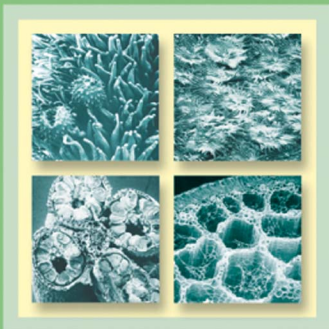


Μ. ΒΑΡΔΑΒΑΚΗΣ

Δ. ΖΟΥΖΟΥΛΑΣ

ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ & ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ



Κάθε γνήσιο αντίτυπο φέρει την υπογραφή του συγγραφέα

*Οι φωτογραφίες του εξωφύλλου λήφθηκαν
από τα βιβλία των Fahh, Troughion & Donaldson
και επεξηγούνται στις εικόνες 803, 806, 817 και 818.*

ISBN 960-431-834-9

© Copyright: Μ. Βαρδαβάκης, Δ. Ζούζουλας, Εκδόσεις Ζήτη,
Ιανουάριος 2003, Θεσσαλονίκη

Το παρόν έργο πνευματικής ιδιοκτησίας προστατεύεται κατά τις διατάξεις του Ελληνικού νόμου (Ν.2121/1993 όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει σήμερα) και τις διεθνείς συμβάσεις περί πνευματικής ιδιοκτησίας. Απαγορεύεται απολύτως η άνευ γραπτής άδειας του εκδότη κατά οποιοδήποτε τρόπο ή μέσο αντιγραφή, φωτοανατύπωση και εν γένει αναπαραγωγή, εκμίσθωση ή δανεισμός, μετάφραση, διασκευή, αναμετάδοση στο κοινό σε οποιαδήποτε μορφή (ηλεκτρονική, μηχανική ή άλλη) και η εν γένει εκμετάλλευση του συνόλου ή μέρους του έργου.



www.ziti.gr

**Φοτοστοιχειοθεσία
Εκτύπωση**

Π. ΖΗΤΗ & Σια ΟΕ

18ο χλμ Θεσ/νίκης-Περαιάς

Τ.Θ. 171 • Νέοι Επιβάτες Θεσσαλονίκης • Τ.Κ. 570 19

Τηλ.: 23920 72.222 (5 γραμ.) - Fax: 23920 72.229

e-mail: info@ziti.gr

Βιβλιοπωλείο

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΖΗΤΗ

Αρμενοπούλου 27 • 546 35 Θεσσαλονίκη

Τηλ. 2310 203.720, Fax 2310 211.305

e-mail: sales@ziti.gr

Το βιβλίο αυτό αφιερώνεται
στον Αλβέρτο Σβάϊτσερ (1875-1965)
Θεολόγο - Ιατρό

Ο Αλβέρτος Σβάϊτσερ, εμπνευσμένος από τα υψηλά ιδανικά του Ευαγγελίου, αφιέρωσε τη ζωή του στους συνανθρώπους μας στον τρίτο κόσμο. Στο πρώτο μισό του εικοστού αιώνα, όταν όλη η οικουμένη σφάζονταν, αυτός πάλευε, κάτω από τρομερά αντίξοες συνθήκες, για να γλιτώσει ανθρώπους από τις ασθένειες και την πείνα. Στα 1952 τιμήθηκε με το Νόμπελ Ειρήνης και τα λεφτά του βραβείου, 33.000 δολάρια, τα διέδωσε για να κτήσει καινούργια πτέρυγα στο νοσοκομείο, που είχε φτιάξει αυτός και οι συνεργάτες του στην Αφρική.

Στο πρόσωπο του Αλβέρτου Σβάϊτσερ, ανταποκρίνεται απόλυτα αυτό που είχε γράγει ένας πρόγονός μας, ο Μένανδρος: «Πόσο όμορφος είναι ο άνθρωπος, αν είναι άνθρωπος».

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η γνώση της δομής των φυτών είναι άκρως απαραίτητη για τους φοιτητές των γεωπονικών σχολών, διότι, εκτός των άλλων, συντελεί και στο να κατανοηθούν καλύτερα οι λειτουργίες αλλά και οι αντιδράσεις των φυτών προς το χερσαίο και το υδρόβιο περιβάλλον τους. Η ύλη του βιβλίου αυτού εκτίθεται περιεκτικά και αναφέρεται στα γυμνόσπερμα και στα αγγειόσπερμα. Στόχος των συγγραφέων είναι να δώσουν εκείνες τις γνώσεις, που σχετίζονται αποκλειστικά και μόνο με το γνωστικό αντικείμενο της γεωπονικής επιστήμης.

Η ύλη του βιβλίου διαιρείται στα επόμενα κεφάλαια: α) Φυτικό κύτταρο, β) Φυτικοί ιστοί και γ) Φυτικά όργανα. Ουσιαστικά μας όπλα, για να επικοινωνήσουμε με τον σύγχρονο Έλληνα, η ζωντανή του γλώσσα, η δημοτική, και η πλούσια εικονογράφηση. Επειδή στα κεφάλαια του βιβλίου αυτού χρησιμοποιούνται κυρίως οι μονάδες μm , nm και \AA , θεωρούμε σκόπιμο να αναφέρουμε ότι $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$, $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ και $\text{\AA} = 10^{-10} \text{ m}$.

Τέλος, δεν είναι δυνατό να μην ευχαριστήσουμε την καθηγήτρια του τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, κα Στέλλα Γαλανοπούλου, για τις εύστοχες παρατηρήσεις της στο σύγγραμμα αυτό.

Θεσσαλονίκη 2003

Μανώλης Βαρδαβάκης
Πτυχιούχος Γεωπονίας
-Παιδ. Ακαδημίας - Θεολογίας

Δημήτριος Ζούζουλας
Πτυχιούχος Βιολογίας
- Θεολογίας

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος	7
Εισαγωγή	13
Η εμφάνιση της ζωής	13
Η οικονομική σημασία των φυτικών οργανισμών	13
Οι κλάδοι της βοτανικής	14
Η εξέλιξη των οργανισμών	14
Η εξέλιξη της βοτανικής	14
Η ενασχόληση του ανθρώπου με τα φυτά	14
Τα φυτά και το περιβάλλον	14
Η χημική σύσταση των κυττάρων	14
Η ενεργειακή κατάσταση των φυτικών κυττάρων	16

A. Το Φυτικό Κύτταρο

Το φυτικό κύτταρο	19
Η βιομεμβράνη	19
Το κυτταρικό τοίχωμα	20
Το δεμελιώδες κυτόπλασμα	28
Ο πυρήνας	28
Διαίρεση του κυττάρου και των οργανιδίων του	35
Διαίρεση του πυρήνα	35
Μίτωση	35
Μείωση	37
Κυτταροδιαίρεση ή κυτοκίνηση	39
Τα πλαστίδια	39
Τα μιτοχόνδρια	44
Τα δικτυοσωμάτια (Συσκευή Golgi)	48
Τα μικροσωμάτια	49
Τα σφαιροσωμάτια	51
Τα ριβοσωμάτια	51
Βιοσύνθεση των πρωτεϊνών	52
Οι μικροσωληνίσκοι και τα μικροϊνίδια	53
Το ενδοπλασματικό δίκτυο	56
Τα χυμοτόπα	57
Μαστίγια και βλεφαρίδες	59

B. Οι Φυτικοί Ιστοί

Παρεγχυματικός ιστός	63
Στηρικτικός ή μηχανικός ιστός	64
Επιδερμικός ιστός	67
Εκκριτικός ιστός	82

Αγωγός ιστός	85
Μεριστώματα	94
Προστασία και δραστηριότητα των μεριστωμάτων	101

Γ. Τα Φυτικά Όργανα

Ο Βλαστός	113
Η εξωτερική μορφή του βλαστού	114
Η διάταξη των φύλλων στο βλαστό	115
Η πρωτογενής αύξηση του βλαστού	115
Το πρωτογενές αγωγό σύστημα των γυμνόσπερμων και των δικότυλων φυτών ..	116
Το πρωτογενές αγωγό σύστημα των μονοκότυλων φυτών	116
Η διαδρομή των ηθμαγγειωδών δεσμίδων στο βλαστό των φυτών	117
Η δευτερογενής αύξηση του βλαστού των σπερματοφύτων	118
Το δευτερογενές φλοιώμα του βλαστού (φλοιός ή φλούδα ή βίβλος) των γυμνόσπερμων & δικότυλων	119
Το δευτερογενές ξύλωμα του βλαστού των γυμνόσπερμων και δικότυλων	120
Η δευτερογενής αύξηση των μονοκότυλων	121
Η ασυνήθιστη δευτερογενής αύξηση ορισμένων φυτών	121
Οι μεταμορφωμένοι βλαστοί	122
Οι αποταμειωτικοί ιστοί	122
Οι αναρριχώμενοι βλαστοί	123
Το Φύλλο των Σπερματοφύτων	123
Διάφορες μορφές φύλλων των σπερματοφύτων	123
Ανατομική διάρθρωση του φύλλου των αγγειοσπέρμων (δικότυλων και μονοκότυλων)	126
Το αγωγό σύστημα των φύλλων των αγγειοσπέρμων	127
Ανατομική διάρθρωση του φύλλου των γυμνόσπερμων	127
Ανάπτυξη και μορφογένεση του φύλλου των σπερματοφύτων	128
Η αποκοπή των φύλλων των σπερματοφύτων	128
Τα μεταμορφωμένα φύλλα των σπερματοφύτων	129
Η Ρίζα των Σπερματοφύτων	131
Η μορφή και το μέγεθος των ριζών	131
Η δομή του άκρου της ρίζας	132
Η πρωτογενής αύξηση της ρίζας	132
Η δευτερογενής αύξηση της ρίζας	134
Ο οχηματισμός των πλευρικών διακλαδώσεων των ριζών	135
Η διάταξη του αγωγού ιστού στη μεταβατική περιοχή μεταξύ της ρίζας και του βλαστού	135
Οι μεταμορφωμένες ρίζες	135
Οι συμβιωτικές σχέσεις της ρίζας	136
Το Άνθος των Σπερματοφύτων ή Ανδοφύτων	137
Η μορφολογία του άνθους	137
Η ανατομική διάπλαση του άνθους των αγγειοσπέρμων	142
Η ανατομική διάπλαση του άνθους των γυμνόσπερμων	145
Ο Καρπός των Αγγειοσπέρμων	146
Το Σπέρμα των Σπερματοφύτων	148

Η εξωτερική μορφή του σπέρματος	148
Η ανατομική κατασκευή του σπέρματος	149
Το περιοσπέρμιο ή περίβλημα του σπέρματος	149
Το ενδοσπέρμιο	149
Το σπέρμα των δικότυλων φυτών	150
Το σπέρμα των μονοκότυλων φυτών	150
Το σπέρμα των γυμνόσπερμων	151
Η εμβρυογένεση στα δικότυλα	151
Η εμβρυογένεση στα μονοκότυλα	151
Η εμβρυογένεση στα γυμνόσπερμα	151
Η διασπορά των καρπών και των σπερμάτων	151
Η βλάστηση των σπερμάτων	152
Βλαστικές ή Βιολογικές Μορφές κατά Raunkiaer	153

Δ. Θέματα Εφαρμοσμένης Βοτανικής

Ιστοκαλλιέργειες	157
Πολλαπλασιασμός των φυτών	158
Τεχνητή επικονίαση των φυτών	158
Βελτίωση των φυτών	158
Μηχανισμοί προώθησης της σταυρογονιμοποίησης	160
Η πτώση των καρπών	161
Εισαγωγή γονιδίων στα φυτά	162
Είναι ασφαλής η απελευθέρωση στο περιβάλλον γενετικά τροποποιημένων τροφών;	164

Παράρτημα

Εικόνες Φυτών	169
Ευρετήριο Βοτανικών Όρων	473
Πηγές Σχημάτων	484
Βιβλιογραφία	485

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Εμφάνιση της Ζωής

Η αρχέγονη ατμόσφαιρα της γης περιείχε CO₂, CO, υδρατμούς, CH₄, H₂S, NH₃ και N₂. Τότε στην επιφάνεια της γης έφθαναν: α) Μετεωρίτες, κομήτες και μεσοαστρική σκόνη. β) Ηλεκτρικές εκκενώσεις. γ) Ακτινοβολίες από το διάστημα (υπεριώδης, ορατή κλπ.) και ακτινοβολίες προερχόμενες από τη διάσπαση των ραδιενεργών στοιχείων της γης (ραδίου, ουρανίου κλπ.). δ) Γεωθερμική ενέργεια από το εσωτερικό της γης με μορφή υδρατμών και λυωμένων πετρωμάτων. Υποδέχονται ότι ο συνδυασμός όλων των παραπάνω παραγόντων συνετέλεσε στο να δημιουργηθούν διάφορα αμινοξέα (βαλίνη, λευκίνη, γλυκίνη, αλανίνη, ασπαρτικό οξύ κ.α.), αλδεΐδες, γαλακτικό οξύ, λιπαρά οξέα κλπ. Αργότερα τα αμινοξέα συνδυάστηκαν και έδωσαν πρωτεΐνες (απλές ή σύνθετες). Κατόπιν σχηματίστηκε το ριβοζονουκλεϊνικό οξύ (RNA) και το δεσοξυριβοζονουκλεϊνικό οξύ (DNA). Υποτίθεται βέβαια, ότι το αρχέγονο εκείνο RNA αυτοπολλαπλασιαζόταν και είχε την ικανότητα σύνθεσης πρωτεϊνών.

Τα πρώτα κύτταρα (αρχέγονα κύτταρα) σχηματίστηκαν σε υδάτινο περιβάλλον κάτω από αναερόβιες συνθήκες πριν 3,5 δισεκατομμύρια έτη περίπου. Τα κύτταρα αυτά ήταν προκαρυωτικά δηλαδή το DNA δεν περιβαλλόταν από πυρηνική μεμβράνη και περιελάμβαναν: α) Ετερότροφα βακτήρια, τα οποία τρέφονταν με οργανικές ουσίες, που υπήρχαν στα νερά και β) Αυτότροφα κυανοβακτήρια (κυανοφύκη), τα οποία φωτοσυνθέτοντας απέδιδαν οξυγόνο (O₂) στην ατμόσφαιρα. Ακολούθησε μετατροπή του οξυγόνου σε όζον (O₃). Το όζον προστάτευε τα προκαρυωτικά κύτταρα από την υπεριώδη ακτινοβολία και επέτρεψε σε ορισμένα από τα κύτταρα αυτά να εισβάλλουν στην ξηρά. Πριν 1,5-1 εκατομμύρια έτη το DNA περιορίστηκε μέσα στην πυρηνική μεμβράνη και στη συνέχεια εμφανίστηκαν τα διάφορα οργανίδια των ευκαρυωτικών κυττάρων, όπως τα μιτοχόνδρια, οι κλωροπλάστες κ.α. Το βακτήριο *Thermoplasma acidophilum* είναι ένας προκαρυωτικός οργανισμός που διαθέτει πρωτεΐνες παρεμφερείς με τις ιστόνες, οι οποίες συναντούνται στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς και υποδέχονται ότι, ίσως ήταν ο πρόδρομος των ευκαρυωτικών οργανισμών. Στα αρχέγονα ευκαρυωτικά κύτταρα ενδοσυμβίωσαν βακτήρια και κυανοβακτήρια. Με τον τρόπο αυτό τα αρχέγονα ευκαρυωτικά κύτταρα απέκτησαν μιτοχόνδρια και κλωροπλάστες αντίστοιχα. Οι πρώτοι ευκαρυωτικοί οργανισμοί ήταν υδρόβιοι - μονοκύτταροι και αναπτύχθηκαν κοντά στις ακτές, όπου οι βροχές και τα ποτάμια έφερναν ανόργανες και οργανικές ενώσεις της ξηράς. Πριν 650 εκατομμύρια έτη άρχισαν να αναπτύσσονται πολυκύτταροι και πολυπλοκότεροι οργανισμοί. Οι μεταλλάξεις επίσης συνετέλεσαν στο να δημιουργηθεί τεράστιος αριθμός ειδών, φυτικών και ζωικών οργανισμών. Αργότερα, τα ευκαρυωτικά κύτταρα εξελίχθηκαν σε φύκη, φυτά, μύκητες, πρωτόζωα και ζώα.

Η εμφάνιση και η καταγωγή της ζωής όμως, παραμένει μυστήριο και άλυτο πρόβλημα.

Η Οικονομική Σημασία των Φυτικών Οργανισμών

Οι φυτικοί οργανισμοί παράγουν: α) Υδατάνθρακες όπως άμυλο (σιτάρι, ρύζι), σακχαρόζη (σακχαρότευτλα, σακκαροκάλαμο). β) Πρωτεΐνες (σόγια). γ) Έλαια (ελιά, ηλίανθος, αραβόσιτος, αραχίς). δ) Βιταμίνες. ε) Αρώματα. στ) Τανίνες. ζ) Ρητίνες. η) Αλκαλοειδή. θ) Χρωστικές. ι) Κηρούς. ια) Γλυκοζίτες. ιβ) Οξεικό οξύ. ιγ) Μεθανόλη και

αιθανόλη. ιδ) Ένζυμα. ιε) Φυτοορμόνες. ιστ) Ίνες για σχοινιά και υφάσματα (βαμβάκι, κάνναβη, αγαύη, κόρχορος). ιζ) Ελαστικό κόμμι. ιη) Φελλό. ιθ) Φαρμακευτικές ουσίες (ατροπίνη, μορφίνη, κινίνη). κ) Ξυλεία. κα) Χαρτί. κβ) Νικοτίνη και πυρεδρίνη, που είναι φυσικά εντομοκτόνα.

Στο παρελθόν οι φυτικοί οργανισμοί σχημάτισαν το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και τους γαιάνθρακες.

Το φυτοπλαγκτόν καταναλώνεται από το ζωοπλαγκτόν.

Οι μεταξοσκώληκες παράγουν μετάξι διατρεφόμενοι με φύλλα μουριάς.

Επίσης, διάφορα φυτά χρησιμοποιούνται ως καλλωπιστικά και ορισμένα χρησιμοποιούνται στην καλαθοπλεκτική.

Οι κλάδοι της Βοτανικής

Οι κλάδοι ή υποδιαιρέσεις της βοτανικής είναι: α) Η μορφολογία των φυτών. β) Η ανατομία των φυτών. γ) Η κυτταρολογία των φυτών. δ) Η ιστολογία των φυτών. ε) Η φυσιολογία των φυτών. στ) Η γεωγραφία των φυτών. ζ) Η παλαιοβοτανική. η) Η γενετική των φυτών. θ) Η οικολογία των φυτών. ι) Η θεωρητική βοτανική και ια) Η πρακτική ή εφαρμοσμένη βοτανική, η οποία περιλαμβάνει τα φαρμακευτικά, τα γεωπονικά και τα δασοκομικά φυτά.

Η Εξέλιξη των Οργανισμών

Παλαιότερα πίστευαν ότι τα είδη των φυτών και των ζώων εμφανίζονται ή γεννιούνται αυτόματα μέσα στην ιλύ ή στην οργανική ουσία. Αργότερα όμως απεδείχθη ότι όλα τα είδη των φυτών και των ζώων προέρχονται από όμοιους προγόνους. Σήμερα υποδέχονται, ότι οι υπάρχοντες φυτικοί και ζωϊκοί οργανισμοί προήλθαν από την εξέλιξη ενός αρχέγονου κυττάρου. Θα πρέπει όμως κατά την ταπεινή μας γνώμη η σύνθεση των συστατικών του αρχέγονου κυττάρου, αλλά και οι λειτουργίες της ζωής του να δόθηκαν και να ρυθμίστηκαν από το Δημιουργό.

Η Εξέλιξη της Βοτανικής

Ο Αριστοτέλης είναι ο πρώτος βοτανικός ο οποίος εγκατέστησε βοτανικό κήπο στην Αθήνα. Αργότερα ο Θεόφραστος περιέγραψε 500 είδη φυτών και τον τρόπο με τον οποίο σχηματίζονται οι ετήσιοι δακτύλιοι. Ο Διοσκουρίδης θεωρείται ο θεμελιωτής της φαρμακογνωσίας. Ο Πλίνιος έγραψε τη “φυσική ιστορία”. Ο Λινναίος επενόησε τη διπλή λατινική ονομασία των φυτών και ο Μέντελ ερεύνησε τους νόμους της κληρονομικότητας. Σήμερα για τη μελέτη των φυτών χρησιμοποιούνται το οπτικό και το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, αλλά και διάφορες βιοχημικές και μοριακές μέθοδοι.

Η Ενασχόληση του Ανθρώπου με τα Φυτά

Το 11.000 π.Χ. άρχισε η καλλιέργεια των φυτών. Το 6.500 π.Χ. στη Μεσοποταμία καλλιεργούνταν ροδιές, αμπέλια, μπιζέλια, κριθάρι, σιτάρι και φοινικόδενδρα. Τα δηλικά άνθη των τελευταίων επεκονίαζαν τεχνητά. Το 5.000 π.Χ. καλλιεργούνται στην Αίγυπτο το σιτάρι και το κριθάρι. Το 2.500 π.Χ. καταγράφηκαν τα φαρμακευτικά φυτά στη Μεσοποταμία.

Τα Φυτά και το Περιβάλλον

Η αύξηση και η βελτίωση της φυτικής παραγωγής θα πρέπει να επιτυγχάνεται χωρίς να διαταράσσεται το περιβάλλον. Επιβάλλεται δηλαδή λογική χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων και έλεγχος των μεταλλαγμένων φυτικών οργανισμών.

Η Χημική Σύσταση των Κυττάρων

Τα μεγαλομόρια τα οποία συναντούνται στα κύτταρα είναι κυρίως υδατάνθρακες, λιπίδια, πρωτεΐνες και πυρηνικά οξέα. Οι κυριότεροι δεσμοί που αναπτύσσονται στα

προηγούμενα μόρια είναι ο ιονικός, ο ομοιοπολικός, του υδρογόνου και οι δυνάμεις van der waals.

Οι κυριότερες λειτουργικές ομάδες οι οποίες συναντούνται στα φυτικά κύτταρα είναι οι παρακάτω: α) Οι υδρογονικές (-H), οι οποίες είναι λιποδιαλυτές. β) Οι υδροξυλικές (-OH), οι οποίες είναι πολικές, υδατοδιαλυτές και συναντούνται στις αλκοόλες. γ) Οι καρβονυλικές (>C=O), που συναντούνται στις αλδεΐδες και στις κετόνες. δ) Οι καρβοξυλικές (-COOH), οι οποίες είναι πολικές και συναντούνται στα λιπαρά οξέα, στα οργανικά οξέα και στα αμινοξέα. ε) Οι αμινικές (-NH₂), οι οποίες συναντούνται κυρίως στα αμινοξέα. Η αμινική ομάδα αντιδρά με την καρβοξυλική ομάδα ενός άλλου αμινοξέος και δημιουργείται ο πεπτιδικός δεσμός. ε) Οι φωσφορικές (-PO₄), οι οποίες είναι υδατοδιαλυτές, πολικές, όξινες και συμμετέχουν στη δομή των φωσφολιπιδίων και των πυρηνικών οξέων. στ) Οι σουλφυδρυλικές (-SH), οι οποίες σταθεροποιούν τη δομή των πρωτεϊνών.

Παρακάτω αναφέρονται οι σημαντικότερες οργανικές ενώσεις από τις οποίες δομείται το σώμα των φυτών.

Οι υδατάνθρακες. Οι ενώσεις αυτές αποτελούνται από C, H και O σε αναλογία 1C, 2H, 1O. Οι υδατάνθρακες παρέχουν ενέργεια στα κύτταρα. Στους μονοσακχαρίτες ή απλά σάκχαρα, περιέχονται 3-7 άτομα άνθρακα. Στους μονοσακχαρίτες υπάγονται η γλυκόζη, η φρουκτόζη, η ριβόζη και η γλυκεριναλδεΐδη. Στους μονοσακχαρίτες ανήκουν οι τριόζες, οι πεντόζες και οι εξόζες με 3,5 και 7 άτομα άνθρακα αντίστοιχα. Στους δισακχαρίτες, οι οποίοι αποτελούνται από δύο μονοσακχαρίτες υπάγεται η σακχαρόζη δηλαδή η ζάχαρη, η οποία αποτελείται από γλυκόζη και φρουκτόζη. Οι πολυσακχαρίτες αποτελούνται από πολλούς μονοσακχαρίτες. Στους πολυσακχαρίτες υπάγονται το άμυλο, η κυτταρίνη, οι πηκτίνες, οι ημικυτταρίνες, η καλλόζη κ.α. Στο άμυλο τα μόρια της γλυκόζης σχηματίζουν μια αδιακλάδιση και μια διακλαδισμένη αλυσίδα. Στην κυτταρίνη τα μόρια της β-d-γλυκόζης είναι ταγμένα σε μια γραμμική αλυσίδα. Οι πηκτίνες αποτελούνται από μόρια γαλακτουρονικού οξέος ή ραμνόζης ή γαλακτόζης ή αραβιζόνης ταγμένα σε μια αδιακλάδιση αλυσίδα, στην οποία συνήθως προστίθενται μόρια κυτταρίνης, Ca²⁺, Mg²⁺, ή CH₃. Οι υδατάνθρακες όταν ενωθούν με τα λίπη σχηματίζουν τα γλυκολιπίδια, ενώ όταν ενωθούν με τις πρωτεΐνες σχηματίζουν τις γλυκοπρωτεΐνες.

Τα λιπίδια. Οι ενώσεις αυτές διακρίνονται σε λίπη και σε έλαια, αποτελούν πηγή ενέργειας, διαλύονται στο βενζόλιο, στο χλωροφόρμιο, στον αιθέρα, στην ακετόνη, αλλά δε διαλύονται στο νερό. Τα λιπίδια με υδατάνθρακες σχηματίζουν γλυκολιπίδια και με πρωτεΐνες λιποπρωτεΐνες. Στα ουδέτερα λιπίδια, η γλυκερίνη (γλυκερόλη) ενώνεται με τρία λιπαρά οξέα κεκορεσμένα (με απλούς δεσμούς) ή ακόρεστα (με διπλούς δεσμούς). Στα φωσφατίδια η γλυκερίνη ενώνεται με δύο λιπαρά οξέα και με μια φωσφορική ομάδα. Η τελευταία συνδέεται συνήθως με κάποια χημική ομάδα. Στα λιπίδια υπάγονται επίσης οι κηροί, η φελλίνη και η κυτίνη.

Οι πρωτεΐνες. Οι ενώσεις αυτές αποτελούν ένζυμα των κυττάρων, δομικά στοιχεία του κυτταρικού σκελετού και ελέγχουν τη δράση των πυρηνικών οξέων. Ακόμη, συμμετέχουν στη δομή και στη λειτουργία των ριβοσωματίων, επιτρέπουν την κίνηση και την αναγνώριση των κυτταρικών μεμβρανών και ορισμένες πρωτεΐνες δρουν ως πεπτικά ένζυμα. Τα πρωτεϊνικά μόρια αποτελούνται από 20 αμινοξέα, που ενώνονται με διαφορετικούς συνδυασμούς, για να σχηματίσουν την τεράστια ποικιλία των πρωτεϊνών. Οι πρωτεΐνες συνήθως αποτελούνται από 50 έως 1000 αμινοξέα. Κάθε αμινοξύ αποτελείται από την αμινική ομάδα, την καρβοξυλική ομάδα, άτομα άνθρακα και υδρογόνου. Άτομα οξυγόνου, θείου ή η υδροξυλική ομάδα είναι δυνατό να υπεισέρχονται στο μόριο κάποιων αμινοξέων. Για να σχηματισθούν οι πρωτεΐνες χρησιμοποιούνται τα επόμενα 20 φυσικά αμινοξέα: Αλανίνη, βαλίνη, λευκίνη, ισο-

λευκίνη, προλίνη, μεθειονίνη, φαινυλαλανίνη, θρυπτοφάνη, γλυκίνη, σερίνη, θρεονίνη, κυστεΐνη, τυροσίνη, ασπαραγίνη, γλουταμίνη, ασπαρτικό οξύ, γλουταμινικό οξύ, λυσίνη, αργινίνη και ιστιδίνη. Μια πρωτεΐνη μπορεί να μεταβληθεί ή να παρεμποδιστεί η δράση της με την αλλαγή της θερμοκρασίας, των ιονικών συνθηκών, του ενδοκυτταρικού pH κλπ. Οι απλές πρωτεΐνες αποτελούνται αποκλειστικά από αλυσίδες αμινοξέων. Στις σύνθετες πρωτεΐνες ή πρωτεΐδια, στις αλυσίδες των αμινοξέων μπορούν να προστεθούν φωσφορικό οξύ, νουκλεϊνικά οξέα, σάκχαρα, λίπη, χρωστικές ή μέταλλα (Mn, Fe, Mo, Zn, Ca κ.α.). Κατά την πρωτογενή δομή των πρωτεϊνών τα αμινοξέα τους διατάσσονται γραμμικά. Κατά τη δευτεροταγή δομή των πρωτεϊνών τα αμινοξέα σχηματίζουν ένα νήμα μια έλικα ή ένα φύλλο, κατά την τριτοταγή δομή των πρωτεϊνών τα αμινοξέα σχηματίζουν μία πεπτιδική αλυσίδα, η οποία λαμβάνει τρισδιάστατη δομή π.χ. σφαιρική. Κατά την τεταρτοταγή δομή των πρωτεϊνών τα αμινοξέα σχηματίζουν δύο ή περισσότερες πεπτιδικές αλυσίδες, οι οποίες λαμβάνουν τρισδιάστατη δομή. Η σταθεροποίηση των πρωτεϊνών ενισχύεται με δεσμούς ομοιοπολικούς, υδρογόνου, δισουλφιδικούς και δυνάμεις van der Waals.

Τα πυρηνικά οξέα (νουκλεϊνικά οξέα). Ως νουκλεϊνικά οξέα χαρακτηρίζονται το DNA (δεοξυριβοζονουκλεϊνικό οξύ) και το RNA (ριβοζονουκλεϊνικό οξύ). Τα νουκλεϊνικά οξέα αποθηκεύουν και μεταφέρουν πληροφορίες, για να συντεθούν οι πρωτεΐνες. Επίσης μεταφέρουν ενέργεια. Οι υποομάδες οι οποίες επαναλαμβάνονται για να σχηματισθούν τα νουκλεϊνικά οξέα ονομάζονται νουκλεοτίδια. Κάθε νουκλεοτίδιο αποτελείται από μια φωσφορική ομάδα (PO₄), η οποία ενώνεται με ένα μόριο σακκάρου, το οποίο φέρει πέντε άτομα άνθρακα (ριβόζη για το RNA και δεοξυριβόζη για το DNA). Το προηγούμενο σάκχαρο ενώνεται περαιτέρω με πουρίνες (αδενίνη, γουανίνη), οι οποίες υπάρχουν στο DNA και στο RNA, θυμίνη η οποία συναντάται μόνο στο DNA και ουρακίλη η οποία συναντάται μόνο στο RNA). Έτσι στο DNA συναντούνται PO₄, δεοξυριβόζη, αδενίνη, θυμίνη, γουανίνη, κυτοσίνη, ενώ στο RNA συναντούνται PO₄, ριβόζη, αδενίνη, γουανίνη, κυτοσίνη και ουρακίλη. Το DNA έχει μορφή διπλής έλικας αριστερόστροφης ή δεξιόστροφης, ενώ τα RNA έχει μορφή απλής έλικας.

Η Ενεργειακή Κατάσταση των Φυτικών Κυττάρων

Η ενέργεια των φυτικών κυττάρων προέρχεται από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία του ήλιου, η οποία προσλαμβάνεται από αυτά. Τα ζώα αποκτούν ενέργεια οξειδώνοντας τους φυτικούς ή ζωϊκούς ιστούς, που καταναλώνουν. Η ενέργεια αποθηκεύεται στα φυτικά κύτταρα με το σχηματισμό ATP (τριφωσφορικής αδενοσίνης) και αποδίδεται με την υδρόλυση της ένωσης αυτής.



Α. ΤΟ ΦΥΤΙΚΟ ΚΥΤΤΑΡΟ



ΤΟ ΦΥΤΙΚΟ ΚΥΤΤΑΡΟ

Έχει βρεθεί ότι οι φυτικοί οργανισμοί είναι δομημένοι από ανεξάρτητες μορφολογικές και λειτουργικές μονάδες ζωντανής ύλης, τα κύτταρα. Τα τελευταία εμφανίζουν τις ιδιότητες της αύξησης, της εναλλαγής της ύλης, της αναπαραγωγής και της αντίδρασης προς τους εξωτερικούς παράγοντες. Τα κύτταρα των φυτών (εικ.1) αφενός διαφέρουν μορφολογικά μεταξύ τους ως προς το σχήμα (σφαιρικό, κυλινδρικό, πρισματικό κλπ.) και αφετέρου ως προς το μέγεθος, το οποίο συνήθως κυμαίνεται μεταξύ των 20-200 μm.

Κάθε φυτικό κύτταρο αποτελείται από το κυτταρικό τοίχωμα και τον πρωτοπλάστη. Ο τελευταίος αποτελείται από τον πυρήνα και το κυτόπλασμα. Το τελευταίο συνίσταται από την πλασματική μεμβράνη ή πλασμαλήμμα, το δεμελιώδες πλάσμα, τα ριβοσωμάτια, τους μικροσωληνίσκους, τα μικροϊνίδια, τα πλαστίδια, τα μιτοχόνδρια, το ενδοπλασματικό δίκτυο, τη συσκευή Golgi, τα μικροσωμάτια και τα χυμοτόπια. Το κυτόπλασμα περιφερειακά, εκεί όπου φέρονται τα πλαστίδια και οι μικροσωληνίσκοι, είναι στατικό. Το κεντρικό κυτόπλασμα όμως κινείται, (κύκλωση) και μεταφέρει σε διάφορες θέσεις τα πρωτεϊνικά μόρια για να χρησιμοποιηθούν.

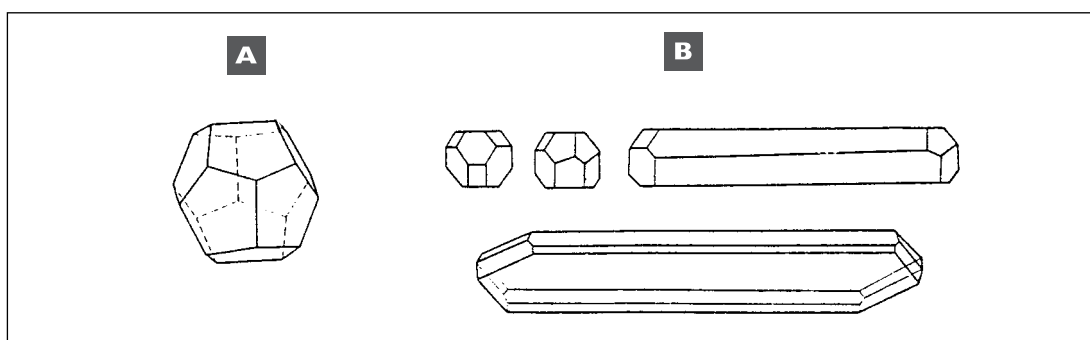
Οι προκαρυωτικοί οργανισμοί (βακτήρια και κυανοφύκη, εικ.2) διαφέρουν από τους

ευκαρυωτικούς οργανισμούς (εικ.782), δηλαδή από τους υπόλοιπους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς στα παρακάτω:

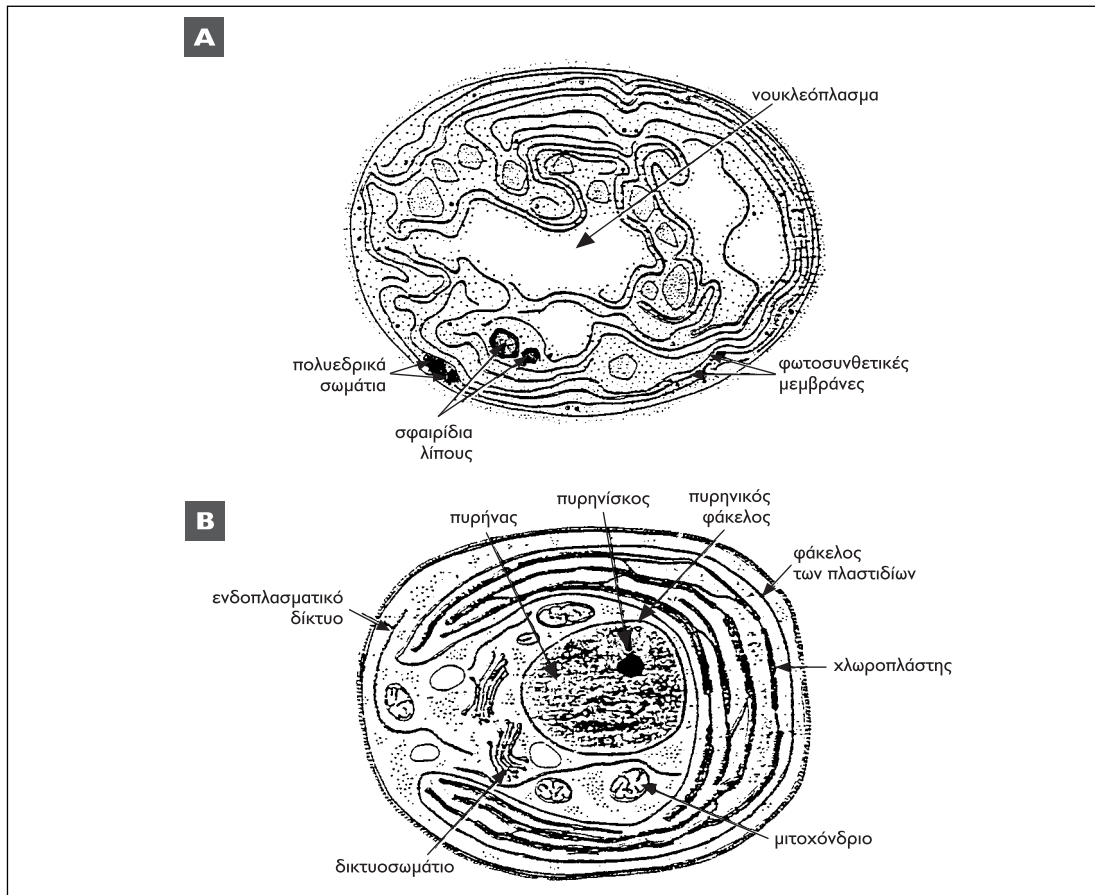
- α) Το DNA των προκαρυωτικών δε συνδέεται με ιστόνες, δεν οργανώνεται σε χρωμοσώματα και δεν περιβάλλεται από πυρηνικό φάκελο,
- β) Τα μόνα οργανίδια που διαθέτουν οι προκαρυωτικοί οργανισμοί είναι τα ριβοσωμάτια.

Η ΒΙΟΜΕΜΒΡΑΝΗ

Τα στοιχεία του κυττάρου στα οποία συναντούνται βιομεμβράνες είναι ο πυρηνικός φάκελος, τα μιτοχόνδρια, το πλασμαλήμμα, ο τονοπλάστης, το ενδοπλασματικό δίκτυο, τα δικτυοσωμάτια και τα μικροσωμάτια. Οι μεμβράνες αυτές συνίστανται από λιπίδια και πρωτεΐνες σε διαφορετική αναλογία, ανάλογα με το στοιχείο το οποίο περιβάλλουν. Οι βιομεμβράνες βοηθούν την πρόσληψη και την αποβολή ουσιών όπως νερού, ιόντων CO_2 , O_2 κλπ. Τα λιπίδια των μεμβρανών προσδίδουν σε αυτές ρευστότητα, ευκαμψία και ημιπερατότητα, ενώ οι πρωτεΐνες τις καθιστούν σταθερότερες. Κάθε μονάδα βιομεμβράνης σύμφωνα με τις σύγχρονες απόψεις αποτελείται από μια διπλή στιβάδα λιπιδίων μέσα στην οποία βρί-



Εικ. 1. Διάφορες εξωτερικές μορφές φυτικών κυττάρων: Α. δωδεκαεδρικό κύτταρο, Β. δεκαετρεαεδρικό κύτταρο.



Εικ. 2. Απεικόνιση του εσωτερικού δύο κυττάρων. **A.** Προκαρυωτικό κύτταρο ενός κυανοφύκου. **B.** Ευκαρυωτικό κύτταρο του πρασινοφύκου *Chlorella*.

σκονται πρωτεΐνες. Με τις προηγούμενες ουσίες συνδέονται και υδατάνθρακες. Μερικές από τις πρωτεΐνες της μεμβράνης προεξέχουν καμιά φορά και από τις δύο πλευρές (εικ. 3).

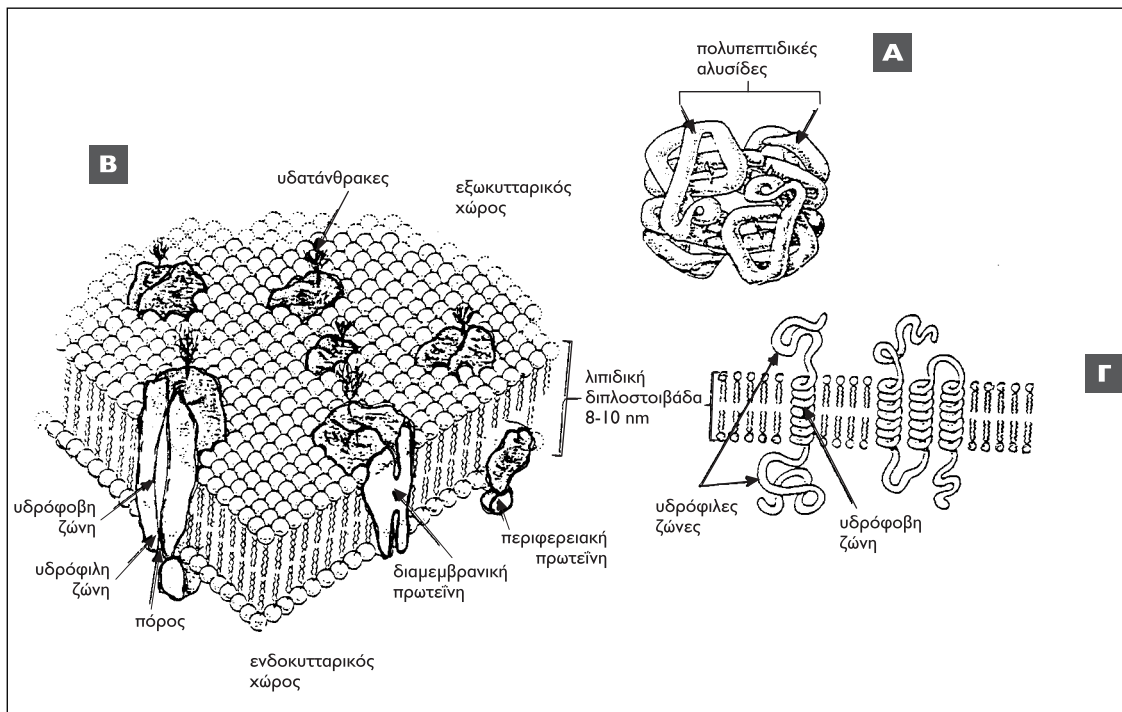
ΤΟ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟ ΤΟΙΧΩΜΑ

Όταν ένα κύτταρο διαιρείται σε δύο θυγατρικά κύτταρα, τότε σχηματίζεται στο μέσο του μητρικού κυττάρου η **μέση πλάκα**. Η τελευταία έχει μαλακή σύσταση, διότι αποτελείται από πηκτίνες και ενώνει χαλαρά τα δύο θυγατρικά κύτταρα μεταξύ τους. Η πλάκα αυτή γίνεται περισσότερο σκληρή εάν οι πηκτίνες ενωθούν με ιόντα Ca ή Mg, οπότε αποκτά πάχος 2 μm περίπου. Μετά τη μέση πλάκα θα σχηματισθεί το πλασμαλήμμα, το οποίο περιβάλλει κάθε θυγατρικό κύτταρο.

Το **πλασμαλήμμα** ή **πλασματική μεμβράνη** (εικ. 4) έχει συνολικό πάχος 9-12 nm και αποτελείται από μία λιπιδική διπλοστιβάδα,

στην οποία υπάρχουν μόρια πρωτεϊνών, σακχάρων, γλυκολιπιδίων και γλυκοπρωτεϊνών. Η λιπιδική διπλοστιβάδα συνίσταται κυρίως από φωσφολιπίδια, ουδέτερα λιπίδια, γλυκολιπίδια και αποτελεί το 40-50% του βάρους του πλασμαλήμματος. Οι πρωτεΐνες έχουν συνήθως διάμετρο γύρω στα 8 nm και αποτελούν το 35-40% του βάρους του πλασμαλήμματος. Οι πρωτεΐνες του πλασμαλήμματος διακρίνονται:

- α) Σε **εσωτερικές**, οι οποίες είναι βυθισμένες στη λιπιδική διπλοστιβάδα και απομακρύνονται με οργανικούς διαλύτες ή απορρυπαντικά.
- β) Σε **περιφερειακές** ή **εξωτερικές** οι οποίες βρίσκονται στην επιφάνεια του πλασμαλήμματος και απομακρύνονται με αλατούχα διαλύματα.
- γ) Σε **διαμεμβρανικές**, οι οποίες είναι ενιαίες πρωτεΐνες, που προεξέχουν από τη λιπιδική διπλοστιβάδα και συχνά συνδέονται με σάκχαρα. Οι πρωτεΐνες των μεμβρανών συντίθενται στα ριβοσωμάτια, τα οποία υπάρχουν ε-



Εικ. 3. Α. Τρισδιάστατη δομή των πρωτεϊνών παρατηρείται όταν συνδεθούν μεταξύ τους διάφορες πεπτιδικές αλυσίδες. Οι πεπτιδικές αλυσίδες δημιουργούνται από τη συνένωση διαφόρων αμινοξέων.
 Β. Απεικόνιση της δομής της μεμβράνης. Η διπλή στιβάδα των λιπιδικών μορίων φέρει τα υδρόφοβα άκρα στραμμένα προς το εσωτερικό και τα υδρόφιλα άκρα στραμμένα προς το εξωτερικό της μεμβράνης. Οι διαμεμβρανικές πρωτεΐνες διασχίζουν και προεξέχουν από τη λιπιδική διπλοστιβάδα, έχοντας υδρόφοβη την κεντρική τους ζώνη και υδρόφιλα τα άκρα τους. Σε μερικές διαμεμβρανικές πρωτεΐνες προσκολλούνται και ορισμένες περιφερειακές πρωτεΐνες. Επίσης, μικρές αλυσίδες υδατανθράκων προσκολλούνται στο εξωτερικό των λιπιδίων και των πρωτεϊνών.
 Γ. Απεικόνιση δύο διαμεμβρανικών πρωτεϊνών, μορφής απλής και τριπλής έλικας.

λεύθερα στο κυτόπλασμα ή είναι συνδεδεμένα με το Ε.Δ. Τα φωσfolιπίδια επίσης του πλάσμαλήματος συντίθενται στην κυτοπλασματική πλευρά του Ε.Δ. και μεταφέρονται στο πλάσμαλήμα με κυστιδία. Στο πλάσμαλήμα εντοπίζονται επίσης πολυκυστιδιακά σωμάτια και λοματοσωμάτια (τοπικές εγκολλώσεις).

Στο πλάσμαλήμα ακόμη συναντούνται και οι επόμενες ενώσεις:

- α) Η ΑΤΡάση που μεταφέρει το H⁺.
- β) Η γλυκοζυλοτρανσφεράση, η οποία μεταφέρει σάκχαρα.
- γ) Πιθανόν η κυτταρινάση.
- δ) Ένζυμα που μεταφέρουν αυξίνες και
- ε) Ενώσεις οι οποίες ενεργοποιούνται σε ορισμένα μήκη φωτός και προκαλούν τροπισμό.

Οι δραστηριότητες του πλάσμαλήματος είναι οι παρακάτω:

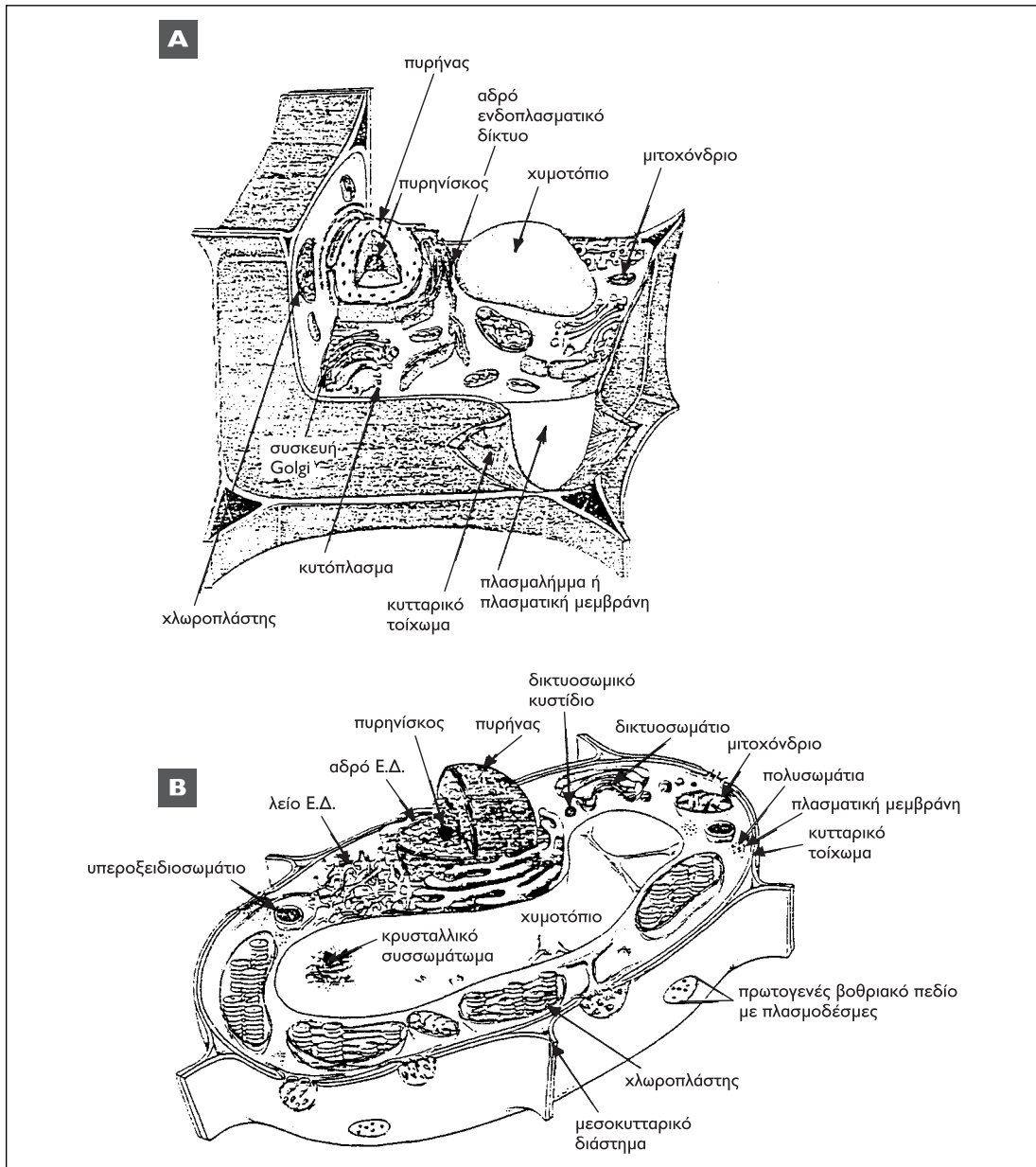
- α) Ρυθμίζει το είδος και την ποσότητα των

ουσιών, οι οποίες θα μεταφερθούν εντός και εκτός του κυττάρου.

- β) Συνδέει μικροϊνίδια κυτταρίνης με τη βοήθεια ειδικών ενζυμικών συμπλόκων, που βρίσκονται σε αυτό.
- γ) Προσλαμβάνει ερεθίσματα από το περιβάλλον και δραστηριοποιείται βιοχημικά και φυσιολογικά.
- δ) Διαφοροποιείται λειτουργικά και μορφολογικά πολλές φορές.

Η μεταφορά των μορίων μέσω του πλάσμαλήματος επιτελείται με τους ακόλουθους τρόπους:

- α) Με ενεργό μεταφορά κατά την οποία δαπανάται ενέργεια, που προέρχεται από την υδρόλυση του ΑΤΡ. Η μεταφορά του τρόπου αυτού γίνεται από τις διόδους των διαμεμβρανικών πρωτεϊνών. Ενδεχομένως κατά τη μεταφορά αυτή να μεταβάλλεται και η στερεοχημική διάταξη της μεταφερόμενης ουσίας. Εάν μεταφέρεται μία ουσία μόνο, η

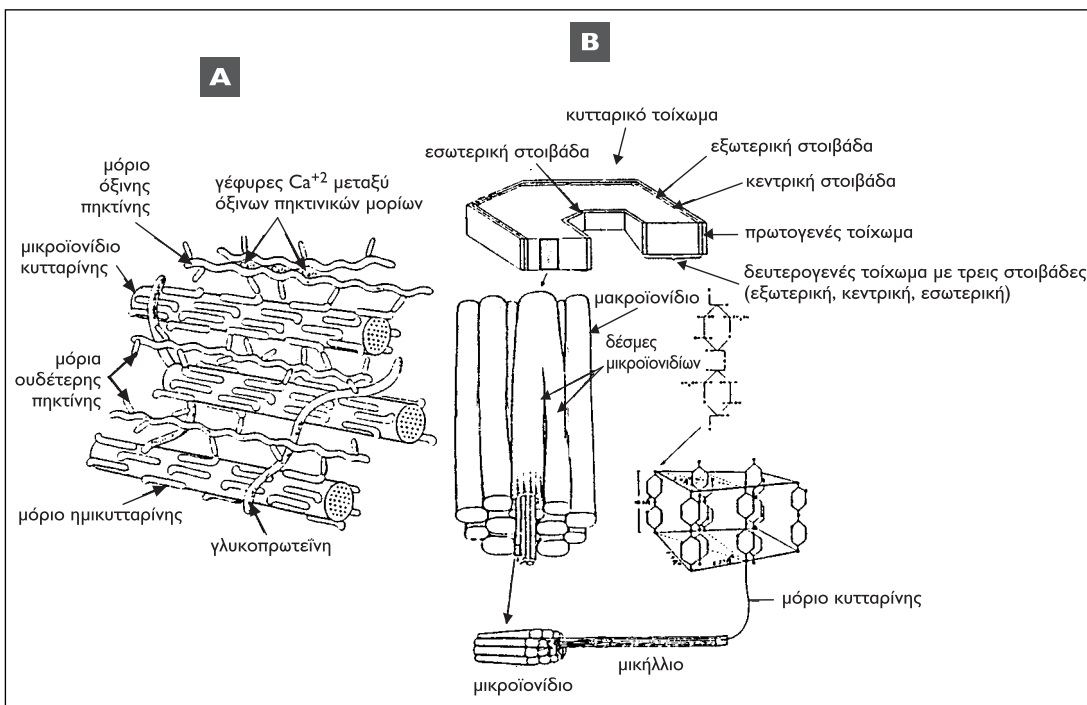


Εικ. 4. Α. & Β. Τρισδιάστατη απεικόνιση δύο φυτικών κυττάρων των σπερματοφύτων.

- μεταφορά λέγεται απλή. Εάν μεταφέρονται δύο ή περισσότερες ουσίες μαζί, η μεταφορά ονομάζεται συνδυασμένη. Στην τελευταία περίπτωση, όταν οι ουσίες μεταφέρονται προς την ίδια κατεύθυνση, η μεταφορά χαρακτηρίζεται ως συμμεταφορά, ενώ όταν οι ουσίες μεταφέρονται σε αντίθετη κατεύθυνση, η μεταφορά λέγεται αντιμεταφορά.
- β) Χωρίς δαπάνη ενέργειας με διάχυση των φορτισμένων υδρόφιλων μορίων, μέσω των εσωτερικών πρωτεϊνών του πλασμαλήμματος.
- γ) Τα λιπόφιλα μόρια διαχέονται μέσω του λιπιδικού στρώματος του πλασμαλήμματος,

ενώ τα υδρόφιλα μόρια διαχέονται μέσω των διαμεμβρανικών πρωτεϊνών.

- δ) Τα μεγάλα μόρια των πολυσακχαριτών και των πρωτεϊνών δεν μπορούν να μεταφερθούν μέσω των πρωτεϊνών και μεταφέρονται με **ενδοκύτωση** (φαγοκύτωση και πινοκύτωση). Κατά τη **φαγοκύτωση**, το πλασμαλήμμα προσλαμβάνει στερεές ουσίες, ενώ κατά την **πινοκύτωση** το πλασμαλήμμα προσλαμβάνει υγρές ουσίες. Οι ουσίες αυτές ελευθερώνονται στο κυτόπλασμα με τη βοήθεια κυστιδίων. Η έκκριση των ουσιών γίνεται με **εξωκύτωση**, κατά την οποία δι-



Εικ. 5. Α. Διαγραμματική απεικόνιση της μοριακής οργάνωσης στο πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα. Τα μόρια των ημικυτταρινών, π.χ. της ξυλογλυκάνης τάσσονται παράλληλα προς τα μικροϊνίδια της κυτταρίνης και συνδέονται μεταξύ τους με δεσμούς υδρογόνου. Επίσης, οι ημικυτταρίνες ενώνονται με τις ουδέτερες πηκτίνες, όπως π.χ. την αραβινογαλακτάνη Ι. Οι ουδέτερες πηκτίνες ενώνονται με τις όξινες πηκτίνες, όπως π.χ. τη ραμνογαλακτουρονάνη Ι. Οι πηκτίνες ενώνονται μεταξύ τους σχηματίζοντας δεσμούς Ca²⁺. Οι όξινες πηκτίνες ακόμη συνδέονται με πρωτεΐνες ή γλυκοπρωτεΐνες όπως π.χ. την εκτασίνη.

Β. Διαγραμματική απεικόνιση της κατασκευής του δευτερογενούς κυτταρικού τοιχώματος.

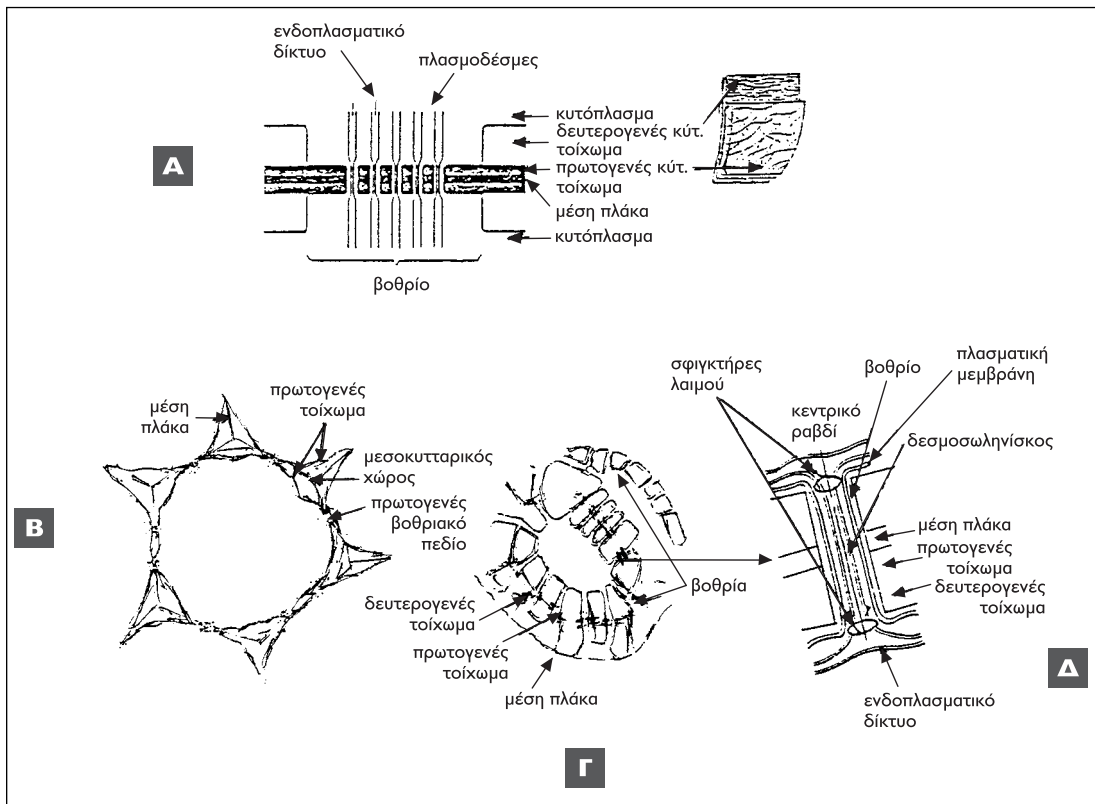
κτυσοσωμικά κυστίδια συντήκονται με το πλασμαλήμμα και ακολούθως αποβάλλουν το περιεχόμενό τους εκτός του κυττάρου.

Μεταξύ της μέσης πλάκας και του πλασμαλήμματος, που αναφέρθηκαν προηγουμένως, παρεμβάλλεται το κυτταρικό τοίχωμα, το οποίο περιβάλλει το κύτταρο. Το **κυτταρικό τοίχωμα** (εικ. 4, 5, 7) είναι μία ελαστική-ανθεκτική κατασκευή, η οποία καθορίζει τη μορφή και τις διαστάσεις του κυττάρου, προστατεύει το εσωτερικό του κυττάρου και επιτρέπει την είσοδο ή την έξοδο από το κύτταρο διαφόρων ουσιών όπως νερού, ιόντων, απεκκριμάτων κλπ. Στο πλασμαλήμμα βρίσκονται μόρια των ενζύμων, συνδετάσες της κυτταρίνης, οι οποίες προσλαμβάνουν μόρια γλυκόζης από το δεμελιώδες πλάσμα και σχηματίζουν μόρια κυτταρίνης. Τα μόρια της κυτταρίνης αποτίθενται εξωτερικά του πλασμαλήμματος και εσωτερικά της μέσης πλάκας σε παράλληλες σειρές, οι οποίες είναι ενωμένες πλευρικά μεταξύ τους. Πολλά παράλληλα μόρια κυτταρίνης απαρτίζουν ένα **μικρήλιο**. Πολλά παράλληλα μικρήλια

σχηματίζουν ένα **μικροϊνίδιο**. Πολλά παράλληλα μικροϊνίδια αποτελούν ένα **μακροϊνίδιο** και πολλά παράλληλα μακροϊνίδια οικοδομούν το **κυτταρικό τοίχωμα**. Μεταξύ των μορίων της κυτταρίνης των μικηλλίων, των μικροϊνιδίων και των μακροϊνιδίων υπάρχουν κενοί χώροι, οι οποίοι είναι δυνατό να καταληφθούν από μόρια πηκτινών, ημικυτταρινών ή πρωτεϊνών, που ενώνονται μεταξύ τους (εικ. 5). Έχει παρατηρηθεί ότι η διεύθυνση των μικροϊνιδίων της κυτταρίνης συμπίπτει με τη διεύθυνση των μικροσωληνίσκων, οι οποίοι βρίσκονται στην περιφέρεια του κυτοπλάσματος αμέσως κάτω από το πλασμαλήμμα.

Το κυτταρικό τοίχωμα συνίσταται από τις επόμενες οργανικές ενώσεις:

α) Τις **ημικυτταρίνες**, οι οποίες είναι πολυσακχαρίτες και αποτελούνται από γλυκόζη ή μαννόζη ή ξυλόζη. Τύποι των ημικυτταρινών είναι η ξυλογλυκάνη, η β-1,3 και η β-1,4 γλυκάνη, η αραβινογαλακτάνη ΙΙ, οι μαννάνες, οι γλυκομαννάνες, γλυκουρομαννάνες και η καλλόζη. Η τελευταία αποτελείται από



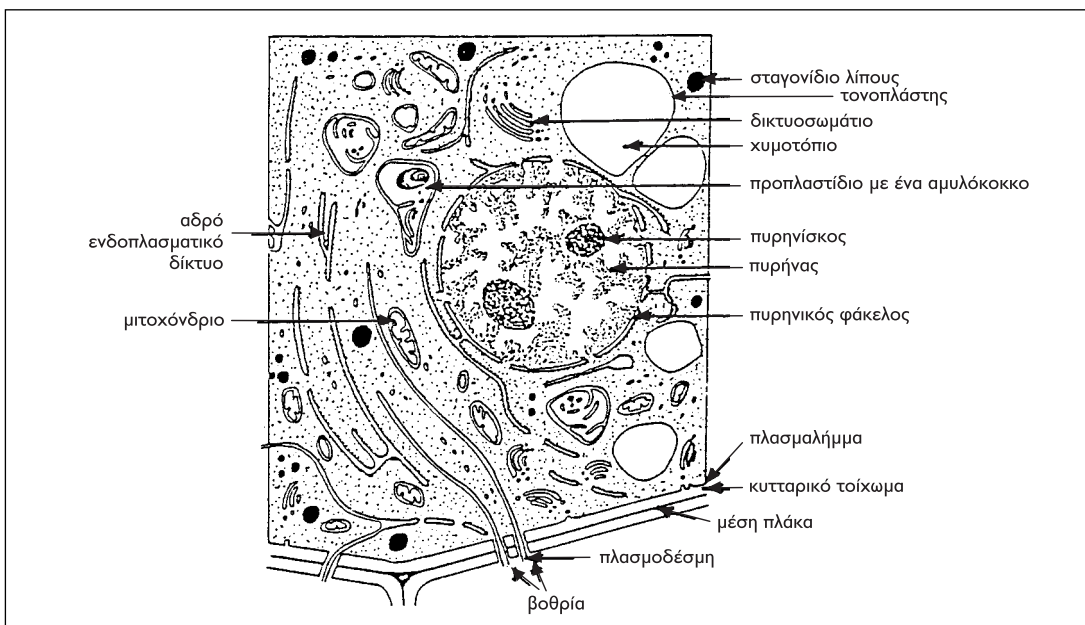
Εικ. 6 Α. Απεικόνιση των βοθρίων, των πλασμοδεσμών, της μέσης πλάκας και του προσανατολισμού του πρωτογενούς και δευτερογενούς τοιχώματος.
 Β. Πρωτογενή βοθριακά πεδία παρεγχυματικών κυττάρων.
 Γ. Κύτταρα με πρωτογενή και δευτερογενή τοιχώματα και πολυάριθμα απλά βοθρία.
 Δ. Απεικόνιση μιας τυπικής πλασμοδέσμης.

μόρια γλυκόζης ταγμένα ελικοειδώς. Η καλλόζη επενδύει τους πόρους των ηθμωδών πλακών ή τους γυρεοκόκκους και αποφράσσει τους πόρους των ηθμωδών πλακών ή τα βοθρία.

- β) Τις **πηκτίνες** που υποδιαιρούνται σε ουδέτερες και όξινες. Οι ουδέτερες περιλαμβάνουν την αραβινάνη, η οποία αποτελείται από αραβινόζη, τη γαλακτάνη, η οποία σχηματίζεται από τη γαλακτόζη και την αραβινογαλακτάνη I, η οποία αποτελείται από αραβινόζη και γαλακτόζη. Οι όξινες πηκτίνες περιλαμβάνουν την ομοιογαλακτουρονάνη, η οποία αποτελείται από γαλακτουρονικό οξύ και τη ραμνογαλακτουράνη I και II, οι οποίες αποτελούνται από ραμνόζη και γαλακτουρονικό οξύ.
- γ) Τις **πρωτεΐνες**, οι οποίες περιέχουν υδροξυπρολίνη σε μεγάλη ποσότητα.
- δ) Τις **γλυκοπρωτεΐνες**, όπως π.χ. την εκτασίνη.
- ε) Την **κυτταρίνη**, η οποία συνίσταται από μό-

ρια γλυκόζης αδιακλάδια ταγμένα σε γραμμική αλυσίδα.

Το **πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα** (εικ. 5,783A) των θυγατρικών κυττάρων, δημιουργείται από απόθεση μορίων κυτταρίνης εξωτερικά του πλασμαλήμματος, ενώ διαρκεί η αύξηση των κυττάρων. Η απόθεση νέων μορίων κυτταρίνης στα ήδη υπάρχοντα δημιουργεί μια πάχυνση του τοιχώματος κατά στρώσεις ή στιβάδες. Τα αρχικά μικροϊνίδια της κυτταρίνης που αποτίθενται, εμφανίζονται να είναι πλεγμένα μεταξύ τους ακανόνιστα. Με την αύξηση όμως της ηλικίας των κυττάρων και στο τέλος της αύξησής τους αποτίθενται νέα μικροϊνίδια κυτταρίνης εσωτερικά των προηγούμενων και εξωτερικά του πλασμαλήματος, οπότε δημιουργείται το **δευτερογενές κυτταρικό τοίχωμα** (εικ. 5,783B). Το τοίχωμα αυτό απαρτίζεται συνήθως από τρεις στιβάδες (εξωτερική, κεντρική και εσωτερική). Κατά τη δευτερογενή αυτή πάχυνση, τα μικροϊνίδια τείνουν να λά-



Εικ. 7. Απεικόνιση τμήματος ενός νεαρού κυττάρου των σπερματοφύτων (όπως φαίνεται στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο), όπου διακρίνονται τα βοθρία και οι πλασμοδέσμες.

βουν παράλληλη διάταξη μεταξύ τους (εικ. 6). Σε ορισμένες όμως περιπτώσεις, σχηματίζεται και ένα τριτογενές τοίχωμα.

Η δομή των διαφόρων στρώσεων των κυτταρικών τοιχωμάτων είναι δυνατό να είναι ακανόνιστη ή κανονική. Η τελευταία διακρίνεται:

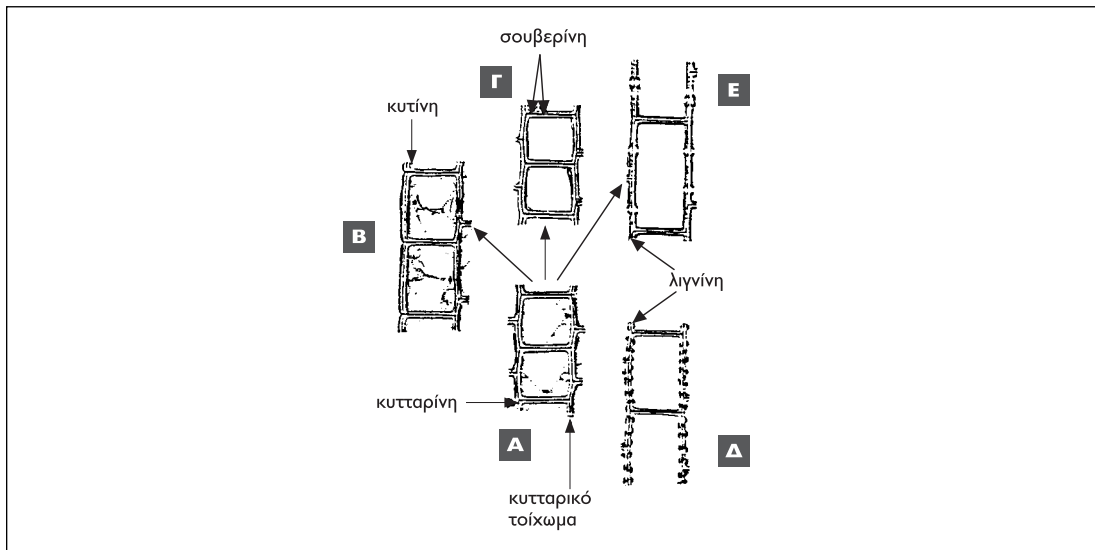
- α) Σε **ινώδη**, όπου τα μικροϊνίδια διατάσσονται παράλληλα προς τον κατά μήκος άξονα του κυττάρου.
- β) Σε **δακτυλιοειδή**, όπου τα μικροϊνίδια σχηματίζουν δακτυλίους, το επίπεδο των οποίων είναι κάθετο προς τον κατά μήκος άξονα του κυττάρου και
- γ) Σε **ελικοειδή**, όπου τα μικροϊνίδια διατάσσονται ελικοειδώς προς τον κατά μήκος άξονα του κυττάρου.

Ορισμένες περιοχές του κυτταρικού τοιχώματος δεν αυξάνονται όταν σχηματίζεται το πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα, αλλά παραμένουν λεπτές, δημιουργώντας έτσι τα **πρωτογενή βοθριακά πεδία**. Κατά τη δευτερογενή πάχυνση του κυτταρικού τοιχώματος, όταν το τοίχωμα αποκτά μεγαλύτερο πλάτος, τα υπάρχοντα βοθριακά πεδία αποκτούν μεγαλύτερες διαστάσεις και σχηματίζονται τα **βοθρία** (εικ. 6, 7).

Επειδή τα βοθρία των γειτονικών κυττάρων βρίσκονται αντικριστά ανά δύο, σχηματίζονται **ζεύγη βοθρίων**. Τα πρωτογενή βοθριακά πεδία συνήθως διαπερνούν διάυλοι από πλασμαλήμ-

μα, οι **πλασμοδέσμες** (εικ. 6, 7). Οι διάυλοι αυτοί έχουν διάμετρο 30-60 nm, μήκος 2 μm περίπου και στο κέντρο τους βρίσκεται ένας σωληνίσκος, ο **δεσμοσωληνίσκος** (εικ.784A), ο οποίος θεωρείται ότι προέρχεται από το ενδοπλασματικό δίκτυο. Οι κατασκευές των βοθρίων και των πλασμοδεσμών βοηθούν τα γειτονικά κύτταρα να επικοινωνούν μεταξύ τους. Γενικά η επικοινωνία μεταξύ δύο γειτονικών κυττάρων γίνεται με τις **πλασμοδέσμες** (εικ.784A), που υπάρχουν σε όλα τα ζωντανά κύτταρα των ανώτερων φυτών και συνήθως 5-15 ανά μm² επιφάνειας τοιχώματος. Η πλασμοδέσμη αποτελείται από πλασματική μεμβράνη που καλύπτει τον βοθριακό δακτύλιο και διακρίνεται σε απλή και σε σύνθετη ή διακλαδισμένη. Κάτω από την πλασματική μεμβράνη του διαύλου υπάρχει ένας δακτύλιος από 9 σωματίδια, που λειτουργεί ως σφικτήρας. Από το κέντρο του διαύλου που σχηματίζει η πλασματική μεμβράνη διέρχεται ο **δεσμοσωληνίσκος** διαμέτρου 12-13 nm. Ο τελευταίος σχηματίζεται από τον Ε.Δ. των γειτονικών κυττάρων. Μέσα από το δεσμοσωληνίσκο περνά ένα κεντρικό ραβδί.

Η μεταφορά υλικών διαμέσου των πλασμοδεσμών λέγεται συμπλαστική και διεξάγεται διαμέσου της πλασματικής μεμβράνης που επενδύει τα βοθρία, διαμέσου του κυτοπλά-



Εικ. 8. Απεικόνιση της ανάπτυξης των κυτταρικών τοιχωμάτων κατά την επιμήκυνση του βλαστού ενός σπερματοφύτου.

- A.** Κύτταρα, στα τοιχώματα των οποίων έχει αποθεθεί κυτταρίνη.
B. Απόθεση κυτίνης στην εξωτερική επιφάνεια των επιδερμικών κυττάρων (αφυμενίωση).
Γ. Απόθεση σουβερίνης μεταξύ των μικροϊνιδίων της κυτταρίνης (αποφέλλωση).
Δ & Ε. Απόθεση λιγνίνης κατά δακτύλιους ή σπείρες μεταξύ του πρωτογενούς κυτταρικού τοιχώματος και του πλασμαλήμματος δημιουργεί αποξύλωση και βοθρία στο τοίχωμα.

σματος, που υπάρχει μεταξύ της πλασματικής μεμβράνης και των δεσμοσωληνίσκων και διαμέσου των δεσμοσωληνίσκων.

Η μεταφορά υλικών, όπως π.χ. πηκτινών, υμενίνης, κηρών κλπ. στην επιφάνεια των εξωτερικών τοιχωμάτων των επιδερμικών κυττάρων επιτυγχάνεται με προώδησή τους διαμέσου πόρων, οι οποίοι υπάρχουν στα τοιχώματα αυτά και ονομάζονται **τειχόδια** ή **εκτοδέσμες**.

Έχει παρατηρηθεί ότι η πάχυνση των κυτταρικών τοιχωμάτων δεν είναι ομοιόμορφη σε όλες τις πλευρές του κυττάρου. Επίσης, εάν στο τοίχωμα μεταξύ των μορίων της κυτταρίνης αποθεθούν μόρια ξυλίνης ή λιγνίνης (μιας αρωματικής ένωσης), τότε το τοίχωμα γίνεται μεν στερεότερο, αλλά χάνει την ελαστικότητά του, δηλαδή υφίσταται **αποξύλωση** (εικ. 8). Η ξυλίνη αυξάνει την αντοχή των κυτταρικών τοιχωμάτων, εμποδίζει τη μεταφορά ουσιών, την είσοδο παθογόνων οργανισμών στο κύτταρο, την αύξηση των κυττάρων και καθυστερεί την αποσύνθεση των κυτταρικών τοιχωμάτων από τα βακτήρια και τους μύκητες. Όταν στο κυτταρικό τοίχωμα εναποθεθούν μόρια φελλίνης ή σουβερίνης, η οποία είναι εστέρας του σουβερνικού οξέος, τότε το τοίχωμα υφίσταται **αποφέλλωση** (εικ. 8). Εάν στο κυτταρικό τοίχω-

μα αποθεθούν μόρια κυτίνης ή υμενίνης, η οποία είναι μίγμα υδροξυ-λιπαρών οξέων (ελαϊκού, παλμιτικού κ.α.) και των πολυεστέρων τους, τότε το τοίχωμα υφίσταται **αφυμενίωση** (εικ. 8). Εάν στο κυτταρικό τοίχωμα αποθεθούν βλέννες ή κόμμεα (πολυζαχαρίτες), τότε το τοίχωμα υφίσταται αντίστοιχα **αποβλένωση** ή **κομμίωση**. Τα κόμμεα είναι ζελατινώδη υλικά, τα οποία εμφανίζονται φυσιολογικά ή με τραυματισμό ή από προσβολή βακτηρίων ή μυκήτων. Όμως, στο κυτταρικό τοίχωμα, εκτός από τις οργανικές ουσίες, είναι δυνατό να αποθεθούν και ανόργανες ουσίες, όπως SiO_2 (**αποπυριτίωση**) και CaCO_3 ή οξαλικό ασβέστιο (**απασβεστίωση**). Η λιγνίνη, η σουβερίνη, η κυτίνη, οι βλέννες και τα κόμμεα παράγονται στο κυτόπλασμα, στα πλαστίδια ή στα μικροσωμάτια και μεταφέρονται στα κυτταρικά τοιχώματα διαμέσου του πλασμαλήμματος από τα δικτυοσωμάτια.

Εάν στην επιφάνεια του κυτταρικού τοιχώματος αποθεθεί **σποροπολλενίνη**, ένα πολυμερές καροτινοειδών ή εστέρων τους, τότε τα κυτταρικά τοιχώματα δε βιοαποικοδομούνται εύκολα. Απόθεση σποροπολλενίνης συναντάται στους γυρεοκόκκους. Πολλές φορές επίσης, τα κυτταρικά τοιχώματα εμποτίζονται με **ταννίνες**, οι οποίες είναι πολυ-υδροξυφαινολικές

ενώσεις. Οι ενώσεις αυτές οξειδώνονται και μετατρέπονται σε φλοιοβαφένια.

Εκτός όμως από την κατά πάχος αύξηση γίνεται και αύξηση της επιφάνειας του κυτταρικού τοιχώματος, με παρεμβολή νέων μορίων κυτταρίνης μεταξύ των ήδη υπαρχόντων. Επίσης μεταξύ των στοιχείων της κυτταρίνης του κυτταρικού τοιχώματος είναι δυνατό να παρεμβληθούν ακόμη άμορφες μάζες πηκτινών, ημικυτταρινών, πρωτεϊνών και κηρών.

Το πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα αποτελείται κυρίως από πηκτίνες και ημικυτταρίνες, ενώ 10-15% του όγκου του αποτελεί η κυτταρίνη. Επίσης, οι πρωτεΐνες υπεισέρχονται με ποσοστό μέχρι 10% του ξηρού του βάρους, ενώ η λιγνίνη συμμετέχει σε ελάχιστα ποσά στο πρωτογενές τοίχωμα. Το δευτερογενές τοίχωμα αποτελείται από κυτταρίνη συχνά μέχρι 95%, λιγνίνη μέχρι 35% και ελάχιστες πηκτίνες και ημικυτταρίνες.

Οι πηκτίνες είναι διακλαδισμένοι πολυζαχαρίτες, που περιέχουν συνήθως υψηλό ποσοστό γαλακτουρονικού οξέος, ενωμένου συχνά με ιόντα Ca^{2+} και περιέχονται στη μέση πλάκα. Η διάλυση της μέσης πλάκας συντελεί στο σχηματισμό των μεσοκυτταρικών χώρων.

Οι ημικυτταρίνες είναι διακλαδισμένοι πολυζαχαρίτες και αποτελούνται κυρίως από ξυλογλυκάνες και γλυκομαννάνες. Οι πρώτες απαντούν συνήθως στα μονοκότυλα, οι δεύτερες στα δικότυλα και οι τρίτες στα γυμνόσπερμα.

Η **κυτταρίνη** είναι μία ευθύγραμμη αδιακλάδιση αλυσίδα μήκους 1-7 μm , η οποία αποτελείται από χιλιάδες μόρια β -D-γλυκόζης (2000-6000 μόρια στα πρωτογενή τοιχώματα και 8000-14000 μόρια στα δευτερογενή τοιχώματα) ενωμένα μεταξύ τους με 1-4 γλυκοζιτικούς δεσμούς. Μεταξύ περίπου 70 ευθύγραμμων αλυσίδων κυτταρίνης αναπτύσσονται πλευρικά δεσμοί υδρογόνου και σχηματίζονται έτσι μικροϊνίδια κυτταρίνης. Τα μικροϊνίδια της κυτταρίνης είναι παράλληλα μεταξύ τους ή σχηματίζουν δακτυλίους ή έλικες. Μικρότερες μονάδες από τα μικροϊνίδια αποτελούν τα μικήλλα, τα οποία έχουν διάμετρο 3,5 nm. Πάνω στην επιφάνεια των μικροϊνιδίων της κυτταρίνης βρίσκονται τα μόρια των ημικυτταρινών, που συνδέονται με τα πρώτα με δεσμούς υδρογόνου. Οι μεσομικροϊνιδιακοί χώροι έχουν διάμετρο περίπου 20-40 nm και είναι μεγαλύτεροι στα πρωτογενή τοιχώματα από

ότι στα δευτερογενή. Πολλά μικροϊνίδια κυτταρίνης αποτελούν τα μικροϊνίδια της κυτταρίνης. Στο δευτερογενές τοίχωμα τα μικροϊνίδια της κυτταρίνης σχηματίζουν τρεις διαδοχικές στρώσεις με διαφορετικό προσανατολισμό μικροϊνιδίων της κυτταρίνης. Η κυτταρίνη υδρολύεται από τις κυτταρινάσες, που εκκρίνουν ορισμένα βακτήρια και μύκητες.

Το 5-10% του ξηρού βάρους του κυτταρικού τοιχώματος αποτελείται από πρωτεΐνες, π.χ. την γλυκοπρωτεΐνη εκτασίνη, η οποία περιέχει μέχρι και 40% του ξηρού βάρους της υδροξυπρολίνης. Στο κυτταρικό τοίχωμα περιέχονται επίσης ένζυμα όπως φωσφατάσες, υπεροξειδάσες, γλυκοσυλτρανοφεράσες, γλυκοσυλυδρολάσες, ενδογλυκανάσες κλπ.

Τα δευτερογενή κυτταρικά τοιχώματα των τραχεόφυτων εμποτίζονται σε ποσοστό 15-35% του ξηρού βάρους τους με άμορφη, ανθεκτική, σκληρή και άκαμπτη λιγνίνη. Η τελευταία προκύπτει από την ενζυμική αφυδρογόνωση της κωνιφερυλικής, της σιναπυλικής και της κουμαρυλικής αλκοόλης. Η λιγνίνη αποτίθεται στους μεσομικροϊνιδιακούς χώρους της κυτταρίνης.

Στο εσωτερικό του πρωτογενούς τοιχώματος αποτίθεται και αδιάβροχη **φελλίνη** ή **σουβερίνη**, που είναι οργανικά οξέα, τα οποία φέρουν στο μόριό τους αλκοολικές ομάδες και φαινόλες. Αποφελλωμένα τοιχώματα παρατηρούνται κυρίως τα κύτταρα του φελλού, της ενδοδερμίδας, του δεσμικού κολεού των φύλλων των αγρωστωδών και ορισμένων εκκριτικών σχηματισμών.

Στο εσωτερικό του πρωτογενούς τοιχώματος αποτίθενται επίσης **κηροί**, οι οποίοι είναι μίγματα εστέρων λιπαρών οξέων με ανώτερες αλειφατικές αλκοόλες. Οι κηροί συντίθενται στο Ε.Δ. και ακολούθως μεταφέρονται και επικρίουν τα εξωτερικά τοιχώματα των επιδερμικών κυττάρων των φυτικών οργάνων.

Στο κυτταρικό τοίχωμα των αγρωστωδών αποτίθεται διοξειδίο του πυριτίου. Στα κυτταρικά τοιχώματα των αγγείων του ξυλώματος μερικών φυτών των οικ. Lauraceae και Urticaceae και στα τοιχώματα των επιδερμικών κυττάρων των φύλλων μερικών ειδών της οικ. Tamaricaceae αποτίθεται ανδρακικό ασβέστιο.

Όλοι οι κυτταρικοί πολυζαχαρίτες του τοιχώματος που προαναφέρθηκαν συντίθενται στα δικτυοσωμάτια και στη συνέχεια τοποθετούνται

σε κυστίδια Golgi, τα οποία φτάνουν στην πλασματική μεμβράνη, όπου αποβάλλουν το περιεχόμενό τους με εξωκύτωση και συνενώνονται μαζί της. Οι πρωτεΐνες του τοιχώματος συντίθενται στο αδρό Ε.Δ., τοποθετούνται στα δικτυοσωμάτια, όπου γλυκοσυλιώνονται και ύστερα μεταφέρονται με κυστίδια Golgi και αποτίθενται στο κυτταρικό τοίχωμα. Η κυτταρίνη συντίθεται από τις συνδετάσες της κυτταρίνης, που βρίσκονται στην κυτταρική μεμβράνη ως σύμπλοκα. Τα στοιχεία των συμπλόκων αυτών είναι διαμεμβρανικές πρωτεΐνες, τοποθετημένες σε ευθύγραμμες σειρές ή **ροζέττες**. Κάθε ροζέττα αποτελείται από 6 στοιχεία, που είναι τοποθετημένα στις κορυφές ενός κανονικού εξαγώνου. Κάθε ένα στοιχείο που προαναφέρθηκε πιστεύεται ότι αντιπροσωπεύει ένα μόριο συνδετάσης της κυτταρίνης. Η εσωτερική πλευρά της πλασματικής μεμβράνης δέχεται μόρια UDP-γλυκόζης (ουριδίνη διφωσφορική-γλυκόζη), τα οποία συνενώνουν οι συνδετάσες της κυτταρίνης και παράγουν μόρια κυτταρίνης. Οι παραπάνω διαμεμβρανικές πρωτεΐνες κινούνται μέσα στη λιπιδική διπλοστιβάδα της πλασματικής μεμβράνης και αποδέχονται προς την αντίθετη κατεύθυνση και φορά τα μικροϊνίδια της κυτταρίνης. Η κίνηση των διαμεμβρανικών πρωτεϊνών γίνεται μέσα σε διαύλους που σχηματίζουν οι μικροσωληνίσκοι του περιφερειακού κυτοπλάσματος, που βρίσκεται σε επαφή με την πλασματική μεμβράνη. Τα μικροϊνίδια της κυτταρίνης που απετέθησαν στο τοίχωμα είναι παράλληλα προς τους προαναφερθέντες μικροσωληνίσκους. Καταστροφή των τελευταίων με κολχικίνη διαταράσσει τον προσανατολισμό των μικροϊνιδίων της κυτταρίνης. Όταν τα μικροϊνίδια τη κυτταρίνης προσανατολιστούν κάθετα ή παράλληλα προς τον κατά μήκος άξονα του κυττάρου, τότε το κύτταρο μπορεί να επιμηκυνθεί ή να διευρυνθεί αντίστοιχα.

ΤΟ ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΣ ΚΥΤΟΠΛΑΣΜΑ

Θεμελιώδες κυτόπλασμα ονομάζεται το υλικό του κυτοπλάσματος, το οποίο απομένει αν αφαιρεθούν όλα τα οργανίδια του κυττάρου. Το υλικό αυτό είναι ημίρευστο, ιξώδες, ελαστικό και περικλείεται από το πλασμαλήμμα. Τα τυπικά οργανίδια ενός κυττάρου είναι ο πυρήνας, τα μιτοχόνδρια, τα μικροσωμάτια, ο τονοπλάστης, το ενδοπλασματικό δίκτυο, τα δι-

κτυοσωμάτια, η πλασματική μεμβράνη, τα ριβοσωμάτια κ.ά. Το θεμελιώδες κυτόπλασμα κινείται συνεχώς και έχει τις επόμενες ιδιότητες :

- α) Μεταπίπτει από τη ρευστή κατάσταση (λύμα) σε λιγότερο ρευστή κατάσταση (πήγμα) και αντίστροφα.
- β) Είναι ελαστικό και διπλοδραστικό.
- γ) Έχει ιξώδες 2-3 φορές υψηλότερο από το ιξώδες του καθαρού νερού.

Στο θεμελιώδες κυτόπλασμα επιτελούνται:

- α) Ο μεταβολισμός της σακχαρόζης.
- β) Οι μετατροπές των μονοσακχαριτών και των ολιγοσακχαριτών.
- γ) Η γλυκόλυση.
- δ) Ο κύκλος των φωσφορικών πεντοζών και
- ε) Η σύνθεση των λιπαρών οξέων.

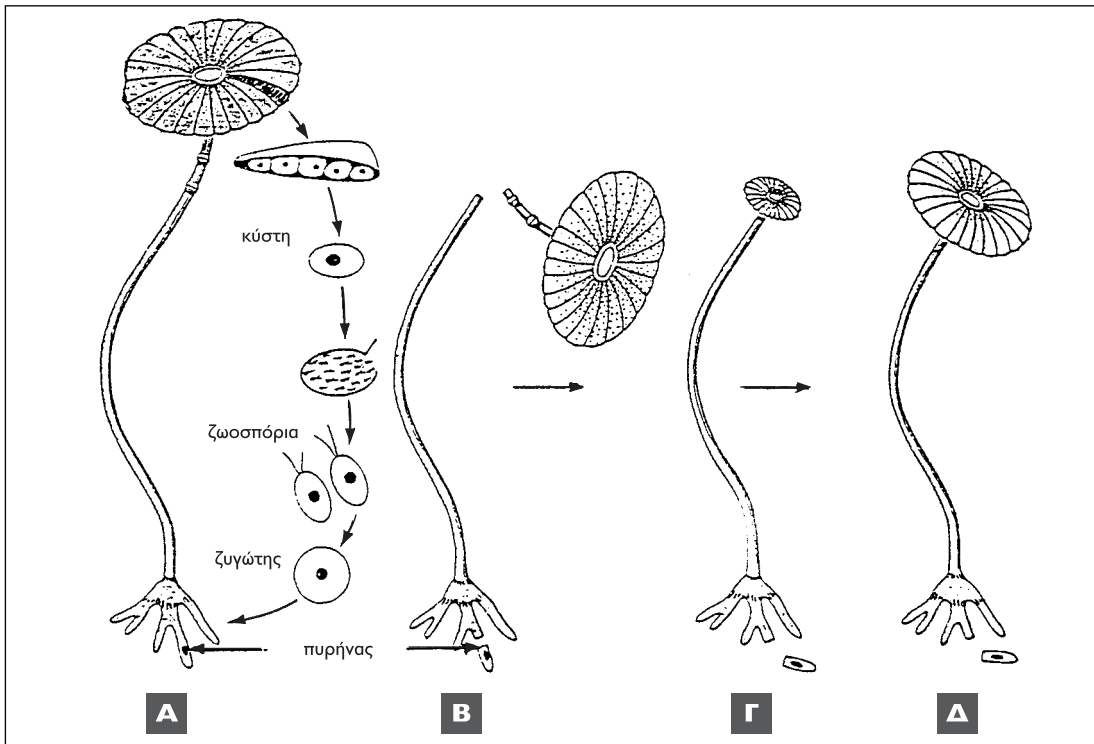
Το θεμελιώδες κυτόπλασμα είναι ένα μοριακό ή κολλοειδές διάλυμα και αποτελείται: Από 70-90% νερό, πρωτεΐνες (σφαιρικές ή νηματωειδείς, κυρίως ακτίνη και σωληνίνη), λιπίδια, υδατάνθρακες, άλατα (ανόργανα ή οργανικά), ηλεκτρολύτες, ATP, διαλυτό RNA, ένζυμα και πλήθος διαφόρων υδατοδιαλυτών ουσιών. Στο θεμελιώδες κυτόπλασμα οι μικροσωληνίσκοι και τα μικρονημάτια της ακτίνης βοηθούν στο να διατηρηθεί η μορφολογία των κυττάρων, διότι σχηματίζουν ένα τρισδιάστατο δικτυωτό πλέγμα.

Στην παράγραφο αυτή πρέπει να διευκρινιστούν και οι ακόλουθες έννοιες, οι οποίες συναντούνται στα επόμενα κεφάλαια. Οι έννοιες αυτές είναι:

- α) Το **κυτόπλασμα**, δηλαδή όλα τα οργανίδια του κυττάρου, τα χυμοτόπια και τα έγκλειστα, εκτός από τα κυτταρικά τοιχώματα και τον πυρήνα.
- β) Ο **πρωτοπλάστης**, δηλαδή το κυτόπλασμα μαζί με τον πυρήνα. Οι διαστάσεις του πρωτοπλάστη συνήθως κυμαίνονται από 0,025 έως 2 mm.
- γ) Το **πρωτόπλασμα**, δηλαδή οι πρωτοπλάστες δύο ή περισσότερων κυττάρων.

Ο ΠΥΡΗΝΑΣ

Ο **πυρήνας** (εικ. 785) είναι το οργανίδιο το οποίο ελέγχει τη δομή του κυττάρου, καθορίζει τη σειρά των αμινοξέων που θα συνθέσουν τις πρωτεΐνες στα ριβοσωμάτια, διπλασιάζει τα



Εικ. 9. Αναγέννηση του πλιδίου από ένα απύρηνο κύτταρο του φύκους *Acetabularia*.
A. Ένα κύτταρο της *Acetabularia*: ο πυρήνας βρίσκεται στην κορυφή ενός ριζοειδούς.
B. Ο πυρήνας και το πλίδιο έχουν αφαιρεθεί.
Γ. Ένα μικρό πλίδιο παράγεται.
Δ. Ανάπτυξη ενός μικρότερου πλιδίου από αυτό που αποκόπηκε.

χρωμοσώματα, καθορίζει και μεταβιβάζει τις γενετικές πληροφορίες και κατευθύνει το μεταβολισμό του κυττάρου. Από αυτά που προαναφέρθηκαν κρίνεται, ότι η ύπαρξη του πυρήνα είναι απαραίτητη για να ζήσει ένα κύτταρο. Στα ηθμώδη κύτταρα ο πυρήνας είναι εκφυλισμένος. Έχει αποδειχθεί ότι τα απύρηνα κύτταρα ζουν μόνο για λίγες ώρες ή μέρες. Εξαιρεση μοναδική του κανόνα αυτού αποτελεί το μονοκύτταρο πρασινοφύκος *Acetabularia* ύψους 2-5 cm, που αποτελείται από ένα πλίδιο, ένα στέλεχος και ένα ριζοειδές. Εάν απομακρυνθεί ο πυρήνας, που βρίσκεται σε ένα από τα ριζοειδή του, το φύκος αυξάνεται, αναπνέει, αφομοιώνει και σχηματίζει χλωροφύλλη μόνο για τρεις μήνες, διότι στο κυτόπλασμα του φύκους παρέμειναν ορισμένα ένζυμα και RNA. Εάν αποκοπεί επίσης το πλίδιο του φύκους, θα σχηματισθεί αργότερα ένα μικρότερο πλίδιο, το οποίο όμως δεν θα έχει την ικανότητα να παράγει ζωοσπόρια, από τη σύζευξη των οποίων θα παραχθεί ο ζυγώτης, δηλαδή το νέο άτομο μιας *Acetabularia* (εικ. 9).

Το σχήμα του πυρήνα είναι κανονικό (σφαιρικό, ατρακτοειδές, φακοειδές, πολυλοβωτό, νεφροειδές, επίμηκες, αστεροειδές κλπ.) ή ακανόνιστο και η διάμετρος του κυμαίνεται μεταξύ 0,5 και 600 μm. Μεγάλο πυρήνα διαθέτουν τα μεριστωματικά κύτταρα. Η θέση του πυρήνα βρίσκεται προς το κέντρο ή προς την επιφάνεια του κυττάρου. Ο πυρήνας είναι δυνατό να καταλάβει μέχρι το 75% του όγκου του κυττάρου. Ένα κύτταρο μπορεί να περιέχει μερικές εκατοντάδες πυρήνων. Στα ευκαρυωτικά κύτταρα (φύκη, μύκητες, λειχήνες, βρύοφυτα, πτεριδόφυτα και σπερματοφύτα) ο πυρήνας αποτελείται από τον πυρηνικό φάκελο, το πυρηνόπλασμα, την καρυολύμφη, τη χρωματίνη ή χρωματίδιο ή χρωμονήμα ή χρωμόσωμα και έναν έως μερικές εκατοντάδες πυρηνίσκους.

Ο **πυρηνικός φάκελος** (εικ. 10) αποτελείται από μία εξωτερική και μία εσωτερική μεμβράνη. Η τελευταία επενδύεται εσωτερικά από ένα δικτυωτό έλασμα πρωτεϊνών πάχους 3-10 nm. Στο έλασμα αυτό συνδέονται τα χρωμοσώματα

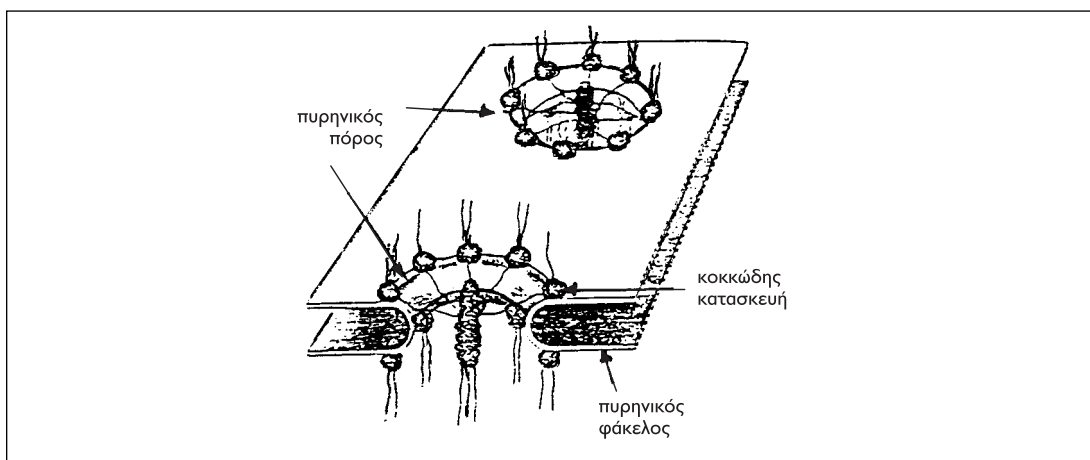
κατά τη μεσόφαση. Το **πυρηνικό φυλλίδιο** ή **έλασμα** είναι ένα δίκτυο ινιδίων, το οποίο σχηματίζεται από πρωτεΐνες, τις λαμίνες. Με το πυρηνικό έλασμα συνδέεται η χρωματίνη σε ορισμένα σημεία. Κατά την κυτταρική διαίρεση, τα πυρηνικά φυλλίδια αποπολυμερίζονται σε ολιγομερείς μορφές, ενώ ο πυρηνικός φάκελος διαιρείται σε πολλά μεμβρανώδη κυστιδία. Η ανακατασκευή του πυρηνικού φακέλου γίνεται με την ένωση των κυστιδίων αυτών, αφού συνδεθούν πρώτα με τη χρωματίνη. Κάθε μεμβράνη του πυρηνικού φακέλου έχει πάχος 5-6 nm. Μεταξύ των δύο μεμβρανών του πυρηνικού φακέλου υπάρχει το περιπυρηνικό διάστημα πλάτους 15-30 nm το οποίο περιέχει μόνο ένζυμα. Ο κούλος χώρος που υπάρχει μεταξύ των δύο αυτών μεμβρανών συγκοινωνεί με τους κούλους χώρους του ενδοπλασματικού δικτύου.

Στην επιφάνεια του πυρηνικού φακέλου υπάρχουν ριβοσωμάτια και κυκλικοί πυρηνικοί πόροι διαμέτρου 50-70 nm. Οι πόροι αυτοί είναι διάσπαρτοι άτακτα ή διατάσσονται γραμμικά ή ελικοειδώς. Ένας πυρήνας μπορεί να φέρει χιλιάδες εκατομμύρια πόρους. Οι πόροι αποτελούνται πιθανώς από γλυκοπρωτεΐνες. Στην περιφέρεια κάθε πόρου, τόσο στην εξωτερική όσο και στην εσωτερική μεμβράνη, υπάρχουν οχτώ κοκκοειδείς κατασκευές, κάθε μία από τις οποίες έχει διάμετρο 10-18 nm. Οι κατασκευές αυτές βρίσκονται σε ίσες αποστάσεις μεταξύ τους. Στο κέντρο κάθε πυρηνικού πόρου υπάρχει μία κατασκευή σχεδόν κυλινδρική ή σφαιρική διαμέτρου 5 nm. Η κεντρική αυτή κατασκευή δεν παρατηρείται πάντοτε. Από την

κατασκευή αυτή, αλλά και από τις 16 κοκκοειδείς κατασκευές κάθε πυρηνικού πόρου, ξεκινούν διάφορα ινίδια τα οποία κατευθύνονται τόσο προς το εσωτερικό όσο και προς το εξωτερικό του πυρήνα (εικ. 10). Από τους πυρηνικούς πόρους εξέρχονται διάφορα μόρια όπως rRNA (**ριβοσωμικό RNA**), mRNA (**αγγελιοφόρο RNA**), tRNA (**μεταγωγό RNA**) κλπ. και εισέρχονται ένζυμα, πρωτεΐνες (σωληνίνη, ιστόνες) και άλλες ουσίες. Τα μόρια του mRNA και του tRNA προέρχονται από την αντιγραφή τμημάτων του DNA, ενώ τα μόρια του rRNA προέρχονται από την αντιγραφή της **δευτερογενούς περίσφιξης (οργανωτή του πυρηνίσκου)**, από την οποία στο τέλος της πυρηνοδιαίρεσης θα σχηματισθεί ο πυρηνίσκος. Σε κάθε καρυότυπο υπάρχει ένας τουλάχιστον οργανωτής πυρηνίσκου.

Το **πυρηνόπλασμα** ή **καρυολύμφη** είναι διάφορες πρωτεϊνικής φύσεως ρευστές ουσίες, μέσα στις οποίες βρίσκονται τα χρωμοσώματα, ο πυρηνίσκος, ορισμένες πρωτεΐνες, πολυάριθμα ένζυμα κλπ.

Ο **πυρηνίσκος** είναι συνήθως μία σφαιρική διαθλαστική κατασκευή, διαμέτρου 2-5 μm και αποτελείται από DNA, RNA και πρωτεΐνες. Ο πυρηνίσκος σχετίζεται με τη σύνθεση του rRNA, με την παραγωγή των πρωτεϊνών και διαφόρων ενζύμων, αλλά και με τη δευτερογενή περίσφιξη, εξαιτίας της οποίας σχηματίζεται ο δορυφόρος του χρωμοσώματος. Ο πυρηνίσκος ή οι πυρηνίσκοι είναι μεγάλοι και πολυάριθμοι όταν το κύτταρο πρωτεΐνοσυνδέτει, ενώ εξαφανίζονται κατά τη διάρκεια της κυτταρικής διαίρεσης. Οι πυρηνίσκοι αλλάζουν



Εικ. 10. Σχηματική παρουσίαση των πυρηνικών πόρων και του πυρηνικού φακέλου σύμφωνα με φωτογραφίες που πάρθηκαν με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.