφρίδιο. Εξετάστε προσεκτικά το νεφρίδιο για σημεία κινήσεως των βλεφαρίδων γύρω από το χωνοειδές άνοιγμα. Σκεφθείτε ποια λειτουργία είναι πιθανό να έχουν οι βλεφαρίδες.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Πού συγκεντρώνεται γενικά το κυανό του μεθυλενίου;
2. Θυμηθείτε τον τρόπο, με τον οποίο τα υλικά διαχέονται μέσω μιας μεμβράνης. Τι εξήγηση δίνετε για τη διαφορά συγκεντρώσεως της χρωστικής κατά μήκος του νεφριδίου;
3. Αν σε ένα αριθμό γεωσκωλήκων είχε ενεθεί κυανό του μεθυλενίου και ανατεμόταν ένας γεωσκώληκας κάθε 30 λεπτά μετά την ένεση, προβλέψτε τον τρόπο με τον οποίο θα εμφανίζονταν οι σωληνίσκοι κάτω από τη μικρή μεγέθυνση. Δώστε επιχειρήματα, για να υποστηρίξετε την άποψή σας.
4. Προβλέψτε τη θέση του κυανού του μεθυλενίου σε ένα γεωσκώληκα τρεις ημέρες μετά την ένεση.
5. Συγκρίνετε τα απεκκριτικά συστήματα της ακρίδας (παράγρ. 20-4) και του γεωσκώληκα. Σε τι διαφέρουν; Ποια είναι η διασύνδεση του κυκλοφορικού συστήματος προς το απεκκριτικό σύστημα σε κάθε ζώο; Εξηγήστε πώς ο τρόπος με τον οποίο το κάθε ένα από τα δύο ζώα αντιμετωπίζει το πρόβλημα της ισορροπίας νερού-αλάτων προσαρμόζεται στο περιβάλλον του οργανισμού.

Πειραματα για το κεφαλαιο 21

Ορμόνες και ενδοκρινικά συστήματα

21-Α
Τι προκαλεί την ανάπτυξη ενός φυτού προς το φως;

Θα έχετε ίσως ενδείξεις ότι τα φυτά προσαρμόζονται στο περιβάλλον τους. Ένα κοινό παράδειγμα είναι η ανάπτυξη των φυτών προς το φως. Συχνά λέγεται ότι αυτό συμβαίνει, γιατί το φυτό έχει ανάγκη από το φως για να επιβιώσει και να αναπτυχθεί. Νομίζετε ότι τα φυτά αναπτύσσονται προς το φως, επειδή «έχουν ανάγκη» να το κάνουν; Αν όχι, τότε γιατί τα φυτά κάμπτονται προς το φως; Πειράματα για τη σπουδή του τρόπου αναπτύξεως των φυτών απαιτούν προσεκτικά ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και φωτός. Τα πειραματικά φυτά πρέπει να είναι ομοιόμορφα και ο πειραματιστής να έχει πείρα. Για τους λόγους αυτούς δεν είναι πρακτικό να κάνετε τα πειράματα αυτά μόνος σας. Αντί γι' αυτό θα εξετάσετε τα δεδομένα ορισμένων πειραμάτων που έχουν ήδη γίνει. Υποθέστε ότι είσθε ένας επιστήμονας που έχει κάνει τα πειράματα και έχει συγκεντρώσει τα αποτελέσματα που περιγράφονται. Τι θα έκανε ο επιστήμονας κατόπιν; Θα ανέλυε τα δεδομένα του, για να εξαγάγει λογικά συμπεράσματα. Θα περιγραφούν πέντε πειράματα. Σε κάθε ένα από τα πειράματα χρησιμοποιούνται ως πειραματικό υλικό σύνολα φυταρίων βρώμης. Όλα τα φυτά και στα πέντε πειράματα έχουν αναπτυχθεί κάτω από τις ίδιες ακριβώς συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας.

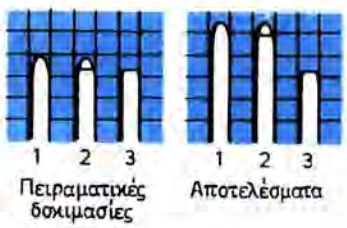
Οι ακόλουθες πληροφορίες θα σας βοηθήσουν να καταλάβετε τα δεδομένα που θα παρουσιασθούν: Το αρχέφυτο του βλαστού ενός φυταρίου βρώμης περιβάλλεται από ένα περικάλυμμα που ονομάζεται ***κολεόπτιλο,*** το οποίο καλύπτει τα αναπτυσσόμενα νεαρά φύλλα. Η ορατή ανάπτυξη του αρχεφύτου προέρχεται από επιμήκυνση των κυττάρων του κολεοπτίλου. Όταν το αρχέφυτο φθάσει ένα μήκος 4 ως 6 εκατοστών, το κολεόπτιλο παύει να απαπτύσσεται. Τα περικλειόμενα

φύλλα και ο βλαστός διέρχονται μέσα από το κολεόπτιλο και συνεχίζουν την ανοδική ανάπτυξή τους. Οι σειρές πειραμάτων που ακολουθούν αναφέρονται σε κολεόπτιλα κατά το στάδιο της ταχείας επιμηκύνσεώς τους.

α. Απομάκρυνση και επανατοποθέτηση κορυφών κολεοπτίλων.

Τρεις ομάδες φυταρίων βρώμης του ίδιου μεγέθους χρησιμοποιήθηκαν για το πείραμα αυτό. Τα φυτά της πρώτης ομάδας αφέθηκαν ολόκληρα, ώστε να χρησιμοποιηθούν ως μάρτυρες. Στη δεύτερη ομάδα αποκόπηκε η κορυφή κάθε κολεοπτίλου και επανατοποθετήθηκε στην επιφάνεια τομής. Στην τρίτη ομάδα αποκόπηκε η κορυφή κάθε κολεοπτίλου και πετάχθηκε. Όλα τα φυτά αναπτύχθηκαν στο σκοτάδι για τέσσερις ώρες.

Τα φυτά-μάρτυρες αναπτύχθηκαν κανονικά, όπως φαίνεται στην εικόνα 21-Α-1. Εκείνα στα οποία είχε αποκοπεί η κορυφή και επανατοποθετηθεί ήταν ελάχιστα μικρότερα από τους μάρτυρες. Εκείνα από τα οποία είχε αποκοπεί τελείως η κορυφή είχαν παραμείνει στο ίδιο ύψος όπως και στην αρχή του πειράματος.



Εικόνα 21-Α-1 *Κολεόπτιλα βρώμης πειράματος* ***α.***

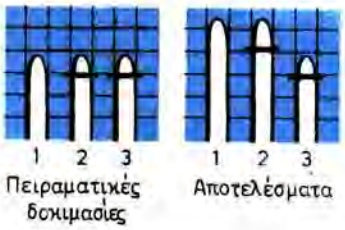
ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Στη δεύτερη ομάδα φυτών το κολεόπτιλο αναπτύχθηκε επάνω ή κάτω από την τομή; (Βλέπε εικόνα 21-Α-1).
2. Σε τι διαφέρουν οι πειραματικές δοκιμασίες μεταξύ δεύτερης και τρίτης ομάδας;
3. Ποιες ενδείξεις υπάρχουν ότι κάποια ενεργοποίηση προερχόμενη από την κορυφή ήταν απαραίτητη για την ανάπτυξη του κολεοπτίλου;
4. Τι συμπέρασμα εξάγετε από τα αποτελέσματα του πειράματος αυτού;

β. Εισαγωγή άγαρ και μαρμαρυγίας (μίκας) κάτω από το κολεόπτιλο.

Τρεις ακόμη ομάδες φυταρίων βρώμης χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα αυτό. Η πρώτη ομάδα αφέθηκε ως μάρτυρας. Στη δεύτερη ομάδα αποκόπηκε η κορυφή κάθε φυτού και ένα πλακίδιο άγαρ πάχους 1 mm τοποθετήθηκε επάνω στην τομή του κολεοπτίλου. Η κορυφή επανατοποθετήθηκε επάνω στο άγαρ. Οι κορυφές απομακρύνθηκαν επίσης από την τρίτη ομάδα και ένα λεπτό πλακίδιο μαρμαρυγίας (μίκας), ενός υλικού που παρεμποδίζει τη διάχυση, τοποθετήθηκε μεταξύ κολεοπτίλου και κορυφής. Όλα τα φυτά αφέθηκαν στο σκοτάδι.

Όπως φαίνεται στην εικόνα 21-Α-1, τα φυτά-μάρτυρες αναπτύχθηκαν περισσότερο. Τα φυτά της δεύτερης ομάδας αναπτύχθηκαν περίπου το ίδιο όπως και οι μάρτυρες. Τα φυτά της τρίτης ομάδας δεν αναπτύχθηκαν καθόλου.



Εικόνα 21-Α-2 *Κολεόπτιλα βρώμης πειράματος* ***β.***

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Κατά τι διαφέρουν οι δοκιμασίες των δύο ομάδων πειραματικών φυτών στο πείραμα αυτό;
2. Ποια πληροφορία προσκτάται από τα αποτελέσματα του πειράματος αυτού;

γ. Τοποθέτηση διαμορφωμένου άγαρ στην άκρη τομών.

Από τις κορυφές φυταρίων βρώμης εκχυλίσθηκε οπός. Το εκχύλισμα αναμίχθηκε με άγαρ, από το οποίο τελικά κόπηκαν μικρά τεμάχια. Παρόμοια τεμάχια κόπηκαν και από καθαρό άγαρ. Χρησιμοποιήθηκαν πάλι τρεις ομάδες φυτών βρώμης. Η πρώτη παρέμεινε ως μάρτυρας. Η κορυφή απομακρύνθηκε από κάθε φυτό της δεύτερης ομάδας. Η κορυφή αντικαταστάθηκε από τεμάχια άγαρ, που περιείχαν οπό από αναπτυσσόμενα άκρα. Η

κορυφή απομακρύνθηκε επίσης από την τρίτη ομάδα. Η κορυφή αντικαταστάθηκε από τεμάχιο άγαρ χωρίς οπό. Όλα τα φυτά αναπτύχθηκαν στο σκοτάδι.

Τα αποτελέσματα φαίνονται στην εικόνα 21-Α-3. Τα φυτά-μάρτυρες αναπτύχθηκαν. Αυτά με τα τεμάχια άγαρ που περιείχαν οπό από κορυφές βρώμης αναπτύχθηκαν περίπου όσο και οι μάρτυρες. Η τρίτη ομάδα δεν αναπτύχθηκε καθόλου.



Εικόνα 21-Α-3 *Κολεόπτιλα βρώμης πειράματος* ***γ.***

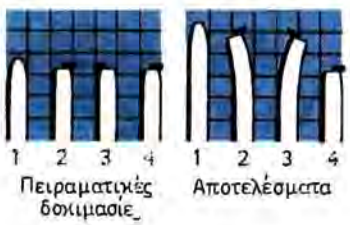
ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Σε τι διαφέρουν οι δοκιμασίες στις δύο ομάδες των πειραματικών φυτών;
2. Γιατί χρησιμοποιήθηκαν τεμάχια από καθαρό άγαρ στη μία ομάδα φυτών;
3. Η κορυφή του κολεοπτίλου είναι απαραίτητη για την ανάπτυξή του; Εξηγήστε.

δ. Τοποθέτηση διαμορφωμένου άγαρ στις πλευρές των αποκομμένων κορυφών.

Στο πείραμα αυτό χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις ομάδες φυτών. Η πρώτη ομάδα αφέθηκε να αναπτυχθεί φυσιολογικά, ως μάρτυρας. Από τα φυτά των άλλων τριών ομάδων απομακρύνθηκαν οι κορυφές. Στη δεύτερη ομάδα ένα τεμάχιο άγαρ αναμιγμένο με οπό από τις αναπτυσσόμενες κορυφές άλλων φυτών τοποθετήθηκε στη δεξιά πλευρά κάθε τομής κολεοπτίλου. Τεμάχια άγαρ παρόμοια με τα προηγούμενα τοποθετήθηκαν στην αριστερή πλευρά κάθε τομής κολεοπτίλου στην τρίτη ομάδα φυτών. Στην τέταρτη ομάδα τοποθετήθηκε από ένα τεμάχιο καθαρού άγαρ. Όλα τα φυτά αναπτύχθηκαν στο σκοτάδι.

Όπως φαίνεται στην εικόνα 21-Α-4, τα φυτά-μάρτυρες του πειράματος ***δ*** αναπτύχθηκαν φυσιολογικά. Τα φυτά με καθαρό άγαρ δεν άλλαξαν καθόλου σε μήκος. Τα φυτά της δεύτερης και της τρίτης ομάδας κάμφθηκαν αντίθετα προς την πλευρά στην οποία είχε



Εικόνα 21-Α-4 *Κολεόπτιλα βρώμης πειράματος* ***δ.***

τοποθετηθεί τεμάχιο άγαρ.

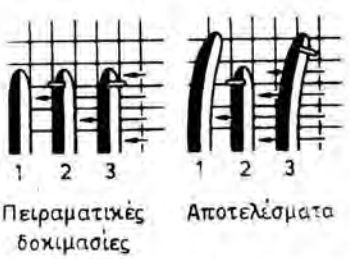
ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Πού αναπτύχθηκαν περισσότερο τα φυτά, στα οποία παρουσιάσθηκε κάμψη;
2. Τι εξήγηση δίνετε για τους διάφορους ρυθμούς αναπτύξεως προς τα αριστερά και δεξιά στα φυτά της δεύτερης και τρίτης ομάδας;
3. Θυμηθείτε ότι τα φυτά αυτά αναπτύχθηκαν στο σκοτάδι. Προσπαθήστε να διαμορφώσετε μία υπόθεση για να εξηγήσετε το γεγονός ότι η παρουσία του φωτός κάμπτει τα αναπτυσσόμενα φυτά ***προς*** το φως.

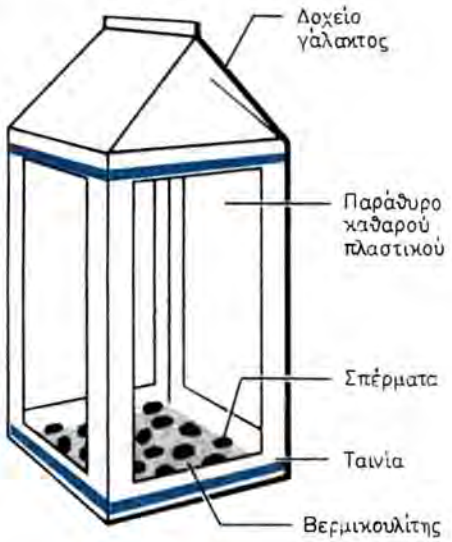
ε. Αναστέλλοντας τις αναπτυσσόμενες κορυφές ως προς τη διεύθυνση του φωτός.

Η πρώτη ομάδα φυτών αφέθηκε να αναπτυχθεί φυσιολογικά. Στη δεύτερη ομάδα εισήχθηκε ένα μικρό τεμάχιο μαρμαρυγίας (μίκας) μεταξύ της αναπτυσσόμενης κορυφής και του υπόλοιπου κολεοπτίλου στην αριστερή πλευρά του κάθε φυτού. Παρόμοιο τεμάχιο μαρμαρυγίας εισήχθηκε στη δεξιά πλευρά στα φυτά της τρίτης ομάδας. Και οι τρεις ομάδες φυτών φωτίσθηκαν από τη δεξιά πλευρά μόνο.

Τα φυτά-μάρτυρες κάμφθηκαν προς το φως. Η συμπεριφορά των φυτών των άλλων ομάδων φαίνεται στην εικόνα 21-Α-5.



Εικόνα 21-Α-5 *Κολεόπτιλα βρώμης πειράματος* ***ε.***





Εικόνα 21-Β-1 *Δοχεία βλαστήσεως σπερμάτων.*

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Κάτω από ποιες συνθήκες φωτισμού έγιναν τα τέσσερα πρώτα πειράματα;
2. Ποια φαίνεται να είναι η επίδραση του φωτός στο πείραμα *ε*;
3. Εξηγήστε γιατί τα φυτά της δεύτερης ομάδας του πειράματος *ε* δεν αναπτύχθηκαν.
4. Εηηγήστε πώς κάμπτεται προς το φως ένα αναπτυσσόμενο φυτό.

21-Β
Πώς επιδρά στην ανάπτυξη των φυτικών βλαστών το φως ή η απουσία του;

Είναι πολύ γνωστό το γεγονός ότι το φως είναι απαραίτητο για τη ζωή των πρασίνων φυτών. Είναι η πηγή ενέργειας για τη διαδικασία της φωτοσυνθέσεως. Η ανάπτυξη όμως του φυτού εξαρτάται από την επιμήκυνση των τμημάτων του, ειδικότερα δε του βλαστού. Το φως επιδρά στην ανάπτυξη του φυτού καθ' ύψος; Ποιο θα γίνει υψηλότερο, ένα φυτό που αναπτύσσεται στο φως ή ένα φυτό που αναπτύσσεται στο σκοτάδι; Πριν οργανώσετε πειράματα, για να λάβετε απαντήσεις, σχηματίστε μία υπόθεση όσον αφορά στην επίδραση του φωτός επί της αναπτύξεως του φυτικού βλαστού. Εξηγήστε την υπόθεσή σας.

ΥΛΙΚΑ

2 κιβώτια βλαστήσεως (1 με αδιάφανο κάλυμμα, 1 με διαφανές κάλυμμα), 20 φασόλια ή μπιζέλια, απορροφητικό υλικό, νερό, μετρικός κανόνας.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Τοποθετήστε απορροφητικό υλικό σε κάθε κιβώτιο βλαστήσεως, ώστε να σχηματίζεται στρώση βάθους 2 εκ. Προσθέστε νερό, έως ότου υγρανθεί.
2. Τοποθετήστε 10 φασόλια (ή μπιζέλια) στην επιφάνεια του διαβρεγμένου υλικού σε κάθε κιβώτιο (βλέπε εικόνα 21-Β-1). Καλύψτε με φύλλο αλουμινίου το ένα κιβώτιο και με διαφανές πλαστικό το άλλο. Τοποθετήστε και τα δύο κιβώτια σε ένα καλοφωτισμένο μέρος, όπου η θερμοκρασία να είναι μεταξύ 15° C και 35° C.
3. Ελέγχετε τα κιβώτια καθημερινά για το ποσοστό υγρασίας. Προσθέστε νερό, αν χρειάζεται, αλλά αποφεύγετε να εκθέτετε τα φυτά του σκοτεινού κιβωτίου στο φως.
4. Μετά από μία βδομάδα βγάλτε τα φυτά και από τα δύο κιβώτια και μετρήστε το μήκος των βλαστών τους. Προσδιορίστε το μέσο μήκος των βλαστών σε κάθε κιβώτιο.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Τα αποτελέσματα του πειράματος αυτού

υποστηρίζουν ή είναι αντίθετα με την υπόθεση που διατυπώσατε προηγουμένως; Εξηγήστε.

2. Ποια είναι η σχέση μεταξύ του πειράματος αυτού και των πειραμάτων με τα κολεόπτιλα βρώμης στο τμήμα 21-Α;
3. Εξηγήστε την επίδραση του φωτός στην ανάπτυξη του βλαστού χρησιμοποιώντας τις αρχές που μάθατε στην παράγραφο 21-1.
4. Ένας πλάτανος ηλικίας 15 ετών που αναπτύσσεται σε μία πυκνή συστάδα δένδρων μεγαλύτερης ηλικίας είναι 10 μέτρα ψηλός. Η διάμετρος του κορμού του είναι 10 εκ. σε ύψος ενός μέτρου. Οι κλάδοι του αρχίζουν 8 μέτρα επάνω από το έδαφος. Ένας άλλος πλάτανος του ίδιου είδους και της ίδιας ηλικίας αναπτύσσεται σε ένα γειτονικό αγρό. Δεν περιβάλλεται από άλλα δένδρα. Είναι 6 μέτρα ψηλός και η διάμετρος του κορμού του είναι 20 εκ. σε ένα μέτρο ύψος. Οι κλάδοι του αρχίζουν σε ύψος μικρότερο των δύο μέτρων από το έδαφος.

   Αν δεν γνωρίζατε για τις αυξίνες, θα μπορούσατε να εξηγήσετε τη διαφορά λέγοντας ότι το υψηλό λεπτό δένδρο στη συστάδα χρειάζεται φως για την ανάπτυξή του. Γι' αυτό έχει αναπτυχθεί καθ' ύψος και είναι λεπτό, ώστε να μπορεί να παίρνει λίγο ηλιακό φως ανάμεσα από τα κλαδιά των μεγαλυτέρων και υψηλοτέρων δένδρων. Θα λέγατε ότι το δεύτερο δένδρο είναι νάνος και θαμνώδες, γιατί δεν υπάρχουν άλλα δένδρα γύρω του να του εμποδίζουν το φως. Γι' αυτό δεν χρειάσθηκε να ψηλώσει.

   Δώστε μία καλύτερη, περισσότερο επιστημονική, εξήγηση για τη διαφορά στον τρόπο αναπτύξεως.

21-Γ
Ρύθμιση των δευτερευόντων χαρακτηριστικών φύλου στα κοτόπουλα

Οι αναγκαίες δραστηριότητες της καθημερινής ζωής των ζώων ελέγχονται από πολλές ορμόνες. Μερικές από αυτές δρουν συνεχώς. Άλλες δρουν μόνο για ορισμένη χρονική περίοδο οδηγώντας σε μεταβολές των λειτουργιών του σώματος. Οι ορμόνες οι οποίες κατευθύνουν την ανάπτυξη των δευτερευόντων χαρακτηριστικών του φύλου στα ζώα ανήκουν στο δεύτερο τύπο. Δευτερεύοντα χαρακτηριστικά φύλου είναι χαρακτηριστικά άλλα από τα αναπαραγωγικά όργανα, που προσδιορίζουν το φύλο ενός ατόμου. Για παράδειγμα, ένα αγόρι καθώς αναπτύσσεται προς άνδρα αποκτά βαθύτερη φωνή και γένια.

Στο πείραμα αυτό θα μάθετε ποια επίδραση έχει η τεστοστερόνη, μία ορμόνη των αρρένων, στα δευτερεύοντα χαρακτηριστικά του φύλου νεαρών αρρένων κοτοπούλων. Οι βιολόγοι χρησιμοποιούν διάφορες τεχνικές, για να προσδιορίσουν την επίδραση ορμονών σε ζώα. Ένας τρόπος είναι η αφαίρεση του αδένα, που παράγει την ορμόνη. Μελετώντας τις παρατηρούμενες αλλαγές σε ένα ζώο χωρίς αδένα μαθαίνουν αν παράγει κάποια ορμόνη και ποια είναι η επίδραση της ορμόνης.

Μία άλλη μέθοδος για τη μελέτη της ορμόνης είναι η ένεση της ορμόνης σε ένα ζώο και η παρατήρηση της επιδράσεως συγκεντρώσεων ορμόνης μεγαλυτέρων από αυτή που υπάρχει φυσιολογικά στο ζώο. Αυτή τη μέθοδο θα χρησιμοποιήσετε στην πειραματική αυτή εργασία.

ΥΛΙΚΑ

Κοκοράκια δύο ημερών, μαρκαδόροι δύο διαφορετικών χρωμάτων, ελαιοδιαλυτή τεστοστερόνη (25 mg ανά ml), 70% διάλυμα αλκοόλης, χώρος για τα κοτόπουλα, 2 υποδερμικές βελόνες, 2 σύριγγες, βαμβάκι.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Διαχωρίστε έξι κοκοράκια σε τρία ζεύγη. Αφήστε ένα ζεύγος ασημάδευτο. Σημαδέψτε το δεύτερο και το τρίτο ζεύγος στην κορυφή της κεφαλής με διαφορετικά χρώματα. Το 1ο ζεύγος δεν θα υποστεί δοκιμασία. Στο ζεύγος 2 θα ενεθεί έλαιο. Στο ζεύγος 3 θα ενεθεί ελαιοδιαλυτή τεστοστερόνη.
2. Συνεργασθείτε με ένα συμμαθητή σας για τη διαδικασία της ενέσεως που ακολουθεί:



Εικόνα 21-Γ-1 *Μέτρηση λειριού σε κοτόπουλο με κανόνα μετρήσεως.*

Καθαρίστε το δέρμα του κοτόπουλου και την υποδερμική βελόνα τελείως με βαμβάκι διαβρεγμένο με αλκοόλη ως προετοιμασία για την ένεση.

3. Κάτω από στείρες συνθήκες πληρώστε την υποδερμική σύριγγα με το ελαιώδες υλικό έως το σημείο 1 cc και αφαιρέστε όλον τον αέρα. Συγκρατήστε απαλά το κοτόπουλο στην παλάμη σας κρατώντας προς τα επάνω την κοιλιακή επιφάνεια. Ανασηκώστε την πτέρυγα, ώστε να φανεί η εγκόλπωση κάτω από την πτέρυγα και με τα δάκτυλά σας ανασηκώστε το δέρμα στο σημείο αυτό. Κρατώντας τη βελόνα παραλλήλως προς το σώμα του κοτόπουλου εισάγετε τη βελόνα κάτω από το δέρμα και ενέσατε το υγρό.
4. Τρίψτε με το βαμβάκι το δέρμα γύρω από το σημείο της ενέσεως, ώστε να διασκορπισθεί το υγρό. Επανατοποθετήστε το κοτόπουλο στο κιβώτιό του.
5. Επαναλάβετε τη διαδικασία ενέσεως καθημερινά για πέντε ημέρες.
6. Μετρήστε με ακρίβεια χιλιοστού το μήκος και το ύψος του λειριού κάθε κοτόπουλου. Επαναλαμβάνετε τις μετρήσεις καθημερινά για τις επόμενες επτά ημέρες, όπως στην εικόνα 21-Γ-1. Χρησιμοποιήστε την εξίσωση για τον προσδιορισμό του παράγοντα του λειριού για κάθε κοτόπουλο, ώστε να είναι δυνατό να κάνετε συγκρίσεις.

$$\text{Παράγοντας λειριού} = \frac{\text{μήκος λειριού} \times \text{ύψος λειριού}}{2}$$

7. Να παρατηρήτε για λίγα λεπτά κάθε ημέρα κατά τη διάρκεια μιας εβδομάδας τον τρόπο συμπεριφοράς των τριών ζευγών. Καταχωρήστε όλες τις διαφορές μεταξύ των πειραματικών ζευγών και του ζεύγους-μάρτυρα.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Ποιες διαφορές, που φαίνεται να συνδέονται με ωρίμανση άρρενος ατόμου, σημειώθηκαν μεταξύ των τριών ζευγών;
2. Ποιος ήταν ο σκοπός για τη χρησιμοποίηση καθενός από τα τρία ζεύγη κοτοπούλων στο πείραμα αυτό;
3. Η τεστοστερόνη ενέθηκε κάτω από δέρμα στη βάση της πτέρυγας, αλλά η επίδρασή της πιστοποιήθηκε σε άλλο σημείο. Πώς κατανεμήθηκε η τεστοστερόνη σε ολόκληρο το σώμα κάτω από τις πειραματικές συνθήκες;
4. Υπό φυσιολογικές συνθήκες η τεστοστερόνη παράγεται από ειδικά κύτταρα των όρχεων του άρρενος κοτόπουλου κατά την ωρίμανσή του. Τι ενδείξεις μπορείτε να παρουσιάσετε ότι τεστοστερόνη επιδρά σε άλλα σημεία του σώματος εκτός από τους όρχεις; Πώς κατανέμεται η τεστοστερόνη σε όλο το σώμα υπό φυσιολογικές συνθήκες;
5. Τα καπόνια είναι κοκόρια, των οποίων έχουν αφαιρεθεί οι όρχεις σε πρώιμο στάδιο της ζωής τους. Ποιες είναι οι πιθανές επιπτώσεις που θα έχει η αφαίρεση αυτή στην εμφάνισή τους, όταν θα ωριμάσουν;
6. Ποιο μέρος της συμπεριφοράς της πειραματικής ομάδας δείχνει ότι η τεστοστερόνη επιδρά σε κάτι περισσότερο από τα δομικά χαρακτηριστικά; Νομίζετε ότι τα καπόνια θα δείχνουν αυτή τη συμπεριφορά; Εξηγήστε.
7. Ποια πρόβλεψη μπορείτε να κάνετε σχετικά με την παραγωγή της τεστοστερόνης από άρρενα κοτόπουλα καθώς αναπτύσσονται και μεταβάλλονται από κοκοράκια σε ώριμα άτομα κάτω από φυσιολογικές συνθήκες;

Πειραματα για το κεφαλαιο 22

Νευρικά συστήματα

22-Α
Τι σας λέει η αφή σας;

Το δέρμα είνα ευαίσθητο στις συνθήκες και στις μεταβολές του περιβάλλοντος κατά πολλούς τρόπους. Μπορείτε να πείτε αν ο αέρας είναι κρύος ή ζεστός, αν μια ακίδα είναι οξεία ή αμβλεία, αν μία επιφάνεια είναι λεία ή αδρή. Στην πειραματική αυτή εργασία θα κάνετε ορισμένες ασκήσεις, που θα σας βοηθήσουν να αντιληφθείτε τη φύση ορισμένων ευαισθήτων περιοχών του δέρματός σας.

α. Πόσο ακριβής είναι η αίσθηση θερμότητας του δέρματός σας;

ΥΛΙΚΑ

Μεγάλο δοχείο με ζεστό νερό, μεγάλο δοχείο με παγωμένο νερό, μεγάλο δοχείο με χλιαρό νερό.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Ελέγξτε το ζεστό νερό, για να βεβαιωθείτε ότι είναι ενοχλητικά ζεστό αλλά όχι καυτό, που θα σας κάνει εγκαύματα στο χέρι.
2. Βυθίστε το ένα χέρι σας στο ζεστό νερό και το άλλο στο παγωμένο νερό. Αφήστε τα για ένα λεπτό.
3. Μετά από ένα λεπτό βγάλτε τα χέρια σας από το ζεστό και το παγωμένο νερό. Βυθίστε τα αμέσως στο χλιαρό νερό.
4. Καταχωρήστε στο βιβλίο σας πώς ήταν η αίσθηση του χλιαρού νερού σε κάθε χέρι σας.

β. Σε πόση απόσταση μεταξύ τους βρίσκονται οι ευαίσθητες στην αφή περιοχές στις άκρες των δακτύλων σας και στο επάνω μέρος του χεριού σας;

ΥΛΙΚΑ

2 καρφίτσες.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Με τα μάτια κλειστά και το κεφάλι γυρισμένο αλλού αφήστε ένα συμμαθητή σας να αγγίξει ελαφρά την άκρη του δείκτη με τις ακίδες των δύο καρφιτσών. Ο συμμαθητής σας στην αρχή θα τοποθετήσει τις καρφίτσες σχετικά μακριά τη μία από την άλλη. Μετά από κάθε επαφή πληροφορείστε το συμμαθητή σας, αν αισθάνεσθε μία ακίδα ή δύο. Αν αισθάνεστε δύο ακίδες, ο συμμαθητής σας θα απομακρύνει τις δύο καρφίτσες από το δέρμα σας και θα αγγίξει πάλι την άκρη του δακτύλου σας σε δύο σημεία πλησιέστερα το ένα στο άλλο. Πέστε πάλι στο συμμαθητή σας, αν αισθάνεστε δύο ακίδες ή μία. Ο συμμαθητής σας θα αγγίξει κάθε φορά το δάκτυλό σας με τις καρφίτσες όλο και πλησιέστερα, έως ότου διαπιστώσετε ότι αισθάνεσθε μία ακίδα ενώ σας αγγίζουν δύο. Μην κρυφοκοιτάτε.
2. Σχεδιάστε το περίγραμμα του δακτύλου σας στο βιβλίο σας. Σημειώστε με δύο τελείες τα πλησιέστερα σημεία, όπου αισθάνεσθε και τις δύο ακίδες.
3. Μετρήστε την απόσταση σε χιλιοστά ανάμεσα στις τελείες του διαγράμματός σας. Μετρήστε σε χιλιοστά το πλάτος του άκρου του δακτύλου σας. Εκφράστε τις δύο μετρήσεις υπό μορφή κλάσματος.
4. Επαναλάβετε τα στάδια 1, 2 και 3 χρησιμοποιώντας το επάνω μέρος του χεριού σας αντί για την άκρη του δακτύλου σας. Αρχίστε με την ίδια τεχνική αλλά με τα σημεία τουλάχιστον έξι εκατοστά μακριά.
5. Καταχωρήστε τα κλάσματα σε πίνακα στο μαυροπίνακα. Συγκρίνετε τα κλάσματα που αφορούν ανθρώπους με μεγάλα χέρια και δάκτυλα με εκείνα που αφορούν ανθρώπους με μικρότερα χέρια και δάκτυλα.

γ. Τα ίδια σημεία του δέρματός σας είναι ευαίσθητα στο κρύο και στη ζέστη;

ΥΛΙΚΑ

Λουτρό θερμού νερού, λουτρό παγωμένου νερού, 2 μεγάλα καρφιά.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Σχεδιάστε με μελάνι που να ξεπλύνεται ένα τετράγωνο ακμής 2,5 εκ. στο επάνω μέρος του χεριού σας. Σχεδιάστε το περίγραμμα του χεριού σας σε ένα χαρτί. Σχεδιάστε ένα παρόμοιο τετράγωνο στο περίγραμμα.
2. Βυθίστε το ένα καρφί στο παγωμένο νερό και το άλλο στο ζεστό νερό και αφήστε τα για δύο λεπτά τουλάχιστον.
3. Μετά από δύο λεπτά πάρτε το καρφί από το ζεστό νερό, στεγνώστε το και ελέγξτε ότι είναι ενοχλητικά ζεστό αλλά όχι καυτό για να σας κάψει.
4. Κλείστε τα μάτια σας ενώ ο συμμαθητής σας μετακινεί αργά το καρφί κατά μήκος του περιγράμματος του τετραγώνου στο επάνω μέρος του χεριού σας. Το κεφάλι του καρφιού πρέπει να διατηρείται σε σταθερή πίεση επάνω στο δέρμα.
   Η κίνηση πρέπει να είναι συνεχής και αργή.
5. Όταν κατά καιρούς νιώθετε πιο έντονα τη θερμότητα από το καρφί, λέγετε «Σημείο». Στο σημείο αυτό του τετραγώνου, ένας τρίτος συμμαθητής σας θα κάνει ένα μικρό Ζ. Κρατάτε τα μάτια κλειστά διαρκώς. Κάντε αρκετές δοκιμές επαναθερμαίνοντας το καρφί μεταξύ δοκιμών.
6. Επαναλάβετε την ίδια διαδικασία με ένα κρύο καρφί. Σημειώνετε τα ευαίσθητα στο κρύο σημεία με ένα μικρό Κ.
7. Ενώ ακόμη δεν βλέπετε, ο συμμαθητής σας θα αγγίξει το επάνω μέρος του χεριού σας για ένα δευτερόλεπτο μόνο πότε με το κρύο και πότε με το ζεστό καρφί. Χρησιμοποιώντας μόνο τις πληροφορίες της αφής σας μπορείτε εύκολα να προσδιορίσετε τη διαφορά ανάμεσα στο ζεστό και το κρύο; Κάντε αρκετές δοκιμές με τα δύο διαφορετικά καρφιά. Προσδιορίστε κατά πόσο έχετε δυσκολία στον προσδιορισμό της θερμοκρασίας διά της αφής.

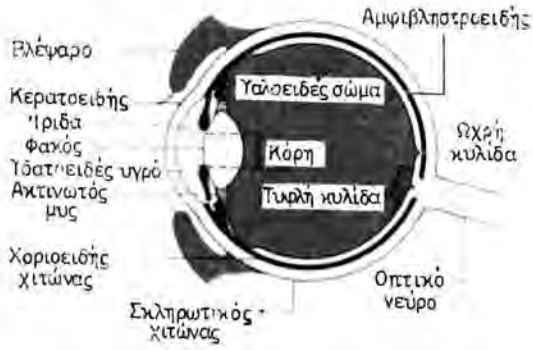
ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Ακουμπώντας το μέτωπο είναι ένας κοινός τρόπος, για να βρίσκομε, αν η θερμοκρασία του σώματος είναι επάνω από το κανονικό. Με βάση τις γνώσεις από την πειραματική αυτή εργασία εξηγήστε πώς ένα άτομο με θερμοκρασία 40°C (104°F) είναι δυνατό να αισθάνεται κρύο κατά το άγγιγμα.
2. Είναι οι ευαίσθητες περιοχές που ενεργοποιούνται από κρύο οι ίδιες με εκείνες που ενεργοποιούνται από τη ζέστη; Εξηγήστε.
3. Αν ένα άτομο ακούει τον τρυγμό της φωτιάς και άλλα άτομα να ομιλούν για ζέστη και ξαφνικά τον αγγίξουν με ένα κομμάτι πάγο στο πίσω μέρος του λαιμού του, ποια θα είναι η πιθανή πρώτη αντίδραση και αίσθηση; Εξηγήστε.
4. Υπάρχει κανένας συσχετισμός μεταξύ μεγέθους δακτύλων και χεριού και αποστάσεως των ευαισθήτων στην αφή σημείων;
5. Δημιουργήστε μία υπόθεση, για να εξηγήσετε γιατί αισθάνεστε μία καρφίτσα ενώ σας αγγίζουν δύο.

22-Β
Ο οφθαλμός των θηλαστικών: Τα μέρη του και πώς εργάζονται

Ο οφθαλμός είναι πολυσύνθετος υποδοχέας. Στην πειραματική αυτή εργασία θα εξετάσετε τη δομή ενός οφθαλμού θηλαστικού. Καθώς θα κάνετε την ανατομία του, προσπαθήστε να κατανοείτε τη σημασία κάθε τμήματος του οφθαλμού για την υποδοχή του οπτικού ερεθίσματος. Χρησιμοποιήστε την εικόνα 22-Β-1 κατά τη διάρκεια της πειραμα-

Εικόνα 22-Β-1 *Σχεδιάγραμμα ενός οφθαλμού θηλαστικού σε εγκάρσια τομή.*



τικής αυτής εργασίας, που θα σας βοηθήσει να αντιληφθείτε τη δομή και λειτουργία του οφθαλμού.

ΥΛΙΚΑ

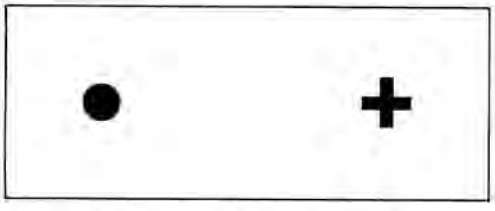
Οφθαλμός από βόδι ή πρόβατο, ανατομικό εγχειρίδιο, μικρό κομμάτι εφημερίδας, ψαλίδι, καλυπτρίδα, λαβίδα, ανατομικός δίσκος.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Αν υπάρχουν βλέφαρα στον οφθαλμό, απόκοψέ τα. Με ανατομικό ψαλίδι ή ανατομικό εγχειρίδιο απομακρύνετε το λευκό λιπώδη ιστό από το οπίσθιο ήμισυ του οφθαλμού. Προσέξτε να μην αποκόψετε το λευκό στέλεχος που προβάλλει στο οπίσθιο τμήμα του οφθαλμού. Παρατηρήστε την εικόνα 22-Β-1, για να διαπιστώσετε τι είναι η δομή αυτή. Χρησιμοποιήστε το διάγραμμα ως στοιχείο αναφοράς, για να στρέψετε τον οφθαλμό στην κατάλληλη θέση ως προς το σώμα. Το οπτικό νεύρο εισέρχεται στον οφθαλμό κατευθείαν απέναντι από το φακό;
2. Θέστε τη μύτη από το ψαλίδι ή ένα ανατομικό εγχειρίδιο στο οπίσθιο μέρος του οφθαλμού, ακριβώς επάνω από το οπτικό νεύρο. Διατρυπήστε το σκληρό λευκό εξωτερικό χιτώνα του οφθαλμού. Ποιο είναι το όνομα του χιτώνα αυτού; Σημειώστε ότι είναι ένα συνεχές στρώμα που εκτείνεται σε ολόκληρη την επιφάνεια του οφθαλμού. Παρατηρήστε όμως ότι στο εμπρόσθιο τμήμα του οφθαλμού ο χιτώνας είναι διαφανής. Σε ένα διατηρημένο δείγμα η περιοχή αυτή είναι δυνατό να είναι κυανή ή αδιαφανής, αλλά, όταν είναι ζωντανή, είναι άχροη και διαφανής. Σημειώστε επίσης ότι αυτό το διαφανές τμήμα του ***σκληρωτικού χιτώνα*** ονομάζεται ***κερατοειδής χιτώνας*** και είναι πιο αποστρογγυλωμένος από τον υπόλοιπο χιτώνα.
3. Αποκόψτε το οπτικό νεύρο αφήνοντας ένα μικρό άνοιγμα στο πίσω τμήμα του οφθαλμού. Καλύψτε το άνοιγμα με μία καλυπτρίδα, ώστε να συγκρατήσετε μέσα το πυκνόρρευστο υγρό που πληρώνει τον οφθαλμό. Τώρα συγκρατήστε τον οφθαλμό πλησίον του δικού σας, ώστε να μπορείτε να κοιτάξετε μπροστά μέσα από το άνοιγμα που έχετε κάνει. Μετατοπίζοντας ελαφρά τον οφθαλμό προς διάφορες κατευθύνσεις θα είσθε σε θέση να παρατηρείτε μέσα από αυτόν και να βλέπετε τις εικόνες των αντικειμένων που βρίσκονται μπροστά. Αυτές οι εικόνες είναι αναποδογυρισμένες ή όχι;
4. Τοποθετήστε τον οφθαλμό στον ανατομικό δίσκο με τον κερατοειδή προς τα κάτω. Κόψτε τον σε δύο ίσα μέρη, οπίσθιο και εμπρόσθιο, χρησιμοποιώντας τη μύτη του ψαλιδιού για να κόψετε τον οφθαλμό γύρω γύρω. Σηκώστε το οπίσθιο ήμισυ. Το παχύρευστο υγρό είναι δυνατό να παραμείνει στο εμπρόσθιο ήμισυ προσκολλημένο ιδιαιτέρως στο φακό. Απομακρύνετε το παχύρευστο αυτό υγρό με τη λαβίδα και μία ανατομική βελόνα. Περιγράψτε το υλικό. Πώς ονομάζεται; Τι λειτουργία νομίζετε ότι επιτελεί;
5. Χωρίς να κόψετε πέρα από τον κερατοειδή βάλτε τη μύτη του ψαλιδιού στην εξωτερική παρυφή του κερατοειδούς χιτώνα και κόψτε τον γύρω-γύρω. Αναση-κώστε τον κερατοειδή. Ένα μυώδες διάφραγμα αποκαλύπτεται, που ονομάζεται ***ίριδα***. Μέσω του ανοίγματος της ίριδας που ονομάζεται ***κόρη*** παρατηρήστε το ***φακό.*** Ο φακός είναι άχροος και διαφανής, αλλά στα διατηρημένα δείγματα γίνεται αδιαφανής. Κατά τη διάρκεια της ζωής ο χώρος μεταξύ κερατοειδούς και φακού είναι πλήρης από ένα άχροο, διαφανές, υδατοειδές υγρό. Ποιο είναι το όνομα του υγρού αυτού; Ποια νομίζετε ότι είναι η λειτουργία του;
6. Εξετάστε την εμπρόσθια και την οπίσθια επιφάνεια του φακού. Παρατηρήστε ότι ο φακός είναι προσκολλημένος στο βολβό του οφθαλμού με λεπτές ίνες. Προσπαθήστε να αντιληφθείτε πώς αλλάζει το σχήμα του φακού. Ο φακός είναι παχύτερος, όταν προσαρμόζεται για να εστιάσει σε αντικείμενα που βρίσκονται πλησίον.
7. Κόψτε προσεκτικά γύρω από την περιφέρεια του φακού με ένα ανατομικό εγχειρίδιο. Απομακρύνετε το φακό από τα στοιχεία όπου βρίσκεται προσκολλημένος και τοποθετήστε τον επάνω σε ένα κομμάτι εφημερίδα. Μπορείτε να παρατηρήσετε μέσα από το φακό; Με το ανατομικό

εγχειρίδιο κόψτε ή ξύστε τον ιστό του φακού. Είναι ο φακός του οφθαλμού σκληρός όπως οι γυάλινοι φακοί;

8. Εξετάσετε το οπίσθιο ήμισυ του βολβού του οφθαλμού και προσέξτε τη φαιόχροη επιφάνεια στο εσωτερικό. Ποιο είναι το όνομα του εσωτερικού χιτώνα του οφθαλμού; Σημειώστε τα αιμοφόρα αγγεία που διακλαδίζονται στη στρώση αυτή. Η στρώση αυτή περιέχει επίσης τα εξειδικευμένα νευρικά κύτταρα, που είναι γνωστά ως ραβδία και κωνία και που λειτουργούν ως οπτικοί υποδοχείς.
9. Εκεί όπου το οπτικό νεύρο εξέρχεται από τον οφθαλμό υπάρχει ένα τυφλό σημείο, όπου δεν υπάρχουν τα ευαίσθητα στο φως ραβδία και κωνία. Μπορείτε να επιδείξετε την ύπαρξη της τυφλής αυτής κηλίδας στους οφθαλμούς σας κλείνοντας το δεξιό σας οφθαλμό και εστιάζοντας τον αριστερό στο σταυρό της εικόνας 22-Β-2. Αρχίστε κρατώντας τη σελίδα σε απόσταση 12 εκ. από τον οφθαλμό σας και βαθμιαία απομακρύνετέ την, έως ότου δεν βλέπετε τον κύκλο. Στη θέση αυτή ο κύκλος εστιάζεται επάνω στην τυφλή κηλίδα.



Εικόνα 22-Β-2 *Οπτική βοήθεια για εντοπισμό της τυφλής κηλίδας στον αμφιβληστροειδή. Ακολουθήστε τις οδηγίες του σταδίου 9.*

10. Σημειώστε το μέγεθος της ίριδας και της κόρης στους οφθαλμούς των συμμαθητών σας. Κατόπιν ζητήστε από ένα συμμαθητή σας να καλύψει τελείως τους οφθαλμούς του για χρονική περίοδο τουλάχιστον 2 λεπτών. Όταν το αποκαλύψει πάλι, σημειώστε αμέσως το μέγεθος της κόρης και της ίριδας. Συνεχίστε την παρατήρηση για 15 δευτερόλεπτα. Συγκρίνετε το μέγεθος της ίριδας και της κόρης του συμμαθητή σας πριν και μετά την κάλυψη. Τι συνέβη κατά τα πρώτα δευτερόλεπτα μετά την αποκάλυψη των οφθαλμών; Έχει σχέση αυτό με την ίριδα; Εξηγήστε.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Γιατί βλέπετε καλύτερα σε ένα σκοτεινό δωμάτιο, αφού μείνετε σε αυτό για λίγα λεπτά, παρά όταν πρωτοεισέρχεσθε;
2. Πολλοί άνθρωποι καθώς μεγαλώνουν ανακαλύπτουν ότι χρειάζονται φακούς, για να βελτιώσουν την όρασή τους. Αναγράψτε ορισμένες από τις δομές του οφθαλμού, που νομίζετε ότι είναι δυνατόν να χάνουν την αποτελεσματικότητά τους με την πάροδο της ηλικίας.
3. Πολλά ζώα ενεργοποιούνται τη νύκτα και προφανώς βλέπουν καλύτερα στο σκοτάδι από ό,τι οι άνθρωποι. Πώς προσαρμόζονται οι οφθαλμοί για νυκτερινή όραση;
4. Γράψτε μία παράγραφο, όπου θα περιγράφετε περιληπτικά τον τρόπο με τον οποίο ο οφθαλμός δέχεται το φως.

22-Γ
Χημικοί υποδοχείς γεύσεως και οσφρήσεως

Η αίσθηση της γεύσεως παράγεται από αλλαγές στο χημικό περιβάλλον του στόματος. Εξειδικευμένες νευρικές απολήξεις στους γευστικούς κάλυκες της γλώσσας είναι ευαίσθητες στις αλλαγές αυτές. Όταν οι νευρικές αυτές απολήξεις διεγείρονται από χημικές αλλαγές, στέλνουν νευρικές ώσεις στον εγκέφαλο. Όταν οι ώσεις φθάσουν στον εγκέφαλο, αισθανόμαστε την αίσθηση της γεύσεως. Η όσφρηση, όπως και η γεύση, οφείλεται σε χημικές διεγέρσεις. Τα εξειδικευμένα όργανα για την αίσθηση της οσφρήσεως μοιάζουν ως προς τη δομή προς αυτά της γεύσεως. Εδράζονται στις ανώτερες περιοχές της μύτης. Όταν οι ατμοί από ένα υλικό φθάσουν στο υγρό επιθήλιο που καλύπτει το εσωτερικό της μύτης, διαλύονται. Τα διαλύματα διεγείρουν

τους υποδοχείς, δηλαδή τα κύτταρα που υποδέχονται το ερέθισμα. Θα διερευνήσετε πώς εργάζονται οι υποδοχείς αυτοί.

ΥΛΙΚΑ

Οδοντογλυφίδες, γυαλί ρολογιού, αποστειρωμένο βαμβάκι, οξικό οξύ 1%, 5 διαλύματα ζάχαρης: 0,1%, 0,5%, 5%, 10%, 20%· 5 διαλύματα αλατιού: 0,3%, 1,5%, 2,5%, 4%, 6%· 0,1% διάλυμα θειικής κινίνης· τεμάχια αποστειρωμένης γάζας, μινθέλαιο, κρύσταλλοι ζάχαρης, γαρυφαλέλαιο.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. ***Γεύση αδιαλύτων συστατικών.*** Σκουπίστε με γάλα τη γλώσσα σας και κατόπιν τοποθετήστε λίγους κρυστάλλους ζάχαρης επάνω της. Γεύεσθε τίποτα; Γιατί νομίζετε ότι είναι αναγκαίο να βρίσκεται σε διάλυμα μία ουσία προτού τη γευθούμε;
2. ***Προσωρινή αλλαγή σε αισθητικό υποδοχέα.*** Μυρίστε γαρυφαλέλαιο από το ένα ρουθούνι κρατώντας το άλλο κλειστό και εκπνέοντας τον αέρα από το στόμα.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Μην κρατάτε το φιαλίδιο του ελαίου σε μικρή απόσταση από τη μύτη σας, γιατί είναι δυνατό να προκληθεί μία καυστική αίσθηση.

Καταχωρήστε το χρόνο που απαιτείται, πριν από τον οποίο δεν είναι δυνατό να αντιληφθείτε την οσμή του γαρύφαλου. Δοκιμάστε κατόπιν το μινθέλαιο. Είναι δυνατό να το μυρίσετε;

3. ***Περιοχές των διαφόρων τύπων των γευστικών υποδοχέων.*** Για να προσδιορίσετε τις περιοχές των διαφόρων τύπων γευστικών υποδοχέων τοποθετήστε περίπου 1 ml ή λιγότερο διαλύματος 10% αλατιού σε γυαλί ρολογιού. Βυθίστε λίγο αποστειρωμένο βαμβάκι τυλιγμένο γύρω από μία οδοντογλυφίδα στο διάλυμα. Απλώστε το διάλυμα σε μία μικρή περιοχή της γλώσσας σας. Κατόπιν απλώστε το διάλυμα σε άλλες περιοχές, έως ότου όλη η επιφάνεια της γλώσσας σας έχει καλυφθεί. Αποφύγετε την προσθήκη περίσσειας διαλύματος. Σημειώστε τις περιοχές, όπου είναι δυνατό να γευθείτε το αλάτι. Παρατηρήστε ειδικότερα τις περιοχές, όπου η γεύση είναι εντονότερη. Επαναλάβετε τις δοκιμές αυτές με καθένα από τα ακόλουθα διαλύματα: 20% ζάχαρη, 1% οξικό οξύ και 0,1% θειική κινίνη. Ξεπλύνετε το στόμα σας με λίγο νερό, μεταξύ των διαφόρων δοκιμών. Κάντε ένα διάγραμμα της γλώσσας σας δείχνοντας τις περιοχές όπου υπάρχει έντονη γεύση αλμυρού, γλυκού, ξινού και πικρού.
4. ***Όρια γεύσεως.*** Τοποθετήστε μία σταγόνα 0,1% διαλύματος ζάχαρης στην περιοχή της γλώσσας, που είναι πιο ευαίσθητη στο γλυκό. Σημειώστε, αν είναι δυνατό να αισθανθείτε γεύση γλυκού. Επαναλάβετε τις δοκιμές χρησιμοποιώντας διαλύματα 0,5%, 5%, 10% και 20%. Ξεπλύνετε τη γλώσσα σας μεταξύ δοκιμών. Καταχωρήστε το πιο αραιό διάλυμα που μπορείτε να γευθείτε. Αυτό είναι το δικό σας όριο διεγέρσεως. Επαναλάβετε την ως άνω διαδικασία με διάφορες συγκεντρώσεις αλατιού: 0,3%, 1,5%, 2,5%, 4%, 6%. Προσδιορίστε το δικό σας όριο διεγέρσεως για αλάτι στην περιοχή της γλώσσας, που είναι πιο ευαίσθητη στο αλμυρό. Συγκρίνετε τις δικές σας οριακές τιμές για αλάτι και ζάχαρη με αυτές της τάξεώς σας. Συγκρίνετε τις τιμές για αλμυρό και γλυκό των αρρένων και θηλέων της τάξεώς σας. Παρατηρείτε διαφορές;

Πειραματα για το κεφαλαιο 23

Ερειστικό και μυικό σύστημα

23-Α
Προκαλώντας κίνηση μυών

Στο κεφάλαιο 23 μάθατε ότι τα σπονδυλωτά ζώα έχουν δύο είδη μυών, λείους και γραμμωτούς. Ο λείος μυς συστέλλεται βραδέως με αβουλητική κίνηση· ο γραμμωτός μυς έχει ταχεία αντίδραση και εμπλέκεται σε βουλητικές κινήσεις. Ο καρδιακός μυς, ένα ειδικό είδος γραμμωτού μυός, έχει αβουλητική κίνηση.

Στην παράγραφο 23-10 αναφέρεται ένα χημικό μήνυμα, που ελευθερώνεται από τους κινητικούς νευρώνες στις γραμμωτές μυικές ίνες. Υπάρχουν χημικά μηνύματα περισσότερα του ενός είδους και επιδρούν και στους γραμμωτούς και στους λείους μύες. Η αδρεναλίνη και η ακετυλοχολίνη όπως και η νορεπινεφρίνη εκκρίνονται από τα νεύρα. Επιδρούν στο ρυθμό των μυικών συστολών. Τα διάφορα είδη μυών αντιδρούν διαφορετικά στις χημικές αυτές ουσίες;

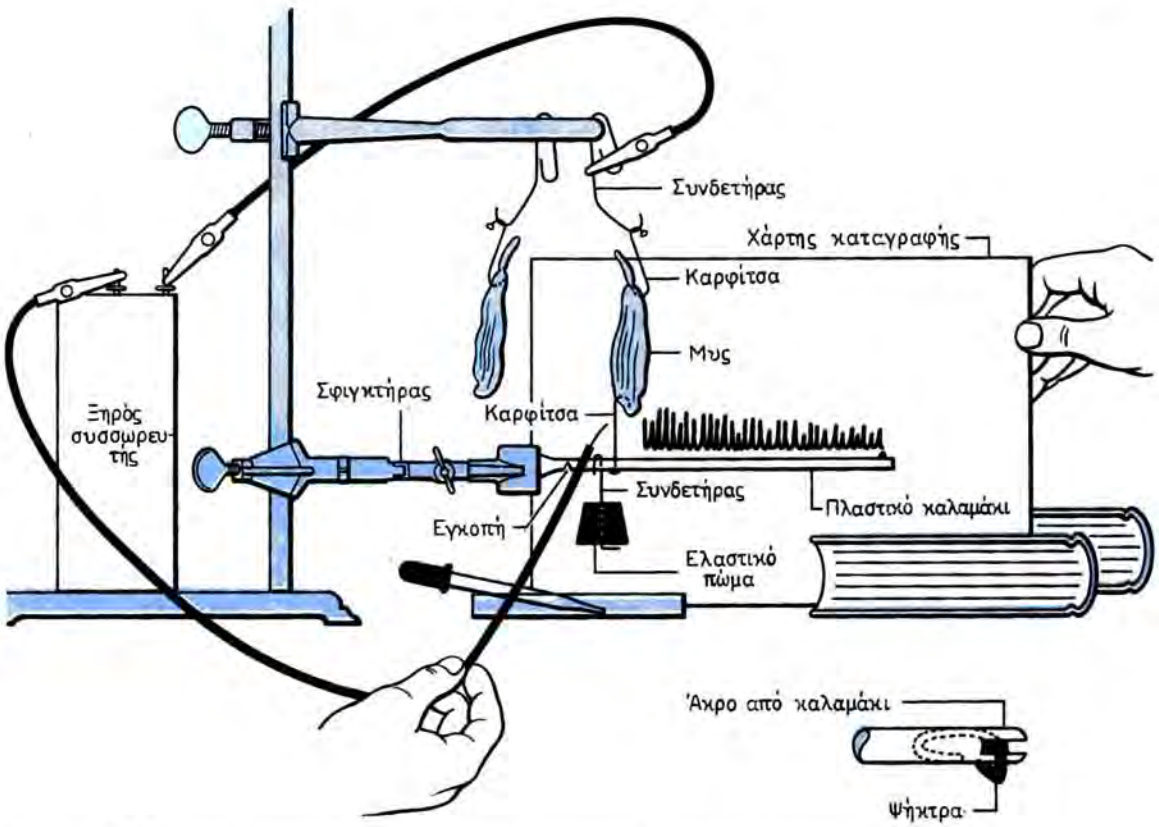
Στην πειραματική αυτή εργασία θα προσδιορίσετε την επίδραση της αδρεναλίνης και της ακετυλοχολίνης στη δραστηριότητα καρδιακού και λείου μυ από την καρδιά και το στόμαχο βατράχου.

ΥΛΙΚΑ

Βάτραχος, 500 ml διάλυμα Ringer, 2 τρυβλία petri, 2 σταγονόμετρα ή σύριγγες, 10 ml διαλύματος αδρεναλίνης, 10 ml διαλύματος ακετυλοχολίνης, ρολόι με δευτερολεπτοδείκτη.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Πάρτε ένα βάτραχο από τον καθηγητή σας. Ο βάτραχος αυτός έχει υποστεί μία χειρουργική επέμβαση, που ονομάζεται «διπλή απομυέλωση», μετά την οποία ούτε ο εγκέφαλος ούτε ο νωτιαίος του μυελός λειτουργούν και γι' αυτό δεν αισθάνεται πόνο. Ανοίξτε την κοιλιά και κόψτε τη μεμβράνη που περιβάλλει την καρδιά. Αφαιρέστε προσεκτικά την καρδιά ανασηκώνοντάς την ελαφρά με τη λαβίδα και αποκόπτοντας τα αιμοφόρα αγγεία που καταλήγουν σε αυτή. Προσέξτε να μην κόψετε ή πληγώσετε το θάλαμο, όπου καταλήγουν οι κύριες φλέβες πριν εισέλθουν στην καρδιά.
2. Ξεπλύνετε την καρδιά με διάλυμα Ringer και απομακρύνετε όλο το υπόλοιπο αίμα. Κατόπιν τοποθετήστε την καρδιά σε ένα τρυβλίο petri με διάλυμα Ringer. (Το διάλυμα Ringer είναι ένα διάλυμα αλάτων παρόμοιο σε σύνθεση με τα σωματικά υγρά).
3. Απομακρύνετε το στόμαχο από την κοιλιακή κοιλότητα του βατράχου και τοποθετήστε τον στο ίδιο τρυβλίο με την καρδιά.
4. Παρατηρήστε τη δραστηριότητα κάθε ιστού. Σε ένα πίνακα καταχωρήστε το ρυθμό συστολών ή παλμών και τη σχετική έντασή τους. Χρησιμοποιήστε τις τιμές αυτές ως τους ρυθμούς-μάρτυρες πριν από την προσθήκη των διαφόρων φαρμάκων που θα προστεθούν.
5. Προσθέστε δύο σταγόνες διαλύματος ακετυλοχολίνης στο διάλυμα Ringer. Παρατηρήστε τις αλλαγές στη δραστηριότητα και σημειώστε τυχόν αλλαγές στη σχετική ένταση των συστολών των δύο ιστών. Αν οι δύο σταγόνες δεν αλλάξουν την ένταση των συστολών, προσθέστε περισσότερες, από μία κάθε φορά. Περιμένετε περίπου ένα λεπτό μεταξύ σταγόνων, για να παρατηρήσετε τυχόν διαφορές στη δραστηριότητα. Καταχωρήστε το συνολικό αριθμό των σταγόνων που προσθέσατε.
6. Τοποθετήστε τα όργανα σε ένα νέο τρυβλίο petri με διάλυμα Ringer. Περιμένετε 3 έως 5 λεπτά, έως ότου η δραστηριότητα των ιστών επιστρέφει στα αρχικά επίπεδα των



Εικόνα 23-Β-1 *Διάταξη πειράματος μυικής συστολής. Οι λεπτομέρειες προσαρμογής της ψήκτρας στο άκρο από ένα πλαστικό καλαμάκι εμφανίζονται σε μεγέθυνση κάτω δεξιά.*

μαρτύρων. Αν οι ιστοί δεν επιστρέψουν στα αρχικά επίπεδα, χρησιμοποιήστε ως νέους ρυθμούς-μάρτυρες τα νέα επίπεδα. Τώρα προσθέστε δύο σταγόνες ακετυλοχολίνης και καταχωρήστε τις αλλαγές. Κατόπιν προσθέστε μία ακόμη. Επαναλάβετε αυτό τουλάχιστον τέσσερις φορές τελειώνοντας με δύο ιστούς. Καταχωρήστε τα αποτελέσματα.

7. Τοποθετήστε τους ιστούς σε νέο διάλυμα Ringer και επαναλάβετε τα προηγούμενα στάδια χρησιμοποιώντας αδρεναλίνη. Καταχωρήστε τα αποτελέσματα όπως και πριν.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Ποια είναι η επίδραση της αδρεναλίνης στον καρδιακό μυ; Ποια στο λείο μυ;
2. Ποια είναι η επίδραση της ακετυλοχολίνης στον καρδιακό μυ; Ποια στο λείο μυ;
3. Πώς μπορεί να μεταβληθεί η δραστηριότητα του καρδιακού και του λείου μυ;
4. Η ανταπόκριση και των δύο μυών ήταν η ίδια και στους δύο ιστούς;
5. Ποιο είδος μυικού ελέγχου ενδείκνυται από το γεγονός ότι οι μύες συνεχίζουν να συστέλλονται ακόμη και όταν οι νευρικές διασυνδέσεις έχουν καταστραφεί;

23-Β
Τι προκαλεί κόπωση στους σκελετικούς μύες;

Η συνεχής συστολή ενός μυός του σώματός σας θα τον εξαναγκάσει να παρουσιάσει γρήγορα σημεία κοπώσεως. Αν συνεχιστούν οι συστολές, ο μυς θα αρχίσει να πονά και τέλος θα παύσει να συστέλλεται. Κατά τη διάρκεια μικρού χρονικού διαστήματος αναπαύσεως παρατηρούνται αλλαγές στο μυ, που του επιτρέπουν να συσταλεί πάλι.

Γιατί οι μύες παύουν να συστέλλονται μετά

από μία περίοδο συνεχούς διεγέρσεως; Χρησιμοποιούν όλη την ενέργειά τους; Τι συμβαίνει κατά την ανάπαυση, που επιτρέπει σε ένα μυ να συσταλεί εκ νέου; Η κυρίως πηγή ενέργειας για το μυ είναι οι θρεπτικές ουσίες που προσκομίζονται από το αίμα. Τα άχρηστα συστατικά που παράγονται από τους εργαζόμενους μύες απομακρύνονται από το κυκλοφορικό σύστημα. Μπορεί ένας μυς να συσταλεί και να συνεχίσει να συστέλλεται χωρίς να κυκλοφορεί αίμα γύρω του; Όταν ένας μυς παρουσιάσει κόπωση ή κουραστεί, είναι δυνατό να διεγερθεί πάλι προς συστολή χωρίς τις υπηρεσίες του κυκλοφορικού συστήματος;

Σ' αυτά τα πειράματα θα διερευνήσετε μερικές από τις ερωτήσεις αυτές και θα προσδιορίσετε μερικά από τα χαρακτηριστικά της κοπώσεως σε ένα μυ από πόδι βατράχου.

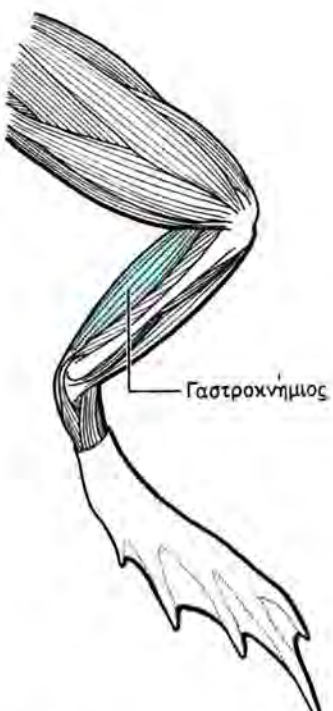
ΥΛΙΚΑ

Βάτραχος «διπλής απομυελώσεως», ανατομικά εργαλεία, ανατομικός δίσκος, ξηρός συσσωρευτής (μπαταρία) 1 $^{1}/_{2}$ volt, σύρματα και συνδετήρες προς το συσωρευτή, στατώ με δακτύλιο και σφιγκτήρα, πλαστικό καλαμάκι, ψήκτρα καθαρισμού πίπας, καρφίτσες, πένσα, 2 τρυβλία petri, 100 ml διάλυμα Ringer, ρολόι με δευτερολεπτοδείκτη, μελάνι, σταγονόμετρο.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

α. Μυική συστολή

1. Ετοιμάστε την πειραματική σας διάταξη, όπως φαίνεται στην εικόνα 23-Β-1. Ο καταγραφικός χάρτης πρέπει να είναι κολλημένος σε ένα χαρτόνι, ώστε να μην κάμπτεται. Τοποθετήστε δύο βιβλία στο τραπέζι, ώστε να δημιουργήσετε ένα στενό άνοιγμα μεταξύ τους, μέσα στο οποίο να μπορεί να κινείται ο καταγραφικός χάρτης. Τοποθετήστε τα βιβλία κατά τέτοιο τρόπο, ώστε η άκρη της ψήκτρας καθαρισμού πίπας μόλις να εφάπτεται στο χάρτη. (Σημειώστε το υπό μεγέθυνση σχέδιο της ψήκτρας στο σχέδιο πειραματικής διατάξεως στην εικόνα 23-Β-1). Προσθέστε μελάνι στην ψύκτρα μόνο μετά την ανάρτηση του μυός και όταν όλα θα είναι έτοιμα για να αρχίσει η καταγραφή.



Εικόνα 23-Β-2 *Ο γαστροκνήμιος μυς ποδιού βατράχου.*

2. Απομακρύνετε το δέρμα από τα δύο οπίσθια άκρα του βατράχου κόβοντας το δέρμα γύρω από τη βάση των ποδιών και τραβώντας το σαν να βγάζετε ελαστικό γάντι.
3. Εντοπίστε το μυ του βατράχου που αντιστοιχεί στο μυ της κνήμης του ανθρώπου (φαίνεται σε κυανό χρώμα στην εικόνα 23-Β-1). Σημειώστε πού προσκολλώνται τα άκρα του μυός. Ποια κίνηση του ποδιού θα γίνει, αν συσταλεί ο μυς αυτός;
4. Απομακρύνετε το μυ αυτό και από τα δύο πόδια εισάγοντας το ένα άκρο της μύτης του ψαλιδιού κάτω από το υλικό, με το οποίο ο μυς είναι προσκολλημένος στο οστό. Ποιο είναι το όνομα του χόνδρινου αυτού υλικού προσκολλήσεως; Αποκόψτε τους μύες και στις δύο άκρες και τοποθετήστε τους σε ένα τρυβλίο petri σε διάλυμα Ringer.
5. Πάρτε τους μύες από το διάλυμα και αναρτήστε τους στο δακτύλιο, όπως φαίνεται στην εικόνα 23-Β-1. Συνδέστε μόνο ένα μυ στο σύστημα καταγραφής. Προσθέστε διάλυμα Ringer στους μύες με το σταγονό-

μετρο. Και οι δύο μύες πρέπει να είναι διαρκώς υγροί από διάλυμα Ringer καθόλη τη διάρκεια του πειράματος.

6. Η εργασία για την καταγραφή των μυικών συσπάσεων πρέπει να γίνει από τριμελείς ή τετραμελείς ομάδες. Διεγείρετε το μυ, που είναι συνδεδεμένος με το σύστημα καταγραφής ανά διάστημα 1 δευτερολέπτου έως ότου σταματήσει να αντιδρά στο ερέθισμα. Ενώ ένας μαθητής θα διεγείρει το μυ αγγίζοντας με το σύρμα την καρφίτσα που τον κρατά συνδεδεμένο προς το σύστημα καταγραφής, ένας άλλος θα κινεί αργά τον καταγραφικό χάρτη μέσα στο άνοιγμα μεταξύ των βιβλίων. Προσθέστε μελάνι στην ψήκτρα πριν αρχίσει η καταγραφή και εφόσον χρειασθεί κατά τη διάρκεια του πειράματος. Ίσως χρειασθεί να μην καταγράψετε μερικές συσπάσεις την ώρα που θα προσθέτετε μελάνι στην ψήκτρα.

Ένας από την ομάδα θα μετρά το χρόνο χρησιμοποιώντας ένα ρολόι με δευτερολεπτοδείκτη και μετρώντας διαστήματα ενός δευτερολέπτου. Ο καταγραφικός χάρτης πρέπει να κινείται με ταχύτητα που να επιτρέπει την καταγραφή μυικών συσπάσεων κατά τη διάρκεια ενός λεπτού σε όλο το μήκος του χάρτη. (Τα σημεία θα πρέπει να βρίσκονται σε απόσταση περίπου 3 mm). Καθώς η καταγραφή θα πλησιάζει στο τέλος του χάρτη, θα πρέπει ο χάρτης να αναποδογυρισθεί, ώστε να συνεχισθεί η καταγραφή στο υπόλοιπο ήμισύ του.

Αριθμήστε τις καταγραφές σύμφωνα προς τα διαστήματα λεπτών, ώστε να είναι δυνατό να έχετε μία ολόκληρη ακολουθία καταγραφής κόβοντας το χάρτη κατά μήκος και κολλώντας τα κομμάτια στη σωστή σειρά. Ετοιμάστε 4 ή 5 καταγραφικούς χάρτες, ώστε να είναι δυνατόν να έχετε συνεχή καταγραφή των μυικών συσπάσεων χωρίς παρεμβολή περιόδων αναπαύσεως. Συνεχίστε να διεγείρετε το μυ και να καταγράφετε τις αντιδράσεις του έως ότου να μη συστέλλεται όταν διεγείρεται.

7. Αφήστε το μυ να αναπαυθεί για ένα λεπτό. Κατόπιν αρχίστε πάλι να τον διεγείρετε ανά διαστήματα δευτερολέπτου έως ότου έχει πάλι εξαντληθεί.
8. Αφήστε το μυ να αναπαυθεί για πέντε λεπτά και επαναλάβετε τη διαδικασία.

β. Αιτίες κοπώσεως.

Τα επόμενα στάδια περιλαμβάνουν δύο πειράματα. Μία ή δύο ομάδες της τάξεώς σας θα ακολουθήσουν τα στάδια 1 και 2. Η υπόλοιπη τάξη θα χρησιμοποιήσει το μυ εξαντλημένο μη ακολουθώντας τα στάδια 3 και 4. Τα δεδομένα που θα συγκεντρωθούν κατόπιν μπορούν να χρησιμοποιηθούν από όλη την τάξη.

1. Για να διερευνήσετε, αν ο χρόνος και μόνο είναι αιτία κοπώσεων, μία ή δύο ομάδες θα απομακρύνουν τον εξαντλημένο μυ από το σύστημα καταγραφής και θα προσαρτήσουν στο σύστημα τον άλλο μυ. Με το μυ αυτόν οι ομάδες αυτές θα επαναλάβουν τις διαδικασίες των σταδίων 6, 7 και του τμήματος *α* και θα κάνουν τις σχετικές συγκρίσεις.
2. Κόψτε το χάρτη στη μέση και ενώστε τις ταινίες μαζί, ώστε να έχετε μία συνεχή ταινία που δείχνει την καταγραφή των συστολών από την αρχή έως το τέλος και για το δεύτερο μυ. Συγκρίνετε τις καταγραφές των δύο μυών.
3. Για να διερευνήσετε αν ο μυς παρουσιάζει κόπωση, επειδή δεν του δόθηκε η ευκαιρία να αναπαυθεί, απομακρύνετε τον εξαντλημένο μυ και αναρτήστε το μυ του άλλου άκρου του βατράχου στο σύστημα καταγραφής. Καταχωρήστε τις συστολές, όπως και προηγουμένως, αλλά δίνετε στο μυ αυτό ενός λεπτού ανάπαυση ύστερα από ένα λεπτό συστολής. Συνεχίστε να τον διεγείρετε επί ένα λεπτό ανά διαστήματα ενός δευτερολέπτου. Κατόπιν αφήνετέ τον σε ανάπαυση για ένα λεπτό, έως ότου εξαντληθεί.
4. Προσδιορίστε το ολικό έργο που έγινε από κάθε μυ αριθμώντας τις συστολές και μετρώντας το ύψος κάθε συστολής σε εκατοστά. Ζυγίστε το κινητό μέρος του συστήματος καταγραφής με ακρίβεια γραμμαρίου. Το ολικό ύψος σε εκατοστά επί το ολικό ανυψούμενο βάρος σε γραμμάρια ισούται με το γενόμενο έργο εκφρασμένο σε γραμμάρια-εκατοστά. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα από τους δύο μύες.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Για τον πρώτο μυ, πώς συγκρίνεται η

ένταση συστολών κατά το πρώτο λεπτό με την ένταση κατά το δεύτερο λεπτό;
2. Γιατί τα πειράματα έγιναν με δύο μύες από τον ίδιο βάτραχο; Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μυς από άλλο βάτραχο εξίσου καλά; Εξηγήστε.
3. Στα στάδια 1 και 2 του μέρους *β*, αν ο δεύτερος μυς είχε παραμείνει προσκολλημένος στο βάτραχο μέχρι της χρησιμοποιήσεώς του για το πείραμα, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί εξίσου καλά; Εξηγήστε.
4. Τι αλλαγές βλέπετε σε ένα μυ, καθώς ασκεί μία έλξη;
5. Κατά το πείραμα χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρικό ρεύμα για τη διέγερση του μυ προς συστολή. Τι διεγείρει το μυ προς συστολή, όταν βρίσκεται στο σώμα;
6. Με βάση τα αποτελέσματα του πειράματος αυτού ποια είναι η πιο λογική απάντηση στην ερώτηση τι είναι κόπωση;
   (α) Μυική κόπωση είναι η αδυναμία ενός μυός να συσταλεί, όταν διεγείρεται λόγω ελλείψεως ενέργειας.
   (β) Μυική κόπωση είναι η αδυναμία ενός μυός να συσταλεί, όταν διεγείρεται λόγω συγκεντρώσεως κάποιας «τοξικής ουσίας», που δεν είναι δυνατόν να απομακρυνθεί από το κυκλοφορικό σύστημα αρκετά γρήγορα.
   (γ) Μυική κόπωση είναι η αδυναμία ενός μυός να συσταλεί, όταν διεγείρεται λόγω συγκεντρώσεως κάποιας «τοξικής ουσίας», η οποία είναι δυνατό να μεταβληθεί σε άλλες ουσίες από ένζυμα που βρίσκονται στα μυικά κύτταρα.

Εξηγήστε ποια απάντηση προτιμάτε χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του πειράματος ως ενδείξεις.

Πειραματα για το κεφαλαιο 24

Οργανισμός και συμπεριφορά

24-Α
Πώς επιδρά η βαρύτητα στα φυτά;

Ίσως σας είναι δύσκολο να σκεφθείτε ότι τα φυτά έχουν συμπεριφορά. Είναι φανερό ότι τα φυτά δεν έχουν αναπτύξει εξελικτικά τα σύνθετα πρότυπα συμπεριφοράς, που παρατηρούνται στα ζώα. Κανείς δεν έχει βρει εγκέφαλο σε ένα φυτό. Ούτε έχουν τα φυτά νεύρα, το σύστημα δηλαδή ταχείας επικοινωνίας, που έχουν τα ζώα. Τα φυτά έχουν ορμόνες, αλλά οι φυτικές ορμόνες είναι ένας βραδύς τρόπος επικοινωνίας.

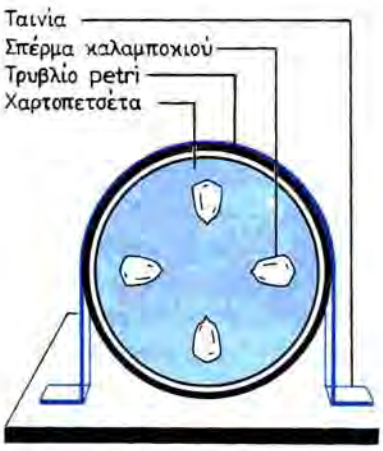
Τα ζώα γενικά κινούνται προς τις πηγές ενέργειας, ενώ τα φυτά είναι πιο μόνιμα προσκολλημένα στο περιβάλλον τους. Η ενέργεια πρέπει να φθάσει εκεί που βρίσκονται. Το φως, η βαρύτητα, η υγρασία και άλλοι παράγοντες επιδρούν προς την κατεύθυνση προς την οποία αναπτύσσονται τα φυτά. Στο πείραμα 21-Α παρατηρήστε την επίδραση του φωτός στην ανάπτυξη των φυτών. Στην πειραματική αυτή εργασία θα παρατηρήσετε την επίδραση της βαρύτητας στην ανάπτυξη των φυτών.

ΥΛΙΚΑ

4 διαβρεγμένα σπέρματα καλαμποκιού, 1 τρυβλίο petri, χαρτοπετσέτες, κολλητική ταινία, υαλογραφικό.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Τοποθετήστε τέσσερα σπέρματα καλαμποκιού στον πυθμένα ενός τρυβλίου petri με την κοτυληδόνα προς τα κάτω, όπως φαίνεται στην εικόνα 24-Α.
2. Στερεώστε τα σπέρματα με βρεγμένες ταινίες από χαρτοπετσέτες. Βεβαιωθείτε ότι το οξυκατάληκτο άκρο των σπερμάτων



Εικόνα 24-Α-1 *Σπέρματα καλαμποκιού στερεωμένα σε κατακόρυφο τρυβλίο petri.*

βρίσκεται προς το κέντρο και ότι τα σπέρματα μένουν στις θέσεις τους ακόμη και όταν το τρυβλίο περιστρέφεται σε κάθετη θέση.

3. Σκεπάστε το τρυβλίο και μονώστε τον περίγυρο με κολλητική ταινία.
4. Με το υαλογραφικό σημειώστε τη θέση κάθε σπέρματος ως Α, Β, Γ και Δ.
5. Στηρίξτε το τρυβλίο κατακόρυφα σε ένα σκοτεινό μέρος χρησιμοποιώντας την κολλητική ταινία.
6. Διαμορφώστε ένα σχέδιο της διατάξεως στο βιβλίο σας χρησιμοποιώντας διαφορετικά χρώματα για τις ρίζες και τους βλαστούς κατά τη διάρκεια καθημερινών παρατηρήσεων της αναπτύξεως των φυταρίων. Σημειώστε ιδιαιτέρως την κατεύθυνση αναπτύξεως.
7. Μετά από δύο ημέρες αφαιρέστε το κάλυμμα και σημαδέψτε με ινδικό μελάνι τις άκρες όλων των ριζών και των βλαστών. Περιστρέψτε το τρυβλίο κατά 90°, ώστε το Α να είναι στο Β, το Β στο Γ, το Γ στο Δ και το Δ στο Α.
8. Αφήστε τα φυτάρια να αναπτυχθούν για ακόμη δύο ή περισσότερες ημέρες. Συνεχίστε να καταχωρείτε τις παρατηρήσεις σας μαζί με σχέδια.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Ποια είναι η γενική κατεύθυνση αναπτύξεως των ακροριζίων; Των αρχεφύτρων;
2. Ποιο μέρος του πειράματος έγινε, για να δείξει ότι οι κινήσεις των φυτών που παρατηρήσατε οφείλονται σε ανάπτυξη κατά ορισμένη κατεύθυνση;
3. Πώς η αντίδραση των φυταρίων καλαμποκιού κατά το πείραμα αυτό βοήθησε τα φυτά να επιβιώσουν;
4. Πώς θα σχεδιάζατε το πείραμα αυτό, για να δείξετε ότι η αντίδραση βλαστών στη βαρύτητα δεν επηρεάζεται από το φως;

24-Β
Συμπεριφέρονται τα παραμήκυα με σύνεση;

Μπορούν μονοκύτταροι οργανισμοί όπως το *Παραμήκυο* να ανακαλύψουν διαφορές στις καταστάσεις του περιβάλλοντός τους; Μπορούν να αντιδρούν με οργανωμένο τρόπο στο περιβάλλον; Δεδομένα που προέρχονται από τα ακόλουθα πειράματα θα σας βοηθήσουν να απαντήσετε στις ερωτήσεις αυτές.

ΥΛΙΚΑ

Κόκκοι άμμου, 5 εκατοστά πλαστικού σωλήνα 1/4 ίντσας, κομμένου κατά μήκος ώστε να σχηματίζει αύλακα, 1 μεγάλος κρύσταλλος αλατιού, ξηρός συσσωρευτής (μπαταρία) 1 $^1/_2$ volt με ακροδέκτες, 1 δοκιμαστικός σωλήνας με καλλιέργεια *Παραμηκύου*, 3 σταγονόμετρα, 1 σταγονομετρική φιάλη με ασθενές οξικό οξύ, 4 οδοντογλυφίδες, στερεοσκοπικό μικροσκόπιο ή μεγεθυντικός φακός.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Όταν θα εκτελείτε τα ακόλουθα πειράματα, να βεβαιώνεσθε κάθε φορά ότι αρχίζετε με καθαρό αύλακα και νέα σταγόνα καλλιέργειας. Καθαρίζετε την αύλακα με τρεχούμενο νερό.

1. ***Παρατήρηση παραμηκύων.*** Τοποθετήστε τον πλαστικό αύλακα στο σκουρόχρωμο υπόβαθρο της τράπεζας του στερεοσκοπικού μικροσκοπίου. Τοποθετήστε μία μεγάλη σταγόνα καλλιέργειας *Παραμηκύου* σχεδόν στη μία άκρη της αύλακας. Παρατηρήστε τις κινήσεις του *Παραμηκύου* για



Εικόνα 24-Β-1 *Τεχνική προσθήκη οξέος σε καλλιέργεια παραμηκύων.*

αρκετά λεπτά και καταχωρήστε τις παρατηρήσεις σας στο βιβλίο σας.

2. ***Αντίδραση παραμηκύων προς ξένο σώμα.*** Τοποθετήστε μερικούς κόκκους άμμου στη σταγόνα του νερού με τα παραμήκυα και παρατηρήστε τις αντιδράσεις τους. Διαμορφώστε σχέδια σχετικά με τις παρατηρήσεις σας. Χρησιμοποιήστε ένα μεγεθυμένο περίγραμμα της σταγόνας του νερού, για να δείξετε τα παραμήκυα ως σημεία. Σημειώστε τη θέση των κόκκων άμμου.
3. ***Αντίδραση των παραμηκύων σε ασθενείς συγκεντρώσεις αλάτων.*** Τοποθετήστε έναν κρύσταλλο αλατιού στην αύλακα, έτσι ώστε να αγγίζει την άκρη της σταγόνας του νερού. Παρατηρήστε τις αντιδράσεις των παραμηκύων στην περιοχή που διαλύεται το αλάτι. Καταχωρήστε τις παρατηρήσεις σας χρησιμοποιώντας σχέδια, όπως και προηγουμένως.
4. ***Αντίδραση των παραμηκύων στο οξικό οξύ.*** Τοποθετήστε μία μικρή σταγόνα ξυδιού ή ασθενούς οξικού οξέος σε μικρή απόσταση από την καλλιέργεια *Παραμηκύου* (μόλις να μην την αγγίζετε) στην αύλακα. Βυθίστε την άκρη μιας οδοντογλυφίδας στη σταγόνα του οξέος και σύρετέ την κατά μήκος του πυθμένα της αύλακας, όπως φαίνεται στην εικόνα 24-Β-1. Μην ανακατεύετε ή αναμιγνύετε το οξύ με τη σταγόνα του νερού. Πώς αντιδρούν τα παραμήκυα στο οξύ; Προσθέστε περισσότερο οξύ στο περιβάλλον χρησιμοποιώντας την οδοντογλυφίδα. Καταχωρήστε τις παρατηρήσεις σας σε ένα σχέδιο.
5. ***Αντίδραση των παραμηκύων σε ηλεκτρικό ρεύμα.*** Τοποθετήστε μία μεγάλη σταγόνα καλλιέργειας παραμηκύων στην πλαστική αύλακα. Τοποθετήστε την αύλακα στην τράπεζα του μικροσκοπίου και παρατηρήστε ολόκληρη τη σταγόνα. Βυθίστε ελαφρά ένα σύρμα, με ακροδέκτη στη μία άκρη της σταγόνας του νερού. Βυθίστε ομοίως ένα σύρμα με ακροδέκτη στην απέναντι άκρη της σταγόνας. Στερεώστε με μονωτική ταινία τα σύρματα στη θέση τους. Συνδέστε τους ακροδέκτες προς τη μπαταρία και παρατηρήστε τις αντιδράσεις των παραμηκύων. Αφού τα παρατηρήσετε για μερικά δευτερόλεπτα, συνδέστε τους ακροδέκτες στους αντίθετους πόλους της μπαταρίας και παρατηρήστε τις αντιδράσεις τους. Καταχωρήστε τις παρατηρήσεις σας χρησιμοποιώντας ένα σχέδιο για κάθε περίπτωση.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Αντιδρούν τα παραμήκυα κατά κάποιο οργανωμένο τρόπο στις αλλαγές του περιβάλλοντος; Δώστε παραδείγματα από τις παρατηρήσεις σας.
2. Από τα σχέδιά σας διαμορφώστε ένα πίνακα, που να δείχνει περιληπτικά πώς κινούνται τα παραμήκυα κάτω από τις διάφορες συνθήκες του περιβάλλοντος που δοκιμάσατε.
3. Ποια είναι η επίδραση της αντιστροφής των πόλων του ηλεκτρικού ρεύματος στα παραμήκυα; Προσελκύονταν τα παραμήκυα προς ένα ορισμένο πόλο; Ποιον;
4. Ποια είδη συμπεριφοράς από αυτά που απέδωσαν τα πειράματα είναι δυνατό να έχει σημασία για την επιβίωση των παραμηκύων;

Πειραματα για το κεφαλαιο 25

Πληθυσμοί ζώων και κοινωνίες

25-Α
Παρατηρήσεις καραβίδων σε ένα μικρό βιότοπο

Τι είδους συμπεριφορά είναι αυτή που δείχνουν οι καραβίδες στο κεφάλαιο αυτό; Υπάρχουν πρότυπα συμπεριφοράς ειδικά για την καραβίδα; Οι παρατηρήσεις των δραστηριοτήτων που ακολουθούν θα δώσουν ορισμένες απαντήσεις από πρώτο χέρι στις ερωτήσεις αυτές.

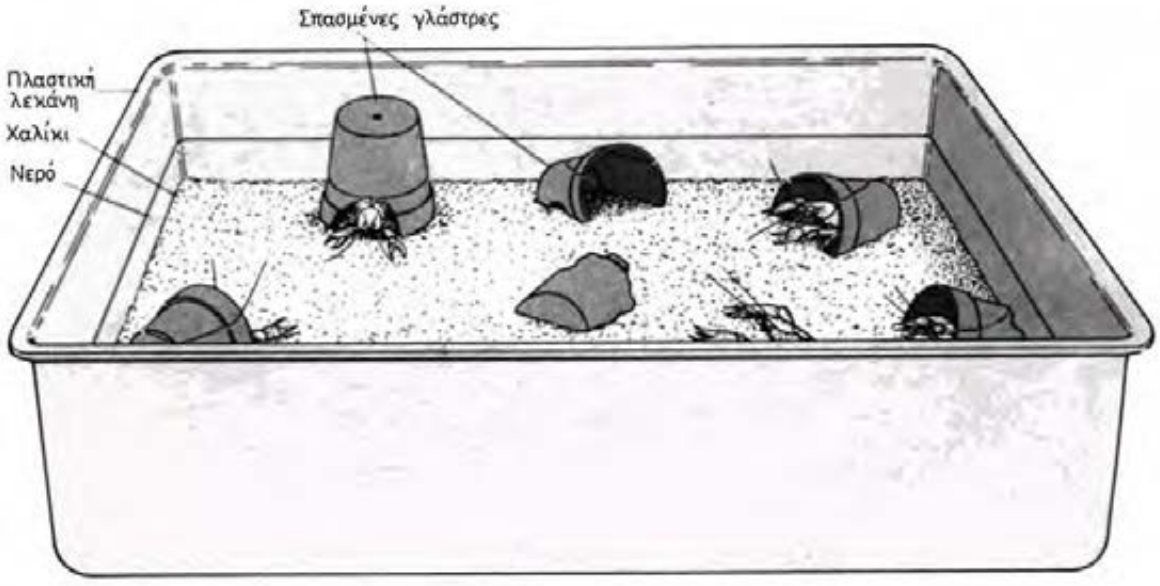
ΥΛΙΚΑ

Ενυδρείο ή μεγάλη πλαστική λεκάνη, σπασμένες γλάστρες, πλυμένο χαλίκι, καθαρό μη χλωριωμένο νερό, 4 ή 5 καραβίδες.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1. Ετοιμάστε ένα υγρό βιότοπο για μία ομάδα από καραβίδες. Γι' αυτό τοποθετήστε 3 έως 5 εκ. πλυμένου χαλικιού στον πυθμένα ενός ενυδρείου ή μιας μεγάλης πλαστικής λεκάνης. Κατόπιν προσθέστε μη χλωριωμένο νερό στο ενυδρείο ή τη λεκάνη σε ύψος 3 έως 5 εκ. επάνω από την επιφάνεια του χαλικιού. Προσθέστε περίπου μισή δωδεκάδα σπασμένων στη μέση γλαστρών απλώνοντάς τις όπως φαίνεται στην εικόνα 25-Α-1. Συγκρίνετε το βιότοπο της δικής σας ομάδας με τους βιότοπους των άλλων ομάδων.
2. Τοποθετήστε το βιότοπο σε ένα σταθερό τραπέζι, έτσι ώστε όλη η ομάδα σας να μπορεί να παρατηρεί τις καραβίδες.

Εικόνα 25-Α-1 *Υδάτινο περιβάλλον καραβίδας.*



3. Χρησιμοποιήστε χαρτί και μολύβι, για να καταχωρήσετε τις παρατηρήσεις σας.
4. Τοποθετήστε τέσσερις ή πέντε καραβίδες στο «νέο» περιβάλλον τους (ο καθηγητής σας θα σας δείξει τον ορθό τρόπο για να πιάνετε τις καραβίδες).
5. Παρατηρήστε και καταχωρήστε όλους τους τρόπους συμπεριφοράς, που αναπτύσσονται όταν οι καραβίδες τοποθετηθούν στον ίδιο χώρο (να θυμάσθε ότι αυτός δεν είναι ο φυσικός διότοπος των καραβίδων). Αν παρατηρηθεί μεγάλη αλληλοεπίδραση, ίσως χρειασθεί να αναθέσετε σε διαφορετικά πρόσωπα να παρατηρούν κάθε μία καραβίδα.
6. Παρατηρήστε τις καραβίδες για όλη τη διδακτική ώρα. Εντοπίστε ειδικό σημείο σε κάθε καραβίδα, ώστε να είσθε σε θέση να ξεχωρίσετε κάθε άτομο.
7. Στο τέλος της διδακτικής ώρας σημειώστε πού βρίσκεται κάθε καραβίδα. Παρατηρήστε τις καραβίδες κατά τις επόμενες ημέρες και σημειώστε οποιεσδήποτε αλλαγές στη θέση κάθε καραβίδας.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Καταχωρήστε και περιγράψτε τους τύπους συμπεριφοράς που παρατηρήσατε στις καραβίδες σας.
2. Στο τεχνητό σας περιβάλλον δείχνουν οι καραβίδες συμπεριφορά ζωτικού χώρου; Αν δείχνουν τέτοια συμπεριφορά, πόσο γρήγορα θεμελιώνεται; Πώς θεμελιώνεται; Πώς είναι δυνατό να αλλάξει;
3. Πώς μπορείτε να ελέγξετε με νέες πειραματικές δοκιμασίες τις απαντήσεις σας στην ερώτηση 2;
4. Τι προβλέπετε ότι θα γινόταν, αν τοποθετούσατε μία ακόμη καραβίδα;
5. Με βάση τις παρατηρήσεις στην τάξη σας ποιες οδηγίες και ερωτήσεις θα σημειώνατε για να βοηθήσετε στην παρατήρηση της συμπεριφοράς των καραβίδων στο φυσικό τους βιότοπο; (Ένα παράδειγμα τέτοιου βιοτόπου είναι ένα αβαθές ποτάμι με χαλίκια στον πυθμένα και βράχους, που προεξέχουν επάνω από την επιφάνεια του νερού).

Παραρτήματα



Παραρτηματα

1-Α
Η μέτρηση στην επιστήμη

Οι κυριότερες χώρες του κόσμου χρησιμοποιούν το μετρικό σύστημα μετρήσεως, εκτός από τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Το μετρικό σύστημα είναι ένα δεκαδικό σύστημα, δηλαδή βασίζεται σε δυνάμεις του δέκα, όπως το σύστημα χρηματικών πληρωμών. Για πολλά χρόνια ο κόσμος στις ΗΠΑ αναρωτιόταν γιατί οι Άγγλοι χρειάστηκαν τόσο χρόνο για να εκδώσουν χαρτονομίσματα σε δεκαδικό σύστημα, όπως συνέβαινε στις ΗΠΑ. Τώρα όλος ο κόσμος αναρωτιέται γιατί οι Αμερικανοί έχουν προσκολληθεί στο ανάκατο και ακατάστατο σύστημα μετρήσεως που χρησιμοποιούν, αφού το μετρικό σύστημα είναι τόσο απλούστερο και θα βοηθούσε την επικοινωνία με άλλα έθνη. Οι επιστήμονες στις ΗΠΑ έχουν ήδη υιοθετήσει το μετρικό σύστημα.

Το επίσημο όνομα του διεθνώς καθιερωμένου μετρικού συστήματος είναι το Διεθνές Σύστημα Μονάδων, σε συντομογραφία SI (από το Systeme Internationale). Οι μονάδες μετρήσεώς του χρησιμοποιούνται εύκολα κάνοντας υπολογισμούς με το δέκα ή με δυνάμεις του δέκα. Ανάμεσα στις βασικές μονάδες μετρήσεώς του είναι το μέτρο (μήκος), το χιλιόγραμμο (μάζα), το κέλβιν (θερμοκρασία) και το δευτερόλεπτο (χρόνος). Όλα τα μήκη βασίζονται σ' αυτό, του μέτρου, και όλοι οι όγκοι σ' ένα κυβικό μέτρο. Όλες οι μονάδες μάζας βασίζονται στο χιλιόγραμμο. Οι μονάδες της θερμοκρασίας, που θα γνωρίσετε ως βαθμοί Κελσίου, είναι ίσες με τα κέλβιν.

Η μεγάλη εξαίρεση στο σύστημα SI είναι η μέτρηση του όγκου. Θα χρησιμοποιήσετε λίτρα και δεκαδικά παράγωγα του λίτρου, παρά κυβικά μέτρα και τα δικά τους δεκαδικά παράγωγα. Η μέτρηση με το λίτρο χρησιμοποιείται ευρέως για υγρά, και οι περισσότερες μετρήσεις όγκου που θα κάνετε στη

βιολογία θα είναι υγρών. Η μέτρηση με το λίτρο είναι αποδεκτή από το SI, αλλά όχι επισήμως ως μέρος του. Όπως το κυβικό μέτρο, το λίτρο είναι επίσης μετρικό (1 λίτρο = 0,001 κυβικό μέτρο).

Μερικές από τις μονάδες SI που προκύπτουν από τις βασικές μονάδες για μήκος και μάζα ακολουθούν:

1. Μήκος

1 χιλιόμετρο	=	1000 μέτρα
1 εκατόμετρο	=	100 μέτρα
1 δεκάμετρο	=	10 μέτρα
1 μέτρο (βασική μονάδα μήκους)		
1 δέκατο του μέτρου	=	0,1 μέτρου
1 εκατοστόμετρα	=	0,01 μέτρου
1 χιλιοστόμετρο	=	0,001 μέτρου
1 μικρόμετρο	=	0,000001 μέτρου
1 νανόμετρο	=	0,000000001 μέτρου

Οι μετρήσεις υπό μικροσκοπική εξέταση γίνονται συχνά σε μικρόμετρα. Ακόμη πιο μικρές μετρήσεις, όπως μηκών κύματος που χρησιμοποιούνται από τα φυτά στη φωτοσύνθεση, γίνονται σε νανόμετρα.

Οι συντομογραφίες μερικών μονάδων μήκους που θα δείτε όταν θα διαβάζετε το βιβλίο σας ή θα χρησιμοποιήσετε στο εργαστήριο, είναι οι εξής:

χιλιόμετρο (km)
μέτρο (m)
εκατοστόμετρο (cm)
χιλιοστόμετρο (mm)
μικρόμετρο (μm)
νανόμετρο (nm)

Οι μονάδες επιφάνειας προκύπτουν από μονάδες μήκους με πολλαπλασιασμό. Για παράδειγμα, 1 τετραγωνικό μέτρο γράφεται 1 m^2. Ένα τετραγωνικό εκατόμετρο είναι μία μέτρηση που χρησιμοποιείται σε βιολογικές αγροτικές μελέτες, αποκαλείται εκτάριο και ισούται με 10.000 τετραγωνικά μέτρα. (Εδαφικές εκτάσεις, για οικολογικές παρατηρήσεις σε σχήμα τετραγώνου με μήκος πλευράς 100 μέτρα είναι ίσες με ένα εκτάριο). Άλλες τετραγωνικές μετρήσεις για έκταση συμπεριλαμβάνουν πολύ μικρότερες, όπως το cm^2 και το mm^2, που θα χρησιμοποιηθούν στις εργαστηριακές σας ασκήσεις.

2. Μάζα

1 χιλιόγραμμο	=	1000 γραμμάρια
εκατό γραμμάρια	=	100 γραμμάρια
δέκα γραμμάρια	=	10 γραμμάρια
1 γραμμάριο (που προκύπτει από το χιλιόγραμμο που είναι η βασική μονάδα)		
1 δέκατο γραμμαρίου ή 1 εκατοστόγραμμο ή	=	0,1 γραμμαρίου
1 εκατοστογραμμάριο ή 1 χιλιοστόγραμμο ή	=	0,01 γραμμαρίου
1 χιλιοστογραμμάριο	=	0,001 γραμμαρίου
1 μικρογραμμάριο	=	0,000001 γραμμαρίου
1 νανογραμμάριο	=	0,000000001 γραμμαρίου

Οι μετρήσεις μάζας στα βιολογικά εργαστήρια γίνονται συνήθως σε χιλιόγραμμα, γραμμάρια, εκατοστογραμμάρια και χιλιοστογραμμάρια. Οι συντομογραφίες μερικών από τις μονάδες μάζας είναι οι εξής:

χιλιόγραμμο (kg)
γραμμάριο (g)
εκατοστογραμμάριο (cg)
χιλιοστογραμμάριο (mg)
μικρογραμμάριο (μg)
νανογραμμάριο (ng)

Οι μονάδες που θα χρησιμοποιήσετε για όγκο και θερμοκρασία είναι οι εξής:

3. Όγκος

1 χιλιόλιτρο	=	1000 λίτρα (ή 1 κυβικό μέτρο)
1 εκατόλιτρο	=	100 λίτρα
1 δεκάλιτρο	=	10 λίτρα
1 λίτρο (που προκύπτει από το κυβικό μέτρο)		
1 δέκατο λίτρου	=	0,1 λίτρου
1 εκατοστό λίτρου	=	0,01 λίτρου
1 χιλιοστό λίτραυ ή 1 χιλιοστόλιτρο ή		
1 κυβικό εκατοστό	=	0,001 λίτρου

Οι μετρήσεις όγκου που θα κάνετε στο εργαστήριο θα γίνονται συνήθως σε γυάλινα σκεύη χαραγμένα σε χιλιοστά του λίτρου ή λίτρα. Οι συντομογραφίες γι' αυτές τις μονάδες είναι οι εξής:

λίτρο (l)
χιλιοστό του λίτρου (ml)

4. Θερμοκρασία

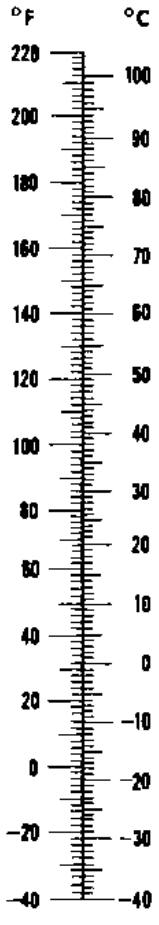
Τα εργαστηριακά σας θερμόμετρα μπορεί να έχουν κλίμακα από 0° έως 100° Κελσίου (σε συντομογραφία C). Ή, αφού μπορεί να χρειαστεί να διαβάσετε θερμοκρασίες κάτω του 0° C, μερικά θερμόμετρα μπορεί να έχουν ένδειξη έως 30° ή 40° κάτω του μηδενός.

Στην κλίμακα Κελσίου, το 0° είναι η ένδειξη για το τριπλό σημείο του νερού. Σ' αυτή τη θερμοκρασία ο πάγος, το υγρό νερό και οι υδρατμοί περνούν από τη μία από αυτές τις καταστάσεις στην άλλη, παραμένοντας σε ισορροπία. Συνήθως, η ένδειξη 0° C είναι γνωστή ως το σημείο πήξεως του νερού. Η ατμοσφαιρική πίεση επηρεάζει το σημείο πήξεως.

Το σημείο ζέσεως (βρασμού) του νερού είναι 100° C. Η ατμοσφαιρική πίεση επιδρά επίσης στο σημείο ζέσεως. Η εικόνα 1-Α-1 παριστάνει την κλίμακα Κελσίου παράλληλα με την κλίμακα Fahrenheit που χρησιμοποιείται ακόμη στις Ηνωμένες Πολιτείες. Στην κλίμακα Fahrenheit, το σημείο πήξεως του νερού είναι 32° F, το σημείο ζέσεως 212° F και είναι χρήσιμα για τη μετατροπή από την μία κλίμακα στην άλλη.

Η μέτρηση SI περιλαμβάνει και άλλες βασικές μονάδες (μονάδες ηλεκτρικού ρεύματος, ισχύος, ποσότητας ουσίας κλπ.) που δε θα χρησιμοποιήσετε στις βιολογικές σας μελέτες. Η βασική μονάδα για την ποσότητα ουσίας χρησιμοποιείται συχνά με χημικές ενώσεις στο εργαστήριο. Αυτή η μονάδα είναι το γραμμομόριο. Είναι τόσο μικρό που πρέπει να υπολογίζεται έμμεσα από πολύ μεγαλύτερες ποσότητες, ή από τις γνωστές αναλογίες διαφορετικών χημικών ενώσεων σε μία ουσία.

Δεν θα ασχοληθείτε με γραμμομόρια (μολ), αλλά θα χρησιμοποιήσετε εργαστηριακές χημικές ουσίες που έχουν αναμιχθεί σε μοριακές αναλογίες. Θα συναντήσετε για πρώτη φορά γραμμομοριακά διαλύματα ή μίγματα, στην εργαστηριακή έρευνα 5-Α. Ο προσδιορισμός «0,1 Μ» σε παρένθεση μετά την ονομασία μιας χημικής ενώσεως σημαίνει ότι είναι ένα διάλυμα ενός δεκάτου γραμμομορίου. Αυτά τα διαλύματα θα παρασκευάζονται για σας από πριν.



***Εικόνα 1-Α-1** Κλίμακα μετατροπής μονάδων θερμοκρασίας.*

4-Α
Τα στοιχεία της γης

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΖΩΗ

α. Τα κυριότερα συστατικά της ζωντανής ύλης: οξυγόνο, άνθρακας, υδρογόνο, άζωτο, φώσφορος, θείο.

β. Άλλα απαραίτητα συστατικά (συμπεριλαμβανομένων και των ιχνοστοιχείων): αργίλιο, βόριο, βρώμιο, ασβέστιο, χλώριο, χρώμιο, κοβάλτιο, χαλκός, φθόριο, γάλλιο, ιώδιο, σίδηρος, μαγνήσιο, μαγγάνιο, μολυβδένιο, κάλιο, σελήνιο, πυρίτιο, νάτριο, βανάδιο, ψευδάργυρος.

Στοιχείο	Φλοιός της γης (βάρος, %)	Θαλασσινό νερό (ολικά άλατα, %)	Αέρας (όγκος, %)
Αργίλιο	7,90	ίχνη	
Βόριο	ίχνη	0,02	
Βρώμιο	ίχνη	0,19	
Ασβέστιο	3,44	1,16	
Άνθρακας	0,20	0,08	0,03 (ως CO_2)
Χλώριο	0,07	55,2	
Χρώμιο	0,04	—	
Κοβάλτιο	ίχνη	—	
Χαλκός	0,01	ίχνη	
Φθόριο	0,08	ίχνη	
Γάλλιο	ίχνη	—	
Υδρογόνο	0,22	—	0,01
Ιώδιο	—	ίχνη	
Σίδηρος	4,45	ίχνη	
Μαγνήσιο	2,40	3,7	
Μαγγάνιο	0,09	ίχνη	
Μολυβδαίνιο	ίχνη	ίχνη	
Άζωτο	ίχνη	ίχνη	78,08
Οξυγόνο	47,07	—	20,99
Φώσφορος	0,11	ίχνη	
Κάλιο	2,46	1,1	
Σελήνιο	ίχνη	ίχνη	
Πυρίτιο	28,06	0,01	
Νάτριο	2,43	30,4	
Θείο	0,11	2,54	ποικίλλει (ως SO_2 στη ρύπανση)
Βανάδιο	0,02	ίχνη	
Ψευδάργυρος	ίχνη	ίχνη	

Πίνακας 4-Α-1 Σχετική αφθονία των στοιχείων, που είναι απαραίτητα για τη ζωή.

4-Β
Ενέργεια

Η ενέργεια δεν είναι εύκολο να περιγραφεί όπως τα αντικείμενα. Βρίσκεται μέσα και έξω από τα αντικείμενα και δεν έχει μάζα που μπορεί να μετρηθεί. Την προσδιορίζομε με τα μαθηματικά και την αναγνωρίζομε καθημερινά από τις αλλαγές που προκαλεί. Αλλαγή γίνεται μονάχα από την ενέργεια, τίποτα άλλο δεν είναι σε θέση να κάνει έργο ή να προκαλέσει οποιαδήποτε αλλαγή.

Η ενέργεια υπάρχει σε διάφορες μορφές: χημική, ηλεκτρική, μηχανική, ακτινοβόλος (φως και άλλες ακτινοβολίες), θερμική και πυρηνική. Μπορεί να μετατραπεί από τη μία μορφή στην άλλη, αλλά ένα μεγάλο μέρος πάντα μετατρέπεται σε θερμότητα. Για παράδειγμα, η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε φωτεινή μέσα σε ένα λαμπτήρα, ο λαμπτήρας όμως θερμαίνεται και συνεχίζει να εκπέμπει συγχρόνως θερμότητα και φως. Οι μηχανές θερμαίνονται όταν δουλεύουν – ένα αυτοκίνητο ή ένα ηλεκτρικό τρυπάνι ή μία ηλεκτρική σκούπα. Ακόμη και τα κύτταρά σας εκπέμπουν θερμότητα ως παραπροϊόν των χημικών μεταβολών της ενέργειας.

Η θερμότητα επομένως είναι η μορφή της ενέργειας, που σπαταλιέται και εμποδίζει την ολική μετατροπή της ενέργειας από μία μορφή σε άλλη. Παρόλα αυτά η ενέργεια δεν χάνεται ποτέ στη διάρκεια μιας αλλαγής ή αντιδράσεως. Η ενέργεια μετατρέπεται από μία μορφή σε άλλη (πάντα περιλαμβάνεται η θερμική ενέργεια) αλλά δεν καταστρέφεται. Αυτό είναι γνωστό ως νόμος της μετατροπής της ενέργειας.

Η αρχική πηγή ενέργειας για τη ζωή πάνω στη γη είναι η ακτινοβόλος ενέργεια του ηλίου. Ο ήλιος υπήρξε επίσης η κύρια πηγή ενέργειας πριν αρχίσει η ζωή στη γη. Το ηλιακό φως που έφτανε στη γη περιείχε υπεριώδεις ακτίνες, που μπορούσαν να σκοτώσουν όλους τους οργανισμούς, που ζουν σήμερα στη γη.

Παρόλα αυτά, πολύ νωρίς στην ιστορία της γης οι καταστρεπτικές ακτίνες πιθανόν βοήθησαν να αρχίσει η ζωή, προκαλώντας τη σύνθεση οργανικών ενώσεων. Η ισχυρή υπεριώδης ακτινοβολία περιείχε αρκετή ενέργεια, για να θραύσει τους δεσμούς ανάμεσα στα άτομα των μορίων και των αερίων της ατμόσφαιρας. Μερικά από τα άτομα που απελευθερώθηκαν ξανασυνδέθηκαν και σχημάτισαν πολύπλοκα οργανικά μόρια, που βοήθησαν να αρχίσει η ζωή. Θα μάθετε στο κεφάλαιο 7-1 γιατί σήμερα η ισχυρή υπεριώδης ακτινοβολία δεν μπορεί να φθάσει στη γη. Ο πίνακας 4-Β-1 δείχνει ότι κάτω από τις πρωτόγονες συνθήκες της γης, οι υπεριώδεις ακτίνες του ηλίου ήταν η κύρια μορφή ενέργειας για το σχηματισμό των οργανικών ενώσεων.

Πηγή ενέργειας	Ολική ενέργεια επί τοις εκατό
Υπεριώδης ακτινοβολία του ηλίου	99,2
Ηλεκτρική ενέργεια των αστραπών	0,6
Ραδιενέργεια από τα ραδιενεργά υλικά	0,12
Θερμότητα από τα ηφαίστεια	0,02

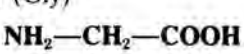
Πίνακας 4-Β-1 Πηγές ενέργειας διαθέσιμες για το σχηματισμό οργανικών μορίων κάτω από τις πρωτόγονες συνθήκες της γης.

Κάτω από τις πρωτόγονες συνθήκες της γης, οι χημικοί δεσμοί των μορίων πιθανόν έσπασαν με την ενέργεια της υπεριώδους ακτινοβολίας. Τα άτομα που ελευθερώθηκαν, ενώθηκαν και έφτιαξαν οργανικές ενώσεις. Άλλες λιγότερο άφθονες πηγές ενέργειας, που μπορεί να ήταν αρκετά ισχυρές, για να φτιάξουν ενώσεις από τα αέρια της ατμόσφαιρας, ήταν η ηλεκτρική ενέργεια των αστραπών, η ακτινοβολία των ραδιενεργών στοιχείων του φλοιού της γης και η ισχυρή θερμότητα από τις εκρήξεις των ηφαιστείων.

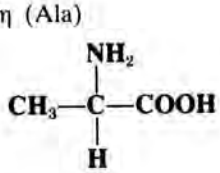
4-Γ
Τα αμινοξέα

Ι. Είκοσι αμινοξέα που βρίσκονται στις πρωτεΐνες.

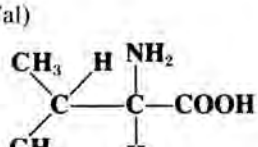
1. Γλυκίνη (Gly)



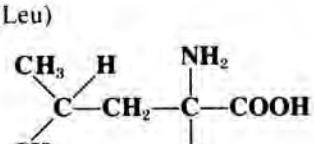
2. Αλανίνη (Ala)



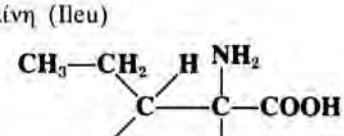
3. Βαλίνη (Val)



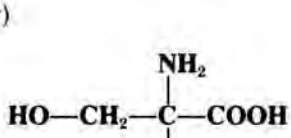
4. Λευκίνη (Leu)



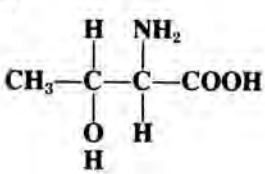
5. Ισολευκίνη (Ileu)



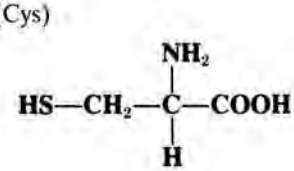
6. Σερίνη (Ser)



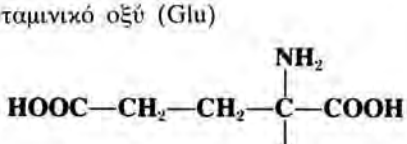
7. Θρεονίνη (Thr)



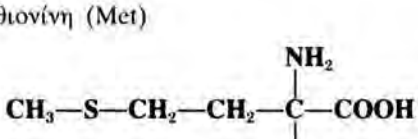
8. Κυστεΐνη (Cys)



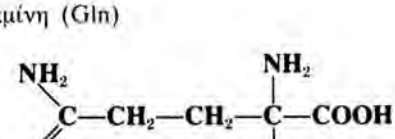
10. Γλουταμινικό οξύ (Glu)



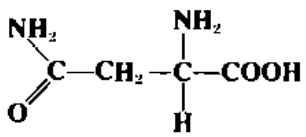
9. Μεθιονίνη (Met)



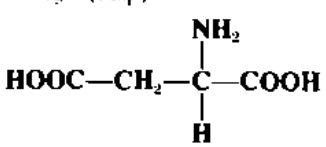
11. Γλουταμίνη (Gln)



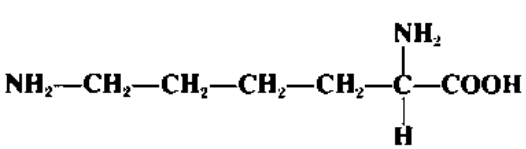
12. Ασπαραγίνη (Asn)



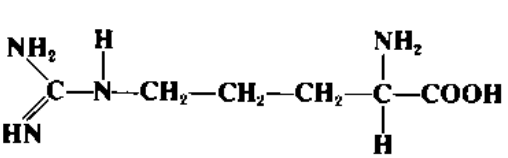
13. Ασπαραγινικό οξύ (Asp)



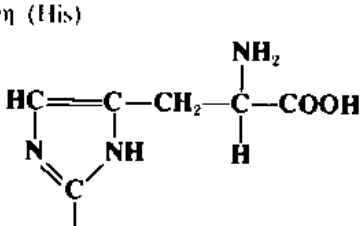
14. Λυσίνη (Lys)



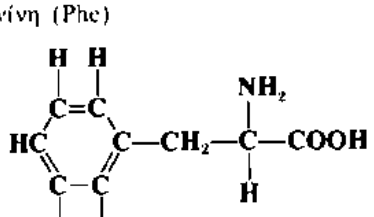
15. Αργινίνη (Arg)



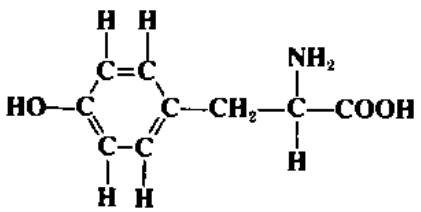
16. Ιστιδίνη (His)



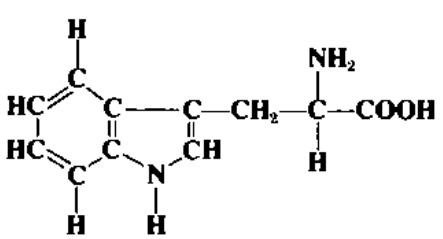
17. Φαινυλαλανίνη (Phe)



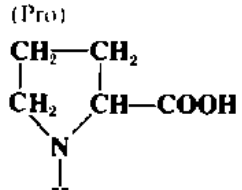
18. Τυροσίνη (Tyr)



19. Τρυπτοφάνη (Try)



20. Προλίνη (Pro)



ΙΙ. Τα απαραίτητα αμινοξέα για τη δίαιτα

Τις περισσότερες γνώσεις για τις απαιτήσεις της διατροφής των ανθρώπων τις παίρνομε από πειράματα που κάνομε με ζώα. Για κάθε θρεπτικό υλικό διαλέγομε ένα ζώο, που οι τροφικές του απαιτήσεις μοιάζουν με αυτές των ανθρώπων. Από πειράματα με αρουραίους αποκτήσαμε τις γνώσεις μας για τα «απαραίτητα» αμινοξέα της ανθρώπινης διατροφής, δηλαδή τα αμινοξέα που δεν μπορεί να συνθέσει ο άνθρωπος αλλά που πρέπει να τα πάρει από τις τροφές.

αργινίνη	λυσίνη	θρεονίνη
ιστιδίνη	μεθιονίνη	τρυπταφάνη
ισολευκίνη	φαινυλαλανίνη	βαλίνη

4-Δ
Αλληλουχία των αμινοξέων της φερροδοξίνης

Αυτή είναι η αλληλουχία των 97 αμινοξέων ενός μορίου φερροδοξίνης μιας πρωτεΐνης, που απομονώθηκε από τα φύλλα του σπανακιού. Η λειτουργία της φερροδοξίνης αναπτύσσεται στο κεφάλαιο 6. (Το όνομα κάθε αμινοξέος, που γράφεται εδώ με τρία γράμματα, αναφέρεται στο Παράρτημα 4-Γ).

NH_2.Ala-Ala-Tyr-Lys-Val-Thr-Leu-Val-Thr-
Pro-Thr-Gly-Asn-Val-Glu-Phe-Gln-Cys-
Pro-Asp-Asp-Val-Tyr-Ileu-Leu-Asp-Ala-
Ala-Glu-Glu-Glu-Gly-Ileu-Asp-Leu-Pro-
Tyr-Ser-Cys-Arg-Ala-Gly-Ser-Cys-Ser-
Ser-Cys-Ala-Gly-Lys-Leu-Lys-Thr-Gly-
Ser-Leu-Asn-Gln-Asp-Asp-Gln-Ser-Phe-
Leu-Asp-Asp-Asp-Gln-Ileu-Asp-Glu-Gly-
Try-Val-Leu-Thr-Cys-Ala-Ala-Tyr-Pro-
Val-Ser-Asp-Val-Thr-Ileu-Glu-Thr-His-
Lys-Glu-Glu-Glu-Leu-Thr-Ala.COOH

4-Ε
Ομοιότητες στην αλληλουχία των αμινοξέων του κυτοχρώματος C από άλογο, άνθρωπο, χοίρο, κουνέλι, κοτόπουλο και τόνο

Το κυτόχρωμα C είναι μία πρωτεΐνη, που παίζει σπουδαίο ρόλο στην αναπνοή ζωικών και φυτικών κυττάρων (βλ. κεφάλαιο 7). Το κυτόχρωμα C από διαφορετικά είδη διαφέρει ως προς την αλληλουχία μερικών αμινοξέων του· άλλα αμινοξέα παραμένουν τα ίδια. Στην εξελικτική ιστορία, όσο πιο πολύ συγγενεύουν δύο είδη, τόσο λιγότερες διαφορές υπάρχουν ανάμεσα στις παρόμοιες ή συγκρίσιμες πρωτεΐνες τους. Έτσι συγκρίνοντας την αλληλουχία των αμινοξέων του κυτοχρώματος C από διάφορα είδη, μπορούμε να προσδιορίσομε το βαθμό συγγένειας των ειδών.

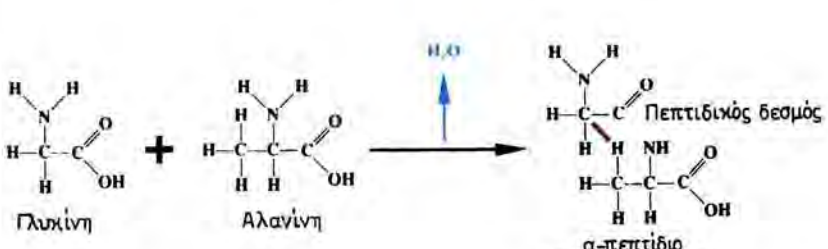
Στην επόμενη σελίδα υπάρχει η αλληλουχία των αμινοξέων του κυτοχρώματος C του αλόγου. (Κάθε αμινοξύ παριστάνεται με ένα σύμβολο. Το όνομά του και ο τύπος του δίνονται στο Παράρτημα 4-Γ. Η ***αίμη*** είναι μία ένωση που περιέχει σίδηρο και είναι συνδεδεμένη στην πρωτεΐνη). Τα σύμβολα με κεφαλαία γράμματα παριστάνουν όμοια αμινοξέα στο κυτόχρωμα C του αλόγου, του ανθρώπου, του χοίρου, του κουνελιού, του κοτόπουλου και του τόνου. Τα σύμβολα με μικρά γράμματα παριστάνουν αμινοξέα, που είναι διαφορετικά τουλάχιστον σε ένα από τα είδη. Ο ολικός αριθμός των αμινοξέων του κυτοχρώματος C είναι ο ίδιος σε όλα τα είδη.

Στο ένα άκρο του μορίου βρίσκεται η ελεύθερη αμινομάδα (NH_2) και στο άλλο άκρο του μορίου η ελεύθερη καρβοξυλομάδα του τελικού αμινοξέος.

NH_2.GLY-ASP-val-glu-LYS-GLY-LYS-LYS-ileu-PHE^{10}-
val-gln-LYS-CYS-ala-GLN-CYS-HIS-THR-VAL^{20}-
HEME
GLU-lys-GLY-GLY-LYS-HIS-LYS-thr-GLY-PRO^{30}-
ASN-LEU-his-GLY-LEU-PHE-GLY-ARG-LYS-THR^{40}-
GLY-GLN-ALA-pro-GLY-phe-thr-TYR-THR-asp^{50}-
ALA-ASN-LYS-asn-LYS-GLY-ILEU-thr-TRY-lys^{60}-
glu-glu-THR-LEU-MET-glu-tyr-LEU-GLU-ASN^{70}-
PRO-LYS-LYS-TYR-ILEU-PRO-GLY-THR-LYS-MET^{80}-
ILEU-PHE-ala-GLY-ILEU-LYS-LYS-LYS-thr-GLU^{90}-
ARG-glu-ASP-LEU-ileu-ALA-TYR-LEU-LYS-LYS^{100}-
ala-thr-asn-glu^{104}.COOH

4-Z
Σχηματισμός του πεπτιδικού δεσμού

Για να σχηματισθεί ένας πεπτιδικός δεσμός, η όξινη ομάδα (–COOH) του ενός αμινοξέος συνδέεται με την αμινομάδα ($–NH_2$) ενός δεύτερου αμινοξέος. Η όξινη ομάδα χάνει ένα άτομο υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου. Η αμινομάδα χάνει ένα άτομο υδρογόνου. Τα δύο άτομα του υδρογόνου ενώνονται με το άτομο του οξυγόνου και σχηματίζουν ένα μόριο νερού (H_2O). Όταν αποσπασθεί το νερό, τα δύο αμινοξέα συνδέονται με ένα πεπτιδικό δεσμό (βλ. εικόνα 4-Z-1).



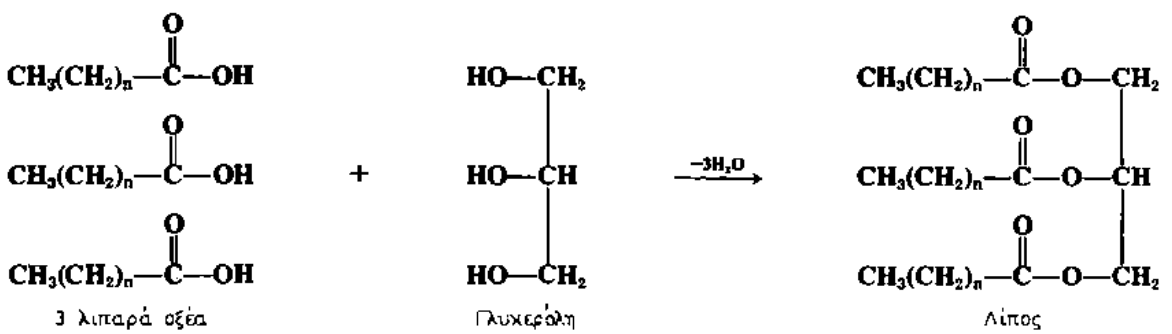
Εικόνα 4-Z-1 *Όταν σχηματίζεται ένας πεπτιδικός δεσμός, η όξινη ομάδα του ενός αμινοξέος ενώνεται με την αμινομάδα ενός άλλου αμινοξέος. Στη διαδικασία αυτή σχηματίζεται και αποσπάται ένα μόριο νερού. Πολλοί πεπτιδικοί δεσμοί μπορούν να δημιουργηθούν με τον ίδιο τρόπο και να σχηματίσουν μία μεγάλη αλυσίδα από αμινοξέα.*

5-Α
Χημική φύση των λιπών

Ένα μόριο λίπους αποτελείται από λιπαρά οξέα, που είναι συνδεδεμένα σε ένα μόριο γλυκερόλης. Η γλυκερόλη είναι μία αλκοόλη, που έχει τον τύπο $C_3H_5(OH)_3$. Για να σχηματιοθεί ένα μόριο λίπους, ένα μόριο γλυκερόλης συνδέεται με τρία μόρια λιπαρών οξέων. Κάθε λιπαρό οξύ αποτελείται από μία μακριά αλυσίδα ατόμων άνθρακα, στα οποία είναι συνδεδεμένα άτομα υδρογόνου και μία όξινη ομάδα (–COOH) στο ένα άκρο. Οι ιδιότητες των διαφόρων λιπών εξαρτώνται από τα λιπαρά οξέα. Τα λιπαρά οξέα σε ένα λίπος μπορεί να είναι όλα τα ίδια ή όλα διαφορετικά.

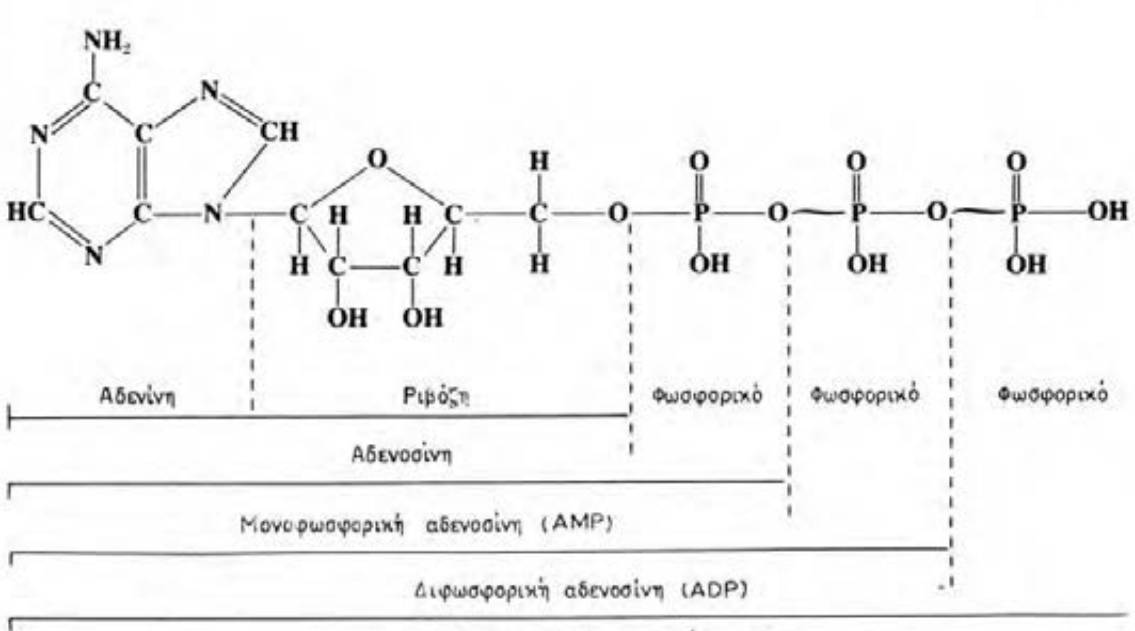
Η σύνδεση τριών λιπαρών οξέων σε ένα μόριο γλυκερόλης, για να σχηματισθεί ένα μόριο λίπους (όπως φαίνεται στην εικόνα 5-Α-1), απελευθερώνει τρία μόρια νερού.

Οι ιδιότητες των λιπαρών οξέων εξαρτώνται από το μήκος της αλυσίδας των ατόμων του άνθρακα και τους δεσμούς μεταξύ των ατόμων του. Τα πιο κοινά λιπαρά οξέα έχουν ολικό αριθμό ατόμων άνθρακα 16 ή 18. (Παρατηρήστε ότι το γράμμα n στους παρακάτω τύπους μπορεί να έχει τη τιμή 16 ή 18). Όταν τα άτομα του άνθρακα των λιπαρών οξέων ενώνονται με απλούς δεσμούς, τότε λέγονται ***κορεσμένα.*** Όταν μερικά άτομα άνθρακα συνδέονται με απλούς δεσμούς και άλλα άτομα άνθρακα συνδέονται με διπλούς δεσμούς, λέγονται ***ακόρεστα*** λιπαρά οξέα. Το στεατικό οξύ είναι ένα παράδειγμα κορεσμένου λιπαρού οξέος με 18 άτομα άνθρακα. Το λινολεϊκό οξύ είναι ένα παράδειγμα ακόρεστου λιπαρού οξέος με 18 άτομα άνθρακα. Ακόρεστα λίπη (δηλαδή λίπη που περιέχουν ακόρεστα λιπαρά οξέα) είναι ελαιώδη υγρά στη συνήθη θερμοκρασία (παράδειγμα το λάδι της ελιάς). Το βούτυρο και το στέαρ (λαρδί) είναι κορεσμένα λίπη.

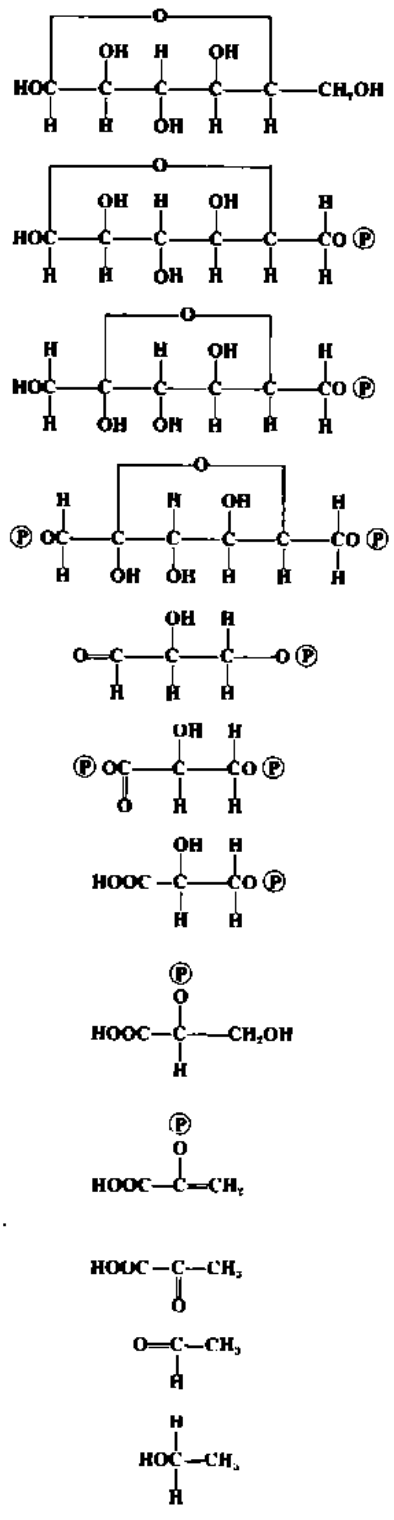


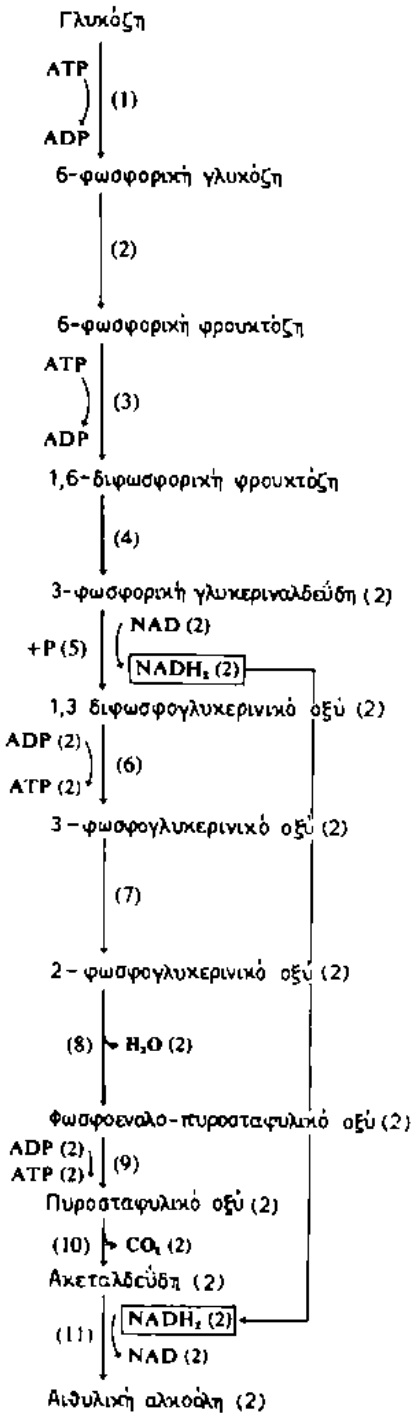
Εικόνα 5-Α-1 *Ο σχηματισμός ενός μορίου λίπους.*

5-Β
Συντακτικοί τύποι της τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP), διφωσφορικής αδενοσίνης (ADP) και μονοφωσφορικής αδενοσίνης (AMP)



Εικόνα 5-Β-1





Εικόνα 5-Γ-1 *Χημικές αντιδράσεις της ζυμώσεως της γλυκόζης σε αιθυλική αλκοόλη. Οι συντακτικοί τύποι φαίνονται αριστερά, οι διαδοχικές αντιδράσεις δεξιά. Κάθε συντακτικός τύπος αντιστοιχεί στο όνομα της ενώσεως που είναι γραμμένο δεξιά. Οι κύκλοι γύρω από τα P στους συντακτικούς τύπους παριστάνουν φωσφορικές ομάδες.*

5-Γ
Ζύμωση της γλυκόζης προς αιθυλική αλκοόλη ή γαλακτικό οξύ

Ι. Ζύμωση της γλυκόζης σε αιθυλική αλκοόλη

Στην εικόνα 5-Γ-1 φαίνεται η σειρά των αντιδράσεων κατά τη ζύμωση της γλυκόζης σε αιθυλική αλκοόλη, όταν δεν υπάρχει οξυγόνο. Κάθε αριθμημένη αντίδραση καταλύεται από ένα ξεχωριστό ένζυμο: (1) Εξοκινάση, (2) φωσφοεξοϊσομεράση, (3) κινάση του φωσφογλυκερινικού οξέος, (4) αλδολάση, (5) αφυδρογονάση της 3–φωσφορικής γλυκεριναλδεΰδης, (6) κινάση του φωσφογλυκερινικού οξέος, (7) φωσφογλυκερομουτάση, (8) ενολάση, (9) πυροσταφυλική κινάση, (10) πυροσταφυλική καρβοξυλάση, (11) αλκοολική αφυδρογονάση.

Όλα αυτά τα ένζυμα έχουν απομονωθεί σε καθαρή μορφή και σχεδόν όλα είναι κρυσταλλικά.

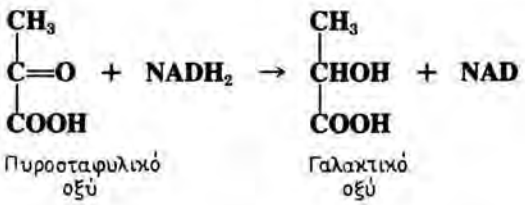
Ο αριθμός (2) μετά την 3–φωσφορική γλυκεριναλδεΰδη και όλες τις άλλες ενώσεις που ακολουθούν παρακάτω μας δηλώνει ότι δύο μόρια από τις ενώσεις αυτές σχηματίζονται από κάθε μόριο γλυκόζης. Παρόλο ότι σχηματίζονται 4 μόρια ATP σ' αυτές τις αντιδράσεις, το κέρδος του κυττάρου σε ATP είναι μόνο 2 μόρια, εφόσον ήδη καταναλώθηκαν 2 μόρια ATP για να αρχίσει η ζύμωση της γλυκόζης.

Η σειρά των αντιδράσεων κατά την αναπνοή είναι ακριβώς η ίδια μέχρι το σχηματισμό του πυροσταφυλικού οξέος. Οι αντιδράσεις της διεργασίας της αναπνοής αναφέρονται στα Παραρτήματα 7-Α και 7-Β.

Το $NADH_2$ που σχηματίζεται μετά από αναγωγή του NAD, όταν η 3–φωσφορική γλυκεριναλδεΰδη μετατρέπεται σε 1,3–διφωσφορογλυκερινικό οξύ, μπορεί να σχηματίσει 3 μόρια ATP, όταν υπάρχει οξυγόνο. Η ενέργεια που απελευθερώνεται, όταν ηλεκτρόνια από το $NADH_2$ μεταφέρονται στο οξυγόνο μέσα από την αναπνευστική αλυσίδα, δεσμεύεται στο ATP. (Βλ. Παράρτημα 7-Β). Εάν δεν υπάρχει οξυγόνο, τα ηλεκτρόνια (και τα H^+) του $NADH_2$, χρησιμοποιούνται, για να μετατρέψουν την ακεταλδεΰδη σε αλκοόλη, τότε δεν σχηματίζεται ATP.

ΙΙ. Ζύμωση της γλυκόζης προς γαλακτικό οξύ

Μερικά αναερόβια βακτήρια και τα μυικά κύτταρα, όταν τους λείπει το οξυγόνο, παράγουν γαλακτικό οξύ από τη γλυκόζη. Όλα τα στάδια της αντιδράσεως από το (1) μέχρι το (7), δηλαδή από τη γλυκόζη μέχρι το σχηματισμό του πυροσταφυλικού οξέος, είναι τα ίδια όπως και στην αλκοολική ζύμωση. Στη ζύμωση όμως του γαλακτικού οξέος το πυροσταφυλικό οξύ δεν μετατρέπεται σε αλκοόλη αλλά σε γαλακτικό οξύ. Η αντίδραση καταλύεται από το ένζυμο γαλακτική αφυδρογονάση (βλ. εικόνα 5-Γ-2).



Εικόνα 5-Γ-2 *Σχηματισμός του γαλακτικού οξέος από πυροσταφυλικό οξύ.*

6-Α
Ο ήλιος και η ακτινοβολία του

Ο πρωτόγονος άνθρωπος νόμιζε ότι ο ήλιος ήταν μία μπάλα φωτιάς. Σύμφωνα με ένα ελληνικό μύθο, ο Προμηθέας πέταξε μέχρι τον ήλιο, με σκοπό να φέρει στους θνητούς λίγη από την ουράνια φωτιά του. Αλλά οι επιστήμονες είχαν καταλήξει στο συμπέρασμα, ότι ο ήλιος δεν καιγόταν όπως μία τεράστια φωτιά από ξύλα ή κάρβουνα. Εάν ο ήλιος καιγόταν σαν κάρβουνο, η φωτιά θα συνεχιζόταν μερικά μόνο χιλιάδες χρόνια και θα είχε μετατραπεί σε στάχτη εκατομμύρια χρόνια πριν.

Ο ήλιος είναι ένα μετρίου μεγέθους αστέρι, που όπως όλα τα αστέρια, αποτελείται κυρίως από δύο στοιχεία, υδρογόνό και ήλιον. Η θερμοκρασία στην επιφάνεια του ηλίου φθάνει στους 6000°C. Η θερμοκρασία αυξάνει καθώς προχωρούμε προς το κέντρο του ηλίου, ώσπου σε βάθος περίπου μισού εκατομμυρίου μιλίων, φθάνει τους 16.000.000°C. Πόσο καυτό είναι αυτό; Σ' αυτή τη θερμοκρασία υλικό όσο το κεφάλι μιας καρφίτσας παράγει αρκετή θερμότητα, για να θανατώσει ένα άτομο σε

απόσταση 160 χιλιομέτρων. Όμως ο ήλιος είναι 150 εκατ. χιλιόμετρα (93 εκατ. μίλια) μακριά από τη γη.

Στις εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες στο εσωτερικό του ηλίου τα ηλεκτρόνια διαφεύγουν από τους πυρήνες των ατόμων. Δεν υπάρχουν ούτε μόρια ούτε άτομα. Υπάρχει μόνο ένα μίγμα ελευθέρων ηλεκτρονίων και γυμνών πυρήνων, που ονομάζεται πλάσμα.

Σ' αυτήν την ειδική κατάσταση της ύλης γίνεται ένας ασυνήθιστος τύπος αντιδράσεως, που ονομάζεται πυρηνική σύντηξη, στην οποία πυρήνες ατόμων των ελαφροτέρων στοιχείων συνδέονται και σχηματίζουν βαρύτερα στοιχεία. Το καθαρό αποτέλεσμα της πυρηνικής συντήξεως είναι ότι 4 πυρήνες υδρογόνου συνδέονται, για να σχηματίσουν ένα πυρήνα ηλίου. Καθώς οι πυρήνες υδρογόνου, που είναι θετικά φορτισμένοι, απωθούνται, απαιτούνται για τη σύντηξη πολύ υψηλές θερμοκρασίες εκατομμυρίων βαθμών, σαν αυτές που υφίστανται στο εσωτερικό του ηλίου. Γι' αυτό το λόγο η πυρηνική σύντηξη ονομάζεται θερμοπυρηνική αντίδραση.

Έτσι το εσωτερικό του ηλίου μπορεί να συγκριθεί με μία τεράστια πυρηνική κάμινο, στην οποία το υδρογόνο είναι το καύσιμο και το ήλιο το προϊόν. Τι θα συμβεί, όταν όλο το υδρογόνο του ηλίου μετατραπεί σε ήλιο; Ο ήλιος θα κρυώσει και θα «πεθάνει» και η ζωή στη γη θα εξαφανισθεί. Ευτυχώς, υπάρχει αρκετό υδρογόνο στον ήλιο, για να διαρκέσει 5 έως 15 δισεκατομμύρια χρόνια.

Οι πυρήνες ηλίου που σχηματίζονται με τη θερμοπυρηνική αντίδραση στον ήλιο έχουν μάζα λίγο ελαφρότερη απ' ό,τι το άθροισμα των μαζών των 4 πυρήνων υδρογόνου, από τους οποίους προέρχονται. Από αυτή τη μικρή διαφορά ύλης προέρχεται η τεράστια ενέργεια, την οποία ακτινοβολεί ο ήλιος. Στην αρχή αυτού του αιώνα ο Einstein υποστήριξε ότι η ύλη μπορεί να μετατραπεί σε ενέργεια, σύμφωνα με τη γνωστή εξίσωσή του:

$$E = m \cdot c^2$$

όπου E είναι η ενέργεια, m η μάζα (ύλη) και c η ταχύτητα του φωτός (300.000 km ή 186.000 μίλια ανά δευτερόλεπτο).

Οι φυσικοί, διερευνώντας τις πυρηνικές αντιδράσεις, απέδειξαν ότι ο τύπος του Einstein είναι σωστός. Η μικρή ποσότητα ύλης που «λείπει» στις πυρηνικές αντιδράσεις μετατρέπεται πράγματι σε τεράστιες ποσότητες ενέργειας. Στην αντίδραση συντήξεως που γίνεται στον ήλιο η μάζα του πυρήνα του ηλίου είναι κατά 0,6% λιγότερη από τη μάζα των 4 πυρήνων υδρογόνου, από τους οποίους σχηματίζεται. Έτσι στο σύνολο του ηλίου η διαφορά αυτή είναι σχεδόν 4 εκατ. τόννοι μάζας, η οποία μετατρεπόμενη σε ενέργεια θα μπορούσε να προμηθεύσει σε ένα δευτερόλεπτο αρκετόν ηλεκτρισμό, ώστε να φωτίσει εκατομμύρια σπίτια για 160 εκατ. χρόνια!

Όμως, η ενέργεια που απελευθερώνεται στο εσωτερικό του ηλίου (και άλλων αστέρων) δεν μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό αλλά διαφεύγει με τη μορφή ακτινοβολίας. Συχνά για την ακτινοβολία του ηλίου χρησιμοποιούμε τις εκφράσεις «φως του ηλίου» ή «φως της ημέρας» ή απλά «φως». Αλλά το φως αποτελεί ένα μόνο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας, που είναι ορατό στο ανθρώπινο μάτι. Η αόρατη ακτινοβολία που ο ήλιος εκπέμπει περιλαμβάνει ακτίνες γ, ακτίνες Χ, υπεριώδη ακτινοβολία και υπέρυθρη ακτινοβολία. Όλα αυτά τα είδη ακτινοβολίας μαζί με το ορατό φως σχηματίζουν ένα συνεχές φάσμα, γνωστό ως ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.

Κάθε κομμάτι του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος ταξιδεύει με την ίδια ταχύτητα, την ταχύτητα του φωτός που, όπως ήδη αναφέρθηκε, είναι 300.000 χιλιόμ. το δευτερόλεπτο. Με αυτή την ταχύτητα το φως χρειάζεται λίγο παραπάνω από οκτώ λεπτά για να φθάσει από τον ήλιο στη γη. Το φως που κτυπά στα μάτια σας αυτή τη στιγμή έφυγε από τον ήλιο 8 λεπτά πριν.

Πώς ξεχωρίζομε ένα είδος ακτινοβολίας από ένα άλλο; Η ακτινοβολία ταξιδεύει με κύματα και τα διαφορετικά είδη ακτινοβολίας έχουν διαφορετικά μήκη κύματος. Το μήκος κύματος είναι η απόσταση ανάμεσα στην κορυφή του ενός κύματος και στην κορυφή του επόμενου. Τα μήκη κύματος της ακτινοβολίας είναι πολύ μικρά, τόσο μικρά που μετρούνται με ειδικές μονάδες, οι οποίες ονομάζονται νανόμετρα (nm). Ένα νανόμετρο ισούται με δέκα εκατομμυριοστά του εκατοστού.

Κάθε είδος ακτινοβολίας έχει το δικό της χαρακτηριστικό φάσμα από μήκη κύματος. Αυτά καλύπτουν ένα ορισμένο εύρος. Ειδικά

στη βιολογία σημαντικά είναι τα μήκη κύματος που περιλαμβάνει το ορατό φως. Μία από τις μεγάλες ανακαλύψεις στη φυσική έγινε πριν 300 χρόνια από το Νεύτωνα (I. Newton), όταν βρήκε ότι το ορατό ή «λευκό» φως είναι μίγμα διαφορετικών χρωμάτων του φωτός. Ένα χρώμα του φωτός χαρακτηρίζεται από ένα συγκεκριμένο και διαφορετικό μήκος κύματος. Ο πίνακας 6-Α-1 δίνει την κλίμακα με τα μήκη κύματος για κάθε χρώμα του φωτός και ακόμη τα μήκη κύματος για τα μη-ορατά είδη ακτινοβολίας.

Είδος ακτινοβολίας	Μήκη κύματος διαφόρων ακτινοβολιών (νανόμετρα)
ακτίνες γ	λιγότερο από 1
ακτίνες Χ	0,1 ως 100
υπεριώδης ακτινοβολία	100 ως 380
ορατό φως	380 ως 750
βιολέ	380 ως 424
μπλε	424 ως 491
πράσινο	491 ως 575
κίτρινο	575 ως 585
πορτοκαλί	585 ως 647
κόκκινο	647 ως 750
υπέρυθρη ακτινοβολία	750 ως 10^5
ραδιοκύματα	10^6 ως 10^{12}

Πίνακας 6-Α-1 Ακτινοβολίες και τα μήκη κύματος στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.

Στη γη φθάνει μόνο ένα μικρό μέρος της ακτινοβολίας του ηλίου. Σήμερα οι ακτίνες με μικρότερο μήκος κύματος από 290 nm, δηλαδή οι υπεριώδεις ακτίνες, οι ακτίνες γ και οι ακτίνες Χ, δεν μπορούν να διαπεράσουν την ατμόσφαιρα της γης. Αυτό είναι χρήσιμο, γιατί αυτές οι ακτινοβολίες θα μπορούσαν να καταστρέψουν τα υπάρχοντα είδη φυτικής και ζωικής ζωής.

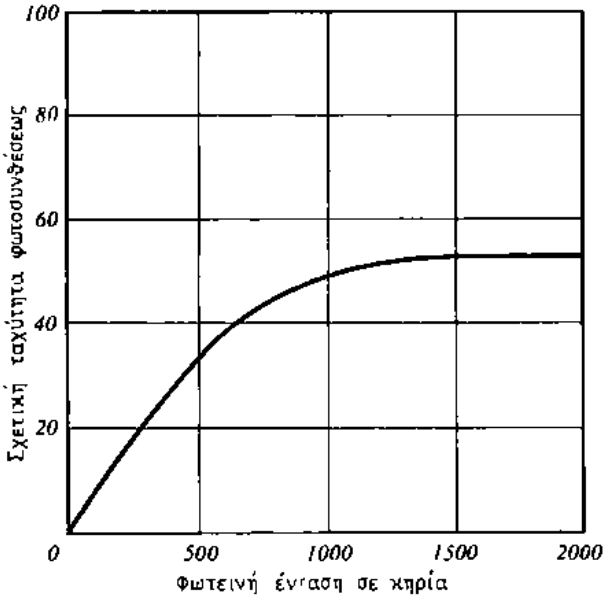
Οι νεοδημιουργούμενοι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί άρχισαν να χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας τα υπέρυθρα και ορατά μέρη της ηλιακής ακτινοβολίας. Η βακτηριοχλωροφύλλη, η χρωστική που απορροφά το φως στα φωτοσυνθετικά βακτήρια, απορροφά κυρίως φως στα μήκη κύματος 800, 850 και 890 nm. Στα πράσινα φυτά η χλωροφύλλη α έχει μέγιστο απορροφήσεως στα 435 και 675 nm, και η χλωροφύλλη β στα 480 και 650 nm. Πέρα από αυτά τα μέγιστα απορροφήσεως οι χλωροφύλλες απορροφούν φως, αν και λιγότερο αποτελεσματικά, και σε άλλα μήκη κύματος της κλίμακας του ορατού.

Σημειώστε ότι ο κυριότερος τύπος φωτοσυνθέσεως πάνω στη γη, η φωτοσύνθεση των πρασίνων φυτών, χρησιμοποιεί μήκη κύματος μόνο μέσα στο ορατό. Δεν της είναι απαραίτητη ούτε η υπέρυθρη ούτε η υπεριώδης ακτινοβολία.

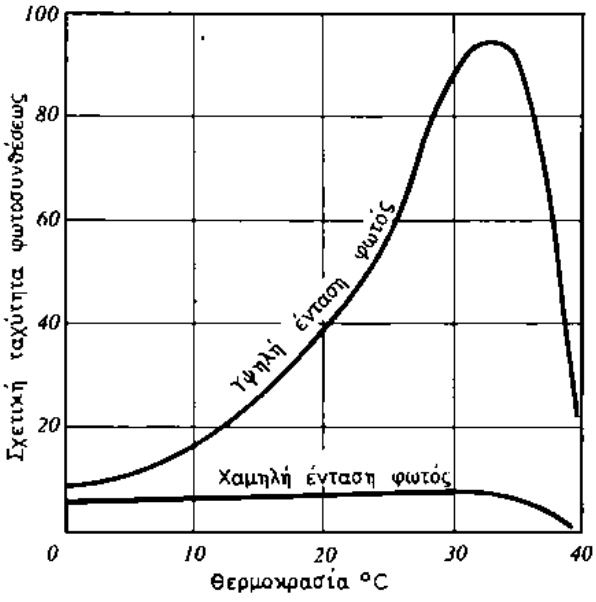
6-Β
Η φωτοσύνθεση περιλαμβάνει και μία σκοτεινή φάση

Η πρώτη ένδειξη ότι η φωτοσύνθεση μπορεί να περιλαμβάνει και σκοτεινές και φωτεινές αντιδράσεις ήρθε το 1905 από τα πειράματα του Φ.Φ. Μπλάκμαν στην Αγγλία. Ο Μπλάκμαν άρχισε διερευνώντας τα αποτελέσματα της φωτεινότητας ή της εντάσεως του φωτός. Αφού η φωτοσύνθεση απαιτεί φωτεινή ενέργεια, θα περίμενε κανείς η διαδικασία να γινόταν γρηγορότερα με πιο έντονο φως. Όταν ο Μπλάκμαν μέτρησε και έκανε τις γραφικές παραστάσεις των ταχυτήτων της φωτοσυνθέσεως σε διάφορες εντάσεις φωτός, έλαβε μία καμπύλη, που φαίνεται στην εικόνα 6-Β-1. Σε σχετικά χαμηλές εντάσεις, η αύξηση της φωτεινότητας αύξανε και την ταχύτητα. Σε υψηλότερες εντάσεις όμως η ταχύτητα της φωτοσυνθέσεως αυξανόταν μέχρι ένα όριο. Παραπάνω αύξηση της εντάσεως του φωτός δεν έδινε σχεδόν καμιά διαφορά στην ταχύτητα φωτοσυνθέσεως.

Σε ένα επόμενο πείραμα, ο Μπλάκμαν ερεύνησε την επίδραση της θερμοκρασίας και του φωτός συγχρόνως, στη φωτοσύνθεση (βλ. εικόνα 6-Β-2). Βρέθηκε ότι από 30° - 40° C η αύξηση της θερμοκρασίας μείωνε την ταχύτη-



Εικόνα 6-Β-1 *Γραφική παράσταση που δείχνει τη σχέση ανάμεσα στη φωτοσύνθεση και την ένταση του φωτός. Σημειώστε ότι πάνω από 1200 αύξηση στην ένταση του φωτός δεν αυξάνει την ταχύτητα της φωτοσυνθέσεως.*

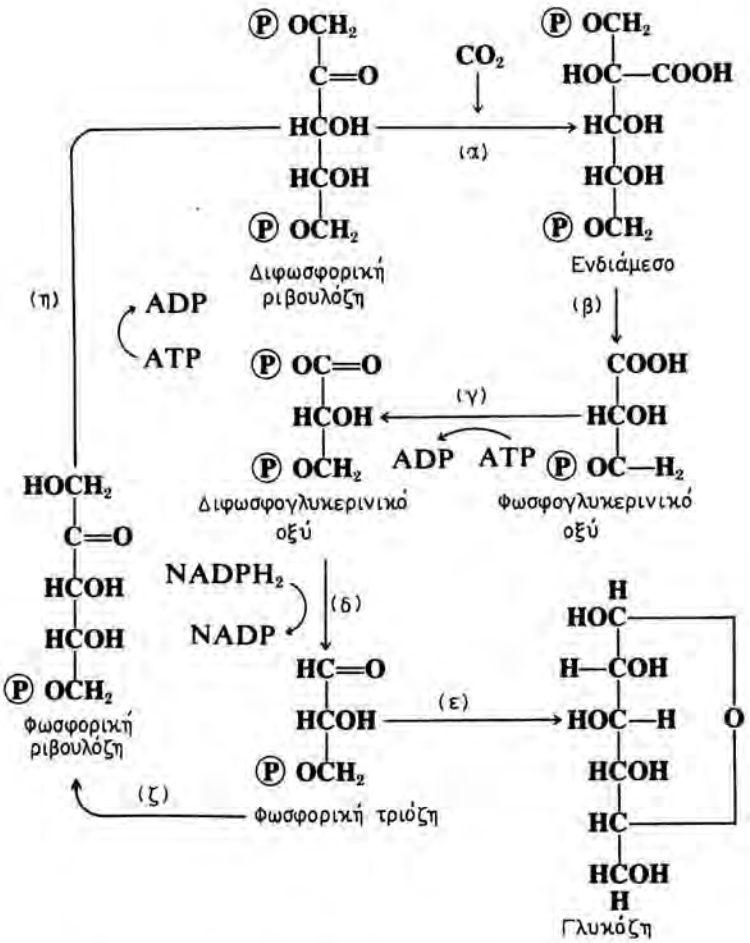


Εικόνα 6-Β-2 *Επίδραση της θερμοκρασίας στην ταχύτητα της φωτοσυνθέσεως σε διαφορετικές εντάσεις φωτός. Σε χαμηλή ένταση φωτός αύξηση της θερμοκρασίας δεν επηρεάζει την ταχύτητα της φωτοσυνθέσεως. Σε μεγάλη ένταση, η αλλαγή της θερμοκρασίας επηρεάζει σημαντικά.*

τα της φωτοσυνθέσεως όσο μεγάλη κι αν ήταν η ένταση του φωτός. Αλλά, από 0-30° C η αύξηση της θερμοκρασίας έδινε διαφορετικά αποτελέσματα, που εξαρτιόταν από την ένταση του φωτός. Σε χαμηλή ένταση η αύξηση της θερμοκρασίας δεν επηρέαζε σχεδόν καθόλου τη φωτοσύνθεση. Αντίθετα, σε υψηλή φωτεινή ένταση η αύξηση της θερμοκρασίας επιτάχυνε το ρυθμό της φωτοσυνθέσεως.

Για να καταλάβετε τα αποτελέσματα του Μπλάκμαν, θεωρήστε την επίδραση του φωτός και της θερμοκρασίας σε δύο διαφορετικά είδη αντιδράσεων: πρώτα στις χημικές αντιδράσεις, που είναι ανεξάρτητες από τη φωτεινή ενέργεια, και δεύτερο στις φωτεινές αντιδράσεις, που ελέγχονται μόνο από τη φωτεινή ενέργεια. Οι χημικές αντιδράσεις, ακόμη και οι ενζυμικές, επιταχύνονται, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία από 0° - 30° C. Η ταχύτητά τους διπλασιάζεται κάθε φορά που η θερμοκρασία αυξάνει κατά 10° βαθμούς. Από την άλλη μεριά, οι φωτεινές αντιδράσεις δεν επηρεάζονται από τη θερμοκρασία.

Χρησιμοποιώντας αυτά τα ευρήματα, ο Μπλάκμαν συμπέρανε ότι η φωτοσύνθεση περιλαμβάνει μία φωτεινή και μία σκοτεινή αντίδραση. Η σκοτεινή αντίδραση μπορεί να γίνεται ή να μην γίνεται στο σκοτάδι. Την αποκαλούμε σκοτεινή για να δείξομε ότι μπορεί να γίνει και χωρίς φως. Ο Μπλάκμαν σκέφθηκε ότι όταν υπάρχει λίγο φως, το ποσό του φωτός είναι ο παράγοντας, που καθορίζει την όλη ταχύτητα της φωτοσυνθετικής διαδικασίας. Όταν το διαθέσιμο φως είναι λίγο, αύξηση της θερμοκρασίας δεν επιταχύνει τη φωτοσύνθεση. Αλλά όταν το διαθέσιμο φως για τη φωτεινή αντίδραση είναι αρκετό, τότε η ταχύτητα της σκοτεινής ενζυματικής αντιδράσεως, καθορίζει την ταχύτητα της φωτοσυνθέσεως. Αύξηση της θερμοκρασίας επιταχύνει τη σκοτεινή αντίδραση και κατά συνέπεια τη συνολική ταχύτητα.



Εικόνα 6-Γ-1 *Ο κύκλος του άνθρακα στη φωτοσύνθεση. Οι φωσφορικές ομάδες συμβολίζονται με Ps.*

Τα πειράματα του Μπλάκμαν έκαναν μεγάλη εντύπωση στους επιστήμονες, που διερευνούσαν τη φωτοσύνθεση. Οι τελευταίοι είχαν πρόσφατα θεωρήσει ότι η φωτοσύνθεση περιελάμβανε μόνο φωτοεξαρτώμενες αντιδράσεις. Τότε άρχισαν να λαμβάνουν υπόψη και την «αντίδραση Μπλάκμαν», όνομα που έδωσαν στη σκοτεινή αντίδραση της φωτοσυνθέσεως.

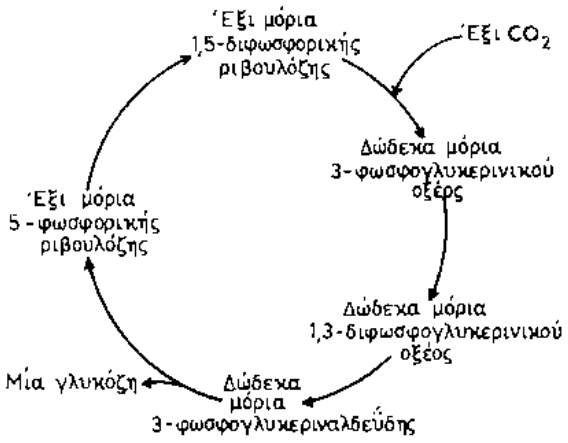
Θα διαβάσετε στα κεφάλαια 6-7 πώς η ιδέα του Μπλάκμαν αναπτύχθηκε πρόσφατα από άλλους επιστήμονες, που ανακάλυψαν ότι η φωτοσύνθεση δεν περιλαμβάνει μόνο μία αλλά πολλές σκοτεινές αντιδράσεις.

6-Γ
Ο κύκλος του άνθρακα στη φωτοσύνθεση

Η εικόνα 6-Γ-1 είναι μία απλοποιημένη μορφή του κύκλου του άνθρακα.

(α) Το διοξείδιο του άνθρακα αντιδρά με μία ένωση 5 ατόμων άνθρακα, τη διφωσφορική ριβουλόζη, που έχει από μία φωσφορική ομάδα σε κάθε άκρο, για να δώσει ένα ενδιάμεσο προϊόν 6 ατόμων άνθρακα.

(β) Το ενδιάμεσο προϊόν είναι ασταθές και διασπάται σε δύο μόρια φωσφογλυκερινικού οξέος (3 C-P).



Εικόνα 6-Γ-2 *Ο σχηματισμός γλυκόζης από διοξείδιο του άνθρακα (πάνω δεξιά) και υδρογόνο (από $NADPH_2$ που δεν φαίνεται).*

(γ) Το φωσφογλυκερινικό οξύ δέχεται άλλη μία φωσφορική ομάδα και μετατρέπεται σε μία διφωσφορική ένωση, το διφωσφογλυκερινικό οξύ (P-3 C-P).

(δ) Το διφωσφογλυκερινικό οξύ μετατρέπεται σε σάκχαρο 3 ατόμων άνθρακα, τη φωσφορική τριόζη (3-φωσφογλυκεριναλδεΰδη, σάκχαρο 3 C-P).

(ε) Μέρος της φωσφορικής τριόζης μετατρέπεται σε γλυκόζη, το προϊόν της φωτοσυνθέσεως.

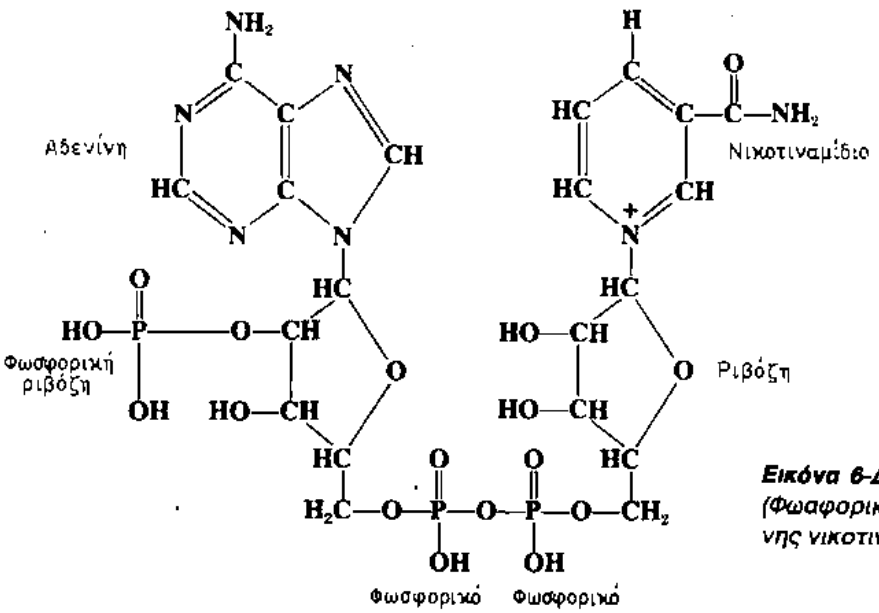
(στ) Ένα άλλο μέρος χρησιμοποιείται για το σχηματισμό ενώσεως 5 ατόμων άνθρακα, τη φωσφορική ριβουλόζη, μέσω μιας πολύπλοκης σειράς αντιδράσεων (5 C-P).

(ζ) Η φωσφορική ριβουλόζη δέχεται μία δεύτερη φωσφορική ομάδα και μετατρέπεται σε διφωσφορική ριβουλόζη (P-5 C-P), η οποία είναι έτοιμη να αντιδράσει με ένα καινούργιο μόριο διοξειδίου του άνθρακα, ώστε να αρχίσει πάλι ένας νέος κύκλος του άνθρακα.

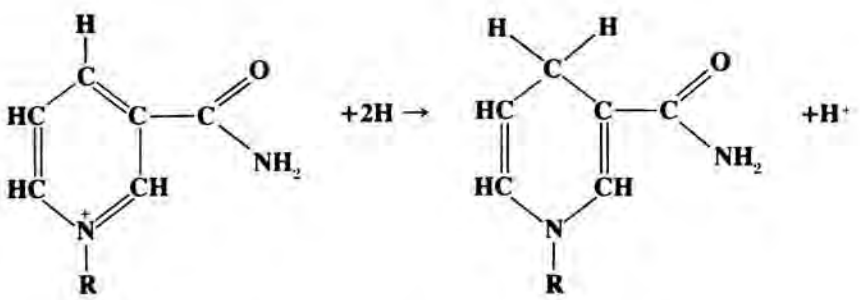
Η εικόνα 6-Γ-2 δείχνει πώς ένα μόριο διοξειδίου του άνθρακα μεταφέρεται μέσω των αντιδράσεων του κύκλου του άνθρακα. Αλλά ένα μόριο CO_2 μπορεί να προμηθεύσει μόνο ένα από τα έξι άτομα άνθρακα του μορίου της γλυκόζης. Τα υπόλοιπα 5 άτομα άνθρακα θα πρέπει να ήταν ήδη παρόντα στο κύτταρο.

Για να σχηματισθεί ένα ολόκληρο μόριο γλυκόζης από απορροφούμενα CO_2, θα έπρεπε να περάσουν από τον κύκλο του άνθρακα 6 μόρια CO_2, όπως φαίνεται στην εικόνα 6-Γ-1.

6-Δ
NADP



Εικόνα 6-Δ-1 *Χημικός τύπος NADP (Φωσφορικό δινουκλεοτίδιο αδενίνης νικοτιναμίδης)*



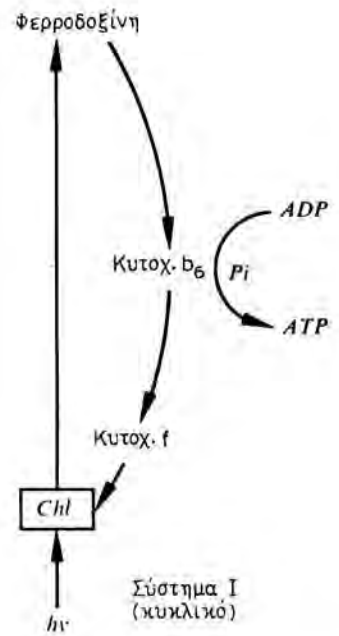
Εικόνα 6-Δ-2 Στην αντίδραση NADP → $NADPH_2$ παίρνει μέρος μόνο το νικοτιναμίδιο από το μόριο του NADP. Το υπόλοιπο μόριο (βλ. εικόνα 6-Δ-1) συμβολίζεται εδώ με R.

6-Ε
Οι φωτεινές αντιδράσεις στη φωτοσύνθεση

Πολλές έρευνες για τη φωτοσύνθεση με ολόκληρα κύτταρα έχουν δείξει ότι η διαδικασία περιλαμβάνει δύο είδη φωτεινών αντιδράσεων. Η μία είναι γνωστή ως «σύστημα μεγάλου μήκους κύματος» ή φωτοσύστημα I και περιλαμβάνει μία φωτεινή αντίδραση που γίνεται καλύτερα σε φως με μήκος κύματος μεγαλύτερο από 690 nm (για συζήτηση σχετική με τα μήκη κύματος του φωτός βλ. Παράρτημα 6-Α). Η δεύτερη, γνωστή ως «σύστημα μικρού μήκους κύματος» ή φωτοσύστημα II, περιλαμβάνει μία φωτεινή αντίδραση, που γίνεται καλύτερα με φως μήκους κύματος μικρότερου από 690 nm.

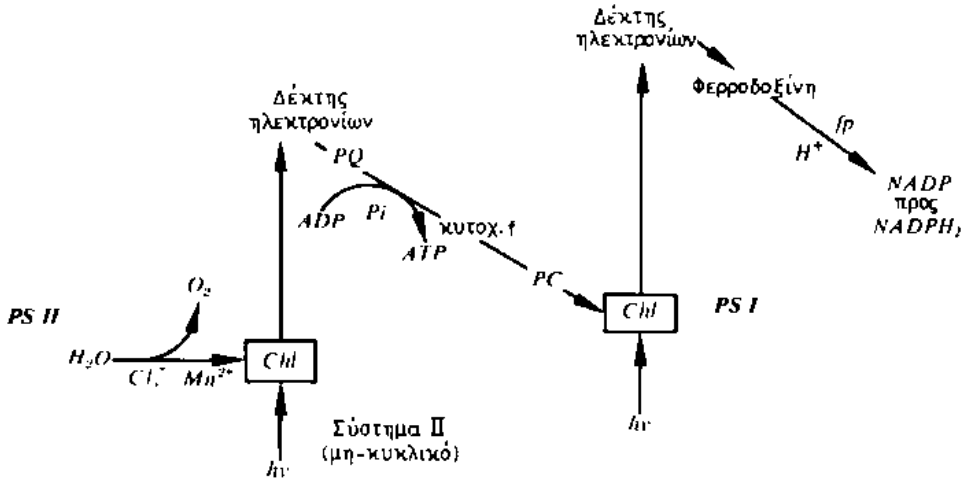
Όταν έγιναν πειράματα σε διάφορα μήκη κύματος φωτός με απομονωμένους χλωροπλάστες, ανακαλύφθηκε ότι στη φωτεινή αντίδραση του φωτοσυστήματος I περιλαμβανόταν μία κυκλική φωτοφωσφορυλίωση. Η μη κυκλική φωτοφωσφορυλίωση έμοιαζε να είναι πιο πολύπλοκη.

Όλοι οι επιστήμονες συμφωνούν πια ότι σε αυτή υπάρχει συνεργασία δύο φωτεινών αντιδράσεων και ότι η μία από τις δύο φωτεινές αντιδράσεις είναι τύπου φωτοσυστήματος I. Η εικόνα 6-Ε-1 παρουσιάζει διαγραμματικά



Εικόνα 6-Ε-1 Διάγραμμα της υποθέσεως για την κυκλική φωτοφωσφορύλωση.

την υπόθεση, που εξηγεί πώς το φωτοσύστημα I απελευθερώνει ενέργεια, που χρησιμοποιείται για το σχηματισμό ATP στην κυκλική φωτοφωσφορυλίωση. Η διεγερμένη από το



Εικόνα 6-Ε-2 *Διάγραμμα της μη κυκλικής φωτοφωσφορυλιώσεως σύμφωνα με την επικρατούσα υπόθεση.*

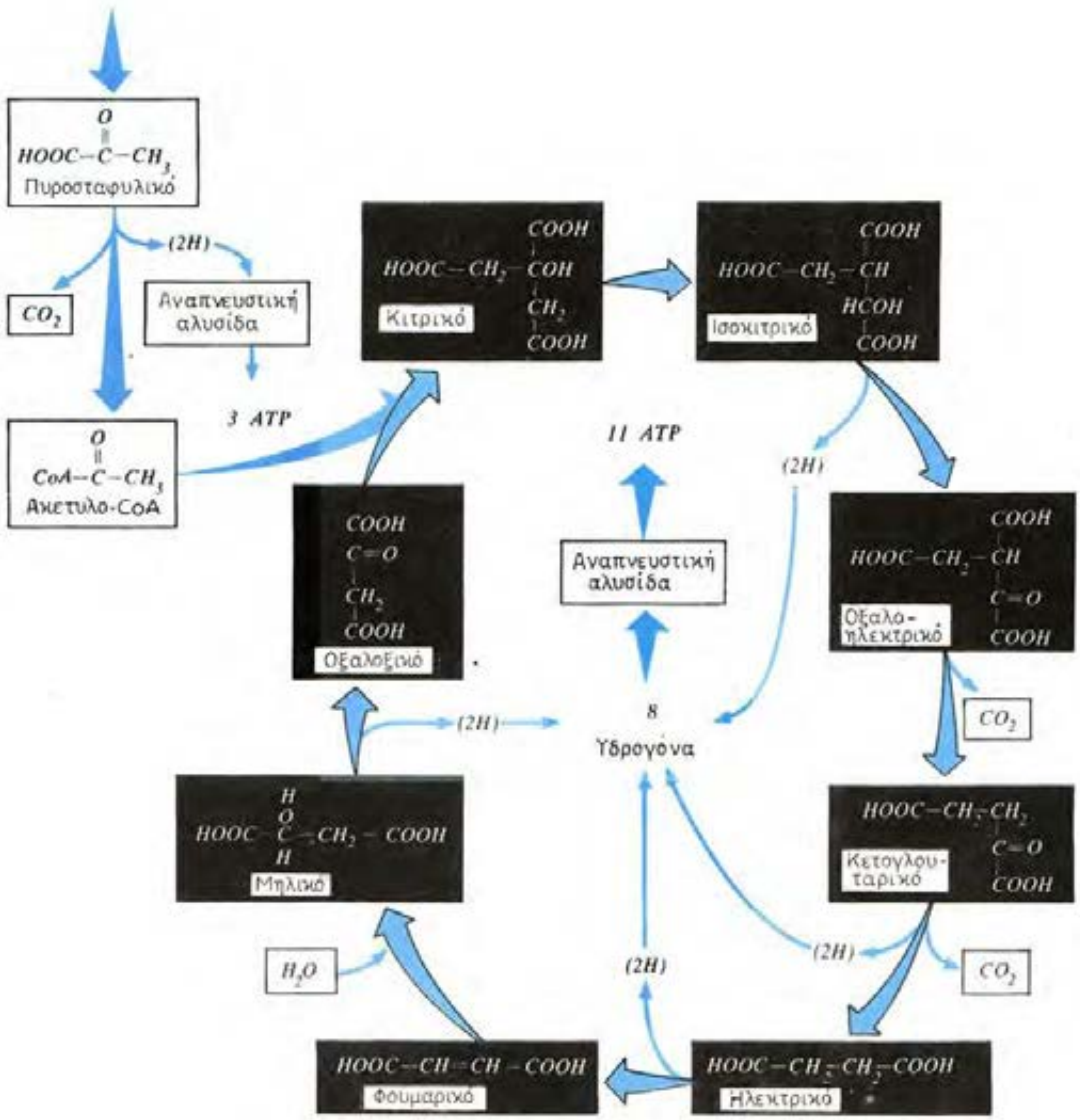
φως χλωροφύλλη αποδίδει το υψηλής ενέργειας ηλεκτρόνιό της στη φερρεδοξίνη. Στη συνέχεια το ηλεκτρόνιο μεταφέρεται από τη φερρεδοξίνη σε μία πρωτεΐνη «μεταφορέα ηλεκτρονίων», γνωστή ως κυτόχρωμα b_6, έπειτα σε μία δεύτερη πρωτεΐνη μεταφορέα ηλεκτρονίων, γνωστή ως κυτόχρωμα f και τέλος πάλι πίσω στη χλωροφύλλη. Σ' αυτά τα στάδια μεταφοράς ηλεκτρονίων απελευθερώνεται ενέργεια, που χρησιμοποιείται για σχηματισμό ATP.

Η εικόνα 6-Ε-2 παρουσιάζει την υπόθεση, που εξηγεί πώς συνεργάζονται οι δύο φωτεινές αντιδράσεις στη μη κυκλική φωτοφωσφορυλίωση. Σε κάθε φωτεινή αντίδραση χλωροφύλλη (Χλ) διεγερμένη από το φως (hν) μεταφέρει ένα υψηλής ενέργειας ηλεκτρόνιο σε ένα αποδέκτη ηλεκτρονίων.

Το ηλεκτρόνιο που χάνεται από τη χλωροφύλλη στη φωτεινή αντίδραση ΦΣ ΙΙ αντικαθίσταται με ένα ηλεκτρόνιο από το νερό - αντίδραση που παράγει οξυγόνο και η οποία καταλύεται από χλωριούχα ιόντα και ιόντα δισθενούς μαγγανίου (Cl^-, Mn^{++}). Το ηλεκτρόνιο που χάνεται από τη χλωροφύλλη στη φωτεινή αντίδραση ΦΣ Ι αντικαθίσταται από ηλεκτρόνιο, που το παρέχει ο αποδέκτης ηλεκτρονίων της φωτεινής αντιδράσεως ΦΣ ΙΙ (εικόνα 6-Ε-2).

Σημειώστε ότι οι φωτεινές αντιδράσεις ΦΣ Ι και ΦΣ ΙΙ συνδέονται μεταξύ τους με μία αλυσίδα μεταφοράς ηλεκτρονίων, που αποτελείται από τα διάφορα στοιχεία των χλωροπλαστών: πλαστοκινόνη (PQ), κυτόχρωμα f, και πλαστοκυανίνη (PC), μία πρωτεΐνη που περιέχει χαλκό. Το ηλεκτρόνιο υψηλής ενέργειας που προσλαμβάνεται από τον υποδοχέα ηλεκτρονίων στη φωτεινή αντίδραση ΦΣ ΙΙ μεταφέρεται μέσω αυτής της αλυσίδας μεταφοράς ηλεκτρονίων. Κατά τη μεταφορά αυτή ηλεκτρονίων, απελευθερώνεται επαρκής ενέργεια για το σχηματισμό ATP, που παράγεται με μη κυκλική φωτοφωσφορυλίωση. Τελικά το ηλεκτρόνιο φθάνει στη χλωροφύλλη στη φωτεινή αντίδραση ΦΣ Ι.

Τα ηλεκτρόνια που μεταφέρονται με τη φωτεινή αντίδραση ΦΣ Ι στη φερρεδοξίνη οδηγούνται στο NADP. Ένα ένζυμο (fp) ενώνει αυτά τα ηλεκτρόνια με υδρογονοϊόντα (H^+) και μετατρέπει το NADP σε $NADPH_2$.

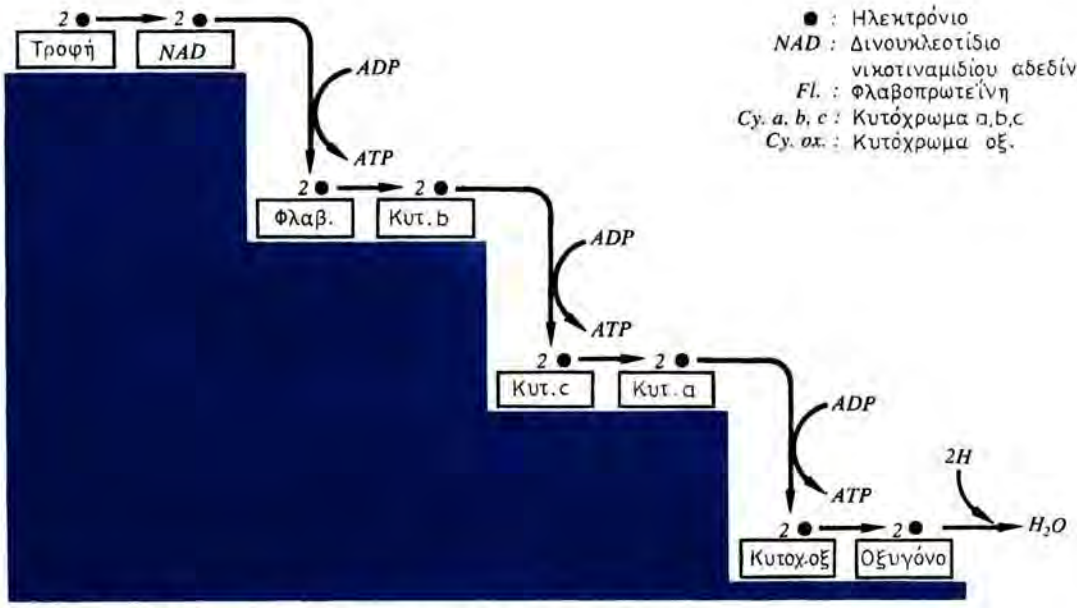


Εικόνα 7-Α-1 *Ο κύκλος του Κρεμπς.*

Τα υδρογονοϊόντα απελευθερώθηκαν από το νερό στην αντίδραση ΦΣ ΙΙ.

7-Α
Ο κύκλος του Κρεμπς

Στο διάγραμμα της εικόνας 7-Α-1 τα σκούρα τόξα συνδέουν τις ενώσεις που περιλαμβάνει ο κύκλος του Κρεμπς. Μία ολόκληρη περιστροφή του κύκλου απελευθερώνει δύο μόρια διοξειδίου του άνθρακα και 8 άτομα υδρογόνου. Μέσω της αναπνευστικής αλυσίδας τα άτομα αυτά υδρογόνου αναγεννούν 11 μόρια ATP. Ο ρόλος της αναπνευστικής αλυσίδας στην παραγωγή του ATP φαίνεται στο Παράρτημα 7-Β. Επειδή δε 2 μόρια «ενεργού



Εικόνα 7-Β-1 *Διάγραμμα της μεταφοράς ηλεκτρονίων στην αναπνευστική αλυσίδα. Τα σκουρόχρωμα σκαλοπάτια αναπαριστούν τα ενεργειακά επίπεδα του συστήματος· κάθε μείωση δείχνει μεταφορά ενέργειας στο ATP.*

οξικού οξέως» (ακετυλο - CoA) παράγονται για κάθε μόριο γλυκόζης, ένα σύνολο 22 μορίων ATP παράγεται στον κύκλο του Κρεμπς.

Ένας συνολικός υπολογισμός των 36 μορίων ATP που σχηματίζονται, όταν ένα μόριο γλυκόζης διασπάται παρουσία οξυγόνου, είναι ο παρακάτω:

	ATP
Ζύμωση: 1 μόριο γλυκόζης προς 2 μόρια πυροσταφυλικού οξέος	1 × 2 = 2
2 μόρια φωσφογλυκεραλδεΰδης προς διφωσφογλυκερινικό οξύ	2 × 3 = 6
2 μόρια πυροσταφυλικού οξέος προς ακετυλο-συνένζυμο Α	2 × 3 = 6
Κύκλος Κρεμπς: 2 ακετυλο-συνένζυμα Α προς CO_2 και H_2O	2 × 11 = 22
Σύνολο	36

7-Β
Η αναπνευστική αλυσίδα

Η αναπνευστική αλυσίδα είναι η τελική οδός, μέσω της οποίας ηλεκτρόνια (με ή χωρίς πρωτόνια) κινούνται από τις τροφές προς το οξυγόνο. Τρία μόρια ATP σχηματίζονται σχεδόν για καθένα από τα ζεύγη ηλεκτρονίων, που περνούν διά μέσου της αναπνευστικής αλυσίας. Σε μία κεντρική θέση της αλυσίδας υπάρχει μία σειρά μεταφορέων ηλεκτρονίων που είναι γνωστά ως κυτοχρώματα a, b, και c. Το πρωτεϊνικό μέρος του κυτοχρώματος ενώνεται με μία ένωση σιδήρου (ομάδα ακμής), που αποτελεί την «ενεργή» ομάδα η οποία μεταφέρει ηλεκτρόνια. Οι ομάδες ακμής στα κυτοχρώματα μοιάζουν με τις ομάδες ακμής στην αιμοσφαιρίνη.

Αναφερθείτε στο διάγραμμα της εικόνας 7-Β-1, καθώς διαβάζετε τα παρακάτω: το NAD δέχεται δύο άτομα υδρογόνου (ηλεκτρόνια συνοδευόμενα από πρωτόνια) από μία ορισμένη τροφή μέσω μιας από τις αντιδράσεις του κύκλου του Κρεμπς (παράγρ.

7-Α) ή ζυμώσεως. Το NAD μεταφέρει τα δύο άτομα υδρογόνου σε μία φλαβινοπρωτεΐνη (Fl), της οποίας η ενεργή ομάδα είναι η ριβοφλαβίνη (βιταμίνη B_2). Κατά τη διάρκεια αυτής της μεταφοράς ηλεκτρονίου (υδρογόνου) σχηματίζεται συνήθως ένα μόριο ATP από ADP και φωσφορικό. (Σε μερικά προϊόντα αποικοδομήσεως τροφών, αυτό το πρώτο ATP δεν σχηματίζεται).

Το ζεύγος ηλεκτρονίων που κρατά η φλαβινοπρωτεΐνη μεταφέρεται τώρα (χωρίς τα πρωτόνια) σε δύο μόρια κυτοχρώματος b, αλλά δεν έχομε σχηματισμό ATP. Το ζεύγος πρωτονίων μεταφέρεται στο περιβάλλον διάλυμα.

Δύο μόρια κυτοχρώματος b μεταφέρουν τώρα ένα ζεύγος ηλεκτρονίων σε δύο μόρια κυτοχρώματος c και κατά τη διάρκεια αυτής της μεταφοράς παράγεται ακόμη ένα μόριο ATP. Το τελευταίο από τα τρία μόρια ATP και ένα οξυγόνο σχηματίζεται καθώς το ζεύγος ηλεκτρονίων μεταφέρεται από το κυτόχρωμα c στο κυτόχρωμα α. Σ' αυτή την τελική αντίδραση το ζεύγος ηλεκτρονίων, που προέρχεται από το κυτόχρωμα α μαζί με δύο πρωτόνια ενώνεται με ένα άτομο οξυγόνου για το σχηματισμό ενός μορίου νερού.

Τα κυτοχρώματα μπορούν να μεταφέρουν ένα ηλεκτρόνιο τη φορά, ενώ το NAD και η φλαβινοπρωτεΐνη μπορούν να μεταφέρουν 2 ηλεκτρόνια (πρωτόνια) τη φορά. Γι' αυτό το λόγο απαιτούνται δύο μόρια κυτοχρώματος για τη μεταφορά ενός ζεύγους ηλεκτρονίων.

9-Α
Ο γενετικός κώδικας των 20 αμινοξέων

Αμινοξύ	Σύντμηση	Τριάδες ή κωδικόνια
Αλανίνη (Alanine)	Ala	GCU, GCC, GCA, GCG
Αργινίνη (Arginine)	Arg	AGA, AGG, CGU, CGC, CGA, CGG
Ασπαραγίνη (Asparagine)	Asn	AAU, AAC
Ασπαραγινικό οξύ (Aspathc acid)	Asp	GAU, GAC
Κυστεΐνη (Cysteine)	Cys	UGU, UGC
Γλουταμινικό οξύ (Glutamic acid)	Glu	GAA, GAG
Γλουταμίνη (Glutamine)	Gln	GAA, CAG
Γλυκίνη (Glycine)	Gly	CGU, GGC, GGA, GGG
Ιστιδίνη (Histidine)	His	CAU, CAC
Ισολευκίνη (Isoleucine)	Ileu	AUU, AUC, AUA
Λευκίνη (Leucine)	Leu	UUA, UUG,CUU, CUC, CUA, CUG
Λυσίνη (Lysine)	Lys	AAA, AAG
Μεθειονίνη (Methionine)	Met	AUG
Φαινυλαλανίνη (Phenylalanie)	Phe	UUU, UUC
Προλίνη (Proline)	Pro	CCU, CCC, CCA, CCG
Σερίνη (Serine)	Ser	UCU, UCC, UCA, UCG, AGU, AGC
Θρεονίνη (Threonine)	Thr	ACU, ACC, ACA, ACG
Τρυπτοφάνη (Tryptophane)	Tryp	UGG
Τυροσίνη (Tyrosine)	Tyr	UAU, UAC
Βαλίνη (Valine)	Val	GUU, GUC, GUA, GUG

9-Β
Τι κάνει τα κύτταρα διφορετικά όταν το DNA τους είναι το ίδιο;

Κάθε σωματικό κύτταρο σε ένα οργανισμό έχει τον ίδιο αριθμό και είδος χρωματοσωμάτων. Αυτό σημαίνει ότι κάθε κύτταρο έχει τα ίδια γονίδια ή ακριβώς τις ίδιες οδηγίες κωδικοποιημένες στο DNA. Αλλά, αν είναι έτσι, τι είναι αυτό που δημιουργεί τα διαφορετικά κύτταρα του σώματος; Στους μύες, στα κόκκαλα, στον εγκέφαλο, στο δέρμα και στα άλλα μέρη του δέρματος; Στο κεφάλαιο 10 θα δείτε πόσα διαφορετικά είδη κυττάρων έχουν οι οργανισμοί. Στα ακόμη επόμενα κεφάλαια (κεφ. 17-22) θα μελετήσετε πολυπληθή διαφορετικά είδη κυττάρων και ιστών σε πολλούς διαφορετικούς οργανισμούς.

Το κεφάλαιο 12, που περιγράφει πώς μεγαλώνουν και αναπτύσσονται οι οργανισμοί από ένα απλό κύτταρο ενός γονιμοποιημένου ωαρίου, εξηγεί μερικούς λόγους, για τους οποίους τα κύτταρα διαιρούμενα από το πιο αρχικό κύτταρο, καταλήγουν να είναι διαφορετικά μεταξύ τους. Αλλά ποια είναι η απάντηση σύμφωνα με τις οδηγίες του DNA; Αν στους μαθητές μιας τάξεως δοθούν οι ίδιες οδηγίες, τότε, ο καθένας, θα προσπαθήσει να κάνει την ίδια δουλειά. Προφανώς αυτό δεν συμβαίνει με τα κύτταρα του σώματος.

Έχετε διαβάσει πώς οι τριάδες του RNA κατά τη σύνθεση πολυπεπτιδίων για να φτιάξουν πρωτεΐνες, χρησιμοποιούν κώδικες για το «άρχισε το μήνυμα εδώ» (στην τριάδα AUG) και «σταμάτα το μήνυμα εδώ» (στις τριάδες UAA, UAG και UGA).

Έχουν τα χρωματοσώματά σας παρόμοιους κώδικες, ώστε ορισμένων γονιδίων να διαβάζονται οι οδηγίες τους και άλλων γονιδίων όχι;

Αν υπήρχαν ειδικά μηνύματα που ενεργοποιούν ορισμένα γονίδια και άλλα όχι, αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα να κατασκευάζονται διαφορετικά είδη ενζύμων και πρωτεϊνών, κάτι που θα οδηγούσε στη δημιουργία διαφορετικών σωματικών κυττάρων.

Πρόσφατα έχουν γίνει πειράματα, για να βρεθεί, αν ορισμένα γονίδια παραμένουν μονίμως ανενεργά, όταν ένα κύτταρο γίνεται εγκεφαλικό ή άλλου είδους κύτταρο. Από τα αυγά ενός είδους βατράχου *(Xenopus laevis)* αφαιρέθηκαν οι πυρήνες και αντικαταστάθηκαν με πυρήνες εγκεφαλικών κυττάρων, κυττάρων συκωτιού και κυττάρων του πεπτικού των ιδίων βατράχων. Τι θα παρήγαν τα αυγά; Κάθε αυγό θα έφτιαχνε κύτταρα εγκεφάλου, συκωτιού ή πεπτικού ανάλογα με την πηγή των μεταφυτευμένων πυρήνων; Ή όλα τα αυγά θα παρήγαν νέους βατράχους, ακριβώς όπως κάνουν άλλα αυγά του ίδιου είδους; Οι απαντήσεις δεν ήταν τελείως ξεκάθαρες. Πολλά από τα αυγά πέθαναν και ένας από τους λόγους θα πρέπει να ήταν το σοκ της χειρουργικής επεμβάσεως. Κανένα από τα αυγά δεν παρήγε μόνο εγκεφαλικά κύτταρα ή μόνο κύτταρα συκωτιού ή μόνο κύτταρα πεπτικού. Μερικά παρήγαν ανώμαλα έμβρυα βατράχου, που έζησαν για μικρό διάστημα. Ελάχιστα παρήγαν φυσιολογικούς βατράχους! Οι φυσιολογικοί βάτραχοι ήταν γενετικά αντίγραφα μόνον του ενός γονέα, που σημαίνει ότι είχαν το ίδιο DNA με το βάτραχο που προμήθευσε τον πυρήνα στο αγυρό. Οι νέοι βάτραχοι ήταν ***κλώνοι,*** όπως περίπου οι λεύκες στο δάσος, για τις οποίες διαβάσατε στο κεφάλαιο 2 (σελ. 32-33). Θα διαβάσετε πιο πολλά για τους κλώνους στο κεφάλαιο 11.

Αν σ' αυτά τα πειράματα γεννήθηκαν έστω και ελάχιστοι φυσιολογικοί βάτραχοι σημαίνει ότι το DNA στα εγκεφαλικά κύτταρα, στα κύτταρα του συκωτιού και στα κύτταρα του εντέρου του βατράχου, δεν έχει γονίδια, που παραμένουν μονίμως ανενεργά ή εκφυλισμένα, επειδή δεν χρησιμοποιούνται. Όλα τα είδη του DNA που είναι παρόντα σε ένα γονιμοποιημένο αυγό είναι ακόμη παρόντα στα κύτταρα του εγκεφάλου, του συκωτιού και του εντέρου.

Σε άλλα πειράματα ανακαλύφθηκε ότι διάφορα είδη ουσιών επηρέαζαν το αν θα διαβασθεί το μήνυμα ενός γονιδίου. Ορισμένες ορμόνες που λέγονται ***στεροειδείς*** υπάρχουν φυσιολογικά στα κύτταρα έξω από τον πυρήνα. Όταν αυτά τα στεροειδή συνδεθούν με ένα είδος πρωτεϊνών που λέγονται ***υποδοχείς,*** τότε αλλάζει η ενεργότητά τους και μεταναστεύουν στο εσωτερικό του πυρήνα. Το DNA ανταποκρίνεται στις ορμόνες με το να ξετυλιχθεί από μία συμπυκνωμένη δομή, έτσι ώστε τα ένζυμα να μπορούν να φθάσουν στα γονίδια. Τα γονίδια ενεργοποιούνται και τα μηνύματά τους μπορούν να διαβασθούν. Ένα άλλο είδος ενώσεων, οι ***ιστόνες,*** έχουν το αντίθετο αποτέλεσμα. Οι ιστόνες ενώνονται

με το DNA, προκαλούν τη συμπύκνωση και ανενεργοποίησή του.

Μπορούμε να υποθέσομε ότι διαφορετικά είδη κυττάρων περιέχουν διαφορετικά στεροειδή και ιστόνες ή άλλες ενώσεις που λειτουργούν παρόμοια. Αλλιώς γιατί το πυρηνικό DNA του κυττάρου του εγκεφάλου, του ουκωτιού ή του εντέρου δεν αποκαλύπτει την εξειδικευμένη δραστικότητα του DNA του κυττάρου του αυγού, όταν μεταφυτεύεται σ' ένα κύτταρο αυγού;

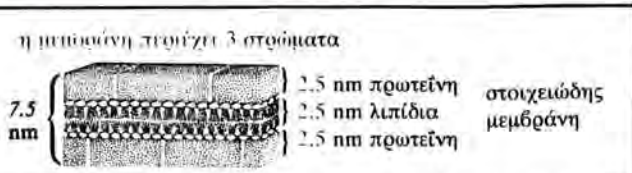
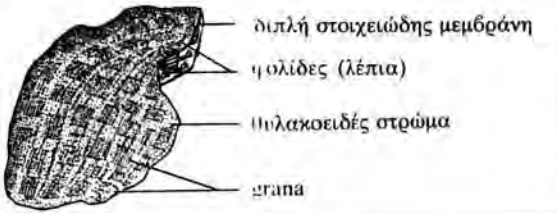
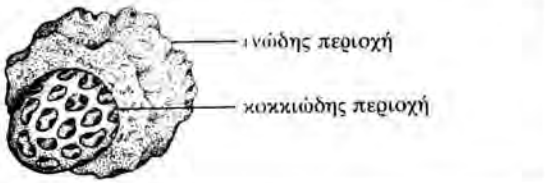
Οι γενετιστές έχουν προτείνει μοντέλα, που εξηγούν πώς τα γονίδια στο DNA των χρωματοσωμάτων ενεργοποιούνται και ανενεργοποιούνται. Σ'αυτά τα μοντέλα εμφανίζονται λέξεις, όπως ***υποδοχέας*** και ***τελεστής,*** μαζί με λέξεις που υπονοούν «ενεργοποίηση», όπως ***ενεργοποιητής*** και ***επαγωγέας*** και λέξεις που υπονοούν «απενεργοποίηση», όπως ***παρεμποδιστής, καταστολέας*** και ***αναστολέας.*** Τα μοντέλα βοηθούν πολύ στο να προτείνουν πειράματα, που θα διασαφηνίσουν κάποιες από τις απαντήσεις.

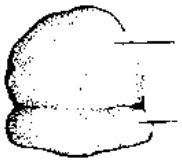
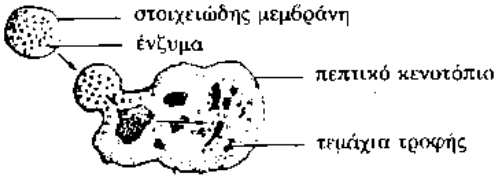
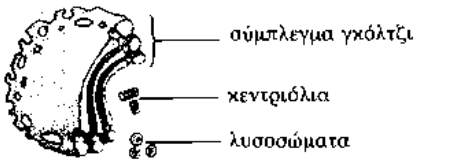
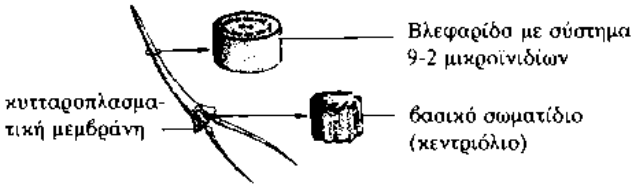
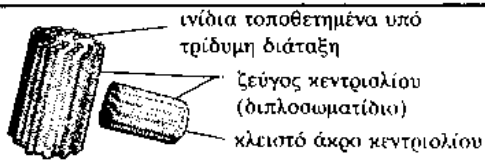
Μία από τις απαντήσεις που έχει μέχρι σήμερα μερικώς απαντηθεί είναι πολύ ενδιαφέρουσα. Εξηγεί γιατί μερικά τμήματα του DNA ή μηνύματα στα χρωματοσώματα επαναλαμβάνονται περιοδικά, ενώ άλλα εμφανίζονται μόνο μία φορά. Αυτά που επαναλαμβάνονται βρίσκονται δίπλα στα άλλα που εμφανίζονται μόνο μία φορά. Όσα τμήματα επαναλαμβάνονται λίγες φορές, αποδείχθηκε ότι είναι τελεστές. Είναι θέσεις συνδέσεως, όπου τα στεροειδή μεταφέρονται με τις πρωτεΐνες-υποδοχείς. Είναι οι θέσεις, στις οποίες δρουν και τα στεροειδή και οι ιστόνες. Με τη βοήθεια των ενζύμων, οι τελεστές αυτοί μπορούν να διαβάσουν τα μηνύματα του διπλανού γονιδίου – τα μηνύματα που εμφανίζονται μόνο μία φορά. Αν τα στεροειδή είναι παρόντα, οι τελεστές διαβάζουν τα μηνύματα των γειτόνων τους και προκαλούν τη σύνθεση ειδικών πρωτεϊνών. Αν τα στεροειδή δεν είναι παρόντα, αλλά είναι οι ιστόνες που αλληλεπιδρούν με τους τελεστές, τα διπλανά γονίδια δεν διαβάζονται. Ανάλογα με το είδος των στεροειδών, των υποδοχέων και των ιστόνων που είναι παρόντα, διαφορετικά γονίδια ενεργοποιούνται ή παραμένουν ανενεργά. Με τον τρόπο αυτό διαφορετικά είδη κυττάρων δημιουργούνται και διατηρούνται, ανάλογα με τα γονίδια που έχουν ενεργοποιηθεί.

Το επαναλαμβανόμενο ή το τμήμα-τελεστής στο DNA μαζί με το μη επαναλαμβανόμενο γονίδιο ή γονίδια που βρίσκονται δίπλα, καλείται ***οπερόνιο,*** που δείχνει ότι λειτουργεί σαν μονάδα παρουσία του υποδοχέα με το στεροειδές του – και παρουσία ενζύμων. Για πολλά πειράματα με οπερόνια θα πληροφορηθείτε από τις εφημερίδες και τα επιστημονικά περιοδικά στα ερχόμενα χρόνια.

Τα κυτοχρώματα μπορούν να μεταφέρουν ένα ηλεκτρόνιο τη φορά, ενώ το NAD και η φλαβινοπρωτεΐνη μπορούν να μεταφέρουν 2 ηλεκτρόνια (πρωτόνια) τη φορά. Γι' αυτό το λόγο απαιτούνται δύο μόρια κυτοχρώματος για τη μεταφορά ενός ζεύγους ηλεκτρονίων.

10-Α-1 Δομή γενικευμένου ευκαρυωτικού κυττάρου

όνομα και διαστάσεις περίπου	γενική περιγραφή	λειτουργίες και δραστηριότητες
πλασματική (ή κυτταρική) μεμβράνη πάχος 7,5 nm (σελίδα 110)		Χρησιμεύει ως περίβλημα του κυττάρου· επιτελεί την ενεργό μεταφορά· επιλέγει τα προς είσοδο και έξοδο μόρια· διαβιβάζει νευρικές ώσεις· σχηματίζει εγκολπώσεις, που περιβάλλουν σωματίδια· το κυτταρικό τοίχωμα χρησιμεύει ως ερειστικό και προστατευτικό περίβλημα χωρίς όμως να έχει ιδιότητες έμβιας ή ικανής προς επιλογή κυτταρικής δομής.
πυρήνας 5-10 μm (σελίδα 200)		Περιέχει το μεγαλύτερο μέρος των γενετικών πληροφοριών του κυττάρου· το DNA της χρωματίνης περιέχει τον κώδικα για τον καθορισμό της πρωτεϊνικής συνθέσεως· συνθέτει αγγελιοφόρο – RNA· η χρωματίνη ελικώνεται και συστέλλεται, ώστε να αποτελέσει χρωματοσώματα κατά τη μίτωση· ο πυρηνικός φάκελος είναι δυνατό να σχηματισθεί από ενδοπλασματικό δίκτυο· ο πυρηνίσκος περιγράφεται πιο κάτω.
χλωροπλάστες μήκος 2,5 μm πάχος 0,5-1 μm (σελίδα 128)		Πλήρεις κύκλοι (αντιδράσεων φωτός και σκότους) φωτοσυνθέσεως· περιέχουν μικρές ποσότητες DNA και RNA· η χλωροφύλλη και τα κατοτινοειδή βρίσκονται στα θυλακοειδή και τα grana, όπου αντιδράσεις φωτός παράγουν ATP, $NADPH_2$ και O_2· η προσήλωση του CO_2 και οι αντιδράσεις σκότους γίνονται στο στρώμα· συστέλλονται και εκτείνονται.
μιτοχόνδρια μήκος 3-10 μm πάχος 0,5-1 μm (σελίδα 147)		Ο κύκλος του Κρεμπς (αερόβια αναπνοή) γίνεται μάλλον μεταξύ των δύο στοιχειωδών μεμβρανών· το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρονίων πιθανώς λειτουργεί μέσα στα στοιβαγμένα στοιχειώδη σώματα: 300-800 μιτοχόνδρια ανά κύτταρο· τα μιτοχόνδρια αποτελούνται κατά 3/4 από πρωτεΐνη, 1/4 λιπίδια και μικρά ποσά DNA και RNA· τα μιτοχόνδρια περιέχουν τουλάχιστον 70 ένζυμα· συστέλλονται και εκτείνονται.
πυρηνίσκος διάμετρος 2-5 μm (σελίδα 200)		Ο πυρηνίσκος δεν περιβάλλεται από μεμβράνη· πιθανή θέση συνθέσεως και συγκροτήσεως των ριβοσωμάτων και του μεταφορικού RNA· κατά το μεγαλύτερο μέρος πρωτεΐνες και περίπου 5% RNA· οι πυρηνίσκοι δημιουργούνται από ορισμένα χρωματοσώματα· από κανένας έως 20 ανά κύτταρο.

ριβοσώματα διάμετρος 14-18 nm (σελίδα 179)		Περιέχει περίπου 40% RNA και 60% πρωτεΐνη παράγονται από τον πυρηνίσκο· αποτελούνται από δύο μέρη, που συμμετέχουν στην πρωτεϊνοσύνθεση· τα ριβοσώματα υπάρχουν επίσης και στα προκαρυωτικά κύτταρα, τους πυρήνες, τους χλωροπλάστες και τα μιτοχόνδρια· εμφανίζονται κατά ομάδες, που ονομάζονται πολυσώματα.
λυσοσώματα 250-500 nm (σελίδα 400)		Περιέχουν ένζυμα, που δρουν στο RNA, στο DNA, στα πολυπεπτίδια (καθεψίνη), στα γαλακτοσίδια και σε άλλα συστατικά· τα λυσοσώματα συνενώνονται με κενοτόπια, που περιέχουν τεμάχια τροφής, τα οποία έχει εγκλείσει το κύτταρο και τα οποία πέπτονται από τα λυσοσώματα· είναι διαδεδομένα στο ήπαρ, στη σπλήνα, τα λευκοκύτταρα· δεν παρουσιάζονται στα φυτικά κύτταρα.
ενδοπλασματικό δίκτυο (ΕΔ) διάμετρος 5-6 nm (σελίδα 200)		Ένα σύστημα σωληνοειδών (στρογγυλών ή πεπλατυσμένων), μεμβρανών, που βρίσκεται στο κυτταρόπλασμα· κοκκιώδες ΕΔ βρίσκεται όπου γίνεται πρωτεϊνοσύνθεση· το ΕΔ πιθανώς χρησιμεύει ως σύστημα αποθηκεύσεως και κυκλοφορίας· ένζυμα που σχηματίζονται στα ριβοσώματα εισέρχονται στην κοιλότητα του ΕΔ και εκκρίνονται από τα κύτταρα ως συνεκκρίματα ενζύμων (ζυμογόνα)· το αγγελιοφόρο RNA διακινείται από τον πυρήνα προς τα ριβοσώματα μέσω του ΕΔ.
σύμπλεγμα γκόλτζι διάμετρος 20-40 nm (σελίδα 200)		Βρίσκονται κοντά στην πυρηνική μεμβράνη και στα κεντριόλια· το σύμπλεγμα είναι πιο ανεπτυγμένο σε κύτταρα που συνθέτουν· ένα κύτταρο είναι δυνατό να περιέχει ένα ή περισσότερα συμπλέγματα γκόλτζι· πιθανή πηγή σχηματισμού λυσοσωμάτων με περιβολή διά μεμβράνης ενζύμων, που δημιουργούνται από τα ριβοσώματα· ίσως παράγουν και εκκρίνουν μη πρωτεϊνικές ουσίες.
βλεφαρίδες και μαστίγια διάμετρος 200 μm, μήκος 10-150 μm (σελίδα 209)		Τα μαστίγια είναι βλεφαρίδες μεγάλου μήκους· καθένα περιέχει περιμετρικώς 9 ζεύγη μικροϊνιδίων και δύο στο κέντρο· ο ίδιος τρόπος κατασκευής παρουσιάζεται σε σπερματικά κύτταρα φυτών, σε πρώτιστα, σε μετάζωα.
κεντριόλιο διάμετρος 150 nm, μήκος 500 nm, (σελίδα 209)		Περιέχουν, ίσως 50% πρωτεΐνη, 5% σάκχαρα, 5% λιπίδια, 2% RNA και 3% DNA· τα κεντριόλια προέρχονται από μιτοχόνδρια· τα κεντριόλια και τα βασικά σωματίδια των μαστιγίων είναι πανομοιότυπα· τα κεντριόλια κατά τη μεσόφαση παρατηρούνται σε ζεύγη· τα κεντριόλια, στα πρώτιστα και στα μετάζωα, βρίσκονται κατά τη μίτωση στους πόλους της ατράκτου.





Εικόνα 11-Α-1 *Το φυτό Γιούκα (αριστερά) και η πεταλούδα Προνούμπα αλληλοεξαρτώνται ως προς την επιβίωσή τους. Το θήλυ άτομο πεταλούδας (δεξιά) αποθέτει τα ωά του στην ωοθήκη του άνθους, όπου θα αναπτυχθούν. Συγχρόνως μεταφέρει στο άνθος και γυρεόκοκκους από άλλο άνθος Γιούκα στο οποίο γονιμοποιήθηκε. Συμπιέζει μέρος των γυρεοκόκκων στο στίγμα του άνθους όπου εναποθέτει τα ωά της. Το πρότυπο αυτό συμπεριφοράς εξασφαλίζει την ανάπτυξη και των σπερμάτων του φυτού και των προνυμφών της πεταλούδας.*

11-Α
Η επικονίαση με έντομα βοηθά τη γονιμοποίηση

Παρά το ότι τα άνθη πολλών φυτών έχουν και άρρενα και θήλεα όργανα, τα περισσότερα είδη φυτών έχουν αναπτύξει τρόπους σταυρεπικονιάσεως. Η σταυρεπικονίαση προσδίδει μεγαλύτερη γενετική ποικιλότητα και αποτελεί ένα ακόμη βήμα στην εξέλιξη της αμφιγονικής αναπαραγωγής.

Τα έντομα είναι συχνά οι φορείς, που μεταφέρουν τη γύρη από ένα φυτό στο άλλο. Τα απολιθώματα μάλιστα υποδεικνύουν ότι τα ανθοφόρα φυτά εξελίχθηκαν παράλληλα προς τα έντομα. Τα πιο εντυπωσιακά χαρακτηριστικά των ανθέων, όπως τα χρώματά τους, το άρωμά τους και τα ασυνήθη σχήματά τους, ίσως είναι εξελικτικές προσαρμογές προς προσέλκυση εντόμων. Η επικονίαση από έντομα φαίνεται ότι αυξάνει τις πιθανότητες επιτυχημένης γονιμοποιήσεως. Σε ορισμένες περιπτώσεις η προσαρμογή του φυτού και του εντόμου είναι εξαιρετικά εξειδικευμένη. Ένα και μοναδικό είδος εντόμων είναι δυνατό να είναι υπεύθυνο ή κυρίως υπεύθυνο για την επικονίαση ενός και μόνο είδους φυτού. Ένα από τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα παρόμοιας αλληλοεξαρτήσεως είναι η περίπτωση του φυτού *Γιούκα* και της πεταλούδας *Προνούμπα* (εικόνα 11-Α-1).

Όταν τα άνθη της γιούκα ανοίγουν, οι μικρές πεταλούδες *Προνούμπα*, οι οποίες προσελκύονται προφανώς από το άρωμα των ανθέων, πετούν προς τα άνθη και διασταυρώνονται. Μετά τη διασταύρωση τα θήλεα άτομα της πεταλούδας συλλέγουν τη γύρη από τους ανθήρες των ανθέων και τη συμμαζεύουν, ώστε να σχηματισθεί μία σφαίρα. Ύστερα πετούν προς ένα άλλο φυτό *Γιούκα*, διατρυπούν την ωοθήκη ενός άνθους και εναποθέτουν τα γονιμοποιημένα ωά τους μέσα σ' αυτή. Κατόπιν προχωρούν προς το άνω μέρος του ύπερου του ίδιου άνθους και συμπιέζουν μέρος της γύρεως επάνω στον ύπερο. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται, έως ότου έχουν εναποτεθεί αρκετά ωά και ο ύπερος είναι γεμάτος γύρη. Λίγο αργότερα, μέ-

σα στην ωοθήκη της *Γιούκα* από τα ωά της πεταλούδας εκκολάπτονται νεαρές προνύμφες. Στην περίπτωση αυτή ούτε ο κύκλος του φυτού *Γιούκα* ούτε ο κύκλος της πεταλούδας *Προνούμπα* είναι δυνατόν να ολοκληρωθούν ο ένας χωρίς τον άλλο. Σε μία περιοχή όπου από τυχαίο γεγονός καταστράφηκαν οι πεταλούδες *Προνούμπα* από ένα χημικό συστατικό, τα φυτά *Γιούκα* που εξετάσθηκαν βρέθηκε ότι δεν είχαν γονιμοποιηθεί και ότι δεν είχαν δημιουργήσει σπέρματα. Η περίπτωση αυτή είναι ενδεικτική της αλληλοεξαρτήσεως δύο ειδών οργανισμών. Η ειδική αυτή σχέση δεν αποκλείει την περίπτωση και άλλα έντομα να προσελκύονται από τα φυτά *Γιούκα*. Είναι λογικό να υποθέσομε ότι η πιθανότητα αυτή είναι αρκετά υψηλή.

13-Α
Δείγματα των σημειώσεων του Μέντελ

Χαρακτηριστικό	Επικρατές	Υπολειπόμενο
σχήμα σπέρματος	ΛΕΙΟ	συρρικνωμένο
χρώμα σπέρματος (κοτυληδόνων)	ΚΙΤΡΙΝΟ	πράσινο
χρώμα περιβλήματος	ΕΓΧΡΩΜΟ	λευκό
σχήμα ποδίσκου	ΛΕΙΟΣ	συρρικνωμένος
χρώμα ποδίσκου	ΠΡΑΣΙΝΟ	κίτρινο
θέση άνθους	ΠΛΕΥΡΙΚΗ	ακραία
μήκος βλαστού	ΜΑΚΡΥΣ	κοντός

Πίνακας 13-Α-1 Σε πρόδρομα πειράματα ο Μέντελ βρήκε ότι σε κάθε ένα ζεύγος αντιθέτων χαρακτηριστικών το ένα είναι επικρατές και το άλλο υπολειπόμενο.

P_1 διασταύρωση	F_1 φυτά	F_1 φυτά αυτο-επικονιασθέντα	F_2 φυτά	Αναλογία
λεία × συρρικνωμένα σπέρματα	όλα λεία	λεία × λεία	5474 λεία 1850 συρρικνωμένα 7324 σύνολο	2,96 : 1
κίτρινα × πράσινα σπέρματα (κοτυληδόνες κίτρινοι)	όλα	κίτρινα × κίτρινα	6022 κίτρινα 2001 πράσινα 8023 σύνολο	3,01 : 1
έγχρωμα × λευκά περιβλήματα σπερμάτων	όλα έγχρωμα	έγχρωμα × έγχρωμα	705 έγχρωμα 224 λευκά 929 σύνολο	3,15 : 1
λείοι × συρρικνωμένοι ποδίσκοι	όλοι λείοι	λείοι × λείοι	882 λείοι 299 συρρικνωμένοι 1181 σύνολο	
πράσινοι × κίτρινοι ποδίσκοι	όλοι πράσινοι	πράσινοι × πράσινοι	428 πράσινοι 152 κίτρινοι 580 σύνολο	2,82 : 1
πλευρικά × ακραία άνθη	όλα πλευρικά	πλευρικά × πλευρικά	651 πλευρικά 207 ακραία 858 σύνολο	3,14 : 1
μακρείς × κοντοί βλαστοί	όλοι μακρείς	μακρείς × μακρείς	787 μακρείς 277 κοντοί 1064 σύνολο	2,84 : 1

Πίνακας 13-Α-2 Τα αποτελέσματα πειραμάτων διασταυρώσεων του Μέντελ με φυτά που διέφεραν σε ένα και μόνο χαρακτηριστικό.

		Πιθανότητες γαμετών από ένα ΑαΒβ γονέα			
		1/4 **AB**	1/4 **Aβ**	1/4 **αB**	1/4 **αβ**
Πιθανότητες γαμετών από ένα άλλο ΑαΒβ γονέα	1/4 **AB**	1/16 AABB	1/16 AABβ	1/16 AαBB	1/16 AαBβ
	1/4 **Aβ**	1/16 AABβ	1/16 AAββ	1/16 AαBβ	1/16 Aαββ
	1/4 **αB**	1/16 AαBB	1/16 AαBβ	1/16 αaBB	1/16 αaBβ
	1/4 **αβ**	1/16 AαBβ	1/16 Aαββ	1/16 αaBβ	1/16 αaββ

Πίνακας 13-Α-3 Πιθανότητες F_2 γονοτύπων όταν και οι δύο F_1 γονείς είναι ετερόζυγοι για κάθε ένα από δύο χαρακτηριστικά.

Γονότυποι	Αντίστοιχοι φαινότυποι	Σύνολο φαινοτύπων
1/16 AABB	1/16 λείοι, κίτρινοι	
2/16 AABβ	2/16 λείοι, κίτρινοι	9/16 λείοι, κίτρινοι
2/16 AαBB	2/16 λείοι, κίτρινοι	
4/16 AαBβ	4/16 λείοι, κίτρινοι	
2/16 Aαββ	2/16 συρρικνωμένοι, κίτρινοι	3/16 συρρικνωμένοι, κίτρινοι
1/16 αaBB	1/16 συρρικνωμένοι, κίτρινοι	
2/16 Aαββ	2/16 λείοι, πράσινοι	3/16 λείοι, πράσινοι
1/16 AAββ	1/16 λείοι, πράσινοι	
1/16 αaββ	1/16 συρρικνωμένοι, πράσινοι	1/16 συρρικνωμένοι, πράσινοι

Πίνακας 13-Α-4 Περίληψη των F_2 γονοτύπων και φαινοτύπων όταν οι F_1 γονείς είναι ετερόζυγοι για κάθε ένα από δύο χαρακτηριστικά.

14-Α
Η θεωρία του Σάττον

Το πρώτο βήμα στη συλλογιστική του Σάττον ήταν το εξής: Ο βιολογικός κρίκος μεταξύ γενιών πολυκυττάρων οργανισμών είναι από υλική άποψη πολύ μικρός. Αποτελείται από δύο πάρα πολύ μικρά κύτταρα, δηλαδή ένα μικρό άρρεν γαμετοκύτταρο από το άρρεν και ένα κάπως μεγαλύτερο κύτταρο ωαρίου από το θήλυ. Αφού τα γονίδια περνούν από τη μία γενιά στην άλλη θα πρέπει να εντοπίζονται κάπου μέσα στα άρρενα γαμετοκύτταρα (ή αρρένων γαμετών) και τα κύτταρα ωαρίων (ή θηλέων γαμετών).

Ο Σάττον συλλογίσθηκε ακόμη ότι, παρόλο ότι τα κύτταρα - ωάρια και τα γαμετοκύτταρα είναι διαφορετικά, φαίνεται να συνεισφέρουν εξίσου στον οργανισμό που σχηματίζεται. Ο Μέντελ είχε δώσει ήδη ενδείξεις γι' αυτό. Γύρη από μπιζέλια με λεία σπέρματα χρησιμοποιήθηκε για τη γονιμοποίηση μπιζελιών με συρρικνωμένα σπέρματα και γύρη από μπιζέλια με συρρικνωμένα σπέρματα χρησιμοποιήθηκε για τη γονιμοποίηση μπιζελιών με λεία σπέρματα. Θυμηθείτε, από τον πίνακα 13-Α-1, ότι τα λεία σπέρματα είναι επικρατή. Ο Μέντελ βρήκε ότι στους απογόνους που προέκυπταν η αναλογία λείων προς συρρικνωμένα σπέρματα ήταν πάντοτε η ίδια, χωρίς να επηρεάζεται από το ποιος γονέας είχε τους επικρατείς χαρακτήρες. Ο Μέντελ συμπέρανε σωστά ότι τα γονίδια που συνεισφέρουν το άρρεν γαμετοκύτταρο και τα ωάρια ήσαν εξίσου σπουδαία.

Υπόθεση συμπεριφοράς γονιδίων	Παρατηρήσεις συμπεριφοράς χρωματοσωμάτων
1. Οι γαμέτες έχουν το ήμισυ του αριθμού των γονιδίων, που έχουν τα σωματικά κύτταρα.	1. Οι γαμέτες έχουν το ήμισυ του αριθμού των χρωματοσωμάτων που έχουν τα σωματικά κύτταρα.
2. Τα ζεύγη γονιδίων διαχωρίζονται κατά τη δημιουργία γαμετών.	2. Τα ζεύγη χρωματοσωμάτων διαχωρίζονται κατά τη δημιουργία γαμετών.
3. Κατά τη γονιμοποίηση οι γαμέτες ενώνονται αποκαθιστώντας τον αρχικό αριθμό των γονιδίων.	3. Κατά τη γονιμοποίηση τα χρωματοσώματα ενώνονται αποκαθιστώντας τον αρχικό αριθμό των χρωματοσωμάτων.
4. Κάθε ένα γονίδιο παραμένει απαράλλακτο από την μία γενιά στην άλλη.	4. Κάθε ένα χρωματόσωμα διατηρεί τη δομή του από την μία γενεά στην άλλη.
5. Ο αριθμός των πιθανών συνδυασμών γονιδίων είναι δυνατό να υπολογισθεί.	5. Ο αριθμός των πιθανών συνδυασμών χρωματοσωμάτων είναι δυνατό να υπολογισθεί.

Πίνακας 14-Α-1 Μία περίληψη της θεωρίας του Σάττον, που δείχνει τις ομοιότητες μεταξύ της υποθέσεως της συμπεριφοράς των γονιδίων και των πραγματικών παρατηρήσεων των χρωματοσωμάτων. Οι ομοιότητες αυτές οδήγησαν τον Σάττον να προτείνει ότι τα γονίδια εδράζονται στα χρωματοσώματα.

Τώρα, συνέχισε ο Σάττον, αν η γενετική συνεισφορά του γαμετοκυττάρου και ωαρίου ήταν η ίδια, τότε τα γονίδια έπρεπε να εδράζονται στην ίδια θέση και στους δύο γαμέτες. Ποια θα μπορούσε να ήταν αυτή; Τα κύτταρα του άρρενα γαμετοκυττάρου (ή άρρενα γαμέτη) αποτελούνται σχεδόν εξ ολοκλήρου από πυρήνα με λίγη μόνο ποσότητα κυτταροπλάσματος. Ο πυρήνας του ωαρίου είναι πολύ όμοιος με τον πυρήνα του άρρενα γαμετοκυττάρου. Αλλά το κυτταρόπλασμα του ωαρίου είναι πολύ διαφορετικό από το κυτταρόπλασμα του άρρενα γαμετοκυττάρου. Λόγω των ομοιοτήτων του πυρήνα του ωαρίου και του σπέρματος και των διαφορών των κυτταροπλασμάτων τους, μπορείτε να συμπεράνετε, όπως συμπέρανε ο Σάττον, ότι τα γονίδια περιέχονται μάλλον στον πυρήνα.

Τα χρωματοσώματα βρίσκονται μέσα στον πυρήνα.

Προσεκτικές παρατηρήσεις έχουν αποδείξει ότι συμπεριφέρονται, όπως θα έπρεπε να συμπεριφέρονται τα γονίδια. Στον πίνακα 14-Α-1 η δραστηριότητα των χρωματοσωμάτων συγκρίνεται προς τη συμπεριφορά των υποθετικών παραγόντων του Μέντελ.

15-Α
Η αρχή των Χάρντι - Βάινμπεργκ

Η αρχή των Χάρντι - Βάινμπεργκ περιγράφει πληθυσμούς. Για την εφαρμογή της αρχής τους μπορείτε να αναφερθείτε στην παράγραφο 15-6: «Πώς προσδιορίζεται η συχνότητα ενός γονιδίου;».

1. Στο παράδειγμα οι αριθμοί 0,6 και 0,4 αναφέρονται στις συχνότητες των δύο αλληλομόρφων των τύπων M–N αίματος σε ολόκληρο τον πληθυσμό. Οι συχνότητες αυτές πρέπει να δίνουν σύνολο 1, γιατί αντιπροσωπεύουν το 100% του πληθυσμού. Γι' αυτό για κάθε ζεύγος αλληλομόρφων, όπου p είναι η συχνότητα τους ενός γονιδίου και q η συχνότητα του άλλου, $p + q = 1$. Συνήθως το γράμμα p χρησιμοποιείται για τη συχνότητα του επικρατούντος γονιδίου, αν παρουσιάζεται επικράτηση, και το γράμμα q συνήθως χρησιμεύει για το υπολειπόμενο γονίδιο. Στο παράδειγμα $p = 0,6$, $q = 0,4$ και $p + q = 1$ όπως ακριβώς και $0,6 + 0,4 = 1$.
2. Το παράδειγμα προϋποθέτει ότι τα γονιδιακά αποθέματα των αρρένων και θηλέων ατόμων συνδυάζονται τυχαία. Η συχνότητα των αλληλομόρφων στο κάθε ένα απόθεμα είναι η ίδια με τη συχνότητα των αλληλομόρφων στον πληθυσμό. Δηλαδή, το γονιδιακό απόθεμα των αρρένων παρουσιάζει p συχνότητα M αλληλομόρφων και q συχνότητα N αλληλομόρφων. Το γονιδιακό απόθεμα των θηλέων περιέχει τα αλληλόμορφα ακριβώς στις ίδιες αναλο-

		άρρενας γαμέτης γονιδιακού αποθέματος 0,6 M	0,4 N
θήλυς γαμέτης γονιδιακού αποθέματος	0,6 M	0,36 MM	0,24 MN
	0,4 M	0,24 MN	0,16 NN

		άρρενας γαμέτης γονιδιακού αποθέματος p	q
θήλυς γαμέτης γονιδιακού αποθέματος	p	pp	pq
	q	pq	qq

Πίνακας 15-Α-1 Γονιδιακή ανάλυση πληθυσμού με τα δεδομένα (αριστερά) και τους γενικευμένους αλγεβρικούς αριθμούς (δεξιά).

γίες. Γι' αυτό, γενικά, η αναλογία γονιδίων σε κάθε γενιά κατανέμεται στην επόμενη με τις αναλογίες που φαίνονται στον πίνακα 15-Α-1. Ο πίνακας απεικονίζει την κατανομή των τύπων M–N αίματος και σε ένα δεδομένο πληθυσμό και σε μία γενικευμένη μορφή. Γενικά, όπως δείχνει ο πίνακας, η συχνότητα των γονιδίων μεταξύ του πληθυσμού είναι pp + pq + pq + qp = 1. Συνενώνοντας τους όμοιους όρους η εξίσωση παίρνει τη μορφή $p^2 + 2pq + q^2 = 1$. Η εξίσωση αυτή αποτελεί τη γενικευμένη έκφραση της εξισώσεως 0,36 MM + 0,48 MN + 0,61 NN = 1.

3. Γνωρίζετε ήδη ότι p + q = 1 όπου p και q είναι οι συχνότητες των γονιδίων των δύο αλληλομόρφων σε ένα πληθυσμό. Γνωρίζετε επίσης ότι η εξίσωση $p^2 + 2\,pq + q^2$ αποδίδει τις συχνότητες των γονιδίων μεταξύ των απογόνων. Τώρα, ας βεβαιωθούμε ότι η συχνότητα των γονιδίων στον πληθυσμό θα παραμείνει σταθερή, εκτός αν μεταβληθεί από δυνάμεις μεταλλάξεων, μεταναστεύσεως ή επιλογής. Παρατηρήστε ξανά τον πίνακα 15-Α-1. Προσέξτε ότι και στη νέα γενιά θα υπάρχουν υπό την ίδια αναλογία τα p και q. Αυτό σημαίνει ότι οι αναλογίες των γονιδίων δεν αλλάζουν από τη μία γενιά στην επόμενη. Η αρχή των Χάρντι - Βάινμπεργκ της πληθυσμιακής γενετικής περιλαμβάνει τις ακόλουθες τρεις γενικεύσεις σχετικά με τις αναλογίες γονιδίων p και q: p + q = 1˙ δεύτερον $p^2 + 2\,pq + q^2 = 1$˙ και τρίτον, οι συχνότητες των γονιδίων παραμένουν σταθερές από τη μία γενιά στην επόμενη, αν δεν υπάρχουν μεταλλάξεις, επιλογή ή μετανάστευση.

Η πληθυσμιακή γενετική απαντά σε πολλές ερωτήσεις. Για παράδειγμα, περίπου 0,04% του πληθυσμού των Η.Π.Α. έχει κυστική ίνωση, δηλαδή την πιο διαδεδομένη γενετική ασθένεια. Με την κατάσταση αυτή συνδέεται ένα υπολειπόμενο γονίδιο. Μόνο άτομα με το ζεύγος των υπολειπομένων αλληλομόρφων γονιδίων εκδηλώνουν την ασθένεια. Πώς εφαρμόζεται η αρχή των Χάρντι - Βάινμπεργκ για τον προσδιορισμό της αναλογίας των ανθρώπων, που δεν φέρουν το υπολειπόμενο γονίδιο;

Στην περίπτωση αυτή τα άτομα με κυστική ίνωση αντιπροσωπεύονται από $q^2 = 0{,}0004$ (0,04%) και γι' αυτό $q^2 = 0{,}02$. Θυμηθείτε ότι p + q = 1. Αφού q = 0,02, τότε p = 0,98. Τότε 2 pq = 2 (0,98) (0,02), ή περίπου 4%. Αφού p = 0,98, $p^2 = 0{,}9604$.

Σε περίληψη:

p^2	+	2 pq	+	q^2
0,9604		0,0392		0,0004
μη-φορείς		φορείς		κυστική ίνωση

Προσθέτοντας 0,0392 και 0,0004 βλέπομε ότι περίπου το 4% του ολικού πληθυσμού φέρει τουλάχιστον ένα αλληλόμορφο για κυστική ίνωση. Περίπου το 96% του πληθυσμού είναι ελεύθερο από το αλληλόμορφο.

Αναμένεται λοιπόν ότι περίπου το 4% του πληθυσμού της επόμενης γενιάς θα έχει πάλι κυστική ίνωση. Αυτό προϋποθέτει φυσικά ότι δεν θα παρατηρηθούν σχετικές μεταλλάξεις και ότι δεν θα διακινηθούν άτομα προς ή από τον πληθυσμό. Παρά το ότι υπάρχει αρνητική επιλογή κατά των θυμάτων της κυστικής ινώσεως, αυτή αντισταθμίζεται από την πρώιμη διάγνωση και την κατάλληλη κλινική αγωγή. Γι' αυτό η αναλογία του υπολειπόμενου αλληλομόρφου στον πληθυσμό δεν επηρεάζεται.

15-Β
Το κριτήριο χι-τετράγωνο (χ^2)

Υποθέστε ότι μελετώντας ένας επιστήμονας μία επαναδιασταύρωση μεταξύ δύο ποικιλιών φυτών ντομάτας, αναμένει ότι οι μισοί απόγονοι θα έχουν πράσινα φύλλα και οι άλλοι μισοί κίτρινα. Η αναμενόμενη αυτή αναλογία βασίζεται στους νόμους του Μέντελ και ορισμένες προϋποθέσεις όσον αφορά στα γονίδια, που είναι υπεύθυνα για τη δημιουργία πρασίνων ή κιτρίνων φύλλων. Στο πείραμα όμως 671 από τα 1240 νεαρά φυτά, είχαν πράσινα φύλλα και 569 από τα 1240 κίτρινα. Είναι αυτή μία μικρή τυχαία διαφορά ή είναι αρκετά μεγάλη και άρα υπάρχει σημαντική απόκλιση από τους αναμενόμενους αριθμούς;

Οι επιστήμονες έχουν διαμορφώσει μία μέθοδο, για να προσδιορίζουν αν μία απόκλιση από τα αναμενόμενα πειραματικά αποτελέσματα είναι αρκετά μεγάλη, ώστε να θεωρείται σημαντική. Η μέθοδος αυτή ονομάζεται κριτήριο χι-τετράγωνο. Το κριτήριο αυτό περιλαμβάνει δύο στάδια: (1) Υπολογισμό της τιμής του χι-τετράγωνο για το συγκεκριμένο πείραμα και (2) προσδιορισμό της πιθανότητας ότι μία παρόμοια από απόψεως μεγέθους τιμή του χι-τετράγωνο είναι δυνατό να οφείλεται σε τυχαίο γεγονός.

Η τιμή του χι-τετράγωνο είναι ένα μέτρο της αποκλίσεως μεταξύ παρατηρουμένων και αναμενομένων πειραματικών αποτελεσμάτων. Σε μαθηματική συντομογραφία η τιμή αυτή υπολογίζεται ως εξής:

$$\chi^2 = \Sigma \frac{(\Pi - A)^2}{A}$$

όπου χ^2 συμβολίζει το χι-τετράγωνο, Σ το άθροισμα, Π τον παρατηρούμενο αριθμό και Α τον αναμενόμενο. Ας δούμε τώρα πώς χρησιμοποιείται ο τύπος αυτός για τον προσδιορισμό της τιμής του χι-τετράγωνο του πειράματος που περιγράφηκε. Στο πείραμα αυτό αναμενόταν 620 φυτά με πράσινα φύλλα και 620 με κίτρινα, αλλά παρατηρήθηκαν 671 με πράσινα φύλλα και 569 με κίτρινα. Δηλαδή:

$$\chi^2 = \frac{(671 - 620)^2}{620} + \frac{(569 - 620)^2}{620} =$$

$$= \frac{(51)^2}{620} + \frac{(-51)^2}{620} = \frac{2601 + 2601}{620} =$$

$$= \frac{5202}{620} = 8{,}4$$

Η τιμή του χι-τετράγωνο για το πείραμα αυτό είναι 8,4. Είναι αυτή η τιμή σημαντική;

Οι μαθηματικοί έχουν καταλήξει σε πίνακες, που δίνουν τη βάση, για να σταθμίσει κανείς, αν μία οποιαδήποτε τιμή του χι-τετράγωνο είναι μεγαλύτερη από εκείνη που αναμένεται τυχαία. Από τους πίνακες αυτούς οι βαθμοί πιθανότητας ορισμένων πιθανών τιμών χι-τετράγωνο έχουν υπολογισθεί και μερικές παρουσιάζονται στον πίνακα 15-Β-1. Αν συμβουλευθείτε τον πίνακα, θα δείτε ότι ένα χι-τετράγωνο 8,4 για μόνο δύο τάξεις (φυτά με πράσινα φύλλα και φυτά με κίτρινα φύλλα) είναι μεγαλύτερο από οποιαδήποτε τιμή καταχωρείται στον πίνακα. Αυτό σημαίνει ότι η πιθανότητα μία τόσο μεγάλη απόκλιση από τα αναμενόμενα αποτελέσματα να οφείλεται μόνο στην τύχη είναι μικρότερη από 1 στα 100. Συμβατικά, όταν η πιθανότητα μία απόκλιση να οφείλεται σε τυχαίο γεγονός είναι ίση ή μικρότερη από 5 στα 100, είναι αποδεκτό γενικά ότι η διαφορά είναι σημαντική. Αν μία διαφορά είναι αρκετά μεγάλη, ώστε να θεωρείται σημαντική, τότε είναι πιθανόν ότι παρεμβαίνουν κάποιοι παράγοντες διαφορετικοί από αυτούς, στους οποίους βασίσθηκαν τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Στην περίπτωση των φυτών ντομάτας με πράσινα και κίτρινα φύλλα, για παράδειγμα, βρέθηκε ότι βλάσταιναν και επιβίωναν λιγότερα φυτά με κίτρινα φύλλα, γιατί ήταν λιγότερο ανθεκτικά από τα φυτά με πράσινα φύλλα.

Πώς εφαρμόζεται το κριτήριο χι-τετράγωνο σε πειραματικά αποτελέσματα, που περιλαμβάνουν περισσότερες από δύο τάξεις αντικειμένων ή καταστάσεων; Υποθέστε, για παράδειγμα, ότι ένας επιστήμονας έχει διασταυρώσει δειλινά με ροδόχονα άνθη και πήρε 236 απογόνους. Σύμφωνα με τους νόμους του Μέντελ οι απόγονοι αναμένεται να έχουν άνθη ερυθρά, ροδόχροα και λευκά σε αναλογία 1:2:1. Σε 236 απογόνους αναμένονται 59 με ερυθρά, 118 με ροδόχροα και 59 με λευκά

Αριθμός τάξεων	Τιμές χ^2 (πειραματική απόκλιση)							
2	0,0002	0,004	0,455	1,074	1,642	2,706	3,841	6,635
3	0,020	0,103	1,386	2,408	3,219	4,605	5,991	9,210
4	0,115	0,352	2,366	3,665	4,642	6,251	7,815	11,345
Αριθμός περιπτώσεων ανά εκατό που το τυχαίο θα ήταν αιτία της αποκλίσεως	99	95	50	30	20	10	5	1

Πίνακας 15-Β-1 Σημαντικότητα μερικών τιμών χι-τετραγώνου.

άνθη. Τα αποτελέσματα όμως ήταν 66 ερυθρά, 115 ροδόχροα και 55 λευκά. Το κριτήριο χι-τετράγωνο εφαρμόζεται ως εξής:

$$\chi^2 = \frac{(66-59)^2}{59} + \frac{(115-118)^2}{118} + \frac{(55-59)^2}{59} =$$

$$= \frac{49}{59} + \frac{9}{118} + \frac{16}{59} = \frac{98+9+32}{118} =$$

$$= \frac{139}{118} = 1{,}18$$

Συμβουλευόμενοι τον πίνακα βλέπομε ότι η τιμή του χι-τετράγωνο 1,18 για τρεις τάξεις είναι πραγματικά πολύ μικρή. Μεταξύ 50 και 95 φορές στις 100 η τιμή αυτή οφείλεται στην τύχη και μόνο.

Ο πειραματιστής συμπεραίνει λοιπόν ότι τα παρατηρηθέντα αποτελέσματα συμφωνούν με τα αναμενόμενα.

17-Α
Άνοιγμα και κλείσιμο στομάτων

Έχουν περάσει πολλά χρόνια από τότε που παρατηρήθηκε ότι τα στόματα είναι συνήθως κλειστά το βράδυ και ότι ανοίγουν λίγο μετά την ανατολή του ηλίου. Κάτω από ορισμένες συνθήκες τα στόματα κλείνουν επίσης κατά την ημέρα, ειδικότερα αργά το απόγευμα. Έχει βρεθεί ότι το άνοιγμα και το κλείσιμο των στομάτων εξαρτάται από το σχηματισμό διοξειδίου του άνθρακα και τους υδρατμούς. Καθώς το φως πέφτει επάνω στα φύλλα το πρωί, αρχίζει η φωτοσύνθεση. Το διοξείδιο του άνθρακα χρησιμοποιείται από τα φύλλα στη φωτοσύνθεση. Αυτό οδηγεί σε μείωση των αποθεμάτων διοξειδίου του άνθρακα προς σχηματισμό ανθρακικού οξέος και ως εκ τούτου σε μείωση της συγκεντρώσεως ανθρακικού οξέος και ακολούθως σε αύξηση του pH. Η αύξηση του pH ευνοεί τη μετατροπή του αμύλου σε σάκχαρα στα καταφρακτικά κύτταρα των στομάτων. Με τη μετατροπή κάθε αδιάλυτου μορίου αμύλου σε πολλά διαλυμένα μόρια σακχάρου ο αριθμός των σωματιδίων στο διάλυμα αυξάνει πολύ. Αυτό μειώνει τη συγκέντρωση του νερού στα καταφρακτικά κύτταρα και το νερό εισέρχεται διά οσμώσεως από τα γειτονικά κύτταρα στα καταφρακτικά κύτταρα. Με την αύξηση αυτή της πιέσεως τα στόματα ανοίγουν.

Καθώς η ένταση του φωτός μειώνεται όσο προχωρεί η ημέρα παρατηρείται το αντίστροφο. Λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα χρησιμοποιείται στη φωτοσύνθεση· αυξάνει η συγκέντρωση ανθρακικού οξέος που ακολούθως ελαττώνει το pH . Το μικρότερο pH ευνοεί τη μετατροπή πολλών διαλυτών μορίων σακχάρου σε λιγότερα αδιάλυτα μόρια αμύλου. Αυτό οδηγεί σε αύξηση της συγκεντρώσεως του νερού στα καταφρακτικά κύτταρα. Το νερό διακινείται μέσω οσμώσεως από τα καταφρακτικά κύτταρα στα γειτονικά κύτταρα μειώνοντας την πίεση στα καταφρακτικά κύτταρα. Η μειωμένη πίεση οδηγεί σε ευθυγράμμιση των καταφρακτικών κυττάρων και κλείσιμο των στομάτων.

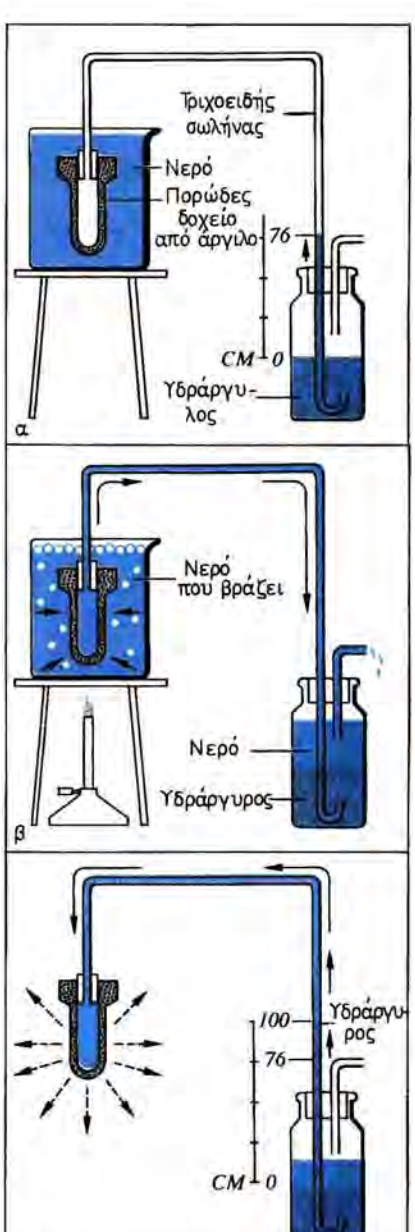
17-Β
Απολιθωμένα ευρήματα αναπτύξεως ριζών

Στις αρχές του 20ού αιώνα ένας Γάλλος

βοτανικός έκανε την υπόθεση ότι είναι πιθανό μία από τις πλευρικές διακλαδώσεις ενός πρωτόγονου κυανοφύκους να κάμφθηκε και να εισχώρησε στο έδαφος. Ερευνήθηκαν τα γνωστά απολιθώματα για συλλογή ενδείξεων υπάρξεως πρωτογόνων χερσαίων φυτών με παρόμοιο σύστημα στηρίξεως και προσροφήσεως. Βρέθηκαν αρκετά απολιθωμένα είδη με τέτοια συστήματα. Στην εικόνα 17-2 αριστερά φαίνεται η αναπαράσταση ενός τέτοιου απλού στην κατασκευή φυτού. Ένα άλλο απολίθωμα φυτού με περισσότερο ανεπτυγμένο ριζόμορφο σύστημα φαίνεται στην εικόνα 17-2 δεξιά. Πιθανώς ούτε το ένα ούτε το άλλο ήταν ο πραγματικός πρόγονος των σημερινών πρασίνων φυτών. Είναι όμως παραδείγματα των πιθανών πρώτων χερσαίων φυτών, προγόνων των σημερινών.

17-Γ
Το πείραμα του Μπωμ για συνοχή-υποπίεση

Ο Ιωσήφ Μπωμ, ένας Αυστριακός βοτανικός του 19ου αιώνα, έκανε ένα πείραμα χρησιμοποιώντας μηχανικά εξαρτήματα απομιμούμενα το κυκλοφορικό σύστημα του ξυλώματος ενός δένδρου. Η εικόνα 17-Γ-1 δείχνει τα αναγκαία στοιχεία του πειράματος του Μπωμ. Σημείωσε ιδιαιτέρως ότι, αν μία φυσαλίδα εμφανισθεί οπουδήποτε στο σύστημα και θραύσει τη συνεχή στήλη του νερού, η



Εικόνα 17-Γ-1 *Το πείραμα του Μπωμ δείχνει πώς οι δυνάμεις συνοχής και υποπιέσεως διακινούν προς τα πάνω το νερό μέσα στο ξύλωμα ενός δένδρου.*

(α) Πορώδες δοχείο από αργίλιο βυθίζεται μέσα στο νερό και συνδέεται με μία φιάλη με υδράργυρο. Προσέξτε το ύψος του υδραργύρου στο σωλήνα.

(β) Το νερό που βράζει εξωθείται μέσω των τοιχωμάτων του δοχείου και του σωλήνα προς τη φιάλη υδραργύρου. Το νερό περνά υπό μορφή φυσαλίδων μέσα από τον υδράργυρο και εξέρχεται από ένα άνοιγμα. Με τον τρόπο αυτό σχηματίζεται μία συνεχής στήλη νερού, που οδηγεί όλο τον αέρα έξω από το σύστημα.

(γ) Όταν το ποτήρι ζέσεως αφαιρείται, το νερό στο πορώδες δοχείο αργίλου εξατμίζεται μέσω των πόρων με αποτέλεσμα το νερό στο γυάλινο σωλήνα να κινείται προς την αντίθετη κατεύθυνση. Καθώς κινείται, έλκει τον υδράργυρο μέχρι ενός ύψους 100 εκατοστών. Αν όμως σχηματισθεί μία φυσαλίδα αέρα κάπου στο σύστημα, ο υδράργυρος πέφτει πάλι στο κανονικό ύψος των 76 εκατοστών.

στήλη του υδραργύρου θα πέσει πάλι στα 76 εκατοστά, δηλαδή στο ύψος της υπό κανονικές συνθήκες ατμοσφαιρικής πιέσεως.

Οι δυνάμεις που συγκρατούν τα μόρια του νερού μεταξύ τους (οι δυνάμεις συνοχής) είναι τέσσερις με πέντε φορές πιο μεγάλες από τις δυνάμεις που απαιτούνται για τη διακίνηση του νερού προς τα επάνω μέσα στο ξύλωμα.

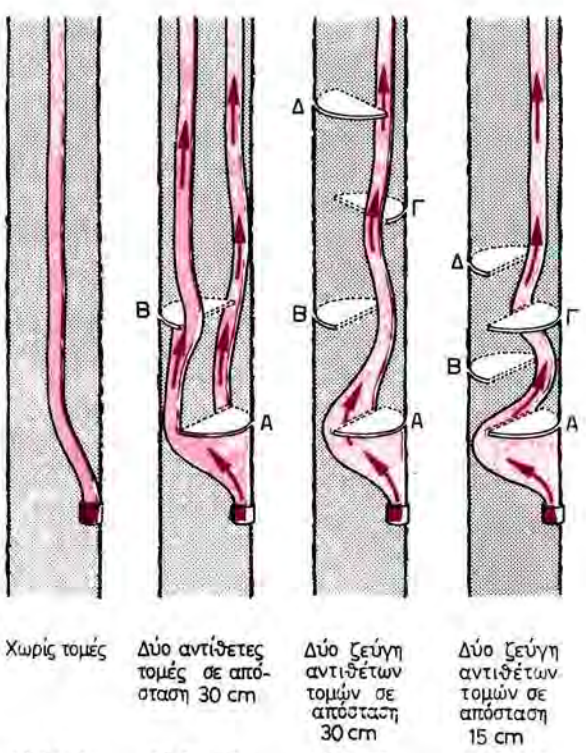
17-Δ
Πειράματα με ραδιοϊσότοπα των Πόστλθβαϊτ και Ρότζερς

Το πείραμα του Μπωμ έδειξε ότι, αν εμφανιζόταν μία φυσαλίδα αέρα στο κυκλοφορικό σύστημα του ξυλώματος του φυτού, τότε οι δυνάμεις συνοχής-υποπιέσεως χάνονταν. Ο Σ.Ν. Πόστλθβαϊτ και ο Μπ. Τζ. Ρότζερς του πανεπιστημίου Πέρντιου εισήγαγαν με ένεση ραδιενεργό φώσφορο (P^{32}) σε διάφορα δένδρα και παρακολούθησαν την κίνηση του φωσφόρου, καθώς μεταφερόταν προς τα επάνω με το νερό μέσω των τραχεϊδών και των αγγείων. Η εικόνα 17-Δ-1 δείχνει τα αποτελέσματα ορισμένων από τα πειράματα αυτά.

Στο δένδρο 1 το ισότοπο κινείται κατευθείαν προς τα επάνω. Στο δένδρο 2, όπου το ξύλωμα έχει επίτηδες υποστεί βλάβες με δύο αντίθετες τομές (Α και Β) περίπου 30 εκατοστά μακριά η μία από την άλλη, το ισότοπο διακινήθηκε παρακάμπτοντας τις άκρες της πρώτης τομής και με μία ελαφρώς ελικοειδή μετατόπιση κινήθηκε προς το επάνω μέρος του δένδρου.

Στο δένδρο 3 με δύο ζεύγη αντιθέτων τομών στο ξύλωμα (οι τομές Γ και Δ σε γωνία 90° ως προς τις Α και Β), ο φωσφόρος κινήθηκε παρακάμπτοντας την τομή Α από αριστερά. Κατόπιν συνέχισε την ανοδική κίνηση παρακάμπτοντας τις άκρες των τομών.

Στο δένδρο 4 με δύο ζεύγη τομών ομοίων προς αυτές του δένδρου 3 αλλά μόνο σε απόσταση 15 εκατοστών, ο φωσφόρος κινήθηκε πάλι προς τα αριστερά της τομής Α. Κατόπιν παρέκαμψε ελικοειδώς τις άκρες των τομών Β, Γ και Δ.

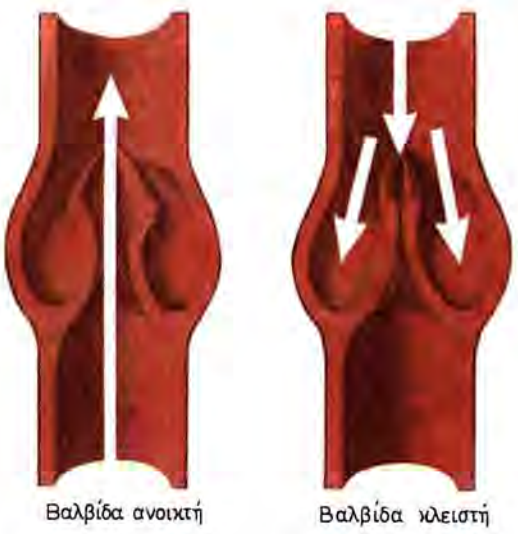


Εικόνα 17-Δ-1 *Διάγραμμα των πειραμάτων των Πόστλθβαϊς και Ρότζερς, που δείχνει την ανοδική κίνηση του νερού σε τραυματισμένα πειραματικώς δένδρα.*

Από τα πειράματα των Πόστλθβαϊς και Ρότζερς φαίνεται ότι η ανοδική κίνηση του νερού είναι πιο περίπλοκη από ό,τι η απλή στήλη κάθε σωλήνα του ξυλώματος, που υποδείκνυαν τα αποτέλεσματα των πειραμάτων του Μπωμ. Πώς κινείται το νερό παρακάμπτοντας τις τομές στις τραχεΐδες και τα αγγεία;

17-Ε
Μία πρακτική εφαρμογή

Μία ενδιαφέρουσα εφαρμογή της γνώσεως ότι το φλοίωμα διακινεί τις θρεπτικές ουσίες στα φυτά είναι η πρακτική της περιμετρικής τομής των κλάδων δένδρων. Με την περιμετρική αυτή τομή απομακρύνεται ο φλοιός και τα αγγεία του φλοιώματος μέχρι και τη ζώνη του καμβίου. Καθώς τα θρεπτικά συστατικά που παράγονται στα φύλλα δεν μπορούν να διακινηθούν πέρα από την τομή, διακινούνται προς τα φρούτα, που αναπτύσσονται στα κλαδιά. Τα φρούτα αυτά γίνονται εξαιρετικά μεγάλα. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται συχνά για την παραγωγή φρούτων εξαιρετικού μεγέθους και ποιότητας. Μπορείτε να σκεφθείτε και άλλες περιπτώσεις, όπου είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί η τεχνική αυτή;



Εικόνα 17-Ζ-1 *Οι βαλβίδες των φλεβών λειτουργούν όπως οι πόρτες μιας διώρυγας, ανοίγοντας και κλείνοντας προς ρύθμιση της ροής του αίματος προς την καρδιά. Σημειώστε ότι η πίεση του αίματος τείνει να συγκρατεί τις βαλβίδες κλειστές, έως ότου η πρόσθετη πίεση του αίματος από την άλλη πλευρά ανοίξει τη βαλβίδα.*

17-Ζ
Ο Γουλιέλμος Χάρβεϊ ανακαλύπτει ότι το αίμα κυκλοφορεί

Δεν ήταν ανέκαθεν γνωστό ότι το αίμα κυκλοφορεί διαρκώς μέσα στο σώμα. Ο Γουλιέλμος Χάρβεϊ είχε σπουδάσει ιατρική και γενικότερα επιστήμη στην Αγγλία του 17ου αιώνα. Ο Χάρβεϊ διδάχθηκε ότι το αίμα κυκλοφορεί προς το κεφάλι και αντιθέτως ακολουθώντας τον ίδιο δρόμο και μέσα από τα ίδια αγγεία, όπως ακριβώς συμβαίνει με την άμπωτη και την πλημμυρίδα στην παραλία.

Μία ημέρα ο δάσκαλος του Χάρβεϊ στην ανατομία έδειξε σε μία ομάδα από φοιτητές μερικές μικρές κατασκευές όμοιες με μικρά γλωσσίδια, που είχε βρει στην καρδιά και σε ορισμένα αγγεία ανθρώπων και κάπως κατωτέρων ζώων. Ο Γουλιέλμος Χάρβεϊ ενδιαφέρθηκε για τη λειτουργία αυτών των γλωσσιδίων. Το ενδιαφέρον του Χάρβεϊ για τις κατασκευές αυτές τον οδήγησε στη μελέτη του κυκλοφορικού συστήματος.

Κατά τα χρόνια που ακολούθησαν την αποφοίτησή του από την ιατρική σχολή ο Χάρβεϊ έκανε πολλές εγχειρήσεις σε ζωντανά ζώα, για να παρατηρήσει τους παλμούς της καρδιάς και τη ροή του αίματός τους. Μετά από πολλά χρόνια υπομονετικών παρατηρήσεων και πειραματισμού ο Χάρβεϊ παρουσίασε την άποψη ότι το αίμα κυκλοφορεί σε όλο το σώμα ως «ποταμός χωρίς τέλος». Ένα από τα επιχειρήματα που παρουσίασε, για να υποστηρίξει την άποψη αυτή, ήταν και η εξήγηση που έδωσε σχετικώς με τα γλωσσίδια, που είχε παρατηρήσει όταν ήταν φοιτητής. Μήπως ήταν βαλβίδες οι μικρές αυτές κατασκευές; Ένα αντικείμενο που εισάγεται σε ένα αιμοφόρο αγγείο προχωρεί προς τη μία κατεύθυνση αλλά όχι προς την άλλη. Ο Χάρβεϊ συμπέρανε ότι οι μικρές αυτές κατασκευές ήταν βαλβίδες και ότι, αν δεν άφηναν ένα εισερχόμενο αντικείμενο να κινηθεί προς δύο κατευθύνσεις, δεν θα άφηναν επίσης το αίμα να ρέει ανάστροφα. Για το λόγο αυτό το αίμα δεν θα έπρεπε να επιστρέψει στην καρδιά μέσα από τα ίδια αγγεία, από τα οποία είχε απομακρυνθεί από την καρδιά. Αντιθέτως, ο Χάρβεϊ, συμπέρανε ότι το αίμα



Εικόνα 17-Ζ-2 *Η εξήγηση της λειτουργίας των βαλβίδων από τον Χάρβεϊ: «Ας περιδέσομε ένα βραχίονα πάνω από τον αγκώνα, όπως στην εικόνα 1 (A, A). Κατά μήκος των φλεβών ορισμένοι κόμβοι ή επάρματα (B, C, D, E, F) θα εμφανισθούν και αυτό όχι μόνο στα σημεία, όπου γίνεται διακλάδωση (E, F) αλλά επίσης και σε σημεία που δεν υπάρχει διακλάδωση (C, D). Όλα αυτά δημιουργούνται από τις βαλβίδες. Αν πιέσετε το αίμα στην περιοχή ακριβώς επάνω από μία βαλβίδα από Η έως Ο (εικ. 2) θα παρατηρήσετε ότι δεν υπάρχει εισροή αίματος εκ των άνω· και όμως το αγγείο θα συνεχίσει να είναι διεσταλμένο προς τα άνω της βαλβίδας (O, G). Αν τώρα τοποθετήσετε ένα δάκτυλο του άλλου χεριού επάνω στο διεσταλμένο τμήμα της φλέβας προς τα πάνω της βαλβίδας Ο (εικ. 3) και πιέσετε προς τα κάτω, θα διαπιστώσετε ότι δεν μπορείτε να ωθήσετε το αίμα διά μέσου ή πέρα από τη βαλβίδα. Αν πιέσετε σε ένα σημείο της διαδρομής μιας φλέβας με την άκρη ενός δακτύλου (L, εικ. 4) και κατόπιν με ένα άλλο δάκτυλο ωθήσετε το αίμα προς τα πάνω πέρα της επόμενης βαλβίδας (N), θα διαπιστώσετε ότι το τμήμα αυτό της φλέβας αδειάζει (L, N). Φαίνεται λοιπόν καθαρά ότι το αίμα των φλεβών προχωρεί από τα κατώτερα προς τα ανώτερα τμήματα ως προς την καρδιά».*

πρέπει να κυκλοφορεί από την καρδιά μέσω ενός είδους αγγείων, που ονομάσθηκαν αρτηρίες, και να επιστρέψει μέσω ενός άλλου είδους αγγείων, που ονομάσθηκαν φλέβες. Οι μικρές αντλίες παρατηρήθηκαν στις φλέβες (βλέπε εικόνα 17-Ζ-1).

Η εικόνα 17-Ζ-2 δείχνει την επίδειξη του αποτελέσματος που προκαλούσε η ύπαρξη βαλβίδων στις φλέβες του αντιβραχίονα. Στην επεξήγηση της εικόνας χρησιμοποιούνται οι λέξεις που χρησιμοποίησε ο ίδιος ο Χάρβεϊ, ώστε να μπορέσετε να ακολουθήσετε τους συλλογισμούς του.

Ένα μέρος ενδείξεων έλειπε από την επίδειξη του Χάρβεϊ για την κυκλοφορία του αίματος. Ο Χάρβεϊ δεν μπορούσε να εξηγήσει πώς το αίμα περνούσε από τις αρτηρίες στις φλέβες. Αρκετά χρόνια αργότερα ο Μαρσέλλο Μαλπίγγι, ένας Ιταλός επιστήμονας, χρησιμοποίησε ένα πρωτόγονο μικροσκόπιο, για να εξετάσει τους πνεύμονες ενός βατράχου. Ο Μαλπίγγι παρατήρησε ότι το αίμα έτρεχε από τις αρτηρίες μέσα σε συνδετικά αγγεία, που ονομάσθηκαν τριχοειδή, από το άλλο άκρο των οποίων εισερχόταν στις φλέβες. Με την ανακάλυψη των συνδετικών αυτών αγγείων η κυκλοφορία του αίματος θεμελιώθηκε πέρα από κάθε λογική αμφιβολία.

17-Η
Πόσο αίμα αντλεί η καρδιά σας;

Μετρήστε τους σφυγμούς σας, ή ζητήστε από κάποιον άλλο να τους μετρήσει, ενώ αναπνέετε, με τη βοήθεια ενός ρολογιού με δευτερολεπτοδείκτη. Η αρτηρία στον καρπό σας είναι η καλύτερη για να μετρήσετε τους σφυγμούς της καρδιάς σας. Χρησιμοποιήστε το μέσο όρο τριών μετρήσεων για τον υπολογισμό του ρυθμού των σφυγμών σας. Υποθέστε ότι σε κάθε σφυγμό αναλογούν 60 χιλιοστά του λίτρου αίμα (ο μέσος όρος για ένα ώριμο άτομο). Υπολογίστε τον όγκο του αίματος που προωθείται από την καρδιά σας ανά λεπτό, ανά ημέρα.

Τώρα κάντε κάποια μέτρια αθλητική άσκηση όπως πηδήματα επί τόπου ή ανεβοκατέβασμα σκαλιών. Μετρήστε γρήγορα πάλι το σφυγμό σας και καταγράψτε το ρυθμό των παλμών. Υπολογίστε τον όγκο που προωθείται από την καρδιά σας ανά λεπτό χρησιμοποιώντας τον αριθμό των χιλιοστών λίτρου αίματος που προωθούνται ανά παλμό όπως δόθηκε προηγουμένως.

Καταχωρήστε τα αποτελέσματα. Συγκρίνετέ τα με το ρυθμό καρδιακών παλμών και ροής αίματος, όταν είσθε σε ανάπαυση. Συγκρίνετε τα αποτελέσματά σας με αυτά ενός συμμαθητή σας. Υπάρχουν διαφορές ως προς τα αποτελέσματα μεταξύ των φύλων; Υπάρχουν διαφορές μεταξύ ατόμων, που έχουν σημαντικά μεγαλύτερο ή μικρότερο βάρος από το μέσο όρο;

17-Θ
Χρωστικές μεταφοράς οξυγόνου στα ζώα

Στα ζώα υπάρχουν διάφορες χρωστικές, που έχουν την ιδιότητα συνδέσεως με το οξυγόνο προς μεταφορά του οξυγόνου στα κύτταρα. Μερικές φορές οι χρωστικές αυτές περιέχονται στα κύτταρα. Σε άλλες περιπτώσεις είναι διαλυμένες στο πλάσμα, το υγρό τμήμα του αίματος. Οι χρωστικές αυτές διαφέρουν ως προς την ικανότητα της μεταφοράς οξυγόνου. Στον πίνακα 17-Θ-1 καταχωρούνται οι χρωστικές αυτές και ορισμένες από τις ιδιότητές τους.

Χρωστική	Χρώμα	Μεταλλικό στοιχείο	Πού υπάρχει	Ζώο	Ικανότητα μεταφοράς O_2/100 ml αίματος
Αιμοσφαιρίνη	ερυθρό	σίδηρος	ερυθρά αιμοσφαίρια	θηλαστικά	25
				πτηνά	18,5
				ερπετά	9
				αμφίβια	12
				ιχθείς	9
			πλάσμα	αννελίδες	6,5
				μαλάκια	1,5
Αιμοκυανίνη	κυανό	χαλκός	πλάσμα	μαλάκια	2-8
Χλωροκρουονίνη	πράσινο	σίδηρος	πλάσμα	αννελίδες	9
Αιμοερυθρίνη	ερυθρό	σίδηρος	αιμοσφαίρια	αννελίδες	2

Πίνακας 17-Θ-1 Μερικά χαρακτηριστικά διαφόρων χρωστικών μεταφοράς οξυγόνου.

18-Α
Η κατανόηση του τρόπου αναπνοής συμπληρώθηκε βαθμιαία

Ακόμη και οι πιο πρωτόγονοι άνθρωποι γνώριζαν ίσως ότι η ζωή συνδεόταν με τις κινήσεις εισπνοής και εκπνοής αέρα από το στήθος. Εντούτοις η διασύνδεση μεταξύ των αναπνευστικών κινήσεων και της ανταλλαγής οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα στα κύτταρα δεν κατανοήθηκε μέχρι το 1700.

Στα 1600 ο Ροβέρτος Μπουλ, ένας από τους θεμελιωτές της σύγχρονης χημείας, παρατήρησε ότι ο αέρας ήταν απαραίτητος για τη ζωή. Ο Μπουλ συνέδεσε το θάνατο ενός ποντικού σε ένα κλειστό δοχείο με το σβήσιμο ενός αναμμένου κεριού και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ο αέρας ήταν απαραίτητος για τη ζωή του ποντικού, όπως ήταν και για τη διατήρηση του κεριού αναμμένου. Σ' εμάς φαίνεται τώρα αυτονόητο ότι ο αέρας ήταν απαραίτητος για τη ζωή ενός θηλαστικού. Αλλά ας υποθέσομε ότι κάποιος θεωρούσε τη θεωρία του Μπουλ, ότι δηλαδή ο αέρας ήταν απαραίτητος για τη ζωή, λανθασμένη. Αντίθετα, πίστευε ότι ήταν η κίνηση του στήθους, απαραίτητη για τη ζωή. Πώς θα αποδείξετε ότι μία τέτοια αντίρρηση δεν είναι ορθή;

Ο Ροβέρτος Χουκ, το 1667, σχεδίασε ένα πείραμα, για να δώσει μία απάντηση στην αντίρρηση αυτή. Ο Χουκ έδειξε ότι ένα πειραματόζωο πεθαίνει σύντομα ύστερα από τη διακοπή των κινήσεων των μυών και των πλευρών. Αν όμως γινόταν εμφύσηση αέρα στους πνεύμονες του ζώου με ένα φυσερό, το ζώο ήταν δυνατό να διατηρηθεί στη ζωή.

Γιατί ο αέρας είναι απαραίτητος για τη ζωή; Οι περισσότεροι επιστήμονες της εποχής του Μπουλ πίστευαν ότι η μόνη χρησιμότητα του αέρα ήταν η ψύξη του αίματος, καθώς περνά από τους πνεύμονες. Άλλοι επιστήμονες υπέθεταν ότι ένα ειδικό συστατικό του αέρα ήταν απαραίτητο για τη ζωή.

Ο Αντώνιος Λαβουαζιέ, ένας περίφημος Γάλλος επιστήμονας, ήταν εκείνος που έδειξε τη σπουδαιότητα του οξυγόνου στην αναπνοή. Με βάση πολλά πειράματα ο Λαβουαζιέ διατύπωσε την άποψη: «Ο αέρας δεν δρα ως μηχανική δύναμη αλλά ως παράγοντας νέων συνδυασμών». (Η παράγραφος αυτή προέρχεται από: M.L. Gabriel and S. Fogel eds. Great Experiments in Biology, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall, Inc. 1955). Είναι το οξυγόνο που αντιδρά χημικώς με άλλα συστατικά του σώματος κατά την αναπνοή. Ο Λαβουαζιέ συμπέρανε ότι το οξυγόνο του αέρα προσροφόταν από τα ζώα και περνούσε στην κυκλοφορία του αίματος. Το διοξείδιο του άνθρακα εκλυόταν από τους πνεύμονες κατά την πρόσληψη του οξυγόνου.

Σε μία δημοσίευση που είχε τίτλο «Μνημόνιο επί της θερμότητας», που δημοσίευσε το 1780, ο Λαβουαζιέ και ο Πιερ Λαπλάς, ένας άλλος μεγάλος Γάλλος επιστήμονας και μαθηματικός, έδειξαν ότι η αναπνοή των εμβίων όντων έμοιαζε με την καύση. Και οι δύο διαδικασίες αναλίσκουν οξυγόνο και παράγουν θερμότητα, μία μορφή ενέργειας. Αυτό εξηγεί την παρατήρηση του Μπουλ ότι ο αέρας χρειάζεται και για τη φλόγα του κεριού και για τη ζωή του ποντικού.

18-Β
Η κατανάλωση οξυγόνου συνδέεται προς τη ρύθμιση της θερμοκρασίας στα ζώα

Το οξυγόνο χρησιμοποιείται από τα κύτταρα σε σειρές χημικών αντιδράσεων, που ονομάζονται αναπνοή. Όπως σε όλες τις χημικές αντιδράσεις, ο ρυθμός της κυτταρικής αναπνοής εξαρτάται από τη θερμοκρασία του οργανισμού. Αν η θερμοκρασία του σώματος ενός ζώου είναι χαμηλή, η κυτταρική αναπνοή είναι πιο αργή και η κατανάλωση οξυγόνου μικρότερη.

Σε πολλά ζώα η θερμοκρασία του σώματος δεν είναι σταθερή αλλά ποικίλλει ανάλογα με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος νερού ή αέρα. Τα ζώα των οποίων η θερμοκρασία ποικίλλει με τον τρόπο αυτό ονομάζονται «ψυχρόαιμα» ζώα. Οι ιχθείς, τα αμφίβια και τα ερπετά είναι ψυχρόαιμα σπονδυλωτά. Ο όρος ψυχρόαιμα είναι παραπλανητικός, γιατί το αίμα τους δεν είναι κατ' ανάγκη ψυχρό. Η θερμοκρασία τους ποικίλλει αναλόγως της εξωτερικής θερμοκρασίας. Η εσωτερική θερμοκρασία των ζώων αυτών μειώνεται, όταν το περιβάλλον τους ψυχραίνει και τα ίδια τα ζώα γίνονται λιγότερο ενεργά ή ακόμη και αδρανή. Όταν το περιβάλλον ζεσταίνεται, η θερμοκρασία του σώματός τους αυξάνει και τα ζώα γίνονται πιο ενεργά. Συγχρόνως με τις αλλαγές της θερμοκρασίας αλλάζει και η

κατανάλωση οξυγόνου. Τα ζώα αυτά όταν βρίσκονται σε ζεστό νερό ή αέρα, χρησιμοποιούν περισσότερο οξυγόνο.

Κανένα ζώο δεν επιβιώνει, αν η θερμοκρασία κατέβει κάτω από ορισμένα όρια. Για να διατηρείται ζωντανό ένα ψυχρόαιμο ζώο, πρέπει να αποφεύγει ακραίες θερμοκρασίες. Για παράδειγμα, κατά τις ψυχρές φθινοπωρινές ημέρες οχιές και σαύρες συχνά ξαπλώνουν σε βράχους εκτεθειμένους στον ήλιο και με τον τρόπο αυτό θερμαίνονται. Στην έρημο, κατά τη διάρκεια θερμών ημερών τα ψυχρόαιμα ζώα παραμένουν στη σκιά ή χώνονται στη γη. Δηλαδή αλλάζουν περιβάλλον, προκειμένου να διατηρήσουν ένα κατάλληλο ρυθμό μεταβολισμού.

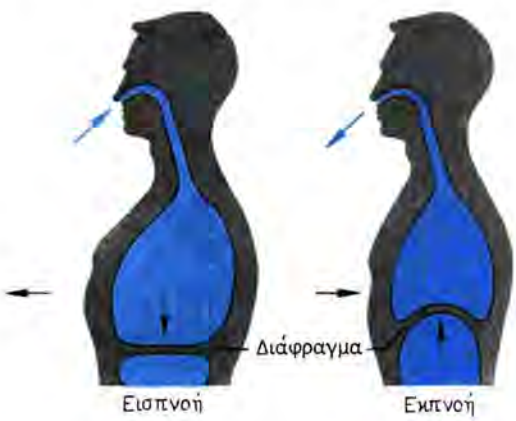
Τα πτηνά και τα θηλαστικά ονομάζονται «θερμόαιμα» ζώα, γιατί είναι σε θέση να διατηρούν μία σταθερή εσωτερική θερμοκρασία, ακόμη και όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αλλάζει. Είτε βρίσκονται σε θερμή περιοχή είτε σε ψυχρή η θερμοκρασία του σώματός τους παραμένει η ίδια. Μερικά από τα θερμόαιμα ζώα όταν ζεσταθούν πολύ, ιδρώνουν. Η επιφάνεια του σώματός τους ψύχεται, καθώς το νερό εξατμίζεται. Άλλα θερμόαιμα ζώα έχουν άλλους τρόπους ψύξεως του σώματός τους. Ορισμένα εκκρίνουν σίελο (καμήλες), άλλα ασθμαίνουν (σκύλοι, πτηνά). Μερικά θηλαστικά της ερήμου φαίνεται να μην χρησιμοποιούν καθόλου μεθόδους ψύξεως με εξάτμιση.

Όταν ο αέρας είναι πολύ κρύος, το τρεμούλιασμα αυξάνει τη σωματική δραστηριότητα αυξάνοντας συγχρόνως το ρυθμό μεταβολισμού και ζεσταίνοντας το σώμα. Ο αυξημένος ρυθμός μεταβολισμού απαιτεί περισσότερο οξυγόνο. Γι' αυτό ένα θερμόαιμο ζώο χρησιμοποιεί περισσότερο οξυγόνο, όταν το περιβάλλον γίνεται ψυχρότερο. Αυτοί οι θερμορυθμιστικοί μηχανισμοί επιτρέπουν σε ένα θερμόαιμο ζώο να παραμένει ενεργό ακόμη και υπό εξαιρετικά ψυχρές θερμοκρασίες. Ένα ψυχρόαιμο ζώο τείνει να γίνεται ανενεργό, όταν έχει κρύο. Γι' αυτό η διαφορά στην κατανάλωση οξυγόνου μεταξύ θερμοαίμων και ψυχροαίμων ζώων είναι πιο εμφανής υπό χαμηλές θερμοκρασίες.

Πολλά θερμόαιμα και ψυχρόαιμα ζώα έχουν μία εξειδικευμένη αντίδραση στο προχωρημένο ψύχος. Εισέρχονται σε μία περίοδο βαθέος «ύπνου», που ονομάζεται ***χειμερία νάρκη.*** Ο μεταβολισμός τους κατέρχεται σε ένα σημείο, που υπό κανονικές συνθήκες θεωρείται ότι βρίσκεται κοντά στο θάνατο. Η καρδιά πάλλεται αργά, το αίμα κυκλοφορεί αργά, η θερμοκρασία του σώματος πέφτει και είναι δυνατό να αναπνέουν τόσο αργά όσο μία φορά κάθε πέντε λεπτά. Μειώνοντας το ρυθμό μεταβολισμού τους είναι σε θέση να επιβιώνουν για μακρές χρονικές περιόδους αναλίσκοντας αποθηκευμένο λίπος. Ζώα που εισέρχονται σε χειμερία νάρκη, όπως η βάτραχοι, ορισμένα είδη σκίουρων και νυχτερίδων, δεν μπορούν να ξυπνήσουν από τη χειμερία νάρκη τόσο γρήγορα όσο από το συνηθισμένο τους ύπνο. Πρέπει να θερμανθούν σιγά - σιγά και να αυξήσουν βαθμιαία το ρυθμό λειτουργίας του σώματός τους. Μερικά ζώα, όπως οι αρκούδες, κοιμούνται καθ' όλη τη διάρκεια του χειμώνα, αλλά οι διαδικασίες των σωματικών τους λειτουργιών απλώς επιβραδύνονται. Αυτή η κατάσταση δεν θεωρείται χειμερία νάρκη, γιατί ο μεταβολισμός τους είναι λίγο μόνο χαμηλότερος από το φυσιολο-

Εικόνα 18-Β-1 *Ο σκίουρος των αρκτικών περιοχών (κάτω) περνά το καλοκαίρι του στην Αρκτική τούνδρα. Κατά το χειμώνα πέφτει σε χειμερία νάρκη στη φωλιά του (κάτω). Οι χειμερινές θερμοκρασίες στη φωλιά του ποικίλουν από 0° έως –7°C. Έξω η θερμοκρασία μπορεί να πέσει έως και –40°C.*





Εικόνα 18-Γ-1 *Οι κινήσεις του τοιχώματος του θώρακα και του διαφράγματος κατά την εισπνοή και την εκπνοή αλλάζουν τον όγκο και ως εκ τούτου την πίεση του αέρα στους πνεύμονες.*

γικό. Κατά τη διάρκεια θερμών χειμερινών ημερών είναι δυνατό να ξυπνήσουν και να αφήσουν τη φωλιά τους προς αναζήτηση τροφής.

Η χειμερία νάρκη προκαλεί δραστική αλλαγή στην αναπνοή, το μεταβολισμό και την όλη λειτουργικότητα του ζώου. Τι προκαλεί αυτή τη μεγάλη αλλαγή; Πώς και γιατί ορισμένα τροπικά ζώα πέφτουν σε θερινή νάρκη; Τα τροπικά αυτά ζώα φαίνεται να αντιδρούν σε αλλαγές του περιβάλλοντος και ειδικότερα αλλαγές του μήκους της ημέρας. Οι επιστήμονες μελετούν τις διαδικασίες της χειμερινής νάρκης ελπίζοντας να ανακαλύψουν γιατί και πώς ένα ζώο είναι σε θέση να αλλάζει δραστικά ολόκληρο το μεταβολισμό του.

18-Γ
Ο μηχανισμός πνευμονικής αναπνοής

Τοποθετήστε τα χέρια σας στα πλευρά του σώματός σας ακριβώς επάνω από το σημείο, όπου αισθάνεσθε τις άκρες των πλευρών σας. Πάρτε μία βαθιά αναπνοή και πιέστε ελαφρά με τα χέρια σας. Μπορείτε να αισθανθείτε τις πλευρές σας να κινούνται προς τα επάνω και προς τα έξω; Όταν οι μύες μεταξύ των πλευρών συστέλλονται, η θωρακική κοιλότητα εκτείνεται και γίνεται μεγαλύτερη. Όταν οι μύες αυτοί χαλαρώνουν, η θωρακική κοιλότητα γίνεται μικρότερη. Όταν εισπνέετε, η περιοχή ακριβώς κάτω από τις πλευρές πιέζεται προς τα μέσα. Εκεί είναι το διάφραγμα, ένα παχύ στρώμα μυών μεταξύ της θωρακικής και της κοιλιακής κοιλότητας. Όταν οι μύες του διαφράγματος συστέλλονται, η θωρακική κοιλότητα γίνεται μεγαλύτερη. Όταν χαλαρώνουν, το διάφραγμα κινείται προς τα πάνω και ο όγκος της θωρακικής κοιλότητας μειώνεται. Οι κινήσεις των πλευρών και του διαφράγματος είναι συντονισμένες. Συγκρίνετε τις αναπνευστικές κινήσεις που δείχνει η εικόνα 18-Γ-1 με τις δικές σας.

18-Δ
Μεταφορά διοξειδίου του άνθρακα μέσω των ερυθροκυττάρων του αίματος

Η αντίδραση του διοξειδίου του άνθρακα με το νερό στο πλάσμα του αίματος γίνεται με βραδύ ρυθμό. Παρόλα αυτά μέσα στα κύτταρα ένα ένζυμο, η καρβονική ανυδράση, επιταχύνει ή καταλύει την αντίδραση αυτή έως και 200 ή 300 φορές πιο γρήγορα.

CO_2	+	H_2O	⟷	H_2CO_3
διοξείδιο άνθρακα		νερό	καρβονική ανυδράση	ανθρακικό οξύ

Η αντίδραση μεταξύ του διοξειδίου του άνθρακα και του νερού γίνεται συνήθως μέσα στα ερυθροκύτταρα του αίματος λόγω της ενεργότητας του σπουδαίου αυτού ενζύμου.

Το διοξείδιο του άνθρακα αντιδρά απευθείας και με την αιμοσφαιρίνη. Όπως και με το οξυγόνο, η αντίδραση αυτή είναι αντίδραση ενός πολύ ασθενούς χημικού δεσμού. Το διοξείδιο του άνθρακα απελευθερώνεται εύκολα, όταν το αίμα φθάσει στα τριχοειδή των πνευμόνων. Το διοξείδιο του άνθρακα ενώνεται με την αιμοσφαιρίνη σε διαφορετικό σημείο από όπου ενώνεται το οξυγόνο. Δηλαδή η αιμοσφαιρίνη μπορεί να είναι ενωμένη και με οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα συγχρόνως.

18-Ε
Διοξείδιο του άνθρακα και έλεγχος της αναπνοής από το νευρικό σύστημα

Το διοξείδιο του άνθρακα δεν είναι απλώς ένα άχρηστο παραπροϊόν της αναπνοής. Το διοξείδιο του άνθρακα παίζει πολύ πιο σπουδαίο ρόλο από το οξυγόνο, όσον αφορά στον καθορισμό του ρυθμού αναπνοής. Τα νεύρα

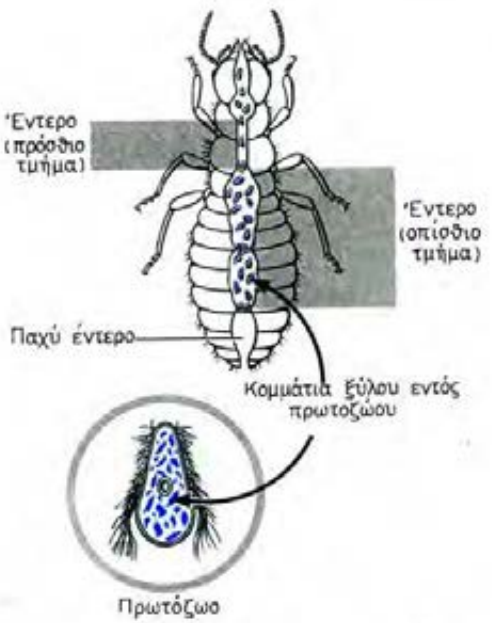
που ελέγχουν την αναπνοή επηρεάζονται από τη συγκέντρωση του διαλυμένου διοξειδίου του άνθρακα στο αίμα. Για παράδειγμα, όταν η συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στο αίμα είναι υψηλή, ο ρυθμός αναπνοής είναι επίσης υψηλός. Όταν η συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα είναι χαμηλή, ο ρυθμός αναπνοής είναι επίσης χαμηλός. Ο μηχανισμός αυτός ελέγχεται από ένα μικρό τμήμα του εγκεφάλου, το αναπνευστικό κέντρο.

Το αίμα βοηθά στη διατήρηση ενός σταθερού περιβάλλοντος γύρω από τα κύτταρα και πρέπει να ρυθμίζεται προς αποφυγή μετατροπής του σε πολύ όξινο ή πολύ αλκαλικό. Ο ρυθμός αναπνοής είναι σπουδαίος όσον αφορά στη ρύθμιση του pH του αίματος. Όταν το διοξείδιο του άνθρακα αυξάνει, στο αίμα σχηματίζεται περισσότερο ανθρακικό οξύ. Καθώς αυξάνει ο ρυθμός και το βάθος της αναπνοής, αυξάνει και η απομάκρυνση του διοξειδίου του άνθρακα από το αίμα. Γι' αυτό όταν εκπνέεται διοξείδιο του άνθρακα, ρυθμίζεται συγχρόνως και το pH του αίματος.

Ο ρυθμός αναπνοής αυξάνει, όταν ακόμη και ελάχιστες αλλαγές του pH του αίματος δρουν στο νευρικό κέντρο ελέγχου. Είναι, δηλαδή, η περίσσεια διοξειδίου του άνθρακα και όχι η έλλειψη του οξυγόνου, που αυξάνει το ρυθμό της αναπνοής. Ο μηχανισμός αυτός λειτουργεί και αντίστροφα. Όταν το pH του αίματος αυξάνει ελαφρά, το διοξείδιο του άνθρακα τείνει να παραμένει υπό μορφή ανθρακικού οξέος και ο ρυθμός και το βάθος της αναπνοής μειώνονται. Γι' αυτό, μία αλλαγή του pH του αίματος προκαλεί αλλαγή στον τρόπο αναπνοής, που τείνει να αποκαθιστά την ομοιόσταση.

19-Α
Άλλοι οργανισμοί με πολύ εξειδικευμένα πεπτικά συστήματα

Πολλά είδη ζώων ζουν τρεφόμενα αποκλειστικά με φυτικά υλικά. Τα περισσότερα από τα ζώα αυτά δεν έχουν ένζυμα για την πέψη της κυτταρίνης, του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένα το ξύλο και οι φυτικές ίνες. Πώς χρησιμοποιούν την κυτταρίνη αυτά τα ζώα; Τι τροποποιήσεις του πεπτικού συστήματος έχουν; Ορισμένοι μικροοργανισμοί που έχουν ένζυμα για την πέψη της κυτταρίνης ζουν στο πεπτικό σύστημα των μεγαλυτέρων φυτοφάγων ζώων. Οι μικροοργανισμοί αυτοί μπορούν να παράγουν ένζυμα για την πέψη της κυτταρίνης. Για παράδειγμα, τα βακτήρια και τα πρωτόζωα έχουν ικανότητα πέψεως κυτταρίνης, που τρώγεται από τερμίτες και αγελάδες (βλέπε εικόνα 19-Α-1). Αν οι μικροοργανισμοί αυτοί νεκρωθούν, το ζώο - ξενιστής θα πεθάνει από έλλειψη θρέψεως.



Εικόνα 19-Α-1 *Μικροοργανισμοί που ζουν στα έντερα του τερμίτη παράγουν ένζυμα, που κατεργάζονται με πέψη την κυτταρίνη του ξύλου. Τερμίτες χωρίς αυτούς τους μικροοργανισμούς θα λοιμοκτονούσαν από πείνα, αν έτρωγαν μόνο ξύλο.*

Μερικοί οργανισμοί δεν έχουν καθόλου πεπτικό σύστημα. Απορροφούν τροφή, που άλλοι οργανισμοί έχουν ήδη υποβάλει σε πέψη και γι' αυτό δεν χρειάζεται να κατεργάζονται με πέψη την τροφή τους. Φυτά ή ζώα που παραλαμβάνουν την τροφή τους με τον τρόπο αυτό ονομάζονται ***παράσιτα.*** Για παράδειγμα, το φυτό γκι έχει ριζόμορφα απορροφητικά όργανα, που διαπερνούν το φλοίωμα ενός άλλου φυτού και απορροφά τροφές που έχουν ήδη πεφθεί από αυτό. Ο σκώληκας ταινία είναι ένα άλλο παράσιτο, που ζει στα έντερα των ανθρώπων και άλλων ζώων. Οι ταινίες δεν έχουν καθόλου πεπτικό σύστημα· απορροφούν τροφή από τα έντερα του ζώου - ξενιστή, που έχει ήδη υποστεί κατεργασία πέψεως.



Εικόνα 19-Β-1 *Πίνακας για τον ιατρό Γ. Μπωμόντ μαζί με μια νοσοκόμα και τον κυνηγό Α. Σεντ-Μάρτιν.*

19-Β
Τα πειράματα του Μπωμόντ επί της πέψεως

Πριν από τις ημέρες της χειρουργικής εσωτερικών οργάνων ήταν πολύ σπάνια η δυνατότητα απευθείας παρατηρήσεως των οργάνων αυτών κατά τη λειτουργία τους. Μόνο ως αποτέλεσμα σπανίων συμπτώσεων ήταν δυνατόν να αντιληφθεί κανείς τι συμβαίνει στο εσωτερικό του σώματος. Ο Γουλιέλμος Μπωμόντ (1785-1853), γιατρός του στρατού των Η.Π.Α., είχε μία τέτοια σπάνια ευκαιρία.

Το 1822 προσέφερε ιατρική βοήθεια σε ένα βαριά τραυματισμένο κυνηγό, τον Αλέξιο Σεντ Μάρτιν. Η τυχαία εκπυρσοκρότηση ενός πυροβόλου όπλου είχε ανοίξει μία μεγάλη τρύπα στο αριστερό πλευρό του τραυματία. Μέρος των πλευρών, των μυών και του τοιχώματος του στομάχου είχαν αποκοπεί. Ο Μπωμόντ προσέφερε τις ιατρικές του υπηρεσίες στον Σεντ Μάρτιν (εικόνα 19-Β-1) αλλά η πληγή δεν έκλεισε κανονικά. Επί περίπου δύο χρόνια ο Μπωμόντ καταπολεμούσε μολύνσεις στην περιοχή της πληγής και βαθμιαία βοήθησε τον Σεντ Μάρτιν να βρει την υγεία του. Τα τοιχώματα του στομάχου αναπτύχθηκαν μαζί με το δέρμα και τους μύες του τοιχώματος του σώματος. Ως αποτέλεσμα παρέμεινε μία τρύπα στο πλευρό του Σεντ Μάρτιν, που οδηγούσε στο εσωτερικό του στομάχου. Μία προβολή του τοιχώματος του στομάχου βαθμιαία κάλυψε την τρύπα και δεν άφηνε την τροφή να πέφτει έξω. Η προβολή αυτή ήταν εύκολο να παραμερισθεί με το δάκτυλο, ώστε να επιτραπεί η παρατήρηση των εσωτερικών περιεχομένων του στομάχου.

Ο Μπωμόντ κατάλαβε ότι ο Σεντ Μάρτιν μπορούσε να προσφέρει ασυνήθιστη ευκαιρία για έναν πειραματιστή να παρατηρήσει τη λειτουργία του στομάχου. Οι περιγραφές που ακολουθούν, με τις λέξεις του ίδιου του Μπωμόντ, προέρχονται από αποσπάσματα, όπως αυτά έχουν καταχωρηθεί στο βιβλίο: ***Πειράματα και παρατηρήσεις επί του γαστρικού υγρού και της φυσιολογίας της πέψεως,*** του Γουλιέλμου Μπωμόντ, που τυπώθηκε στα 1833.

Πείραμα 1

7 Αυγούστου, στις 11 π.μ., αφού ο νεαρός είχε κρατηθεί νηστικός επί δεκαεπτά ώρες, εισήγαγα το γυάλινο σωλήνα ενός θερμομέτρου (Φαρενάιτ) μέσω του ανοίγματος, στο στόμαχο, σχεδόν όλο το μήκος του στελέχους του θερμομέτρου, ώστε να είναι βέβαιο ότι μετράται η φυσική θερμοκρασία του στομάχου. Σε δεκαπέντε λεπτά, ή λιγότερο, ο υδράργυρος ανέβηκε στους 100° και παρέμεινε εκεί σταθερά. Αυτό το προσδιόρισα σημειώνοντας το ύψος του υδραργύρου στο γυάλινο σωλήνα με μελάνι, καθώς το θερμόμετρο βρισκόταν βυθισμένο στο σώμα, και βγάζοντάς το κατόπιν και επανατοποθετώντας το στην κλίμακά του.

Τώρα, εισήγαγα ένα σωλήνα από ελαστικό κόμμι (καουτσούκ), δηλαδή ένα μαλακό ελαστικό σωλήνα, και τράβηξα έξω μία ουγγιά καθαρού γαστρικού υγρού, μη αναμιγμένου με άλλα υλικά, εκτός από μικρή ποσότητα βλέννας, σε μία φιάλη των τριών ουγγιών. Κατόπιν πήρα ένα κομμάτι βρασμένου, αλατισμένου βοδινού κρέατος, που ζύγιζε περίπου τρία δράμια (ένα δράμι είναι ίσο με 1/8 της ουγγιάς) και το τοποθέτησα μέσα στο υγρό της φιάλης· έθεσα το πώμα στη φιάλη και την τοποθέτησα σε μία χαμηλή χύτρα γεμάτη με νερό. Του

νερού αυτού ανύψωσα τη θερμοκρασία στους 100° και τη διατήρησα στο σημείο αυτό με τη βοήθεια ενός δοχείου με άμμο, της οποίας η θερμοκρασία ελεγχόταν λεπτομερώς. Μέσα σε σαράντα λεπτά η πέψη είχε αρχίσει στην επιφάνεια του κρέατος. Σε πενήντα λεπτά το υγρό είχε γίνει γαλακτώδες και θολό· το εξωτερικό του κρέατος είχε αρχίσει να διαχωρίζεται και να διαλύεται. Σε εξήντα λεπτά άρχισε να σχηματίζεται ένας χυμός (μία μάζα τροφής που μοιάζει με χυλό και σχηματίζεται στο στόμαχο).

Στις 1 μ.μ. (καθώς η πέψη προχωρούσε με την ίδια κανονικότητα όπως κατά την τελευταία μισή ώρα) η κυτταρική δομή φαινόταν ότι είχε τελείως καταστραφεί αφήνοντας μυικές ίνες ελεύθερες και ασύνδετες να επιπλέουν με μορφή πολύ μαλακών, μικρών, λεπτών ξεσμάτων.

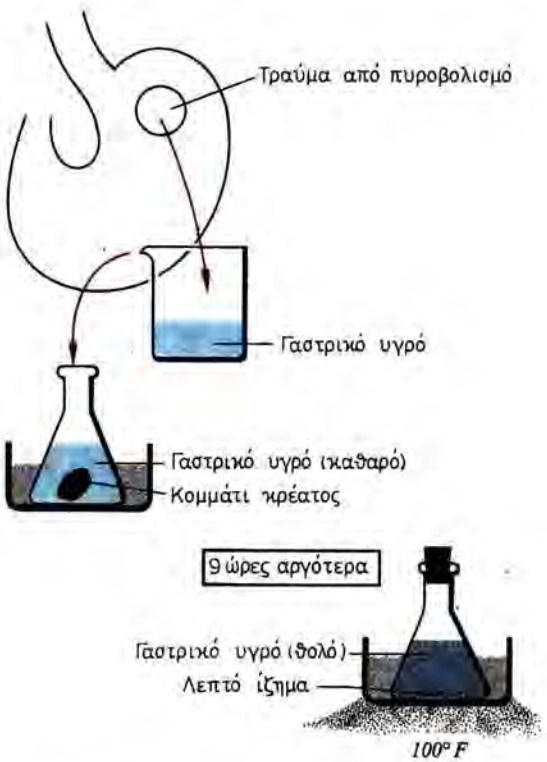
Στις 3 οι μυικές ίνες είχαν ελαττωθεί κατά το ήμισυ από όσο ήταν στην τελευταία εξέταση στις 1.

Στις 5 είχαν σχεδόν τελείως πεφθεί· μόνο ένας μικρός αριθμός ινών παρέμενε.

Στις 7 ο μυικός ιστός είχε τελείως αποικοδομηθεί· και μόνο λίγες μικρές ίνες παρέμεναν να επιπλέουν στο υγρό.

Στις 9 κάθε μέρος του κρέατος είχε τελείως πεφθεί. Το γαστρικό υγρό, όταν πάρθηκε από το στόμαχο, ήταν καθαρό και διαφανές σαν νερό. Το μίγμα στη φιάλη, τώρα, είχε το χρώμα του τυρόγαλου (ανοικτοκίτρινο). Όταν το άφηνε κανείς ακίνητο για λίγα λεπτά, ένα λεπτό ίζημα, με χρώμα όμοιο με του κρέατος, καθίζανε στον πυθμένα της φιάλης.

Η εικόνα 19-Β-2 παρουσιάζει το πείραμα του Μπωμόντ. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά, μπορείτε να προβλέψετε ότι ό,τι συνέβη στο κομμάτι κρέατος μέσα στη φιάλη με τα γαστρικά υγρά, θα συνέβαινε επίσης και στο στομάχι του Σεντ Μάρτιν; Πώς θα μπορούσατε να αποδείξετε την υπόθεση ότι το κομμάτι βοδινού κρέατος θα υποστεί τις ίδιες αλλαγές στο στόμαχο, όπως και στη φιάλη; Ο Μπωμόντ σχεδίασε το ακόλουθο πείραμα, για να δοκιμάσει την υπόθεση αυτή.



Εικόνα 19-Β-2 *Διάγραμμα του πειράματος του Μπωμόντ για την πέψη ενός κομματιού βοδινού κρέατος από το γαστρικό υγρό ενός ανθρώπινου στομάχου.*

Πείραμα 2

Κατά τον ίδιο χρόνο που άρχισα το προηγούμενο πείραμα έριξα ένα κομμάτι βοδινού κρέατος όμοιου με το προηγούμενο, που ήταν στη φιάλη, στο στόμαχο μέσω της τρύπας.

Στις 12 π.μ. το πήρα πίσω και βρήκα ότι είχε επηρεασθεί από την πέψη όσο και αυτό στη φιάλη· δεν υπήρχε καθόλου ή σχεδόν καθόλου διαφορά στην εμφάνισή τους· το έριξα μέσα πάλι.

Στις 1 μ.μ. ξανατράβηξα το σπάγγο αλλά το κρέας είχε πεφθεί τελείως και εξαφανισθεί.

Η επίδραση του γαστρικού υγρού στο κομμάτι κρέατος, που βρισκόταν στο στομάχι, ήταν ακριβώς η ίδια με αυτή στη φιάλη, μόνο που ήταν ταχύτερη ύστερα από την πρώτη ώρα και ολοκληρώθηκε πιο γρήγορα. Η πέψη άρχισε και περιοριζόταν στην επιφάνεια και στις δύο περιπτώσεις. Ανατάραξη στη φιάλη επιτάχυνε τη διάλυση, αφαιρώ-

ντας το στρώμα στην επιφάνεια που είχε πεφθεί επιτρέποντας την περικάλυψη του υπόλοιπου απομένοντος κρέατος από γαστρικά υγρά. Αυτό επέτρεπε στα υγρά να δράσουν στα άπεπτα τμήματα.

Νομίζετε ότι το δεύτερο πείραμα του Μπωμόντ αποτελούσε μία καλή δοκιμή για την υπόθεσή του ότι το γαστρικό υγρό δρούσε με τον ίδιο τρόπο στο κρέας στη φιάλη και στο στόμαχο του Σεντ Μάρτιν; Μπορείτε να σκεφθείτε και άλλα πειράματα, που θα μπορούσατε να είχατε κάνει στον Σεντ Μάρτιν, για να συγκεντρώσετε περισσότερα δεδομένα για την πέψη της τροφής στο στόμαχο;

21-Α
Αναστολείς φυτών της ερήμου

Οι φυτικές ορμόνες που αναστέλλουν την ανάπτυξη έχουν σημασία για την επιβίωση ενός φυτού. Για παράδειγμα σκεφθείτε το ακόλουθο πείραμα. Σπέρματα από μερικά φυτά της ερήμου δεν βλαστάνουν εύκολα, όταν τοποθετηθούν σε βρεγμένο διηθητικό χαρτί μέσα σε ένα τρυβλίο. Αν όμως τοποθετηθούν κάτω από τρεχούμενο νερό βρύσης για μερικές ώρες, τα ίδια σπέρματα βλαστάνουν στο βρεγμένο χαρτί. Πώς θα το εξηγούσατε αυτό;

Από έρευνα που επακολούθησε διαπιστώθηκε ότι υπήρχαν αναστολείς στο περίβλημα των σπερμάτων. Λόγω των αναστολέων αυτών πολλά σπέρματα δεν φυτρώνουν στην έρημο παρά μόνο μετά από παρατεταμένες βροχές. Το νερό διαλύει και παρασύρει αυτούς τους αναστολείς. Κάτω από τις συνθήκες αυτές το έδαφος θα έχει υγρανθεί σε βάθος και τα σπέρματα που θα βλαστήσουν θα είναι δυνατό να επιβιώσουν.

21-Β
Ανακαλύπτεται η λειτουργία του θυρεοειδούς αδένα

Πώς μάθαμε τον τρόπο λειτουργίας του θυρεοειδούς αδένα και των ορμονών του; Η λειτουργία του θυρεοειδούς βρισκόταν υπό αμφισβήτηση για πολλά χρόνια. Πολλοί ερευνητές αγωνίσθηκαν επί εκατοντάδες χρόνια, για να λύσουν το πρόβλημα της δομής και λειτουργίας του θυρεοειδούς. Ο Γαληνός, ένας Έλληνας γιατρός του 2ου μ.Χ. αιώνα, πίστευε ότι οι εκκρίσεις του θυρεοειδούς περιείχαν κάποιο λιπαντικό υγρό, που εξυπηρετούσε την ομιλία. Πολλοί μορφωμένοι άνθρωποι αποδέχονταν την ιδέα αυτή επί πολλά χρόνια.

Πριν περίπου 400 χρόνια ο Βεσάλιος, ένας Ιταλός ανατόμος, περιέγραψε τον αδένα και σημείωσε ότι δεν είχε αγωγούς, μέσω των οποίων κάποιο λιπαντικό υγρό θα μπορούσε να φθάσει στο λάρυγγα. Ακόμη και μετά από αυτό το εύρημα οι ερευνητές παρέμειναν πιστοί στην ιδέα ότι ο θυρεοειδής ήταν υπεύθυνος για τη λίπανση του λάρυγγα.

Περίπου 200 χρόνια αργότερα ο Αλβέρτος φον Χάλλερ για μία ακόμη φορά παρατήρησε ότι δεν υπήρχαν αγωγοί για τη σύνδεση του θυρεοειδούς με το λάρυγγα. Ο ρόλος του θυρεοειδούς παρέμενε άγνωστος. Και βεβαίως υπήρχαν και μερικοί ερευνητές, που πίστευαν ότι το όργανο αυτό δεν είχε καμιά απαραίτητη λειτουργία. Άλλοι αντέτειναν ότι το μεγάλο απόθεμα αίματος του αδένα έδειχνε ότι λειτουργούσε ως υπερχειλιστής για την προστασία του εγκεφάλου από ξαφνική υπερπλήρωση της κεφαλής με αίμα. Το όνομα θυρεοειδής, από την ελληνική λέξη θυρεός (εικόνα 21-3), προτάθηκε το 1656 ως ονομασία του αδένα από έναν Άγγλο γιατρό, που νόμιζε ότι ο θυρεοειδής υπήρχε απλώς, για να στρογγυλεύει και να ομορφαίνει το λαιμό.

Η σύγχρονη πειραματική εργασία άρχισε το 1883 με τις παρατηρήσεις του Εμίλιου Κόχερ, ενός Ελβετού χειρουργού. Ο Κόχερ αρχικά πίστευε ότι ο θυρεοειδής δεν είχε απαραίτητη λειτουργία και γι' αυτό είχε αφαιρέσει χειρουργικά το θυρεοειδή από 24 ασθενείς, για να τους βοηθήσει από τη δυσμορφία που δημιουργούσε η βρογχοκήλη που παρουσίαζαν. Δεκαέξι από τους ασθενείς αυτούς παρουσίασαν απώλεια της φυσιολογικής ενεργητικότητάς τους, μεγάλη μυική αδυναμία και οιδήματα πρώτα στο πρόσωπο, στα χέρια και τα πόδια και τέλος σε ολόκληρο το σώμα. Το δέρμα των ασθενών αυτών έγινε ξηρό και σκληρό και παρουσίασαν επιβράδυνση των

πνευματικών λειτουργιών. Η κατάσταση αυτή έμοιαζε με μία ασθένεια, που ήταν γνωστή από πολλά χρόνια, τον κρετινισμό. Η ολική απομάκρυνση του θυρεοειδούς σταμάτησε. Πειράματα που έγιναν σε ζώα έδειξαν ότι η απομάκρυνση του θυρεοειδούς σε πρώιμα στάδια της ζωής τους προκαλούσε την ανάπτυξη συμπτωματολογίας κρετινισμού. Οι παρατηρήσεις αυτές έδειχναν ότι ο θυρεοειδής έπρεπε να περιέχει κάποια ουσία απαραίτητη για την υγεία και την ομαλή ανάπτυξη.

Στα χρόνια που ακολούθησαν ένας άλλος Άγγλος ερευνητής έδειξε ότι ένα σκεύασμα από αποξηραμένο θυρεοειδή προβάτων βοηθούσε στην αντιμετώπιση ορισμένων ασθενειών, που συνδέονταν με το θυρεοειδή. Τελικά παρατηρήθηκε ότι όταν δίνονταν σε φυσιολογικά άτομα αποξηραμένοι θυρεοειδείς από πρόβατο, ο ρυθμός των σωματικών λειτουργιών επιταχυνόταν. Στην αρχή του αιώνα μας οι γιατροί αντιμετώπιζαν επιτυχώς με τη χρήση θυρεοειδούς από πρόβατα τα προβλήματα ασθενών, που παρουσίαζαν μειωμένη έκκριση θυρεοειδούς ορμόνης. Ήταν πλέον προφανές ότι ο θυρεοειδής περιείχε κάποια δραστική χημική ουσία, που επιδρούσε σε πάρα πολλά άλλα όργανα.



Εικόνα 21-Γ-1 *Ένα κορίτσι με υπερθυρεοειδισμό, μία κατάσταση κατά την οποία ο θυρεοειδής αδένας υπερλειτουργεί εκκρίνοντας πάρα πολλή θυροξίνη.*

21-Γ
Τα σύνδρομα του θυρεοειδούς προκαλούνται από ανωμαλίες ρυθμίσεως

Μερικές φορές, ένα παιδί είναι δυνατό να γεννηθεί με ένα μέρος μόνο του θυρεοειδούς ή και χωρίς καθόλου θυρεοειδή. Το είδος αυτό της διαμαρτίας δημιουργείται από ανώμαλη ανάπτυξη του εμβρύου. Το αποτέλεσμα είναι σωματική και πνευματική βραδύτητα. Ένας θυρεοειδής που υπολειτουργεί προκαλεί τα χειρότερα αποτελέσματα κατά τη βρεφική ηλικία ή την πρώιμη παιδική ηλικία. Οι φυσιολογικές αλλαγές στις αναλογίες του σώματος και των χαρακτηριστικών του προσώπου δεν παρατηρούνται και τα οστά δεν αναπτύσσονται κανονικά.

Η πλέον κοινή και σοβαρή δυσλειτουργία από όλες τις δυσλειτουργίες του θυρεοειδούς αδένα είναι η υπερλειτουργία του. Χαρακτηριστικά μιας τέτοιας καταστάσεως είναι ο διογκωμένος θυρεοειδής και οι προεξέχοντες οφθαλμοί (εικόνα 21-Γ-1). Όταν εκκρίνεται πάρα πολλή θυροξίνη, οι ιστοί χρησιμοποιούν πιο πολύ οξυγόνο και παράγουν περισσότερη θερμότητα. Η πίεση του αίματος αυξάνει καθώς και οι ρυθμοί κυκλοφορίας και αναπνοής.

Έχει επίσης βρεθεί ότι η υπόφυση παίζει ρόλο σε ορισμένες καταστάσεις υπερλειτουργίας του θυρεοειδούς. Αν χορηγηθεί με ένεση σε πειραματόζωα εκχύλισμα υποφύσεως που περιέχει TSH, παρατηρούνται τα ίδια συμπτώματα υπερλειτουργίας θυρεοειδούς, συμπεριλαμβανόμενου του χαρακτηριστικού των προεξεχόντων οφθαλμών. Τα αίτια της υπερλειτουργίας του θυρεοειδούς δεν έχουν ακόμη διαλευκανθεί πλήρως. Ευτυχώς υπάρχουν πάρα πολλοί τρόποι κλινικής αγωγής, που βοηθούν στην αντιμετώπιση αυτής της καταστάσεως. Μερικοί από τους τρόπους

αυτούς περιλαμβάνουν τη χορήγηση αντιθυρεοειδών φαρμάκων, χειρουργική αφαίρεση τμήματος του θυρεοειδούς και υψηλές δόσεις ραδιενεργού ιωδίου για την καταστροφή τμήματος του θυρεοειδούς ιστού.

22-Α
Πώς αντιδρά ένα νεύρο σε διεγέρσεις διαφορετικής εντάσεως;

Μία νευρική ίνα δεν θα μεταδώσει μία ώση, εκτός αν το ερέθισμα που την προκαλεί έχει ορισμένη ελάχιστη ένταση, η οποία ονομάζεται ***κατώφλιο (ή ουδός).*** Ένα ερέθισμα κατωφλίου ξεκινά μία ώση, που μεταφέρεται κατά μήκος της ίνας. Ένα ερέθισμα ισχυρότερο από το κατώφλιο προκαλεί επίσης μία ώση, που μεταφέρεται κατά μήκος της ίνας, αλλά η ώση αυτή δεν θα είναι ούτε παχύτερη ούτε ισχυρότερη. Υπό κανονικές συνθήκες όλες οι ώσεις κινούνται κατά μήκος της ίνας με την ίδια ταχύτητα και με την ίδια ισχύ, ανεξαρτήτως του ερεθίσματος. Η αντίδραση αυτή είναι γνωστή ως «όλη - ή - καθόλου» αντίδραση. Δηλαδή, για ένα οποιοδήποτε ερέθισμα, η ίνα ή μεταφέρει μία πλήρη ώση ή δεν μεταφέρει ώση καθόλου. Όλα τα ερεθίσματα που υπερβαίνουν το επίπεδο κατωφλίου πυροδοτούν το ίδιο είδος ώσεως στη νευρική ίνα. Αυτό γίνεται, γιατί η ενέργεια μεταφοράς της ώσεως δεν προέρχεται από το ερέθισμα αλλά από το νευρώνα.

Αν όμως όλες οι ώσεις μεταφέρονται με την ίδια ταχύτητα και με την ίδια ισχύ, πώς το σώμα διακρίνει μεταξύ ερεθισμάτων διαφόρου ισχύος; Είναι βέβαιο ότι είσθε σε θέση να αισθανθείτε τη διαφορά ανάμεσα σε μία γροθιά και ένα χάδι. Οι νευρικές ίνες αντιδρούν στο ισχυρότερο ερέθισμα μεταφέροντας περισσότερες ώσεις αντί να μεταφέρουν ισχυρότερες ώσεις. Γενικά, όταν μία ώση μεταδοθεί μέσω μιας συνάψεως, άλλες ώσεις που ακολουθούν σε σύντομο διάστημα διέρχονται πιο εύκολα.

Είναι ο αριθμός των ώσεων που διασχίζει μία σύναψη παρά η ισχύς των ώσεων, που ποικίλλει αναλόγως με την ισχύ του ερεθίσματος. Ο αριθμός των ώσεων που μεταφέρονται από μία νευρική ίνα επηρεάζεται από αρκετούς παράγοντες: (1) Το πόσο συχνά το ερέθισμα επαναλαμβάνεται, (2) την ισχύ του ερεθίσματος, και (3) τη χρονική διάρκεια του ερεθίσματος. Η διαφορά μεταξύ του χαδιού και της γροθιάς επηρεάζεται από τον αριθμό των νευρώνων που διεγείρονται, καθώς και από την κατανομή και τις διασυνδέσεις μεταξύ των νευρώνων. Ένας νευρώνας μεταδίδει τις ώσεις του σε ένα άλλο νευρώνα ή σε πολλούς άλλους νευρώνες. Αυτό εξαρτάται από τον αριθμό των νευρώνων, με τους οποίους συνδέεται.

22-Β
Το αυτόνομο νευρικό σύστημα

Στο κεφάλαιο 22 μάθατε για τα τμήματα του νευρικού συστήματος, που βρίσκονται υπό τον έλεγχο της βουλήσεως, ή τον ενσυνείδητο έλεγχο ενός ατόμου. Μάθατε, περιληπτικά όμως, και για άλλες λειτουργίες του νευρικού συστήματος, που δεν βρίσκονται υπό τον έλεγχο της βουλήσεως, ή από ενσυνείδητο έλεγχο. Πολλές από τις λειτουργίες αυτές βρίσκονται υπό τον έλεγχο του αυτόνομου νευρικού συστήματος. Το αυτόνομο νευρικό σύστημα ελέγχει την καρδιά, πολλούς αδένες και τους λείους μύες του πεπτικού συστήματος, του αναπνευστικού συστήματος, του απεκκριτικού συστήματος, του αναπαραγωγικού συστήματος και των αιμοφόρων αγγείων.

Τα αντανακλαστικά τόξα που διευκρινίσθηκαν στην παράγραφο 22-8 περιλαμβάνουν ένα αισθητικό νευρώνα και ένα κινητικό νευρώνα, συχνά μαζί και με ένα τρίτο νευρώνα. Οι νευράξονες των νευρώνων στα περισσότερα αντανακλαστικά τόξα έχουν έλυτρα μυελίνης και μεταδίδουν αντανακλαστικά με μεγάλη ταχύτητα. Αντιθέτως δεν υπάρχουν αισθητικοί νευρώνες στα αυτόνομα τόξα· υπάρχουν δύο κινητικοί νευρώνες. Συνήθως ο δεύτερος κινητικός νευρώνας ενός αυτόνομου τόξου δεν έχει έλυτρο μυελίνης. Αυτοί οι αμύελοι νευρώνες μεταδίδουν ώσεις πολύ πιο αργά από ό,τι οι εμμύελοι νευρώνες των αντανακλαστικών τόξων.

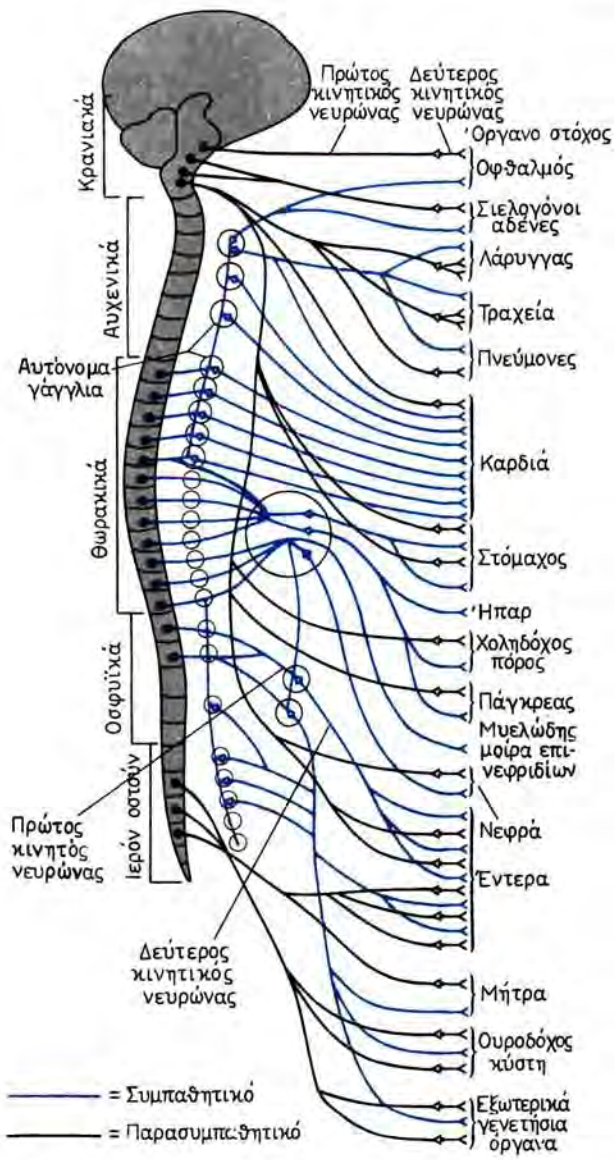
Υπάρχουν δύο μορφές του αυτόνομου νευρικού συστήματος. Οι δύο μορφές είναι το ***συμπαθητικό*** και το ***παρασυμπαθητικό*** σύστημα. Το συμπαθητικό και το παρασυμπα-

θητικό σύστημα διαφέρουν και στη δομή και στη λειτουργία (βλέπε εικόνα 22-Β-1).

Οι πρώτοι κινητικοί νευρώνες του συμπαθητικού συστήματος είναι συνήθως πολύ βραχείς. Τα κυττοσώματά τους βρίσκονται στο θωρακικό τμήμα της σπονδυλωτής στήλης (βλέπε εικόνα 22-Β-1). Οι συνάψεις μεταξύ του πρώτου και του δεύτερου κινητικού νευρώνα εδράζονται στα γάγγλια, που βρίσκονται κοντά στη σπονδυλική στήλη. Ο μακρύτερος δεύτερος νευρώνας εκτείνεται από τις συνάψεις στα γάγγλια προς τα όργανα-στόχους.

Τα κυττοσώματα των πρώτων νευρώνων στο παρασυμπαθητικό σύστημα εδράζονται στον εγκέφαλο και στην περιοχή του ιερού οστού της σπονδυλικής στήλης (βλέπε εικόνα 22-Β-1). Σε αντίθεση με τους βραχείς νευράξονες των πρώτων κινητικών νευρώνων του συμπαθητικού συστήματος, οι νευράξονες των πρώτων νευρώνων του παρασυμπαθητικού συστήματος έχουν μεγάλο μήκος. Οι συνάψεις μεταξύ πρώτων και δευτέρων κινητικών νευρώνων παρατηρούνται κοντά ή μέσα στα όργανα-στόχους. Οι νευράξονες των δευτέρων κινητικών νευρώνων είναι σχετικώς βραχείς.

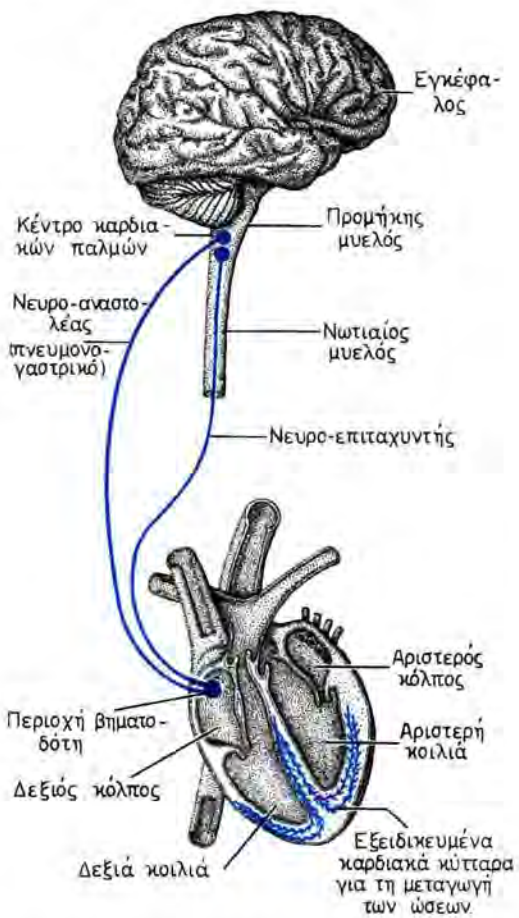
Τα περισσότερα εσωτερικά όργανα συνδέονται και με το συμπαθητικό και με το παρασυμπαθητικό σύστημα. Τα δύο συστήματα έχουν αντίθετες λειτουργίες. Αν το συμπαθητικό διεγείρει ένα όργανο, το παρασυμπαθητικό το αναστέλλει. Συνήθως όμως το συμπαθητικό σύστημα δρα ως δεγέρτης. Έχει την ίδια επίδραση όπως η ορμόνη αδρεναλίνη των επινεφριδίων. Έχει μία σπουδαία λειτουργία όσον αφορά στην προετοιμασία του οργανισμού για «μάχη-ή-φυγή» σε καταστάσεις συναγερμού. Το Παράρτημα 22-Γ δίνει ως ειδικό παράδειγμα τον τρόπο δράσεως του αυτόνομου νευρικού συστήματος όσον αφορά στον έλεγχο του ρυθμού των καρδιακών παλμών.



Εικόνα 22-Β-1 *Διάγραμμα του αυτόνομου νευρικού συστήματος του ανθρώπου. Όλοι αυτοί οι νευρώνες είναι κινητικοί νευρώνες· η κυκλοφορία είναι μονής κατευθύνσεως. Ο έλεγχος των οργάνων στόχων επιτυγχάνεται από την αντίθεση των διεγέρσεων από το συμπαθητικό και παρασυμπαθητικό σύστημα.*

22-Γ
Νευροδιαβιβαστές και ορμόνες ελέγχουν το ρυθμό των καρδιακών παλμών

Στην παράγραφο 17-8 μάθατε για τις έρευνες του Χάρβεϊ για την καρδιά. Από την εποχή του Χάρβεϊ και άλλοι πολλοί ερευνητές μελέτησαν τη λειτουργία της καρδιάς. Ο Χάρβεϊ σημείωσε ότι η καρδιά ενός ζώου συνεχίζει να πάλλεται και μετά την αποκοπή της κεφαλής του. Μάλιστα, οι καρδιές ζώων,



Εικόνα 22-Γ-1 *Οι καρδιακοί παλμοί ελέγχονται από δύο σειρές νεύρων. Νεύρα-επιταχυντές φέρουν ώσεις από ρυθμιστικό κέντρο καρδιακών παλμών του εγκεφάλου προς επιτάχυνση της καρδιάς. Η καρδιά επιβραδύνεται από τη δράση των πνευμονογαστρικών νεύρων.*

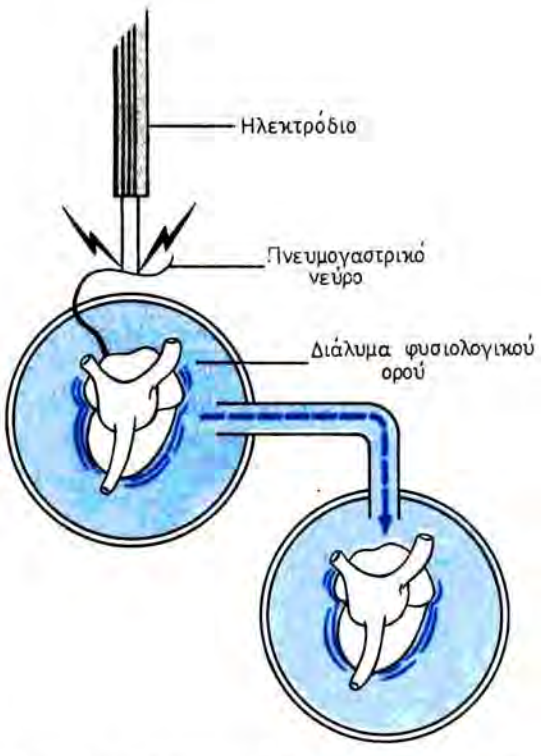
όπως οι βάτραχοι και οι χελώνες, εξακολουθούν να πάλλονται επί ημέρες εκτός σώματος, αν διατηρούνται σε κατάλληλα διαλύματα. Οι παρατηρήσεις αυτές δείχνουν ότι οι παλμοί της καρδιάς εξαρτώνται από την ίδια την καρδιά. Έχει βρεθεί ότι η συστολή της καρδιάς ξεκινά από μία ειδική περιοχή στο δεξιό κόλπο, το βηματοδότη (βλέπε παράγρ. 17-8) και κατόπιν εξαπλώνεται στα άλλα μέρη της καρδιάς.

Ο ρυθμός και η ισχύς των καρδιακών παλμών εξαρτώνται και από παράγοντες εκτός της ίδιας καρδιάς. Μερικοί από τους παράγοντες αυτούς είναι νεύρα, που διατρέχουν τον καρδιακό μυ και χημικοί παράγοντες στο αίμα, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το οξυγόνο και ορμόνες.

Πώς ελέγχουν τα νεύρα το ρυθμό των καρδιακών παλμών; Δύο ζεύγη νεύρων οδηγούν στην καρδιά. Το ένα ζεύγος, ονομαζόμενο ***πνευμονογαστρικό,*** επιβραδύνει τους καρδιακούς παλμούς. Τα πνευμονογαστρικά νεύρα είνα τμήμα του παρασυμπαθητικού συστήματος. Τα άλλα νεύρα, ονομαζόμενα ***νεύρα-επιταχυντές,*** μεταφέρουν ώσεις, που επιταχύνουν το ρυθμό των καρδιακών παλμών (βλέπε εικόνα 22-Γ-1). Τα νεύρα-επιταχυντές αποτελούν τμήμα του συμπαθητικού συστήματος. Η δραστηριότητα ενός εσωτερικού οργάνου συχνά ελέγχεται από σειρές νεύρων με αντίθετη επίδραση. Το θέμα αυτό εξετάζεται στο Παράρτημα 22-Β, Το αυτόνομο νευρικό σύστημα.

Πώς ανακαλύφθηκε η φύση του ελέγχου των καρδιακών παλμών από το νευρικό σύστημα; Τα πειράματα του φυσιολόγου Όθωνα Λεβή, το 1921, οδήγησαν στην κατανόηση του τρόπου του ελέγχου των καρδιακών παλμών. Όπως πολλά πειράματα που έχουν σχεδιασθεί από δημιουργικούς ερευνητές, το πείραμα του Λεβή φαίνεται πολύ απλό. Αφού ο Λεβή διαπίστωσε ότι η διέγερση από τα πνευμονογαστρικά νεύρα επιβράδυνε τους καρδιακούς παλμούς, σχεδίασε ένα πείραμα, όπως αυτό που δείχνει η εικόνα 22-Γ-2. Ο Λεβή τοποθέτησε μία καρδιά βατράχου σε ένα τρυβλίο και διήγειρε τα πνευμονογαστρικά νεύρα με ηλεκτρισμό. Συνέδεσε κατόπιν το υγρό του τρυβλίου με το υγρό ενός άλλου, που περιείχε μία καρδιά χωρίς πνευμονογαστρικά νεύρα. Το υγρό από το πρώτο τρυβλίο οδήγησε στην επιβράδυνση της μη διεγερμένης καρδιάς βατράχου του δεύτερου τρυβλίου. Ο Λεβή κατέληξε στο συμπέρασμα ότι, όταν τα πνευμονογαστρικά νεύρα της καρδιάς του πρώτου τρυβλίου διεγείρονταν, κάποια χημική ουσία ελευθερωνόταν στο υγρό. Η ουσία αυτή έκανε τη μη διεγερμένη καρδιά του δεύτερου τρυβλίου να επιβραδύνει το ρυθμό των παλμών της σαν να είχε διεγερθεί το δικό της πνευμονογαστρικό νεύρο. Λίγο αργότερα ο Λεβή προσδιόρισε ότι η ουσία που ελευθερωνόταν από το διεγερμένο πνευμονογαστρικό νεύρο ήταν η ακετυλχολίνη.

Ο νευροδιαβιβαστής που παράγεται από τα νεύρα-επιταχυντές έχει προσδιορισθεί ότι εί-



Εικόνα 22-Γ-2 *Δύο καρδιές επηρεάζονται από το πνευμονογαστρικό νεύρο, που προσφύεται στη μία μόνο από τις δύο. Ποιες είναι οι ενδείξεις από το πείραμα αυτό, που έκανε ο Λεβή, για την έκλυση ενός χημικού μηνύματος;*

ναι η αδρεναλίνη. Η αδρεναλίνη είναι μία ορμόνη, που παράγεται κυρίως στα επινεφρίδια τα οποία εδράζονται επάνω στα νεφρά (βλέπε παράγρ. 21-3 και εικόνα 21-11). Η αδρεναλίνη που ελευθερώνεται από τα νεύρα επιταχυντές και από τα επινεφρίδια αυξάνει το ρυθμό των καρδιακών παλμών. Ίσως έχετε παρατηρήσει τις επιδράσεις διαφόρων ουσιών στη διαστολή ή συστολή των αιμοφόρων αγγείων, όταν είχατε ασχοληθεί με το πείραμα 17-Γ, Τριχοειδής κυκλοφορία. Θα μελετήσετε επίσης την επίδραση διαφόρων χημικών ουσιών στο ρυθμό των καρδιακών παλμών στο πείραμα 23-Α, Κάνοντας τους μύες να κινούνται.

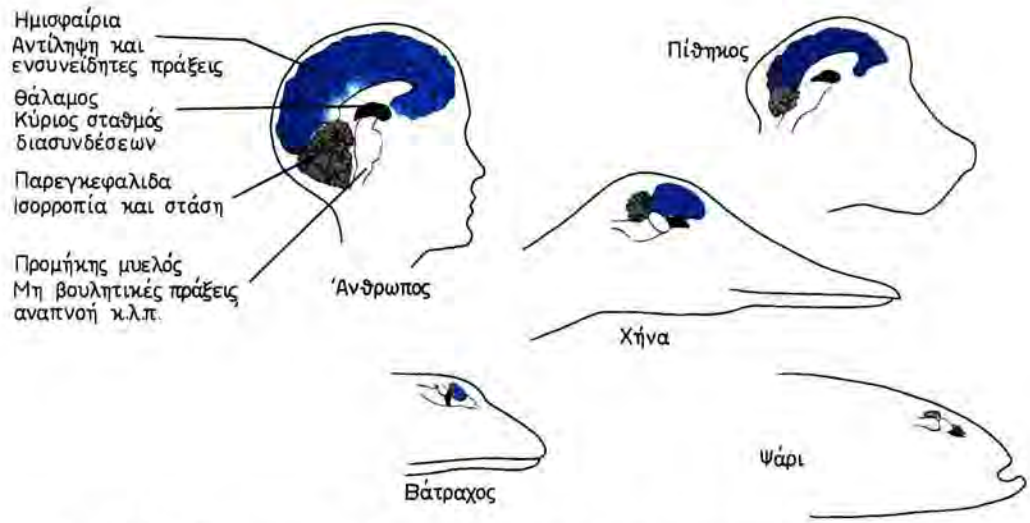
22-Δ
Τα ημισφαίρια έγιναν μεγαλύτερα κατά την εξέλιξη του εγκεφάλου

Τέσσερις διαφορετικοί εγκέφαλοι σπονδυλωτών ζώων συγκρίνονται στην εικόνα 22-Ε-1. Σημειώστε ότι το τμήμα που ονομάζεται ημισφαίρια είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένο στον άνθρωπο σε σχέση με τα ζώα. Συγκρίνετε το μέγεθος των ημισφαιρίων με το μέγεθος των άλλων τμημάτων του εγκεφάλου κάθε ζώου. Μελέτες όπως αυτές αποτελούν τη συγκριτική ανατομία. Τα δεδομένα αυτά υποδεικνύουν μία υπόθεση σχετικά με την εξέλιξη του εγκεφάλου στα σπονδυλωτά ζώα. Καθώς τα σπονδυλωτά εξελίσσονταν, το μέγεθος και η περιπλοκότητα των λειτουργιών του εγκεφάλου αυξανόταν.

Ο εγκέφαλος είναι το κλειδί της βιολογικής επιτυχίας των ανθρωπίνων όντων, που μαζί με τις φωνητικές χορδές έκαναν δυνατή τη σύνθετη επικοινωνία. Οι χιμπαντζήδες και οι πίθηκοι έχουν εξελιγμένους εγκεφάλους επίσης, και είναι δυνατό να διδαχθούν να επικοινωνούν με γλώσσα συμβόλων. (Δεν έχουν φωνητικές χορδές, που να επιτρέπουν ανθρωπόμορφη ομιλία). Εντούτοις μόνο τα ανθρώπινα όντα έφθασαν σε βαθμό εξειδικεύσεως, που να επιτρέπει τη δημιουργία του πολιτισμικού τους κόσμου.

22-Ε
Πώς ελέγχει ο εγκέφαλος το ρυθμό αναπνοής;

Πώς γνωρίζει ο εγκέφαλος ότι τα κύτταρα δεν έχουν αρκετό οξυγόνο και ότι η απομάκρυνση του διοξειδίου του άνθρακα γίνεται με αργό ρυθμό; Μια μικρή περιοχή του εγκεφάλου είναι ευαίσθητη όσον αφορά στις συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα στο αίμα. Αν η συγκέντρωση αυτή αυξηθεί τότε η περιοχή αυτή του εγκεφάλου που είναι ευαίσθηση στο διοξείδιο του άνθρακα ενεργοποιείται. Η ευαίσθητη αυτή περιοχή του εγκεφάλου αποστέλει νευρικές ώσεις προς την περιοχή του εγκεφάλου που ελέγχει το ρυθμό αναπνοής. Ως αποτέλεσμα αυτών των ώσεων άλλες νευρικές ώσεις διακινούνται μέσω κινητικών νευρώνων προς τους μύες των πλευρών και του διαφράγματος. Ο αέρας εισπνέεται και εκπνέεται πιο γρήγορα. Η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα μειώνεται. Με τη μείωση της συγκεντρώσεως του διοξειδίου του άνθρακα η περιοχή του εγκεφάλου που είναι ευαίσθητη στο διοξείδιο του άνθρακα απενεργοποιείται και η αναπνοή επανέρχεται στον κανονικό ρυθμό.



Εικόνα 22-Ε-1 *Συγκρίνετε τους εγκεφάλους των πέντε αυτών σπονδυλωτών.*

22-Ζ
Ο εγκέφαλος επιτελεί αντανακλαστικές και συντονιστικές λειτουργίες

Είναι κοινή πεποίθηση ότι τα αντανακλαστικά διακινούνται κατά μήκος οδών από το σημείο της διεγέρσεως προς το νωτιαίο μυελό και από το μυελό προς το μυ ή τον αδένα που διεγείρεται. Τα περισσότερα αντανακλαστικά παρακάμπτουν τελείως τον εγκέφαλο. Εντούτοις, παρά το ότι ο εγκέφαλος δεν χρειάζεται σε ένα αντανακλαστικό κύκλωμα, ο εγκέφαλος ενός ανθρώπου είναι δυνατό να ασκεί ισχυρό έλεγχο επί του νωτιαίου μυελού ή ακόμη και επί της λειτουργίας του αντανακλαστικού.

Τα αντανακλαστικά ενός ατόμου φαίνεται ότι σταματούν μετά από βλάβη του νωτιαίου μυελού. Για το χρονικό διάστημα που ποικίλλει έως και έξι μήνες το σώμα φαίνεται να είναι τελείως παράλυτο κάτω από το σημείο βλάβης του νωτιαίου μυελού. Με μεγάλη βραδύτητα τα αντανακλαστικά αρχίζουν βαθμιαία να επανεμφανίζονται. Βαθμιαία τα αντανακλαστικά κάμψεως των ποδιών ξαναγίνονται εμφανώς ισχυρά. Η μακριά περίοδος που προηγείται της επανεμφανίσεως των αντανακλαστικών υποδεικνύει ότι η φυσιολογική λειτουργία του νωτιαίου μυελού εξαρτάται από τη σταθερότητα των μηνυμάτων ελέγχου, που προέρχονται από τον εγκέφαλο. Ο νωτιαίος μυελός φαίνεται ότι απαιτεί μακρύ χρονικό διάστημα, για να προσαρμοσθεί στην απώλεια των εγκεφαλικών μηνυμάτων. Παρόμοια κατάσταση παρατηρείται και στα ζώα. Η εξάρτηση όμως του νωτιαίου μυελού από τον εγκέφαλο φαίνεται ότι είναι μεγαλύτερη στους ανθρώπους από ό,τι στα άλλα ζώα.

Άλλες ενδείξεις δείχνουν ότι μερικά αντανακλαστικά είναι δυνατό να ελέγχονται από τον εγκέφαλο. Για παράδειγμα, ένας ακροβάτης, καθώς βαδίζει επάνω στο σχοινί, μπορεί να πατήσει σε κάποιο οξύ αντικείμενο. Η αντανακλαστική αντίδραση στο ερέθισμα αυτό θα έκανε τον ακροβάτη να χάσει την ισορροπία του, αλλά ο εγκέφαλος στην περίπτωση αυτή επικρατεί με βουλητικό έλεγχο της καταστάσεως. Η εξάσκηση υπερφαλαγγίζει τα αντανακλαστικά, ώστε ο ακροβάτης μπορεί να διατηρεί την αναγκαία στάση προς επίτευξη ισορροπίας. Η ικανότητα ασκήσεως βουλητικού ελέγχου επί των αντανακλαστικών επιτρέπει στους ανθρώπους να προσαρμόζονται σε μεταβαλλόμενες καταστάσεις. Μας επιτρέπει να αντιδρούμε στα ερεθίσματα κατά πολλούς και διάφορους τρόπους.

Μερικά αντανακλαστικά τόξα διέρχονται διά του εγκεφάλου αντί διά του νωτιαίου μυελού. Η αντανακλαστική λειτουργία του εγκεφάλου είναι όμοια με αυτή του νωτιαίου μυελού. Παράδειγμα αντανακλαστικής λειτουργίας που εξαρτάται από τον εγκέφαλο είναι το αντανακλαστικό ανοιγοκλεισίματος των οφθαλμών. Κάθε ερέθισμα στην επιφάνεια των οφθαλμών ή στα βλέφαρα προκαλεί ώσεις, που μεταβιβάζονται κατά μήκος ειδι-

κών νευρώνων προς τον εγκέφαλο. Στα αντανακλαστικά κέντρα του εγκεφάλου οι ώσεις μεταφέρονται προς κινητικούς νευρώνες, που μεταδίδουν αυτές στους μύες των βλεφάρων. Οι μύες αυτοί των βλεφάρων συστέλλονται κλείνοντας τον οφθαλμό με το τυπικό ανοιγοκλείσιμο του αντανακλαστικού αυτού. Πολλά αντανακλαστικά του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού είναι ενδογενή: οι άνθρωποι γεννιούνται μ' αυτά.

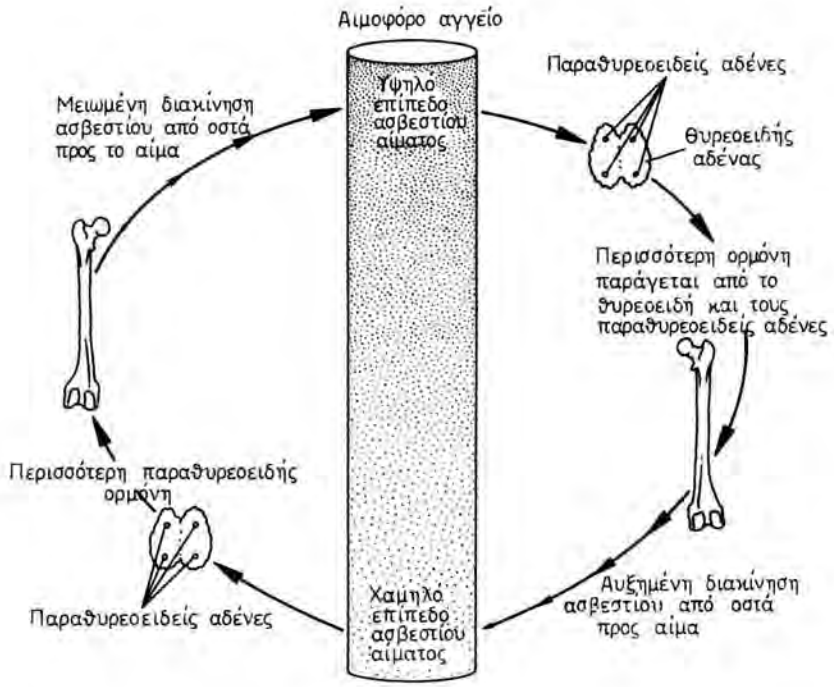
Επιπλέον της αντανακλαστικής λειτουργίας ο εγκέφαλος συντονίζει τις λειτουργίες σε πολλά και διαφορετικά μέρη του σώματος. Ο συντονισμός αυτός εξαρτάται μερικώς από τις αισθητικές ώσεις, που έρχονται από τους διάφορους υποδοχείς. Ο εγκέφαλος ερμηνεύει τις ώσεις αυτές και στέλνει προς τα έξω νέες ώσεις, προς πολλούς εκτελεστές μύες και αδένες, κάνοντας δυνατή τη λειτουργία τους υπό μορφή ενιαίας μονάδας. Οι συντονιστικές αυτές λειτουργίες του εγκεφάλου είναι πολύ πιο περίπλοκες από τις αντανακλαστικές αντιδράσεις.

Μία λιγότερο ή περισσότερο ρυθμική αύξηση ή μείωση ηλεκτρικής ενεργότητας παρατηρείται στον εγκέφαλο. Οι μετρητές αυτές ηλεκτρικές μεταβολές, ή «εγκεφαλικά κύματα» δίνουν ενδείξεις της λειτουργίας του εγκεφάλου. Τα εγκεφαλικά κύματα ποικίλλουν εξαρτώμενα από τη δραστηριότητα του εγκεφάλου. Κατά τη διάρκεια του βαθέος ύπνου, στους ανθρώπους, τα εγκεφαλικά κύματα είναι μακρά και αργά. Γίνονται μικρότερα, ταχύτερα και ανώμαλα, όταν ένας άνθρωπος ξυπνά και βρίσκεται σε εγρήγορση ή όταν ονειρεύεται. Ποια είναι η σημασία των ηλεκτρικών αυτών κυμάτων; Σε ποιο σημείο του εγκεφάλου και πώς ακριβώς προκαλούνται; Οι επιστήμονες δεν γνωρίζουν ακόμη τις απαντήσεις στις ερωτήσεις αυτές, αν και η συνεχιζόμενη έρευνα έχει δώσει μερικές απαντήσεις. Για την ώρα ο ανθρώπινος εγκέφαλος είχε περιορισμένη επιτυχία στην προσπάθειά του να κατανοήσει τον εαυτό του.

23-Α
Ορμόνες που ελέγχουν το σχηματισμό των οστών

Ορμόνες από το θυρεοειδή και τους παραθυρεοειδείς αδένες συνεργάζονται με μία ορμόνη, που παράγεται από το δέρμα και το ηλιακό φως, προς έλεγχο του επιπέδου του ασβεστίου και των φωσφορικών στο αίμα και τα οστά. Μία οποιαδήποτε ανισορροπία μεταξύ των τριών αυτών είναι δυνατό να προκαλέσει σοβαρές δυσμορφίες ή ανωμαλίες στα οστά. Για παράδειγμα, η ραχίτιδα, μία σοβαρότατη ασθένεια των οστών στη Βόρεια Ευρώπη κατά τους 18ο και 19ο αιώνα, προκαλείται από την έλλειψη της ορμόνης του δέρματος. Λέγεται ότι η ραχίτιδα ήταν η πρώτη ασθένεια λόγω ρυπάνσεως της ατμόσφαιρας, γιατί εξαπλώθηκε στη Βόρεια Ευρώπη μαζί με το νέφος του καπνού από το κάρβουνο, που σκέπαζε τον ήλιο κατά τη βιομηχανική επανάσταση. Επιπλέον όλο και περισσότερα άτομα συγκεντρώνονταν κατά την περίοδο εκείνη στα σκοτεινά, στενά και ανήλιαγα δρομάκια των υποβαθμισμένων περιοχών των βιομηχανικών πόλεων. Η έλλειψη ηλιακού φωτός, ειδικότερα κατά τους χειμώνες στη Βόρεια Ευρώπη, είχε ως αποτέλεσμα την εμφάνιση της μάστιγας της ραχίτιδας στους πλούσιους και στους φτωχούς, που ζούσαν στις βιομηχανικές πόλεις. Χωρίς το υπεριώδες τμήμα του ηλιακού φωτός το δέρμα είναι αδύνατο να δημιουργήσει την ορμόνη, που απάγει το ασβέστιο από το αίμα προς τα αναπτυσσόμενα οστά. Πώς ακριβώς η ορμόνη αυτή απάγει το ασβέστιο από το αίμα προς τα οστά δεν είναι ακόμη κατανοητό. Εντούτοις, αν αυτή η ορμόνη λείπει, τα οστά απλώς δεν προσλαμβάνουν αρκετό ασβέστιο για να σκληρυνθούν.

Αναφέρθηκε προηγουμένως ότι ορμόνες από τους παραθυρεοειδείς αδένες του λαιμού (βλέπε εικόνα 21-11) συνεργάζονται προς έλεγχο του επιπέδου του ασβεστίου και των φωσφορικών στο αίμα και στα οστά. Υπάρχουν δύο τέτοιες ορμόνες. Η μία από αυτές σχηματίζεται και στο θυρεοειδή αδένα. Πώς λειτουργούν αυτές οι δύο ορμόνες δεν είναι πλήρως κατανοητό. Όταν το επίπεδο του ασβεστίου στο αίμα είναι υψηλό, η μία από τις δύο ορμόνες, εκείνη που εκκρίνεται και από τους δύο αδένες, παράγεται σε μεγαλύτερες ποσότητες. Η δράση της μειώνει τη διακίνηση του ασβεστίου από τα οστά προς το αίμα. Ως αποτέλεσμα μειώνεται το επίπεδο ασβεστίου στο αίμα. Όταν το επίπεδο του ασβεστίου στο αίμα μειωθεί πολύ, η δεύτερη ορμόνη του παραθυρεοειδή αδένα παράγεται σε μεγαλύτερα ποσά. Η δράση της αυξάνει τη διακίνηση του ασβεστίου από τα οστά προς το



Εικόνα 23-Α-1 *Διάγραμμα της δράσεως ορμονών επί του ασβεστίου στο αίμα και τα οστά.*

αίμα. Ως αποτέλεσμα το επίπεδο ασβεστίου στο αίμα αυξάνει. Δηλαδή η δράση αυτών των ορμονών είναι αντίθετη. Η μία ορμόνη από τον παραθυρεοειδή και η ορμόνη του θυρεοειδούς προστατεύουν τα οστά. Η άλλη ορμόνη από τον παραθυρεοειδή προστατεύει το αίμα. Η εικόνα 23-Α-1 δείχνει πώς η δράση των δύο αυτών ορμονών εξισορροπεί την ποσότητα ασβεστίου στο αίμα και στα οστά. Το αποτέλεσμα είναι να παρουσιάζεται ομοιόσταση σε μία ακόμη σωματική λειτουργία.

24-Α
Μία εξήγηση για τους τροπισμούς και τις άλλες κινήσεις των φυτών

Πώς μπορεί να εξηγηθεί ο γεωτροπισμός; Ανακαλέστε τα πειράματα επί των κολεοπτίλων και του φωτός στο πείραμα 21-Α. Όπως είδατε, η κάμψη των νεαρών βλαστών προς το φως εξαρτάται από τις αυξίνες. Είναι δυνατό να βγάλετε το συμπέρασμα ό,τι και η κάμψη των νεαρών βλαστών αντιθέτως προς τη βαρύτητα εξαρτάται από τις αυξίνες; Αν τοποθετήσετε ένα φυτό σε μία γλάστρα με το βλαστό σε οριζόντια θέση όπως στην εικόνα 24-Α-1, τι θα συμβεί στο βλαστό; Είναι δυνατό να αποδώσετε την προς τα επάνω ανάπτυξη του βλαστού στις αυξίνες; Είναι δυνατό να ισχυρισθείτε ότι περισσότερη αυξίνη στη μία πλευρά του βλαστού προκαλεί επιμήκυνση των κυττάρων της πλευράς αυτής και ότι η βαρύτητα έλκει περισσότερη αυξίνη προς την κάτω πλευρά του βλαστού; Η επιμήκυνση των κυττάρων θα είναι μεγαλύτερη στην κάτω πλευρά του βλαστού παρά στην επάνω πλευρά του. Αυτό θα προκαλούσε κάμψη προς τα επάνω της κορυφής του βλαστού.

Ο ίδιος όμως τρόπος επαγωγικής σκέψεως δεν είναι δυνατό να εξηγήσει την προς τα

κάτω ανάπτυξη των ριζών. Πώς λοιπόν μπορεί να εξηγηθεί ο θετικός γεωτροπισμός των ριζών ενός φυτού; Έχουν προταθεί αρκετές υποθέσεις. Ίσως τα κύτταρα των ριζών αντιδρούν διαφορετικά στις αυξίνες απ' ό,τι αντιδρούν τα κύτταρα του βλαστού. Ή, ίσως οι ρίζες έχουν περισσότερη αυξίνη. Διάφορα πειράματα έχουν αποδείξει ότι μία πολύ υψηλή συγκέντρωση αυξινών αναστέλλει ορισμένες φορές την ανάπτυξη αντί να την επιταχύνει. Προς το παρόν ο τρόπος με τον οποίο οι ρίζες αντιδρούν στη βαρύτητα δεν είναι γνωστός.

Ένα άλλο είδος κινήσεως των φυτών έχει παρατηρηθεί όταν το απόθεμα νερού είναι μειωμένο. Οι ρίζες του φυτού αναπτύσσονται προς τα σημεία όπου υπάρχει νερό. Δεν είναι σωστό να πει κανείς ότι τα φυτά «αναζητούν» νερό. Είναι εύκολο να εξηγηθεί κάθε συμπεριφορά φυτού ή ζώου με βάση την «προσπάθεια να κάνουν ό,τι είναι αναγκαίο για να επιβιώσουν», αλλά οι εξηγήσεις αυτές είναι παραπλανητικές. Οι εξηγήσεις που προϋποθέτουν ότι τα φυτά και τα ζώα έχουν ενσυνείδητες παρορμήσεις ή δείχνουν ανθρώπινη σκέψη και πράξη ονομάζονται ***ανθρωπομορφικές.*** Η λέξη ανθρωπομορφικός σημαίνει ότι «έχουν τη μορφή ανθρώπου». Ανθρώπινη παρόρμηση και κατανόηση πρέπει να αποδίδονται μόνο στον άνθρωπο και όχι σε φυτά ή άλλα ζώα.

Ποια θα ήταν λοιπόν μία λογική εξήγηση για την παρατήρηση ότι οι ρίζες ενός φυτού αναπτύσσονται ταχύτερα και διακλαδίζονται συχνότερα στο έδαφος που έχει περισσότερη υγρασία; Το νερό από ένα υπόγειο απόθεμα νερού θα τείνει να διαχέεται προς το πολύ ξηρό χώμα. Οι ρίζες του φυτού που βρίσκονται στη διαβρεχόμενη περιοχή θα τείνουν να αναπτύσσονται πιο γρήγορα και γι' αυτό δίνουν την εντύπωση ότι αναπτύσσονται με τη βούλησή τους προς την πηγή του νερού.

Μία άλλη ενδιαφέρουσα συμπεριφορά είναι η τάση που παρουσιάζουν ορισμένα φυτά να αντιδρούν στο άγγιγμα. Για παράδειγμα, όταν οι έλικες ενός αναρριχητικού φυτού αγγίξουν στερεά αντικείμενα, αντιδρούν περιελισσόμενες γύρω από αυτά. Γι' αυτό μπορούν να αναπτύσσονται επάνω στο πλαίσιο ενός κιγκλιδώματος ή ενός δικτυωτού.

Η θιξοτροπική αντίδραση των φυτών φαίνεται καλύτερα στο ευαίσθητο φυτό *Μιμόζα η αισχυντηλή*. Όπως φαίνεται στην εικόνα 24-Α-2, τα φυτά ή ο βλαστός του φυτού αυτού τείνουν να κλείνουν με ταχύτητα, αν κάτι τα αγγίξει. Μία απότομη αλλαγή στη θερμοκρασία θα έχει το ίδιο αποτέλεσμα. Πειράματα με τη *Μιμόζα* έχουν δείξει ότι στις αντιδράσεις αυτές εμπλέκεται χημική και ηλεκτρική δραστηριότητα. Το αίτιο της αντιδράσεως αυτής δεν είναι γνωστό. Ίσως αυτή η αντίδραση του φυτού να κλείνει τα φύλλα του, το βοηθά κατά κάποιο τρόπο να επιβιώσει.



Εικόνα 24-Α-1 *Όταν ένα φυτεμένο φυτό τοποθετείται οριζόντια και διατηρείται στο σκοτάδι, ο βλαστός του σε λίγες ημέρες κάμπτεται προς τα επάνω. Πώς εξηγείται αυτό;*

Ένα άλλο φυτό που αντιδρά με ταχύτητα στο άγγιγμα είναι το φυτό-μυγοπαγίδα *Διονοία* (εικόνα 19-1). Το φυτό παγιδεύει έντομα κλείνοντας τα μεγάλα φύλλα του γύρω από κάθε μικρό αντικείμενο, που αγγίζει τις αισθητικές τρίχες των φύλλων του.

24-Β
Ενδογενής συμπεριφορά

Υπάρχουν πολλά είδη συμπεριφοράς. Η συμπεριφορά του *Παραμηκύου* που παρατη-





Εικόνα 24-Α-2 *Τα φυλλάρια του φυτού Μιμόζα (αριστερά). Σε αντίδραση σε ένα ερέθισμα, όπως άγγιγμα, θερμότητα, ή ηλεκτρική εκκένωση, τα φυλλάρια αναδιπλώνονται (δεξιά). Μετά από ορισμένο χρόνο αναρρώσεως τα φυλλάρια ανοίγουν πάλι.*

ρήσατε στο πείραμα 24-Β είναι ένα πρωτόγονο είδος συμπεριφοράς, που ονομάζεται τακτισμός. Τακτισμός είναι μία αλλαγή στην κατεύθυνση κινήσεως των πρωτίστων και των ζώων, που προκαλείται από κάποιο ερέθισμα του περιβάλλοντος. Οι τυχαίες κινήσεις δεν είναι τακτισμοί, αλλά η αλλαγή κατευθύνσεως του *Παραμηκύου* ως αντίδραση σε μία σταγόνα νερού που περιέχει άλατα είναι τακτισμός. Είναι αντίδραση σε ένα ορισμένο ερέθισμα. Επειδή μία τέτοια συμπεριφορά είναι καθορισμένη και απαράλλακτη κάθε φορά, ονομάζεται ***ενδογενής συμπεριφορά.*** Στις περιπτώσεις ενδογενούς συμπεριφοράς οι οργανισμοί αντιδρούν με τον ίδιο τρόπο στο ίδιο ερέθισμα.

Ένα περισσότερο σύνθετο είδος ενδογενούς συμπεριφοράς είναι η ***αντανακλαστική συμπεριφορά.*** Στην παράγραφο 22-8 μάθατε πώς το νευρικό σύστημα προκαλεί αντανακλαστική συμπεριφορά. Μία από τις απλούστερες αντανακλαστικές πράξεις είναι το αντανακλαστικό του γονάτου στον άνθρωπο. Όταν κτυπηθεί ο τένοντας κάτω από το γόνατο, το πόδι αντιδρά με ένα τίναγμα. Η αντανακλαστική συμπεριφορά είναι ενδογενής, γιατί ο οργανισμός αντιδρά σε ένα εξειδικευμένο ερέθισμα με ένα χαρακτηριστικό τρόπο. Γενικά τα αντανακλαστικά προστατεύουν ένα οργανισμό από βλάβες ή τον βοηθούν να διατηρήσει φυσιολογικές συνθήκες.

Πολλές αυτόματες αντιδράσεις συμπεριφοράς των ανθρώπων είναι αντανακλαστικές. Για παράδειγμα, η φυσική στάση του σώματος διατηρείται από διαρκείς μυικές προσαρμογές. Οι προσαρμογές αυτές ενεργοποιούνται από ελαφρότατες αλλαγές του περιβάλλοντος. Σε κάθε φυσιολογική κίνηση, όπως κάνοντας ένα βήμα, ο συντονισμός των μυών εξαρτάται από μία σειρά αντανακλαστικών δραστηριοτήτων. Οι δραστηριότητες αυτές εμπλέκουν μύες, νεύρα και αισθητικούς υποδοχείς, που εδράζονται σε διάφορα σημεία του σώματος.

Τα πλέον σύνθετα πρότυπα ενδογενούς



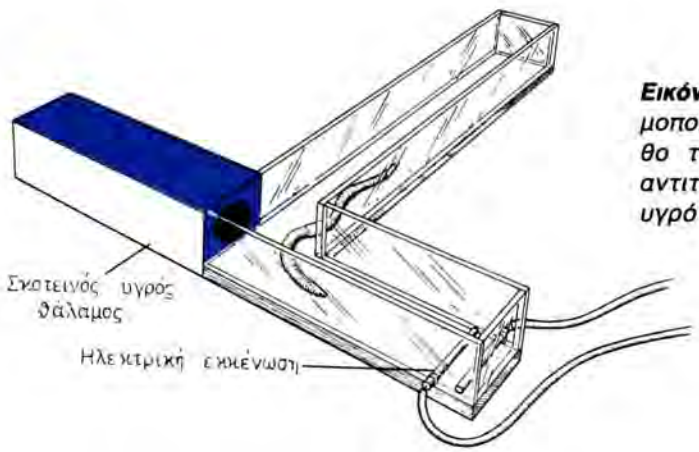
Εικόνα 24-Β-1 *Η αράχνη αυτή που πλέκει το δίκτυ της παρουσιάζει ένα σύνθετο πρότυπο συμπεριφοράς. Διάφορα είδη αραχνών πλέκουν κατά διαφορετικό τρόπο τα δίκτυα τους.*

συμπεριφοράς ονομάζονται ***ένστικτα.*** Ένα ένστικτο είναι μία κληρονομήσιμη μορφή συμπεριφοράς, που περιλαμβάνει συνήθως μία ολόκληρη σειρά δραστηριοτήτων. Για παράδειγμα, το ένστικτο προετοιμασίας φωλιάς στα πτηνά περιλαμβάνει όλες τις δραστηριότητες αναζητήσεως δομικών υλικών, μεταφοράς τους σε μία κατάλληλη, για φωλιά, θέση, και κατασκευή ενός εξειδικευμένου τύπου φωλιάς από αυτά. Η συμπεριφορά επανόδου στη φωλιά τους των περιστεριών και η μεταναστευτική συμπεριφορά ορισμένων ψαριών είναι παραδείγματα ενστικτώδους συμπεριφοράς. Τέτοια είδη συμπεριφοράς είναι χαρακτηριστικά για ένα δεδομένο είδος. Μερικές φορές το είδος ενός ζώου μπορεί να αναγνωρισθεί από την παρατήρηση της συμπεριφοράς του.

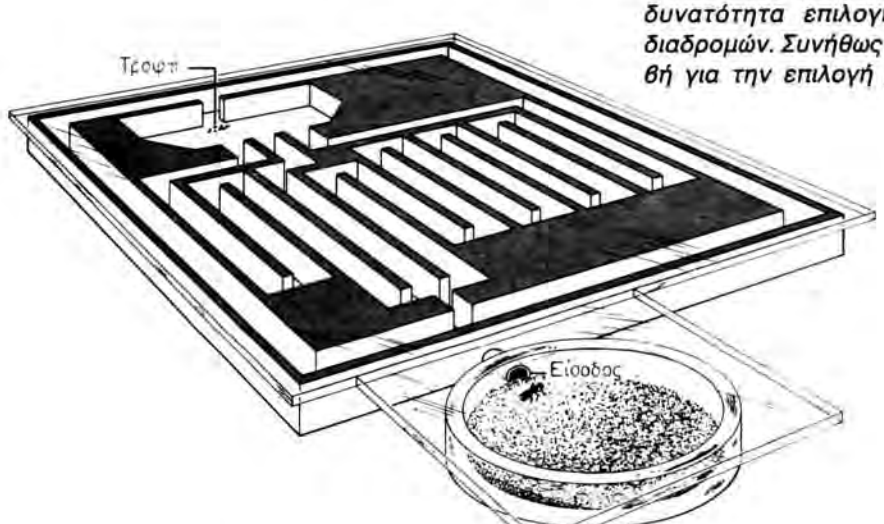
Η αράχνη, που φαίνεται στην εικόνα 24-Β-1 να πλέκει το δίκτυ της, παρουσιάζει ένα άλλο παράδειγμα ενστικτώδους συμπεριφοράς. Ένας ειδικός μπορεί να προσδιορίσει τα είδη των αραχνών εξετάζοντας τα δίκτυα. Πληροφορίες για την εξέλιξη ορισμένων αραχνών είναι δυνατόν να συγκεντρωθούν από αναλύσεις των προτύπων συμπεριφοράς, που αποτυπώνονται στα δίκτυα τους. Ομοιότητες στα δίκτυα ίσως δείχνουν συγγένειες μεταξύ ομάδων αραχνών.

Για πολλά χρόνια οι λαβύρινθοι χρησιμοποιούνταν ευρύτατα για πειράματα διδαχής τύπου δοκιμή - και - λάθος με ζώα. ***Λαβύρινθος*** είναι μία σειρά διαδρομών, στην οποία το ζώο πρέπει να επιλέξει μεταξύ εναλλακτικών διαδρομών. Αν ένα ζώο επιλέξει την ορθή σειρά διαδρομών, ανταμείβεται με τροφή. Αν επιλέξει λανθασμένες διαδρομές, μπορεί να τιμωρηθεί, ίσως με μία ήπια ηλεκτρική εκκένωση. Περνώντας μέσα από το λαβύρινθο κατ' επανάληψη, το ζώο είναι δυνατό να διδαχθεί να παίρνει τις σωστές στροφές με αποτέλεσμα την ανταμοιβή του και όχι την τιμωρία του.

Το απλούστερο είδος λαβυρίνθου είναι ο



Εικόνα 24-Β-2 *Αυτό το πείραμα διδαχής χρησιμοποιεί ένα γεωσκώληκα σε ένα απλό λαβύρινθο τύπου Τ. Τιμωρία (ηλεκτρική εκκένωση) αντιτίθεται προς το φυσιολογικό σκοτεινό, υγρό περιβάλλον του γεωσκώληκα.*



Εικόνα 24-Β-3 *Παράδειγμα λαβυρίνθου που χρησιμοποιείται σε πειράματα τύπου δοκιμή - και - λάθος με μυρμήγκια. Το μυρμήγκι έχει δυνατότητα επιλογής μεταξύ διαφορετικών διαδρομών. Συνήθως δίνεται τροφή ως ανταμοιβή για την επιλογή μιας σωστής διαδρομής.*

λαβύρινθος τύπου Τ, όπου υπάρχει μόνο μία επιλογή. Πλατυέλμινθες σκώληκες και γεωσκώληκες μπορούν να διδαχθούν να κάνουν τη «σωστή» επιλογή στροφής σε αυτό το λαβύρινθο. Στους γεωσκώληκες, για παράδειγμα, επιτρέπεται η επιλογή μεταξύ εισόδου σε ένα σκοτεινό υγρό θάλαμο ή μιας ηλεκτρικής εκκενώσεως (βλέπε εικόνα 24-Β-2). Σε ένα πείραμα χρειάσθηκαν περίπου 220 δοκιμές μέσα στο λαβύρινθο, για να διδαχθούν οι γεωσκώληκες να παίρνουν τη σωστή στροφή. Αφού ένας γεωσκώληκας διδαχθεί, είναι δυνατό να παίρνει τη σωστή στροφή 90% των περιπτώσεων. Αν δεν έχει διδαχθεί, θα συνεχίζει να παίρνει με την ίδια πιθανότητα τη στροφή αριστερά ή δεξιά.

Μερικά έντομα εμφανίζουν ικανότητα αρκετά ταχείας διδαχής του τύπου δοκιμή - και - λάθος σε λαβύρινθους. Ακόμη όμως και μεταξύ εντόμων η ικανότητα διδαχής διαφέρει. Τα μυρμήγκια, για παράδειγμα, διδάσκονται πιο εύκολα από τις κατσαρίδες. Ένας λαβύρινθος για πειράματα με μυρμήγκια φαίνεται στην εικόνα 24-Β-3. Ανώτερα ζώα, όπως οι αρουραίοι, είναι δυνατόν να βρουν και να θυμούνται τη διαδρομή μέσα από περίπλοκους λαβύρινθους.

Λεξικό χρησιμοποιουμένων βιολογικών όρων στο βιβλίο αυτό

Λεξικό χρησιμοποιουμένων βιολογικών όρων στο βιβλίο αυτό

Τα ονόματα γενών και ειδών είναι πολυάριθμα για να καταστεί δυνατόν να περιληφθούν όλα στο λεξικό αυτό των βιολογικών όρων. Έτσι, μερικά μόνο που χρησιμοποιούνται συχνά στο βιβλίο αυτό έχουν περιληφθεί. Δεν περιλαμβάνονται ακόμη βιογραφικές ονομασίες, όπως δεν περιλαμβάνονται στοιχεία και οι περισσότερες ενώσεις τους, εκτός των ενώσεων εκείνων που έχουν σπουδαιότητα για τη δομή του κυττάρου ή τη γενετική ή είναι σημαντικές για διάφορους άλλους λόγους, όπως τα ένζυμα, οι ορμόνες ή οι θρεπτικές ουσίες. Οι μονάδες SI και άλλων μετρικών συστημάτων δεν περιλαμβάνονται επίσης εδώ (βλ. παράρτημα 1-Α), όπως δεν αναφέρονται τα εργαστηριακά όργανα και αναλώσιμα υλικά που χρησιμοποιούνται στις διάφορες εργαστηριακές ασκήσεις, όπου και περιγράφονται. Μερικοί όμως, αλλά όχι όλοι, από τους όρους των παραρτημάτων του βιβλίου έχουν καταχωρηθεί στο λεξικό.

Α

Α-Β-Ο ομάδες αίματος (A-B-O Blood groups): σε ανθρώπινα όντα, ένα παράδειγμα πολλαπλών αλληλομόρφων για ένα χαρακτηριστικό· τρία αλληλόμορφα επηρεάζουν τον τύπο του αίματος, αλλά ένα άτομο μπορεί να έχει μόνο δύο.

αγγείο (vessel): ο ένας από τους δύο κύριους τύπους αγγείων του ξυλώματος. Αποτελείται από ένα βραχύ σωλήνα χωρίς τοιχώματα στα δύο άκρα και σχηματίζει ένα συνεχή σωλήνα με άλλα παρόμοια κύτταρα, τα οποία σχηματίζουν με τη σειρά τους έναν αγωγό. Σε άλλους οργανισμούς οποιοσδήποτε τύπος σωλήνα, περιλαμβανομένων και εκείνων μέσα στους οποίους κινείται το αίμα.

Αγγειόσπερμα *(Angiosperma)*: η κλάση των ανθοφόρων φυτών του φύλου *Τραχεόφυτα*.

αγγελειοφόρο **RNA** (messenger RNA): RNA κωδικοποιημένο από το DNA, που διακινείται από τον πυρήνα του κυττάρου προς το κυτταρόπλασμα με οδηγίες προς τα ριβοσωμάτια για τη σύνδεση συγκεκριμένου πολυπεπτιδίου.

αγενής αναπαραγωγή (asexual): κάθε τρόπος αναπαραγωγής που απαιτεί μόνο ένα γονέα ή ένα γονικό κύτταρο.

αδένας (gland): όργανο ή μεμονωμένο κύτταρο που εκκρίνει ένα ή περισσότερα συστατικά, όπως βλέννα ή ορμόνες.

αδενίνη (adenine): μια από τις τέσσερις αζωτούχες βάσεις στο DNA ή στο RNA· η αδενίνη ζευγαρώνει με τη θυμίνη στο DNA και με τη συρακίλη στο RNA. Ανευρίσκεται επίσης στο ATP, το NAD και το NADP.

αδρεναλίνη (adrenaline): η ορμόνη που εκκρίνεται από το μυελό των επινεφριδίων. Η αδρεναλίνη ονομάζεται επίσης επινεφρίνη.

αερόβιος (aerobic): που χρησιμοποιεί αέρα· για την ακρίβεια, ο χρησιμοποιών οξυγόνο.

αέρα ρυπαντές (air pollutants): κυρίως αέρια των εξατμίσεων των αυτοκινήτων και αέρια των καπνοδόχων των βιομηχανιών και κτιρίων. Το διοξείδιο του θείου, ένα από τα αέρια, αντιδρά με ατμούς νερού στον αέρα, με αποτέλεσμα όξινη βροχή, ή με την υγρασία των οφθαλμών, με αποτέλεσμα όξινα δάκρυα. Πολλοί άλλοι ερεθίζοντες ρυπαντές είναι γνωστοί.

αζωτούχα άχρηστα υλικά (nitrogenous waste): παραπροϊόντα του μεταβολισμού των πρωτεϊνών, τα οποία αποβάλλονται από τον οργανισμό.

αζωτούχος βάση (nitrogen base): κάθε μία από την ομάδα των εξειδικευμένων οργανικών κυκλικών ενώσεων περιλαμβανομένων των πέντε που βρίσκονται στα νουκλεοτίδια των νουκλεϊνικών οξέων: αδενίνη, θυμίνη, κυτοσίνη, γουανίνη και ουρακίλιο.

αίμα (blood): το διακινητικό υγρό των πολυκυττάρων οργανισμών.

αίματος πίεση (blood pressure): η πίεση του αίματος προς τα τοιχώματα των αιμοφόρων αγγείων. Η πίεση του αίματος ποικίλλει σε συνδυασμό με τη συστολή και τη χαλάρωση της καρδιάς.

αίμη (heme): ένωση που περιέχει σίδηρο. Συνδέεται με ένα είδος πρωτεΐνης για το σχηματισμό της αναπνευστικής χρωστικής της αιμοσφαιρίνης, με ένα άλλο είδος πρωτεΐνης για το σχηματισμό του ενζύμου καταλάση και με άλλα είδη πρωτεϊνών για το σχηματισμό άλλων αναπνευστικών χρωστικών και ενζύμων.

αιμοδιαπήδηση (hemodialysis): διαχωρισμός των αχρήστων συστατικών από τα χρήσιμα συστατικά του αίματος με άνιση διάχυση μέσω μιας ημιπερατής μεμβράνης. Ο διαχωρισμός γίνεται με ένα σωλήνα διαπηδήσεως σε μια συσκευή τεχνητού νεφρού. Το διάλυμα της συσκευής ονομάζεται υγρό διαπηδήσεως.

αιμοερυθρίνη (hemoerythrin): ερυθρή χρωστική-φορέας οξυγόνου στο πλάσμα του αίματος πολλών *Ανελίδων* σκωλήκων και άλλων σκωλήκων. Στους *Ανελίδες* υπάρχει επίσης αιμοσφαιρίνη καθώς και μια πράσινη χρωστική-φορέας οξυγόνου ή χλωροκρουονίνη, που απαντάται κυρίως σε *Ανελίδες* σκώληκες των ωκεανών.

αιμοκοίλωμα (sinus): σωματικός χώρος μέσω του οποίου διέρχεται το αίμα σε ανοικτά κυκλοφορικά συστήματα.

αιμοκυανίνη (hemocyanin): κυανή χρωστική-φορέας

οξυγόνου που υπάρχει στο κυανό πλάσμα των *Αρθροπόδων* και των *Μαλακίων*. Στα μαλάκια απαντάται επίσης αιμοσφαιρίνη.

αιμοπετάλιο (blood platelet): στοιχείο του αίματος που εκλύει ένζυμα τα οποία αρχίζουν τη διαδικασία σχηματισμού θρόμβου μετά από τη δημιουργία πληγής.

αιμοφιλία (hemophilia): φυλοσύνδετη κληρονομική ασθένεια των ανθρώπων κατά την οποία το αίμα δεν δημιουργεί θρόμβους (δεν πήζει), με αποτέλεσμα τον κίνδυνο θανάτου ακόμη και από μικρές πληγές, όπως γδαρσίματα. Το υπολειπόμενο γονίδιο της αιμοφιλίας φέρεται από το Χ χρωματόσωμα. Το Υ χρωματόσωμα των αρρένων δεν έχει αλληλόμορφο και γι' αυτό και μόνο ένα υπολειπόμενο γονίδιο αιμοφιλίας προκαλεί την ασθένεια στα άρρενα άτομα.

αιμοφόρο αγγείο (blood vessel): αρτηρία, ή φλέβα, ή τριχοειδές, μέσα στο οποίο κυκλοφορεί το αίμα.

αισθητικός νευρώνας (sensory neuron): νευρικό κύτταρο που μεταφέρει ώσεις από τον αισθητικό υποδοχέα προς το κεντρικό νευρικό σύστημα.

αισθητικός υποδοχέας (sensory receptor): βλέπε υποδοχέας.

ακετυλοχολίνη (acetylholine): νευροδιαβιβαστής που εκκρίνεται κατά μήκος συνάψεων από ορισμένους νευρώνες.

ακτίνη (actin): πρωτεΐνη που βρίσκεται στα μυικά ινίδια· όταν επιδρά σ' αυτήν η μυοσίνη, έλκεται πρὸς τη μυοσίνη, για να προκαλέσει μυική συστολή.

ακτινοβολία (irradiation): έκθεση σε πηγή ακτινοβολίας υψηλής ενέργειας.

ακτινοβολία (radiation): μετάδοση ενέργειας μέσω κυμάτων: ο ήλιος, η κύρια πηγή μιας ακτινοβολίας, εκλύει ενέργεια διαφόρων μηκών κύματος όπως φως, ραδιοκύματα, Χ ακτινοβολία.

αλανίνη (alanine): αμινοξύ.

αλκαλικό (alkaline): έχοντας pH μεγαλύτερο του 7, προκαλούμενο από περίσσεια αρνητικά φορτισμένων ιόντων έναντι ιόντων υδρογόνου (H^+) ονομάζεται επίσης βασικό.

αλλαντοΐδα (allantoin): μία από τις εμβρυϊκές μεμβράνες των ερπετών, των πτηνών και των θηλαστικών. Στα πτηνά και τα ερπετά μπορεί να υπηρετεί λειτουργίες αναπνοής και συλλογής αχρήστων προϊόντων.

αλληλόμορφα πολλαπλά (multiple alleles): σύνολο αλληλομόρφων που συνδέονται με το ίδιο κληρονομικό χαρακτηριστικό, από τα οποία όμως μόνο δύο εμφανίζονται σε κάθε άτομο.

αλληλόμορφο (allele): ένα από τα δύο ή περισσότερα σχετιζόμενα για ένα δοθέν χαρακτηριστικό γονίδια, που εμφανίζονται κάθε φορά ως ζεύγη· από ένα (αλληλόμορφο) σε κάθε χρωμοσώμα ενός ζεύγους χρωμοσωμάτων.

άλφα κύματα (alpha waves): εγκεφαλικά κύματα που εμφανίζονται σε σύντομες περιόδους με ρυθμό 8 έως 14 κύματα το δευτερόλεπτο.

αμινοξύ (amino acid): οργανική ένωση αποτελούμενη από ένα κεντρικό άτομο άνθρακα, στο οποίο συνδέονται ένα άτομο υδρογόνου, μια αμινομάδα ($-NH_2$), μία όξινη ομάδα (–COOH) και μία ομάδα διαφόρων ατόμων ή ομάδων ατόμων. Τα αμινοξέα είναι οι δομικοί λίθοι των πολυπεπτιδίων και των πρωτεϊνών.

αμμωνία (ammonia): τοξικό αζωτούχο άχρηστο προϊόν που εκκρίνεται κατά κύριο λόγο από υδρόβιους οργανισμούς· επίσης, ένα από τα αέρια στην πρωταρχική ατμόσφαιρα της γης.

αμνιακό υγρό (amniotic fluid): το υγρό που περιβάλλει ένα έμβρυο στον αμνιακό του σάκο.

αμνιοκέντηση (amniocentesis): λήψη δείγματος του αμνιακού υγρού μέσα από το υπογάστριο μιας εγκύου γυναίκας με μία χειρουργική υποδερμική βελόνα· αποβληθέντα κύτταρα του εμβρύου καλλιεργούνται και μελετώνται προς συλλογή ενδείξεων γενετικής υγείας ή διαταραχής.

άμνιον (amnion): σάκος, ή μεμβράνη, γεμάτος υγρό, που περικλείει το έμβρυο ενός ερπετού, πτηνού ή θηλαστικού.

Αμοιβάδα *(Amoeba)*: γένος *Πρωτίστων* που περιλαμβάνει μονοκύτταρους οργανισμούς, οι οποίοι κινούνται και συλλαμβάνουν τροφή εκτείνοντας προσωρινά ψευδοπόδια.

αμυλάση (amylase): πεπτικό ένζυμο που δρα στο άμυλο, μετατρέποντάς το σε μαλτόζη.

άμυλο (starch): είδος υδατανθράκων που σχηματίζεται κυρίως στα φυτά· οι πιο γνωστοί τύποι αμύλου αποτελούνται από επαναλαμβανόμενες μονάδες γλυκόζης, οι οποίες απαιτούν μόνο ένα τύπο πεπτικών ενζύμων για την πέψη τους και γι' αυτό το άμυλο αποτελεί πολύ διαδεδομένο τύπο τροφής φυτών και ζώων.

Αμφίβια *(Amphibia)*: η κλάση των *Χορδωτών* που περιλαμβάνει ζώα, τα οποία περνούν μέρος του κύκλου της ζωής τους στο νερό και μέρος στην ξηρά: οι φρύνοι, οι βάτραχοι και οι σαλαμάνδρες είναι *Αμφίβια*.

αμφιβληστροειδής χιτώνας (retina): το εσωτερικό στρώμα των οφθαλμών των θηλαστικών που περιέχει τους φωτοευαίσθητους υποδοχείς, δηλαδή τα κωνία και τα ραβδία.

αμφίοξος (lancelet): μικρό υδρόβιο ασπόνδυλο *Χορδωτό*.

αναγέννηση (regeneration): η εκ νέου ανάπτυξη ενός ιστού ή ενός οργάνου που χάθηκε ή καταστράφηκε.

αναδιασταύρωση (test cross): γενετική διασταύρωση που γίνεται μεταξύ ενός οργανισμού άγνωστου γονότυπου ως προς ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό και ενός οργανισμού με το υπολειπόμενο χαρακτηριστικό προς προσδιορισμό του άγνωστου γονότυπου. Αν οι απόγονοι δεν εμφανίσουν το υπολειπόμενο χαρακτηριστικό, συνάγεται το συμπέρασμα ότι ο άγνωστος γονότυπος ήταν ομόζυγος επικρατής.

ανάδραση αρνητική (negative feedback): η ανάδραση μιας λειτουργίας του σώματος ως προς μια άλλη η οποία οδηγεί στην αναστολή του ρυθμού της δεύτερης ή οδηγεί σε αναστολή της παραγωγής ή εκκρίσεως των προϊόντων της.

ανάδραση θετική (positive feedback): ανάδραση από μία σωματική λειτουργία ως προς άλλη η οποία επιταχύνει την τελευταία ή επιταχύνει την παραγωγή ή έκκριση των προϊόντων της.

αναερόβιος (anaerobic): ζώντας με απουσία αέρα. Για μερικούς αλλά όχι όλους τους αναερόβιους οργανισμούς το οξυγόνο είναι τοξικό.

ανακύκλωση (recycling): η επαναχρησιμοποίηση υλικών προς αποφυγή συσσωρεύσεως αχρήστων υλικών. Υλι-

κά όπως το άζωτο, το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό επαναχρησιμοποιούνται συνεχώς μέσα σε ένα οικοσύστημα.

αναπνευστική άλυσος (respiratory chain): τα υπό μορφή αλυσίδας διαταγμένα λειτουργικώς ένζυμα της κυτταρικής αναπνοής. Καθώς τα ηλεκτρόνια διακινούνται μέσω της αναπνευστικής αλύσου ελευθερώνεται ενέργεια που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ATP.

αναπνοή (breathing): η διαδικασία με την οποία ένας οργανισμός ανταλλάσσει μόρια αερίων με το περιβάλλον. Ζώα με πνεύμονες ή βράγχια αναπνέουν και ζώα με τραχείες είναι δυνατόν να θεωρηθεί ότι αναπνέουν. Πολλές φορές λέγεται ακόμη και για μικροοργανισμούς ότι αναπνέουν μέσω των κυτταρικών μεμβρανών τους.

αναπνοή (respiration): συνήθως κυτταρική αναπνοή κατά την οποία οργανικά μόρια των θρεπτικών ουσιών αποδομούνται έως ότου παραμείνει μόνο διοξείδιο του άνθρακα και νερό μαζί με ορισμένα αζωτούχα άχρηστα υλικά που προέρχονται από ορισμένες θρεπτικές ουσίες. Γενικότερα ο όρος αναπνοή ή γενική αναπνοή σημαίνει την ανταλλαγή αερίων και τις υπόλοιπες διαδικασίες, με τις οποίες ένας οργανισμός προσλαμβάνει το απαιτούμενο οξυγόνο για την κυτταρική αναπνοή και αποβάλλει το διοξείδιο του άνθρακα ως παραπροϊόν της κυτταρικής αναπνοής.

ανάπτυξη (development): η διαδικασία με την οποία ένα γονιμοποιημένο ωάριο γίνεται ώριμο νέο άτομο.

ανάπτυξη (growth): συγκεντρωτική ονομασία για την κυτταρική διαίρεση, κυτταρική ανάπτυξη και κυτταρική διαφοροποίηση.

αναστροφή (inversion): στην κυτταρογενετική, η αναστροφή μιας αλληλουχίας γονιδίων από την αρχική διάταξή της σε ένα τμήμα χρωματοσώματος, η οποία προέρχεται συνήθως από μια αλληλουχία τριών συμβάντων: σχηματισμού ενός βρόγχου στο χρωματόσωμα, θραύσεως και επιδιορθώσεως· στην περίπτωση των καιρικών συνθηκών, ύπαρξη ενός στρώματος θερμού αέρα επάνω από ένα στρώμα κρύου αέρα, που έχει ως αποτέλεσμα την παγίδευση του κρύου αέρα για εκτεταμένη χρονική περίοδο.

ανασυνδυασμένο DNA (recombinant DNA): DNA στο οποίο έχουν προστεθεί απομονωθέντα γονίδια προς αλλοίωση της γενετικής συστάσεως του οργανισμού.

ανασυνδυασμός (crossing-over): ανταλλαγή γονιδίων μεταξύ χρωματοσωμάτων που εφάπτονται, θραύονται και επιδιορθώνονται με αποτέλεσμα την ανταλλαγή τμημάτων.

ανάφαση (anaphase): στάδιο στη μίτωση που ακολουθεί τη μετάφαση. Οι χρωματίδες κάθε ζεύγους χωρίζουν και κινούνται προς αντίθετα σημεία του κυττάρου.

ανδρογόνα (androgens): ορμόνες που εκκρίνονται από τους όρχεις σε αρσενικά θηλαστικά και παίζουν ενεργό ρόλο στην αναπαραγωγή.

ανθήρας (anther): το άκρο του στήμονα που παράγει γύρη σε ένα άνθος.

άνθρακα κύκλος (carbon cycle): οι αντιδράσεις σκότους της φωτοσυνθέσεως κατά τις οποίες διοξείδιο του άνθρακα, ATR και $NADPH_2$ χρησιμοποιούνται για τη δόμηση οργανικών ενώσεων· επίσης ο κύκλος άνθρακα στη φύση κατά τον οποίο ο άνθρακας χρησιμοποιείται και επανακυκλώνεται από τους οργανισμούς.

ανθρακικό οξύ (carbonic acid): οξύ (H_2CO_3) που σχηματίζεται όταν το διοξείδιο του άνθρακα αναμιγνύεται με το νερό.

άνθρακα διαδρομή (carbon pathway): οι αντιδράσεις που ελευθερώνουν άνθρακα από οργανικές ενώσεις κατά την κυτταρική αναπνοή και σχηματίζουν διοξείδιο του άνθρακα.

ανθρωπιστικές οδηγίες (humane guidelines): στη βιολογική έρευνα η ενάσκηση πειραματικών δοκιμασιών σε έμβια όντα με πρόνοια για τις καθημερινές ανάγκες τους καθώς και την ευημερία τους.

ανθρωπολόγος (anthropologist): βιολόγος που μελετά τους ανθρώπινους πολιτισμούς και την ανθρώπινη εξέλιξη.

ανθρωπομορφικός (anthropomorphic): η ερμηνεία της συμπεριφοράς μη ανθρωπίνων οργανισμών με τρόπο που να υποδηλώνονται, χωρίς αποδείξεις, ανθρώπινα κίνητρα.

Άνθρωπος *(Homo)*: το ανθρώπινο γένος *Homo sapiens* είναι το αρτίγονο είδος.

ανόργανα άλατα (minerals): το νερό, τα άλατα, ο σίδηρος (σε ενώσεις) και άλλα παρόμοια θρεπτικά υλικά που δεν χρησιμοποιούνται ως πηγές ενέργειας αλλά είναι απαραίτητα για τη θρέψη του οργανισμού.

ανοσοποιητικό σύστημα (immune system): όλα τα στάδια διοχημικής άμυνας (όπως τα αντισώματα) και κυτταρικής άμυνας (όπως τα λευκά αιμοσφαίρια) ενός οργανισμού εναντίον μικροοργανισμών που προκαλούν ασθένειες των τοξίνων τους και άλλων ξένων συστατικών και σωματιδίων.

ανταγωνισμός (competition): ο αγώνας μεταξύ οργανισμών για τροφή, νερό, ζωτικό χώρο, ή οποιαδήποτε άλλη αναγκαιότητα προς επιβίωση του ατόμου ή του είδους.

αντανακλαστικό τόξο (reflex arc): διαδρομή μέσα από τα κύτταρα του νευρικού συστήματος που παράγει τις πιο απλουστευμένες αντιδράσεις συμπεριφοράς. Τουλάχιστον δυο νευρώνες (ένας αισθητικός και ένας κινητικός) και συνήθως τρεις (αισθητικός, συνδετήριος και κινητικός) είναι απαραίτητοι για την ύπαρξη ενός αντανακλαστικού τόξου.

αντιβιοτικά (antibiotic): ουσία που παράγεται από ένα μικροοργανισμό, η οποία αναστέλλει ή θανατώνει άλλα είδη μικροοργανισμών. Σήμερα πολλά αντιβιοτικά για ιατρική χρήση παρασκευάζονται συνθετικά.

αντιδιουρητική ορμόνη (antidiuretic hormone) ή ADH: ορμόνη του υποθαλάμου που εκλύεται από τον οπίσθιο λοβό της υποφύσεως, η οποία προκαλεί συμπύκνωση των αλάτων στο μυελό των νεφρών και προκαλεί επαναπορρόφηση νερού στην κυκλοφορία του αίματος.

αντίδραση ή απάντηση (response): η αντίδραση ενός οργανισμού σε ένα ερέθισμα ή αντίδραση ενός ιστού ή οργάνου του οργανιαμού σε ένα ερέθισμα.

αντιδραστήριο (reactant): υλικά που παίρνει μέρος σε μια χημική αντίδραση.

αντίσωμα (antibody): συστατικό του αίματος που συνδυάζεται με ένα ξένο σώμα ή ένα παθογόνο μικρόβιο ή την τοξίνη του και τα συδετεροποιεί.

αξία επιβιώσεως (survival value): το κέρδος από μια

προσαρμογή ως προς την επιβίωση ενός οργανισμού σε ένα περιβάλλον ή ως προς πιο αποδοτικό ανταγωνισμό με άλλους οργανισμούς.

άξονας (axon): Η νευρική ίνα που μεταφέρει ώσεις μακριά από το κυττόσωμα ενός νευρώνα.

αορτή (aorta): το κύριο αιμοφόρο αγγείο που μεταφέρει αίμα από την καρδιά σε ολόκληρο το σώμα εκτός από τους πνεύμονες.

απαραίτητα αμινοξέα (essential aminoacids): τα αμινοξέα του διαιτολογίου του ανθρώπου τα οποία δεν είναι σε θέση να συνθέσει το ανθρώπινο σώμα. Τα αμινοξέα αυτά πρέπει να προσληφθούν με τις πρωτείνες της τροφής.

απέκκριση (excretion): η απομάκρυνση από το κύτταρο των αχρήστων υλικών του μεταβολισμού του και η απομάκρυνση των αχρήστων αυτών υλικών από τον οργανισμό, του οποίου ένα κύτταρο μπορεί να αποτελεί τμήμα.

αποδημηση (emigration): η μετακίνηση οργανισμών μακριά από το κέντρο του πληθυσμού.

αποδομούμενος (degradable): κατασκευασμένος από υλικά που αποδομούνται προτού ανέλθουν στις ανώτερες βαθμίδες της τροφικής πυραμίδας ή συγκεντρωθούν στο φυσικό περιβάλλον.

απολίθωμα (fossil): ένδειξη για την ύπαρξη ενός οργανισμού που έχει διασωθεί μέσα στο φλοιό της γης· αι παγωμένοι ιστοί, οι δομές οστών ή κελύφων που έχουν πληρωθεί με ανόργανα υλικά, καθώς και τα σωματικά περιγράμματα ή εκμαγεία σωματικών μερών σε ιζηματογενή πετρώματα αποτελούν απολιθώματα.

αποστείρωση (sterilization): διαδικασία θανατώσεως όλων των μικροοργανισμών στα υαλικά των εργαστηρίων και τα θρεπτικά υλικά. Επίσης η διαδικασία διά της οποίας ένας οργανισμός καθίσταται ανίκανος να αναπαραχθεί εγγενώς.

αποσυνθέτης (decomposer): οργανισμός, συνήθως μικροοργανισμός, που ζει επί οργανικού υλικού που αποσυντίθεται.

Αραχνίδια *(Arachnida):* η κλάση των *Αρθροπόδων* που περιλαμβάνει τις αράχνες και τους σκορπιούς. Οι λίμουλαι είναι επίσης *Αραχνίδια.*

Αρθρόποδα *(Arthropoda):* το μεγαλύτερο φύλο ζώων· ζώα με αρθρωτά άκρα και συνήθως με εξωσκελετό· τα έντομα, οι αράχνες, οι αστακοί, τα καβούρια, οι γαρίδες, οι σκολόπενδρες, τα μυριόποδα είναι *Αρθρόποδα.*

αρτηριοσκλήρωση (arteriosclerosis): κατάσταση που χαρακτηρίζεται από απώλεια ελαστικότητας, πάχυνση και σκλήρυνση των αρτηριών.

αρχή του ανεξάρτητου συνδυασμού (principle of independent assortment): αρχή που ανακάλυψε ο Μέντελ κατά τα πρώτα πειράματα της γενετικής, με μπιζέλια, κατά την οποία τα γονίδια ενός χαρακτηριστικού κληρονομούνται ανεξαρτήτως των γονιδίων των άλλων χαρακτηριστικών. Αργότερο διάφορα πειράματα έδειξαν ότι η αρχή αυτή ισχύει μόνο όταν τα γονίδια βρίσκονται σε διαφορετικά χρωματοσώματα.

αρχή της διασχίσεως (principle of segregation): αρχή που ανακάλυψε ο Μέντελ κατά το πρώτα πειράματα της γενετικής με μπιζέλια, κατά την οποία τα μέλη ενός ζεύγους γονιδίων διαχωρίζονται σε διαφορετικά γαμετοκύτταρα. Αυτό είναι αποτέλεσμα της μειώσεως.

ασβεστίου ιόν (calcium ion): Η μορφή με την οποία το ασβέστιο διακινείται μεταξύ αίματος και οστών.

ατομική θεωρία: η θεωρία κατά την οποία όλη η ύλη αποτελείται από σωματίδια που ονομάζονται άτομα και είναι διαφορετικά για κάθε στοιχείο και των οποίων οι διαφορές προσδιορίζουν τις χημικές ιδιότητες των στοιχείων.

άτομο (atom): το μικρότερο σωματίδιο ενός στοιχείου και το μικρότερο του στοιχείου αυτού (αν και πολλά στοιχεία έχουν περισσότερα από ένα άτομο στα μόρια τους)· ένα άτομο έχει ένα πυρήνα αποτελούμενο από ένα ή περισσότερα πρωτόνια και εκτός του υδρογόνου ένα ή περισσότερα νετρόνια και ένα νέφος ηλεκτρονίων που περιβάλλει τον πυρήνα.

άτρακτος (spindle): το σύστημα ινιδίων που δημιουργείται κατά τη μίτωση και τη μείωση επί των οποίων διατάσσονται τα χρωματοσώματα έως ότου κινηθούν προς τους αντίθετους πόλους.

αυλάκωση (cleavage): οι πρώιμες μιτωτικές διαιρέσεις σε ένα γονιμοποιημένα ωάριο.

αυξίνη (auxin): κάθε ομάδα φυτικών ορμονών που επιδρούν στην ανάπτυξη.

Αυστραλοπίθηκος *(Australopithecus):* εξαφανισμένο γένας ορθοβαδιστικών ατόμων, κατασκευαστών εργαλείων, που είναι συγγενές προς τους ανθρώπους.

αυτογονιμοποίηση (self-pollination): γονιμοποίηση του στίγματος ενός άνθους από γυρεόκοκκους των ανθήρων του ίδιου άνθους.

αυτόματη γένεση (spontaneous generation): η λανθασμένη αντίληψη ότι οργανισμοί πηγάζουν πλήρως σχηματισμένοι από τη λάσπη, φυτικό ή ζωικό υλικό υπό σήψη, και παράμοια υλικά λόγω της υπάρξεως κάποιας «ενεργοποιημένης ζωτικής αρχής» που μεταφέρεται από τον αέρα.

αυτόνομο νευρικό σύστημα (autonomic nervous system): τμήμα του νευρικού συστήματος που ρυθμίζει δραστηριότητες φυσιολογικώς ανεξάρτητες από βουλητικό έλεγχο, όπως οι καρδιακοί παλμοί, η πέψη και η αναπνοή.

αυτόσωμα (autosome): κάθε χρωματόσωμα εκτός των φυλοκαθοριστικών χρωματοσωμάτων.

αυτότροφος (autotroph): κάθε οργανισμός ικανός να παράγει και να αποθηκεύει τροφή, με τη χρήση του ηλιακού φωτός ή άλλης μη ζώσας πηγής ενέργειας.

αυχένας (cervix): βρίσκεται στη μήτρα των θηλαστικών· είναι το στενό ή συνεσταλμένο τμήμα που περιβάλλει το άνοιγμα της μήτρας προς τον κολεό (ή κόλπο).

άχρηστα υλικά (waste): κάθε προϊόν του μεταβολισμού που περισσεύει ή δεν είναι χρησιμοποιήσιμο και πρέπει να απομακρυνθεί από το κύτταρο ή τον οργανισμό.

αχρωματοψία ερυθρού-πράσινου (red-green colorblindness): φυλοσύνδετο χαρακτηριστικό στους ανθρώπους. Το γονίδιό του είναι υπολειπόμενο και φέρεται από το Χ χρωματόσωμα. Ένα άρρεν άτομο εκδηλώνει το χαρακτηριστικό ακόμη και αν μόνο ένα υπολειπόμενο γονίδιο είναι παρόν, γιατί τα Υ χρωματόσωμα δεν φέρει αλληλόμορφο για το γονίδιο αυτό.

ACTH (ACTH): η συντομογραφία της αδρενοκορτικοτρόπου ορμόνης, που εκκρίνεται από την υπόφυση. Η ACTH διεγείρει τα επινεφρίδια.

ADP (ADP): η συντομογραφία της διφωσφορικής αδενοσίνης, η οργανική ένωση που παράγεται, όταν ένας από τους φωσφορικούς δεσμούς υψηλής ενέργειας (και μια από τις φωσφορικές ομάδες) του ATP έχουν μεταφερθεί σε μια άλλη ένωση, όπου η ενέργεια θα χρησιμοποιηθεί σε μια αντίδραση.

AMP (AMP): η συντομογραφία της μονοφωσφορικής αδενοσίνης, η οργανική ένωση που σχηματίζεται όταν και οι δύο φωσφορικοί δεσμοί υψηλής ενέργειας (και οι δύο φωσφορικές ομάδες) του ATP έχουν μεταφερθεί σε άλλες ενώσεις.

ATP: η συντομογραφία για την τριφωσφορική αδενοσίνη, την οργανική ένωση η οποία καλύπτει τις άμεσες ανάγκες του κυττάρου σε ενέργεια· η ATP έχει δύο φωσφορικούς δεσμούς υψηλής ενέργειας.

Β

βάκιλλος (bacillus): ραβδόμορφο βακτήριο.

βακτηριακό στέλεχος (bacterial strain): βακτήρια επιλεκτικά πολλαπλασιαζόμενα, τα οποία φέρουν ένα χαρακτηριστικό που τα διακρίνει από τα υπόλοιπα βακτήρια του είδους τους.

βακτηρίδιο (bacterium): προκαρυωτικός μικροοργανισμός του βασιλείου των *Μονήρων*· τα βακτηριακά κύτταρα δεν έχουν ευκρινή πυρήνα και αποτελούν τα μικρότερα κύτταρα.

βακτηριοφάγος (bacteriophage): ιός που μολύνει βακτήρια.

βαλβίδα (valve): δομή στην καρδιά και στις φλέβες υπό μορφή πτερυγίου η οποία δεν επιτρέπει την προς τα πίσω κίνηση του αίματος.

βαλίνη (valine): αμινοξύ.

βάση (base): βλέπε αλκαλικό.

βασίλειο (kingdom): η ανώτερη ταξινομική βαθμίδα στο βιολογικό σύστημα ταξινομήσεως. Στο σύστημα των δύο βασιλείων τα βασίλεια είναι: ζώων και φυτών· στο σύστημα των τριών βασιλείων τα βασίλεια είναι: πρωτίστων, ζώων και φυτών· στο σύστημα των τεσσάρων βασιλείων είναι: μονήρων, πρωτίστων, φυτών και ζώων· και στο σύστημα πέντε βασιλείων είναι: μονήρων, πρωτίστων, μυκήτων, φυτών και ζώων.

βασίλισσα (queen): γόνιμο, πλήρως ανεπτυγμένο θήλυ άτομο της κοινωνίας των μελισσών, των μυρμηγκιών και των τερμιτών, το οποίο εναποθέτει ωά.

βηματοδότης (pacemaker): νευρομυικός ιστός που παράγει τις ρυθμικές ώσεις, οι οποίες διαχέονται στον καρδιακό μυ ως παλμοί της καρδιάς.

βιοαποδομούμενα (biodegradablo): κατασκευασμένα από υλικά που είναι δυνατό να αποδομηθούν από τη δράση οργανισμών.

βιολογία (biology): η μελέτη των εμβίων όντων από άποψη της ***μεθοδολογίας*** των βιολογικών ερευνών, των ***γνώσεων*** που προκύπτουν, και των ***θεωριών*** που οργανώνουν τη γνώση αυτή.

βιολογικά ωρολόγια (biological clocks): μηχανισμοί οργανισμών που καθορίζουν χρονικώς γεγονότα όπως ο αναπαραγωγικός κύκλος, η ετήσια μετανάστευση ή ακόμη ο ύπνος και η έγερση σε συνδυασμό με την ημέρα και τη νύκτα.

βιολόγος (biologist): επιστήμονας που ειδικεύεται σε μια ή περισσότερες από τις βιολογικές επιστήμες, όπως η βοτανική, η ζωολογία, η γενετική, η παλαιοντολογία, η βακτηριολογία, η κυτταρολογία κ.λπ.

βιομάζα (biomass): ολική μάζα του έμβιου υλικού σε ένα δεδομένο τμήμα ενός περιβάλλοντος ή ενός οικοσυστήματος ή του συνολικού οικοσυστήματος.

βιοτίνη (biotin): βιταμίνη από το σύστημα βιταμινών Β.

βιότοπος (habitat): Το περιβάλλον διαβιώσεως ενός οργανισμού.

βιοχημικός (biochemical): όρος αναφερόμενος στα χημικά γεγονότα που συμβαίνουν στα έμβια όντα ή τη χημική δομή οργανικών ενώσεων απαραιτήτων για τη ζωή.

βιταμίνη (vitamin): οποιαδήποτε από τις διάφορες οργανικές χημικές ενώσεις που είναι απαραίτητες σε πολύ μικρές ποσότητες στη διατροφή ενός οργανισμού, λαμβάνεται μέρος ως συνένζυμα σε διάφορες αντιδράσεις ή δρώντας ρυθμιστικώς. Συχνά μια βιταμίνη αποτελεί μέρος ενός ενζύμου που δρα ως αποδέκτης ηλεκτρονίων, όπως στην περίπτωση του NAD και της φλασοπρωτεΐνης στην αναπνευστική άλυσο και του NADP στη φωτοσύνθεση.

βλάστηση (germination): η φύτρωση ενός σπόρου.

βλαστίδιο (blastula): πρώιμο στάδιο του εμβρύου με το στάδιο της αυλακώσεως, κατά το οποίο αναπτύσσεται κοιλότητα γεμάτη υγρό, που περιβάλλεται από τη μάζα των κυττάρων τα οποία δημιουργήθηκαν κατά την αυλάκωση.

βλαστικός πυρήνας (tube nucleus): ο ένας από τους δύο πυρήνες του γυρεοκόκκου συνδέεται με την κατεύθυνση αναπτύξεως της προβολής του γυρεοκόκκου προς την ωοθήκη του φυτού. Ο άλλος πυρήνας του γυρεοκόκκου διαιρείται και σχηματίζει τους δύο σπερματικούς πυρήνες.

βλαστοπόρος (blastopore): άνοιγμα στο βλαστίδιο μέσω του οποίου μία αναδίπλωση κυττάρων οδηγεί στο σχηματισμό του γραστριδίου.

βλέννα (mucus): γλιστερό έκκριμα που διαβρέχει και προστατεύει ιστούς· εκκρίνεται από ειδικά αδενώδη κύτταρα του ιστού που προστατεύει.

βλεφαρίδες (cilia): μικρές τριχοειδείς απολήξεις πολλών πρωτίστων και πλαναρίων. Βλεφαρίδες είναι επίσης δυνατόν να εντοπισθούν σε πολλά κύτταρα ανωτέρων οργανισμών όπως στο λάρυγγα του ανθρώπου. Η κίνηση των βλεφαρίδων προωθεί ένα πρώτιστο μέσα στο νερό ή προωθεί σωματίδια έξω από το αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου.

Βλεφαριδοφόρα *(Ciliophora)*: φύλλο των *Πρωτίστων* που φέρουν βλεφαρίδες για την κίνησή τους και τη συλλογή τροφής.

βοτουλισμός (botulism): οξεία τροφική δηλητηρίαση που προκαλείται από τοξίνη ενός ειδικού βακτηρίου, το οποίο σχηματίζει σπόρια. Τα σπόρια αυτά είναι ανθεκτικά στη θερμοκρασία.

βράγχιο (gill): αναπνευστικό όργανο κυρίως υδροβίων οργανισμών όπως τα ψάρια· σε πολλούς ωκεανούς στα ψάρια τα βράγχια αποτελούν και το κυρίως απεκκριτικό όργανο.

Βρυόφυτα *(Bryophyta)*: φύλο φυτών που περιλαμβάνει τα *Βρύα* και τα *Ηπατικά*.

Γ

γάγγλιο (ganglion): συσσωμάτωμα κυττοσωμάτων νευρικών κυττάρων.

γαλακτικό οξύ (lactic acid): παράγωγο της ζυμώσεως των σακχάρων από ορισμένους μικροοργανισμούς· επίσης παράγωγο της αποδομήσεως της γλυκόζης σε εργαζόμενα μυικά κύτταρα που βρίσκονται υπό έλλειψη οξυγόνου και δεν είναι δυνατό να ολοκληρωθεί η διαδικασία αναπνοής.

γαλακτοφόροι αδένες (mammary glands): αδένες παραγωγής γάλακτος στα θηλαστικά.

γαμέτης (gamete): αναπαραγωγικό κύτταρο αμφιγονικής αναπαραγωγής· το ωάριο ή το σπερματοζωάριο.

γαστρίδιο (gastrule): πρώιμο στάδιο του εμβρύου κατά το οποίο παρατηρείται αναδίπλωση των κυττάρων της εξωτερικής στοιβάδας· το στάδιο του γαστριδίου έπεται του σταδίου του βλαστιδίου.

γαστρίνη (gastrin): ορμόνη που εκκρίνεται από τα κύτταρα του στομάχου και προκαλεί την έκκριση υδροχλωρικού οξέος.

γενεαλογικό δένδρο (pedigree): η καταχώρηση της καταγωγής για μεγάλο αριθμό γενεών, ειδικότερα στο ζώα βελτιώσεως και αναπαραγωγής.

γενετική (genetics): η επιστήμη της κληρονομικότητας, της κληρονομικότητας των χαρακτηριστικών και της υπάρξεως ενός κληρονομικού κώδικα στα γονίδια κάθε οργανισμού, που προσδιορίζει τη δομή και λειτουργία των ατόμων του είδους.

γενετική μηχανική: η εφαρμογή της τεχνολογίας του ανασυνδυασμού του DNA προς παραγωγή μιας ή περισσοτέρων μεταβολών στη γενετική σύσταση ενός οργανισμού.

γενετική «πλημμύρα» (genetic «swamping»): οι επιπτώσεις από την ελεύθερη γονιμοποίηση των ατόμων ενός μικρού πληθυσμού με τα άτομα ενός πολύ μεγάλου πληθυσμού του ίδιου είδους· το γονιδιακό απόθεμα του μικρού πληθυσμού μεταβάλλεται γρήγορα.

γενετική συνέχεια (genetic continuity): η αναπαραγωγή των οργανισμών από ομοίους που προσδιορίζεται από το γενετικό απόθεμα κάθε είδους.

γενετικό στέλεχος (genetic strain): πληθυσμός εργαστηριακών ζώων, φυτών ή μικροοργανισμών που αναπαράγεται από άτομα που φέρουν ένα γνωστό κληρονομικό χαρακτηριστικό, στο οποίο διαφέρουν από τα άλλα άτομα του ίδιου είδους.

γενετικός κώδικας (gene code): ο τριπλοειδής κώδικας των νουκλεοτιδίων του RNA που προσδιορίζει τα αντίστοιχα αμινοξέα στα πολυπεπτίδια των ενζύμων και των άλλων πρωτεϊνών.

γενετικός σύμβουλος (genetic conselor): επαγγελματικό εκπαιδευμένος γενετιστής που εργάζεται με άτομα, για τα οποία υπάρχουν ενδείξεις ότι είναι δυνατόν να έχουν γενετικές ανωμαλίες ή να είναι φορείς γονιδίων που προκαλούν γενετικές ανωμαλίες, οι οποίες είναι δυνατόν να εκδηλωθούν στους απογόνους τους.

γένος (geous): σύνολο συγγενών ειδών των οποίων τα βιολογικά ονόματα αρχίζουν με το κοινό μεταξύ τους όνομα του γένους (παραδείγματα: Felis leo: λιοντάρι, Felis domestica: γάτα, Felis tigris: τίγρη· όλα τα είδη αυτά ανήκουν στο γένος Felis).

γεωτροπισμός (geotropism): η επίδραση της βαρύτητας στην κατεύθυνση αναπτύξεως των βλαστών των ριζών των φυτών.

Γκόλτζι συσκευή (Golgi complex): μεμβρανώδης δομή του κυτταροπλάσματος που εμπλέκεται στην έκκριση κυτταρικών ουσιών.

γλουκαγόνη (gloucagon): ορμόνη που σχηματίζεται στο πάγκρεας και χρησιμεύει για τη ρύθμιση της συγκεντρώσεως του σακχάρου στο αίμα.

γλυκερόλη (glycerol): οργανικό μόριο που αποτελεί βασικό συστατικό των λιπών· τα λιπαρά οξέα συνδέονται επάνω σε μόρια γλυκερόλης.

γλυκίνη (glycine): αμινοξύ.

γλυκογόνο (glycogen): το «άμυλο» των ζώων· υδατάνθρακας που συντίθεται από τα ζώα ως συστατικό αποθηκεύσεως θρεπτικών ουσιών.

γλυκόζη (glucose): διαδεδομένο σάκχαρο με έξι άτομα άνθρακα στο μόριο του.

γλυκύλ-αλανίνη (glycyl-alanine): πεπτίδιο που σχηματίζεται από τη σύνδεση με πεπτιδικό δεσμό μεταξύ των αμινοξέων γλυκίνης και αλανίνης.

γλώσσα (tongue): μυώδες όργανο στη στοματική κοιλότητα πολλών ζώων που χρησιμεύει για την επεξεργασία της τροφής. Στα θηλαστικά, όπως οι βάτραχοι και οι σαλαμάνδρες, η γλώσσα εκτινάσσεται προς σύλληψη μυγών που χρησιμεύουν ως τροφή.

γονίδια συνδεδεμένα (linkage group): σύνολο γονιδίων που μεταδίδονται όλα μαζί, επειδή βρίσκονται επάνω στο ίδιο χρωματόσωμα ή, κάθε ένα από τα δυο σύνολα γονιδίων που ανταλλάσσονται κατά το φαινόμενο του ανασυνδυασμού.

γονιδιακή θεωρία (gene theory): η θεωρία που υποστηρίζει ότι τα κληρονομικά χαρακτηριστικά προσδιορίζονται από γονίδια που φέρονται από κάθε ζωντανό κύτταρο και ότι αυτά τα γονίδια αναδιπλασιάζονται, ότι το κύτταρο διαιρείται και ότι κατανέμονται στα νέα κύτταρα που προκύπτουν, εξασφαλίζοντας τη γενετική συνέχεια.

γονιδιακό απόθεμα (gene pool): όλα τα γονίδια ενός πληθυσμού ενός είδους θεωρούμενα συγκεντρωτικώς.

γονίδιο (gene): στοιχειώδης μονάδα που αποτελείται από DNA ή RNA και προσδιορίζει ένα γενετικό χαρακτηριστικό.

γονίδιο διαλύσεως (dilution gene): γονίδιο που απαλύνει το χρώμα του τριχώματος των αλόγων παλομίνο, το οποίο προσδιορίζεται από άλλο ανεξάρτητα ζεύγος γονιδίων.

γονιδίων ροή (gene flow): οι βαθμιαίες μεταβολές της γενετικής συστάσεως ενός πληθυσμού που προέρχονται συνήθως από τον εποικισμό ή τη μετανάστευση οργανισμών.

γονιδίων-χρωματοσωμάτων θεωρία (gene-chromosome theory): η θεωρία ότι τα γονίδια φέρονται υπό των χρωματοσωμάτων.

γονιμοποίηση (fertilization): η κατά την αμφιγονική αναπαραγωγή συνένωση ενός άρρενος και ενός θήλεος γαμέτη.

γονότυπος (genotype): η γενετική σύσταση ενός ατόμου όσον αφορά κάθε ένα από τα γενετικά του χαροκτηριστικά.

γουανίνη (guanine): μια από τις αζωτούχες βάσεις στο DNA ή το RNA παρουσιάζεται σε ίση ποσότητα με την κυτοσίνη, με την οποία σχηματίζει ζεύγη.

γράνο (granum): συσσωμάτωμα πεπλατυσμένων δομών ή λαμελών, όπως ονομάζονται, που περιέχουν χλωροφύλλη και βρίσκονται μέσα στο χλωροπλάστη.

Γυμνόσπερμα *(Gymnospermae)*: η ομοταξία των κωνοφόρων φυτών που είναι συνήθως αειθαλή και ανήκουν στο φύλο των *Τραχεοφύτων*· ονομάζονται εξ ίσου συχνά κωνοφόρα όπως και γυμνόσπερμα.

γυρεόκοκκος (pollen grain): κάθε μονοπλοειδικό κύτταρο που παράγεται στον ανθήρα των στημόνων και που παράγει σπερματικούς πυρήνες.

Δ

Δάφνια *(Daphnia)*: γένος μικρών υδροβίων ζώων που συχνά διατηρούνται στα εργαστήρια και είναι χρήσιμα για βιολογικές έρευνες, επειδή είναι διαφανή. Η *Δάφνια* είναι καρκινοειδές.

δεδομένα (data): όλες οι μετρήσεις ή περιγραφές που συνδέονται προς ένα ειδικό πρόβλημα που ερευνάται· άλλες μετρήσεις ή παρατηρήσεις που δεν συνδέονται με το συγκεκριμένα πρόβλημα δεν αποτελούν δεδομένα για το πρόβλημα αυτό.

δείκτης (indicator): χημική ουσία που χρησιμεύει στο εργαστήριο για την ανάλυση, επειδή υφίσταται μεταβολή, συνήθως χρωματική, κατά την παρουσία ορισμένου pH ή άλλης χημικής ενώσεως, ή κάποιου άλλου παράγοντα, που δεν είναι αμέσως ορατός.

δέκτης (receptor): εξειδικευμένη αισθητική δομή ή όργανο που δέχεται ερεθίσματα.

δέκτης πρωτεϊνικός (receptor protein): πρωτεΐνη, η οποία χημικώς συνδεδεμένη με στεροειδή ορμόνη θέτει σε θέση «εντός» ένα γονίδιο ενός χρωματοσώματος όσον αφορά τη λειτουργικότητά του.

δενδρίτης (dendrite): νευρική ίνα που μεταφέρει ώσεις προς το κυττόσωμα του νευρώνα.

δερμίδα (dermis): η κατώτερη στρώση του δέρματος που περιέχει νεύρα και αιμοφόρα αγγεία.

δεσοξυριβάζη (deoxyribose): το σάκχαρο που περιέχει πέντε άτομα άνθρακα και βρίσκεται στο DNA.

δευτερεύοντα φυλετικά χαρακτηριστικά (secondary sex differences): χαρακτηριστικά των αρρένων και των θηλέων ατόμων που επάγονται, μερικώς τουλάχιστον, από τη δράση των φυλετικών ορμονών σε διάφορα σημεία του σώματος πλην των αναπαραγωγικών οργάνων. Για παράδειγμα, στους ανθρώπους, ο λάρυγγας αναπτύσσεται περισσότερο στα άρρενα, με αποτέλεσμα τη βαθύτερη φωνή, όπως επίσης αναπτύσσεται και η τριχοφυία του προσώπου.

διαβήτης μελιταίος (diabetes mellitus): ασθένεια που προκαλείται από την αδυναμία του σώματος να χρησιμοποιήσει γλυκόζη με φυσιολογικό τρόπο, κυρίως λόγω ελλείψεως ινσουλίνης.

διάβρωση (erosion): η απομάκρυνση των στρωμάτων εδάφους από τη δράση του ανέμου, του νερού, την αλληλοδιαδοχή καταψύξεως και τήξεως, καθώς και από άλλο αίτια.

διάδοση (propagation): πολλαπλασιασμός του αριθμού των ατόμων ενός είδους.

διαπερατός (permeable): χαρακτηριστικό πολλών μεμβρανών, συμπεριλαμβανομένων των μεμβρανών των κυττάρων, λόγω του οποίου μόρια πολλών υλικών διέρχονται μέσω των μεμβρανών.

διαπηδήση (dialysis): διαχωρισμός υλικών σε διάλυμα με άνιση διάχυση μέσω μιας ημιπερατής μεμβράνης. Η μεμβράνη αυτή ονομάζεται μεμβράνη διαπηδήσεως ή σωλήνας διαπηδήσεως.

διαστάση (diastase): μίγμα φυτικών ενζύμων για την πέψη υδατανθράκων.

διασταυρώσεως φραγμοί (barriers of interbreeding): παράγοντες όπως η απομόνωση, οι γενετικές διαφορές και για τα ανθρώπινα όντα ακόμη και κοινωνικές συνήθειες που περιορίζουν τη διασταύρωση μεταξύ διαφόρων πληθυσμών.

διατροφή (nutrition): παροχή σε ένα κύτταρο ή σε ένα οργανισμό όλων των ουσιών και της ενέργειας που είναι απαραίτητη υπό μορφή θρεπτικών ουσιών ή τροφής.

διαφοροποίηση (differentiation): διαδικασία με την οποία κύτταρα ενός οργανισμού γίνονται διαφορετικά ως προς τη δομή και λειτουργία τους παρά το ότι προέρχονται από το ίδιο γονιμοποιημένο ωάριο.

διάφραγμα (diaphragm): στρώση μυών που διαχωρίζει το στήθος από την κοιλιακή κοιλότητα των θηλαστικών· μαζί με τους μύες των πλευρών το διάφραγμα έχει μεγάλη σημασία για την αναπνοή.

διάχυση (diffusion): κίνηση μορίων μέσω μορίων ενός άλλου υλικού (αερίου, υγρού ή στερεού) συμπεριλαμβανόμενης και της κυτταρικής μεμβράνης. Η κατεύθυνση της κινήσεως είναι τυχαία, όταν τα διαχεόμενα υλικά βρίσκονται ισοκατανεμημένα· αν βρίσκονται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση σε μια περιοχή, τότε η μεγαλύτερη κίνηση παρατηρείται σε κατεύθυνση απομακρυνόμενη από την περιοχή αυτή.

διδαχτής συμπεριφορά (learned behavior): συμπεριφορά που αναπτύσσεται ως προϊόν περιβαλλοντικής πείρας.

Δικοτυλήδονο *(Dicotyledonous)*: φυτό του οποίου οι σπόροι φέρουν δύο κοτυληδόνες. Τα περισσότερα κηπευτικά εκτός από το καλαμπόκι, τα δένδρα εκτός από κωνοφόρα και τα περισσότερα ανθοφόρα φυτά είναι *Δικοτυλήδονα*.

διογενείς δίδυμοι (fraternal twins): δύο απόγονοι γεννημένοι συγχρόνως από την ίδια μητέρα, που προέρχονται όμως από δύο διαφορετικά γονιμοποιημένα ωάρια.

διπλασιασμού χρόνος (doubling time): η χρονική περίοδος κατά την οποία ένας δεδομένος πληθυσμός αυξάνει 100%.

διπλή απομυέλωση (double pith): η αναισθητοποίηση ενός δοτράχου, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για εργαστηριακό πειραματισμό, με την εισαγωγή μιας ανατομικής δελόνας στη θέση συνδέσεως μεταξύ νωτιαίου μυελού και της βάσεως του εγκεφάλου και περιστροφή της (και προς τον εγκέφαλο και προς το νωτιαίο μυελό) προς καταστροφή των νευρώνων και των συνάψεων.

διπλή έλικα (double helix): σχήμα του μορίου του DNA, που μοιάζει με ζεύγος ελικομόρφων κλιμάκων, οι οποίες περιελίσσονται η μια γύρω από την άλλη.

διπλό υβρίδιο (double hybrid): ο απόγονος μιας διασταυρώσεως μεταξύ ατόμων, κάθε ένα από τα οποίο έχει προκύψει από διαφορετική διασταύρωση επιλογής μεταξύ επίσης δύο ποικιλιών· στο διπλό υβρίδιο εκπροσωπούνται τέσσερις διαφορετικές ποικιλίες.

διπλοειδές (diploid): οργανισμός που έχει μια πλήρη σειρά χρωματοσωμάτων ή και τα δύο χρωματοσώματα κάθε ζεύγους χρωματοσωμάτων που χαρακτηρίζει το είδος.

Διπλόποδα *(Diplopoda)*: τάξη των *Αρθροπόδων* που περιλαμβάνει τα *Μυριάποδα*.

διτανθρακικό ιόν (bicarbonate ion): μορφή HCO_3^- με την οποία το περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα μεταφέρεται από το αίμα.

διχοτόμηση (fission): στα προκαρυωτικά κύτταρα ονομάζεται η κυτταρική διαίρεση· στην περίπτωση αυτή δεν προηγείται διακριτή μίτωση, αφού στα κύτταρα αυτά δεν υπάρχει διαμορφωμένος πυρήνας.

διώρυγα (canal): οστά, μια λεπτή διώρυγα μέσω της οποίας επικοινωνούν περιοχές με κύτταρα.

δοκίδα (spicula): σκελετικό στοιχεία των ασπονδύλων ζώων τύπου σπόγγου ή εχινοδέρματος.

δοκιμή-και-λάθος (trial and error): τρόπος διδαχής συμπεριφοράς που χρησιμοποιεί μια σειρά από αντιδράσεις, έως ότου βρεθεί η κατάλληλη.

δρεπανοκυτταρική αναιμία (sickle cell anemia): κατάσταση κατά την οποία τα ερυθρά αιμοσφαίρια παίρνουν σχήμα δρεπανιού, φράσσουν τα τριχοειδή και αναστέλλουν την επαρκή οξυγόνωση του σώματος. Η δρεπανοκυτταρική προσδιορίζεται γονιδιακώς· διαφέρει από τη φυσιολογική αιμοσφαιρίνη κατά ένα ανινοξύ.

Δρυοπίθηκος *(Dryopithecus)*: αρχαιότερα γνωστά απολιθώματα που πιστεύεται ότι συνδέονται εξελικτικώς προς τους πιθήκους, τους αυστραλοπιθήκους και τον άνθρωπο.

δρυφρακτοειδές παρέγχυμα (palisade layer): το στρώμα των κυττάρων ενός πράσινου φύλλου κάτω από την άνω επιδερμίδα· ένα μέρος του φύλλου όπου γίνεται η φωτοσύνθεση.

DNA (DNA): συντομογραφία για το δεσοξυριβοζονουκλεϊνικό οξύ· το κληρονομικό υλικό των περισσοτέρων οργανισμών· τα γονίδια αποτελούνται από DNA.

2, 4-D (2, 4 D): συνθετική αυξίνη που καταστρέφει αγριόχορτα επιδρώντας στους ρυθμιστικούς μηχανισμούς της αναπτύξεώς τους.

Ε

εγγενής αναπαραγωγή (sexual reproduction): αναπαραγωγή που περιλαμβάνει συμμετοχή γενετικού υλικού από δυο γονείς.

εγκεφαλικά κύματα (brain waves): ρυθμικές ηλεκτρικές ώσεις που διαχέονται από τον εγκέφαλο κατά την ανάπαυση.

εγκέφαλος (cerebrum): το μεγαλύτερο τμήμα του ανθρώπινου κεντρικού νευρικού συστήματος, ελέγχει τις βουλητικές κινήσεις και συντονίζει την πνευματική δραστηριότητα.

εγκέφαλος (brain): η πρόσθια διόγκωση του κεντρικού νευρικού συστήματος που συντονίζει τις ανώτερες λειτουργίες του σώματος στα σπονδυλωτά και είναι το κέντρο των βουλητικών αντιδράσεων και της μνήμης.

έδρα (anus): το οπίσθιο άνοιγμα του πεπτικού σωλήνα ενός ζώου.

εθισμός (habituation): απλή μορφή μαθήσεως κατά την οποία η αντίδραση του οργανισμού μειώνεται καθώς εθίζεται στο ερέθισμα.

εθνοαρχαιολογία (ethnoarchaelogy): η μελέτη των υπολειμμάτων των ανθρωπίνων οικισμών, συμπεριλαμβανομένων και αυτών των συγχρόνων ανθρωπίνων κοινωνιών, για την αξιολόγηση των ενδείξεων που συγκεντρώνονται από τους αρχαιότερους οικισμούς.

είδος (species): σύνολο οργανισμών με συγγένεια, από γενετικής απόψεως, αρκετά μεγάλη, ώστε να είναι δυνατό να διασταυρώνονται μεταξύ τους και να παράγουν γόνιμους απογόνους.

εκβλάστηση (budding): μέθοδος αγενούς αναπαραγωγής στις ζύμες, τις ύδρες και σε πολλούς άλλους μικρούς οργανισμούς· επίσης η ετήσια έναρξη νέας αναπτύξεως στα φυτά.

έκκριμα (secrection): κάθε συστατικό, εκτός από άχρηστα υλικά, που εκκρίνεται από ένα αδένα.

εκτείνων (extensor): μυς που εκτείνει ένα μέλος ή ένα τμήμα του σκελετού.

εκτόδερμα (ectoderm): η εξωτερική στοιβάδα των κυττάρων σε ένα έμβρυο.

έκφυση (origin): το σημείο προσαρμογής του ενός άκρου του μυός στο μη κινούμενο στη συγκεκριμένη άρθρωση τμήμα του σκελετού.

εκχύλισμα (extract): εξειδικευμένο κλάσμα ή διάλυμα που εξάγεται από μια καλλιέργεια ή άλλο εργαστηριακό παρασκεύασμα από ολόκληρο οργανισμό ή μερικούς από τους σωματικούς ιστούς του. Συχνά το παρασκεύασμα φυγοκεντρείται προτού εξαχθεί το εκχύλισμα.

ελεγχόμενο πείραμα (controlled experiment): πείραμα κατά το οποίο δύο ή περισσότερα όμοια υλικά ή ομάδες (***πειραματικές*** και ***μάρτυρες***) ερευνώνται κάτω από πανομοιότυπες συνθήκες εκτός από μία, από εκείνη που διαφέρει στις πειραματικές ομάδες.

έλυτρο μυελίνης (myelin sheath): η λιπώδης μεμβράνη που περιβάλλει το νευράξονα ορισμένων νευρώνων.

εμβολιασμός (grafting): αγενής τρόπος αναπαραγωγής με την απόσχιση ενός οφθαλμού ή βλαστού από ένα φυτό και τον ενοφθαλμισμό του σε άλλα συγγενές φυτό όπως στην περίπτωση αναπαραγωγής ασπόρων πορτοκαλεοδένδρων.

έμβρυο (embryo): πρώιμα στάδιο αναπτύξεως ενός νέου ατόμου από το γονιμοποιημένο ωάριο.

εμβρυονική επαγωγή (embryonic induction): η επίδραση ενός ιστού του εμβρύου σε έναν άλλο ιστό κατά την ανάπτυξη και διαφοροποίησή του.

έμμηνα ή περίοδος (mensturation): η αποβολή των μαλακών ιστών από την εσωτερική επιφάνεια της μήτρας, που περιλαμβάνουν αίμα και αιμοφόρα αγγεία, όταν δεν έχει αναπτυχθεί γονιμοποιημένο ωάριο στη μήτρα κατά την περίοδο του αναπαραγωγικού κύκλου.

έμμηνη περίοδος (menstrual cycle): ο αναπαραγωγικός κύκλος των θηλέων ατόμων στων άνθρωπο, ο οποίας παρατηρείται πολλές φορές κατά τη διάρκεια ενός έτους. Σε άλλα θηλαστικά υπάρχει μόνο ένας κύκλος ανά έτος και σε ορισμένο χρόνο (ο χρόνος αυτός ονομάζεται περίοδος οίστρου).

εμφύτευση (implantation): η προσκόλληση και η εμφύτευση γονιμοποιημένου ωαρίου θηλαστικού στους μαλακούς ιστούς του εσωτερικού στρώματος της μήτρας.

εναδράσεως σύστημα (feedback system): η σχέση με την οποία μια δραστηριότητα του οργανισμού επιδρά σε μια άλλη, η οποία με τη σειρά της επιδρά στην πρώτη, με τελικό αποτέλεσμα μιο ρυθμιστική ισορροπία.

ενδογενής συμπεριφορά (innate behavior): συμπεριφορά

που προσδιορίζεται γενετικώς, όπως στην περίπτωση οργανώσεως μιας κοινωνίας μυρμηγκιών. Η ενδογενής συμπεριφορά ονομάζεται επίσης και ενστικτώδης συμπεριφορά.

ενδόδερμα (endoderm): η εσωτερική στοιβάδα των κυττάρων όπως στην περίπτωση ενός εμβρύου.

ενδοκρινής αδένας (endocrine gland): αδένας που στερείται εκφορητικού πόρου και εκκρίνει μια ή περισσότερες ορμόνες στο κυκλοφορικό σύστημα.

ενδοκυτταρική πέψη (intracellular digestion): πέψη που γίνεται μέσα στο κύτταρο, όπως στην περίπτωση των μονοκυττάρων οργανισμών, αλλά και σε περιπτώσεις ορισμένων κυττάρων πολλών πολυκυττάρων οργανισμών.

ενδοπλασματικό δίκτυο (endoplasmic reticulum): σύστημα εσωτερικών μεμβρανών του κυττάρου· οι μεμβράνες αυτές είναι κατεσπαρμένες με ριβοσώματα σε ορισμένες περιοχές, ενώ σε άλλες είναι λείες χωρίς ριβοσώματα.

ενδοσκελετός (endoskeleton): ο εσωτερικός σκελετός των ανωτέρων οργανισμών που συνήθως αποτελείται από οστά και χόνδρους.

ενέργεια ενεργοποιήσεως (activation energy): η απαραίτητη για την έναρξη μιας χημικής αντιδράσεως ενέργεια.

«ενεργό» οξικό οξύ (active acetic acid): ενδιάμεσο προϊόν στην αναπνευστική διάσπαση της γλυκόζης· ονομάζεται επίσης ακετυλο-CoA.

ενεργός μεταφορά (active transport): η οργανωμένη μεταφορά μορίων και ιόντων από ένα κύτταρο διά μέσου της κυτταρικής του μεμβράνης που απαιτεί κατανάλωση ενέργειας.

ένζυμα (enzyme): πρωτεΐνη ή μέρος πρωτεϊνικού μορίου που δημιουργείται από ένα οργανισμό και χρησιμοποιείται ως καταλύτης σε μια εξειδικευμένη χημική αντίδραση· επίσης κάθε μόριο ακόμη και μη πρωτεϊνικό, που χρησιμοποιείται ως μεταφορέας ηλεκτρονίων κατά την αναπνοή και τη φωτοσύνθεση.

εντερωνίου ακτίνας κύτταρο (ray cell): τα κύτταρα των βλαστών των ξυλωδών φυτών που σχηματίζουν αγωγούς, οι οποίοι επιτρέπουν την ανταλλαγή υλικών μεταξύ του ξυλώματος και του φλοιώματος.

έντερο (intestine): το τμήμα του πεπτικού συστήματος που οδηγεί από το στόμα στην έδρα και όπου γίνεται κυρίως η πέψη ή και η απορρόφηση των θρεπτικών ουσιών.

έντερο παχύ (large intestine): το τμήμα του πεπτικού σωλήνα που εκτείνεται μεταξύ του λεπτού εντέρου και της έδρας στα θηλαστικά είναι μικρότερο σε μήκος αλλά παχύτερο στη διάμετρο από το λεπτό έντερο και είναι η θέση της επαναπορροφήσεως του νερού.

Έντομα *(Insecta)*: ομοταξία *Αρθροπόδων* που περιλαμβάνει τις μέλισσες, τις σφήκες, τις μύγες, τις πεταλούδες, τις ακρίδες, τις χρυσόμυγες κοι άλλα παράμοια ζώα που έχουν έξι ζεύγη ποδών· είναι η μεγαλύτερη ομοταξία του βασιλείου των ζώων.

εντομοκτόνο (insecticide): χημική ουσία ή μίγμα χημικών ουσιών για την εξολόθρευση εντόμων.

ενστικτώδης συμπεριφορά (instinctive behavior): βλέπε ενδογενής συμπεριφορά.

εντύπωμα (imprinting): συμπεριφορά μορφής αναλλαίωτης αντιδράσεως σε ένα εξειδικευμένο ερέθισμα προσδιοριζόμενη από την αρχική αντίδραση στο ίδιο ερέθισμα σε πρώιμο στάδιο της ζωής.

εξάρτηση (conditioning): εξάσκηση που συνδέει μια αντίδραση προς ένα ερέθισμα διαφορετικό από το ερέθισμα που συνδέεται κατά την εγγενή συμπεριφορά.

εξάτμιση (evaporation): αλλαγή στην κατάσταση από υγρό σε αέριο που συμβαίνει στο νερά καθώς τα μόριά του διαφεύγουν μέσω των στομάτων των φύλλων προς τον αέρα.

εξέλιξη (evolution): η διαδικασία μεταβολής με την πάροδο του χρόνου· στη βιολογία ειδικώς σημαίνει τη βαθμιαία εμφάνιση νέων ειδών που κατάγονται από προηγούμενα.

εξίσωση (equation): κατά λέξη σημαίνει ισότητα· ένας τρόπος περιληπτικής εκφράσεως μιας χημικής αντιδράσεως, η μιας μαθηματικής επεξεργασίας, με τη χρήση συμβόλων που δείχνουν ότι οι ποσότητες ή τα υλικά στη μια πλευρά του σημείου ισότητας ή του ανύσματος είναι ακριβώς ίσα με αυτά από την άλλη πλευρά. Στις χημικές εξισώσεις εκφράζεται περιληπτικά ότι ύλη-ενέργεια σύτε δημιουργούνται σύτε καταστρέφονται αλλά απλώς αλλάζουν μορφή. (Νόμος της διατηρήσεως της ύλης και της ενέργειας).

εξωσκελετός (exoskeleton): το εξωτερικό περικάλυμμα οργανισμών όπως τα έντομα ή τα καρκινοειδή που υποστηρίζει και προστατεύει το σώμα τους όπως μια παναπλία.

εξωτερικό ερέθισμα (external stimulus): περιβαλλοντική αλλαγή που φθάνει στον οργανισμό από έξω και προκαλεί την αντίδρασή του.

επαγωγή (induction): βλέπε εμβρυονική επαγωγή.

επιγένεση (epigenesis): η πίστη ότι κάθε νέα άτομα αναπτύσεται από μη οργανωμένα υλικά που υπάρχουν σε ένα γονιμοποιημένο ωάριο· η επιγένεση δεν βασίζεται στην ύπαρξη γενετικού κώδικα.

επιγλωττίδα (epiglotis): η προβολή του ιστού που καλύπτει την τραχεία κατά την κατάποση.

επιδερμίδα (epidermis): η εξωτερική στοιβάδα κυττάρων όπως στην περίπτωση του δέρματος ή ενός πράσινου φύλλου.

επιδερμικό εκτόδερμα (epidermal ectoderm): το τμήμα του εκτοδέρματος ενός εμβρύου το οποίο στα θηλαστικά θα αναπτυχθεί σε δέρμα, τρίχωμα, όνυχες και αδαμαντίνη οδόντων.

επιδιδυμίδα (epididymis): στα άρρενα θηλαστικά, μάζα σωληνίσκων στην οπίσθια επιφάνεια των όρχεων.

επιθετικότητα (aggression): ισχυρή, επιθετική συμπεριφορά, συνήθως περιορισμένη σε μεμονωμένα περιστατικά ανάμεσα στα ζώα, όπως η υπεράσπιση μιος περιαχής ή η αναζήτηση για ένα ταίρι προς παραγωγή απογόνων. Η ανταλλαγή των αερίων με το αίμα λαμβάνει χώρα στα τοιχώματα κυψελίδων.

επικονίαση (pollination): η πρόσφυση των γυρεοκόκκων στο στίγμα ενός άνθους.

επικρατές αλληλόμορφο (dominant allele): ένα από τα ζεύγη των αλληλομόρφων ενός γονιδίου που καλύπτει με την έκφρασή του την έκφραση του άλλου αλληλομόρφου καλύπτοντας την παρουσία του τελευταίου σε ένα ετεροζυγωτικό άτομο.

επικράτηση (dominance): η ικανότητα επιβολής ελέγχου ή σεβασμού επί άλλων κατά τη συμπεριφορά· η έκφραση ενός γονιδίου που επικαλύπτει την έκφραση του αλληλομόρφου, καλύπτοντας την παρουσία του στην περίπτωση ενός ετεροζυγωτικού ατόμου.

επιλεκτική αναπαραγωγή (selective breeding): ανάπτυξη

καθαρών ποικιλιών με κατάλληλα κληρονομικά χαρακτηριστικά μέσω επανειλημμένων διασταυρώσεων διαφόρων ατόμων, καθένα των οποίων είχε μερικά από τα χαρακτηριστικά αυτά.

επινεφρίδιο (adrenal gland): ενδοκρινής αδένας που βρίσκεται πάνω ακριβώς από το νεφρό.

επινεφριδίων μυελός (adrenal medulla): το κεντρικό τμήμα των επινεφριδίων που εκκρίνει αδρεναλίνη.

επινεφριδίων φλοιός (adrenal cortex): το εξωτερικό τμήμα των επινεφριδίων αδένων που εκκρίνει ποικιλία ορμονών.

επίσαγμα (clitelum): η διογκωμένη αδενώδης ζώνη γύρω από το σώμα των γαιοσκωλήκων και άλλων ανελίδων.

εργάτης (worker): στις κοινωνίες των μελισσών, των μυρμηγκιών και των τερμιτών, ένα άτομο που κάνει όλες τις εργασίες στην κοινωνία, εκτός εκείνων που σχετίζονται με την αναπαραγωγή ή πιο συχνά με την άμυνα εναντίον επιδρομέων.

ερέθισμα (stimulus): κάθε αλλαγή που επάγει την αντίδραση ενός οργανισμού.

ερέθισμα κατωφλίου ή ουδού (threshold stimulus): ένταση ερεθίσματος κάτω από την οποία δεν δημιουργείται ώση. Στο επίπεδο κατωφλίου ή σε υψηλότερο η ώση είναι δυνατό να μεταφερθεί από διαφορετικό αριθμό νευρώνων αλλά για κάθε νευρώνα η ώση θα είναι πανομοιότυπη, ασχέτως αν το ερέθισμα ήταν επιπέδου κατωφλίου ή ανώτερου επιπέδου.

Ερπετά *(Reptilia)*: η ομοταξία των *Χορδωτών* που περιλαμβάνει τις χελώνες, τις σαύρες, τα φίδια, τους κροκοδείλους, τους αλλιγάτορες.

ερυθρά αιμοσφαίρια (red blood cells): αιμοσφαίρια, στα σπονδυλωτά ζώα που φέρει αιμοσφαιρίνη και άλλες εξειδικευμένες πρωτεΐνες του αίματος με εξαιρετικά εξειδικευμένες λειτουργίες.

εσωτερικό ερέθισμα (internal stimulus): αίτια συμπεριφοράς που προέρχεται από το εσωτερικό του οργανισμού.

ετεροζυγος (heterozygous): ο φορέας ανομοιομόρφων αλληλομόρφων για ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό.

ετήσιος δακτύλιος (annual ring): δακτύλιος ή στρώση από ξυλώδη κύτταρα που σχηματίζεται κατά τη διάρκεια μιας βλαστικής περιόδου από το κάμβιο του κορμού δένδρου ή του μίσχου ενός ξυλώδους φυτού.

Ευγλήνα *(Euglena)*: μονοκύτταρος οργανισμός της κατηγορίας των *Πρωτίστων* που φωτοσυνθέτει και κινείται ελεύθερα χρησιμοποιώντας για την κίνησή του ένα μαστίγιο.

ευκαρυωτικό κύτταρο (eucaryotic cell): κύτταρο με πυρήνα και άλλα εξειδικευμένα οργανίδια όπως αυτά που βρίσκονται σε κύτταρα και άλλους οργανισμούς πλην των μονήρων.

εφυμενίδα (cuticle): μη κυτταρικό κηρώδες εξωτερικό στρώμα που καλύπτει τα φύλλα και τους καρπούς ορισμένων φυτών.

Εχινόδερμα *(Echinodermata)*: είδος ακανθοφόρων ζώων που ζουν στους ωκεανούς· οι αστερίες, οι αχινοί, τα ολοθούρια, τα κρινοειδή είναι εχινόδερμα.

Ζ

ζυγωτό ή ζυγώτης (zygote): γονιμοποιημένο ωάριο.

ζύμωση (fermentation): σειρά αντιδράσεων κατά την οποία ελευθερώνεται ενέργεια από οργανικές ενώσεις θρεπτικών υλικών με απουσία οξυγόνου και με αποτέλεσμα την παραγωγή προϊόντων ατελούς πέψεως, όπως αλκοόλη, γαλακτικό οξύ και διοξείδιο του άνθρακα.

ζωτικός χώρος (territory): η περιοχή που ένα ζώο ζει και προστατεύει.

ζωτικού χώρου συμπεριφορά (territoriality): η συμπεριφορά ενός ζώου ως προς την περιοχή στην οποία ζει.

ζώων κοινωνία (animal society): φύλο των ζώων, οι σκώληκες μεταμερή σώματα.

Η

ηθμώδης σωλήνας (sieve tube): στήλη κυττάρων του φλοιώματος των φυτών.

ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (electroencephalogram): η καταγραφή των κυμάτων που εκπέμπει ο εγκέφαλος με χρήση ειδικών οργάνων.

ηλεκτρόλυση (electrolysis): η διάσπαση του νερού σε υδρογόνο και οξυγόνο με τη χρήση ηλεκτρικού ρεύματος ως πηγής ενέργειας.

ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (electron microscope): μικροσκόπιο που εξετάζει τα αντικείμενα με δέσμη ηλεκτρονίων αντί για αραιό φως και γι' αυτό είναι ικανό να δίνει μεγαλύτερες μεγεθύνσεις από ένα σύνθετο μικροσκόπιο. Η εικόνα σχηματίζεται από τα ηλεκτρόνια που πέφτουν σε μια σθόνη.

ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σαρώσεως (scanning electron microscope): ηλεκτρονικό μικροσκόπιο που καλύπτει ένα ολόκληρο αντικείμενο ή δείγμα με ηλεκτρόνια και παράγει μια τρισδιάστατη εικόνα του.

ηλεκτρονικού μικροσκοπίου φωτογραφία (electron microphotograph): φωτογραφία της εικόνας ενός παρασκευάσματος, όπως εμφανίζεται όταν εξετάζεται με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

ηλεκτρόνιο (electron): η θεμελιώδης μονάδα του ηλεκτρισμού και τα σωματίδια που παρατηρούνται σε διάφορους αριθμούς στο νέφος ηλεκτρονίων που περιβάλλει τον πυρήνα των ατόμων. Ένα ηλεκτρόνιο φέρει αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο.

ηλεκτρονίων μεταφορά (electron transport): η διαδικασία μεταφοράς ηλεκτρονίων από ένα μόριο-υποδοχέα σε ένα άλλο κατά τις αντιδράσεις φωτός της φωτοσυνθέσεως και κατά τη λειτουργία της αναπνευστικής αλυσίδας στα ζώα και στα φυτά.

ήπαρ ή συκώτι (liver): αδένας πολλών ζώων και ο μεγαλύτερος αδένας του ανθρώπου· στους ανθρώπους διηθεί το αίμα, εκκρίνει τη χολή, αποθηκεύει γλυκογόνο και εκβάλλει τα άχρηστα υλικά.

Θ

θαλιδομίδη (thalidomide): φάρμακο που παλαιότερα ήταν αρκετά διαδεδομένο προς πρόληψη της ναυτίας στις εγκυμονούσες, αλλά που επάγει δυσμορφίες σε μεγάλο αριθμό απογόνων.

θανατηφόρος (lethal): ό,τι οδηγεί στο θάνατο.

θανατηφόρος μετάλλαξη (lethal mutation): μετάλλαξη που είναι θανατηφόρος για το μεταλλαγμένο οργανισμό.

θερμόαιμο (warm-blooded): ικανό να ρυθμίζει την εσωτερική θερμοκρασία του σώματός του εντός στενών ορίων ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος. Τα πτηνά και τα θηλαστικά είναι

θερμόαιμα ζώα.

θεωρία (theory): υπόθεση που συνδέει και οργανώνει μεγάλο μέρος της επιστημονικής γνώσεως σε μια επιστήμη και που έχει υποστεί επανειλημμένες δοκιμασίες πριν γίνει αποδεκτή.

Θηλαστικά *(Mammalia)*: η ομοταξία των *Χορδωτών* που περιλαμβάνει σπονδυλωτά, τα οποία έχουν τρίχωμα και παράγουν γάλα για τη διατροφή των νεαρών ατόμων. Τα άλογα, οι γάτες, τα ποντίκια, οι ελέφαντες, οι φάλαινες και οι φώκιες είναι θηλαστικά.

θιαμίνη (thiamine): η διταμίνη B_1 του συστήματος διταμινών Β.

θνησιμότητας ρυθμός (death rate): αριθμός θανάτων σε δεδομένο πληθυσμό ανά μονάδα χρόνου.

θρεπτικός ζωμός (nutrient broth): στο εργαστήριο, υγρό που περιέχει θρεπτικό υλικά και χρησιμεύει για την ανάπτυξη και αναπαραγωγή μικροοργανισμών· οι φυσικώς σχηματιζόμενες οργανικές ενώσεις που βρίσκονται στο νερό των ποταμών, των λιμνών και των ωκεανών κατά τα αρχικό στάδια του πλανήτη γη.

θρεπτική ουσία (nutrient): συστατικό διατροφής υπό μορφή που έχει συνήθως υποστεί πέψη, δεν απαιτεί άλλη διαδικασία πέψεως και είναι χρησιμοποιήσιμο από πολλά είδη οργανισμών.

θρεπτικό υλικό (culture medium): παρασκεύασμα θρεπτικών ουσιών για την καλλιέργεια μικροοργανισμών ή μικρών πολυκυττάρων ζώων.

θρόμβος (clot): διογκούμενη μάζα υλικού που σχηματίζεται στο αίμα· οι θρόμβοι κλείνουν τις ανοικτές πληγές.

θρυψίνη (trypsin): ενεργός μορφή ενός παγκρεατικού ενζύμου που δρα στην πέψη των πρωτεϊνών και των πεπτιδίων στο λεπτό έντερο.

θρυψινογόνο (trypsinogen): η ανενεργός μορφή της θρυψίνης όπως εκκρίνεται από το πάγκρεας.

θύλακας (follicle): ωοθήκη ενός θηλαστικού, σακοειδής δομή μέσα στην οποία ωριμάζει το ωάριο· επίσης στα θηλαστικά, μια δομή στο θυρεοειδή αδένα όπου παράγεται και αποθηκεύεται θυροξίνη· μια καλλότητα του δέρματος απ' όπου αναπτύσσεται μια τρίχα.

θυμίνη (thymine): μια από τις τέσσερις αζωτούχες βάσεις στο DNA· βρίσκεται σε ίσο αριθμό με την αδενίνη, με την οποία σχηματίζει ζεύγη.

θυρεοειδής αδένας (thyroid gland): ενδοκρινής αδένας στην περιοχή του λαιμού των περισσοτέρων σπονδυλωτών που ελέγχει το ρυθμό του κυτταρικού μεταβολισμού στο σώμα μέσω μιας από τις ορμόνες του, της θυραξίνης.

θυροξίνη (thyroxine): κύρια ορμόνη του θυρεοειδή αδένα· ρυθμίζει πολλές κυτταρικές λειτουργίες.

Ι

ιεραρχία (hierarchy): η ταξιθέτηση μιας ομάδος οργανισμών κατά τάξη επικρατήσεως ή άλλου παράγοντα.

ίζημα (sediment): σωματίδια ενός υγρού μίγματος που κατακάθονται, όπως στην περίπτωση του πυθμένα ενός ποταμού· τα ιζήματα των ποταμών, των λιμνών και των ωκεανών συχνά καλύπτουν τα υπολείμματα νεκρών οργανισμών, τα οποία με την πάροδο του χρόνου μεταβάλλονται σε απολιθώματα εντός ιζηματογενών πετρωμάτων.

ίνα (filament): στους μύες, ίνες είναι αι στοιχειώδεις δομές από τις οποίες αποτελούνται τα μυικά ινίδια.

ινίδιο (fibril): οποιαδήποτε συσταλτή δομή που συντονίζει τη δράση των βλεφαρίδων ενός οργανισμού όπως το *Παραμήκυο*· στα θηλαστικά, οι δομικές μονάδες από τις οποίες αποτελούνται αι ίνες των μυικών κυττάρων.

ινσουλίνη (insulin): ορμόνη που παράγεται στις ονομαζόμενες νησίδες του Λανγκεράν του παγκρέατος στα θηλαστικά και που είναι απουδαία για τη χρήση του σακχάρου από το σώμα.

ίον (ion): άτομο ή μόριο που έχει επιπλέον ή έχει απωλέσει ένα ή περισσότερα ηλεκτρόνια και το οποίο φέρει αντιστοίχως αρνητικό ή θετικό φορτίο.

ιονισμός (ionization): μετατροπή μιας ουσίας σε ιόντα, όπως λόγω εκθέσεως σε ακτινοβολία ή αε θερμότητα από μια πυρηνική αντίδραση, ή, σε περίπτωση ουσιών οι οποίες φέρουν ιοντικούς δεσμούς ή διάλυσή τους στο νερό.

ιοντικός δεσμός (ionic bond): χημικός δεσμός που σχηματίζεται από την έλξη μεταξύ δύο αντιθέτως φορτισμένων ιόντων.

ιός (virus): σχεδόν έμβρυο σωματίδιο που δεν παρουσιάζει λειτουργικότητα έξω από ζωντανά κύτταρα αλλά το οποίο αναπαράγεται εντός ζωντανών κυττάρων. Οι ιοί αποτελούνται από DNA και πρωτεΐνη ή RNA και πρωτεΐνη κοι είναι ορατοί μόνο με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

ιός μωσαϊκής καπνού (tobacco masaic virus): ιός που προσβάλλει και καταστρέφει το φύλλα των καπνοφύτων· είναι ο πρώτος ιός που απομονώθηκε υπό καθαρά κρυσταλλική μορφή κατά τα πρώτα έτη της ιολογίας.

ισημερινός (equator): η επιφάνεια διαχωρισμού μετοξύ των δύα ημισφαιρίων κατά το στάδιο του προχωρημένου βλαστιδίου.

ισότοπο (isotope): κάθε ένα από δύο ή περισσότερες μορφές, που διαφέρουν στον αριθμό των νετρονίων, των ατόμων ενός στοιχείου· ο αριθμάς πρωτονίων και ηλεκτρονίων είναι πάντα ο ίδιος.

ιστοκαλλιέργεια (tissue culture): η ανάπτυξη και η αναπαραγωγή κυττάρων εντός ειδικών θρεπτικών υλικών στο εργαστήριο. Πολλά πειράματα για ζώα και φυτά είναι δινατό να γίνουν σε κύτταρα και ιστούς που αναπτύσσονται σε καλλιέργειες αντί να γίνσυν απευθείας σε ζώα και φυτά.

ιστόνη (histone): τύπος υδατοδιαλυτής πρωτεΐνης η οποία λειτουργεί ως διακόπτης σε θέση «εκτός» για τη δραστηριότητα ενός γονιδίου σε ένα χρωματόσωμα (βλ. επίσης πρωτεϊνικός δέκτης).

ιστός (tissue): σύνολο ομοίων κυττάρων οργανωμένων προς επιτέλεση εξειδικευμένης λειτουργίας σε ένα οργανισμό. Παράδειγμα ο επιδερμικός ιστός κοι ο αδενικός ιστός.

Κ

καθαρόαιμο (pure bred): ομόζυγο για αλληλόμορφα που προσδιορίζουν εξειδικευμένα χαρακτηριστικά, προερχόμενο από επιλεκτική αναπαραγωγή επί πολλές γενεές.

καλλιέργεια (culture): σχεδιασμένος πολλαπλασιασμός κυττάρων, μικροοργανισμών ή μικρών εργαστηριακών ζώων, όπως η *Δροσόφιλα*, σε θρεπτικό υλικό

μέσα σε τρυβλίο καλλιέργειας ή σε δοκιμαστικό σωλήνα.

κάμβιο (cambium): στοιβάδα ιστού μεριστώματος στους βλαστούς και τις ρίζες των φυτών από όπου γίνεται η ανάπτυξη του φυτού εγκαρσίως με τη δημιουργία νέου ξυλώματος και φλοιώματος.

καμπτήρας (flexor): μυς που κάμπτει μια άρθρωση· η δράση είναι ανταγωνιστική ως προς τη δράση του εκτείνοντα μυ.

καρβοϋδράσες (carbohydrases): ομάδα ενζύμων που δρουν στους υδατάνθρακες.

καρδιά (heart): το όργανο-αντλία του κυκλοφορικού συστήματος των ζώων.

καρδιακός μυς (cardiac muscle): ο ραβδωτός μυς της καρδιάς ενός σπονδυλωτού.

Καρκινοειδή *(Crustacea)*: τάξη των *Αρθροπόδων* που περιλαμβάνει τους καρκίνους, τους αστακούς, τις γαρίδες, τις καραβίδες και άλλα συγγενή των ζώα.

καρκίνος (cancer): μη ελεγχόμενος πολλαπλασιασμός και ανάπτυξη κυττάρων, τα οποία διαφέρουν λειτουργικά από αυτά που χρειάζονται και τα οποία απωθούν τα άλλα κύτταρα.

καρπός (fruit): σαρκώδεις, συνήθως εδώδιμοι ιστοί, που αναπτύσσονται από την ωοθήκη ενός ανθοφόρου φυτού γύρω από το σπόρο ή τους σπόρους.

καρυόγραμμα (karyogram): φωτογραφική καταγραφή των χρωματοσωμάτων, ταξιθετημένων κατά ζεύγη μετά τη διαδικασία της καρυοτυπίας.

καρυοτυπία (karyotyping): η διαδικασία προετοιμασίας ενός μικροσκοπικού παρασκευάσματος χρωματοσωμάτων, η φωτογράφισή του, ο διαχωρισμός των φωταγραφισμένων χρωματοσωμάτων με το ψαλίδι και η κατάταξή τους σε ζεύγη προς προσδιορισμό της υπάρξεως φυσιολογικών χρωματοσωμάτων ή υπάρξεως επιπλέον ή λιγότερων του κανονικού τμημάτων χρωματοσωμάτων.

καταλάση (catalase): ένζυμο που διασπά το υπεραξείδιο του υδρογόνου, τοξικό παράγωγο και των φυτών και των ζώων.

καταλύτης (catalyst): χημική ουσία που επιταχύνει χημική αντίδραση μεταξύ άλλων χημικών ουσιών· ο καταλύτης λαμβάνει μέρος στην αντίδραση αλλά εξέρχεται από αυτή στην αρχική του μορφή.

καταναλωτής (consumer): ετερότροφος οργανισμός· οργανισμός που τρέφεται από άλλους οργανισμούς ή από τα οργανικά τους άχρηστα υλικά.

καταναλωτής πρώτης βαθμίδας (first order consumer): φυτοφάγος οργανισμός που τρώει παραγωγούς θρεπτικών ουσιών, όπως η αγελάδα που τρώει τα χόρτα.

καταναλωτής δεύτερης βαθμίδας (second order consumer): ζώο που τρώει φυτοφάγα ζώα· για παράδειγμα, οι άνθρωποι είναι καταναλωτές δεύτερης βαθμίδας, όταν τρώγουν κρέας από μοσχάρι ή πρόβατο ή γαλοπούλα ή κότα.

καταναλωτής τρίτης βαθμίδας (third order consumer): σαρκοφάγο ζώο τρώει καταναλωτές δεύτερης βαθμίδας.

κατανομή εργασίας (division of labor): η κατανομή εξειδικευμένων μορφών εργασίας ανάμεσα στα μέλη μιας κοινωνίας, η οποία κατανομή βαοίζεται σε ενστικτώδη συμπεριφορά, όπως στο μυρμήγκια, ή δουλητική συμπεριφορά, όπως στα ανθρώπινα όντα.

καταρράκτης (cataract): θόλωμα των φακών του οφθαλμού λόγω ηλικίας ή βλάβης επαγόμενης από ραδιενέργεια.

καταφρακτικό κύτταρο (guard cell): καθένα από τα δύο κύτταρα που ρυθμίζουν το μέγεθος του ανοίγματος των στομάτων στα φύλλα.

κατάφυση (insertion): σημείο προσκολλήσεως ενός μυός στο τμήμα του σκελετού που κινείται.

κενοτόπιο (vacuole): δομή περιβαλλομένη από μεμβράνη που βρίσκεται στο κυτταρόπλασμα των κυττάρων ή των μονοκυττάρων οργανισμών. Διάφορα είδη κενοτοπίων κάνουν διάφορες λειτουργίες.

κεντρικό νευρικό σύστημα (central nervous system): ο εγκέφαλος και ο νωτιαίος μυελός των σπονδυλωτών.

κεντριόλιο (centriol): ζεύγος μικρών δομών στα κύτταρα των ζώων που συνδέεται με τη μίτωση και τη μείωση· τα κεντριόλια διπλασιάζονται και μεταναστεύουν ως δύο ζεύγη στα αντίθετα άκρα του κυττάρου, όπου κάθε ζεύγος διασυνδέεται με ένα άκρο της ατράκτου.

κεντρομερίδιο (centromere): η περιοχή του χρωματοσώματος που διασυνδέεται προς την άτρακτο κατά τη διάρκεια της μιτώσεως και της μειώσεως και η οποία συγκρατεί τις αναδιπλασιασμένες χρωματίδες μαζί.

κεντροσωμάτιο (centrosome): δομή ή περιοχή του κυτταροπλάσματος ενός ζώου που περιέχει ένα ζεύγος κεντριολίων.

κερατοειδής χιτώνας (cornia): το διαφανές πρόσθιο μέρος του χιτώνα του οφθαλμού.

κηφήνας (drone): το άρρεν άτομο μέλισσας.

κινητικός νευρώνας (motor neuron): νευρώνας που μεταφέρει ώσεις από τον εγκέφαλο ή το νωτιαίο μυελό προς τους μύες ή τους αδένες.

κιρκαδικοί ρυθμοί (circadian rhythms): χαρακτηριστικό των λειτουργιών της ζωής που παρουσιάζουν ρυθμική ανακύκλωση ανά 24 ώρες περίπου ή που έχουν κανονικότητα ημερήσιας επαναλήψεως.

κληρονομική ποικιλότητα (hereditary variation): ποικιλότητα κληρονομικών χαρακτηριστικών σε ένα πληθυσμό ή σε ένα είδος που οφείλεται κυρίως σε μεταλλάξεις.

Κλινεφέλτερ σύνδρομο (Klinefelter syndrome): στους ανθρώπους, ένα άρρεν άτομο τύπου XXY, που δημιουργείται από μη-διαχωρισμό, η συγγενή αποτυχία των στο διαχωρισμό των χρωματοσωμάτων κατά τη μίτωση.

κλειστό κυκλοφορικό σύστημα (closed circulatory system): κυκλοφορικό σύστημα στο οποίο το υγρά παραμένει σε αγγείο, καθώς διακινείται από την καρδιά προς τα άλλα τμήματα του σώματος.

κλωνισμός (cloning): παραγωγή απογόνων αγενώς. Τα παραδείγματα αφθονούν στη φύση: οι φράουλες παράγουν παραφυάδες, οι πατάτες οφθαλμούς, οι ζύμες και οι ύδρες εκβλαστήσεις και οι λεύκες φυτρώνουν από εξαπλωμένες ρίζες άλλων δένδρων λεύκας. Στο εργαστήριο, ο πυρήνας ενός ωαρίου είναι δυνατό να αντικατασταθεί με τον πυρήνα ενός κυττάρου από ένα σωματικό κύτταρο προς παραγωγή ενός κλώνου σε πειράματα κυτταροκαλλιέργειας.

κλώνος (clone): σειρά απογόνων που παράγονται με αγενή αναπαραγωγή. Αν δεν εμφανισθούν μεταλλάξεις, είναι γενετικώς πανομοιότυποι με το γονέα.

Κοιλεντερωτά *(Coelenterata)*: φύλο κατωτέρων ζώων που φέρουν κεραίες, κνιδοκύτταρα και ένα απλό άνοιγμα για τη λήψη της τροφής και την απόρριψη των

αχρήστων υλικών. Οι μέδουσες, οι ύδρες, τα κοράλια, οι θαλάσσιες ανεμώνες και άλλοι παρόμοιοι οργανισμοί είναι κοιλεντερωτά.

κοιλία (ventricle): στα σπονδυλωτά μεγάλος μυώδης θάλαμος της καρδιάς που προωθεί το αίμα προς το αναπνευστικό σύστημα ή το υπόλοιπο σώμα.

κοινωνία (society): οργανωμένος πληθυσμός που δείχνει συνεργατική συμπεριφορά.

κοκοράκι (cockerel): το αρσενικό κοτόπουλο.

κόκκος (coccus): σφαιρικό βακτήριο.

κολεόπτιλο (coleoptile): ο κολεός που περιβάλλει το αρχέφυτρο ενός νεαρού φυτού δρώμης ή ορισμένων άλλων φυτών.

κολεός (vagina): στα θήλεα άτομα των θηλαστικών, όργανο που εξυπηρετεί την είσοδο του σπέρματος στο αναπαραγωγικό σύστημα και μέσω του οποίου διέρχεται το κυοφορούμενο κατά τη γέννηση.

κολλοειδές (colloid): λεπτομερώς κατανεμημένο υλικό αιωρούμενο σε ένα υλικό ή οργανικό μόρια που φέρουν ηλεκτρικά φορτία και είναι διεσπαρμένα σε υγρό.

κόλπος: θάλαμος της καρδιάς που δέχεται αίμα από το σώμα ή τους πνεύμονες και το μεταβιβάζει στις κοιλίες.

κοτυληδόνα (cotyledon): δομή των σπόρων φυτών που μαζί με το ενδοσπέρμιο παρέχει τροφή για το φυτικό έμβρυο. Σε μερικά φυτά οι κατυληδόνες εξέρχονται από το έδαφος και φωτοσυνθέτουν μέχρι την εμφάνιση των αληθινών φύλλων.

κρεατινίνη φωσφορική (creatinine phosbhate): δευτερεύουσα πηγή αποθηκευμένης ενέργειας στα μυικά κύτταρα. Τα μόρια ATP που χρησιμοποιούνται αντικαθίστανται με την κατανάλωση ενέργειας που προέρχεται από τους φωσφορικούς δεσμούς της φωσφορικής κρεατίνης.

Κρεμπς κύκλος (Krebs cycle): ο κύκλος της κυτταρικής αναπνοής που συμπληρώνει την αποδόμηση των οργανικών μορίων από ένα ενδιάμεσο στάδιό τους ως οξικού οξέος, ελευθερώνει υδρογόνα για την αναπνευστική άλυσο και αποδίδει διοξείδιο του άνθρακα και νερό· ονομάζεται επίσης κύκλος του κιτρικού οξέος.

κροκίδωμα (coacervate): συσσωμότωμα πρωτεϊνών ή παρομοίων ουσιών που δημιουργούν μικρό σταγονίδια μέσα στο υγρό που τα περιβάλλει.

Κρο-μανιόν (Cro-Magnon): διάφοροι συγγενείς πληθυσμοί και πολιτισμοί του *Homo sapiens* που ζούσαν κυρίως στην Ευρώπη πριν 30.000 έως 35.000 χρόνια.

Κυανοβακτήρια *(Cyanobacteria):* επανακατάταξη των κυανοπρασίνων φυκών ως φωτοσυνθετικών βακτηρίων που τονίζει τη στενή συγγένειά τους προς τα προκαρυωτικά κύτταρα των βακτηρίων και των πρωτογόνων φυκών.

κυκλική φωτοφωσφορυλίωση (cyclic photophosphorylation): διαδικασία στην οποία παράγεται ATP κατά τις αντιδράσεις φωτός της φωτοσυνθέσεως.

κυκλοφορικό ανοικτό σύστημα (open circulatory system): σύστημα στο οποίο το αίμα δεν διακινείται μέσα στο σώμα εντός αγγείων μόνο· η επιστροφή του στην καρδιά γίνεται συνήθως μέσω σωματικών κοιλοτήτων που ονομάζονται sinuses, όπως στην περίπτωση της καραβίδας.

κυοφορούμενο ή κύημα (Aetus): αναπτυσσόμενο θηλαστικό την περίοδο διαφοροποιήσεως του σώματος και των εσωτερικών οργάνων του σε βαθμό που να είναι αναγνωρίσιμα.

κυτοσίνη (cytosine): μία από τις αζωτούχες βάσεις του DNA ή RNA· βρίσκεται σε ίσες ποσότητες με τη γουανίνη, με την οποία σχηματίζει ζεύγη.

κυτταρική διαίρεση (cell division): ο σχηματισμός δυο κυττάρων από ένα, ο οποίος στα κύτταρα με πυρήνα έπεται της διαιρέσεως του πυρήνα με μίτωση ή μείωση.

κυτταρική θεωρία (cell theory): η θεωρία ότι οι οργανισμοί αποτελούνται από κύτταρα και ότι κάθε κύτταρο προέρχεται από άλλο κύτταρο.

κυτταρική μεμβράνη (cell membrane): η αποτελούμενη από πρωτείνες-λεπίδια-υδατάνθρακες μεμβράνη που περιβάλλει το κύτταρο· το υλικό των λιπιδίων αποτελεί το κυριότερο μέρος της δομής της.

κυτταρική πλάκα (cell plate): δομή που εμφανίζεται στα φυτικά κύτταρα μετά από τη μίτωση του πυρήνα· η κυτταρική πλάκα εμφανίζεται στη θέση όπου θα σχηματισθεί το κυτταρικό τοίχωμα μεταξύ των δύο νέων πυρήνων και το οποίο θα ολοκληρώσει τη διαίρεση του κυττάρου σε δύο.

κυτταρικής συμβιώσεως υπόθεση (cell symbiosis hypothesis): η υπόθεση ότι τα ευκαρυωτικά κύτταρα προήλθαν από την ενσωμάτωση μικροτέρων προκαρυωτικών κυττάρων.

κυτταρικό τοίχωμα (cell wall): το μη έμβιο περικάλυμμα που περιβάλλει την κυτταρική μεμβράνη ορισμένων κυττάρων, όπως στα φυτά, πολλά φύκη και μερικά βακτήρια· στα φυτά το κυτταρικό τοίχωμα αποτελείται κυρίως από κυτταρίνη.

κυτταρίνη (cellulose): υδατάνθρακας που σχηματίζεται στα φυτά και είναι ο πιο διαδεδομένος στη φύση.

κύτταρο (cell): η μικροσκοπική οργάνωση ενός πρωτόγονου οργανισμού ή η δομική έμβια μονάδα από την οποία αποτελούνται και οι μικροσκοπικοί και οι μεγαλύτεροι οργανισμοί σήμερα. Τα περισσότερα κύτταρα έχουν πυρήνα και όλα έχουν κυτταρόπλασμα και κυτταρική μεμβράνη· μερικές από τις δομές του κυτταροπλάσματος ποικίλλουν στα διάφορα είδη των κυττάρων.

κύτταρο Σβαν (Schwann cell): κάθε πολύ εξειδικευμένο κύτταρο του οποίου η περιελιγμένη μεμβράνη περιβάλλει το νευράξονα ενός νευρώνα.

κυτταρογενετική (cytogenetics): η μελέτη της γενετικής και της κληρονομικής ποικιλότητας με τη χρήση και την κυτταρολογία και της γενετικής.

κυτταρολογία (cytology): η μελέτη των κυττάρων και των λειτουργιών της ζωής σε επίπεδο κυττάρου.

κυττάρου εξειδίκευση (cell specialization): οι διαφορές που εμφανίζονται ως προς τη δομή και τη λειτουργία μεταξύ των κυττάρων ενός πολυκυττάρου οργανισμού, τα οποία διαφοροποιούνται από τη μορφή των γονικών τους κυττάρων.

κυττάσωμα (cell body): το κεντρικό τμήμα ενός νευρώνα που περιέχει τον πυρήνα του κυττάρου.

κυττοχρώματα (cytochromes): τάξη χρωστικών που συμμετέχουν στην αναπνοή και συγκεκριμένα στην αναπνευστική αλυσίδα των κυττάρων· το κυττόχρωμα C είναι το πιο διαδεδομένο στους περισσότερους οργανισμούς.

κυψελίδα (alveolus): μικρό σακοειδές θυλάκιο στον πνεύ-

μονα σε ένα ορισμένο περιβάλλον.

κωνία (cones): αισθητικοί υποδοχείς στον αφιβληστροειδή χιτώνα του οφθαλμού που δρουν κατά την έγχρωμη όραση.

Λ

λαμέλλα (lamella): τμήμα του χλωροπλάστη· λεπτή πεπλατυσμένη δομή που περιέχει χλωροφύλλη. Στοιβάδες από λαμέλλες σχηματίζουν τα γκράνα του χλωροπλάστη.

λάμπραινα (lamprey): υδρόβιος παρασιτικός οργανισμός που μοιάζει με χέλι.

λάρυγγας (larynx): στους ανθρώπους, το τμήμα του αναπνευστικού σωλήνα που φέρει τα όργανα της φωνής. Ο λάρυγγας σε πολλά άλλα σπονδυλωτά έχει παρόμοια κατασκευή αλλά διαφορετικές φωνητικές προσαρμογές.

λάχνη (villus): μικρή δακτυλόμορφη προεξοχή του εντερικού τοιχώματος προς την κοιλότητα του εντέρου. Οι τροφές που έχουν υποστεί πέψη απορροφούνται μέσω των λαχνών προς το αίμα και τα αγγεία του λεμφικού συστήματος.

λειτουργία (function): η εργασία ή δραστηριότητα μιας βιολογικής δομής ή βιολογικής ενώσεως.

Λειχήνα *(Lichen)*: φύκη και μύκητες που ζουν σε κατάσταση συμβιώσεως επάνω σε σταθερές επιφάνειες, όπως επάνω σε ένα βράχο.

λεκιθικός σάκος (yolk sac): μια από τις τέσσερις εμβρυονικές μεμβράνες των σπονδυλωτών, η οποία περιβάλλει τις αποθηκευμένες τροφές για το αναπτυσσόμενο έμβρυο. Στα πλακοντοφόρα θηλαστικά παραμένει ως υπολειμματικό όργανο.

λιπάση (lipase): ένζυμο πέψεως λιπών που βρίσκεται μέσα στο παγκρεατικό υγρό.

λίπος (fat): θρεπτικό υλικό που αποτελείται από λιπαρά οξέα και γλυκερόλη. Τα λίπη είναι η κύρια μορφή, με την οποία πολλοί οργανισμοί αποθηκεύουν θρεπτικό υλικό.

λεμφαγγεία (lymph vessels): τα αγγεία του λεμφικού συστήματος συμπεριλαμβανομένων και όσων βρίσκονται στις λάχνες του λεπτού εντέρου.

λεμφικό σύστημα (lymphatic system): σύστημα αγγείων που διακινεί τη μεγαλύτερη ποσότητα υγρών των ιστών από το διάκενο μεταξύ κυττάρων προς την κυκλοφορία του αίματος.

λέμφος (lymph): το υγρό του λεμφικού συστήματος.

λευκό αιμοσφαίριο (white blood cell): εμπύρηνο κύτταρο στο πλάσμα του αίματος που αποτελεί και την πρώτη γραμμή άμυνας εναντίον ξένων οργανισμών, τους οποίους περιβάλλει και εγκολπώνεται.

λευχαιμία (leukemia): οποιαδήποτε από πολλές μορφές νεοπλαστικών καταστάσεων κατά την οποία λευκά αιμοσφαίρια πολλαπλασιάζονται ανεξέλεγκτα και εισέρχονται στην κυκλοφορία του αίματος σε ανώριμο στάδιο αναπτύξεως.

λογική (reasoning): η ικανότητα αναπτύξεως γενικευμένων ή αφηρημένων εννοιών και η ικανότητα λήψεως αποφάσεων που αφορούν στην αντιμετώπιση νέων καταστάσεων.

λυσοσωμάτιο (lysosome): κυτταρικό κενοτόπιο που περιέχει ένζυμα πέψεως.

LD-50 (LD-50): η θανατηφόρος δόση ραδιενέργειας που επάγει θάνατο στο 50% του πληθυσμού.

LH (LH): ωχρινοτρόπος ορμόνη που εκκρίνεται από την υπόφυση των ζώων. Τόσο στα άρρενα όσο και στα θήλεα άτομα ρυθμίζει τις αναπαραγωγικές λειτουργίες.

LH-RF (LH-RF): ωχρινοτρόπου ορμόνης εκλυτικός παράγοντας: ορμόνη που εκκρίνεται από τον υποθάλαμο και διεγείρει την υπόφυση προς έκκριση της ορμόνης LH.

Μ

M-N ομάδες αίματος (M-N blood groups): γενετική ποικιλότητα συγκεκριμένης πρωτεΐνης που βρίσκεται στα ερυθρά αιμοσφαίρια, παρόμοια της ποικιλότητας των A-B-O ομάδων αίματος, αλλά η οποία προσδιορίζεται από δυο μόνο αλληλόμορφα που παρουσιάζουν το φαινόμενο της συνεπικρατήσεως (δημιουργούν άτομα M, MN και N).

μάζα (mass): η ιδιότητα του σώματος που λαμβάνεται ως μέτρα της ποσότητας του υλικού που περιέχει· συνήθως επιδιώκεται η μέτρηση της ***αδρανούς μάζας***, αλλά συνήθως οι μετρήσεις που γίνονται ευκολότερα είναι η ***μάζα βαρύτητας*** (με τη χρήση ενός ζυγού σε πεδίο βαρύτητας) και το ***βάρος*** (με τη χρήση μιας κλίμακας σε πεδίο βαρύτητας).

μαμούθ τριχωτό (wooly mammouth): εξαφανισμένος τύπος ελέφαντα του οποίου το σώμα καλυπτόταν με τρίχες.

Μαλάκια *(Mollusca)*: φύλο ζώων με μαλακό σώμα που συνήθως εκκρίνει ένα κέλυφος γύρω του· τα στρείδια, τα μύδια, τα σαλιγκάρια είναι μαλάκια, όπως όμως είναι επίσης και τα χταπόδια και τα καλαμάρια παρ δεν έχουν κέλυφος.

μαλπιγγιανό σωληνάριο (malpighian tubule): εξειδικευμένη απεκκριτική δομή ορισμένων οργανισμών όπως η ακρίδα.

μαλτόζη (maltose): σύνθετο σάκχαρο που ελευθερώνεται μετά από μερική πέψη του αμύλου.

μαστίγιο (flagellum): επιμήκης μαστιγοειδής απόληξη που χρησιμοποιείται για τη μετακίνηση πολλών μονοκυττάρων οργανισμών και για τη δημιουργία υδατικού ρεύματος από ορισμένα κύτταρα πολυκυττάρων οργανισμών.

μαστιγοφόρα (mastigophora): φύλο πρωτίστων που έχουν μαστίγιο και το χρησιμοποιούν στην κίνησή τους.

μεθάνιο (methane): CH_4, το κύριο καύσιμο αέριο του φυσικού αερίου· επίσης αέριο της πρώτης ατμόσφαιρας στη γη.

μείωση (meiosis): ο διπλασιασμός και η διαίρεση των χρωματοσωμάτων και οι δυο διαιρέσεις του πυρήνα (καθεμιά ακολουθεί από κυτταρική διαίρεση) στα ευκαρυωτικά κύτταρα προς σχηματισμό σπερματοζωαρίων και ωαρίων· τα χρωματοσώματα διπλασιάζονται μια φορά αλλά τα κύτταρα διαιρούνται δυο φορές, με αποτέλεσμα οι γαμέτες να έχουν το μισό του φυσιολογικού αριθμού των χρωματοσωμάτων ή ένα μέλος από κάθε ζεύγος χρωματοσωμάτων.

μερίστωμα (meristem): ο ιστός στον οποίο οφείλεται η ανάπτυξη των φυτών βρίσκεται στα αρχέφυτρα των βλαστών, στους πλευρικούς οφθαλμούς, τα ακρορίζια και στο κάμβιο.

μεσόδερμα (mesoderm): στρώμα κυττάρων μεταξύ του

εξωδέρματος και του ενδοδέρματος στα έμβρια.

μεσόφαση (interphase): η φυσιολογική κατάσταση ενός ευκαρυωτικού κυττάρου, όταν δεν υφίσταται μίτωση και κυτταρική διαίρεση.

μεταβλητή (variable): κατάσταση που υπόκειται σε μεταβολές, όπως η θερμοκρασία, η ένταση του φωτός, η διαθέσιμη υγρασία κλπ. Οι μεταβλητές μελετώνται στα διολογικά συστήματα με έκθεση τόσο των ζώων των πειραματικών δοκιμασιών όσο και των ζώων της δοκιμασίας-μάρτυρας στις ίδιες μεταβλητές και με τον ίδιο τρόπο, εκτός από τη μια μεταβλητή, η οποία μεταβάλλεται για να μελετηθεί.

μεταβολισμός (metabolism): το σύνολο όλων των χημικών μεταβολών που γίνονται σε ένα ζωντανό οργανισμό.

μετάλλαγμα (mutant): οργανισμός που παρουσιάζει μια μετάλλαξη για ένα δεδομένο χαρακτηριστικό.

μεταλλαξογόνο (mutagen): κάθε τι που προκαλεί μεταλλάξεις, όπως ακτινοβολία, υψηλή θερμοκρασία, χημικές ουσίες, εντομοκτόνα.

μετάλλαξη (mutation): κληρονομήσιμη αλλοίωση στο DNA ενός γονιδίου.

μεταμόρφωση (metamorphosis): μεταβολές στη μορφή και συχνά στον τρόπο ζωής ενός οργανισμού κατά τα διάφορα στάδια της ζωής του, όπως από γυρίνο σε βάτραχο ή από κάμπια σε πεταλούδα.

μετανάστευση (immigration): η διακίνηση οργανισμών σε ένα δεδομένο περιβάλλον.

μετάφαση (metaphase): στάδιο της μιτώσεως που ακολουθεί την πρόφαση· οι χρωματίδες βρίσκονται στην άτρακτο και σχηματίζουν ένα επίπεδο στα κέντρο του κυττάρου.

μεταφορικό RNA (transfer RNA): μόρια RNA κωδικοποιημένα προς μεταφορά αμινοξέων· επιλέγουν αμινοξέα από το κυτταρόπλασμα του κυττάρου και το μεταφέρουν στα ριβοσώματα, όπου συντίθενται τα πολυπεπτίδια.

μη-διαχωρισμός (non-disjunction): μη διαχωρισμός των χρωματοσωμάτων ενός ζεύγους χρωματοσωμάτων κατά τη μείωση, ο οποίος οδηγεί στην εμφάνιση και των δυο χρωματοσωμάτων στο αυτό ωάριο ή σπερματοζωάριο.

μήκος κύματος (wave length): η μέτρηση από τη μια κορυφή του κύματος έως την επόμενη για οποιαδήποτε μορφή ενέργειας που παρουσιάζει κυματικές ιδιότητες.

μηνίσκος (meniscus): η κοίλη επιφάνεια ενός υγρού σε ένα μικρής διαμέτρου σωλήνα, ογκομετρικό σωλήνα ή άλλο παρόμοιο δοχεία.

μηρός (femur): τα οστά του ανώτερου τμήματος των οπισθίων σκελών ενός σπονδυλωτού· επίσης το τμήμα του εξωσκελετού στο ανώτερο τμήμα των ποδών ενός εντόμου καθώς και άλλων αρθροπόδων.

μήτρα (uterus): το όργανο μέσα στο οποία αναπτύσσεται και διατρέφεται το κυοφορούμενο στα θήλεα άτομα των θηλαστικών· επίσης το όργανο όπου αναπτύσσονται ωά ή νεαρά άτομα σε οριαμένα άλλα ζώα όπως τα ζωοτόκα ψάρια.

μίγμα (aggregate): συσσωμάτωμα ή συλλογή υλικών.

μικροοργανισμός (microorganism): κάθε οργανισμός ορατός με μικροσκόπια μόνο.

μικροσκόπιο σύνθετο (compound microscope): μικροσκόπιο με δύο (ή περισσότερους) φακούς, ένα προσοφθάλμιο στο ένα άκρο του σωλήνα του μικροσκοπίου και ένα αντικειμενικό στο άλλο άκρο του σωλήνα. Το μικροσκόπιο είναι ***μονοφθάλμιο,*** αν έχει προσοφθάλμιο μόνο για τον ένα οφθαλμό, ή ***στερεοσκοπικό*** ή ***ανατομικό,*** αν έχει προσοφθάλμιους για τα δυο μάτια.

μιτοχόνδριο (mitochandrion): δομή των ευκαρυωτικών κυττάρων στην οποία γίνεται η κυτταρική αναπνοή και η οποία περιέχει τα ένζυμα του κύκλου του Κρέμος και της αναπνευστικής αλύσου.

μίτωση (mitosis): ο διπλασιασμός και η διαίρεση των χρωματοσωμάτων καθώς και η διαίρεση του πυρήνα στα ευκαρυωτικά κύτταρα. Συνήθως η μίτωση ακολουθείται από κυτταρική διαίρεση.

Μονήρα *(Monera):* βασίλειο μικροσκοπικών οργανισμών των οποίων τα μονοκύτταρα ή ακύτταρα σώματα δεν παρουσιάζουν πυρήνα ή άλλες κυτταρικές δομές, όπως αυτές που βρίσκονται στα κύτταρα των ανωτέρων οργανισμών· τα κύτταρά τους είναι προκαρυωτικά. Τα *Βακτηρίδια* καθώς και τα *Κυανοφύκη* είναι *Μονήρα.*

Μονοκοτυλήδονο *(Monocotyledonous):* κάθε φυτό που έχει μια κοτυληδόνα. Τα καλαμπόκι, το σιτάρι, οι ορχιδέες είναι μονοκοτυλήδονα φυτά.

μονοκύτταρο (monocyte): μεγάλο λευκό αιμοσφαίριο.

μονοκύτταρος (unicellular): αποτελούμενος από ένα κύτταρο όπως πολλοί μικροοργανισμοί.

μονοπλοειδικός (monoploid): ότι έχει μόνο ένα μέλος από κάθε ζεύγος χρωματοσωμάτων που χαρακτηρίζει φυσιολογικά κάθε είδος. Τα σπερματοζωάρια, τα ωάρια, πολλά σπόρια καθώς και τα φυλλώδη βρυόφυτα είναι μονοπλοϊδικά.

μονοωογενή δίδυμα (identical twins): δυο απόγονοι με την ίδια γενετική σύσταση που παράγονται από το ίδια γονιμοποιημένο ωάριο του οποίου τα κύτταρο διαχωρίζονται κατά κάποιο πρώιμα στάδιο της αυλακώσεως.

μόριο (molecule): η μικρότερη μονάδα ενός στοιχείου, ή μιας ενώσεως, το οποίο έχει όλες τις ιδιότητες του υλικού αυτού στη φυσιολογική του κατάσταση· ένα ή περισσότερα άτομα απαρτίζουν ένα μόριο.

Μπόουμαν κύπελλο (Bowman 's capsule): διπλότοιχη κυπελλόσχημη κατασκευή που περιβάλλει ένα σπείραμα του νεφρού.

μυελός (medulla): η κεντρική περιοχή ενός οργάνου όπως ο νεφρός ή τα επινεφρίδια.

μυική δυστροφία (muscular dystrophy): γενετική κατάσταση που απαντάται στους ανθρώπους, κατά την οποία οι μύες εκφυλίζονται και καταστρέφονται.

μυικός κάματος (muscle fatigue): η κατάσταση που προκαλείται στο μυ από τη συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος και την αλλαγή του pH που προκαλείται πραέρχεται από την εργασία του μυός κάτω από συνθήκες ελλείψεως οξυγόνου.

Μύκητες *(Fungi):* βασίλειο οργανισμών που ζουν σε υπό αποσύνθεση υπολείμματα άλλων οργανισμών ή είναι παράσιτα άλλων οργανισμών, όπως π.χ. μανιτάρια, μούχλες, σκουριές, μαγιές. Οι μύκητες δεν έχουν χρωστικές φωτοσυνθέσεις ούτε στοματικά όργανα καταπώσεως τροφής· συνήθως εκκρίνουν ένζυμα στο περιβάλλον τους και απορροφούν τις θρεπτικές ουσίες που προέρχονται από την πέψη που προκαλούν τα ένζυμα αυτά.

Μυκόφυτα *(Mycophyta):* φύλο *Πρωτίστων* στο σύστημα ταξινομήσεως τεσσάρων βασιλείων ή οι μύκητες στο σύστημα ταξινομήσεως πέντε βασιλείων· στα μυκόφυτα ανήκουν οι πραγματικοί μύκητες όπως οι μούχλες, αι μαγιές, τα μανιτάρια.

Μυξομύκητες *(Myxomycetes):* φύλο *Πρωτίστων* στο σύστημα κατατάξεως τεσσάρων βασιλείων ή ορισμένων μυκήτων στο σύστημα κατατάξεως πέντε βασιλείων· οι οργανισμοί που περιλαμβάνει το φύλο είναι γλοιώδεις μύκητες, οι οποίοι σε ορισμένο στάδιο της αναπτύξεώς τους έχουν ικανότητα μετακινήσεως υπό μορφή αμοιβαδοειδών αποικιών, ενώ σε άλλο στάδιο σχηματίζουν προσκολημμένα μυκητοειδή σώματα με αναπαραγωγικά όργανα.

Μυξόφυτα *(Myxophyta):* φύλο *Κυανοφυκών*· το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η προκαρυωτική μορφή των κυττάρων τους.

μυοσίνη (myosin): πρωτεΐνη των μυών που είναι υπεύθυνη για τη συστολή τους, η οποία επενεργεί με την προσαρμογή και την έλξη που ασκεί επάνω σε μια άλλη πρωτεΐνη των μυών, την ακτίνη.

μυοτατικός υποδοχέας (stretch receptor): αισθητικός υποδοχέας των ραβδωτών μυών ο οποίος ενεργοποιείται από τις συστελλόμενες ίνες· μεταφέρει ώσεις προς το κεντρικό νευρικό σύστημα που έχουν ως αποτέλεσμα την παραγωγή περισσοτέρων ώσεων προς συστολή και άλλων μυικών ινών.

μυς (muscle): συσταλτός ιστός των περισσοτέρων πολυκυττάρων οργανισμών.

μυς γραμμωτός (striated muscle): στο σπονδυλωτά, κάθε σπελετικός μυς και κάθε μυς του οποίου τα κύτταρα έχουν πολλούς πυρήνες και εμφανίζουν κάθετες γραμμώσεις.

μυς λείος (smooth muscle): στα ανώτερα ζώα, ιστός που περιβάλλει υπό μορφή στρωμάτων συνήθως τον πεπτικό σωλήνα, τις αφετηρίες και άλλες εσωτερικές δομές· τα κύτταρά του έχουν ένα μόνο πυρήνα και δεν παρουσιάζουν γραμμώσεις.

Ν

νάρκη (hibernation): στάδιο οδράνειας ορισμένων θερμόαιμων ζώων κατά το οποίο ο μεταβολισμός και η θερμοκρασία πέφτουν πολύ κάτω του φυσιολογικού, ώστε να απαιτείται μία περίοδος σταδιακής θερμάνσεως και οφυπνίσεως πριν από την έγερση του ζώου, όπως ακριβώς γίνεται και στην περίπτωση της εγέρσεως από ύπνο.

Νεάντερταλ (Neanderthal): πολιτισμός ανθρώπων που έζησαν πριν 40.000 έως 50.000 χρόνια και των οποίων η συστηματική κατάταξη είναι καθορισμένη.

νετρόνιο (neutron): σωματίδιο που δεν φέρει ηλεκτρικό φορτίο και βρίσκεται στον πυρήνα όλων των ατόμων πλην του υδρογόνου.

νεύρα επιταχυντές (accelerator nerves): νεύρα του αυτόνομου νευρικού συστήματος στην καρδιά, που μεταφέρουν ώσεις, οι οποίες επιταχύνουν τον καρδιακό παλμό.

νευρίδιο (neurula): στάδιο αναπτύξεως του εμβρύου που ακολουθεί το στάδιο του γαστριδίου, κατά το οποίο το έμβρυο παίρνει σχήμα επίμηκες και εμφανίζει απαρχές αναπτύξεως νευρικού ιστού.

νευρική ίνα (nerve fiber): ο νευράξονας ή ο δενδρίτης ενός νευρώνα.

νευρική χορδή (nerve cord): δεσμίδα νεύρων και γαγγλίων που εκτείνεται από την περιοχή της κεφαλής ενός ζώου έως το οπίσθιο μέρος του σώματός του.

νευρική ώση (nerve impulse): η ηλεκτροχημική αλλαγή που μεταβιβάζεται κατά μήκος ενός νευρώνα κατά τη μεταβίβαση ενός ερεθίσματος.

νευρικό δίκτυο (nerve net): διασυνδεδεμένο σύνολο νευρώνων που μεταφέρει ώσεις σε οργανισμούς όπως η *Ύδρα*.

νευρικό εκτόδερμα (neural ectoderm): το τμήμα του εκτοδέρματος ενός εμβρύου που θα αναπτυχθεί ως εγκέφαλος και νωτιαίος μυελός.

νεύρο (nerve): δεσμίδα νευρικών ινών.

νευροδιαβιβαστής (neurotransmitter): ουσία που ελευθερώνεται απο τις νευρικές απολήξεις του νευράξονα και που μεταφέρει μια ώση διά μέσου της συνάψεως ή σε ένα εκτελεστή, όπως ένας μυς ή ένας αδένας.

Νευρόσπορα *(Neurospora):* μούχλα που χρησιμοποιείται εκτετομένα για γενετικές σπουδές. Πολλά από τα ενζυματικά συστήματά της είναι πανομοιότυπα με αυτά άλλων ετεροτρόφων οργανισμών συμπεριλαμβανόμενου του ανθρώπου.

νευρώνας (neuron): κύτταρο του νευρικού συστήματος, αποτελούμενο από το κυττόσωμα και τις νηματοειδείς προβολές που ονομάζονται νευράξονας και δενδρίτες.

νεφρίδια (nephridia): περιελιγμένα απεκκριτικό σωληνάρια που απάγουν άχρηστα ουσιατικά από το σώμα των γεωσκωλήκων και άλλων ανελίδων σκωλήκων και τα απομακρύνουν μέσω ανοιγμάτων του σώματος των σκωλήκων, στα οποία απολήγουν.

νεφρός (kidney): όργανο ζώου που απομακρύνει τα άχρηστα αζωτούχα συστοτικά από το αίμα.

νεφρού πέτρα (kidney stone): συσσωμάτωμα κρυστάλλων ουρικού οξέος που φράσσει τη δίοδο των ούρων μέσα από ένα ουρητήρα. Η έλλειψη ισορροπίας στο μεταβολισμό του ασβεστίου του σώματος είναι δυνατό να συμβάλει επίσης στο σχηματισμό πετρών από ανθρακικά ιζήματα στα νεφρά.

νεφρώνας (nephron): λειτουργική μονάδα των νεφρών των σπονδυλωτών.

νήμα (filament): όρος περιγραφής των λεπτοφυών τμημάτων πολλών οργανισμών στα φυτά· νήμα ονομάζεται το κάτω μέρος στήμονα.

νηματοειδής απόληξη (filament): στα ψάρια είναι λεπτή στρώση κυττάρων που βρίσκεται στα βράγχια τους.

Νηματώδεις *(Nematoda):* φύλο κατωτέρων οργανισμών που περιλαμβάνει σκώληκες χωρίς μεταμερίδια.

νησίδια Λανγκεράν (islets of Langkeran): συσσώματα, υπά μορφή νησίδων, του ιστού του παγκρέατος, τα οποία εκκρίνουν την ορμόνη ινσουλίνη.

νιτρικά άλατα (nitrates): ανόργανα άλατα που περιέχουν άζωτο χημικά ενωμένο με το οξυγόνο υπό μορφή NO_3^-. Μόνο ορισμένοι μικροοργανισμοί έχουν την ικανότητο να χρησιμοποιούν ελεύθερο άζωτο, ενώ οι περισσότεροι οργανισμοί το χρησιμοποιούν υπό μορφή νιτρικών αλάτων.

νόμος διατηρήσεως ενέργειας (law of conservation of energy): φυσικός νόμος σύμφωνα με τον οποίο η ενέργεια δεν δημιουργείται ούτε χάνεται αλλά μόνο μεταβάλλεται από μια μορφή προς άλλες. Εντούτοις, επειδή η ύλη είναι δυνατό να μετατρέπεται σε ενέργεια, όπως στην περίπτωση του ηλίου, ο νόμος

διατυπώνεται υπό ευρύτερη έννοια ως:

νόμος της διατηρήσεως της ύλης και της ενέργειας (law of conservation of matter and energy): φυσικός νόμος σύμφωνα με τον οποίο η ύλη και η ενέργεια δεν δημιουργούνται ούτε χάνονται αλλά αλλάζουν μορφή συμπεριλαμβανόμενης και της αλλαγής από ύλη σε ενέργεια.

νορεπινεφρίνη (norepinephrine): ονομάζεται επίσης και νοραδρεναλίνη· νευροδιαβιαστής που ελευθερώνεται από το μυικό ιστό και είναι η ίδια χημική ένωση που εκκρίνεται ως ορμόνη από τα επινεφρίδια.

νουκλεϊνικά οξέα (nucleic acids): οργανικά οξέα που βρίσκονται χαρακτηριστικά στον πυρήνα των κυττάρων· είναι το DNA και το RNA.

νουκλεοτίδιο (nucleotide): η βασική μονάδα των νουκλεϊνικών οξέων, αποτελούμενη από μια αζωτούχο βάση, ένα σάκχαρο, πέντε άτομα άνθρακα και μια φωσφορική ομάδα (φωσφορικό οξύ).

νύμφη (pupa): στάδιο στη ζωή πολλών ζώων, ιδίως εντόμων, που ακολουθεί τα πρώιμα στάδια της προνύμφης· στο στάδιο της νύμφης ο οργανισμός εγκλείεται σε νυμφικό περίβλημα ή βομβύκιο και υφίσταται μεταμόρφωση προς τη μορφή του ώριμου ατόμου.

νωτιαίος μυελός (spinal cord): η νωτιαία νευρική χορδή των ωρίμων σπονδυλωτών ζώων από την οποία εκφύονται τα νωτιαία νεύρα.

NAD (NAD): συντομογραφία για το νικοτιναμιδο-αδενινο-δινουκλεοτίδιο που είναι φορέας ηλεκτρονίων και υδρογόνου στην κυτταρική αναπνοή και ο οποίος συνδέεται με το NADP.

NADP (NADP): συντομογραφία για το φωσφορικό νικοτιναμιδο-αδενινο-δινουκλεοτίδιο που είναι φορέας ηλεκτρονίων και υδρογόνου στην κυτταρική αναπνοή και τη φωτοσύνθεση.

Ξ

ξύλωμα (xylem): ο ιστός που μεταφέρει νερό και ανόργανα άλατα στα ανώτερα φυτά. Υπάρχουν δυο τύποι ξυλώματος, οι τραχείδες και τα αγγεία.

Ο

οδόντες ή δόντια (teeth): δομές που καλύπτουν τις σιαγόνες των ζώων και χρησιμεύουν για την τομή, άλεση ή απόσχιση της τροφής σε μικρότερα τμήματα προ της καταπόσεως.

όζον (ozone): μορφή οξυγόνου, O_3, που σχηματίζει στρώμα στην ατμόσφαιρα, το οποίο προστατεύει από την υπεριώδη ακτινοβολία.

οικογένεια (family): Η πέμπτη από απόψεως μεγέθους, μετά από το φύλα, την ομοταξία και την τάξη, κατηγορία του συστήματος βιολογικής ταξινομήσεως· σύνολο συγγενών γενών.

οικολογική φωλεά (enviromental niche): συνθήκες περιβάλλοντος εξαιρετικά κατάλληλες για ένα είδος οργανισμού με εξειδικευμένες προσαρμογές ιδίως για τη συλλογή τροφής.

οικοσύστημα (ecosystem): σχεδόν αυτοσυντηρούμενη ομάδα πληθυσμών διαφόρων οργανισμών και το φυσικό περιβάλλον στα οποία ζουν. Τα υλικά διατροφής ανακυκλώνονται· λίγα χάνονται στα περιβάλλον. Εντούτοις μια σταθερή προσθήκη ενέργειας από τον ήλιο είναι αναγκαία.

οισοφάγος (esophagus): ο σωλήνας μέσω του οποίου διέρχεται η τροφή μετά την κατάπωση και ο οποίος οδηγεί στο στόμαχο.

οιστρογόνο (estrogen): ορμόνη, ή ομάδα ορμονών, η οποία δρα κατά τον αναπαραγωγικό κύκλο των θηλέων θηλαστικών, κυρίως προκαλώντας διόγκωση των μαλακών ιστών του τοιχώματος της μήτρας.

ομαδική δομή (group structure): ο τρόπος με τον οποίο μια καινωνία ζώων.

ομόζυγος (homozygous): ο φορέας πανομοιοτύπων αλληλομόρφων για ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό.

ομοιοπολικός δεσμός (covalent bond): χημικός δεσμός που δημιουργεί μόρια με σχηματισμό κοινού ζεύγους ηλεκτρονίων· κάθε ένα από δυο άτομα μοιράζεται ένα ηλεκτρόνιο με το άλλο, ώστε τελικά τα δυο άτομα συγκρατούνται από ένα κοινό ζεύγος ηλεκτρονίων.

ομοιόσταση (homeostasis): η διατήρηση σταθερής μεταβολικής καταστάσεως, ή σταθερής σχέσεως μεταξύ του οργανισμού και του περιβάλλοντος.

ομφάλιος λώρος (umbilical cord): στα πλακουντοφόρα ζώα, σωλήνας που σχηματίζεται από το άμνιον και συνδέει το έμβρυο προς τον πλακούντα.

Ονυχοφόρα *(Onychophora)*: η ομοταξία των *Αρθροπόδων* που περιλαμβάνει το γένος περίπατους και άλλο παρόμοια σκωληκόμορφα ζώα, τα οποία φαίνεται να είναι συγγενή και με τα *Αρθρόποδα* και με τους *Ανελίδες* σκώληκες.

οξύ ή όξινο (acid or acidic): έχοντας pH λιγότερο από 7, προκαλούμενο από περίσσεια ιόντων υδρογόνου (H^+) έναντι αρνητικά φορτισμένων ιόντων.

οξυαιμοσφαιρίνη (oxyhemoglobin): η αιμοσφαιρίνη με υψηλή συγκέντρωση οξυγόνου συνδεδεμένου στην ομάδα της αίμης.

οξυγόνου έλλειμμα (oxygen dept): η κατάσταση ενός μυός όπου συσσωρεύεται γαλακτικό οξύ όταν υπάρξει πάλι διαθέσιμο οξυγόνο· το γαλακτικό οξύ μετατρέπεται σε γλυκογόνο.

όπερον (operon): λειτουργικό τμήμα του DNA επί του χρωματοσώματος που τίθεται σε θέση «εντός» από μια πρωτεΐνη-δέκτη και σε θέση «εκτός» από μια ιστόνη.

οπίσθιος λοβός (posterior lobe): ο οπίσθιος λοβός της υποφύσεως αποθηκεύει και ελευθεράνει τις ορμόνες του υποθαλάμου συμπεριλαμβανόμενης και της αντιδιουρητικής ορμόνης (ADH).

οπτικό νεύρο (optic nerve): το νεύρο των σπονδυλωτών που οδηγεί από τον οφθαλμό στον εγκέφαλο.

ορατό φως (visible light): το τμήμα του φάσματος που βρίσκεται μεταξύ ιώδους και ερυθρού και το οποίο είναι ορατό στον ανθρώπινο οφθαλμό.

οργανική ένωση (organic compound): χημική ένωση του άνθρακα με υδρογόνο, οξυγόνο και συνήθως με ένα ή περισσότερα στοιχεία αζώτου, φωσφόρου και θείου· πολλές από τις οργανικές ενώσεις των εμβίων όντων περιέχουν επίσης ένα άτομα μετάλλου ή άλλα άτομα.

οργανισμός (organism): έμβιο ον.

όργανο (organ): οργανωμένο σύστημα ιστών που πραγματοποιεί εξειδικευμένη λειτουργία σε πολυκύτταρο οργανισμό.

ορμόνη ανάπτύξεως (juvenille hormone): χημική ουσία η οποία αναστέλλει την ωρίμανση των εντόμων, όταν δοθεί στον κατάλληλο χρόνο αναπτύξεως της νύμφης

ή της προνύμφης.

ορμόνη (hormone): έκκριμα άδενα που έχει ρυθμιστική δράση στην ενεργότητα ενός εξειδικευμένου οργάνου ή μιας εξειδικευμένης βιοχημικής λειτουργίας (για παράδειγμα: ρύθμιση της γλυκόζης στο αίμα).

όρχις (testis): το άρρεν αναπαραγωγικό όργανο στα περισσότερα ζώα παράγει απερματοζωάρια, δηλαδή το άρρενα γαμετοκύτταρα.

όσμωση (osmosis): η διάχυση του νερού μέσω μεμβράνης.

οστό (bone): το σκελετικό υλικό των σπονδυλωτών που αποτελείται κυρίως από αποθέσεις ασβεστίου και φωσφόρου γύρω από ζώντα κύτταρα του οστού.

όσχεο (scrotum): εξωτερικός θύλακας στο σωματικό τοίχωμα των αρρένων ατόμων στα θηλαστικά, μέσα στον οποίο βρίσκονται οι όρχεις.

ούρα (urine): η μορφή με την οποία το ουρικό οξύ απεκκρίνεται από τα νεφρά των σπονδυλωτών.

ουρακύλιο (uracil): μια από τις τέσσερις αζωτούχες βάσεις του RNA· υπάρχει σε ίσο αριθμό με την αδενίνη, με την οποία σχηματίζει ζεύγη.

ουρήθρα (urethra): σωλήνας μέσω του οποίου ούρα διακινούνται από την ουροδόχο κύστη προς τα έξω του σώματος των σπονδυλωτών ζώων.

ουρητήρας (ureter): σωλήνας που μεταφέρει τα ούρα από τα νεφρά προς την ουροδόχο κύστη των σπονδυλωτών.

ουρία (urea): αζωτούχο άχρηστο υλικό πολλών ζώων και το κύριο αζωτούχο άχρηστο υλικό που αποβάλλεται από τον άνθρωπο.

ουρικό οξύ (uric acid): στερεό αζωτούχο άχρηστο υλικό αποβαλλόμενο από πολλά ζώα και ιδίως έντομα, πτηνά και θηλαστικά της ερήμου· μικρή ποσότητα ουρικού οξέος αποβάλλεται επίσης και από τον άνθρωπο.

ουροδόχος κύστη (bladder): στο απεκκριτικό σύστημα των θηλαστικών σάκος που αποθηκεύει τα ούρα έως ότου αποβληθούν από τον οργανισμό· σε πολλούς άλλους οργανισμούς σάκος που περιέχει υγρά ή αέρια.

Π

πάγκρεας (pancreas): αδένος που εκκρίνει πεπτικά ένζυμα στο λεπτό έντερο. Άλλος αδενικός ιστός επίσης στο πάγκρεας εκκρίνει την ορμόνη ινσουλίνη.

παγκρεατίνη (pancreatin): το μίγμα ενζύμων στο παγκρεατικό χυμό.

παλαιοντολογία (paleontology): η μελέτη των εξαφανισμένων οργανισμών μέσω των απολιθωμάτων τους.

παλίνδρομη βιοαλληλορύθμιση (biofeedback training): η διαδικασία που επιτρέπει την αίσθηση ασυνήθιστων σωματικών δραστηριοτήτων, όπως οι καρδιακοί παλμοί και τα εγκεφαλικά κύματα, και, αν είναι δυνατόν, την υποταγή τους σε βουλητικό έλεγχο.

παλμογράφος (oscillograph) όργανο που καταγράφει ή δείχνει τη διαμόρφωση των ηλεκτρικών ώσεων σε σωματικές δομές όπως τα νεύρα.

Παγγαία (Pangea): η υπερήπειρος που περιελάμβανε όλες τις μεγάλες χερσαίες επιφάνειες της γης και που υπήρχε εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια πριν· την περίοδο εκείνη όλες οι χερσαίες επιφάνειες ήταν ενωμένες.

παραγωγός (producer): στη βιολογία, κάθε αυτότροφος οργανισμός.

παραλλαγή (camouflage): απόκρυψη ή μεταβολή της φυσικής εμφανίσεως ενός ζώου όσον αφορά τα χρώματά του και τα σχέδιά του.

Παραμήκιο *(Paramecium)*: γένος μονοκυττάρων πρωτίστων με βλεφαρίδες που χρησιμοποιείται συχνά στις εργαστηριακές έρευνες.

παράσιτο (parasite): οργανισμός συχνά χωρίς πεπτικό σύστημα ή ένζυμα πεπτικού συστήματος που ζει επάνω ή μέσα σε έναν άλλο οργανισμό, από τον οποίο παραλαμβάνει τροφές που έχουν υποστεί πέψη.

παρασυμπαθητικό νευρικό σύστημα (parasympathetic nervous system): το ένα από τα δυο τμήματα του αυτόνομου νευρικού συστήματος.

παρατήρηση (observation): γνώση που προέρχεται από το περιβάλλον μέσω της χρήσεως μιας ή περισσοτέρων αισθήσεων και με ή χωρίς τη χρήση συσκευών μετρήσεως ή επιστημονικών οργάνων.

παστερίωση (pasteurization): διαδικασία που πήρε το όνομά της από το Λουί Παστέρ που την ανακάλυψε, κατά την οποία χρησιμοποιείται θέρμανση για τη θανάτωση των βακτηρίων στο κρασί, το γάλα ή άλλα τρόφιμα. Βλέπε επίσης αποστείρωση· η παστερίωση αναστέλλεται προ της πλήρους αποστειρώσεως, για να μην καταστραφεί η επιθυμητή ποιότητα γεύσεως του κρασιού ή των τροφών.

πενικιλλίνη (penicillin): αντιβιοτικό που αρχικά εκχυλιζόταν από τη μούχλα ***πενικίλλιο***.

πέος (penis): το όργανο των αρρένων ατόμων μέσω του οποίου αποβάλλονται τα άχρηστα αζωτούχο συστατικά και εκβάλλεται το σπέρμα.

πεπτίδιο (peptide): μικρή αλυσίδα χημικώς ενωμένων αμινοξέων.

πεπτιδικός δεσμός (peptide bond): ο ομοιοπολικός χημικός δεσμός που σχηματίζεται μεταξύ των αμινοξέων σε ένα πεπτίδιο, πολυπεπτίδιο ή πρωτεΐνη, συνδέει την αμινοομάδα ενός αμινοξέος με την καρβοξυλιομάδα του επόμενου, απομακρύνοντας ένα άτομο υδρογόνου (H) από το πρώτο και ένα υδροξύλιο (OH) από το δεύτερο προς σχηματισμό νερού.

περιβάλλον (enviroment): τα πέριξ ενός οργανισμού άβια και έμβια όντα ως προς τα κύτταρα θεωρείται περιβάλλον το εσωτερικό ενός οργανισμού, ονομαζόμενο εσωτερικό περιβάλλον· στη γενετική το εξωτερικό και το εσωτερικό περιβάλλον θεωρούνται ως οι μη γενετικοί παράγοντες της αναπτύξεως ενός οργανισμού σε αντίθεση με τους γενετικούς παράγοντες.

περίσταλση (peristalais): οι ρυθμικές συστολές των μυών των τοιχωμάτων του πεπτικού σωλήνα που διακινούν την τροφή.

περίσφιγξη Ρανβιέ (node of Ranvir): περίσφιγξη στο έλυτρο μυελίνης των νευρώνων μεταξύ των κυττάρων του Σβαν.

πέταλα (petals): φυλλόμορφα τμήματα του άνθους, συχνά με λαμπρά χρώματα, που περιβάλλουν τα αναπαραγωγικά τμήματά του και που παρουσιάζονται σε αριθμό που ποικίλλει. Συχνά τα πέταλα σχηματίζουν ένα κύπελλο ή δύο ή τρία **πέταλα** είναι δυνατό να εγκλείσουν τα αναπαραγωγικά όργανα κάνοντας ένα άνθος αυτοεπικονιαζόμενο.

περιττώματα (feces): άπεπτα συστατικά τροφής που απομακρύνονται από το πεπτικό σύστημα.

περιφερικό νευρικό σύστημα (peripheral nervous system):

τα εξερχόμενα από το κρανίο και τη σπονδυλική στήλη νεύρα.

πέψεως ένζυμα (digestive enzymes): οργανικές ενώσεις που επιδρούν επί του ρυθμού των χημικών αλλαγών κατά τη διάρκεια της πέψεως.

πέψη (digestion): η λειτουργία αποδομήσεως μεγάλων μορίων θρεπτικών ουσιών προς μικρότερα που γίνεται και στους ετερότροφους και στους αυτότροφους οργανισμούς.

πεψίνη (pepsin): το ενεργό ένζυμο του στομάχου.

πεψινογόνο (pepsinogen): η ανενεργή μορφή της πεψίνης που μεταβάλλεται σε ενεργό ένζυμο από υδροχλωρικό οξύ.

πίεση υγρού (fluid pressure): η δύναμη που εξασκείται από ένα υγρό στα τοιχώματα του δοχείου, όπως η πίεση του αίματος στις αρτηρίες, η πίεση του νερού σε ένα κύτταρο φύλλου.

πινοκύτωση (pinocytosis): κυτταρική λειτουργία κατά την οποία το κύτταρο προσλαμβάνει («πίνει») υγρά· σχηματίζει θυλάκια με την κυτταρική μεμβράνη, τα οποία γεμίζουν με υγρό και τα οποία κατόπιν μετατοπίζονται μέσα στο κύτταρο υπό μορφή κενοτοπίων. Με τον τρόπο αυτό προσλαμβάνονται από το κύτταρο και μεγάλα μόρια που είναι δυνατό να υπάρχουν σε υγρά.

πλακούντας (placenta): η δομή της μήτρας των εγκύων θηλαστικών που λειτουργεί ως εναλλάκτης θρεπτικών ουσιών και αχρήστων υλικών μεταξύ του κυοφορούμενου και της μητέρας.

πλάσμα (plasma): το υγρό τμήμα του αίματος στο οποίο κυκλοφορούν τα ερυθρά αιμοσφαίρια και τα άλλα έμμορφα συστατικά.

πλαστίδιο (plastid): οποιαδήποτε εξειδικευμένη δομή του κυτταραπλάσματος των ευκαρυωτικών αυτοτρόφων κυττάρων. Οι χλωροπλάστες είναι πλαστίδια.

Πλατυέλμινθες *(Platyelminthes)*: φύλο κατωτέρων ζώων που περιλαμβάνει σκωληκόμορφα πεπλατυσμένα ζώα.

πληθυσμιακή γενετική (population genetics): η μελέτη της γενετικής ενός συνόλου ελευθέρως διασταυρουμένων ατόμων προς προσδιορισμό των ολικών πιθανοτήτων των διαφόρων γονιδίων του γονιδιακού αποθέματος, της συχνότητας ειδικών γονοτύπων (ειδικώς για γενετικές ανωμαλίες), της συχνότητας των μεταλλάξεων και του τρόπου μεταβολής ή όχι της συχνότητας ορισμένων γονιδίων.

πληθυσμός (population): όλοι οι οργανισμοί ενός είδους που ζουν στην ίδια περιοχή κατά τον ίδιο χρόνο.

πνεύμονες (lung): εσωτερική δομή του αναπνευστικού συστήματος που υπάρχει στα περισσότερα χερσόβια σπονδυλωτά, καθώς και σε μερικά ψάρια και υδρόβια θηλαστικά.

πνευμονική αρτηρία (pulmonary artery): το αιμοφόρο αγγείο που μεταφέρει οξυγονωμένο αίμα από τους πνεύμονες στην καρδιά.

πνευμονικός αερισμός (pulmonary ventilation): ένδειξη της ικανότητας των πνευμάνων για ανταλλαγή αερίων που μετριέται κατά τη διάρκεια ασκήσεων.

πνευμονογαστρικά νεύρα (vagus nerves): νεύρα του αυτόνομου νευρικού συστήματος που οδηγούν προς την καρδιά και μεταφέρουν ώσεις που ελαττώνουν το ρυθμό των καρδιακών παλμών.

Πνευμονόκοκκος *(Pneumonococcus)*: βακτηρίδιο μιας κατηγορίας βακτηριδίων που περιλαμβάνει και ένα στέλεχος, το οποίο φέρει κάψα και προκαλεί πνευμονία.

ποιοτικός (qualitative): συνδεόμενα περιλαμβάνουν ή ταυτοποίηση υλικών ή των συστατικών τους, η ταυτοποίηση της φύσεως μιας διολογικής ή βιοχημικής λειτουργίας.

πολικά σωματίδια (polar bodies): κύτταρα με λίγο κυτταρόπλασμα που προέρχονται από άνιση κατανομή του κυτταραπλάσματος μετά από μείωση.

πολιτισμός (culture): οι πνευματικές, επαγγελματικές, εκπαιδευτικές, θρησκευτικές, οικογενειακές και ψυχαγωγικές αξίες και συνήθειες στις οποίες η κοινωνία βασίζει τη φύση της και τα πρότυπά της.

πολυδακτυλία (polydactyly): γενετικό χαρακτηριστικό κατά το οποίο ένα άτομο έχει περισσότερα από δέκα δάκτυλα στα χέρια ή στα πόδια.

πολυκύτταρος (multicellular): οργανισμός απαρτελούμενος από πολλά κύτταρα, σε αντίθεση με μονοκύτταρο οργανισμό.

πολυπεπτίδιο (polypeptide): μακριά αλυσίδα χημικώς συνδεδεμένων αμινοξέων.

πολυπλοειδία (polyploidy): η παρουσία πολλαπλού αριθμού χρωματοσωμάτων σε ένα άτομο· συνήθως δυο, τρεις ή και τέσσερις φορές το διπλοειδικό αριθμό χρωματοσωμάτων. Πολυπλοειδικοί οργανισμοί βρίσκονται συχνά μεταξύ φυτών.

πολυσακχαρίτης (polysaccharide): υδατάνθρακας που αποτελείται από απλά σάκχαρα με έξι άτομα άνθρακα όπως η γλυκόζη ή η φρουκτόζη.

Πορόφορα *(Porifera)*: φύλο κατωτέρων ζώων στα οποία ανήκουν οι σπόγγοι.

ποσοτικός (quantitative): συνδεόμενος ή περιλαμβάνων επακριβείς μετρήσεις, όπως μάζας, όγκου, θερμοκρασίας, pH και πολλών άλλων φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών.

πουρίνη (purine): αζωτούχος βάση διπλού δακτυλίου όπως η γουανίνη και η αδενίνη.

προγεστερόνη (progesterone): ορμόνη που δρα κατά τον αναπαραγωγικό κύκλο των θηλέων ατόμων των θηλαστικών· μαζί με το οιστρογόνο προκαλεί την ανάπτυξη των μαλακών ιστών της μήτρας και αυξάνει την παροχή αίματος στους ιστούς αυτούς.

προκαρυωτικό κύτταρο (procaryotic cell): κύτταρο χωρίς διακριτικό πυρήνα και χωρίς οργανωμένους χλωροπλάστες, μιτοχόνδρια ή ορισμένες άλλες δομές που υπάρχουν στα ευκαρυωτικά κύτταρα. Μόνο τα μονήρη (τα βακτήρια και τα κυανοφύκη) έχουν προκαρυωτικό κύτταρο.

προλακτίνη (prolactin): ορμόνη της υποφύσεως των θηλαστικών που επάγει την παραγωγή γάλακτος από τους γαλακτοφόρους αδένες.

πρόλοβος (crop): περιοχή προσωρινής αποθηκεύσεως τροφής στο πεπτικό σύστημα ζώων όπως οι γεωσκώληκες και τα πτηνά.

προνύμφες μυγών (maggots): οι σκωληκόμορφες προνύμφες των οικιακών μυγών και άλλων ειδών μυγών.

προνύμφη (larva): στάδιο μη ώριμου ατόμου του κύκλου ζωής πολλών ζώων που αναπτύσσεται από το γονιμοποιημένο ωάριο. Οι προνύμφες συνήθως διαφέρουν σημαντικά ως προς τον τρόπο ζωής και διατροφής από τα ώριμα άτομο.

προσαρμογή (adaptation): κληρονομικό χαρακτηριστικό ή συνδυασμός κληρονομικών χαρακτηριστικών που

αυξάνει τις πιθανότητες ενός οργανισμού για επιβίωση και αναπαραγωγή.

πρόσθιο χείλος (dorsal lip): χείλος επάνω από το βλαστοπόρο ή άνοιγμα όπου μια αναδίπλωση των κυττάρων δημιουργεί το στάδιο του γαστριδίου κατά την πρώιμη εμβρυονική ανάπτυξη.

πρόσθιος λοβός (anterior lobe): το πρόσθιο τμήμα της υποφύσεως που παράγει ορμόνες, οι οποίες διεγείρουν άλλους ενδοκρινείς αδένες.

προσταγλαδίνη (prostagladin): κάθε συστατικό που μοιάζει λειτουργικά προς ορμόνη και το οποίο προκύπτει από λιπαρά οξέα και συντίθεται από διαφόρων ειδών κύτταρα και ιστούς. Ορισμένες προσταγλαδίνες κατεβάζουν την πίεση του αίματος και επάγουν συστολές των λείων μυών· άλλες συνδέονται με τις αναπαραγωγικές λειτουργίες των αρρένων ατόμων.

πρόσφατο παρασκεύασμα (wet mount): αντικειμενοφόρος πλάκα για μικροσκοπική παρατήρηση που ετοιμάζεται με την προσθήκη σταγόνας νερού επάνω στο αντικείμενο παρατηρήσεως.

προσχηματισμός (preformation): η πίστη ότι κάθε νέο άτομο βρίσκεται πλήρως σχηματισμένο, υπό σμίκρυνση, στα ωάριο ή το σπερματοζωάριο.

πρόφαση (prophase): πρώιμα στάδιο της μιτώσεως κατά το οποίο τα χρωματοσώματα γίνονται ορατά, η πυρηνική μεμβράνη εξαφανίζεται και σχηματίζεται η πυρηνική άτρακτος.

Πτηνά *(Aves)*: η τάξη των *Χορδωτών* που περιλαμβάνει τα πτηνά.

πύον (pus): κιτρινόχρωμα απόβλημα που περιέχει νεκρούς μικροοργανισμούς, λευκό αιμοσφαίρια, άλλα προϊόντα αποδομήσεως κυττάρων και σωματικά υγρά που προέρχονται από φλεγμονή.

πυρήνας (nucleus): η δομή των ευκαρυωτικών που περιέχει τα χρωματοσώματα και ορισμένα άλλα συστατικό, τα οποία έχουν σημασία για τον έλεγχο του κυττάρου· επίσης το κέντρο του ατόμου που περιέχει ένα ή περισσότερα πρωτόνια και, εκτός του υδρογόνου, ένα ή περισσότερα νετρόνια.

πυριμιδίνη (pyrimidine): αζωτούχος βάση ενός δακτυλίου όπως η κυτοσίνη, η θυμίνη ή το ουρακύλιο.

πυρηνική μεμβράνη (nuclear membrane): μεμβράνη που περιβάλλει τον πυρήνα ενός κυττάρου.

πυρηνίσκος (nucleolus): δομή του πυρήνα των ευκαρυωτικών κυττάρων που πιστεύεται ότι συνδέεται με την παραγωγή ριβοσωμάτων.

πυροσταφυλικό οξύ ή πυροσυκό οξύ (pyruvic acid): ενδιάμεσο προϊόν της αερόβιας αποδομήσεως της γλυκόζης στα κύτταρα. Επίσης προϊόν της αποδομήσεως της γλυκόζης κατά τη ζύμωση.

πρωτεϊνάση (proteinase): κάθε ένα από το σύνολο των ενζύμων που προκαλούν πέψη των πρωτεϊνών.

πρωτεΐνη (protein): οργανική ουσία που αποτελείται από μία ή περισσότερες πολυπεπτιδικές αλυσίδες αμινοξέων· τα περισσότερα δομικά υλικά και ένζυμα των κυττάρων είναι πρωτεΐνες.

Πρώτιστα *(Protista)*: βασίλειο κυρίως υδροβίων οργανισμών των οποίων τα κύτταρα είναι ευκαρυωτικά (με πυρήνα και άλλες δομές που χαρακτηρίζουν τα κύτταρα των ανωτέρων οργανισμών), αλλά που συνήθως είναι μικροσκοπικά. Εξαίρεση αποτελούν τα μεγάλα θαλάσσια φύκη που είναι επίσης *Πρώτιστα*.

Πρωτόζωα *(Protozoa)*: η κύρια κατηγορία, μαζί με ορισμένα φύκη, οργανισμών του βασιλείου των *Πρωτίστων*· τα πρωτόζωα είναι οργανισμοί μεγάλης μορφολογικής ποικιλότητας που έχουν όμως χαρακτηριστικώς σύνθετη κυτταρική δομή και συνήθως έχουν δυνατότητα μετακινήσεως.

πρωτομυοσίνη (protomyosin): πρωτεΐνη που βρίσκεται στις ίνες της ακτίνης των γραμμωτών μυών και η οποία επικαλύπτει τα ενεργά κέντρα της ακτίνης, όπου συνδέονται οι ίνες της μυοσίνης κατά τη συστολή των μυών. Η συστολή συνήθως δεν παρατηρείται τυχαία, γιατί πρέπει να προηγηθεί επαγωγή επί των μορίων της πρωτομυοσίνης προς απακάλυψη των ενεργών κέντρων.

πρωτονίνη (protonin): πρωτεΐνη συνδεόμενη με την πρωτομυοσίνη στις ίνες ακτίνης των γραμμωτών μυών.

πρωτόνιο (proton): σωματίδιο που φέρει θετικό ηλεκτρικό φορτίο και βρίσκεται στον πυρήνα όλων των ατόμων.

pH (pH): το σύμβολο των οξίνων-βασικών χαρακτηριστικών ή της συγκεντρώσεως των ιόντων υδρογόνου (H^+) όπως συγκρίνεται με τη συγκέντρωση ορισμένων αρνητικών ιόντων (π.χ. OH^-, HCO_3^-).

P (P): γονική διασταύρωση· διασταύρωση μεταξύ δυο οργανισμών που συνήθως προέρχονται από σειρά γενεών χωρίς σταυροδιασταυρώσεις και έχουν επιλεγεί ως αρχικοί οργανισμοί σε σειρά πειραμάτων βελτιώσεως από απόψεως γενετικής.

P

ραβδίο (rod): αισθητικός υποδοχέας του αμφιβληστροειδή χιτώνα του οφθαλμού που είναι ευαίσθητος στο λίγο φως και αντιδρά κυρίως κατά τη νυκτερινή όραση.

ραδιενεργό (ή ακτινενεργό) ισότοπο (radioactive isotope): ισότοπο με ασταθή πυρήνα από τον οποίο εκλύεται ενέργεια υπό μορφή ακτινοβολίας υψηλής (μικρού μήκους κύματος ενέργεια).

ραδιενεργός ή ακτινενεργός (radioactive): ό,τι εκλύει ενέργεια μικρού μήκους κύματος που ενεργοποιεί μετρητές ακτινοβολίας και η οποία έχει την ικανότητα να τονίζει ή να επάγει άλλου τύπου αλλοιώσεις στα υλικά των οργανισμών· ακτινοβολίες του τύπου αυτού είναι δυνατό να επάγουν μεταλλάξεις.

Ραμαπίθηκος *(Ramapithecus)*: πιθανός πρόγονος των αυστραλοπιθήκων και των ανθρώπων που ζούσαν πριν από 15 εκατομμύρια χρόνια.

ραμφίσματος τάξη (peck order): κοινωνική ιεραρχία στα κοτόπουλα που βασίζεται στο ράμφισμα ή την απειλή ραμφίσματος.

ριβόζη (ribose): σάκχαρο πέντε ατόμων άνθρακα που βρίσκεται στο RNA και στο ATP.

ριβόσωμα (ribosome): καθένα από τα όμοια μεταξύ τους δομικό σωματίδια του κυτταροπλάσματος των προκαρυωτικών και των ευκαρυωτικών κυττάρων στα οποία συντίθενται οι πολυπεπτιδικές αλυσίδες των ενζύμων και των άλλων πρωτεϊνών.

ριβοφλαβίνη (riboflavin): η βιταμίνη B_2 της ομάδας βιταμινών Β.

ρίζα δευτερογενής (secondary root): κάθε ρίζα ενός φυτού που αναπτύσσεται υπό μορφή διακλαδώσεως από την πρωτογενή ρίζα.

ρίζα πρωτογενής (primary root): η ρίζα που αναπτύσσε-

ται από την εμβρυονική ρίζα ενός φυταρίου που βλαστάνει.

ριζική πίεση (root pressure): η δύναμη που διακινεί το νερό από τις ρίζες προς το άνω μέρος του φυτού.

ριζικό τριχίδιο (root hair): η λεπτή προέκταση των επιδερμικών κυττάρων της ρίζας. Η προέκταση αυτή απορροφά νερό και ανόργανα άλατα.

Ροδόφυτα *(Rhodophyta)*: φύλο πρωτίστων που περιλαμβάνει τα ερυθρά φύκη.

ρυθμός γεννήσεων (birth rate): ο ολικός αριθμός γεννήσεων σε ένα πληθυσμό ανά μονάδα χρόνου.

ρύπανση (pollution): η ρύπανση του περιβάλλοντος από φυσικές και ανθρωπογενείς αιτίες.

RF (RF): συντομογραφία για τον όρο εκλυτικός παράγοντας· οι εκκριτικοί παράγοντες είναι ομάδα ορμονών που εκκρίνονται από τον υποθάλαμο, οι οποίες ενεργοποιούν τον αδένα της υποφύαεως προς έκκριση ορμονών.

Rh παράγοντας (Rh factor): πρωτείνη του αίματος για την οποία ορισμένο άτομα (τα Rh-θετικά) φέρουν το αντίστοιχο γονίδιο. Μια γυναίκα Rh-αρνητική με ένα σύζυγο Rh-θετικό είναι δυνατό να συλλάβει ένα Rh-θετικό έμβρυο και να παράγει αντισώματα κατά του παράγοντα Rh. Συνήθως το πρώτο παιδί δεν παρουσιάζει προβλήματα αλλά μεταγενέστερη κυοφορία ενός Rh-θετικού εμβρύου είναι δυνατό να παρουσιάσει επικίνδυνα προβλήματα.

RNA (RNA): συντομογραφία για το ριβοζονουκλεϊνικό οξύ, το κληρονομικό υλικό ορισμένων ιών και το υλικό που κωδικοποιείται από το DNA των άλλων κυττάρων γιο ορισμένες εξειδικευμένες γενετικές λειτουργίες (παράδειγμα: το αγγελειοφόρο-RNA και το μεταφορικό-RNA).

Σ

σακχαρόζη (sucrose): το καλαμοσάκχαρο ή το σάκχαρο από τα τεύτλα που χρησιμοποιείται στα γλυκά· είναι σάκχαρο που περιέχει δώδεκα άτομα άνθρακα και αποτελείται από δυο απλούστερα σάκχαρα των έξι ατόμων άνθρακα, τη γλυκόζη και τη φρουκτόζη.

Σαρκοδίνια *(Sarcodinia)*: φύλο *Πρωτίστων* που έχουν ψευδοπόδια, τα οποία χρησιμοποιούνται για τη μετακίνησή τους και τη σύλληψη της τροφής.

σαρκοφάγος (carnivor): ζώο που τρέφεται με κρέας· ένας καταναλωτής δεύτερης ή ανώτερης βαθμίδας.

σεκρετίνη (secretin): ορμόνη που εκκρίνεται απά κύτταρα του λεπτού εντέρου και η αποία επάγει το πάγκρεας προς έκκριση παγκρεατικών υγρών.

σέπαλο (sepal): κάθε ένας από τους πράσινους φυλλοειδείς σχηματισμούς που προβάλλουν από ένα φυτικά βλαστό και προστατεύουν τους ανθοφόρους οφθαλμούς να χρησιμεύουν αργότερα ως υπόβαθρο του άνθους.

σερίνη (serine): αμινοξύ.

σιαγόνες (jaws): οι δομές που περιβάλλουν το στόμα και χρησιμεύουν για τον τεμαχισμό της τροφής.

σιελογόνος αδένας (salivary gland): κάθε ένας από ταυς αδένες που εκκρίνει σίελο στη στοματική κοιλότητα.

σίελος (saliva): έκκριμα της στοματικής κοιλότητας που ενυδατώνει την τροφή και αρχίζει την πέψη των υδατανθράκων.

σκελετικός μυς (skeletal muscle): μυς προσφυόμενος στο σκελετό, όπως στην περίπτωση των αρθροπόδων ή των σπονδυλωτών.

σκελετός (skeleton): το σύστημα υποστηρίξεως και προστασίας που φέρουν πολλά ζώα καθώς και το κέλυφος που εκκρίνεται γύρω από το σώμα πολλών μικροοργανισμών.

σκληρωτικός χιτώνας (sclerotic coat): το λευκό εξωτερικό περίβλημα των οφθαλμών των θηλαστικών που είναι διαφανές μόνο στο εμπρόσθιο τμήμα του, το οποίο ονομάζετοι κερατοειδής χιτώνας.

σκότους αντιδράσεις (dark phase): ο κύκλας του άνθρακα προς σύνθεση υδατονθράκων ή αμινοξέων κατά τη φωτοσύνθεση· πορόμοια σύνθεση κατά το μεταβολισμό οριαμένων ζώων με χρήση ενέργειας που δεν προέρχεται από το ηλιακό φως αλλά από άλλες οργανικές ενώσεις.

σπείραμα (glomerulus): Το συσσωμάτωμα των τριχοειδών μέσα στο κύπελλο του Μπωμάν στους νεφρώνες των νεφρών.

σπείραμα (spiracle): το προς τα έξω άνοιγμα της τραχείας στα έντομα.

Σπειρύλλια *(Spirillia)*: τα σπειρόμορφο βακτήρια.

σπέρμα (semen): το παχύρρευστο υγρό μέσω του οποίου μεταφέρονται τα σπερματοζωάρια των αρρένων ατόμων.

σπέρμα (seed): το φυτικό έμβρυο περιβαλλόμενο από περιβλήματα μοζί με αποθηκευμένη τροφή αλλά και ορισμένες φυτικές ορμόνες που θα δράσουν κατά το χρόνο της βλαστήσεως.

σπερματικά σωληνάρια (seminiferous tubules): οι περιελιγμένοι λεττοφυείς αδένες των όρχεων όπου παράγεται το σπερματοζωάριο.

σπερματικός πόρος ή σπερματαγωγός (spermaduct): αγωγός που οδηγεί από τους όρχεις προς την ουρήθρα και το έξω μέρος του σώματος.

σπερματικός πυρήνας (sperm nucleus): κάθε ένας από τους δυο πυρήνες που παράγονται από τη διαίρεση του μοναδικού πυρήνα των γυρεοκόκκων των ανθοφόρων φυτών. Ο ένας από τους δυο αυτούς πυρήνες γονιμοποιεί το ωοκύτταρο.

σπερματοδόχοι κύστεις (seminal vesicles): δομές του αναπαραγωγικού συστήματος των αρρένων ατόμων, όπου αποθηκεύεται σπέρμα, και οι οποίες βρίσκονται κοντά στον προστάτη αδένα.

σπερματοζωάρια (spermatozoa of sperm): το όρρενα γαμετοκύτταρα κάθε ένα των οποίων είναι μονοπλοειδικό όσον αφορά τον αριθμό των χρωματοσωμάτων.

σπογγώδες παρέγχυμα (spongy layer): στρώμα κυττάρων των φύλλων εσωτερικό της επιδερμίδος· το στρώμα των κυττόρων όπου γίνεται η φωτοσύνθεση.

σπόνδυλος (vertebra): κάθε ένα από τα οστά της σπονδυλικής στήλης των σπονδυλωτών.

σπόρια (spores): μονοκύτταρα αναπαραγωγικό σώματο που συνήθως είναι πολύ ανθεκτικά στις αντίξοες συνθήκες του περιβάλλοντος και είναι δυνατό να παραμείνουν αδρονή υπό λανθάνουσα μορφή ζωής σε ξηρές επιφάνειες ή θύλακες επί μακρές χρονικές περιόδους· σε μερικούς οργανισμούς οι σπόροι παράγονται αγενώς και αναπτύσσονται υπό ευνοϊκές συνθήκες σε νέους οργανισμούς. Σε άλλους οργανισμούς οι σπόροι παράγονται εγγενώς και πρέπει να συνενωθούν με τους σπόρους του άλλου φύλλου, προτού

αρχίσει η ζωή ενός νέου οργανισμού.

Σπορόζωα *(Sporozoa)*: φύλο παρασιτικών πρωτίστων που δεν έχουν δυνατότητα μετακινήσεως και τα οποία αναπαράγονται με σπόρια.

σταυροεπικονίαση (cross-pollination): επικονίαση μεταξύ ανθέων διαφόρων φυτών κατά την οποία γυρεόκοκκοι από ένα άνθος επικάθηνται στο στίγμα άλλου άνθους.

στήμονας (stamen): άρρεν αναπαραγωγικό όργανο των ανθέων που αποτελείται από το νήμα και τον ανθήρο, όπου παράγονται οι γυρεόκοκκοι.

στίγμα (stigma): δομή υποδοχής γυρεοκόκκων στην κορυφή του υπέρου που είναι το θήλυ όργανο του άνθους.

στοιχεία (element): υλικό που αποτελείται από άτομα, τα οποία είναι όλα χημικώς πανομοιότυπα μεταξύ τους ή πανομοιότυπα ως προς τον αριθμό πρωτονίων και ηλεκτρονίων τους.

στόμα (stoma): άνοιγμα της επιδερμίδας των φύλλων των φυτών μέσω του οποίου ανταλλάσσονται αέρια.

στόμαχος (stomach): το διευρυμένο τμήμα του πεπτικού σωλήνα όπου γίνεται η μηχανική αποδόμηση της τροφής και η ενζυματική πέψη σε όξινο περιβάλλον.

στόμαχος μυώδης (gizzard): στους γεωσκώληκες και στα πτηνά είναι ένα μυώδες τμήμα του πεπτικού σωλήνα, όπου η τροφή συνθλίβεται και υφίσταται μερική πέψη.

στύλος (style): το λεπτό, υπό μορφή λαιμού, τμήμα του ύπερου που συνδέει το στίγμα με την ωοθήκη στα θήλεα αναπαραγωγικά όργανα του άνθους.

συμβίωση (symbiosis): μεταβολική σχέση μεταξύ δυο ανομοίων οργανισμών που ζουν μαζί στενά συνδεδεμένοι.

συμπαθητικό νευρικό σύστημα (sympathetic nervous system): το ένα από τα δυο τμήματα του αυτόνομου νευρικού συστήματος.

συμπεριφορά (behavior): οι δραστηριότητες και οι αλληλοεπιδράσεις των οργανισμών μεταξύ τους και με το περιβάλλον τους.

συμπεριφοράς προσαρμογή (behavioral adaptation): τρόπος αντιδράσεως στο περιβάλλον ή άλλους οργανισμούς που έχει σημασία από άποψη επιβιώσεως.

σύναψη (synapse): ανοικτή σύνδεση μεταξύ δύο νευρώνων κατά μήκος της οποίας μεταβιβάζεται ώση μέσω ενός χημικού νευροδιαβιβαστή.

συνένζυμο (coenzyme): μη πρωτεϊνικής φύσεως, συνήθως βιταμίνη ή μεταλλικό στοιχείο, συστατικό ενός ενεργού ενζύμου· το συνένζυμο συνδέεται με την πρωτεΐνη, ή ένζυμο, ενεργοποιώντας το και υποδοηθώντας στον προσδιορισμό της εξειδικευμένης αντιδράσεως που καταλύει το ένζυμο συνοχής υπαπιέσεως θεωρία (cohesion-tension-theory): η θεωρία ότι το νερό ανέρχεται προς τα άνω στο ξύλωμα των φυτών ως μια συνεχής στήλη από μια δύναμη που συγκρατεί τα μόρια του νερού μαζί, και από τη συνεχή εξάτμιση του νερού από την κορυφή της στήλης, στα φύλλα.

συνεπικράτηση (codominance): στη γενετική, ο φαινότυπος που παράγεται από δυο διαφορετικά αλληλόμορφα, τα οποία δεν είναι ούτε επικρατή ούτε υπολειπόμενα το ένα ως προς το άλλο· ο φαινότυπος που είναι μίγμα των διαφόρων χαρακτηριστικών.

σύνθεση (synthesis): η οργάνωση και συγκρότηση και μεγαλυτέρων μορίων από μικρότερα ή η οργάνωση των σκέψεων με βάση τις μεταξύ τους διασυνδέσεις.

συντονισμός (coordination): η προσαρμογή και ο έλεγχος των διαφόρων τμημάτων του σώματος που επιτρέπουν σε ένα οργανισμό να εργάζεται αποδοτικά.

συσταλτό ινίδιο (contractile fibril): κάθε μία από λεπτές ίνες του κυτταροπλάσματος των κυττάρων των κατωτέρων οργανισμών που αυξάνουν την ικανότητά τους προς κίνηση.

σύστημα οργάνων (organ system): σύνολο συγγενών οργάνων που συνεργάζονται ως προς τις εξειδικευμένες λειτουργίες τους, όπως τα όργανα του πεπτικού συστήματος.

σφυγμώδες κενοτόπιο (contractile vacuole): κυτταρική δομή η οποία χρησιμεύει κυρίως για την απομάκρυνση του νερού που περισσεύει, σε μονοκύτταρους ή άλλους κατώτερους οργανισμούς.

σχετική υγρασία (relative humidity): η ποσότητα υγρασίας στον αέρα, εκφραζόμενη ως ποσοστό της ολικής ποσότητας υγρασίας που είναι δυνατό να διατηρηθεί στον αέρα σε δεδομένη θερμοκρασία.

Σχιζομυκόφυτα *(Schizomycophyta)*: φύλο βακτηρίων.

Τ

ταξισμός (taxis): αντίδραση ενός πρωτίστου ή άλλου κατώτερου ζώου που εκδηλώνεται με αλλαγή της κατευθύνσεως προς το περιβαλλοντικό ερέθισμα ή προς απομάκρυνση από αυτό.

τάξεων σύστημα (caste system): κοινωνία οργανωμένη σε υψηλό βαθμό στην οποία τα μέλη της έχουν να κάνουν συγκεκριμένη και εναλλασσόμενη εργασία.

τάξη (class): η τρίτη μεγαλύτερη ομαδοποίηση του συστήματος βιολογικής ταξινομήσεως, μετά το βασίλειο και το φύλο.

τάξη (order): η τέταρτη μεγαλύτερη μονάδα του βιολογικού συστήματος ταξινομήσεως μετά το βασίλειο, το φύλο και την ομοταξία· ένα σύνολο συγγενών οικογενειών.

ταξινόμηση (classification): αρχειοθέτηση αντικειμένων σε ομάδες ανάλογα με ορισμένες καινές ιδιότητες των αντικειμένων κάθε ομάδας. Η ταξινόμηση στη βιολογία κατατάσσει τους οργανισμούς σε ομάδες που πιστεύεται ότι αποδίδουν την κοινή τους καταγωγή ή εξέλιξη.

Τάι-Σαχς ασθένεια (Tay-Sachs disease): γενετική ασθένεια του ανθρώπου κατά την οποία δεν παράγεται η μορφή «Α» ενός ενζύμου και συγκεκριμένα η Α-εξοζοαμινιδάση ή Hex-A, με αποτέλεσμο τη συσσώρευση λιπιδίων και το θάνατο κατά την πρώτη παιδική ηλικία. Η κατάσταση προκαλείται από ένα ζεύγος υπολειπομένων γονιδίων.

ταφονομία (taphonomy): η εκσκαφή θέσεων, όπου έχουν πεθάνει ζώα τόσο στο άμεσο όσο και στο απώτερο παρελθόν, με σκοπό την κατανόηση των γεωλογικών και περιβαλλοντικών συνθηκών που επέδρασαν στη διατήρηση και την κατανομή των υπολειμμάτων των ζώων.

τεκτονική τεμαχέων ή πλακών (plate tectonics): η θεωρία και η μελέτη των μεγάλων τμημάτων (τεμαχέων) της επιφάνειας της γης και των κινήσεών τους, οι οποίες οδηγούν στην ο[illegible]μάκρυνση των ηπείρων και στην ορογενετική δραστηριότητα, τους σεισμούς, τις εκρήξεις ηφαιστείων και άλλες συσιαστικές αλλαγές που επιδρούν στα έμβια όντα.

τελόφαση (telophase): στάδιο της μιτώσεως που ακολουθεί την ανάφαση· ένα σύνολο χρωματοσωμάτων βρίσκεται σε κάθε άκρο του κυττάρου και αρχίζει ο σχηματισμός νέων πυρηνικών μεμβρανών γύρω από αυτά.

τένοντας (tendon): πυκνός, λευκός ινώδης συνδετικός ιστός που συνδέει ένα μυ σε ένα οστό ή σε ένα άλλο μυ.

Τέρνερ σύνδρομο (Turner syndrome): στους ανθρώπους, ένα άτομο με τύπο φυλοκαθοριστικών χρωματοσωμάτων ΧΟ, δηλαδή παρουσία ενός χρωματοσώματος Χ χωρίς παρουσία και άλλου χρωμοτοσώματος Χ ή χρωματοσώματος Υ.

τεστοστερόνη (testosterone): η κύρια ορμόνη των αρρένων ατόμων, η οποία εκκρίνεται από τους όρχεις.

τετράδα (tetrad): ο τετραπλός σχηματισμός που γίνεται από ένα ζεύγος χρωματοσωμάτων που έχουν προσφάτως διπλασιασθεί· αι τετράδες σχηματίζονται στην αρχή της μειώσεως.

τεχνολογία (technology): «εφαρμοσμένη επιστήμη»· η χρήση των ανακαλύψεων της επιστήμης μέσω νέων εφευρέσεων και διομηχανικών ή οικιακών εφαρμογών, ή μέσω άλλων εφαρμογών.

τοξικολογικός (toxicological): συνδεόμενος με τα δηλητήρια και τη μελέτη τους.

τοξίνη (toxin): δηλητηριώδης ουσία παραγόμενη από έμβια όντα· παράδειγμα είναι η τοξίνη που προκαλεί βοτουλισμό, ένα είδος τροφικής δηλητηριάσεως, στους ανθρώπους.

τραχεία (trachea): ο αερογωγός σωλήνας των αεροβίων σπονδυλωτών που συνδέει το φάρυγγα με τους πνεύμονες· στα έντομα τραχείες ονομάζονται οι σωλήνες του τροχειακού συστήματος που χρησιμοποιείται για πρόσληψη αέρα.

τραχεΐδα (tracheid): ένας από τους δυο κύριους τύπους κυττάρων του ξυλώματος, με οξυκατάληκτα άκρα και παχέα τοιχώματα που φέρουν βοθρία, τα οποία συνδέουν κάθε κύτταρο με τα γειτονικά τους.

Τραχεόφυτα *(Tracheophyta)*: φύλο ή υπερφύλο που περιλαμβάνει όλα τα ανώτερα φυτά, των οποίων οι εξειδικευμένοι ιστοί περιλαμβάνουν πραγματικούς αγωγούς-ιστούς που μεταφέρουν νερό, άλατα και τροφές στα φυτά αυτά. Οι φτέρες, τα κωνοφόρα (όλα τα αειθαλή φυτά) και τα ανθοφόρα φυτά είναι τραχεόφυτα.

τριγλυκερίδιο (triglyceride): διάφορες ενώσεις συγγενείς προς τα λίπη που σχηματίζονται από την αντίδραση μεταξύ ενός οργανικού οξέος και της γλυκερόλης, η οποία είναι παραπροϊόν της πέψεως των λιπών. Τα επίπεδα τριγλυκεριδίων στο αίμα χρησιμοποιούνται μαζί με το επίπεδο της χοληστερόλης στην ιατρική διαγνωστική προς διερεύνηση καταστάσεων που επιδρούν στην αρτηριοσκλήρωση και άλλες ανωμαλίες του κυκλοφορικού συστήματος.

τριχοειδές (capillary): μικροσκοπικό αιμοφόρο αγγείο διά μέσου του οποίου ανταλλάσσονται ουσίες μεταξύ αίματος και κυττάρων· τα τριχοειδή συνδέουν αρτηρίες με φλέβες.

τριχοειδές φαινόμενο (capillary action): τρόπος με τον οποίο υγρά ανέρχονται μέχρι ενός ύψους σε σωλήνες πολύ μικρής διαμέτρου λόγω της έλξεως των μορίων του υγρού από τα εσωτερικά τοιχώματα του σωλήνα.

τροπισμός (tropism): αντίδραση των φυτών με στροφή προς την κατεύθυνση ή αντίθετα προς την κατεύθυνση από όπου έρχεται ένα ερέθισμα. Ανάπτυξη προς τα κάτω, όπως στην περίπτωση των ριζών, είναι θετικός γεωτροπισμός, ενώ ανάπτυξη προς τα άνω, όπως στους βλαστούς, είναι αρνητικός γεωτροπισμός.

τροφή (food): πηγή ενέργειας και υλικών για την οποία ένας οργανισμός έχει τα απαραίτητα ένζυμα για την πέψη των κυριοτέρων μερών της προς πρόσληψη υλικών και ενέργειας.

τροφική αλυσίδα (food chain): η σχέση που διασυνδέει ένα αυτότροφο οργανισμό ως παραγωγό τροφής προς ένα οργανισμό (ένα φυτοφάγο) που τρώει τον αυτότροφο οργανισμό, προς ένα άλλο οργανισμό (έναν σαρκοφάγο) που τρώει τον φυτοφάγο κ.ο.κ.

τροφική πυραμίδα (food pyramid): αναπαράσταση της ενέργειας που εμπεριέχει η τροφή, καθώς διακινείται μέσα σε ένα οικοσύστημα, όπου σε κάθε επίπεδο οι οργανισμοί απαιτούν περίπου δέκα φορές τη συγκεντρωτική μάζα του σώματός τους (βιομάζα) σε οργανισμούς που χρησιμοποιούνται ως τροφή τους.

τροφικό δίκτυο (food web): οι τροφικές αλυσίδες μέσα σε ένα οικοσύστημα, όταν θεωρηθούν συγκεντρωτικά, οπότε εμφανίζεται και η μερική αλληλοεπικάλυψη καθώς και ο ανταγωνισμός για την τροφή μεταξύ διαφόρων οργανισμών.

τροφικό μετάλλαγμα (nutritional mutant): οργανισμός που δεν είναι δυνατό να επιβιώσει στο συνηθισμένο διαιτολόγιο του είδους του λόγω κάποιας μεταλλάξεως που επιδρά σε ένα ή περισσότερα ένζυμα, τα οποία συνθέτουν ορισμένες χρήσιμες ουσίες.

τυχαίος (random): ο παρατηρούμενος τυχαία σε αντίθεση με ό,τι παρατηρείται κατόπιν επιλογής ή σχεδιασμού.

τρωκτικό (rodent): ζώα που ανήκουν στην τάξη των θηλαστικών, τα οποία τροκανίζουν. Η τάξη περιλαμβάνει τα περισσότερα εργαστηριακά θηλαστικά όπως τους αρουραίους και τα ποντίκια. Άλλα παραδείγματα τρωκτικών είναι οι σκίουροι και οι κάστορες.

TSH (TSH): συντομογραφία για τη θυρεοειδοτρόπο ορμόνη που εκκρίνεται από την υπόφυση και μεταφέρεται μέσω του αίματος στο θυρεοειδή αδένα, όπου επάγει την παραγωγή και έκκριση της θυροξίνης.

TSH-RF (TSH-RF): συντομαγραφία για τον εκλυτικά παράγοντα της θυρεοειδοτρόπου ορμόνης, ο οποίος είναι ορμόνη που παράγεται στον υποθάλαμο και δρα στην υπόφυση επάγοντας την έκκριση της TSH στην κυκλοφορία του αίματος.

Υ

υβριδική ρώμη (hybrid vigor): η τάση των υβριδικών οργανισμών να είναι μεγαλύτερη και υγιέστερη από τους καθαρόσιμους οργανισμούς του ίδιου είδους.

υβρίδιο (hybrid): ετεροζυγώτης για ένα ή περισσότερα γενετικά χαρακτηριστικά. Υβρίδια μεταξύ διαφόρων ποικιλιών που έχουν αναπτυχθεί χωρίς σταυρογονιμοποίηση είναι ετερόζυγο για πολλά χαρακτηριστικά.

υδατάνθρακας (carbohydrate): οργανική ένωση που αποτελείται από άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο, με αναλογία υδρογόνου προς οξυγόνο 2 προς 1 όπως και στο νερό· για παράδειγμα: σάκχαρο, άμυλα, γλυκαγόνα, κυτταρίνη.

Ύδρα *(Hydra)*: μικρό κοιλεντερωτό ζώο των γλυκών νερών με κεραίες και κνιδοκύτταρα που χρησιμοποι-

είται σε εργαστηριακές μελέτες κατωτέρων ζώων.

υδρόβιος (aquatic): περιγράφει ένα υδάτινο περιβάλλον ή οργανισμούς που ζουν στο νερό.

υδρογόνου δεσμός (hydrogen bond): ασθενής χημικός δεσμός ομοιοπολικός προς την πλευρά του ατόμου του υδρογόνου και ιονικός προς την άλλη. Σε μεγάλο αριθμό οι υδρογονικοί δεσμοί είναι ικανοί να συγκρατούν οργανικά μόρια σε συγκεκριμένη δομή. Υδρογονικοί δεσμοί συγκρατούν μαζί τις δύο έλικες του DNA στη μορφή της διπλής έλικας.

υδρογόνου διαδρομή (hydrogen pathway): στην κυτταρική αναπνοή, οι αντιδράσεις που μεταφέρουν το υδρογόνο από οργανικές ενώσεις μέσω της αναπνευστικής αλύσου προς το οξυγόνο προς σχηματισμό νερού· η ενέργεια που ελευθερώνεται κατά τη διαδικασία αυτή αποθηκεύεται υπό μορφή ATP.

υδρόλυση (hydrolysis): η διάσπαση μιας ενώσεως από ενζυματική δράση μέσω της προσθήκης ενός ατόμου υδρογόνου στο ένα από τα τεμάχια που προκύπτουν και ενός υδρογόνου και ενός οξυγόνου στο άλλο, δηλαδή η προσθήκη και στα δυο, ενός μορίου νερού.

υδροχλωρικό οξύ (hydrochloric acid): το οξύ που βρίσκεται στο στόμαχο των απονδυλωτών ζώων.

υπεριώδης ακτινοβολία (ultraviolet radiation): φως εκτός των κατωτέρων ορίων του ιώδους φωτός του ορατού τμήματος του φάσματος, δηλαδή φως μήκους κύματος μικρότερου της περιοχής ακτινοβολίας ορατής από τα ανθρώπινα όντα. Το υπεριώδες φως του ηλίου ήταν πηγή ενέργειας κατά τα πρώτα στάδια της εξελίξεως της γης, σήμερα όμως απορροφάται από το στρώμα όζοντος της ατμόσφαιρας.

ύπερος (pistil): τα θήλυ αναπαραγωγικό όργανο των ανθέων· το στίγμα, ο στύλος, η ωοθήκη και οι σπερματικές βλάστες μέσα στην ωοθήκη απαρτίζουν τον ύπερο.

υπέρυθρο (infrared): το τμήμα του φάσματος με μήκη κύματος μεγαλύτερα από το ορατό ερυθρό φως αλλά μικρότερα από τα ραδιοκύματα.

υποθάλαμος (hypothalamus): συσσωμάτωμα νευρώνων στη βάση του εγκεφάλου που ρυθμίζει την έκκριση της υποφύσεως και ελέγχει το εσωτερικό περιβάλλον του σώματος.

υπόθεση (hypothesis): δοκιμαστική υποθετική λύση για ένα επιστημονικό πρόβλημα, η οποία υπόκειται σε πειραματικά έλεγχο· μια υπόθεση εξηγεί υπάρχοντα δεδομένα και προβλέπει νέα.

υποθετικό συμπέρασμα (inference): πληροφορία προερχόμενη από πίστη ή υπόθεση σχετιζόμενη αλλά όχι κατ' ανάγκη προερχόμενη από δεδομένα.

υπολειμματικό όργανο (vestigial organ): όργανο που έχει διατηρηθεί κατά την εξελικτική πορεία ενός οργανισμού αλλά που δεν χρησιμοποιείται πλέον. Στον άνθρωπο τέτοια όργανα είναι ο λεκιθοφόρος σάκος των εμβρύων και η σκωληκοειδής απόφυση.

υπολειπόμενο αλληλόμορφο (recessive allele): ένα από τα δυο αλληλόμορφα ενός γονιδίου του οποίου η λειτουργία καλύπτεται, σε ένα ετεράζυγο άτομα, από την παρουσία ενός άλλου επικρατούντος αλληλομόρφου.

υπόφυση ή αδενοϋπόφυση (pituitary gland): ενδοκρινής αδένας στη βάση του εγκεφάλου ο οποίος επάγεται από τον υποθάλαμα προς παραγωγή ενός μεγάλου αριθμού ορμανών· το οπίσθιο τμήμα της υποφύσεως αποθηκεύει υποθαλαμικές ορμόνες.

ύστερο (afterbirth): στα θηλαστικά, οι ιστοί του πλακούντα που αποβάλλονται από τη μήτρα της μητέρας μετά τον τοκετό.

Φ

φαγοκυττάρωση (phagokytosis): η διαδικασία με την οποία το κύτταρο περιβάλλει άλλους οργανισμούς ή ξένο σωματίδιο· κατά τη φαγοκυττάρωση εκτείνονται ψευδοπίδια που περιβάλλουν τον οργανισμό ή το σωματίδιο.

φάγος (phage): συντομογραφία του όρου βακτηριοφάγος, ιού που μολύνει βακτήρια.

φαινότυπος (phenotype): η έκφραση του γονότυπου ως προς τη μορφή ή τη λειτουργία ενός οργανισμού· το παρατηρούμενο χαρακτηριστικό.

φαινυλαλανίνη (phenylalanine): αμινοξύ.

Φαιόφυτα *(Phaeophyta)*: φύλο *Πρωτίστων* που περιλαμβάνει τα φαιά φύκη.

φακός, κυρτός φακός (lens, convex lens): διαφανής δίσκος με λείες εξωτερικές επιφάνειες, παχύτερες στο κέντρο από ό,τι στην περιφέρεια. Ο φακός δέχεται τις ακτίνες φωτός και τις αναγκάζει να συγκεντρωθούν σε μικρή απόσταση πίσω ή πέρα από αυτόν. Παράδειγμα φακών είναι οι φακοί των οφθαλμών και οι φακοί ενός μικροσκοπίου.

φαρμακολογία (pharmacology): η μελέτη των φαρμάκων των τοξίνων και άλλων χημικών ενώσεων και των ιδιοτήτων των αλληλοεπιδράσεων μεταξύ των φαρμάκων.

φάρυγγας (pharynx): το τμήμα του πεπτικού σωλήνα μεταξύ του στόματος και του οισοφάγου· στα θηλαστικά χρησιμοποιείται και ως τμήμα του αναπνευστικού συστήματος. Επίσης στους πλατυέλμινθες φάρυγγας ονομάζεται μυώδες σωληνόμορφο όργανο που προσλαμβάνει στερεή τροφή οε τεμάχια.

φερομόνη (pheromone): χημική ουσία μεταφοράς μηνύματος που χρησιμοποιείται από ζώα όπως τα έντομα. Ορισμένες φερομόνες δρουν ως προσελκυστικά ετερόφυλων ατόμων αλλά για σημείωση διαδρομής προς τροφή άλλων η σημασία δεν έχει ακόμη βρεθεί.

φερροδοξίνη (ferredoxin): χημική ένωση που περιέχει σίδηρο και δρα ως υποδοχέας ηλεκτρονίων κατά την κυτταρική αναπνοή· η φερροδοξίνη είναι επίσης υποδοχέας «διεγερμένων» ηλεκτρονίων που προέρχονται από μόρια χλωροφύλλης κατά τη διάρκεια των αντιδράσεων φωτός της φωτοσυνθέσεως.

Φιλικίνες *(Filicines)*: ομοταξία του φύλου ***Τραχεόφυτα*** στην οποία ανήκουν είδη φτέρης.

φλέβα (vein): στα φύλλα των φυτών μια δεσμίδα του ξυλώματος και του φλοιώματος που μεταφέρει υγρά· στα ζώα ένα αιμοφόρο αγγεία όπου το αίμα κινείται προς την καρδιά.

φλογοκύτταρα (flame cell): κύτταρα ειδικής δομής που χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση του νερού που περισσεύει, από οργανισμούς όπως οι πλατυέλμινθες.

φλοιός (cortex): η εξωτερική στοιβάδα ενός οργάνου όπως ο νεφρός, ο αδένας επινεφριδίου, ο εγκέφαλος· επίσης η στοιβάδα φυτικού ιστού στην εξωτερική επιφάνεια της ρίζας ή του βλαστού.

φλοίωμα (phloem): οι ηθμώδεις σωλήνες και τα συνοδά κύτταρα· ο ζωντανός ιστός των ανωτέρων φυτών που

μεταφέρει τις τροφές τους.

φορέας (carrier): άτομο που έχει ένα υπολειπόμενο γονίδιο για μια γενετική ανωμαλία, η οποία όμως δεν εκδηλώνεται στο άτομο αυτό· επίσης άτομο που φέρει και μεταδίδει παθογόνους μικροοργανισμούς χωρίς να παρουσιάζει τα συμπτώματα της ασθένειας.

φρουκτόζη (fructose): σάκχαρο των φρούτων· ένα σάκχαρο που περιέχει έξι άτομα άνθρακα στο μόριό του.

Φύκη *(Algae)*: υδρόβια και εδαφόβια αυτότροφα και λιγότερο περίπλοκα στη δομή από τα πράσινα φυτά αλλά περιέχοντα χλωροφύλλη και συχνά αρκετές άλλες φωτοσυνθετικές χρωστικές. Τα περισσότερα φύκη είναι μικροσκοπικά, παρά το ότι υπάρχουν πολύ μεγάλα θαλάσσια φύκη όπως η *Λαμινάριο*.

φυλή (race): φυσικώς παρατηρούμενη φαινοτυπική ποικιλία σε ένα είδος, η οποία διατηρείται λόγω γεωγραφικής απομονώσεως ή άλλων φραγμών αλληλογονιμοποιήσεως.

φύλα (phylum): η δεύτερη μεγαλύτερη μονάδα του συστήματος βιολογικής ταξινομήσεως, αμέσως μετά το βασίλειο.

φυλοσύνδετο χαρακτηριστικό (sex linked trait): χαρακτηριστικό που προσδιορίζεται από γονίδια που φέρονται από το χρωματόσωμα Χ.

φυσική επιλογή (natural selection): η διαδικασία κατά την οποία η φύση ευνοεί την επιβίωση των οργανισμών που είναι καλύτερα προσαρμοσμένοι προς ένα δεδομένο περιβάλλον. Οι οργανισμοί αυτοί είναι πιθανότερο να είναι οι γονείς της επόμενης γενιάς και επομένως να μεταβιβάσουν σε αυτή τα κληρονομικά τους χαρακτηριστικά.

φυτική ορμόνη (plant hormone): κάθε ουσία που προωθεί ή ρυθμίζει την ανάπτυξη στα φυτά.

φυτικός αναστολέας (plant inhibitor): ορμόνη που επιβραδύνει ή αναστέλλει την ανάπτυξη στα φυτά. Οι αναστολείς βρίσκονται σε ενεργό μορφή στους σπόρους προφυλάσσοντάς τους από πρώιμη βλάστηση.

φυτοφάγο (herbivore): καταναλωτής πρώτης βαθμίδας· ζώο που τρέφεται με φυτά ή φύκη.

φωσφορικό (phosphate): ανόργανο άλας σπουδαίο ως θρεπτικό υλικό των οργανισμών· υπό τη μορφή ειδικής ενώσεως, με ειδικούς χημικούς δεσμούς του ατόμου του φωσφόρου προς ένα άτομο υδρογόνου και τρία άτομα οξυγόνου, σχηματίζει τη φωσφορική ομάδα του ATP, της φωσφορικής κρεατίνης και άλλων συστατικών του κυττάρου.

φωσφορογλυκερικό οξύ (phosphoroglyceric acid): ενδιάμεσο προϊόν της ζυμώσεως της γλυκάζης αλλά και της συνθέσεως της γλυκόζης κατά τη φωτοσύνθεση.

φωτός αντιδράσεις (light phase): οι αντιδράσεις κατά τη φωτοσύνθεση που δεσμεύουν ενέργεια από το ηλιακό φως υπό μορφή χημικής ενέργειας σε μόριο ATP και $NADPH_2$.

φωτοσύνθεση (photosynthesis): η διαδικασία κατά την οποία ζωντανά κύτταρα που περιέχουν χλωροφύλλη χρησιμοποιούν ενέργεια φωτός, για να συνθέσουν οργανικές ενώσεις, από ανόργανα υλικά.

φωτοσφαιρυλίωση μη-κυκλική (noncyclic photophosphorylation): κατά τις αντιδράσεις φωτός της φωτοσυνθέσεως, η διαδικασία κατά την οποία σχηματίζεται ATP και $NADPH_2$ με τη χρήση ενέργειας από το ηλιακό φως· χρησιμοποιείται επίσης νερό και αποδίδεται το οξυγόνο του.

F_1: Η πρώτη γενιά απογόνων, ή των αμέσων απογόνων, μιας γονικής διασταυρώσεως (P).

F_2: Η δεύτερη γενιά απογόνων που προέρχεται από τη διασταύρωση μεταξύ μελών της F_1 γενιάς.

FSH, θυλακοτρόπος ορμόνη (FSH, follicle stimulating hormone): ορμόνη που εκκρίνεται από τον αδένα της υποφύσεως στα θηλαστικά· στα θήλεα άτομο επάγει την ανάπτυξη των θυλακίων όπου ωριμάζουν τα ωάρια· στα άρρενα άτομα εμπλέκονται στη ρύθμιση των αναπαραγωγικών λειτουργιών.

FSH-RF, θυλακοτρόπου ορμόνης εκλυτικός παράγοντας (FSH-RF, follicle stimulating hormone releasing factor): ορμόνη που εκκρίνεται από τον υποθάλαμο· η FSH-RF ορμόνη επάγει την έκκριση της FSH ορμόνης από την υπόφυση.

Χ

Χ ακτίνων διάθλαση (X-ray diffraction): η διάθλαση ή «κάμψη» των ακτίνων Χ όταν διέρχονται μέσα από ένα υλικό. Το αποτέλεσμα της διαθλάσεως είναι δυνατό να φωτογραφηθεί και να εξετασθεί προς συλλογή στοιχείων για τη μοριακή δομή του υλικού.

Χ τετραγώνου δοκιμασία (chi-square test): μαθηματική μέθοδος που προσδιορίζει, αν η απόκλιση από προβλεπόμενο πειραματικά αποτελέσματα είναι τυχαία ή είναι σημαντική.

χαρακτηριστικό (trait): χαρακτηριστικό οργανισμού που προσδιορίζεται γενετικά ή περιβαλλοντικά ή και με τους δυο τρόπους.

Χάρντι-Βάινμπεργκ αξίωμα (Hardy-Weinberg principle): αξίωμα προερχόμενο από μοθηματική ανάλυση που παρέχει ένα τρόπο υπολογισμού για την πρόβλεψη των συχνοτήτων των διαφόρων γονιδίων σε ένα γονιδιακό απόθεμα σε μια αλληλουχία γενεών.

Χειλόποδα *(Chilopoda)*: η τάξη των *Αρθροπόδων* που περιλαμβάνει τις σκολόπενδρες.

χημική αντίδραση (chemical reaction): η διαδικασία αλλαγής στους χημικούς δεσμούς.

χημική ένωση (compound): ουσία που σχηματίζεται από δεσμούς μεταξύ ατόμων δύο ή περισσοτέρων στοιχείων.

χημικός δεσμός (chemical bond): δείτε ομοιοπολικός δεσμός και ιοντικός δεσμός.

χιτίνη (chitin): σκληρή οργανική ουσία που εκκρίνεται από τα έντομα και ορισμένα άλλα ασπόνδυλα προς υποστήριξη του εξωσκελετού τους.

χλωροπλάστης (chloroplast): κυτταρική δομή ή πλαστίδιο που περιέχει χλωροφύλλη και τα ένζυμα μεταφοράς ηλεκτρονίων και κύκλου του άνθρακα κατά τη φωτοσύνθεση. Οι χλωραπλάστες παρατηρούνται στους αυτότροφους οργανισμούς που αποτελούνται από ευκαρυωτικά κύτταρα.

χλωροφύλλη (chlorophyll): κόθε μία από τις πολλές και συνήθως πράσινες φωτοσυνθετικές χημικές ενώσεις ή και το σύνολό τους.

Χλωρόφυτα *(Chlorophyta)*: φύλο *Πρωτίστων* που περιλαμβάνει τα πράσινα φύκη.

χολή (bile): έκκριση του ήπατος (συκωτιού) που βοηθά στην πέψη των λιπών, θρούσντας τα μεγάλα σταγονίδια λίπους σε μικρότερα που είναι ευάλωτα από τα ένζυμα.

χοληδόχος πόρος (bile duct): σωληνίσκος από το ήπαρ

(συκώτι) προς τη χοληδόχο κύστη και από εκεί προς το λεπτό έντερο· το τμήμα από τη χοληδόχο κύστη προς το λεπτό έντερο ονομάζεται συνήθως κοινός χοληδόχος πόρος.

χοληστερόλη (cholesterol): οργανική αλκοόλη που έχει σημασία για ορισμένες λειτουργίες του σώματος αλλά θεωρείται και παράγοντας που προκαλεί αρτηριοσκλήρωση.

χονδρίνη (chondrin): πρωτεΐνη που βρίσκεται στους χόνδρους.

χόνδρος (cartilage): ελαστικός συνδετικός ιστός που αποτελεί συνήθως τμήμα του σκελετού ενός οπονδυλωτού.

Χορδωτά *(Chordata)*: φύλο ζώων με βραγχιακές σχισμές σε ένα τουλάχιστον στάδιο της αναπτύξεως και με συνήθως οστέϊνο ή χόνδρινο ερειστικό σύστημα κατά μήκος της ράχης πλησίον της νωτιαίας χορδής. Όλα τα σπονδυλωτά – ψάρια, αμφίβια, ερπετά, πτηνά και θηλαστικά είναι χορδωτά καθώς και ορισμένα άλλα ζώα.

χόριον (chorion): εμβρυονική μεμβράνη που περιβάλλει όλες τις άλλες εμβρυονικές μεμβράνες στα ερπετά, τα πτηνά και τα θηλαστικά.

Χρυσόφυτα *(Chrysophyta)*: φύλο *Πρωτίστων* που περιλαμβάνει τα χρυσίζοντα φαιά φύκη.

χρωματίδη (chromatid): τα τμήματα του διπλασιασμένου ή διπλασιαζόμενου χρωματοσώματος κατά τη διάρκεια της μιτώσεως ή μειώσεως· οι χρωματίδες βρίσκονται ενωμένες με τα κετρομερίδιά τους. Όταν διαχωρισθούν, αποτελούν χρωματοσώματα.

χρωματίνη (chromatin): το χρωματοσωματικό υλικό όπως εμφανίζεται συνήθως στον πυρήνα του κυττάρου, όταν τα χρωματοσώματα δεν είναι διακριτά.

χρωματογραφία χάρτου (paper chromatography): τεχνική κατά την οποία τοποθετείται σε ένα διηθητικό χαρτί μια κηλίδα ενός υλικού και το χαρτί τοποθετείται επάνω από ένα υγρό διαλύτη, με αποτέλεσμα το διαχωρισμό του υλικού στα συστατικά του καθώς αυτά μεταναστεύουν με το διαλύτη σε διαφορετικές αποστάσεις επάνω στο διηθητικό χαρτί.

χρωματογράφημα (chromatogram): Το αποτέλεσμα στο διηθητικό χάρτη μιας δοκιμασίας χρωματογραφίας χάρτου που δείχνει τη θέση και τον αριθμό των κηλίδων των χημικών ουσιών.

χρωματόσωμα (chromosome): νηματοειδής κατασκευή που βρίσκεται στο κέντρο του πυρήνα και περιέχει DNA (γονίδια)· σε λίγους ιούς το κληρονομικό υλικό είναι RNA.

χρωματόσωμα Y (Y-chromosome): το χρωματόσωμα πολλών ζώων που συνδέεται το φύλο των αρρένων ατόμων. Είναι γενικώς μικρότερο από το χρωματόσωμα X και δεν φέρει αλληλόμορφα για πολλά από τα γονίδια του χρωματοσώματος X.

χρωματόσωμα X (X-chromosome): το χρωματόσωμα των ζώων που συνδέεται το φύλο των θηλέων ατόμων ή που σχηματίζει ζεύγος με το χρωματόσωμα Y στα άρρενα άτομα.

χρωματοσωματική ζώνωση (chromosome bandig): η χρήση ειδικών χρωστικών που δημιουργούν εγκάρσιες ταινίες στα χρωματοσώματα. Η μελέτη των ταινιών βοηθά στην αποκάλυψη ελλειπόντων, ανεστραμμένων ή επαναλαμβανομένων τμημάτων χρωματοσωμάτων καθώς και ενδείξεις ανασυνδυασμού (crossing-over).

χρωστική (pigment): έγχρωμη ουσία· ένωση που απορροφά ορισμένα μήκη κύματος ορατού φωτός και αντανακλά άλλα. Παράδειγμα, η χλωροφύλλη που απορροφά ερυθρό και ιώδες φως και αντανακλά το πράσινο.

χυμός (chyme): η παχύρρευστη μάζα τροφής που σχηματίζεται στο στόμαχο.

Hex-A (Hex-A): συντομογραφία για την εξοζαμινιδάση-Α, την «Α» μορφή ενός ενζύμου που δεν παράγεται στην περίπτωση της ασθένειας Τάι-Σαχς.

Ψ

ψευδοπόδιο (pseudopod): όρος αναφερόμενος στην περιγραφή της αμοιβαδοειδούς προβολής ενός κυττάρου ή ενός μονοκυττάρου οργανισμού. Τα ψευδόποδα χρησιμοποιούνται για τη μετακίνηση και την πρόσληψη τροφής ή, όπως στην περίπτωση των λευκών αιμοσφαιρίων του σώματος του ανθρώπου, για την εγκόλπωση βακτηρίων και άλλων ξένων σωματιδίων.

ψυχρόαιμο (cold-blooded): μη προσαρμοσμένο στη ρύθμιση της εσωτερικής θερμοκρασίας του σώματος μέσα σε στενά όρια ανεξαρτήτως της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.

Ω

ωοαγωγός (oviduct): σωλήνας των ζώων που ωοτοκούν, μέσω του οποίου διακινούνται τα ωά από την ωοθήκη στα θηλαστικά· ο ωοαγωγός οδηγεί στη μήτρα.

ωάριο (ovum): γαμετοκύτταρο θηλέων ατόμων.

ωοθήκη (ovary): όργανο των αμφιγονικών φυτών και ζώων όπου παράγονται ή αναπτύσσονται τα ωάρια.

ωοθυλάκιο (ovarian follicle): η δομή της ωοθήκης των θηλαστικών όπου αναπτύσσεται το ωάριο.

ωορρηξία (ovulation): η έκλυση ωαρίου από την ωοθήκη ζώων που παράγουν ωάρια.

ωχρό σωματίδιο (corpus luteum): δομή που εκκρίνει ορμόνες και που βρίσκεται στην ωοθήκη των θηλαστικών· αναπτύσσεται από ωοθυλάκιο, από το οποίο έχει ελευθερωθεί το ωάριο.

Ευρετήριο

Ευρετήριο

Οι αριθμοί που είναι τυπωμένοι με έντονα μαύρα στοιχεία παραπέμπουν στις σελίδες όπου δίνεται ορισμός, όπως π.χ. **216**. Υπογραμμισμένοι αριθμοί παραπέμπουν στο τμήμα του βιβλίου πειράματα, όπως π.χ. 732. Αριθμοί που ακολουθούνται από αστερίσκο, παραπέμπουν σε σελίδες όπου υπάρχουν φωτογραφίες, όπως π.χ. 158*.

Α

Άβερυ, Όσβαλντ 156, 157, 601
Α-Β-Ο ομάδες αίματος 288, 291, 324
  ανακάλυψή τους, 341
  κατανομή τους, 354*, 355
  κληρονομικότητά τους, 632-633
Αγγείο αιμοφόρο (βλέπε κυκλοφορικά συστήματα), λύμφης **382**, 416, ξυλώματος 367, 369*
Αγγελιοφόρο RNA 173-**174**, 175, 176, 178*-179, 192
Αγελάδα, βελτίωση 333-334*
Αγελάδα τύπου Άγιας Γερτρούδης 333, 334*
Αγενής αναπαραγωγή **219***, 220*, 224
Αγριόρνιθα 434*-435
Αδενίνη 105, 154, 155
  στην ATP, 693
  στο DNA, 154, 155*
  δομή της 104*, 693*
Αδρεναλίνη **439**, 449, 450
  και γλυκόζη αίματος, 440
  παραγόμενη από νεύρα επιταχυντές 733
Αδρογόνο **240**
Αέρα αναπνοής
  δομές για αναπνοή 389-394*
  βλέπε επίσης Αναπνοή
Αέρα ρυπαντές 392-393
Αέρας, βλέπε Ατμόσφαιρα
Αερίων αντολλαγή
  σε πολυκύτταρους οργανισμούς 387-395
  βλέπε επίσης Αναπνοή
Αερόβια βακτήρια 29
Αετός 452
Άζωτο 75, 78, 79, 80*
Αζώτου κύκλος 553, 555*
Αζωτούχα άχρηστα υλικά 424
Αιθαλομίχλη 392
  βλέπε επίσης Ρύπανση
Αιλουροειδή 23,24*
Αίμα
  Α-Β-Ο ομάδες αίματος, 288, 291, 324, 341, 354*, 355, 632-633
  θρομβώσεις μηχανισμοί, 282
  κυκλοφορίας ανακάλυψη, 719-720
  και ανταλλαγή υγρών, 382
  επίπεδο γλυκόζης, 439-441, 442*
  σύσταση 381-382
  επίπεδο γλυκόζης, 439-441, 442*
  σύσταση 381-382
  M-N ομάδες αίματος 324
  διήθηση από νεφρώνα 428-429
  pH 428-429
  και κορδιά 376*, 377*, 378, 721
  παράγοντας Rh, κατά την κυκλοφορία, 311
  ως υγρό κυκλοφορίας, 381-382, 395, 396*, 397, 398*
  συγκέντρωση νερού στο αίμα 450*
  βλέπε επίσης κυκλοφορίας Συστήματα και μεταφοράς Συστήματα
Αίματος κύτταρα
  κυτταρική μεμβράνη του 110*
  αιμοπετάλια **382**
  ερυθρά 111, 355*, **381***, 724
  δρεπανοειδή 355*-356
  λευκά 264*, 381*
Αίματος ομάδες
  Α-Β-Ο 288, 291, 324, 341, 354*, 355, 632-633
  κατανομή τους, 354*, 355
  M-N 324
  παράγοντας **Rh**, 311, 324
Αίματος πίεση 380, 386
Αίμη **102**
Αιμοδιαπήδηση 430*-431
Αιμοερυθρίνη 721
Αιμοκυανίνη 721
Αιμοπετάλια 382
Αιμοσφαιρίνη **381***, 395, 396*, 399, 721
  βλέπε επίσης Ερυθρά αιμοσφαίρια
Αιμοσφαιρίνη S **641**
  βλέπε επίσης Δρεπανοκυτταρική αναιμία
Αιμοφιλία 271, 299
  κατανομή σε βασιλική οικογένεια 298*, 299*, 300
Αιμοφόρα αγγεία 374
  αρτηρίες, 378*, 380
  τριχοειδή, 378*, 379*, **648-650**
  δομή τους, 378*-380
  φλέβες 378*, 380
  βλέπε επίσης Κυκλοφορικό Σύστημα
Αϊνστάιν, Αλβέρτος 5
Αισθητικοί υποδοχείς **453***, 487
Ακετυλοχολίνη **462**, 733
Άκρα πρόσθια, αστά τους 474*
Ακρίδα
  κυκλοφορικό σύστημα, 374, 375*
  απεκκριτικό σύστημα, 423*-424
  νευρική χορδή 459*
  αναπνευστικό σύστημα 390*

ποικιλότητα μήκους μηρού 578
Ακτίνη **485**, 486*, 490
Ακτινοβολία 81, 116*, 687
βιολογικές επιπτώσεις 320-322
επιπτώσεις σε μικροοργανισμούς 695-697
γενετικές επιπτώσεις, 327
μεταλλάξεως επαγωγή, 317-320, 338
ηλιακή **695-697**
Ακτινοβολίας φάσμα 116*
Ακτινοθεραπεία 320
Αλανίνη
κωδικός της, στο DNA 174*
κωδικός της, στο RNA 174*
χημικός τύπος της 88*, 688*
Αλάτι, επιτραπέζιο 430
Αλδοστερόνη 449
Αλκοόλη, σε ζύμωση 106*, 695
Αλλαντοΐδα **231**
Αλλέ, Βάρντερ, Κ., 524
Αλληλόμορφο **278**, 283, 284, 294, 298, 300, 326, 327
στις Α-Β-Ο ομάδες αίματος, 288-289
πολλαπλά, **288**-290
στην Τάι-Σαξ ασθένεια 288-289, 309
Άλογο εξέλιξη 52*
Άλφα κύματα 461
Αλφισμός **630**
Αλχημιστές 10,12
Αμερικανοϊνδοί 356
Αμινοξέα, **85**, 86, 413
απαραίτητα 689
και εξελικτική «απόσταση», 351
γενετικός κώδικάς τους 705
στο σχηματισμό πολυπεπτιδίων και πρωτεϊνών 86, 176-177, 178*-179*
αλληλουχία των στην φερροδοξίνη και κυττόχρωμα C, 690-691
χημικοί τύποι τους 688*-689*
Αμμωνία 77, 82*, 92, 424
Αμνιοκέντηση **311***, 313
Άμνιον 231
Αμοιβάδα 36*, 37*, 91*, 202*
κυτταρικά χαρακτηριστικά της 28*
κατάταξή της 25,26
πέψη 404
AMP (αδενοσίνη μονοφωσφορική), χημικός τύπος της 693*
Αμυλάση **410**, 411, 415
«ζωικό» 97
πέψη, 410-411, 655, 657
φυτών 657-658
βλέπε επίσης Υδατάνθρακες
Αμφίβια 44*
αναπαραγωγή τους, 229
ρύθμιση θερμοκρασίας 722-723
Αμφιβληστροειδής 668
Αναγέννηση **262**, 264
στα πλανάρια 627-628
βλέπε επίσης Ανάπτυξη
Αναδιασταύρωση 286, 290
Αναδράσεως συστήματα και σωματική ρύθμιση **236**, 237*, 444, 447*, 450*
Αναερόβια βακτήρια 29
στη φωτοσύνθεση 116-117
Ανακλαστική συμπεριφορά 738
Ανακλαστικό τόξο **466***, 467*
Ανακύκλωση 30, 71, 553, 554
βλέπε επίσης Οικοσύστημα
Αναπαραγωγή
αγενής, **219***-220
βασικές λειτουργίες της, 219-225
κύτταρα, 203*-204
σε πληθυσμούς υπό συνωστισμό, 540
σε ανθοφόρα φυτά 226-228, 616-617
σε πολυκύτταρους οργανισμούς 216
σε πλακουντοφόρα θηλαστικά 233-240
εγγενής **189**, 192, 220-222, 240
Αναπαραγωγικό σύστημα
βατράχου 617-620
ανθρώπου 233*, 234*-239
Αναπνευστικά συστήματα
ιχθύων 388-389*
ακρίδων 390*, 391
ανθρώπων 391*-393
κατανάλωση οξυγόνου 650-654
Αναπνευστική άλυσσος **143**, 704*-705
Αναπνοή 390, 391, 392
έλεγχος από εγκέφαλο 733
έλεγχός της, 724-725
βραγχιακή αναπνοή, 388, 389*
μηχανισμοί του πνεύμονα 724
Ανάπτυξη **245**, 622-629
ζώων 250-255
στάδια βλαστιδίου **252**-254
κοτόπουλου 624-626
αυλάκωση 250-255
πρωταρχικές απόψεις 250
εμβρυονική 256*, 257*
εμβρυονική επαγωγή **259**-260, 265
επιγένεση **250**
στάδιο γαστριδίου **252**-254
φυτών 245-249
προσχηματισμός **250**, 256
αναγέννηση **262**, 264
επίδραση περιβάλλοντος 271-273
ποικιλότητα 262-264
Ανασταλείς, βλέπε Ορμόνες
Αναστροφή ατμοσφαιρική 392-393
Ανασυνδυασμός DNA **189***-**190**, 191, 192, 358
Ανασυνδυασμός χρωματοσωμάτων **303**, 305*
Ανάφαση **204**, 205*, 207*
βλέπε επίσης Μίτωση
Ανεξάρτητου συνδυασμού αρχή 287, 290
Ανθήρας **226**
Ανθοφόρα φυτά
κατάταξή τους 40*
ποικιλότητα περιβάλλοντος αναπτύξεώς τους 227*
αναπαραγωγικά όργανα 225*, 616*
εξάπλωση σπόρων 227-228*
εγγενής αναπαραγωγή 226-228, 616, 617
Άνθρακα διαβρομή, στην αναπνοή **140**, 142*, 146
Άνθρακα κύκλος 553
σε οικοσύστημα 553
στη φωτοσύνθεση 124-126, 125*, 126*, 129, 699-700
Άνθρακας 78, 79, 80*
βλέπε επίσης Οργανικές ενώσεις
Άνθρωποι 340*
συμπεριφορά τους 513-514
κατάταξή τους 25, 45*
πεπτικό τους σύστημα 408*-417
πρώιμες ενδείξεις 343-344
οικοσύστημα 541-544, 547-552, 556*-557*, 558-559
εμβρυονική ανάπτυξη 238*-239*
ενδοκρινικά τους σύστημα 439-445, 447-450
εξέλιξή τους 341-353
απεκκριτικά τους σύστημα 425-426*, 427-429
θήλυ αναπαραγωγικό σύστημα 234*-235
γονιμοποιημένο ωάριο 253*
απολιθώματα 343, 344*, 345, 346, 347*, 348, 350*, 351*
μέλλον 357-358
τρόπος ζωής 556-558
άρρεν αναπαραγωγικό σύστημα 233*-234
νευρικό τους σύστημα 464-465, 730-731
μη-διαχωρισμός χρωματοσωμάτων 302, 306*, 307, 308-309
πληθυσμιακή ανάπτυξη 542*-544
ακτινοβολίας ευαισθησία 321
αναπνευστικό τους σύστημα 391*, 393
φυλοσύνδετα χαρακτηριστικά 298-300
σκελετικό και μυικό σύστημα 475*-476, 481-492
δέρμα 477*
ζωτικού χώρου συμπεριφορά 528-530
κυκλοφορικό σύστημα 376-380
ποικιλότητα μεταξύ των ανθρώ-

πων 356-357*
βλέπε επίσης Πληθυσμοί
Άνθρωπος ο έμφρων 350, 351, 352, 358, 359
Άνθρωπος ο ορθός 344, 345, 347*, 348, 352, 359
Άνκου πρόβατα 284*
Αννελίδες 41*
Ανόργανα άλατα 101, 144
στα οστά 476
στα ένζυμα αναπνοής 144
Ανοσοποιητικό σύστημα 261
Αντιβιοτικά
αντίσταση βακτηρίων 604-605
Αντιδράσεις σκότους
στη φωτοσύνθεση 122, 123, 124-125*, 130*, 135
βλέπε επίσης Φωτοσύνθεση
Αντιδράσεις φωτός φωτοσυνθέσεως 123, **127**-135, 130*, 135
Αντισώματα 381
Αορτή 376*, 377*, **378**
Απαραίτητα αμινοξέα 689
Απέκκριση
ζώων 423
βλέπε επίσης Απεκκριτικά συστήματα
φυτών 421
πρωτίστων 421
αχρήστων αζωτούχων υλικών 424
Απεκκριτικά συστήματα
τεχνητός νεφρός, 430-431
γεωσκώληκα 659-661
ιχθύος 425
ακρίδας 423*
ανθρώπου 425, 426*, 427-429
πλανάρια 422*, 423
Αποδομούμενο
διοαποδομούμενο **552**
φυσικώς αποδομούμενο **552**
Αποθέσεως ωών συμπεριφορά
υδροβίων ζώων 229
βατράχων 617
Απολιθώματα 46*
Αυστραλοπιθήκου, 345*, 346, 347
βακτηριόμορφα 73*, 74
κυττάρων, 68*
Κρο-Μανιόν ανθρώπων, 351*
ανακάλυψη 352-353
πρωτογόνων ανθρωπίνων όντων 343, 344*, 347*
ενδείξεις για φωτοσύνθεση 132
σχηματισμός τους, 50*
Νεάντερνταλ ανθρώπων 350*
ριζικών συστημάτων 717*
καταχώρηση μελετών τους 60
Απομόνωση 339
ανθρωπίνων πληθυσμών 354-356
και νέες ποικιλίες 331
καταγωγή νέων ειδών 335*, 336*-339
Αποστείρωση 71
Αποσυνθέτες **553**
Αραβόσιτος
υβρίδιά του, 333
επιλεκτική αναπαραγωγή 270
ώριμο φυτό 8*
νεαρό φυτό 246*
Αράχνες, κατάταξή τους 49*
βλέπε επίσης *Αραχνίδια*
Αραχνίδια 18*, 43*, 48*, 739*
Αργινίνη
σύνθεσή της 183*, 184
Αρθρόποδα 42*-43*
βλέπε επίσης *Αραχνίδια*, Καρκινοειδή, Έντομα
Αριστοτέλης 23
Αρκούδα, Αλάσκας φαιή 400*, 516*
Αρμαδίλλος 56*
Άρνου, Δανιήλ 128
Αρτηρίες
λειτουργία τους 380
δομή τους 378*-380
Αρχή ανεξάρτητου συνδυασμού **287**
Αρχή διαχωρισμού **278**
Αρχιμήδης 7
Ασβέστιο, και μυική συστολή 485, 492, 493
Ασθένειες
κληρονομικές 271, 288-289, 298*-299*, 300, 327, 357
και έντομα 529
παραλυτικές 483
Άσκηση, και μυικές ίνες 491
Ασπόνδυλα
βλέπε κάτω από τα ονόματα ειδών.
Αστερίας, ανάπτυξή του 252*
Αστροναύτες 11*
Ατδάκερ, Τάνυα 55
Ατμόσφαιρα
αρχική 75, 77-84, 92, 148*
οξυγόνο 134
όζοντος στρώμα 137
Άτομα **78**
συγκρότηση ατόμων 80-81
σε μόρια 81-83
Ατομική θεωρία **78**
ATP (αδενοσίνη τριφωσφορική) **103**, 109, 113, 145
ως νουκλεοτίδιο αδενίνης, 155
στον κύκλο άνθρακα, 129
ως πηγή ενέργειας, 105
από ζύμωση, 138-140
σχηματισμός της, 128-129
στη μυική συστολή 488-492-493
από αναπνοή, 138*-140, 144*
χημικός τύπος της 693-694
Αυλάκωση 250-251, 253*
Αύξηση 245-246, 628
αναστολείς της στα φυτά 728
τύποι 628-629
βλέπε επίσης Ανάπτυξη
Αυξητική ορμόνη 449
Αυξίνες **437**, 451
Αυστραλοειδείς 356
Αυστραλοπίθηκος 345*, 346*, 352, 359
Αυτογονιμοποίηση **276**-277
Αυτοκίνητα
ρύπανση 392-393, 559*
«Αυτόματη» γέννηση 69-71, 74, 92
Αυτόνομο νευρικό σύστημα 468, 730-731
Αυτοσώματα **295**
Αυτότροφα **30**, 31*, 33, 76
πράσινα φυτά 39*-40*, 118-134, 363-370
στην τροφική πυραμίδα 545*, 546
μονήρη 36*, 116-117, 214-215
και ηλιακή ενέργεια 115-117
Αφής, αίσθηση 667-668
Αχινός 43*, 256
Άχρηστα υλικά
σε οικοσυστήματα 548*-549*
πολυκυττάρων οργανισμών 214
αζωτούχα 420, 424
βλέπε επίσης Απεκκριτικά συστήματα
Αχρωματοψία 298
ACTH (αδρεναλινοκορτικοτροπίνη) 448
ADH (αντιδιουρητική ορμόνη) 450*
ADP (αδενοσίνη διφωσφορική), χημικός τύπος της 693*

Β

Βάκιλλοι 28*, 36*
Βακτήρια 28*, 36*
αερόβια και αναερόβια, 29
κυτταρική διαίρεση, 203
κύτταρα, 28
και DNA, 599-602
E. coli 29*
απολιθωμένα, 73*
απομόνωση μεταλλαγμένων κλώνων 602-605
μεταλλάξεις 181*, 182
νουκλεϊνικά οξέα τους 167
καταγωγή τους 583-584
φωτοσύνθεση 116-117*, 123*
εγγενής αναπαραγωγή 188-189
εξωτερική μορφολογία τους 36*
ιοί αναπαραγόμενοι σε βακτήρια 158-159
Βακτηριοφάγοι **158**-159
Βαλίνη 174*, 688*
Βαν Νηλ, Χ.Β., 122, 123, 126
Βαν Χέλμοντ, Ι.Β., 119
Βαρύτητας έλλειψη 11*

Βαρύτητα, επίδραση στα φυτά 676-678
Βάσεις 83
και ρύθμιση αναπνοής, 725
χαρακτηριστικά τους, 584-585
βλέπε επίσης pH
Βάτραχοι
και απόθεση ωών 617-621
εμβρυονική ανάπτυξή τους, 253*, 254*
εξέλιξη διαφόρων ειδών, 337*
Βελανιδιά, κατάταξη 25
Βελτίωση, γενεαλογικά δένδρα 370
Βεσσάλιους 728
Βηματοδότης 377
Βιοαλληλορύθμιση παλινδρομή 461
Βιοαποδομούμενα προϊόντα 552
«Βιολογικά ωρολόγια» 238
«Βιολογική έκρηξη» 138
Βιομόζα **544**
Βιόρρυθμοι 512-513
Βιότοπος 679
Βίρχωβ, Ρ., 198
Βιταμίνες 101, 144
Βλάστηση 247, 630
Βλαστίδιο **252**, 253*, 254*, 258*
Βλαστάπορος 258*
Βλεφαρίδες 37*, 209*
Βλεφαριδοφόρα 37*
Βάλβωξ, αποικία 210*-211
Βορτιτσέλλα 21
Βοτανικοί 32-33
Βοτουλισμός 414
Βράγχια **388**, 389*, 399, 431
Βρογχοκήλη 443*, 451
βλέπε επίσης θυρεοειδής αδένας
Βρυόφυλλον, αγγενής πολλαπλασιασμός του 219*
Βρυόφυτα 39*, 323, 224*

Γ

Γάγγλια **459**, 466, 730
Γαλακτικά οξύ
ζύμωση γλυκόζης 695
και μυική συστολή 488, 489
Γαλακτοφόροι αδένες 231, 239
Γαμέτες 220
υδροβίων οργανισμών 229
ανθοφόρων φυτών 226
εσωτερική γονιμοποίησή τους 236
διαχωρισμός γενετικών παραγόντων 278
βλέπε επίσης Ωά, Γονιμοποίηση, Μείωση, Σπερματοζωάρια
Γαστρίδιο **252**-254
Γαστρικό υγρό 727-728
Γαστρίνη 411
Γενιά
πρώτη και δεύτερη θυγατρική 277
ετερόζυγη 285*
γονική **277**
Γενεαλογικό δένδρο **270**
Γενιές F_1 και F_2 277
Γενετική **60**, 161, 269, 275
συνεπικράτηση 284, **285***
ανασυνδυασμός **303**, 305*
επικράτηση 277, 288-289, 711
ανθρώπου 273*, 274*, 288*-289, 296*, 306*-312, 341-342, 344-356, 632-633, 639-643
Μενδελική 275, 283, 287, 634-636, 711
πολλαπλών αλληλομόρφων 288-289
μεταλλάξεων **180**, 183-184, 186, 315-322
μη-διαχωρισμού 301-**302**
πληθυσμιακή **324**-327, 328-332, 713-715
και πιθανότητες 279-284, 287*, 712
υπολειπομένων χαρακτηριστικών 277, 288-289, 711
επιλεκτικής αναπαραγωγής 269-271, 333*, 334*
φυλοσυνδέτων χαρακτηριστικών **296**-297*, 298*-299*, 301*
θεωρία Σάττον 294, 303, 712-713
αναδιασταυρώσεως 286
ποικιλότητα 322, **578**, 614-644
βλέπε επίσης Χρωματοσώματα, DNA, Γονίδια
Γενετικός κώδικας, Κληρονομικότητα
Γενετική απομόνωση 330*, 336*, 377*
Γενετική μηχανική **358**
Γενετική πλημμύρα 356, 358
Γενετική συμβουλή 288*-289, 309*, 327
για Τάι-Σαξ ασθένεια 288*-289
για χρωματοσωματικές αλλοιώσεις 309*
Γενετικές ασθένειες 288-289, 298*-299*, 300, 327, 714-715
Γενετικοί χάρτες 304, 305*, 310*, 313
Γενετικός κώδικας 173, 177, 602-609
αμινοξέων 705
ανακάλυψή του 175-176
παραγωγή πολυπεπτιδίων 178*-179*
για «έναρξη ή τέλος μηνύματος» 180
Γέννηση 238-239
Γένος 23
Γεύση, χημικοί υποδοχείς 670-671
Γεωλόγοι 19, 23
Γεωσκώληκας
πεπτικό του σύστημα 405*
απεκκριτικό του σύστημα 659, 660*, 661
συμπεριφορά προσλήψεως τροφής 614-615
κυκλοφορικό του σύστημα 374-375*
Γεωτροπισμός 501*
Γη
ηλικία της 74, 92
εξέλιξή της 74-75
Ιστορία της περιληπτικά 76*
Γιούκα φυτό, κατάταξή του 48*
Γκαίυ - Λουσσάκ, Ι.Λ. 106
Γκαλαπάγκος Νήσοι
Δαρβίνου επίσκεψή τους 56-57*
σπίνοι 61*-62, 71, 329*
Γκόλτζι 200*, 709*
Γκουντόλ 348, 533
Γκράνα 128*
Γκρην Τζ. 32-33
Γλυκαγόνη **439**, 440, 449, 450
Γλυκερόλη 97, 692*
Γλυκίνη 88
κώδικας DNA 174*
κώδικας RNA 174*
Γλυκογόνο **97**, 402, 417
Γλυκόζη 411
στο αίμα 439-441, 442*
διάχυση 110
ζύμωση 106*, 107, 108*, 109, 113, 694*-695
και μυική συστολή 488, 489*
και φωτοσύνθεση 121, 126, 139
ως πηγή ενέργειας 97*
απόδοση ATP 138*, 140
Γλυπτόδων 56
Γονάτου αντανακλαστικό 466
Γονίδια **180**, **269**, 634-636
τεχνητά 189-192
διάχυση 285
ανταλλαγή, σε βακτήρια 187-188
συνδεδεμένα **300**
μεταλλάξεις τους **180**, 183-184, 186, 315-322
νέοι συνδυασμοί 186-187
πολυπεπτιδίων παραγωγή 183
και πληθυσμοί 323-328
φυλοσύνδετα 297*, 301*
και ανασυνδυασμός DNA 189*-192, 358
Γονιδίων απόθεμα **324**, 338, 358
και Χάρντυ - Βάινμπεργκ αρχή 324-327
απομόνωση 332
μεταλλάξεις 328
και μετανάστευση 329
επιλογή 328
και νέα είδη 335*, 336*, 337-339
Γονιδίων συχνότητας χάρτες 354*, 355
Γονιδίων - χρωματοσωμάτων θεωρία κληρονομικότητας 294-295, 301, 302

Γονική διασταύρωση 277
Γονιμοποίηση **221**, 224
εξωτερική 229, 618-619
μπιζελιών 276*
ανωτέρων ζώων 232
εσωτερική 230, 241
βλέπε επίσης Αναπαραγωγή
Γονιμοποίηση **226**
από έντομα 710-711
Γονότυπος **278**
Γουανίνη 154, 155*
Γραμμωτός μυς **479**, 481*, 482*, 483*
συστολή 483-486
κόπωση 488-490
Γυρεόκοκκος 202*, 226, 616

Δ

Δαρβίνος, Έρασμος 53
Δαρβίνος, Κάρολος 47, 53, 55, 64, 198, 269
επιχειρήματα υπέρ 71-72
ταξίδι του «Μπιγκλ» 56-57*
πειράματα με διατροφή περιστεριών 71
θεωρία φυσικής επιλογής 58-59, 60
Δαρβίνου σπίνοι 61*-62
κατανομή τους 329*
απομόνωσή τους 330-331
Δάφνια, καρδιακός παλμός 647-648
Δεδομένα 5, 12
Δείκτης 570
Δεινόσαυρος 46*, 72*, 474*
Δένδρα
ετήσιοι δακτύλιοι 249*
λεύκα 32*-33
κάμβιο **248**, **367**, 369*
κωνοφόρα 39*
αειθαλή 39*
μεταφοράς συστήματα 368*, 369*
βελανιδιά, κατάταξή της 25*
Δενδρίτες νευρώνων 454*, **455***, 457*, 460, 462
Δέρμα, ανατομία του 477*
Δερμίδα **477***
Δεσοξυριβοζονουκλεϊνικό οξύ βλέπε DNA
Δεοξυριβόζη 153*, 154, 155
Δευτερεύοντα χαρακτηριστικά φύλου
στα κατόπουλα 665-666
στις πάπιες 241*
στους ανθρώπους 240
στα λιοντάρια 436
Δεύτερης βαθμίδας καταναλωτής 546
Διαβήτης
βλέπε επίσης Ινσουλίνη
Διάδρωση 71
Διαιτολόγια 561
αμνιοξέα 689
ελλείψεις και ανάπτυξη ευφυίας στον άνθρωπο 342
ποικιλότητα στους πληθυσμούς 539
επιμήκυνση ανθρώπινης ζωής 357
Διαπήδηση 430-431, 589-590, 655-657
Διασταύρωση, γενετική
γονική 277
αναδιασταύρωση 286
Διατροφή
και επιβίωση είδους 357
βλέπε επίσης Τροφή, Διαιτολόγιο
Διαφοροποίηση κυτταρική **316**, 246, 260, 265
Διάφραγμα, στην αναπνοή **391***
Διάχυση **109**-112, 589-590, 655-657
Διαχωρισμού αρχή **278**
Δίδυμοι
μονοωογενείς και διωογενείς **273-274**
και κληρονομικότητα ως προς περιβάλλον 274
Δικαρβονικό οξύ στην κυκλοφορία αίματος 397, 398*
Δικοτυλήδονα 247*, 248*
Διωογενή δίδυμα 273
Διοξείδιο άνθρακα
στην κυκλοφορία αίματος 397, 398*
έλεγχος εισπνοής 724-725
απέκκρισή του 424
στο απεκκριτικό σύστημα 420
στη ζύμωση 106*
και αναπνοή ανθρώπου 652-654
και οργανικές ενώσεις 124
στη φωτοσύνθεση 120, 126
στα ερυθρά αιμοσφαίρια 724
Διπλής έλικας πρότυπο του DNA **162***
Διπλοειδικός αριθμός χρωματοσωμάτων
στην εξέλιξη 223
στα ανθοφόρα φυτά 225*, 228
και μίτωση, βλέπε Μίτωση
βρυοφύτων 244
Διπλόποδα 43*
«Δοκιμαστικού σωλήνα μωρά» 261
Δοκιμή - και - λάθος διδαχή 11-12, 503*-504
Δρεπανοκυτταρική αναιμία 355*-356, 639-641
Δροσόφιλλα
ζεύγη χρωματοσωμάτων της 295*
πειράματα με *Δροσόφιλλα* 272, 297
γιγαντιαία χρωματοσώματά της 304, 306*
μεταλλάξεις της 315-316*, 317-318
μη-διαχωρισμός χρωματοσωμάτων της **301**, 302*
πειράματα ακτινοβολίας της 319*
φυλοσύνδετα γονίδιά της 296, 297*, 300, 301*
Δρυοπίθηκος 344
Δυφρακτοειδές παρέγχυμα 127*, 366*
DNA (δεσοζυριβοζονουκλεϊνικό οξύ) 153, **154**
και έλεγχος κυτταρικών λειτουργιών 158-159, 176-177, 178*-179*
και χρωματοσώματα 185-186*
κώδικας 173-174, 175
διαφορές μεταξύ ειδών, δοκιμασίες 350*
πρότυπο διπλής έλικας **162***
αξιόπιστος διπλασιασμός του 165*, 166*, 167
σύνθεση στο εργαστήριο 155, 175
μοριακό πρότυπο 160-167
νουκλεοτίδια 154-155*
του βακτηρίου πνευμονιόκοκκος 599-602
στη σύνθεση πολυπεπτιδίων 178*-179
ανασυνδυασμός του 189*, 193, 358
επίλυση της δομής του 160-164, 167
ιών 168
πρότυπο Ουάτσον και Κρικ 162-163, 164, 167, 204
φωτογραφία διαθλάσεως ακτίνων Χ 160*

Ε

Εγγενής αναπαραγωγή 188-**189**, 192, **220**-222, 240
σε ζώα 229-233
σε βακτήρια 188*-189
σε ανθοφόρα φυτά 226-228
βλέπε επίσης Αναπαραγωγικά συστήματα
Εγκέφαλος **459**, **464**, 468
έλεγχος αναπνοής 733
λειτουργικές περιοχές του, 465*
και εξέλιξη ανθρώπου, 344, 348, 734
ανακλαστικές λειτουργίες, 734-735
βλέπε επίσης Κεντρικό νευρικό σύστημα
Έδρα 406

βλέπε επίσης Απεκκριτικά συστήματα
Εθισμός **506**
βλέπε επίσης Συμπεριφορά
Εθνικό Ινστιτούτο Υγείας Παιδιού και Αναπτύξεως Ανθρώπου 312
Εθνικό Κέντρο Τοξικολογικών Ερευνών 320, 321
Εθνοαρχαιολογία 352
Είδος **25,** 331
εξέλιξη νέων ειδών 51, 52*, 56, 57, 59, 60, 181, 334, 335*, 336*, 337, 338
υποείδη 331-332
ποικιλότητα 58, 578-580
βλέπε επίσης κάτω από το όνομα ειδών
Εκατοντάποδα 43*
Εκκριτίνη 412
Εκλυτικοί παράγοντες (RF) **236,** 444, 447, 448
Εκτείνων μυς 482
Εκτόδερμα **254**-255*
Ελεγχόμενο πείραμα **10**
δοκιμασία-μάρτυρας **10,** 587, 597, 595
πειραματική δοκιμασία **10**
Έλικα διπλή
βλέπε Διπλής έλικας πρότυπο του DNA
Έλκη, ανωτέρου εντέρου 413
Εμβολιασμός, και αναπαραγωγή φυτών 190
Έμβρυο 240
στάδιο βλαστιδίου του **252,** 253*, 254*
αυλάκωσή του **251,** 253*
κοτόπουλου 624-626
πειράματα Ντρις 256, 257*
αρχική ανάπτυξή του 251, 252*, 253*, 254*
ισημερινός του 258
batράχου 253*, 254*
σύντηξη, σε ποντίκια 261
στάδιο γαστριδίου **252,** 253*, 254*
ανθρώπου 238*, 239*
θηλαστικού 238
φυτού 248
πειράματα Ρου 255-256*
πειράματα Σπέμαν 257-258*
σπονδυλωτών 255*
Εμβρυονική επαγωγή 259-260, 265
Έμλεν, Ι. 540
Εμμήνων κύκλος **234,** 237*
βλέπε επίσης Αναπαραγωγή
Ένγκελμαν Θ. 131
Ενδογενής (ενστικτώδης) συμπεριφορά 501-502*, 510-511, 738-740
στην οργάνωση πληθυσμών 518
στην κοινωνία μελισσών 521-522
βλέπε επίσης Συμπεριφορά
Ενδόδερμα **254**-255
Ενδοκρινείς αδένες **438***, 449*
επινεφρίδια 438*, **439,** 447-448 και συμπεριφορά 509
ορμόνες εκκρινόμενες 449*
πάγκρεας 438*, 440*-441
παραθυρεοειδείς 438*
υπόφυση 236*, 241, 438*, 446*-448, 449*, 451
θυρεοειδής 213, 438*, 442*, 443*-447, 728-729
βλέπε επίσης Ωοθήκες και Όρχεις
Ενδοκρινικό σύστημα 438-450, 661-666
Ενδοπλασματικό δίκτυο 200*, 709*
Ενδοσκελετοί 471, 472*, 483
βλέπε επίσης Σκελετικό σύστημα
Ενέργεια
ενεργοποιήσεως σε χημικές αντιδράσεις **99**-100, 102, 104
ATP **103,** 104*, 105
και κυτταρική αναπνοή **139,** 142, 143, 144*, 704*, 705
χημική 96, 109
χημική δεσμών 98-100
ζυμώσεις 107-109, 695
Νόμος διατηρήσεώς της 687
οργανικές ενώσεις ως πηγές ενέργειας 97
πηγές της στη γη 84, 687
ροή της στα έμβια όντα 139*
φάσμα της 116*, 695-697
ηλιακού φωτός 31, 115-117, 118, 122, 695-697
χρήση της από τα κύτταρα 103*-105
Ενεργός μεταφορά 111-**112**
Ένζυμα **101,** 101*-102*, 109, 112-113
πέψεως λιπών 413*, 414
σχηματισμός τους 167, 183, 184, 185, 186, 192
γενετικός έλεγχος παραγωγής τους 183*-184
του κύκλου Κρεμπ **146**
μιτοχονδρίων 146
πρωτεϊνικής πέψεως 411, 412, 413*
αναπνευστικής αλύσσου 143, 704-705
πέψεως αμύλου 410-411, 413*
διταμίνες και ανόργανα άλατα 143-144, 705
ζύμης 106
βλέπε επίσης κάτω από τα ονόματά τους
Ενζυματικά συστήματα 186, 187
Ένστικτα **739**
βλέπε επίσης Συμπεριφορά
Ενστικτώδη συμπεριφορά, βλέπε Ενδογενής συμπεριφορά
Έντερο
πτηνού 407*
πλατυέλμινθα 405*
ακρίδας 423*
γεωσκώληκα 450*
ανθρώπου 408*
Έντομα 42*
εγκέφαλός τους 459*
κατάταξή τους 21*, 42*
επικοινωνία μεταξύ τους 531*-532*
εξωσκελετοί **471,** 483
νευρικό τους σύστημα 459*
επικονίαση 710-711
αναπνευστικό σύστημα 390*
κοινωνικά 521-522
κυκλοφορικό σύστημα 374-375*
βλέπε επίσης κάτω από τα ονόματα ειδών
Εντομοκτόνο 529, 550
Εντύπωμα 505
βλέπε επίσης Συμπεριφορά
Ενυδρίδες ποτάμιες 386*
Ενώσεις **78, 84**-85, 95
βλέπε επίσης Οργανικές ενώσεις
Εξάρτηση 506
βλέπε επίσης Συμπεριφορά
Εξέλιξη 9, 47-64
προσαρμογή και φυσική επιλογή **62**-63, 499
και συμπεριφορά 499, 512-514, 523
βιοχημικές ενδείξεις 48, 348, 350*
χημική 75, 76
Δαρβίνου θεωρία φυσικής επιλογής 58-59
και διπλοειδικό στάδιο 223-224
ενδείξεις από την αναπαραγωγή οικόσιτων ζώων 58
γης 74-75
ενδείξεις από απολιθώματα 46*, 48-50, 51, 52*, 56
ενδείξεις από σπίνους Γκαλαπάγκος 61*, 62
Ερπετών Χρυσή Εποχή 72*
αλόγων 52*
ανθρωπίνων όντων 341-351
Λαμάρκ θεωρία χρήσεως και αχρηστίας 53-55
καταγωγή ζωής και υπόθεση ετεροτρόφων 73, 75-**76,** 77
μυικών κυττάρων 479
μεταλλάξεις και άλλοι παράγοντες 328-332, 334, 335*, 336*, 337-339
και φυσική επιλογή **59,** 60, 62-64, 223, 580-582
θυρεοειδούς αδένα 445*-477
Ουάλλας, θεωρία φυσικής επιλογής 60

Εξωκυτταρική πέψη 402
Εξωσκελετοί **471**, 472*, 483
Επαγωγή εμβρυονική **259**-260, 265
Επιγένεση **250**
Επιγλωτίδα **409***
Επιδερμίδα **476**, 477*
Επιθετικότητα 504-505
και κοινωνική οργάνωση 526
ζωτικός χώρος **528**-530
βλέπε επίσης Συμπεριφορά
Επικοινωνία 504-505
ζώων 503-534
και χορός μελισσών 531*-532*
μεταξύ πρωτίστων 533-534
Επικράτηση
στη συμπεριφορά 519, 520, 524, 525*, 526, 527
γενετική **277**, 284-285, 711
Επίκτητα χαρακτηριστικά **53**, 54-55
Επιλεκτική αναπαραγωγή 269, 270* , 271, 333-334
Επιλογή 58, **328**, 338
βλέπε επίσης Φυσική επιλογή
Επινεφρίδια 438*, **439**, 447-448
βλέπε επίσης ενδοκρινείς αδένες
Εργαλείων κατασκευή 348, 349*
Εργασίας κατανομή στην κοινωνία 524
Εργαστήριο
συντήρηση εξοπλισμού 565-566
πειραματική εργασία 565
αναπαραγωγή πρωταρχικών συνθηκών στη γη 85*-86
Εργάτρια, μέλισσα 521-522
Ερέθισμα **453**, 463
Έρημοι 32
Ερπετά
εμβρυονική αναπνοή 384
απολιθωμένα 46*, 474*
Χρυσή Εποχή τους 72*
αναπαραγωγή 231
Ερυθρά αιμοσφαίρια **381***
μεταφορά διοξειδίου άνθρακα 395, 396*, 398*, 724
στη δρεπανοκυτταρική αναιμία 355*
Ερυθρού - πράσινου αχρωματοψία 298-299
Ερωτήσεις
βλέπε επίσης Επιστήμη
Εσωκυτταρική πέψη 402
Ετερόζυγος **282**
Ετερότροφα **30**, 31*, 33, 36* 402, 546
και οργανικές ενώσεις που συνθέτουν 124
Ετεροτρόφων υπόθεση 76-77, 86, 148*, 149
Ετήσιοι δακτύλιοι 248, 249*
Ευγλήνα 25, 26*
λειτουργικότητά της 26
κατάταξή της 36*
Ευφυία 342*, 348, 503-504*, 505
Εφυμενίδα, πολυκυττάρων φυτών 364
Εχινοδέρματα

Ζ

Ζέμπρες 292*
Ζυγωτό (ή Ζυγώτης) **282**
Ζύμη 107*
ένζυμά της 106
βλέπε επίσης ένζυμα
Ζύμωση 105-107, 109, 113, 140
παραπροϊόντα της 106, 694*-695
γλυκόζης 108, 694*-695
και αναπνοή 138*-139, 149
ως πηγή ενέργειας 107-109
Ζώα
αγενής αναπαραγωγή τους 219-220
χημική ρύθμισή τους 437-439
κατάταξή τους 36, 41*, 45*
ψυχρόαιμα 722
επικοινωνία μεταξύ τους 530-534
ανάπτυξή τους 230-233, **245**, 250-260
πέψη 405-417
απέκκριση 423-432
περιποίηση στο εργαστήριο 566
νευρικό σύστημά τους 453-467
χρωστικές μεταφοράς οξυγόνου 721
προγονικά δένδρα 270-271
ικανότητα λύσεως προβλημάτων 503*-504*
βλέπε επίσης ευφυία
αναγέννηση 262
αναπνευστικές δομές 387-395
εγγενής αναπαραγωγή 329-233
σκελετικά συστήματα 471, 472*, 473*, 474*, 475*
κυκλοφορικά συστήματα 374, 380
θερμόαιμα 723
Ζωή
πρωταρχική 89-90
στοιχεία απαραίτητα 686
απσυδαιότητα φωτοσυνθέσεως 117
καταγωγή 73-74, 75-77, 583-586
με ατμοσφαιρικό οξυγόνο 137-140, 598-599
χωρίς ατμοσφαιρικό οξυγόνο 75, 105, 109
Ζωής, τρόποι του ανθρώπου 556-558
Ζώνωση χρωματοσωμάτων 306*, **309**, 312
Ζωτικός χώρος **528**
Ζωτικού χώρου συμπεριφορά **528**-530
βλέπε επίσης Συμπεριφορά
«Ζώων άμυλο» 97
Ζώων κοινωνίες 519-523, 524-528

Η

Ηγεσία, λειτουργικότητά της 527-528
ΗΕΓ (ηλεκτροεγκεφαλογράφημα) 461
Ηθμώδεις σωλήνες **369***, 373
βλέπε επίσης Φλοίωμα
Ηλεκτρική ενέργεια 687
βλέπε επίσης Ενέργεια
Ηλεκτρόλυση νερού 79*
Ηλεκτρόνια 80*, 81
και ενέργεια φωτός 129-130
μεταφορά τους 130, **143**, 701-702, 704*-705
Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο 188, 200-201*
Ηλιακό φως 115
χρώμα φάσματος 131*
βλέπε επίσης Φως, Φωτοσύνθεση
Ήλιος 74
ακτινοβολία 695-697
βλέπε επίσης Ενέργεια
Ημισφαίρια **465***
εξέλιξή τους 734
βλέπε επίσης εγκέφαλος
Ήπαρ (ή συκώτι)
ενζυματικά συστήματα 187
βλέπε επίσης Πεπτικά συστήματα
Ηπατικά 39*
Ηπείρων κίνηση 54*-55
Ηρόδοτος 49
Ήρων 54
Ηφαίστεια, εκλυόμενη θερμότητα 687

Θ

Θαλιδομίδη 263
Θερμόαιμα
Θερμοκρασία 723
μέτρηση 685
ως μεταλλαξογόνο 317
ρύθμιση στα ζώα 722
Θεωρία 9
βλέπε επίσης Κυτταρική θεωρία, Χρωματοσωματική θεωρία, Εξέλιξη
Θηλαστικά 45*
εμβρυονική ανάπτυξη 231-232, 238
εμβρυονική αναπνοή 394
γονιμοποίηση 230*
ορμόνες (βλέπε Ορμόνες)

πλακουντοφόρα 232, 233-240
μαρσιποφόρα 231
βλέπε επίσης κάτω από ονόματα ειδών
Θιαμίνη 182
Θνησιγενής μετάλλαξη **315,** 316*, 318
Θρεπτικό υλικά **401**
Θρυψίνη 412, 417
Θρυψινογόνο **412**
Θύλακας
τρίχας 477*
ωοθήκης 234
θυρεοειδούς 442-443
Θυλακιοτρόπος ορμόνη της υποφύσεως (FSH) **236,** 240
Θυμίνη 154, 155*
στο DNA 154, 156
βλέπε επίσης Αμινοξέα
Θύμος αδένας 438*
Θυρεοειδής αδένας 213, 438*, 443*
σύνδρομα 729
εξέλιξη 445*-447
ανοδράσεως σύστημα ελέγχου του 444*
λειτουργία του 442-444, 728-729
ρυθμική του 444
Θυροξίνη **442,** 449, 450, 451

I

Ιάβας άνθρωπος 343
Ιγκενχάουζ, Ι 118, 120
Ιεραρχίες 519-520,*534
κοινωνικές 524-526
βλέπε επίσης Κοινωνίες
Ίνα, μύες **484,** 485*, 486
Ινίδια, μυικά **479**
Ινσουλίνη 171, **439,** 449, 450
εμπορική παραγωγή 191
ανακάλυψη 440-441
Ιντερμεδίνη 449
βλέπε επίσης Ενδοκρινικό σύστημα
Ιοί 91*-92
σύστασή τους 168
νουκλεϊνικά οξέα τους 157, 167
πολιομυελίτιδας 91*
αναπαραγωγή τους οε βακτήρια 158-159*
φάγου **T2** 158*
μωσαϊκής καπνού 158
Ιόν 82
Ισνισμός 83
Ισντικός δεσμός **83**
Ίριδα 669
βλέπε επίσης Οφθαλμός
Ισότοπα 81
Ιστοκαλλιέργειας τεχνικές 260, 265
Ιστόνες 706
Ιστός **212**
βλέπε επίσης Κύτταρο
Ιχθείς 44*
βράγχιά τους 388, 389*, 399, 431
Ιχθείς αλμυρών νερών
απεκκριτικά όργανά τους 419
Ιχνοστοιχεία 78
Ιώδιο
ως δείκτης αμύλου 655
ως χρωστική 574
στη λειτουργία του θυρεοειδούς 443-444
Ιωσήφ δένδρο 48*

K

Κάλδιν, Μέλδιν 124, 125
Καλλιέργειας τεχνικές 260
Κάμβιο **248***, 249*, 367, 368*, 369*
Καμηλοπάρδαλη 53*, 54-55
Καμπτήρας μυς 482*
Κάννον - Μπουβέντρ, Χριστίνα 352*
Καπνού μωσαϊκής, ιός 158
Καρβοϋδράσες 410
Καρβουνικό οξύ, στην κυκλοφορία αίματος 398*
Καρδιά **374**
άντληση αίματος 721
Δάφνια 647-648
γεωσκώληκα 374, 375*
ακρίδας 374, 375*
ανθρώπου 376*, 377*, 378
μυς **479,** 481
βλέπε επίσης Κυκλαφορικά συστήματα
Καρδιακός μυς **479,** 481
Καρδιακός παλμός, ρύθμιση 732-733
Καρκινοειδή 42*
Καρκίνος, έρευνά του 12, 264
και μη ελεγχόμενη κυτταρική διαίρεση 263-264
Καρκίνου, κατάταξη 49*
Κάρλο, Δρ. Μαρία-Άννα 99*
Καρπός **227**-228
Καρυόγραμμα, ανθρώπου
στο σύνδρομο Ντάουν 306*
φυσιολογικού 296*
βλέπε επίσης χρωματοσώματα, Γενετικοί χάρτες
Καταγωγή του ανθρώπου, Η 60
Καταλάση 102
Καταλύτες **100,** 109
στους χλωροπλάστες 128
στα έμβια όντα 101-103
βλέπε επίσης ένζυμα
Καταναλωτές 30, 31*, 546, 550, 554
βλέπε επίσης Σαρκοφάγα, Αποσυνθέτες, Φυτοφάγα, Ετερότροφα
Κατάπτωση 409
βλέπε επίσης Πεπτικό σύστημα
Καταρράκτες, ενέργεια εκλυόμενη 143
Κατάταξη 19, 30
αυτοτρόφων και ετεροτρόφων 30-31
αρχικά συστήματά της 23-25
και εξέλιξη 51
Λινναίου σύστημα 23-25, 48
συστήματα κατατάξεως 27*, 35
Καταφρακτικά κύτταρα φυτών **364,** 367*
Κατάφυση μυός **482**
βλέπε επίσης Μυικά συστήματα
Καυκάσιοι 356
Κεκρόπια 508*, 509*, 510
Κέλβιν **683**
Κενοτόπιο
σφυγμώδες 420*, **421**
λυσοσωμάτια **404,** 709*
Κεντρικό νευρικό σύστημα **464**-468
βλέπε επίσης Νευρικό σύστημα
Κεντριόλια 208*-209, 709*
Κεντρομερίδιο 222*
Κερατοειδής χιτώνας **669**
βλέπε επίσης οφθαλμός
Κεραυνός 115
Κινητικοί νευρώνες 454*, **465,** 468
Κιρκαδικαί ρυθμοί 512
Κιτρικού οξέος κύκλος 141*, 142*
Κληρονομικότητα 269
χημικές σπουδές 161
χρωματοσωμάτων θεωρία 312
και ανάπτυξη 263
επίδραση περιβάλλοντος 271-275, 290, 342
και νουκλεϊνικά οξέα 157
πρότυπα 284-290, 630-633
και καταγωγή 270
βλέπε επίσης χρωματοσώματα DNA, Γονίδια
Γενετικός κώδικας, Γενετική επικτήτων χαρακτηριστικών 53
δύο χαρακτηριστικών 287*
φυλοσύνδετη 296, 298-303
βλέπε επίσης χρωματοσώματα DNA, Γονίδια, Γενετικός κώδικας
Γενετική
Κλινέφελτερ σύνδρομο 307, 308-309
Κλωνισμός 33
Κλώνοι **219**-220, 260
Κοιλεντερωτά 41*
Κοιλία, καρδιάς **376**
Κοινωνίες ζώων **519**-679
μπαμπουίνων 522-523*
ιεραρχίες 519-520, 524-526
μελισσών 521-522
ηγεσία 527-528
δομή τους 524-530
βλέπε επίσης Συμπεριφορά
Κοινωνική τάξη, στα κοινωνικά έντομα 521*, 522, 523
Κάκκοι 28*, 36*
βλέπε επίσης Βακτήρια
Κολεόπτιλο **661**

Κολεός μήτρας **234**
βλέπε επίσης Αναπαραγωγικά συστήματα
Κολίβριο 361*-362*, 482
Κολοράντο ποταμού, Δέλτα 7*
Κόλποι 374
βλέπε επίσης Κυκλοφορικά συστήματα
Κόλπος, καρδιάς **376**
Κόπωση, μυών 488-489
Κόρνμπεργκ, Α. 155
Κορτικοστερόνη 449
Κοτόπουλα 21
εμβρυονική ανάπτυξη 624-626
τάξη ραμφισμού 524-526
δευτερεύοντα φυλετικά χαρακτηριστικά 665-666
Κοτυληδόνες 246*, 247*
Κόχερ, Ε. 728
Κρανιακά νεύρα 468
Κρεατινίνη φωσφορική, σε μυικές ίνες 488, 489*
Κρεμπς κύκλος 141*, 142*, 144*, 703-704
ένζυμα 145-146
Κρεμπς, Χ 141
Κρικ, Φράνσις, Χ.Κ. 161*, 162, 165, 167, 175
Κρο-Μανιόν φυλή 351, 353, 354, 359
Κρυπτόγαμα 172*
Κυανοβακτήρια 214-215
Κυκάδα 20*
Κυκλική φωσφορυλίωση 128-129, 701-702
Κύκλοι 31
άνθρακα 124-126, 125*, 126*, 553
κιρκαδικοί 512
κιτρικού οξέος 141*, 142*
Κρεμπς 141*, 142, 146, 147*, 703-704
αζώτου 553, 555*
νερού 553, 554*
Κυκλοφορίας συστήματα 363-380, 644-650
Δάφνια 647-648
γεωσκώληκα 374, 375*
και ομοιόσταση 383-384
ακρίδας 374, 375*
ανθρώπου 376*, 377*, 378-380
σημασία τους στους πολυκύτταρους οργανισμούς 213*
φυτών 363-373, 717-718
και προϊόντα πέψεως 415-416
δένδρων 368*
Κυκλοφορικά συστήματα
αίματος 376*-378, 719-720
και λειτουργία τριχοειδών 648-650
στη *Δάφνια* 647-648
γεωσκώληκα 374, 375*
ακρίδας 374, 375*
ανθρώπου 377*-378
βλέπε επίσης Μεταφοράς συστήματα
Κυοφορία
διάρκεια σε διάφορα ζώα 239
βλέπε επίσης Αναπαραγωγή
Κυοφορούμενο 238, 239*, 311
Κυτοσίνη 154, 155*
βλέπε επίσης Αμινοξέα
Κύτταρα 26, 28*, 36*, **196**
ως βασική μονάδα ζωής 195
χημική δραστηριότητά τους 586-588
και χρωματοσώματα 185, 186*
συνεργασία μεταξύ τους 210-211, 217
φελλού 196*
διαφοροποίησή τους **216**, 246, 260, 265
διπλοειδικά 221
διαίρεσή τους, βλέπε κυτταρική διαίρεση
και έκλυση ενέργειας 95-98
μεγέθυνσή τους 246-265
ευκαρυωτικά 203, 216, 217, 708-709
και ζύμωση, βλέπε Ζύμωση
απολιθωμένα 68*
στη μείωση, βλέπε Μείωση
στη μίτωση, βλέπε Μίτωση
μονοπλοειδικά **221**
φύση τους 199-209
νευρώνων **455**
λειτουργίες πυρήνα τους 611-612
νουκλεϊνικά οξέα τους, βλέπε DNA και RNA
πυρήνας τους 200*
προκαρυωτικά 203*
αναπαραγωγή τους 203-204
αναπνοή τους, βλέπε Κυτταρική αναπνοή
ριζικής καλύπτρας 202*
εξειδίκευσή τους 211-212*, 706-707
δομή τους 200*, 576-577
Κύτταρα εντεριωνίων ακτίνων **372**
Κυτταρική αναπνοή 138*, **139**, 140-147, **387**, 399
στα μιτοχόνδρια 145, 146*, 147*
Κυτταρική διαίρεση 199-209, 205*, 216, 246, 265
στα ζώα 208-209
στα βακτήριο 203*
και ανάπτυξη καρκίνου 263
ευκαρυωτικών κυττάρων 209
μείωση 222*, 223
μίτωση 204, 205*, 206, 207*, 208*
σύγκριση μιτώσεως και μειώσεως 222*
στα φυτά 204, 205*, 206*, 207*
Κυτταρική θεωρία 195, 197-199, 610-615
Κυτταρική μεμβράνη **26**, **109**-113, 203
και ενεργός μεταφορά 111-112
και διάχυση 109, 110, 111, 589-591
φαγοκύτταρωση 404*
πινοκύττωση 403*
δομή της 109-110
Κυτταρική πλάκα, σχηματισμός της 206*
Κυτταρικής συμβιώσεως υπόθεση 203, 206, 214-215
Κυτταρίνη 97
Κυτταρολογία **60**
Κυτταρόπλασμα **26**
διαίρεσή του 216
βλέπε επίσης Κύτταρα
Κυτταχρώματα 690-691, 702, 704-705
Κυψελίδες **393**, 394*
Κωδικά συστήματα 172

Λ

Λαβουαζιέ, Α. 106, 722
Λαβύρινθος 739
Λαμάρκ, Ι.Β. 47, 53-55, 64
Λαμέλλες χλωροπλάστη 128*
Λαπλάς, Π. 722
Λάρυγγας **409**
Λάχνη **416***
Λέβαν, Α. **306**
Λέβενχουκ, Α. 70, 195
Λείοι μύες 479, 480*
βλέπε επίσης Μυς
Λειχήνες 21*
Λεκιθικός σάκος **231**
Λέντεμπεργκ, Ι. 187*, 188, 189, 190
Λευκά αιμοσφαίρια **381***
στη λευχαιμία 264*
βλέπε επίσης Αιμοσφαίρια
Λευχαιμία 263-264
Λήκεϋ, L.S. Μπ. 352
Λήκεϋ, Μ. 352
Λήκεϋ, R. 352
Λίμουλος 48, 49*
Λινναίος 23-25, 29, 30, 48
Λιοντάρι 23, 24*, 436*
Λιπαρά οξέα 97, 692*
Λιπάση **414**, 417
Λιπάσματα, προβλήματα από τη χρήση 8*
Λίπη 97, 402
αποδόμησή τους 141
χημική τους φύση 692
πέψη τους 413-415, 658-659
στον κύκλο Κρεμπς 142
Λιπίδια 110
Λοβοί αυτιού, ελεύθεροι και προσκολημένοι 271*, 341
Λογική 503-505, 515

Λοεβί, Ο. 732
Λόρενζ, Κ. 505*
Λόουερ, Ρ. 395
Λουμπς, Μ.Α. 288
Λυέλλ, Κ. 57, 59, 60
Λύκος, κατάταξή του 22, 25*
Λύμφη **382**
Λυμφοποιητικό σύστημα **382**, 384
Λυσοσώματα **404**, 709*
LH (ωχρινοτρόπος ορμόνη) 236, 237*, 240, 447
LH-RF (ωχρινοτρόπος ορμόνη ε-κλυτικός παράγοντας) 237*, 447

Μ

Μ-Ν ομάδες αίματος 234
Μαθήσεως συμπεριφορά
εξαρτήσεως **506**
εθισμού **506**
εντυπώσεως **506**
λογικής 503-505
δοκιμής -και- λάθους 507
Μακ Άρτυ, Μ. 156, 157, 601
Μακ Λέουτ, Κ. 156, 157, 601
Μάλθους, Θ. 57, 59
Μαλλάκια 42*
Μαλπίγι, Μ. 720
Μαλπιγειανά σωληνάρια **423**
Μαργουλής, Λ. 214-215
Μαρίν, Ντ. 443
Μαστίγιο 36*, 422*, 423
Μαστιγοφόρα 36*, 37*
Μεθάνιο 77, 82*, 92
Μείωση **222***, 223, 224, 294*
ανθοφόρων φυτών 225
και μίτωση **222***
και μη-διαχωρισμός 301
Μέλισσα, επικοινωνία και κοινωνική συμπεριφορά 521-522, 521-532*
Μέλισσες
επικοινωνία τους 531*-532*
νευρικό τους σύστημα 458*, 459
καινωνικές τάξεις 521*-522, 523
Μέντελ, Γ. 60, 275*-279
γενετική θεωρία 278, 291, 312, 323
πειράματα με μπιζέλια 275-279, 282, 287, 290
αποτελέσματα 711
ερμηνεία αποτελεσμάτων 277-279, 283-284
Μερίστωμα 248*, 265
Μεσοδέρμα **254**-255*
Μεσόφαση 205*
Μεταβλητές 71
Μεταβολισμός **630**
Μετάλλαξη **180**, 191. 315-316, **328**, 338
ευνοϊκή και μη-ευνοϊκή 186
επιπτώσεις 181
συχνότητα 317
γονιδιακό απόθεμα 327
θανατηφόρος **315**, 316*, 318
και νέες ποικιλίες 331
στη *Νευρόσπορα* 183-184, 607-609
επαγόμενη από ακτινοβολία 317-320
βλέπε επίσης Χρωματοσώματα, DNA, Γονίδια, Γενετική
Μεταλλαξογόνα 320-321
Μετανάστευση **329**
Μεταξοσκώληκας, κύκλος ζωής 508*-509
Μετάφαση **204**, 207*
βλέπε επίσης Μίτωση
Μεταφοράς χρωστικές 395, 396, 397, 399, 721
Μεταφορικό RNA 176-177, 179*, 193
Μετεωρίτης
Μούρσισον 86, 99
Ουέστον 87
Μετρήσεις
μικροσκοπικές 574-575
SI (Διεθνές Σύστημα) 683-684
Μη-διαχωρισμός **301**-302*, 312
σε γάτες 308
βλέπε επίσης Χρωματοσώματα
Μη-κυκλική φωτοφωσφορυλίωση 128-129, 701-702
Μήτρα **234**
βλέπε επίσης Αναπαραγωγικά συστήματα
Μίεσερ, Φ. 153, 157
Μικροοργανισμοί
επίδραση ακτινοβολίας 605-607
μεταλλάξεις τους 181-182
σε νερό λιμνών 34*, 577
εγγενής αναπαραγωγή 188-189
βλέπε επίσης Βακτήρια, *Νευρόσπορα*, Πρώτιστα
Μικροσκόπιο
σύγκριση μικροσκοπίων 202*
σύνθετο 195-196*, 216, 572*-575
ηλεκτρονικό 200-201*
Λέβενχουκ 70*
ηλεκτρονικό σαρώσεως 201*
Μίλλερ, Σ. 85
Μιτοχόνδρια 146*, 147*
αναπνοή **145**
δομή τους 147*
Μίτωση **185**, 186, 204-205*, 209, 216, 222*
ανάφαση **204**, 205*, 207*
σε κύτταρα ζώων 208*-209
σε κύτταρα φυτών 205*
μετάφαση **204**, 205*, 207
πρόφαση **204**, 205*, 207*
τελόφαση **205***, 207*
Μογγολοειδείς 356
Μονήρα **26**, 29, 36*
Μονοκοτυλήδονα **247**
Μονοκύτταρος οργανισμός 36*
Μονοπλοειδικό κύτταρο
βλέπε Γαμέτες, Μείωση
Μονοπλοειδική φάση
ανθοφόρων φυτών 228
βρυοφύτων 224*
Μονοωικό δίδυμα 177, 273-274*
Μόργκαν, Τ.Χ. 296, 300, 317
Μόρελ, Γ. 243
Μόρια **78**
ενεργός μεταφορά 111-112
και άτομα 81-83
ATP (βλέπε: ATP)
διάχυση 109-110
νουκλεϊνικών οξέων (βλέπε DNA, RNA)
βλέπε επίσης Στοιχεία
Μουρ, Ι.Α. 337
Μουρ, Σ. 107
Μπαμπού 21
Μπαμπουίνοι
κυριαρχικές σχέσεις μεταξύ τους 527
κοινωνική συμπεριφορά 522-523
Μπάντινγκ, Φ. Γκ. 440
Μπάργκορν, Έλσο S 73
Μπάυλις, Ν.Μ. 142
Μπερνάρ, Κλωντ 383, 384, 438
Μπεστ, Κ.Χ. 440
Μπηγκλ, δρομολόγιο 57*
Μπηντλ, Γ. 184*, 186, 188, 607, 608
Μπιζέλια
γονιμοποίηση 276*
κληρονομική ποικιλότητα 277-278, 283, 287, 634, 711
βλέπε επίσης Μέντελ
Μπίστον μπετουλάρια, φυσική επιλογή 580, 581*, 582
Μπλάκμαν, Φ.Φ. 697, 698, 699
Μπομ, Ιωσήφ 717
Μπόυλ, Ροβέρτος 722
Μπούχνερ, Εδουάρδος 109
Μπράουν, Ροβέρτος 197
Μπρίντζες Κάλβιν Β. 300, 301, 302, 307, 312, 317
Μπωμάν κύπελλο **426**, 429
Μπωμόντ, Τ. 411, 726
Μύγα των φρούτων, βλέπε *Δροσόφιλλα*
Μυελίνης έλυτρο **455**, 456*
Μυελώδης μαίρα νεφρού 427*, 428
Μυζομύκητες 37*
Μύκητες 38*
Μύλλερ, Χ. Τζ. 317, 318*, 319
Μυξομύκητες 37*
Μυξόφυτα 36*
Μυοσίνη **485**
Μυριόποδα 43*
Μυς
καρδιακός 481
συστολή 483-492, 672-673
εξέλιξη 479

κόπωση 488-490 673-676
καμπτήρα-εκτείνουσα ζεύγη 492*
σκελετικός 96*, 481*, **482***
λείος 479, 480*
γραμμωτός 481*, 483*
δομή και λειτουργία 478-479
Μυώδης στόμαχος 406
βλέπε επίσης Πεπτικά συστήματα

Ν

Νεάντερνταλ άνθρωπος 350, 352, 354, 369
Νεγροειδείς 356
Νερό 82*
περιεχόμενο στο αίμα 450*
ως καταλύτης 101
χημεία του 77-78
σύνθεσή ταυ 79
υδρολυτικές αντιδράσεις **401**-402
ιονισμός 83
και αντιδράσεις φωτός φωτοσυνθέσεως 122
διακίνησή του 110-111, 113
μεταφορά του στα φυτά 370-371, 644-647
Νερού κύκλος 553, 554*
Νετρόνια 80
Νεύρα **457**
επιταχυντές 732
κρανιακά 468
ρύθμιση νευρο-ορμονική 463
οπτικά 669
αντίδροση σε ερέθισμα 730
πνευμονογαστρικό **732**
Νεύρα επιταχυντές 732
Νεύρα νωτιαίου μυελού 464, 468
Νευρόξονας, νευρώνων 455*, 456*, 462
συνάψεις 457*
Νευρίδιο 253*
Νευρικές ίνες **457**
Νευρική χορδή **459**
Νευρική ώση 460, 462
Νευρικά σύστημα 453-463, **455**-457, 667-671
αυτόνομα 468, **730**-731
και έλεγχος αναπνοής 724-725
κεντρικό **464***-468
εμβρυονική ανάπτυξη 255*, 257-258
ακρίδας 459*
μέλισσας 458*
ανθρώπου 455-457, 464*-468, 730-731
Υδρας 458*
περιφερικό **464**
πλανάρια 458*
Νευροδιαβιβαστές **462**, 463, 732-733
Νευρόσπορα 182-184, 607-609
Νευρώνας **448**, 454*, **455***-457, 463, 468
κινητικός **465**, 468
και νευρικές ώσεις 460, 462
αισθητικός 464

Νεύτων, Ι. 697
Νεφρίδια 660
Νεφρός
τεχνητός 430*-431
συλλεκτήριοι σωληνίσκοι 418*, 419
λειτουργίες τσυς 425-429
ανθρώπου 425, 426*, 427*, 430
μυελώδη μοίρα 427*, 428
νεφρώνες 427*, 428, 429*
ωκεάνιοι ιχθείς 425, 429
Νεφρών λίθοι 428
Νεφρώνες **425** 426, 427*, 428, 429*
βλέπε επίσης Απεκκριτικά συστήματα
Νήμα, ανθήρα 225*, 616*
Νηματοειδής απόληξη δραγχίων 388, 389*
Νηματώδεις 41*
Νήσοι Λάνγκερανς 440, 441*
Νιασίνη 144
Νίρεμπεργκ, Μ. 175
Νιτέλλα 112
Νόμος Διατηρήσεως Ενέργειας 687
Νορεπινεφρίνη 463
Νουκλεϊνικά οξέα 153-156
λειτουργικότητά τους 156-157, 167
ελεγχόμενες κυτταρικές λειτουργίες 158-159, 171, 178*-179*, 183-184
σύσταση 154-156
στ ιούς 157
Νουκλεοτίδιο 154-156
και γενετικός κώδικας 173-176, 705
τύποι στο DNA και RNA 154-155*
Ντάλτον, Ι. 78
Ντι-Ντι-Τι 14, 63, 550
Ντουτροσέτ, Χ. 197
Ντρις, Χ. 256, 257
Ντάουν σύνδρομα
χρωματοσωματική αλλοίωση 307
καρυόγραμμα 306*
προγεννητική διάγνωση 311
Νύμφη
βλέπε επίσης Βομβύκιο
Νυχτερίδα 500*
και δομή άκρων απονδυλωτών 474*
Νωτιαίο χείλος βλαστοπόρου 258*
Νωτιαίος μυελός **464**
λειτουργίες νεύρων 464, 466
αντανακλαστικά 466*, 467*, 734-735
βλέπε επίσης Νευρικό σύστημα
NAD (Νικοτιναμιδο-αδενινο-δινουκλεοτίδιο στην αναπνευστική άλυσσο 144
NADP (Φωσφορικό Νικοτιναμιδο-αδενινο-δινουκλεοτίδιο) 125, 144

Ξ

Ξύλωμα **248**, **367**, 369*, 384

Ο

Όζον, σχηματισμός στρώματος 137, **140**, 148
Οικόσιτα ζώα, επιλεκτική αναπαραγωγή 270
Οικοσύστημα **31**-32, 35, 537, 561
και οικονομία 556-558
τροφικές αλυσσίδες 121, 538, 539*
τροφικές πυραμίδες 544, 545*, 546, 547, 550, 551*
τροφικό δίκτυο 538
ανθρώπου 541-544
κύκλος αζώτου 555*
νερού 554*
βλέπε επίσης Περιβάλλον
Οισοφάγος 408*, 409*
Οιστρογόνα 235, 239, 240, 449
βλέπε επίσης Ορμόνες
«Ολισθήσεως Ινών» υπόθεση 486
Ολντουβάι, χαράδρα 352
Ομόζυγος **282**
Ομαιοπολικοί δεσμοί 81-**82**, 165
Ομοιόσταση 383, 384, 438
βλέπε επίσης Αναδράσεως συστήματα
και ανταλλαγή υλικών 419-424, 430
Ομφάλιος λώρος 238
βλέπε επίσης Έμβρυο ανθρώπου
Οξέα 83
χαρακτηριστικά τους 584-585
γαστρικών υγρών 411-412, 413, 727-728
βλέπε επίσης pH
Οξεϊκό οξύ στον κύκλο Κρεμπς 141*, 142*, 703*
Οξυαιμοσφαιρίνη και κυκλοφορία αίματος 396*
Οξυγόνο 78, 79, 80*
στην ατμόσφαιρα 75
κυκλοφορία αίματος 395, 396*, 397
και κυτταρική αναπνοή 137-140
και έκλυση ενέργειας 101, 105-107, 109

ζωή με οξυγόνο 138-140, 598-599
ζωή χωρίς οξυγόνο 105-107
μέτρηση καταναλώσεώς του 650-652
στη φωτοσύνθεση 117, 118-121, 131*, 133
«Οξυγόνου έλειμμα» 489
Οπάριν, Α.Ι. 75, 84
Οπερόν 707
Οπίσθιος λοβός υποφύσεως **448**
Οπόσσουμ, ανάπτυξη νεαρών ατόμων 232*
Όργανα **212**
συστήματα **212**
βλέπε επίσης κάτω από τις ονομασίες συστημάτων οργάνων
Οργανικές ενώσεις **84**-85
στη φωτοσύνθεση (βλέπε φωτοσύνθεση)
ως πηγές ενέργειας 97
και ζύμωση 108
σχηματισμός τους 124, 148*
σχηματισμός τους από πρωτόγονα κύτταρα 89-90
βλέπε επίσης, Αμινοξέα, Υδατάνθρακες, Λίπη, Νουκλεϊνικά Οξέα, Πρωτεΐνες
Οργανισμοί 19
και συμπεριφορά 676-678
βλέπε επίσης και Συμπεριφορά
κατάταξη 19-26, 30
πρωτόγονοι 77
και συλλογή τροφής 612-615
απολιθωματοποίηση 49, 50*, 51
αλληλοεπίδραση 30-32, 35
παλυκύτταροι 210-216
και όζοντος επιφάνεια 137
νερό λιμνών 34*
εγγενής αναπαραγωγή 189
Ορμόνες **230**, 241, 661-666
ACTH 448
ADH **450**
αδρεναλίνη 439-440, 449*, 463
ανδρογόνα **240**
αυξίνες, στα φυτά 437
και συμπεριφορά 309
ασβέστιο και φώσφορος οστών 735-736*
στο πεπτικό σύστημα 411-412
οιστρογόνα **235**, 239, 240, 447, 449
στο θήλυ αναπαραγωγικό σύστημα 235, 236, 237*, 238, 239
FSH 236, 447
FSH-RF 237*, 447
ινσουλίνη 439, **441**
αλληλοεπίδραση 439-450
LH 236, 447
στο όρρεν αναπαραγωγικό σύστημα 240, 447*
νορεπινεφρίνη 463
προγεστερόνη 235, 447, 449
προλακτίνη **238**, 239
προσταγλαδίνη 448
ρύθμιση καρδιακών παλμών 732-733
πίνακας 449*
τεστοστερόνη 447
θυρεοειδούς αδένα 442
θυροξίνη 442-444, 445
TSH 444
TSH-RF 444
βλέπε επίσης ενδοκρινικό σύστημα
Όρχεις 229, 232, 233*, 240, 438*
Ορχιδέες, επιλεκτική αναπαραγωγική τους 242*-243
Όσμωση **110**-111, 112
και αίμα 383
διάγραμμα 111*
στο ριζικό σύστημα 371
Οστά
ρύθμιση ασβεστίου και φωσφόρου 476, 735-736
ορμονικός έλεγχος αναπτύξεώς του 735-736
και σκελετός οπονδυλωτών 472*, 473*, 474*, 475*, 476
Όσφρηση, Χημικοί υποδοχείς 670-671
Όσχεον 233
βλέπε επίσης Αναπαραγωγικά συστήματα
Οσωτική πίεση 384
Ουάλλας, Α.Ρ. 60
Ουάτσον-Κρικ πρότυπο διπλασιασμού DNA 204
Ουάτσον, Τζ. Ντ. 161*, 162, 165, 167
Ουίλκινς, Μ.Χ.Φ. 160-161*, 162
Ουίλσον, Ε. Μπ. 199
Ούρα **425**
Ουρακύλιο στο RNA 154, 156
Ούρεϋ, Χ. 85
Ουρήθρα 426
Ουρητήρας 426*
βλέπε επίσης Απεκκριτικά συστήματα
Ουρία 424
Ουρικό οξύ **423**, 424
Ουροδόχος κύστη 426*
Ουώλερ, Φ. 84
Οφθαλμός
εμβρυονική ανάπτυξή του 259*-260
φυσιολογία του 668-670
Οχόα, Σ. 175

Π

Πάγκρεας 408*, **410**, 438*
επίδραση εκκριματίνης 412
πεπτικές εκκρίσεις 412-413, 414
βλέπε επίσης ενδοκρινείς αδένες
Παγκρεατίνη 658
Παλαιοντολογία 60
Παλομίνο, επιλεκτική αναπαραγωγή 285-286*
Πανγαία 55
Πάπιες 54, 241*
Παραγωγοί 30, 31*, 545*, 546
Παραθυρεοειδείς αδένες 438*
Παραθυρεοειδής ορμόνη 449
Παράλυση 483
Παραμήκυο 37*
συμπεριφορά του 677-678
πέψη 404
απεκκριτική λειτουργία 420*, 421
ινίδια 458*
περισυλλογή τροφής 614
κυκλοφορία 374
Παράσιτα 558, 725
Παρασιτοκτόνα 550
Παρασυμπαθητικό νευρικό σύστημα 730-731*
Παρατήρηση 1-4, 16
και συστήματα κατατάξεως 35
και ιδέες 199
ερμηνεία 582
και φυσική επιλογή 62
ποιοτική **569**
ποσοτική **569**
και «αυτόματος γέννηση» 74
Παστέρ, Α. 98, 106, 109, 138, 139
Παστερίωση 106
Παυλώφ, Ι. 506
Πείραμα 9-10
ελεγχόμενο **10**, 12, 16
τύπου δοκιμή-και-λάθος **10**, 12
Πεκίνου άνθρωπος 347*
Πενικιλλίνη
ανακάλυψή της 1-2
ανθεκτικότητα 63
Πεπτιδικός δεσμός **88**, 413
θραύση του από πεψίνη 412
σχηματισμός του 691
Πεπτικά συστήματα 407, 655-659
πτηνών 406, 407*
και μικροοργανισμοί πέψεως κυτταρίνης 725-726*
γεωσκωλήκων 405*, 406
ένζυμα 410, 411, 412, **414**
πλατυελμίνθων 405*, 406
ανθρώπου 408* - 417
Ύδρας 405*, 406
Περιδάλλον 227, **269**, 383
αναερόβιο **106**
και ανάπτυξη 262, 271-274
αρχικό της Γης 77-84
επίδρασή του στο ανθρώπινο χαρακτηριστικά 263, 273-274, 342
εξωτερικό 383, 419, 508, 510, 511, 547, 548*-549*
και κληρονομικότητα 271-273, 290

εσωτερικό 383-384, 508, 510
αντιδράσεις στις μεταβολές του 453-454
ερεθίσματά του 453, 508-509, 510
βλέπε επίσης Συμπεριφορά, Οικοσύστημα, Φυσική επιλογή, Ρύπανση, Πληθυσμός
Περίσταλση **410**
Περιστέρια 58*
Περίσφιγξη Ρανβιέ 454*, **455**
Περιττώματα 416
Περιφερικό νευρικό σύστημα **464**
Πέψη **401**, 407
πειράματα Μπωμόντ 726-728
υδατονθράκων 410-411
εξωκυτταρική **402**
λιπών 414-415
εσωκυτταρική **402**
τύποι 401-407
πρωτεϊνών 411-413
μετοφορά προϊόντων της 415-417
Πεψίνη 412, 417
Πεψινογόνο **411**
Πηγές ενέργειας και πληθυσμιακή ανάπτυξη 543
Πιγκουίνοι 519*, 520
Πιθανότητες
εφαρμογές 281-283
αρχές 279-280, 291
βλέπε επίσης Γενετική
Πίθηκοι 359
εξέλιξή τους 350
σκελετοί 475*
Πίθηκοι, επίλυση προβλημάτων 504
Πινοκύτοση 403*
Πίρι, Ν.Γ. 91
Πλακούντας 232, 240, 241
Πλανάρια
αγενής αναπαραγωγή 230*
εξηρτημένων αντανακλαστικών πειράματα 506-507*
απεκκριτικό σύστημα 422*, 428
περισυλλογή τροφής 614
μυικά κύτταρα 479*
νευρικά κύτταρα 458* - 459
αναγέννηση 627-628
αναπνοή 388
Πλάσμα **381**
βλέπε επίσης Αιμοσφαίρια
Πλατυέλμινθες 41*
πεπτικό τους σύστημα 405*, 406
φλογοκύτταρα 422*, **423**
βλέπε επίσης Πλανάρια
Πλάτυποους 231
Πληθυσμιακή ανάπτυξη 358, 561
παράγοντες 539-541
ανθρώπου 540*
Πληθυσμοί **517**
ζώων 517-521, 679-680
μεταβολές 328-332, 354-358
συνεργατικές προσαρμογές 530
και τροφική πυραμίδα 547
και απόθεμα τροφής 537-539
γονιδιακές συχνότητες 323-327, 328
Χάρτυ - Βάινμπεργκ αρχή 324-328, 713-715
ενδογενής συμπεριφορά 518
απομόνωση 329*, **330***-331
μετανάστευση ως παράγοντας μεταβολής **329**
μετάλλαξη ως παράγοντας μεταβολής 328
φυσική επιλογή ως παράγοντας μεταβολής 328
και κοταγωγή ειδών 334, 335*-339
σε μεταβολή 328-332
Πνεύμονες **389**, 393, 399
μηχανική της αναπνοής 724
βλέπε επίσης Αναπνοή
Πνευμονία 599-602
Πνευμονική κυκλοφορία 378*
Πνευμονογαστρικά νεύρα 732
Πνευμονιόκοκκου πειράματα 156-157, 158, 599-601
Ποικιλότητα, γενετική 269, 578
στον άνθρωπο 641-644
πηγές 331-332, 339
βλέπε επίσης Φυσική επιλογή, Επιλεκτική αναπαραγωγή
Πολικά σωματίδια 222*, 223
Πολιομυελίτιδας ιός 91*
βλέπε επίσης ιοί
Πολλαπλά αλληλόμορφα 228-290
Πολυδακτύλια 273*
Πολυπεπτίδια 88
σύνθεση 178*-179*, 183-185
Πολυπλοειδία 242-243
Πονναμπερούμα Κ. 86
Ποντικοί
προσαρμογή στο περιβάλλον 62-63*
παλλαπλών γονέων 261
πληθυσμιακές μελέτες 540-542
«αυτόματη γέννησή» τους 70
Πορόφορα 41*
Πόστλεθγουεϊτ, Σ.Ν. 718
Πουρίνες 154, 155*
Πρίστλεϋ, Ί. 118
Προβλημάτων λύση 4-6, 342, 503, 504*
μέθοδοι 6-12, 503-504
Προγεστερόνη **235**, 239, 240
Προκαρυωτικά κύτταρα **203***, 214
Προλακτίνη **238**, 239, 240
Πρόλοβος 405*, **406**, 407*
Προνύμφες
μυγών 70
Κεκρόπια 508*, 509*, 510
Προνούμπα 710-711
Προσαρμογή **62**, 64, 115, 499, 500*, 522
συμπεριφοράς 499, 514, 530, 534
αξία επιβιώσεως στη φυσική επιλογή 63, 63*, 499*, 530
βλέπε επίσης εξέλιξη
Προσταγλαδίνες **448**
Προστάτης αδένας 233
Προσχηματισμός **250**, 256
Προσωρινά μικροσκοπικά παρασκευάσματα **574**
Πρόφαση **204**, 207*
βλέπε επίσης Μίτωση
Πρωτεϊνάσες **411**
βλέπε επίσης ένζυμα
Πρωτεΐνες 85
αμινοξέα 688-689
στο πλάσμα αίματος 381, 382
αποδόμηση 141, 411, 413
σύνθεση 86-89, 171, 173, 175*, 176-177, 178*, 179
συσωματώματο **90***, 91*, 585-586
ένζυμα 101-103
βλέπε επίσης Ένζυμα
κύκλος Κρεμπς 142
πεπτιδικοί δεσμοί 88, 691
πολυπεπτίδια 176-177, 178*-179*
υποδοχείς **706**
αναπνοής 142
ομοιότητα μεταξύ χιμπατζήδων και ανθρώπου 348
κύτταρά τους 28
κατάταξή τους 36*
πέψη 404*
παραδείγματα 37*-38*
απέκκριση 421
περισυλλογή τροφής 612, 614
κυκλοφορικό σύστημα 374-375*
Πρωτεύοντα, μη ανθρώπινα όντα
επικοινωνία μεταξύ τους 504, 522, 533*
σχέσεις επικυριαρχίας 527
ευφυία 342, 348, 504*
ομοιότητα πρωτεϊνών προς ανθρώπινες 348
κοινωνική συμπεριφορά 522-523*
χρήση εργαλείων 346*, 348-349*
βλέπε επίσης *Αυστραλοπίθηκος*, Μπαμπουίνος, Χιμπατζήδες
Πρώτης βαθμίδας καταναλωτής 546
Πρωτόζωα, βλέπε Πρώτιστα
Πρωτομυοσίνη 485, 486
Πρωτόνια 80
Πρωτονίνη 485, 486
Πτηνό 21*, 45*, 332*, 452*, 500*
σπίνοι Δαρβίνου 61*
πεπτικό σύστημά τους 406, 407*
εμβρυονική αναπνοή 394
αναπαραγωγή 231
και δομή άκρων σπανδυλωτών 474*
Πυρήνας **26***, 36*

ατόμου 80, 81
κυττάρου **197**, 199*, 200*
και μείωση (βλέπε Μείωση)
και μίτωση (βλέπε Μίτωση)
ραδιενεργών ισοτόπων 81
Πυρηνική Ενέργεια 320
Πυρηνίσκος 200*, 708*
Πυρμιδίνες 154, 155*
Πυροσταφυλικό οξύ 140-141
σε ζυμώσεις 107-108
στη μυική συσταλή 488-489*
pH 83*, 103, 410-412, 420, 428-429, 584-585, 725

P

Ραβδία οφθαλμού 211*, 670
Ραδιενεργά ισότοπα 81
Ραδιοϊσοτόπων πειράματα 718
Ρακκούν 503*
Ραμαπίθηκος 344
Ραμφίσματος τάξη 524, 525*, 526*
Ρανβιέ, περίσφιξη 454*, **455**
Ραχίτιδα 735
Ριβόζη 104*, 105, 153, 154, 155, 411, 693*
Ριβοζονουκλεϊνικό οξύ
βλέπε RNA
Ριβοσώματα **174**, 175, 176, 177, 179*, 200*, 709*
Ριβοφλαβίνη 144
Ριζίδια τριχοειδή **367**
Ριζικά συστήματα
απολιθώματά τους 365*, 717
χερσαίων φυτών 367
πολυκυττάρων φυτών 365*
μεταφορά νερού 370
Ριζική πίεση **371**
Ριζόποδα 37*
Ροδόφυτα 38*
Ρότζερς, Β. Τζ. 718
Ρου, Β. 255-256
Ρύπανση 548-549, 522, 561
αέρα 392-393
αυτοκινήτου 559*
ωλόγων 559*
πληθυσμιακή ανάπτυξη 543, 552
Rh παράγων 311
RNA (ριβοζονουκλεϊνικό οξύ) **154**
και γενετικός κώδικας 175-176, 705
νουκλεοτίδια 155*
πολυπεπτιδίων σύνθεση 178*-179*

Σ

Σαιν Μάρτιν, Α. 726-728
Σαιν Τζωρτζί, Α. 487, 488*
Σάκχαρη 78
δεσοξυριβόζη 154-155
δεξτρόζη 97 (βλέπε επίσης γλυκόζη)
γλυκόζη 97, 100 (βλέπε επίσης γλυκόζη)
φρουκτόζη 97
ριβόζη 154-155
σακχαρόζη 97, 110
ως συντηρητικό 106
βλέπε επίσης Υδατάνθρακες, Ζύμωση
Σάργασσα 38*
Σαλαμάνδρα 44*
ενδογενής συμπεριφορά 502
δομή άκρων 474
αναγέννηση 262
Σαρκοφάγα **546**, 553
Σάττον, Β. 294, 297, 300, 303, 712-713
Σαυραπεικονίαση 277
Σβαν **455**, 456*
Σεισμοί 55
Σερίνη 174*, 688*
Σέρρινγκτον, Κ.Σ. 465
Σιέλντεραπ - Έμπε, Θ. 524
Σίελος **409**
Σιελογόνοι αδένες 408*, **410**
βλέπε επίσης Πεπτικά συστήματα
Σκαραβαίοι 21
Σκελετικά (ή Ερειστικά) Συστήματα 471-474, 672-676
ενδοσκελετοί 471, 472*, 473*, 474*, 475, 476
εξωσκελετοί **471**, 472*
απολιθωμένων ερπετών 474*
Σκελετικοί μύες **482***
μικροσκοπική δομή 211*
βλέπε επίσης γραμμωτός μυς
Σκίουρος 330*, 331
Σκληρωτικός χιτώνας 669
βλέπε επίσης Οφθαλμός
Σκύλοι
κατάταξή τους 22, 25*
σπονδυλική τους στήλη 473*
Σκώληκες 41*
βλέπε επίσης Γεωσκώληκες
Σλάιντεν, Μ. 197, 216
Σολωμός
ωά 229*
έμβρυα 152*
Σουλ., Γ.Χ. 333
Σούλιβαν, Σ. 132-133*
Σπείραμα **426**
Σπειράματα **390**
Σπειρύλλια 28*, 36*
Σπέμαν, Χ. 257-258
Σπέρμα **233**
βλέπε επίσης Αναπαραγωγικό σύστημα
Σπερματικός πυρήνας 226
Σπερματοδόχοι κύστεις **233**
Σπερματοζωάρια **220**
βλέπε επίσης Αναπαραγωγή
Σπηλαίων ζωγραφική 343*
Σπόγγοι 41*
ενδοσκελετοί τους 471
απεκκριτικές λειτουργίες 423
Σπογγώδες παρέγχυμα 127*, 366*
Σπόνδυλοι **473***, 474*
Σπονδυλωτά
απεκκριτικό σύστημά τους 425-431
αντίδρασή τους σε εξωτερικά, εσωτερικά ερεθίσματα 510
εσωτερικοί σκελετοί τους 472*, 473, 474*
μυικός ιστός τους 479-481
νευρικό σύστημά τους 459*, 464*, 730-731*
κοινωνική συμπεριφορά τους 522
Σπόρος 36*, 223, 224*
Σπορόζωα 37*
Σπόροι
αίτια λείων και συρρικνωμένων στα μπιζέλια 634-636
χαρακτηριστικά τους 622-623
διάδοσή τους 226, 227-228*
αναστολείς τους 437, 728
δομή τους 236*-247, 622
Στάνλεϋ, Β. 157-158
Στάντλερ, Α. 318
Στάρλινγκ, Ε. 382, 412
Στημόνας **226**
Στοιχεία **78**
απαραίτητα για τη ζωή 686
Στόματα
πολυκυττάρων φυτών **364**
άνοιγμα και κλείσιμο 364-365, 367*, 716-717
Στόμαχος 408*
βλέπε επίσης Πεπτικά συστήματα
Συμπαθητικό νευρικό σύστημα 730
βλέπε επίσης Νευρικό σύστημα
Συμπεριφορά **498**
επιθετική 526
βιολογικές ρίζες της 508-514
κατασκευή βομβύκιο 508-510, 514
επικοινωνία 504-505, 522, 530-532*, 533*, 534*
συνεργατικότητα 519-528
απόθεση ωών από βατράχους 617
και εξωτερικά ερεθίσματα 509
γενετικός προσδιορισμός της 509
επίδραση εξελίξεως 523
ανθρώπινη 513-514
ενδογενής 515, 738-740
διδαχής 502, 505-507
βαθμίδες 514
και ανάπτυξη πληθυσμού 540
λογική 503-505
αντίδραση **738**

κοινωνική 519-528
χώρου 528-530
μελέτες 497-498, 676-678
Σύναψη **457***
Συνεπικράτηση 285*
Συνεργασία 528, 534
στις κοινωνίες ζώων 520
βλέπε επίσης Συμπεριφορά, Κοινωνία
Συνοχής - υποτάσεως θεωρία **371,** 373, 717-718
Σύστημα Διεθνές (Διεθνές τυποποιημένο σύστημα μετρήσεων)
βλέπε SI
Συστολή
βλέπε Μυς
Συσωματώματα **90,** 91*
δημιουργία τους 585-586
Σφήκες 244*
Σφυγμώδη κενοτόπια 420*, 421
Σώματος μέγεθος και ανθρώπινα χαρακτηριστικά 342
S.I (Σύστημα Διεθνές: διεθνές τυποποιημένο σύστημα μετρήσεως) 683-684

T

Τακτιομός 738
Τάοεως υποδοχείς 487
Τατσύμ, Ε. 184*, 186, 187, 188, 189, 190, 607, 608
Τάι - Σαξ ασθένεια 288-289, 311, 356
Ταφονομία 352
Τελόφαση **205,** 207*
βλέπε επίσης Μίτωση
Τεμαχίων ή πλακών τεκτονική 55
Τένοντας **482**
βλέπε επίσης Μυς
Τένοντας, στο σκελετό σπονδυλωτών 475-476
Τέρνερ, σύνδρομο **307**
Τεστοστερόνη 442, 449
αναδράσεως συστήματα ελέγχου της 447*
βλέπε επίσης Ορμόνες
Τετράδες 222*, **223**
Τεχναλογία **13**
Τζιό, Ι.Χ. 306
Τζόνσον, Κ. 430*
Τίγρη 24*
Τοκετός 239
Τοξικές ουσίες 550
Τραμπλ, Π. 243
Τραχεία **390,** 399, 409
ανθρώπου 391*
εντόμου 390*-391
βλέπε επίσης Αναπνευστικά συστήματα
Τρίχας κύτταρο 211*
Τριχοειδή
κυψελίδων 394*
κυκλοφορία 648-650
σύνδεσμοι αρτηριών και φλεβών 379*
δομή τους 378*-380
Τριχοειδών δύναμη, στα φυτά 370
Τροπισμός 501*, 515, 737-738
Τρούνκα, Κ. 309
Τροφή **401**
τροφικές αλυσίδες 121, 538, 539*
και έντομα 529
και πληθυσμός 537-539
τροφική πυραμίδα 544, 545*, 546, 547, 550, 551*
σύνθεσή της 121
μεταφορά της στα φυτά 371-373
τροφικό δίκτυο 538
βλέπε επίσης Διαιταλόγιο, Πέψη
Τροφής διαμοιρασμός, συμπεριφορά 344
Τροφής παραγωγοί **546**
Τροφική αλυσίδα 121, **538,** 539*, 547, 561
Τροφική πυραμίδα **544,** 545*, 546, 547, 550, 551*
Τροφικό δίκτυο 538
TSH (θυρεοειδοτρόπος ορμόνη) **444**
TSH-RF (θυρεοειδοτρόπου ορμόνη εκλυτικός παράγοντας) **444**

Y

Υδριδική ευρωστία **333**
Υγρών ανταλλαγή, υπόθεση Στάρλινγκ 383
Υδατάνθρακες **97**
αποδόμησή τους 141
πέψη τους 410-411
στον κύκλο Κρεμπς 142
βλέπε επίσης Κυτταρίνη, Γλυκόζη, Γλυκογόνο, Άμυλο, Σάκχαρο
Ύδρα 212*
πεπτικό της σύστημα 404, 405*, 406
απεκκριτική λειτουργία 423
πρόσληψη τροφής 614
νευρικά κύτταρα 458*-459
αναπαραγωγή 220, 221*
μεταφορά υλικών και αχρήστων υλικών 374
Υδρόβια ζώα
αναπαραγωγή τους 229, 232
Υδρογόνο 74, 78, 79, 80*, 82*
δεσμοί 163
ιόντα και pH 83, 428-429
και $NADPH_2$ (βλέπε Φωτοσύνθεση)
διαδρομή κατά την αναπνοή **140,** 142-144, 145, 147
Υδρογόνου υπεροξείδιο 102
Υδρηλεκτρική ενέργεια 143*
Υδροκορτιζόνη 449
Υδρόλυση 401
Υδροξειδίου ιόντα 83
Υδροχλωρικό οξύ, στο στόμαχο 411
Υλικό καλλιέργειας απλό και πλήρες **607**
Υπεριώδης ακτινοβολία 84, 85, 115, 148*, 687
απορρόφηση από οξυγόνο και όζον 137
Ύπερος **226,** 616
Υποδοχείς **454**
χημικοί 670-671
αισθητικοί 453*-487
Υποείδος
καταγωγή νέων 331-332, 339
βλέπε επίσης Είδος
Υποθάλαμος **236*,** 237*, 238, 239, 240, 241, 438*, 444, 447, 448, 450*
ορμόνες 237*, 444, 447, 450*
βλέπε επίσης ενδοκρινείς αδένες
Υποθέσεις **5,** 6-9, 12, 16
κυτταρικής συμβιώσεως 203, 206, 214-215
πρωταρχικής ζωής 75-77
ετεροτροφίας **76**-77, 86, 89, 91, 95, 148*
δοκιμασία υποθέσεων 9-10
Υπολειμματικό όργανο 238
Υπολειπόμενα χαρακτηριστικά 277, 278, 279, 283, 284, 711
Υπολογιστής 13*
Ύπόφυση **236*,** 438*, 451
ορμόνες εκλυόμενες 446*-448, 449, 450
και δευτερεύοντα χαρακτηριστικά φύλλου 241
βλέπε επίσης ενδοκρινείς αδένες

Φ

Φάγοι, ιοί 159*
Φαγοκυττάρωση **404***
Φαινότυπος **278,** 283, 285*
Φαινυλαμανίνη 175
Φαιόφυτα 38*
Φακός, οπτικός, εμβρυονικός σχηματιομός του 259*-260
Φάλοινα, γαλάζια 23*, 537, 538*
Φάρυγγας
γεωσκώληκα 405*
πλατυέλμινθα 405*, 406
ανθρώπου 391*
Φάσμα 116
Φασολιά 246*, 247*
Φεραμόνη 529
Φερροδοξίνη

αλληλουχία αμινοξέων της 690
κρύσταλλά της 129*
στη φωτοσύνθεση 129, 701-702
Φίλλιπος, Ι. 522
Φλέβες
αίματος 374*, 378*, 380
φύλλου **364**, 366*
Φλέμμινγκ, Α. 1
Φλέμμινγκ, Γ. 198, 199
Φλογοκύτταρα 422*, **423**
Φλοίωμα **248**, **367**, 368*, 369*
κυκλοφορία θρεπτικών ουσιών 371-373
ηθμώδεις σωλήνες **369***
Φον Μπάερ, Κ. 250
Φον Φριτς, Κ. 531-532
Φον Χάλλερ, Α. 728
Φοξ, Σ. 88, 89
Φορντ, Π. 414, 415
Φράνκλιν, Ρ. 160-161, 162
Φράουλες, αγενής αναπαραγωγή των 220*
Φρύνος 20*
Φτέρες 39*
Φύκη 363
κυανοφύκη 36*, 132, 133, 214-215
φαιοφύκη 38*
χρυσοφύκη 38*
χλωροφύκη 38*
ερυθροφύκη 38*
αναπαραγωγή τους 220
Φυλές 359
Φύλο **25**, 36
Φύλο, καθορισμός του
στη *Δροσόφιλλα* 295
στους ανθρώπους 296*, 306*
ΧΟ σύνδρομα 307
ΧΧΥ και άλλα σύνδρομα 308-309
Φύλλα 363*, 496*
ανατομία του 127*, 364-366*, 646
χλωροφύλλη 127-128, 130-131, 596-597
και φωτοσύνθεση 129-132, 365-366
στόματα 364-366, 367*, 716
Φυσική επιλογή **59**, 60, 62-64, 223, 580-582
ενδείξεις 62-64
και απομόνωση 331, 335-339, 354-356
βλέπε επίσης εξέλιξη
Φυτά
αγενής αναπαραγωγή 33, 219*, 220*, 243, 260
κάμβιο **248**, **367**
κύτταρα 28*, 127*, 196*, 197*, 202*, 205*, 206*, 207*, 366*, 567-577
κυτταρική διαίρεση 204, 205*, 206*, 207*, 208
χλωροφύλλη 130-131, 630
κατάταξη 25, 39*-40*
κωνοφόρα 39*
ανάπτυξη 246*, 247*, 248*
πέψη 402
απέκκριση 421
ανθοφορία 40*, 225*, 226-228, 616-617
τροφής κυκλοφορία 371-373
απολιθώματα 364, 365*
ορμόνες 437, 728
φύλλα 127*, 362*, 363, 364-366*, 496*
μεριστώματα 243, 248, 260
μονοκοτυλήδονα και δικοτυλήδονα 247
μέρη 246*, 247*, 248*, 249*, 364*, 366*, 367*, 368*, 369*
γενεαλογικό δένδρο 270-271
φλοίωμα **248**, 249*, **367**, 369*
και φωτοσύνθεση (βλέπε Φωτοσύνθεση)
αναγέννηση 262
εγγενής αναπαραγωγή 226-228
άμυλο 657-658
μεταφοράς συστήματα 363-373
τραυτισμοί 501, 661-665, 676-677, 737-738
μεταφορά νερού 370-371, 644-647
ξύλωμα **248**, 249*, **367**, 369*
Φυτικές ορμόνες
αυξίνες 437
αναστολείς 437
Φυτοφάγα 546
Φυτοφάγοι 546
Φως
και φωτοσύνθεση 122
πολωμένο 98-99
ορατό 116*
Φωσφορικά οξύ 154
Φωσφορικοί δεσμοί
υψηλής ενέργειας 104, 105, 113
Φώσφορος 78, 79
Φωτοσύνθεση **117**, 134, 592-597
και κύκλος άνθρακα 125*, 699-700
και μεταβολή περιβάλλοντος 115-117
αντιδράσεις σκότους 125*, 697-699
εξάρτηση άλλων οργανισμών 138
εξίσωση 120-121
σχηματισμός γλυκόζης 139
στα φύλλα 364-366
φωτός απορρόφηση 131
αντιδράσεις φωτός 122-123, 127-130, 701-702
και ένταση φωτός 594-597
με οξυγόνο 118-121
Φωτοφωσφορυλίωση 128-129, 701-702

Χ

Χ - ακτίνων διάθλαση 160*
Χ - ακτίνων όργανα 320
Χ - τετράγωνο κριτήριο 715-716
Χάλντεϊν Τζ. Μπ. Σ. 75, 84, 90
Χάξλεϋ, Θ.Χ. 196-197
Χάξλεϋ, Χ.Ε. 486
Χαρακτηριστικά
επικρατή **227**, 278, 283, 284-286
γονιδιακή συχνότητα 324
υπολειπόμενα **227**, 279, 283
φυλοσύνδετα **296**, 297, 298-303
βλέπε επίσης Γενετική, Κληρονομικότητα
Χάρβεϋ, Γ. 374, 719-720
Χάρντυ - Βάϊνμπεργκ Αρχή 324-**327**, 713-715
Χάρτεμπεκ, Κ. 20*
Χειλόποδα 43*
Χειμερία νάρκη **723**-724
Χειρουργική μεταμόσχευση 261
Χελώνα, θαλάσσια 425, 470*
Χημεία
πέψεως 410-415
μυικής συστολής 487-491
νευρικής ώσεως (ηλεκτροχημεία) 460
φωτοσυνθέσεως 118, 120-130
αρχικής ατμόσφαιρας 77-84
βλέπε επίσης Χημικοί δεσμοί, Χημικές αντιδράσεις
Χημικές αντιδράσεις **81**, 98-99
ενέργεια ενεργοποιήσεώς τους 99
καταλύτες τους 100
ένζυμα 101*-102*
αναστροφή 102-103
βλέπε επίσης Χημικοί δεσμοί
Χημική ενέργεια 96
βλέπε επίσης Ενέργεια, Φωτοσύνθεση, Αναπνοή
Χημικοί δεσμοί 81
ομοιοπολικοί 81-82, 165
και εκλυόμενη ενέργεια 98-99
και ένζυμα 101*-102*
ιοντικοί 82-83
Χημικοί τύποι 79, 82
Χημικοί υποδοχείς 670-671
Χήνα 54
εντύπωση 505*-506
Χιλλ αντίδραση 128
Χιλλ, Ρ. 128
Χιμπαντζήδες
επικοινωνία μεταξύ τους 533*
ευφυία τους 342, 504*
αμοιβότητα στις πρωτεΐνες με τους ανθρώπους 348

γλώσσα σημείων 504
χρήση εργαλείων 349*
Χιτίνη 391
Χλαμυδομονάδα 210*
Χλωρισύχο Νάτριο 82
Χλωροκρουσινίνη 721
Χλωροπλάστες 36*, 127, 128*
Χλωροφύλλη 116, 134
και απορρόφηση φωτός 130, 131
χρωστικές 130
στα φυτάρια 630
Χλωρόφυτα 38*
Χολή 406
Χοληδόχος πόρος 408*, 410
Χοληφόρος αγωγός 408*
βλέπε επίσης Πεπτικό σύστημα
Χορδωτά 44*-45
Χόριον 231
Χουκ, Ρ. 196, 722
Χρόνος διπλοσιασμού πληθυσμού **541**
Χρονολόγηση, τεχνικές της 51
Χρυσόφυτα 38*
Χρωματίδη 204, 205, 209, 222*
Χρωματίνη 200*
Χρωματογραφία 124, 596-597
Χρωματόσωμα 295*, 296, 297, 298, 299, 307, 308
Χρωματοσώματα **159**, 185-186*, 192, 209, 634-636
ανωμαλίες τους 307-309, 311
ζώνωση 306*, **309**, 310*, 312
στην κυτταρική διαίρεση, βλέπε Μείωση, Μίτωση
ανασυνδυασμός τους **303**, 305*
στη *Δροσόφιλα* 304-305*
γονίδια 304, **306**, **310**, 313
γιγαντιαία 304, 306*, 312
ανθρώπου 296*, 306*-312
στη Μείωση, βλέπε Μείωση
στη Μίτωση, βλέπε Μίτωση
μη-διαχωρισμός τους **301**-302*, 312
Χ και Υ (φυλοκαθοριστικά) **295**-296, 297, 300-303, 307
βλέπε επίσης Γενετική
Χρωμοτοσωματική θεωρία κληρονομικότητας 312
Χρωματοσωματικός χάρτης 305*, 310*
Χρωματόσωμο - Χ **295***, 296, 297, 298, 299, 307, 308
Χρωστικές, κυκλοφορία οξυγόνου 721
Χυλός 410

Ψ

Ψευδόποδα 36*, 404*
Ψυχρόαιμα 722-723

Ω

Ωα **220**, 232
αμφιβίων 229
αυλάκωσή τους 253*
σύγκριση μεγεθών 251*
ανθρώπου 234, 240
ερπετού 231*
πειράματα Σπέμαν 257-258*
Ωαγωγοί **234**
Ωάρια **226**
Ωκεάνιοι οργανισμοί 22*
Ωοθήκες 229, 239, 240
ζώων 234*, 235*, 237*, 619-620
ανθοφόρων φυτών **236**, 616
λειτουργία τους 234-238
ορμόνες τους 235-237*
ανθρώπου 234*, 438*
Ωοθυλακίου στάδιο **234**
Ωορρηξία **235**, 241
Ώση
βλέπε Νευρική ώση
Ωχρό σωματίδιο **235***

Πηγές εικονογραφήσεως

Όλες οι φωτογραφίες εκτός εάν αναφέρεται αλλιώς αποτελούν ιδιοκτησία της B.S.C.S.
Όλα τα σχέδια και η εικονοποίηση, εκτός εάν αναφέρεται αλλιώς έχουν σχεδιασθεί από το Επιτελείο Εικονογραφήσεως B.S.C.S.

J.C. Allen & Son, 228. American Airlines, 557, center left. American Museum of Natural History, 52, bottom; 344, 351, right. Louise Ames, Gesell Institute of Child Development, 238. T.F. Anderson, E.L. Wollman and F. Jacob, 188. ANIMALS, ANIMALS, Lloyd Beasley, 232, bottom right. Anthro-Photo File/Kristina Cannon-Bonventre, 345, 353, top and middle. Anthro-Photo File Erik Trinkaus, 352. Daniel I. Arnon, 129. Holly Arrow, 243.

Elso S. Barghoorn, 68. Elso S. Barghoorn and J.W. Schopf, 73. Dr. Murray Barr, 306, bottom. George W. Beadle, 184, right. Barbara Behrendt, 21, lower left. Brownie Borden, Borden Productions, Inc., 24, upper right. Dr. Brian Bracegirdle and Parco Scientific Company, 418. Courtesy of Dr. Mark J. Brauer, Boston City Hospital, 264, 381. Andy Brilliant/Carol Palmer, 564, 590, 682. Trustees of the British Museum, 365, right. Brown Brothers, 726. H.G. Bungenberg de Jong, 91, upper right.

Bob Campbell, 345, bottom; 347, bottom. Courtesy Carolina Biological Supply Company, 21, upper right; 207, 221, 232, top left and right; 253, top row, all, middle row, all, bottom row, left; 443, top. Maggi Castelloe, 461. Center for Disease Control, Atlanta, Georgia, 15, bottom right; 169. Lynwood M. Chace, 229, 617. Walter Chandoha, 24, center left; 168, 308. Dr. Stanley N. Cohen, Stanford University, 186, center. Phil Coleman, Michigan State, 202, upper left, Dr. C. Lockard Conley, The Johns Hopkins University, 639. Consumer Products Safety Commission, 552. Perry Conway, 268. Courtesy of Adolph Coors Company, 107. Gene Cox, 96, right; 483.

H. Vannoy Davis, 24, center right. Walter Dawn, 28. Andrew Dixon, University of California, Los Angeles, 456, bottom left. Documerica, 393. Courtesy of Dover Publications, Inc., from *The Biology of the Laboratory Mouse*, Jackson Laboratory, 230.

James Eckert, 136, 536. Harold E. Edgerton, 279. Courtesy of Dr. Mercedes R. Edwards, New York State Department of Health, 203, right. Dr. Robert Eggen, 296. Sheryan P. Epperly, 557, top right. Courtesy Essex Institute, Salem, Ma., 323.

Alan Fantel, Department of Pediatrics, University of Washington, 239, left. Dr. Robert H. Fennell, University of Colorado Medical Center, 394. Courtesy of the Field Museum of Natural History, Chicago, 365, left. Courtesy of Pam S. Ford, Rocky Mountain Poison Center, Denver, 415. FPG/Willinger, *XII*. David Fritts, 4, upper right; 20, upper left; 266–267, 292, 400, 434–435, 436, 452, 494–495, 516, 523.

Herbert Gehr, *Life* Magazine © 1947 Time, Inc., 284. Eric Gravé, 194, 420. Joyce Greene, 4, left; 32, 33, left; 227, bottom right; 542.

Linda Hall Library, 196, bottom right; 197, 198, 720. Dr. C. Nash Herndon, 273. Chuck Herron, 557, bottom left. Historical Pictures, 118. M. Hofer, 275. C.A. Hopson, 55, left. H.E. Huxley, 484.

Institute de Recherches Scientifiques Sur le Cancer, Paris, France, 209. The International Rice Institute, 557, center right.

Robert Jurmain, 347, upper right and left.

Manfred Kage—Peter Arnold, Inc., 96, left; 481. Dr. Berwind P. Kaufman, University of Michigan, 306, top. Bert Kempers, 152, 241, 530. Dr. H.B.D. Ketilewell, University of Oxford, 581. James Kirkham, 186, right. A.K. Kleinschmidt, 161, bottom.

Joshua Lederberg, 187. Nina Leen, *Life* Magazine © 1964 Time, Inc., 505. Dr. Jacob Lerman, Massachusetts General Hospital, 433, bottom right, 729. Edwin R. Lewis, Thomas E. Everhart and Yehoshua Y. Zeevi, 457, bottom. Eli Lilly Co., 441, right. Aero Service Division, Litton Industries, 7.

K.C. Macdonald, 55, right. Stephen Maka, 226. Marathon Oil Company, 15, top left; 549, top right, bottom right. Lynn Margulis, Boston University, 214. Jean Marsh, 421. Media Services, 309. Courtesy Miami Seaquarium, 15, middle row left; 518, lower left. Oscar L. Miller, Department of Biology, University of Virginia and David M. Prescott, Department of Molecular, Cellular and Developmental Biology, University of Colorado, 404. John A. Moore, 1, 337, 500, top. C. Allan Morgan, 2, top; 18, 21, top row left, middle row left; 46, 94, 114, 170, 218, 244, 270, upper right; 314, 386, 470, 496, 500, middle right, bottom right; 518, lower right; 548, top; 549, bottom left; 557, top center; 560. Joseph Muench, 48, left; 710, left. Collection Musée de l'Homme, Paris, 351, left. Museum of Natural History, County of Los Angeles, 332. Museum of Science, Boston, 82.

NASA, 11, 87. NOAA, 66–67. National Center for Toxicological Research, Jefferson, Arkansas, 321, right. Courtesy of the National Foundation-March of Dimes, 358. © 1965 National Geographic Society

Diane Pitochelli, 24, top left. Keith Porter, 146.

S.A. Reed, 242. Dr. Ronald C. Reynolds and Dr. Werner W. Schulz, University of Texas Health Center at Dallas, 403, bottom. J. David Robertson, Duke University Medical Center, 110, 456, bottom right.

Sacred Heart Medical Center, Spokane, Washington, 322. Fred L. Samples, 518, top. de Saussure, "Chemische Untersuchungen über die Vegetation," 120. F.W. Schmidt, 480. Dr. Werner W. Schulz, 227, left. Peter Schweitzer, 556, lower left. Arthur Shay, FORTUNE magazine, 318. George Sheng, 402. Dr. Landrum B. Shettles, 235, 253, bottom right. Sbostal, 739. L.K. Shumway, 128. Richard Snow and *Journal of Stain Technology*, 186, left. Society for French-American Cultural Services and Educational Aid, 343. Hugh Spencer, 710, right. Rick Stafford, 261. Carl Struwe, Monkmeyer Press Photo, 416, center. © Charles G. Summers, Jr., pages X–XI, 360–361.

Edward L. Tatum, 184, left. Three Lions, 504. J.H. Troughton and K.A. Card, Physics and Engineering Laboratory, Department of Scientific and Industrial Research, Lower Hutt, New Zealand, 366.

Union Pacific Railroad, Colorphoto, 548, bottom. United Press International, 161, upper left and center. USDA-APHIS, 15, middle right. USDA Photo, 556, top right; middle right; 557, bottom right. University of California at Berkeley, Virus Laboratory, 91, bottom. John Urban, 321, left.

William Vandivert, 502. Ram S. Verma, 310, top. R.S. Virdee from Grant Heilman, 24, bottom.

Wards Natural Science Establishment, 738. Harry Wessenberg, 91, upper left. W.G. Whaley, University of Texas, 202, upper right; 206. Russell Whitehead, Macalester College, 203, left. Wide World Photos, 488. M.H.F. Wilkins, 161, upper right. M.H.F. Wilkins and Herbert Wilson, Biophysics Department, King's College, London, 160. M. Woodbridge Williams, 48, right. R.C. Williams, Virus Laboratory, University of California, 158. A.M. Winchester, 305, top. Don Wong/DPI, 453. G. Woodruff, D. Premack and K. Kennel, "Conservation of Liquid and Solid Quantity by the Chimpanzee," *Science*, Vol. 202, pp. 991–994, Figure 1C, 1 December 1978; Copyright 1978 by the American Association for the Advancement of Science, 342.

J.G. Zeikus, Department of Bacteriology, University of Wisconsin, 117. Martin H. Zimmermann, 373.