

35

Δομή, αύξηση και ανάπτυξη των φυτών

▲ **Εικόνα 35.1** Γιατί αυτό το φυτό έχει δύο τύπους φύλλων;

ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

- 35.1 Το σώμα του φυτού χαρακτηρίζεται από την ιεραρχική διάταξη των οργάνων, των ιστών και των κυττάρων του
- 35.2 Τα κύτταρα των νέων οργάνων παράγονται από το μερίστωμα
- 35.3 Με την πρωτογενή αύξηση επιμηκύνονται οι ρίζες και οι βλαστοί
- 35.4 Με τη δευτερογενή αύξηση αυξάνεται στα ξυλώδη φυτά η διάμετρος του κορμού και των ριζών
- 35.5 Το φυτικό σώμα προκύπτει από τρεις διεργασίες: αύξηση, μορφογένεση και διαφοροποίηση

ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

Τα φυτά διαθέτουν πλαστικότητα

Μια πολύ εντυπωσιακή ιδιότητα του υδρόβιου καλλωπιστικού *Cabomba caroliniana* (**Εικόνα 35.1**), ενός φυτού από αυτά που συνήθως τοποθετούνται στα ενυδρεία για αισθητικούς λόγους, είναι η εξαιρετική *αναπτυξιακή πλαστικότητά* του, δηλαδή η ικανότητα να μεταβάλλει τη μορφή του ανάλογα με τις τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Τα υποβρύχια φύλλα έχουν πολλαπλή και λεπτοφυή κατάτμηση, προσαρμογή που μειώνει την αντίστασή τους στα ρεύματα του νερού, επομένως τα προστατεύει από μηχανικές βλάβες, ενώ αντίθετα, τα φύλλα στην επιφάνεια του νερού είναι επίπεδα, με σχετικά μεγάλη επιφάνεια, ιδιότητα που τους επιτρέπει να επιπλέουν. Τα κύτταρα και στους δύο τύπους φύλλων είναι πανομοιότυπα, από γενετική άποψη, αλλά η διαφορά των

συνθηκών που επικρατούν στο άμεσο περιβάλλον κάθε τύπου φύλλου κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί διαφορετικά γονίδια. Τέτοιου είδους ακραίες εκφράσεις αναπτυξιακής πλαστικότητας είναι πολύ πιο συνήθεις στα φυτά απ' ό,τι στα ζώα και λειτουργούν ως αντιστάθμισμα στην αδυναμία των φυτών να μετακινηθούν και, κατά συνέπεια, να αντιμετωπίσουν διά της φυγής ενδεχόμενες δυσμενείς μεταβολές στις συνθήκες του ενδιαιτήματος όπου έχουν εγκατασταθεί.

Εκτός από τις ιδιαίτερες δομικές λύσεις που βρίσκει κάθε φυτό, σε ατομικό επίπεδο, ώστε να προσαρμοστεί στο εκάστοτε τοπικό περιβάλλον, υπάρχουν και προσαρμογές που έχουν συσσωρευθεί μέσω της φυσικής επιλογής σε επίπεδο είδους και οι οποίες καθορίζουν το σύνολο της εξωτερικής του μορφής, δηλαδή τη **μορφολογία** του. Χαρακτηριστικό αυτών των προσαρμογών είναι ότι εμφανίζουν μικρή ποικιλότητα μεταξύ ατόμων του ίδιου είδους. Λόγου χάρι, τα φύλλα στα περισσότερα είδη κάκτων, και ανεξαρτήτως των τοπικών περιβαλλοντικών συνθηκών, έχουν σμικρυνθεί σε τέτοιο βαθμό ώστε να μοιάζουν μάλλον με αγκάθια και, πλέον, να μην είναι αυτά το κύριο φωτοσυνθετικό όργανο, αλλά οι βλαστοί. Η συγκεκριμένη μορφολογική προσαρμογή αυξάνει τις πιθανότητες επιβίωσης και αναπαραγωγής των κάκτων, διότι η μείωση της επιφάνειας των φύλλων ελαττώνει σημαντικά την ποσότητα νερού που χάνεται μέσω της διαπνοής.

Στα φυτά και στα ζώα, η τελική μορφή που αποκτά το άτομο ενός είδους καθορίζεται τόσο από γενετικούς όσο και από περιβαλλοντικούς παράγοντες. Στα φυτά, ωστόσο, η επίδραση του περιβάλλοντος είναι μεγαλύτερη. Έτσι, τα άτομα του ίδιου φυτικού είδους εμφανίζουν μεγαλύτερη μορφολογική ποικιλία απ' ό,τι τα άτομα του ίδιου ζωικού είδους. Επί παραδείγματι, όλα τα λιοντάρια έχουν τέσσερα άκρα, ενώ το σωματικό τους μέγεθος στην ωριμότητα είναι παραπλήσιο. Αντίθετα, αν εξετάσουμε τα δέντρα

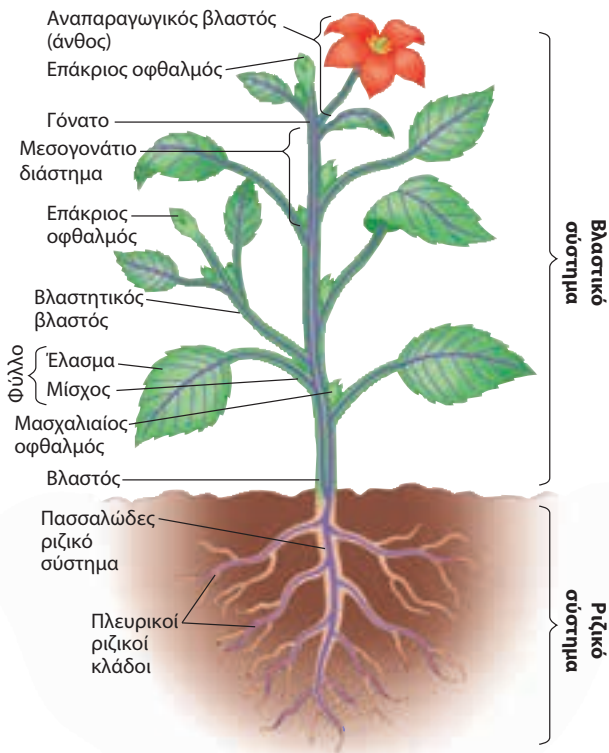
Το σώμα του φυτού χαρακτηρίζεται από την ιεραρχική διάταξη των οργάνων, των ιστών και των κυττάρων του

γκίνγκο θα διαπιστώσουμε ότι οι ρίζες, οι κλάδοι και τα φύλλα τους εμφανίζουν μεγάλες διαφορές ως προς τον αριθμό, το μέγεθος και τη θέση. Αυτό οφείλεται στο ότι τα φυτά στερούνται κινητικότητας, άρα είναι υποχρεωμένα να προσαρμόζονται στις συνθήκες του περιβάλλοντος με διαφορετικούς τρόπους απ' ό,τι τα ζώα. Κατά συνέπεια, για να κατανοήσουμε τον τρόπο με τον οποίο τα φυτά επιβιώνουν και ανταγωνίζονται μεταξύ τους στη φύση είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τον μορφότυπό τους.

Σε αυτό το πρώτο κεφάλαιο της ενότητας που πραγματεύεται τη βιολογία των φυτών, θα εξετάσουμε πώς είναι οργανωμένο το φυτικό σώμα. Στα κεφάλαια 29 και 30 εξετάσαμε την εξέλιξη και τα χαρακτηριστικά των φυτών που στερούνται αγγειακού ιστού, των άσπερμων αγγειοφύτων, των γυμνοσπέρμων και των αγγειοσπέρμων (ανθοφύτων). Στα κεφάλαια αυτής της ενότητας θα επικεντρωθούμε στα αγγειόφυτα, και κυρίως στα αγγειόσπερμα, όχι μόνο διότι συνιστούν το 90% του συνόλου των φυτικών ειδών, αλλά και λόγω της μεγάλης σημασίας τους για τον άνθρωπο. Όσο αυξάνεται ο πληθυσμός της Γης, η ανάγκη για φυτά που παράγουν τρόφιμα, καύσιμη ύλη, ίνες, φαρμακευτικές ουσίες, ξυλεία και χαρτί γίνεται ολοένα μεγαλύτερη καθιστώντας σήμερα, περισσότερο από ποτέ πριν, την κατανόηση του τρόπου ανάπτυξής τους εξαιρετικά σημαντική.

Τα όργανα των φυτών, όπως και των περισσότερων ζώων, αποτελούνται από διαφόρους ιστούς, που με τη σειρά τους αποτελούνται από ποικίλους τύπους κυττάρων. **Ιστός** ονομάζεται ένα σύνολο κυττάρων τα οποία χαρακτηρίζονται από κοινή λειτουργία ή δομή, ή και τα δύο. **Όργανο** ονομάζεται ένα σύνολο διαφορετικών ιστών, οι οποίοι επιτελούν από κοινού μια εξειδικευμένη λειτουργία. Θα αρχίσουμε να μελετούμε την ιεραρχία των φυτικών δομών (όργανα, ιστοί, κύτταρα) εξετάζοντας αρχικά τα όργανα, διότι συνιστούν τα πιο εμφανή και οικεία μέρη των φυτών. Όσο εξοικειωνόμαστε με την ιεραρχία που χαρακτηρίζει τους φυτικούς ιστούς δεν θα πρέπει να ξεχνούμε ότι ο μορφότυπος κάθε φυτού είναι αποτέλεσμα της φυσικής επιλογής. Επομένως, η μορφή θα πρέπει να ταιριάζει, σε όλα τα επίπεδα οργάνωσης, με τις ιδιαίτερες λειτουργίες που αυτή καλείται να εξυπηρετήσει.

Τα βασικά φυτικά όργανα είναι τρία: οι ρίζες, οι βλαστοί και τα φύλλα



▲ **Εικόνα 35.2** Επισκόπηση ενός ανθοφύτου. Το φυτικό σώμα υποδιαιρείται σε δύο συστήματα, το σύστημα των ριζών (ρίζικό) και το σύστημα των βλαστών (βλαστικό), τα οποία επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω του αγωγού ιστού (με ιώδες χρώμα στο διάγραμμα). Ο αγωγός ιστός είναι συνεχής σε όλη την έκταση του φυτού. Το διάγραμμα απεικονίζει τη γενική μορφή ενός ευδικότυλου.

Η βασική μορφολογία των περισσότερων αγγειοφύτων αντανακλά την εξελικτική τους ιστορία ως χερσαίων οργανισμών που διαβιούν και αντλούν πρώτες ύλες από δύο πολύ διαφορετικά περιβάλλοντα: το υπόγειο και το υπέργειο. Είναι υποχρεωμένα να αντλούν νερό και θρεπτικά άλατα με τα υπόγεια μέρη τους, CO₂ και φως με τα υπέργεια. Οι ικανότητες πρόσληψης αυτών των πρώτων υλών είναι αποτέλεσμα της εξέλιξης τριών βασικών οργάνων: των ριζών, των βλαστών και των φύλλων. Οι ρίζες συνιστούν το **ρίζικό σύστημα**, ενώ οι βλαστοί και τα φύλλα συνιστούν το **βλαστικό σύστημα** (**Εικόνα 35.2**). Τόσο τα αγγειόσπερμα όσο και τα υπόλοιπα αγγειόφυτα, με ελάχιστες εξαιρέσεις, εξαρτώνται πλήρως για την επιβίωσή τους και από τα δύο αυτά συστήματα. Κατά κανόνα, οι ρίζες δεν φωτοσυνθέτουν. Επομένως, αν δεν τροφοδοτηθούν με τα *προϊόντα της φωτοσύνθεσης*, δηλαδή τα σάκχαρα και τους άλλους υδατάνθρακες, λιμοκτονούν. Αντιστοίχως, το σύστημα των βλαστών εξαρτάται πλήρως για την επιβίωσή του από το νερό και τα άλατα που απορροφούν οι ρίζες από το έδαφος.

Η βλαστητική ανάπτυξη –δηλαδή η παραγωγή ριζών, βλαστών και φύλλων που δεν μετέχουν στις αναπαραγωγικές λειτουργίες– δεν είναι παρά μία μόνο φάση της ζωής ενός φυτού. Τα φυτά διέρχονται και από μια δεύτερη φάση, την αναπαραγωγική. Στα αγγειόσπερμα, η αναπαραγωγική φάση περιλαμβάνει την ανάπτυξη εξειδικευμένων ανθοφόρων βλαστών, τα φύλλα των οποίων είναι πλήρως εξειδικευμένα για φυλετική αναπαραγωγή. Θα αναλύσου-

με τη μετάβαση από τη βλαστητική στην αναπαραγωγική φάση σε άλλο σημείο του κεφαλαίου.

Για τη μελέτη των φυτικών οργάνων θα χρησιμοποιήσουμε παραδείγματα κυρίως από τις δύο μεγάλες ομάδες αγγειοσπέρμων: τα μονοκότυλα και τα ευδικότυλα (βλ. Εικόνα 30.13).

Ρίζες

Η **ρίζα** είναι ένα πολυκύτταρο όργανο των αγγειοφύτων το οποίο διασφαλίζει τη στήριξη στο έδαφος, την απορρόφηση αλάτων και νερού, και –σε αρκετές περιπτώσεις– την αποθήκευση υδατανθράκων. Στα περισσότερα ευδικότυλα και γυμνόσπερμα, το ριζικό σύστημα είναι *πασσαλώδες*, δηλαδή διαθέτει έναν **κεντρικό ριζικό άξονα**, ο οποίος αναπτύσσεται από μια εξειδικευμένη θέση του εμβρύου που ονομάζεται ριζίδιο. Από τον κεντρικό ριζικό άξονα εκφύονται οι **πλευρικές ρίζες** (βλ. Εικόνα 35.2). Σε πολλά αγγειόσπερμα, ο κεντρικός ριζικός άξονας έχει και αποθηκευτική λειτουργία, καθώς αποταμιεύει σάκχαρα και άμυλο που το φυτό τα καταναλώνει κατά τη διάρκεια της ανθοφορίας και του σχηματισμού των καρπών. Για τον λόγο αυτό, η συγκομιδή των εδώδιμων ριζών σε φυτά όπως τα καρότα, τα γογγύλια και τα παντζάρια, γίνεται πριν από την άνθιση. Σε γενικές γραμμές, όσα ριζικά συστήματα διαθέτουν κεντρικό ριζικό άξονα διεισδύουν στο έδαφος σε αρκετό βάθος και επομένως αποτελούν την καταλληλότερη προσαρμογή για εδάφη στα οποία τα υπόγεια νερά δεν βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια.

Στα αγγειόφυτα που στερούνται σπερμάτων και στα περισσότερα μονοκότυλα (π.χ. στα αγρωστώδη), το ριζίδιο του εμβρύου απονεκρώνεται, με αποτέλεσμα τα εν λόγω φυτά να μην αναπτύσσουν κεντρικό ριζικό άξονα, αλλά πολλές μικρές πλάγιες ρίζες οι οποίες εκφύονται από τη βάση του κεντρικού βλαστού. Ρίζες τέτοιου τύπου ονομάζονται *επιγενείς*. Επιγενή ονομάζονται γενικότερα όλα τα όργανα που αναπτύσσονται από ασυνήθιστες θέσεις όπως οι ρίζες που αναπτύσσονται εδώ από τον βλαστό ή, ενίοτε, από τα φύλλα. Στα αγρωστώδη, κάθε μικρή πλάγια ρίζα αναπτύσσει τις δικές της πλευρικές ρίζες σχηματίζοντας τελικά ένα *θυσανώδες ριζικό σύστημα*, δηλαδή ένα πυκνό δίκτυο λεπτοφυών ριζικών ινών, χωρίς κεντρικό ριζικό άξονα, που εξαπλώνεται σε μικρό μόνο βάθος κάτω από την επιφάνεια του εδάφους (βλ. Εικόνα 30.13). Τα θυσανώδη ριζικά συστήματα συνήθως δεν διεισδύουν βαθειά στο έδαφος, άρα είναι καλύτερα προσαρμοσμένα για ρηχά εδάφη ή περιοχές με ήπιες βροχοπτώσεις, που ενυδατώνουν μόνο τα πιο επιφανειακά στρώματα του εδάφους. Τα περισσότερα αγρωστώδη έχουν ρηχές ρίζες, κάτι που σημαίνει ότι συγκεντρώνονται στο ανώτερο στρώμα του εδάφους, σε βάθος λίγων μόνο εκατοστών. Σε αυτή την ικανότητα των αβαθών ριζών να συγκρατούν το ανώτερο εδαφικό στρώμα οφείλεται και η εξαιρετική αποτελεσματικότητα της χλόης ως μέσου προστασίας έναντι της διάβρωσης του εδάφους.

Η στήριξη του φυτού στο έδαφος είναι μια λειτουργία που επιτελείται από το σύνολο του ριζικού συστήματος. Η



◀ **Εικόνα 35.3** Ριζικά τριχίδια σε αρτίβλαστο ραπάνι. Πολύ κοντά στο άκρο κάθε ρίζας αναπτύσσονται χιλιάδες ριζικά τριχίδια. Τα ριζικά τριχίδια αυξάνουν την επιφάνεια της ρίζας και κατά συνέπεια αυξάνουν σημαντικά την απορρόφηση νερού και ανόργανων ουσιών από το έδαφος.

λειτουργία της απορρόφησης νερού και ανόργανων θρεπτικών υλικών, όμως, επιτελείται στα περισσότερα φυτά από το ακραίο κυρίως τμήμα των ριζών, μέσω ενός πολύ μεγάλου αριθμού από **ριζικά τριχίδια**, τα οποία αυξάνουν σημαντικά την απορροφητική επιφάνεια των ριζών (**Εικόνα 35.3**). Τα ριζικά τριχίδια σχηματίζονται από λεπτότατες, σωληνοειδείς προεκβολές των κυττάρων της ριζικής επιδερμίδας και, επειδή είναι βραχύβια, αντικαθίστανται διαρκώς από νέα. Σημειωτέον ότι τα ριζικά τριχίδια δεν πρέπει να συγχέονται με τις πλευρικές ρίζες, οι οποίες είναι πολυκύτταρες δομές. Παρά τη μεγάλη επιφάνεια που προσδίδουν στο φυτό, τα ριζικά τριχίδια δεν συνεισφέρουν στη στήριξη του φυτού στο έδαφος, όπως π.χ. οι πλευρικές ρίζες, παρά σε πολύ μικρό βαθμό. Κύρια λειτουργία των ριζικών τριχιδίων είναι η απορρόφηση υλικών.

Πολλά φυτά διαθέτουν τροποποιημένες μορφές ριζών που ονομάζονται *τροποποιημένες ρίζες* (**Εικόνα 35.4**). Μερικές τροποποιημένες ρίζες αναπτύσσονται από τις αρχικές ρίζες του φυτού, ενώ άλλες είναι επιγενείς και αναπτύσσονται είτε από τους βλαστούς είτε, σε σπάνιες περιπτώσεις, από τα φύλλα. Κυριότερη λειτουργία των τροποποιημένων ριζών είναι να παρέχουν πρόσθετη στήριξη στο φυτό, αν και σε ορισμένες περιπτώσεις αποθηκεύουν νερό και θρεπτικά υλικά ή αποκτούν ακόμη πιο εξειδικευμένους ρόλους, όπως π.χ. το να απορροφούν οξυγόνο από τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Βλαστοί

Ο **βλαστός** είναι το όργανο που χαρακτηρίζεται από τη διαδοχική εναλλαγή γονάτων και μεσογονάτιων διαστημάτων. **Γόνατα** είναι οι θέσεις από τις οποίες εκφύονται τα φύλλα. **Μεσογονάτια διαστήματα** είναι τα διαστήματα που μεσολαβούν μεταξύ των γονάτων (βλ. Εικόνα 35.2). Στην άνω γωνία (μασχάλη) που σχηματίζεται ανάμεσα στο φύλλο και τον βλαστό βρίσκεται ο **μασχαλιαίος οφθαλμός**, δομή από την οποία προκύπτουν οι πλευρικοί βλαστοί ή κλάδοι. Στους νεαρούς βλαστούς, οι περισσότεροι μασχαλιαίοι οφθαλμοί βρίσκονται σε ληθαργική κατάσταση και δεν αναπτύσσονται. Έτσι, η επιμήκυνση των νεαρών βλαστών εστιάζεται συνήθως στην κορυφή του βλαστού, η οποία αποτελείται από τον **επάκριο**



▶ **Στηρικτικές ρίζες.** Οι εναέριες ρίζες του αραβόσιτου (καλαμποκιού) συνιστούν παραδείγματα στηρικτικών ριζών. Ονομάζονται στηρικτικές διότι στηρίζουν φυτά με υψηλό κέντρο βάρους. Οι ρίζες στα ώριμα φυτά του καλαμποκιού είναι στο σύνολό τους επιγείες, καθώς οι αρχικές ρίζες απονεκρώνονται. Στη φωτογραφία, οι στηρικτικές ρίζες που αναπτύσσονται από τον κορμό τελικά θα φθάσουν και θα διεισδύσουν στο έδαφος.

▼ **Εικόνα 35.4** Τροποποιημένες ρίζες.

▼ **«Στραγγαλιστικές» εναέριες ρίζες.** Τα σπέρματα αυτού του είδους συκιάς, που αποκαλείται «συκιά-στραγγαλιστής», βλασταίνουν πάνω σε κλάδους υψηλόκορμων δέντρων άλλων ειδών και κατόπιν αναπτύσσουν πολυάριθμες εναέριες ρίζες οφιοειδούς μορφής, που κατευθύνονται προς το έδαφος. Κατά την ανάπτυξή τους, τυλίγουν προοδευτικά ολόκληρο τον κορμό του ξενιστή, καθώς και οποιαδήποτε άλλη δομή συναντήσουν στην πορεία τους, όπως π.χ. τα εικονιζόμενα ερείπια ενός ναού στην Καμπότζη. Τελικά, τα φύλλα της συκιάς σκιάζουν πλήρως το δέντρο-ξενιστή και το απονεκρώνουν.

▶ **Αποταμιευτικές ρίζες.** Πολλά φυτά, όπως π.χ. το κοινό παντζάρι, αποθηκεύουν στις ρίζες τους νερό και τροφή.



▲ **Αεροφόρες (πνευματοφόρες) ρίζες.** Ονομάζονται και αέριες ρίζες. Εμφανίζονται σε δέντρα, όπως τα μαγκρόβια, τα οποία ζουν σε εδάφη που λόγω παλιροϊκών φαινομένων μετατρέπονται περιοδικά σε βάλτους. Οι πνευματοφόρες ρίζες, προβάλλοντας πάνω από την επιφάνεια του νερού επιτρέπουν την οξυγόνωσή του ριζικού συστήματος που βρίσκεται μέσα σε παχύ, ανοξικό στρώμα λάσπης.



▼ **Υποστυλωτικές ρίζες.** Αυτές οι εναέριες ρίζες μοιάζουν με υποστυλώματα και προσφέρουν στήριξη στους ιδιαίτερα υψηλούς κορμούς ορισμένων τροπικών δέντρων, όπως π.χ. του δέντρου ceiba της Κεντρικής Αμερικής.



οφθαλμό, από έναν μικρό αριθμό αναπτυσσόμενων φυλλαρίων και μια συμπαγή ομάδα γονάτων και μεσογονάτιων διαστημάτων.

Ο λήθαργος των μασχαλιαίων οφθαλμών οφείλεται εν μέρει στη γειννιάσή τους με τον επάκριο οφθαλμό. Αυτό το φαινόμενο, δηλαδή η αναστολή των μασχαλιαίων οφθαλμών από τον επάκριο, ονομάζεται **ακραία επικράτηση**. Η ακραία επικράτηση είναι μια εξελικτική προσαρμογή που συγκεντρώνει τους πόρους του φυτού στην κατακόρυφη ανάπτυξη, άρα μεγιστοποιεί την έκθεσή του στο ηλιακό φως. Αν ένα ζώο καταναλώσει το ακραίο τμήμα του βλαστού ή αν προκύψει επιλεκτική σκίαση, με το φυτό να δέχεται περισσότερο φως στις πλευρές απ' ό,τι στην κορυφή, τότε οι μασχαλιαίοι οφθαλμοί βγαίνουν από τον λήθαργο και αρχίζουν να αναπτύσσονται. Από την

ανάπτυξη του μασχαλιαίου οφθαλμού δημιουργείται ένας νέος, πλήρης πλευρικός κλάδος ο οποίος διαθέτει δικό του επάκριο οφθαλμό, δικά του φύλλα και δικούς του μασχαλιαίους οφθαλμούς. Κατά κανόνα, η αποκοπή του επάκριου οφθαλμού ενισχύει την ανάπτυξη των μασχαλιαίων οφθαλμών και οδηγεί στην παραγωγή περισσότερων πλάγιων βλαστών. Αυτός είναι ο λόγος που τα δέντρα, οι θάμνοι και τα καλλωπιστικά φυτά αποκτούν πιο θαμνώδη μορφή με το κλάδεμα και το κορφολόγημα.

Σε ορισμένα φυτά, οι βλαστοί έχουν πρόσθετες λειτουργίες, όπως είναι η αποταμίευση θρεπτικών υλών και η αφυλετική (βλαστητική) αναπαραγωγή. Σε αυτούς τους τροποποιημένους βλαστούς, που συχνά συγχέονται με τις ρίζες, ανήκουν τα ριζώματα, οι βολβοί, τα στολόνια και οι κόνδυλοι (**Εικόνα 35.5**).

Φύλλα

Στα περισσότερα αγγειόφυτα, τα **φύλλα** συνιστούν το κύριο φωτοσυνθετικό όργανο. Μικρό ποσοστό φωτοσύνθεσης επιτελείται και από τους πράσινους βλαστούς. Η ποικιλομορφία που παρουσιάζουν τα φύλλα είναι πολύ μεγάλη, όμως όλα σχεδόν αποτελούνται από μια πεπλατυσμένη επιφάνεια που ονομάζεται **έλασμα** και από έναν **μίσχο**, ο οποίος συνδέει το φύλλο με τον βλαστό, στη θέση του γονάτου (βλ. Εικόνα 35.2). Τα φύλλα στα αγρωστώδη, και σε πολλά άλλα μονοκότυλα, στερούνται μίσχων· στα φυτά αυτά, το φύλλο προσφύεται στον βλαστό μέσω ενός γλωσσιδίου που σχηματίζεται στη βάση του φύλλου, το οποίο περιτυλίσσεται σφιχτά γύρω από τον βλαστό.

Τα μονοκότυλα και τα ευδικότυλα διαφέρουν ως προς το πρότυπο της νεύρωσης, δηλαδή της διάταξης των αγ-

γείων στα φύλλα τους. Στα περισσότερα μονοκότυλα, οι κύριοι κλάδοι των «νεύρων» διατάσσονται παράλληλα μεταξύ τους και διατρέχουν ολόκληρο το φύλλο από τη μια άκρη ως την άλλη, ενώ στα περισσότερα ευδικότυλα, τα κύρια «νεύρα» διακλαδίζονται και σχηματίζουν δίκτυο (βλ. Εικόνα 30.13).

Παρ' ότι το κυριότερο δομικό στοιχείο που χρησιμοποιούν οι συστηματικοί βοτανικοί για να ταξινομήσουν τα διάφορα είδη αγγειοσπέρμων είναι η μορφολογία των ανθέων, πολλές φορές χρησιμοποιούνται και οι παραλλαγές στη μορφολογία των φύλλων, όπως π.χ. το σχήμα, το πρότυπο νεύρωσης και η ταξιφυλλία (διάταξη των φύλλων στον χώρο). Μια άλλη σημαντική μορφολογική ιδιότητα ενός φύλλου αφορά το αν είναι απλό ή σύνθετο (Εικόνα 35.6). Συνήθως, τα φύλλα μεγάλου μεγέθους είναι είτε σύνθετα είτε πολυσύνθετα. Η συγκεκριμένη μορφολογική προσαρμογή θεωρείται ότι αυξάνει την αντοχή των φύλλων διότι μειώνει τις μηχανικές βλάβες που μπορούν να προκληθούν σε αυτά από τους ισχυρούς ανέμους, ενώ παράλληλα περιορίζει τη δράση ορισμένων παθογόνων (νοσογόνων οργανισμών και βακτηρίων) σε μικρό αριθμό φυλλαρίων και επομένως εμποδίζει την εξάπλωση της προσβολής στο σύνολο της φυλλικής επιφάνειας.

▼ Εικόνα 35.5 Τροποποιημένοι βλαστοί.

▼ **Ριζώματα.** Ένα παράδειγμα ριζώματος βλέπουμε στο φυτό ίριδα. Ο βλαστός της ίριδας αναπτύσσεται οριζοντίως, ακριβώς κάτω από την επιφάνεια του εδάφους (ριζώμα). Οι επίγειοι βλαστοί του φυτού

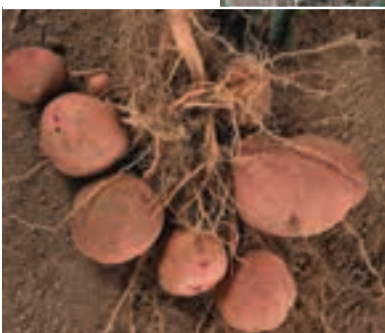
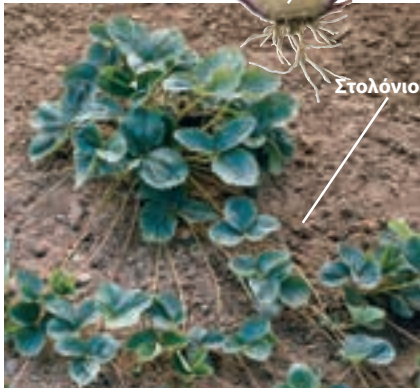


φύονται από τους μασχαλιαίους οφθαλμούς του ριζώματος.

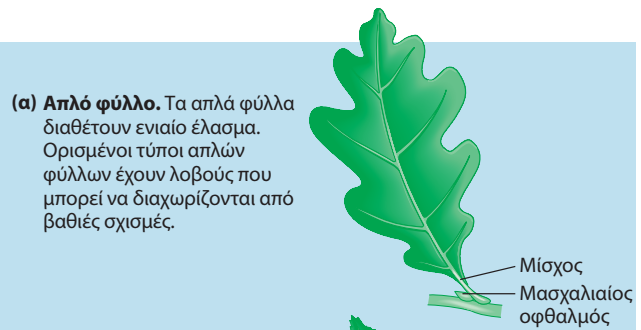
► **Βολβοί.** Οι βολβοί είναι υπόγειοι κατακόρυφοι βλαστοί που αποτελούνται κυρίως από διογκωμένες βάσεις φύλλων όπου αποθηκεύονται θρεπτικές ουσίες. Κάνοντας μια επιμήκη τομή σε ένα ξερό κρεμμύδι, βλέπουμε εύκολα τις πολυάριθμες στρώσεις τροποποιημένων φύλλων που προσαρτώνται στον βραχύ βλαστό.



► **Στολόνια.** Όπως φαίνεται στη φραουλίδα της εικόνας, τα στολόνια είναι οριζόντιοι βλαστοί που αναπτύσσονται πάνω στην επιφάνεια του εδάφους και εξυπηρετούν τον αφυετικό πολλαπλασιασμό του φυτού. Από κάθε οφθαλμό κατά μήκος αυτών των βλαστών που έρπουν, προκύπτουν νέα, πλήρη φυτά.



► **Κόνδυλοι.** Κόνδυλοι, όπως αυτοί της κόκκινης πατάτας στην εικόνα, είναι τα διογκωμένα άκρα ριζωμάτων ή στολονίων που έχουν εξειδικευθεί στην αποταμίευση θρεπτικών ουσιών. Κάθε «μάτι» της πατάτας αποτελεί μια ομάδα μασχαλιαίων οφθαλμών, που υποδεικνύουν τη θέση των γονάτων.



▲ **Εικόνα 35.6 Απλά και σύνθετα φύλλα.** Ένας τρόπος για να ξεχωρίσουμε ένα απλό από ένα σύνθετο φύλλο είναι η παρουσία, ή μη, μασχαλιαίων οφθαλμών. Μασχαλιαίοι οφθαλμοί απαντούν μόνο στα απλά φύλλα και όχι στα μικρά φυλλάρια των σύνθετων φύλλων.

Σχεδόν όλα τα φύλλα, με όποιον τύπο και αν εμφανίζονται, είναι εξειδικευμένα στο να φωτοσυνθέτουν. Σε ορισμένα είδη, ωστόσο, τα φύλλα διαθέτουν προσαρμογές οι οποίες επιτρέπουν την εκτέλεση πρόσθετων λειτουργιών, όπως η στήριξη, η προστασία, η αποταμίευση και η αναπαραγωγή (**Εικόνα 35.7**).

Δερματικοί, αγγειακοί και θεμελιώδεις ιστοί

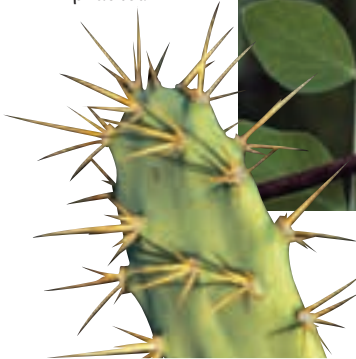
Κάθε φυτικό όργανο –ρίζα, βλαστός ή φύλλο– διαθέτει τρεις κατηγορίες ιστών, δερματικό, αγγειακό και θεμελιώδη. Καθεμιά από τις τρεις αυτές κατηγορίες σχηματίζει ένα

▼ Εικόνα 35.7 Τροποποιημένα φύλλα.

► **Έλικες.** Οι έλικες, με τις οποίες το μπιζέλι της φωτογραφίας συγκρατείται στο υποστήριγμα, είναι στην πραγματικότητα τροποποιημένα φύλλα. Όταν τυλιχτεί στο υπόστρωμα, η έλικα σχηματίζει ένα ελατήριο που έλκει το φυτό προς το μέρος της. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι έλικες είναι τροποποιημένα φύλλα. Σε άλλες, όπως στο αμπέλι, είναι τροποποιημένοι βλαστοί.



◄ **Αγκάθια.** Τα αγκάθια του κάκτου της εικόνας είναι στην πραγματικότητα τροποποιημένα φύλλα. Στους κάκτους, η φωτοσύνθεση επιτελείται από τους σαρκώδεις πράσινους βλαστούς.



◄ **Αποταμιευτικά φύλλα.** Τα περισσότερα παχύφυλλα, όπως το *Carobrotus edulis* (μπούζι) της εικόνας, χρησιμοποιούν τα τροποποιημένα φύλλα όχι μόνο ως όργανο φωτοσύνθεσης αλλά και ως αποθήκη νερού.



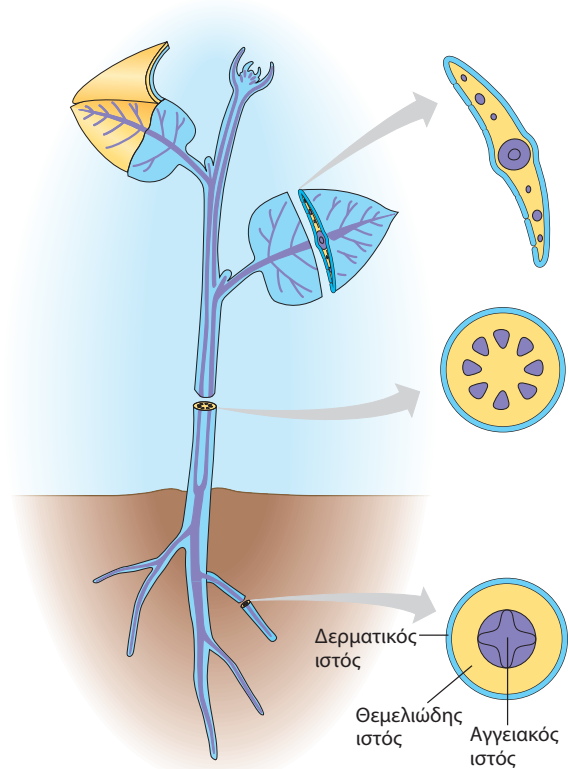
► **Αναπαραγωγικά φύλλα.** Τα φύλλα ορισμένων παχύφυλλων, όπως του *Kalanchoë daigremontiana* της εικόνας, παράγουν επιγενή φυτάρια που μετά την αποκοπή και την πτώση τους στο έδαφος αρχίζουν να αναπτύσσουν ρίζες.



► **Βράκτια.** Αν και συχνά συγχέονται με πέταλα, τα ερυθρά μέρη αυτής της ποινσέτιας είναι στην πραγματικότητα τροποποιημένα φύλλα που ονομάζονται βράκτια. Εδώ περιβάλλουν μια ομάδα ανθέων. Ο έντονος χρωματισμός τους εξυπηρετεί την προσέλκυση επικονιαστών.

σύστημα ιστών, δηλαδή μια ενιαία λειτουργική μονάδα η οποία συνδέει το σύνολο των φυτικών οργάνων μεταξύ τους. Αν και όλα τα συστήματα ιστών είναι συνεχή και διατρέχουν το φυτό σε όλη του την έκταση, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των ιστών και η μεταξύ τους σχέση στον χώρο ποικίλλει στα διάφορα όργανα (**Εικόνα 35.8**).

Το **σύστημα των δερματικών ιστών** συνιστά την εξωτερική προστατευτική στιβάδα του φυτού. Όπως και το δέρμα του ανθρώπου, το δερματικό σύστημα των φυτών συνιστά την πρώτη γραμμή άμυνας έναντι των μηχανικών τραυματισμών και των παθογόνων οργανισμών. Στα ποώδη φυτά, που στερούνται ξυλώδους ιστού, το δερματικό σύστημα αποτελείται από έναν μονοτμηματικό ιστό, την **επιδερμίδα**, ένα στρώμα στενά συνδεδεμένων κυττάρων. Στα φύλλα και στους περισσότερους βλαστούς, η επιφάνεια της επιδερμίδας καλύπτεται από την **εφυμένιδα**, κηρώδες στρώμα που συμβάλλει αποφασιστικά στην προστασία από την αφυδάτωση. Τα ξυλώδη φυτά διαθέτουν έναν ακόμη προστατευτικό δερματικό ιστό, που ονομάζεται **περίδερμα**. Αυτός αντικαθιστά τα παλαιότερα στρώματα της επιδερμίδας στον βλαστό και στις ρίζες. Πέραν του να προστατεύει από την απώλεια νερού και τις ασθένειες, η επιδερμίδα είναι ο ιστός από τον οποίο προκύπτουν τα εξειδικευμένα χαρακτηριστικά ορισμένων οργάνων. Λόγου χά-



▲ **Εικόνα 35.8 Τα τρία συστήματα ιστών.** Το σύστημα των δερματικών ιστών (μπλε) δημιουργεί ένα προστατευτικό κάλυμμα σε ολόκληρο το φυτικό σώμα. Το σύστημα των αγγειακών ιστών (μοβ) μεταφέρει υλικά από και προς το σύστημα των ριζών και τα συστήματα των βλαστών και των φύλλων. Είναι και αυτό συνεχές σε όλη την έκταση του φυτικού σώματος, αλλά διατάσσεται με διαφορετικό τρόπο στα διάφορα όργανα. Το σύστημα των θεμελιωδών ιστών (κίτρινο) είναι υπεύθυνο για τις περισσότερες μεταβολικές λειτουργίες του φυτού και βρίσκεται ανάμεσα στον δερματικό και τον αγγειακό ιστό των φυτικών οργάνων.

ρη, τα ριζικά τριχίδια είναι προεκβολές των επιδερμικών κυττάρων που βρίσκονται κοντά στο ακραίο τμήμα της ρίζας. Επίσης, το *τριχώμα*, δηλαδή οι τριχοειδείς προεκβολές που σχηματίζονται από την επιδερμίδα νεαρών βλαστών και φύλλων, μειώνουν τις απώλειες νερού και ανακλούν την περίσσεια του φωτός. Το τριχώμα παρέχει επίσης αμυντική προστασία έναντι των εντόμων, αφ' ενός διότι συνιστά έναν μηχανικό φραγμό και αφ' ετέρου διότι εκκρίνει κολλώδεις ή τοξικές ενώσεις. Από το τριχώμα των φύλλων των αρωματικών φυτών, όπως π.χ. της μέντας, εκκρίνονται αιθέρια έλαια που προστατεύουν τα φυτά από τα φυτοφάγα ζώα και τις ασθένειες. Στην **Εικόνα 35.9** περιγράφεται ένα πείραμα για τη σχέση ανάμεσα στην πυκνότητα του τριχώματος στους καρπούς της σόγιας και στις βλάβες που προκαλούν σε αυτούς τους καρπούς τα σκαθάρια.

Το **σύστημα των αγγειακών ιστών** επιτελεί τη μεταφορά υλικών σε μεγάλες αποστάσεις, δηλαδή ανάμεσα στις ρίζες και το υπόλοιπο φυτό. Υπάρχουν δύο τύποι αγγειακού ιστού: το **ξύλωμα** και το **φλοιώμα**. Με το **ξύλωμα** μεταφέρονται νερό και ανόργανα άλατα από τις ρίζες προς τους βλαστούς. Με το **φλοιώμα** μεταφέρονται σάκχαρα, δηλαδή τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης, από τις θέσεις παραγωγής (τις *πηγές*, που συνήθως είναι τα φύλλα) προς τις θέσεις αποταμίευσης ή κατανάλωσης (τους *αποδέκτες*, που συνήθως είναι οι ρίζες και τα αναπτυσσόμενα όργανα, π.χ. τα νεαρά φύλλα και οι καρποί). Στο σύνολό του, ο αγγειακός ιστός που διατρέχει τη ρίζα και τον βλαστό ονομάζεται **στήλη**. Η ακριβής διάταξη των αγγείων της στήλης ποικίλλει ανάλογα με το είδος του φυτού και το όργανο. Στα αγγειόσπερμα, επί παραδείγματι, η στήλη της ρίζας συνιστά έναν ενιαίο κεντρικό *αγγειακό κύλινδρο* που περιλαμβάνει το ξύλωμα και το φλοιώμα, ενώ στον βλαστό και στα φύλλα, η στήλη δεν συνθέτει έναν ενιαίο σχηματισμό, αλλά αποτελείται από πολλές *αγγειώδεις δεσμίδες*, που περιλαμβάνουν τόσο ξύλωμα όσο και φλοιώμα (βλ. Εικόνα 35.8). Το ξύλωμα και το φλοιώμα αποτελούνται από κύτταρα διαφόρων τύπων, ορισμένα από τα οποία είναι εξειδικευμένα για τη μεταφορά υγρών, ενώ άλλα παρέχουν μηχανική στήριξη.

Όσοι ιστοί δεν ανήκουν στον δερματικό ή τον αγγειακό ιστό, αποτελούν το **σύστημα των θεμελιωδών ιστών**. Οι θεμελιώδεις ιστοί που βρίσκονται εσωτερικά του αγγειακού συστήματος συνιστούν την **εντεριόνη**, ενώ ο θεμελιώδης ιστός που βρίσκεται εξωτερικά του αγγειακού συστήματος συνιστά τον **φλοιό**. Ο θεμελιώδης ιστός δεν συμπληρώνει απλώς τον χώρο ανάμεσα στους άλλους ιστούς. Οι κυτταρικοί τύποι που συμμετέχουν στον θεμελιώδη ιστό είναι εξειδικευμένοι και επιτελούν λειτουργίες όπως είναι η αποθήκευση θρεπτικών συστατικών, η φωτοσύνθεση και η στήριξη.

Συνήθεις τύποι φυτικών κυττάρων

Όπως όλοι οι πολυκύτταροι οργανισμοί, έτσι και τα φυτά χαρακτηρίζονται από κυτταρική διαφοροποίηση, δηλαδή από δομική και λειτουργική εξειδίκευση των κυττάρων.

▼ Εικόνα 35.9 Διερεύνηση

Το τριχώμα των καρπών της σόγιας την προστατεύει από τα φυτοφάγα έντομα;

ΠΕΙΡΑΜΑ

Τα σκαθάρια της φασολιάς (*Cerotoma trifurcata*) τρέφονται με αναπτυσσόμενα περικάρπια ψυχανθών, προκαλώντας ουλές στα περικάρπια και υποβάθμιση της ποιότητας των σπερμάτων. Οι W. K. Lam και L. P. Pedigo, του Πανεπιστημίου Purdue, εξέτασαν το αν η παρουσία σκληρών τριχών στο περικάρπιο της σόγιας (*Glycine max*) λειτουργεί ως μηχανικό εμπόδιο γι' αυτά τα σκαθάρια. Οι ερευνητές φύτεψαν σε γειτονικά δοχεία τρεις ποικιλίες σόγιας, οι οποίες διέφεραν ως προς την πυκνότητα τριχώματος στους καρπούς. Κατόπιν τοποθέτησαν έναν μικρό αριθμό από πεινασμένα σκαθάρια μέσα σε μια πλαστική θήκη και τύλιξαν με αυτήν τον καρπό της σόγιας, επαναλαμβάνοντας την ίδια διαδικασία με όμοιες θήκες και για τις τρεις ποικιλίες του φυτού. Ύστερα από 24 ώρες μέτρησαν την ποσότητα βλαβών που είχαν προξενηθεί από τα σκαθάρια, στους λοβούς κάθε ποικιλίας.



Λοβός με πυκνό τριχώμα (10 τριχίδια/mm²)



Λοβός με αραιό τριχώμα (2 τριχίδια/mm²)



Άτριχος λοβός

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Οι βλάβες που προξένησαν τα σκαθάρια στους λοβούς της σόγιας με πυκνό τριχώμα ήταν πολύ μικρότερες από εκείνες στους δύο άλλους τύπους λοβών.



Λοβός με πυκνό τριχώμα: ποσοστό βλαβών 10%



Λοβός με αραιό τριχώμα: ποσοστό βλαβών 25%



Άτριχος λοβός: ποσοστό βλαβών 40%



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Το τριχώμα των λοβών προφυλάσσει τους καρπούς της σόγιας από τις βλάβες που προκαλούν τα σκαθάρια.

ΠΗΓΗ

W. F. Lam & L. P. Pedigo, Effect of trichomes density on soybean pod feeding by adult bean leaf-beetles (Coleoptera: Chrysomelidae), *Journal of Economic Entomology* 94(6):1459-1463 (2001).

ΤΙ ΘΑ ΠΙΝΟΤΑΝ ΑΝ...;

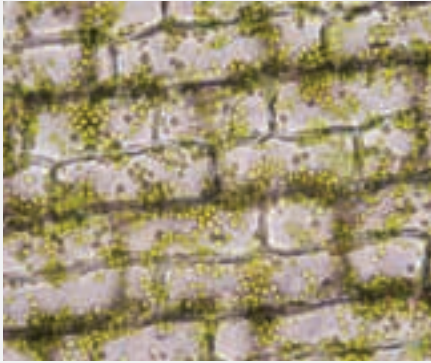
Στις περισσότερες ποικιλίες σόγιας, το τριχώμα των λοβών είναι λευκό, αλλά μερικές ποικιλίες έχουν καστανόξανθο τριχώμα. Αν υποθέσουμε ότι η προστασία του τριχώματος έναντι των επιθέσεων των σκαθαριών διαπιστώνεται μόνο στις ποικιλίες με το καστανόξανθο τριχώμα, τι συμπέρασμα θα βγάζατε όσον αφορά τον τρόπο με τον οποίο το τριχώμα εμποδίζει την επιβλαβή δράση των σκαθαριών;

Η διαφοροποίηση συνεπάγεται αλλαγές στο κυτταρόπλασμα, στα οργανίδια και στα κυτταρικά τοιχώματα. Η **Εικόνα 35.10**, στις δύο επόμενες σελίδες, επικεντρώνεται στους κύριους τύπους των φυτικών κυττάρων: στα πα-

▼ Εικόνα 35.10

Εξερευνώντας παραδείγματα διαφοροποιημένων φυτικών κυττάρων

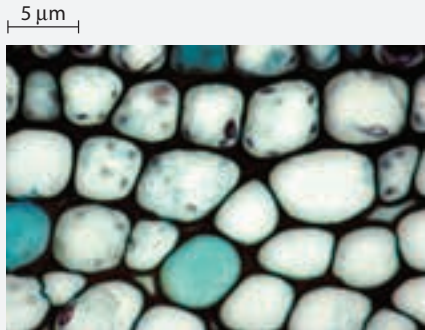
Παρεγχυματικά κύτταρα



Παρεγχυματικά κύτταρα με χλωροπλάστες, από φύλλο του φυτού *Elodea* (OM) 60 μm

Τα ώριμα **παρεγχυματικά κύτταρα** διαθέτουν πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα, που είναι ελαστικό και σχετικά λεπτό σε πάχος, ενώ στην πλειονότητά τους στερούνται δευτερογενούς τοιχώματος (Βλ. Εικόνα 6.28, για μια επισκόπηση των ιδιοτήτων του πρωτογενούς και του δευτερογενούς φυτικού κυτταρικού τοιχώματος). Κατά κανόνα, τα ώριμα παρεγχυματικά κύτταρα έχουν ένα ευμέγεθες κεντρικό χυμοτόπιο. Είναι αυτά που συνήθως επιλέγονται για την απεικόνιση των «τυπικών» φυτικών κυττάρων στα εκπαιδευτικά συγγράμματα, αφού είναι, από δομική άποψη, τα λιγότερο διαφοροποιημένα φυτικά κύτταρα. Επιτελούν τις περισσότερες μεταβολικές λειτουργίες στα φυτά, καθώς μπορούν να συνθέτουν αλλά και να αποθηκεύουν μεγάλη ποικιλία οργανικών προϊόντων. Λόγου χάρη, η φωτοσύνθεση λαμβάνει χώρα στους χλωροπλάστες των παρεγχυματικών κυττάρων των φύλλων. Στους κορμούς και στις ρίζες, το άμυλο αποθηκεύεται στα άχρωμα πλαστίδια των παρεγχυματικών κυττάρων, ενώ ο σαρκώδης ιστός πολλών καρπών αποτελείται κατά κύριο λόγο από παρεγχυματικά κύτταρα. Υπό συγκεκριμένες συνθήκες, π.χ. κατά την αποκατάσταση τραυματισμών, τα περισσότερα παρεγχυματικά κύτταρα διατηρούν την ικανότητα διαίρεσης και διαφοροποίησης σε άλλους τύπους φυτικών κυττάρων. Οι επιστήμονες μπορούν από ένα και μόνο παρεγχυματικό κύτταρο να αναπτύξουν ένα πλήρες φυτό.

Κολλεγχυματικά κύτταρα



Κολλεγχυματικά κύτταρα (σε βλαστό του φυτού *Helianthus*) (OM)

Τα **κολλεγχυματικά κύτταρα** σχηματίζουν δεσμίδες ή κυλίνδρους με τους οποίους στηρίζουν τα νεαρά τμήματα των φυτικών βλαστών. Το πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα των κολλεγχυματικών κυττάρων είναι παχύτερο από εκείνο των παρεγχυματικών, αλλά το πρόσθετο πάχος δεν κατανέμεται ισομερώς. Στους νεαρούς βλαστούς και μίσχους, π.χ. στον μίσχο του σέλινου, οι δεσμίδες των κολλεγχυματικών κυττάρων βρίσκονται ακριβώς κάτω από την επιδερμίδα. Τα κολλεγχυματικά κύτταρα στερούνται δευτερογενούς τοιχώματος, ενώ από το πρωτογενές τοίχωμα απουσιάζει η λιγνίνη, δηλαδή ο παράγοντας που προσδίδει σκληρότητα στο κυτταρικό τοίχωμα. Κατά συνέπεια, η μηχανική στήριξη που προσφέρουν αυτά τα κύτταρα καθιστά το φυτό εύκαμπτο και δεν εμποδίζει την ανάπτυξη των υπόλοιπων ιστών. Σε αντίθεση με τα σκληρεγχυματικά κύτταρα, τα οποία πεθαίνουν όταν φθάσουν στην ωριμότητα, τα κολλεγχυματικά κύτταρα μένουν ζωντανά και εύκαμπτα όταν ωριμάσουν, και συνεχίζουν να επιμηκύνονται μαζί με τους ιστούς που στηρίζουν, δηλαδή τους βλαστούς και τα φύλλα.

Σκληρεγχυματικά κύτταρα



Σκληρεγχυματικές ίνες (εγκάρσια τομή από κορμό μελιάς) (OM)

Τα **σκληρεγχυματικά κύτταρα** είναι κύτταρα που επίσης συμμετέχουν στη στήριξη του φυτού, αλλά διαθέτουν δευτερογενές κυτταρικό τοίχωμα ενισχυμένο με λιγνίνη. Αυτή η ιδιότητα τα καθιστά πολύ πιο άκαμπτα από τα κολλεγχυματικά. Τα ώριμα σκληρεγχυματικά κύτταρα χάνουν την ικανότητα επιμήκυνσης και απαντούν σε περιοχές του φυτού που έχουν σταματήσει να επιμηκύνονται. Η στηρικτική εξειδίκευση των σκληρεγχυματικών κυττάρων είναι τόσο μεγάλη, ώστε πολλά από αυτά πεθαίνουν μετά τη λειτουργική τους ωρίμανση, δηλαδή μετά την ολοκλήρωση της παραγωγής του δευτερογενούς τοιχώματος από τον πρωτοπλάστη (το ζωντανό τμήμα του κυττάρου). Μετά την απονέκρωση του πρωτοπλάστη, τα άκαμπτα τοιχώματα παραμένουν στη θέση τους, σχηματίζοντας έναν «σκελετό» που στηρίζει το φυτό και μπορεί, ενίοτε, να επιβιώσει επί εκατοντάδες χρόνια.

Υπάρχουν δύο τύποι σκληρεγχυματικών κυττάρων, οι **σκληρεΐδες** (ή **λιθώδη κύτταρα**) και οι **σκληρεγχυματικές ίνες**. Και οι δύο τύποι είναι πλήρως εξειδικευμένοι στο να παρέχουν στήριξη και μηχανική αντοχή. Οι σκληρεΐδες είναι βραχύτερες από τις σκληρεγχυματικές ίνες, έχουν ακανόνιστο σχήμα και διαθέτουν δευτερογενές κυτταρικό τοίχωμα μεγάλου πάχους, ενισχυμένο με λιγνίνη. Οι σκληρεΐδες ευθύνονται για τη σκληρότητα στα περιβλήματα των σπερμάτων και στα κάρυα των ξηρών καρπών (π.χ. στο κέλυφος των φουντουκιών), αλλά και για την τρα-

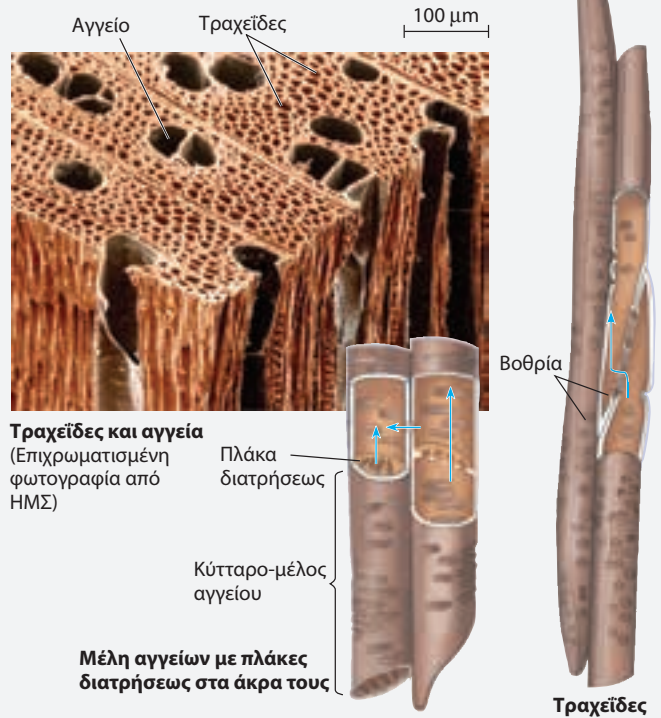
γανή υφή του περικαρπίου των σαρκωδών καρπών, όπως των αχλαδιών. Οι σκληρεγχυματικές ίνες είναι μακρές, λεπτές, με επιμήκη άκρα και συνήθως διατάσσονται σε δεσμίδες. Οι σκληρεγχυματικές ίνες ορισμένων φυτών χρησιμοποιούνται στην κατασκευή σχοινιών (π.χ. καννάβι) αλλά και ως συστατικά στην ύφανση λινών υφασμάτων.

Κύτταρα του ξυλώματος μέσω των οποίων μεταφέρεται νερό

Υπάρχουν δύο τύποι υδαταγωγών κυττάρων, οι **τραχειίδες** και τα **κύτταρα-μέλη των αγγείων**. Τα κύτταρα και των δύο τύπων είναι επιμήκη και σωληνοειδή, και νεκρώνονται όταν φθάσουν σε λειτουργική ωριμότητα. Τραχειίδες απαντούν στο ξύλωμα όλων σχεδόν των αγγειοφύτων, ενώ τα μέλη των αγγείων απαντούν στο ξύλωμα των περισσότερων αγγειοσπέρμων, αλλά και σε μικρό αριθμό γυμνοσπέρμων και άσπερμων αγγειοφύτων. Μετά τον θάνατο του ζωντανού μέρους των τραχειδών και των μελών των αγγείων, τα ενισχυμένα κυτταρικά τοιχώματα παραμένουν στη θέση τους σχηματίζοντας απονεκρωμένες σωληνωτές διατάξεις (τις τραχειίδες και τα αγγεία) που επιτρέπουν την κίνηση του νερού. Στις τραχειίδες και στα μέλη των αγγείων, η συνέγεια του δευτερογενούς τοιχώματος διακόπτεται ανά τακτά διαστήματα από βοθρία, δηλαδή θέσεις μικρότερου πάχους οι οποίες διαθέτουν μόνο πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα (βλ. Εικόνα 6.28, για μια επισκόπηση των ιδιοτήτων του πρωτογενούς και του δευτερογενούς κυτταρικού τοιχώματος). Η παρουσία βοθρίων επιτρέπει στο νερό να κινείται όχι μόνο κατά μήκος των αγγείων αλλά και πλαγίως, περνώντας από το ένα υδαταγωγό κύτταρο στο διπλανό του.

Οι τραχειίδες είναι επιμήκη, λεπτά κύτταρα με επιμηκυσμένα άκρα. Το νερό κινείται από τη μία τραχειίδα στην επόμενη μέσω των βοθρίων, επομένως δεν χρειάζεται να διαπεράσει τα παχιά δευτερογενή τοιχώματα. Τα δευτερογενή κυτταρικά τοιχώματα των τραχειδών είναι ενισχυμένα με λιγνίνη, που παρέχει μηχανική στήριξη στο φυτό, ενώ παράλληλα προφυλάσσει τα τοιχώματα από την κατάρρευση λόγω των τάσεων που δημιουργούνται κατά τη μεταφορά του νερού.

Τα κύτταρα-μέλη των αγγείων είναι κατά κανόνα βραχύτερα από τις τραχειίδες, αλλά έχουν μεγαλύτερη διάμετρο, λεπτότερο τοίχωμα και λιγότερο επιμηκυσμένα άκρα. Διατάσσονται σε επιμήκεις σειρές, το ένα μετά το άλλο, σχηματίζοντας μακρούς σωλήνες μικρής διαμέτρου, που ονομάζονται **αγγεία**. Τα κυτταρικά τοιχώματα στα άκρα των μελών φέρουν **πλάκες διατρήσεως**, που διασφαλίζουν την απρόσκοπτη ροή του νερού διά μέσου των αγγείων.



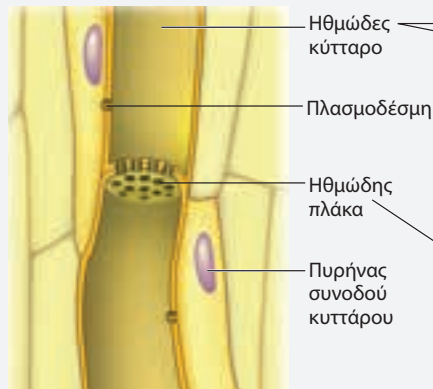
Κύτταρα του φλοιώματος μέσω των οποίων μεταφέρονται σάκχαρα

Αντίθετα από τα υδαταγωγά κύτταρα του ξυλώματος, τα κύτταρα του φλοιώματος μεταφέρουν σάκχαρα και είναι ζωντανά κατά τη λειτουργική ωριμότητά τους. Στα άσπερμα αγγειόφυτα και στα γυμνόσπερμα, τα σάκχαρα και οι άλλες οργανικές θρεπτικές ουσίες μεταφέρονται μέσω στενόμακρων κυττάρων που ονομάζονται **ηθμώδη κύτταρα**. Στο φλοιώμα των αγγειοσπέρμων, τα ηθμώδη κύτταρα διατάσσονται εν σειρά συγκροτώντας σωληνωτούς, επιμήκεις σχηματισμούς που ονομάζονται **ηθμοσωλήνες** και μεταφέρουν οργανικές ουσίες.

Τα κύτταρα των ηθμοσωλήνων είναι μεν ζωντανά αλλά δεν διαθέτουν πυρήνα, ριβοσώματα, διακριτό χυμοτόπιο και κυτταροσκελετικά στοιχεία. Αυτή η έκπτωση σε ενδοκυτταρικά συστατικά επιτρέπει στα θρεπτικά υλικά να διακινούνται εύκολα μέσω των ηθμοκυττάρων. Τα κυτταρικά τοιχώματα που βρίσκονται στα άκρα των ηθμωδών κυττάρων σχηματίζουν **ηθμώδεις πλάκες**, δομές διάστικτες από πόρους που διευκολύνουν τη ροή υγρών από κύτταρο σε κύτταρο, κατά μήκος του ηθμοσωλήνα. Πλευρικά, δίπλα σε κάθε ηθμοσωλήνα υπάρχουν μη αγωγά κύτταρα που ονομάζονται **συνοδά κύτταρα** και τα οποία συνδέονται με τα ηθμώδη με μια πληθώρα διαύλων, των πλασμοδεσμών (ή πλασμοσυνδέσμων) (βλ. Εικόνα 6.28). Ο πυρήνας και τα ριβοσώματα των συνοδών κυττάρων δεν εξυπηρετούν πλέον αυτά καθαυτά τα συνοδά κύτταρα, αλλά και τα γειτονικά τους ηθμώδη κύτταρα. Σε ορισμένα φυτά, τα συνοδά κύτταρα των φύλλων συμμετέχουν στη φόρτωση με σάκχαρα των ηθμωδών κυττάρων, για να μεταφερθούν κατόπιν μέσω των ηθμοσωλήνων σε άλλα μέρη του φυτού.



Ηθμώδες κύτταρο (αριστερά) και συνοδό κύτταρο (δεξιά) σε εγκάρσια τομή (ΗΜΔ)



Ηθμώδη κύτταρα σε διαμήκη τομή

Ηθμώδη κύτταρα σε διαμήκη τομή (ΟΜ)



Ηθμώδης πλάκα με πόρους (ΗΜΣ)

ρηχυματικά, κολλεγχυματικά και σκληρευχυματικά κύτταρα, καθώς και σε αυτά που μεταφέρουν νερό στο ξύλωμα και σάκχαρα στο φλοιώμα. Προσπαθήστε να διακρίνετε τις δομικές προσαρμογές που εμφανίζουν οι διάφοροι τύποι κυττάρων και οι οποίες είναι απαραίτητες για την εκτέλεση των ειδικών λειτουργιών. Σε αυτό θα βοηθήσετε αν ανατρέχετε στις Εικόνες 6.9 και 6.28, όπου φαίνεται η βασική δομή των φυτικών κυττάρων.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΝΟΙΩΝ 35.1

1. Με ποιον τρόπο επιτρέπει το σύστημα αγγειακών ιστών να λειτουργούν συντονισμένα τα φύλλα και οι ρίζες προκειμένου, με τη σειρά τους, να μπορούν να στηρίξουν την αύξηση και την ανάπτυξη ολόκληρου του φυτού;
2. Στις τροφές που παρατίθενται, ποιο τμήμα του φυτού ακριβώς καταναλώνουμε; (α) Λαχανάκια Βρυξελλών. (β) Σέλινο. (γ) Ξερό κρεμμύδι. (δ) Καρότο.
3. Προσδιορίστε τον ρόλο που παίζει στα φύλλα κάθε ένα από τα τρία συστήματα ιστών.
4. Περιγράψτε τρεις τουλάχιστον εξειδικεύσεις των φυτικών οργάνων και των φυτικών κυττάρων, οι οποίες αποτελούν προσαρμογές για τη διαβίωση των φυτών στην ξηρά.
5. **ΤΙ ΘΑ ΓΙΝΟΤΑΝ ΑΝ...;** Πώς θεωρείτε ότι θα επηρεαζόταν η ανατομία του ανθρώπου αν ήταν αυτότροφος οργανισμός και παρήγε την τροφή του κυρίως μέσω της δέσμευσης ηλιακού φωτός και της φωτοσύνθεσης;

Για προτεινόμενες απαντήσεις, βλ. Παράρτημα Α.

ΤΜΗΜΑ 35.2

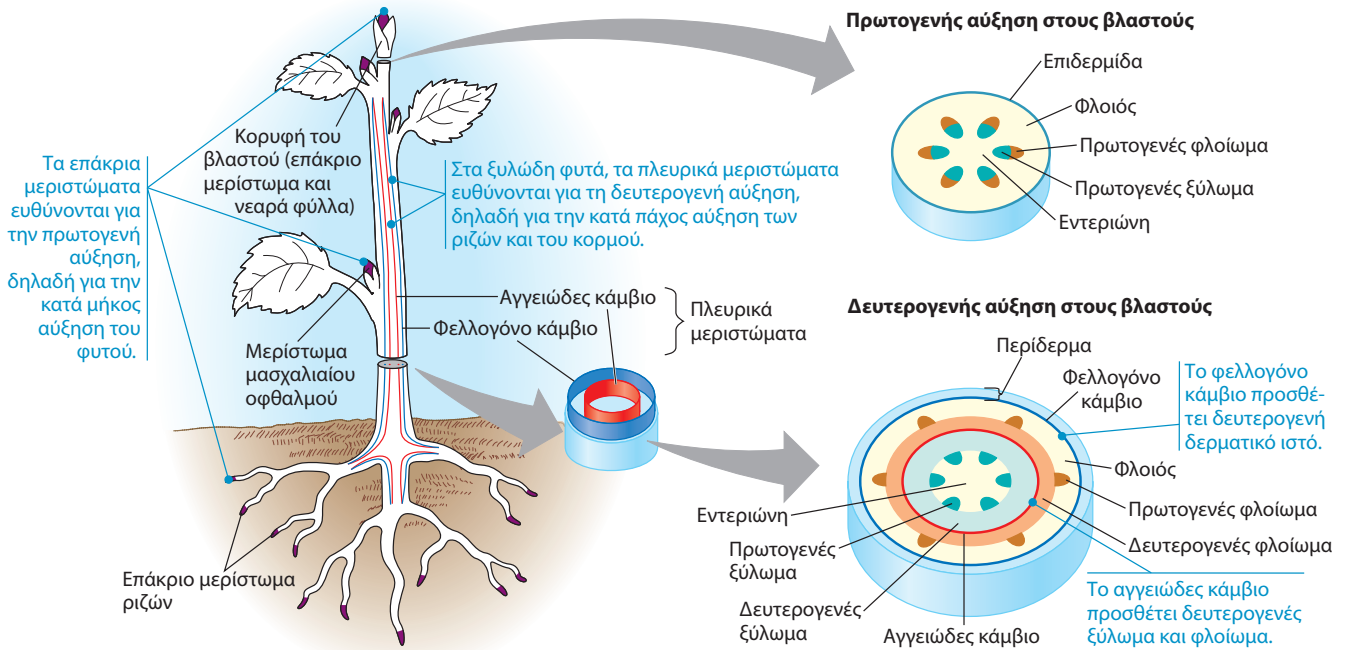
Τα κύτταρα των νέων οργάνων παράγονται από το μερίστωμα

Μέχρι στιγμής, έχουμε εξετάσει μόνο τη δομή και τη διάταξη των φυτικών ιστών και κυττάρων στα ώριμα όργανα. Όμως πώς προκύπτει αυτή η οργάνωση; Μια πολύ σημαντική διαφορά ανάμεσα στα φυτά και στα περισσότερα ζώα είναι το ότι η αύξηση του οργανισμού στα φυτά δεν περιορίζεται μόνο κατά την εμβρυϊκή ή τη νεανική φάση της ζωής. Τα φυτά, με άλλα λόγια, διατηρούν καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους την ικανότητα ανάπτυξης, ιδιότητα που ονομάζεται **ισόβια** ή **απεριόριστη αύξηση**. Κάθε φυτό, σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή της ζωής του, αποτελείται από όργανα που ως προς το οντογενετικό τους στάδιο μπορεί να είναι εμβρυϊκά, αναπτυσσόμενα ή ώριμα. Με εξαίρεση ορισμένες περιόδους ληθάργου, τα περισσότερα φυτά δεν σταματούν ποτέ να αυξάνονται. Αντίθετα, τα περισσότερα ζώα, αλλά και ορισμένα φυτικά όργανα –όπως τα περισσότερα φύλλα, τα αγκάθια και τα

άνθη– ακολουθούν **προκαθορισμένη αύξηση**, δηλαδή σταματούν να αυξάνονται όταν αποκτήσουν ένα συγκεκριμένο μέγεθος.

Τα φυτά, αν και συνεχίζουν να αυξάνονται καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους, κάποτε τελικά πεθαίνουν. Με βάση τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου τους, τα ανθόφυτα διακρίνονται σε μονοετή, διετή και πολυετή. Τα **μονοετή** φυτά ολοκληρώνουν τον βιολογικό τους κύκλο –από τη βλάστηση στην ανθοφορία, την παραγωγή σπερμάτων και τον θάνατο– μέσα σε ένα έτος ή και λιγότερο. Μονοετή είναι π.χ. τα περισσότερα αγριολούλουδα, αλλά και τα περισσότερα καλλιεργούμενα είδη με διατροφική αξία, μεταξύ των οποίων τα ψυχανθή (όσπρια) και τα αγρωστώδη, όπως το ρύζι και το σιτάρι. Κατά κανόνα, τα **διετή** φυτά χρειάζονται δύο αυξητικές περιόδους για να ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο, καθώς η ανθοφορία και η καρποφορία λαμβάνουν χώρα στο δεύτερο έτος της ζωής τους. Διετή είναι τα γογγύλια και τα καρότα, αλλά η συγκομιδή τους γίνεται συνήθως με την ολοκλήρωση του πρώτου έτους της ζωής τους. Τα **πολυετή** φυτά ζουν πολλά χρόνια. Σε αυτά ανήκουν τα δέντρα, οι θάμνοι και ορισμένα αγρωστώδη. Μερικά άγρια αγρωστώδη των πεδιάδων της Βόρειας Αμερικής (buffalo grass) θεωρείται ότι αναπτύσσονται εδώ και 10.000 χρόνια, από σπέρματα που βλάστησαν στα τέλη της πιο πρόσφατης παγετώδους εποχής. Όταν πεθαίνει ένα πολυετές φυτό, αιτία συνήθως δεν είναι η προχωρημένη ηλικία, αλλά κάποια μόλυνση ή κάποια σοβαρή περιβαλλοντική καταπόνηση, π.χ. μια πυρκαγιά ή έντονη και παρατεταμένη ξηρασία.

Τα φυτά μπορούν να αυξάνονται καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους διότι διαθέτουν έναν ιστό που διατηρεί τις εμβρυϊκές του ιδιότητες ισόβιως και ο οποίος ονομάζεται **μερίστωμα**. Υπάρχουν δύο τύποι μεριστώματος, το **επάκριο** και το **πλευρικό (Εικόνα 35.11)**. Το **επάκριο μερίστωμα**, ή **ακραιο μερίστωμα**, βρίσκεται στα ακραία τμήματα των ριζών και των βλαστών, καθώς και στους μαχαλιαίους οφθαλμούς των πλευρικών βλαστών. Λειτουργία του είναι να παράγει τα νέα εκείνα κύτταρα από τα οποία θα προκύψει η κατά μήκος αύξηση του φυτού, διεργασία που ονομάζεται **πρωτογενής αύξηση**. Πρωτογενής αύξηση είναι η διεργασία που επιτρέπει στις ρίζες να επεκτείνονται μέσα στο έδαφος και στους βλαστούς να αυξάνουν την έκθεσή τους στο φως. Στα ποώδη φυτά, η πρωτογενής αύξηση παράγει το σύνολο (ή σχεδόν) του φυτικού σώματος. Στα ξυλώδη φυτά, ορισμένα τμήματα των ριζών και των βλαστών διακόπτουν την κατά μήκος αύξηση αλλά συνεχίζουν να αναπτύσσονται σε πάχος. Αυτή η κατά πάχος αύξηση ονομάζεται **δευτερογενής αύξηση** και οφείλεται στα **πλευρικά μεριστώματα**, δηλαδή στο αγγειώδες κάμβιο και στο φελλογόνο κάμβιο, τα κύτταρα των οποίων έχουν το χαρακτηριστικό ότι διατηρούν την ικανότητα διαίρεσης. Το αγγειώδες και το φελλογόνο κάμβιο σχηματίζουν κυλινδρικούς δακτυλίους οι οποίοι εκτείνονται σε όλο το μήκος των ριζών και των βλαστών. Το **αγγειώδες κάμβιο** είναι ο ιστός που προσθέτει νέα στρώματα αγγειακού ιστού, και συγκεκριμένα το δευτερογενές

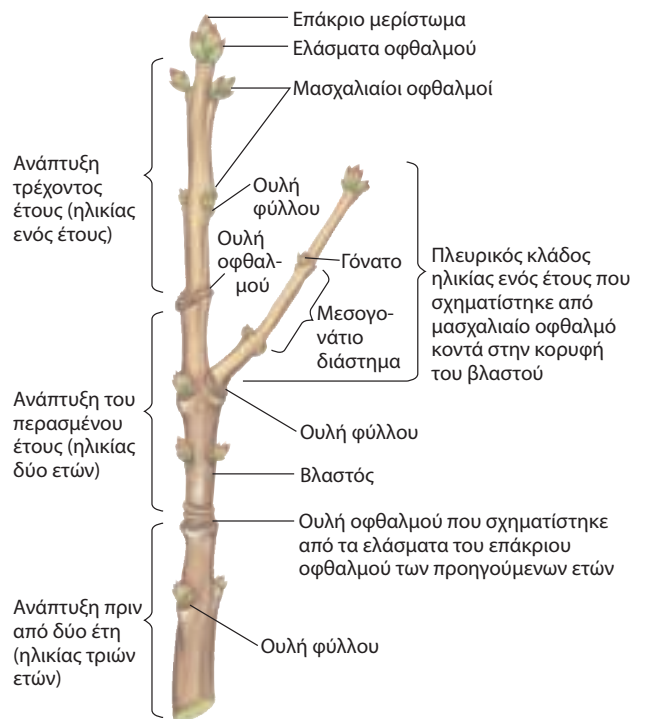


▲ **Εικόνα 35.11** Επισκόπηση της πρωτογενούς και της δευτερογενούς αύξησης.

ξύλωμα (ξύλο) και το δευτερογενές φλοιώμα. Το **φελλογόνο κάμβιο** είναι ο ιστός που αντικαθιστά την επιδερμίδα με το παχύτερο και ανθεκτικότερο περιδερμα.

Τα μεριστωματικά κύτταρα πολλαπλασιάζονται σχετικά συχνά, προσθέτοντας διαρκώς νέα κύτταρα στο φυτό. Μερικά από αυτά τα νέα κύτταρα παραμένουν στο μεριστώμα και συνεχίζουν με τη σειρά τους να παράγουν νέα μεριστωματικά κύτταρα, ενώ άλλα διαφοροποιούνται και ενσωματώνονται στους καινούργιους ιστούς και στα νεοσχηματιζόμενα όργανα του αναπτυσσόμενου φυτού. Τα κύτταρα που παραμένουν στο μεριστώμα, ώστε να αποτελέσουν με τον πολλαπλασιασμό τους πηγή νέων κυττάρων, ονομάζονται *αρχικά*. Όσα νέα κύτταρα απομακρύνονται από το μεριστώμα ονομάζονται *παράγωγα* κύτταρα. Αυτά συνεχίζουν να διαιρούνται έως ότου τα κύτταρα που παράγουν γίνουν πλήρως διαφοροποιημένα στους αναπτυσσόμενους φυτικούς ιστούς.

Η σχέση ανάμεσα στην πρωτογενή και τη δευτερογενή αύξηση γίνεται καλύτερα αντιληπτή στους κλάδους των φυλλοβόλων δέντρων, τον χειμώνα. Στο άκρο του βλαστού βρίσκεται ένας ληθαργικός επάκριος οφθαλμός, ο οποίος περιβάλλεται από καλυπτήρια ελάσματα (λέπια) που προστατεύουν το επάκριο μεριστώμα (**Εικόνα 35.12**). Την άνοιξη, ο οφθαλμός διαρρηγνύει τα προστατευτικά ελάσματα και αρχίζει μια νέα, εκρηκτική φάση πρωτογενούς αύξησης κατά την οποία δημιουργούνται νέα γόνατα και νέα μεσογονάτια διαστήματα. Στα γόνατα των αυξανόμενων τμημάτων δημιουργούνται χαρακτηριστικές ουλές που οφείλονται στις θέσεις από τις οποίες έπεσαν τα φύλλα της προηγούμενης αυξητικής περιόδου. Πάνω ακριβώς από κάθε ουλή υπάρχει είτε ένας μασχαλιαίος οφθαλμός είτε ένας κλάδος που δημιουργήθηκε από έναν



▲ **Εικόνα 35.12** Τα ίχνη τριών ετών φυτικής ανάπτυξης σε χειμερινό κλάδο.

μασχαλιαίο οφθαλμό. Σε χαμηλότερα σημεία του κλάδου υπάρχουν ουλές οφθαλμών, δηλαδή ουλές οι οποίες δημιουργήθηκαν από τα υπολείμματα των ελασμάτων που κάλυπταν το επάκριο μεριστώμα τον αμέσως προηγούμενο χειμώνα. Κατά τη διάρκεια των αυξητικών περιόδων, η πρωτογενής αύξηση ευθύνεται για την επιμήκυνση των βλαστών και η δευτερογενής για την πάχυνση των τμημάτων που σχηματίστηκαν τις προηγούμενες χρονιές.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΝΟΙΩΝ 35.2

1. Περιγράψτε τις διαφορές ανάμεσα στην πρωτογενή και τη δευτερογενή αύξηση.
2. Στα κατώτερα στρώματα του ανθρώπινου δέρματος υπάρχουν κύτταρα που διαιρούνται και αναπληρώνουν τα νεκρά κύτταρα στα πιο επιφανειακά στρώματα της επιδερμίδας. Γιατί θα ήταν ανακριβές να παρομοιάσουμε μια τέτοια περιοχή κυτταρικών διαιρέσεων με το φυτικό μερίστωμα;
3. Οι ρίζες και οι βλαστοί αυξάνονται καθ' όλη τη διάρκεια ζωής ενός φυτού, κάτι που δεν ισχύει για τα φύλλα. Με ποιον τρόπο μπορεί να λειτουργεί προς όφελος του φυτού αυτή η διαφορά;
4. **ΤΙ ΘΑ ΓΙΝΟΤΑΝ ΑΝ...;** Έστω ότι ένας κηπουρός συλλέγει ραπανάκια από τον κήπο του και διαπιστώνει ότι το μέγεθός τους είναι πολύ μικρό. Επειδή τα ραπανάκια είναι διετή φυτά, ο κηπουρός αφήνει τα υπόλοιπα στο χώμα θεωρώντας ότι τον δεύτερο χρόνο θα μεγαλώσουν κι άλλο. Είναι σωστή η απόφασή του; Εξηγήστε.

Για προτεινόμενες απαντήσεις, βλ. Παράρτημα Α.

δοχικά στάδια της πρωτογενούς αύξησης. Αρχίζοντας από το άκρο της ρίζας, οι τρεις αυτές ζώνες είναι: η ζώνη κυτταρικών διαιρέσεων, η ζώνη επιμήκυνσης και η ζώνη διαφοροποίησης (Εικόνα 35.13).

Η μετάβαση από τη μια ριζική ζώνη στην άλλη είναι βαθμιαία και δεν υπάρχουν αυστηρά όρια μεταξύ τους. Η ζώνη κυτταρικών διαιρέσεων περιλαμβάνει το επάκριο μερίστωμα και τα παράγωγά του. Είναι η ζώνη όπου παράγονται τα νέα ριζικά κύτταρα, συμπεριλαμβανομένων εκείνων της ριζικής καλύπτρας. Η ζώνη επιμήκυνσης βρίσκεται συνήθως ένα χιλιοστόμετρο πίσω από το άκρο της ρίζας και είναι η περιοχή όπου τα κύτταρα επιμηκύνονται, φθάνοντας μερικές φορές μέχρι και στο δεκαπλάσιο του αρχικού τους μήκους. Αυτή η επιμήκυνση πιέζει το ακρορρίζιο να διεισδύσει ακόμη βαθύτερα μέσα στο έδαφος. Παράλληλα, τα επάκρια ριζικά μεριστώματα συνεχίζουν να παράγουν νέα κύτταρα, που προστίθενται στο νεότερο άκρο της ζώνης επιμήκυνσης. Πολλά κύτταρα της ζώνης επιμήκυνσης αρχίζουν να διαφοροποιούνται, ως προς τη δομή και τη λειτουργία τους, πριν ολοκληρωθεί η επιμήκυνσή τους. Η ολοκλήρωση της διαφοροποίησης και η μετατροπή τους σε διακριτούς κυτταρικούς τύπους γίνεται στη ζώνη διαφοροποίησης (ή ζώνη ωρίμανσης).

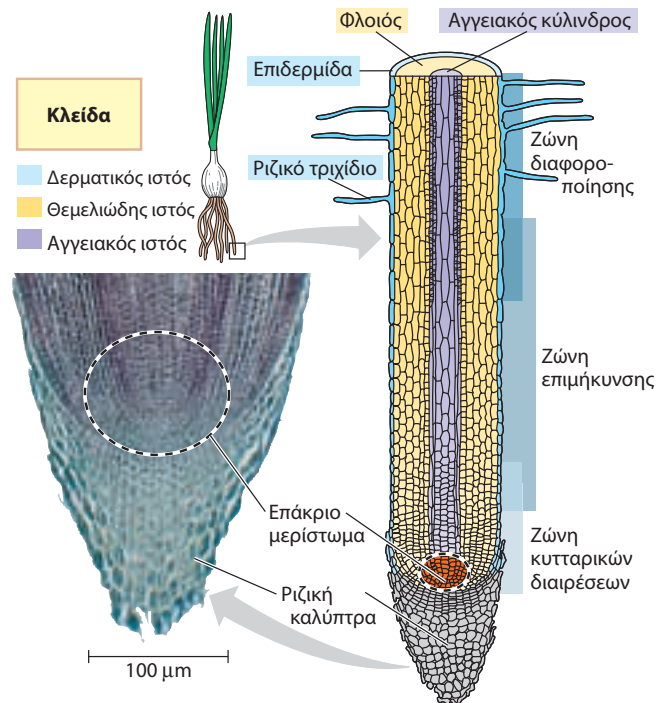
ΤΜΗΜΑ 35.3

Με την πρωτογενή αύξηση επιμηκύνονται οι ρίζες και οι βλαστοί

Όπως είδαμε, η πρωτογενής αύξηση οφείλεται στη δραστηριότητα του επάκριου μεριστώματος και συνιστά τον μηχανισμό με τον οποίο τα φυτά αναπτύσσονται κατά μήκος (ύψος). Το συνολικό προϊόν της πρωτογενούς αύξησης ονομάζεται **πρωτογενές φυτικό σώμα**. Στα ποώδη φυτά, το πρωτογενές φυτικό σώμα ταυτίζεται συνήθως με το σύνολο του φυτικού σώματος. Στα ξυλώδη φυτά, το πρωτογενές φυτικό σώμα αποτελείται μόνο από τα νερότερα μέρη του φυτού, εκείνα δηλαδή που δεν έχουν ακόμη μετατραπεί σε ξυλώδη. Αν και το επάκριο μερίστωμα είναι υπεύθυνο για την επιμήκυνση τόσο των ριζών όσο και των βλαστών, η πρωτογενής αύξηση αυτών των δύο συστημάτων παρουσιάζει διαφορές.

Πρωτογενής αύξηση των ριζών

Το άκρο των ριζών καλύπτεται από τη **ριζική καλύπτρα**, κάλυμμα που μοιάζει με δακτυλήθρα και προστατεύει το ευαίσθητο επάκριο μερίστωμα από τη διάβρωση, καθώς η ρίζα διεισδύει στα σκληρά υλικά του εδάφους. Παράλληλα, η ριζική καλύπτρα εκκρίνει έναν γλοιώδη πολυσακχαρίτη που λιπαίνει το χώμα γύρω από το ακραίο ριζικό τμήμα. Η αύξηση της ρίζας λαμβάνει χώρα πίσω ακριβώς από το ακρορρίζιο (δηλαδή το ακραίο ριζικό τμήμα) και επιτελείται από τρεις ζώνες κυττάρων σε τρία δια-



▲ **Εικόνα 35.13** Πρωτογενής αύξηση της ρίζας. Η φωτογραφία αριστερά (ΟΜ) και το σχεδιάγραμμα παρουσιάζουν τα ανατομικά χαρακτηριστικά του ριζικού άκρου ενός κρεμμυδιού. Η μιτωτική δραστηριότητα εντοπίζεται στη ζώνη των κυτταρικών διαιρέσεων, η οποία περιλαμβάνει το επάκριο μερίστωμα και όσα προϊόντα παράγονται άμεσα από αυτό. Το επάκριο μερίστωμα της ρίζας είναι υπεύθυνο και για τη συντήρηση της ριζικής καλύπτρας καθώς παράγει τα νέα κύτταρα που χρειάζονται για να αντικαταστήσουν όσα απολεπίζονται από την επιφάνειά της. Η ζώνη επιμήκυνσης είναι το ριζικό τμήμα που επιμηκύνεται περισσότερο κατά την πρωτογενή αύξηση της ρίζας. Η ζώνη διαφοροποίησης είναι η ζώνη στην οποία τα κύτταρα αποκτούν λειτουργική ωριμότητα. Η μετάβαση από τη μια ζώνη στην άλλη είναι σταδιακή και τα μεταξύ τους όρια είναι μάλλον ασαφή.

Κεφάλαιο 35 Επανάληψη

ΣΥΝΟΨΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ

Τ Μ Η Μ Α 35.1

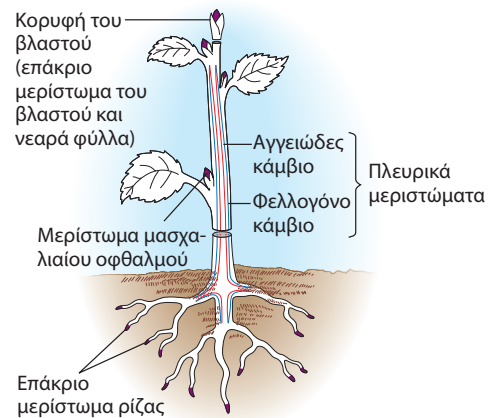
Το σώμα του φυτού χαρακτηρίζεται από την ιεραρχική διάταξη των οργάνων, των ιστών και των κυττάρων του (σ. 914-922)

- ▶ **Τα βασικά φυτικά όργανα είναι τρία: οι ρίζες, οι βλαστοί και τα φύλλα** Οι ρίζες σταθεροποιούν το φυτό, απορροφούν και μεταφέρουν νερό και μέταλλα, και αποθηκεύουν θρεπτικές ύλες. Τα υπέργεια μέρη του φυτού αποτελούνται από βλαστούς, από φύλλα και (στα αγγειόσπερμα) από άνθη. Τα φύλλα, που είναι τα κυριότερα φωτοσυνθετικά όργανα, συνδέονται με τον βλαστό μέσω των γονάτων. Οι νέοι κλάδοι προέρχονται από τους μασχαλιαίους οφθαλμούς των φύλλων και των βλαστών. Τα όργανα των φυτών είναι δυνατό να τροποποιούνται ώστε να επιτελούν εξειδικευμένες λειτουργίες.
- ▶ **Δερματικός, αγγειακός και θεμελιώδεις ιστοί** Ο δερματικός, ο αγγειακός (ξυλώμα και φλοιώμα) και ο θεμελιώδης ιστός είναι συνεχείς σε όλη την έκταση του φυτού, αν και σε κάθε ιδιαίτερο όργανο οι τρεις αυτοί ιστοί μπορεί να διαφέρουν ως προς τη διάταξη ή την εξειδικευμένη λειτουργία. Οι αγγειακοί ιστοί συνδέουν το σύνολο των τμημάτων ενός φυτού. Το νερό και τα μεταλλικά στοιχεία μεταφέρονται από τις ρίζες στους υπέργειους ιστούς μέσω του ξυλώματος. Τα σάκχαρα μεταφέρονται από τα φύλλα ή τα αποθηκευτικά όργανα στους ιστούς-αποδέκτες μέσω του φλοιώματος.

- ▶ **Συνήθεις τύποι φυτικών κυττάρων** Τα παρεγχυματικά κύτταρα είναι σχετικώς αδιαφοροποίητα κύτταρα που διατηρούν την ικανότητα να διαιρούνται και παράλληλα επιτελούν τις περισσότερες μεταβολικές λειτουργίες του φυτού σε ό,τι αφορά τη σύνθεση και την αποθήκευση ουσιών. Τα κολλεγχυματικά κύτταρα διαθέτουν κυτταρικό τοίχωμα με άνιση πάχυνση στις διάφορες πλευρές και λειτουργία τους είναι να υποστηρίζουν τα νεότερα, αναπτυσσόμενα μέρη του φυτού. Τα σκληρογχοματικά κύτταρα –οι σκληρεΐδες και οι σκληρογχοματικές ίνες– διαθέτουν παχιά, λιγνινοποιημένα τοιχώματα και ο ρόλος τους είναι να υποστηρίζουν τα ώριμα, μη αναπτυσσόμενα μέρη του φυτού. Οι τραχειΐδες και τα κύτταρα-μέλη των αγγείων συνιστούν τα υδαταγωγά κύτταρα του ξυλώματος, διαθέτουν παχύ τοίχωμα και είναι ήδη νεκρά κατά τη λειτουργική τους ωριμότητα. Τα κύτταρα του φλοιώματος των αγγειοσπέρμων μέσω των οποίων μεταφέρονται τα σάκχαρα ονομάζονται ημωσωλήνες. Αν και οι ημωσωλήνες είναι ζωντανοί κατά τη λειτουργική τους ωριμότητα, χρειάζονται την παρουσία των γειτονικών τους συνοδών κυττάρων προκειμένου να έχουν πλήρη λειτουργικότητα.

Τ Μ Η Μ Α 35.2

Τα κύτταρα των νέων οργάνων παράγονται από το μερίστωμα (σ. 922-924)



Τ Μ Η Μ Α 35.3

Με την πρωτογενή αύξηση επιμηκύνονται οι ρίζες και οι βλαστοί (σ. 924-928)

- ▶ **Πρωτογενής αύξηση των ριζών** Στις ρίζες, το επάκριο ριζικό μερίστωμα βρίσκεται πολύ κοντά στο ακρορρίζιο και παράγει τα κύτταρα που θα στελεχώσουν τον αναπτυσσόμενο κεντρικό ριζικό άξονα και τη ριζική καλύπτρα.
- ▶ **Πρωτογενής αύξηση των βλαστών** Το επάκριο μερίστωμα του βλαστού βρίσκεται στον κορυφαίο οφθαλμό και παράγει μια διαδοχή μεσογονάτιων διαστημάτων και φυλλοφόρων γονάτων.

Τ Μ Η Μ Α 35.4

Με τη δευτερογενή αύξηση αυξάνεται στα ξυλώδη φυτά η διάμετρος του κορμού και των ριζών (σ. 929-933)

- ▶ **Το αγγειώδες κάμβιο και ο δευτερογενής αγγειακός ιστός** Το αγγειώδες κάμβιο αναπτύσσεται από παρεγχυματικά κύτταρα και σχηματίζει έναν μεριστωματικό κύλινδρο από τον οποίο παράγονται το δευτερογενές ξύλωμα και το δευτερογενές φλοιώμα. Τα παλαιότερα στρώματα του δευτερογενούς ξυλώματος (εγκάρδιο ξύλο) καθίστανται ανενεργά, ενώ η μεταφορά νερού γίνεται από τα νεότερα στρώματα (πορώδες ή σομφό ξύλο). Η μεταφορά σακχάρων επιτελείται μόνο από το νεότερο δευτερογενές φλοιώμα.
- ▶ **Το φελλογόνο κάμβιο και η παραγωγή του περιδέρματος** Το φελλογόνο κάμβιο παράγει ένα δευτερογενές προστατευτικό κάλυμμα του φυτικού σώματος, που ονομάζεται περιδέρμα. Αυτό αποτελείται από το φελλογόνο κάμβιο και τα παραγόμενα στρώματα φελλωδών κυττάρων. Ο φλοιός συνίσταται από όλους τους ιστούς που βρίσκονται εξωτερικά του αγγειώδους καμβίου, δηλαδή από το δευτερογενές φλοιώμα και το περιδέρμα.

Τ Μ Η Μ Α 35.5

Το φυτικό σώμα προκύπτει από τρεις διεργασίες: αύξηση, μορφογένεση και διαφοροποίηση (σ. 933-941)

- ▶ **Η μοριακή βιολογία έφερε επανάσταση στη μελέτη των φυτών** Η ανάπτυξη νέων τεχνικών και η χρήση πρότυπων οργανισμών (οργανισμών-μοντέλων), όπως το γένος *Arabidopsis*, έχουν επηρεάσει καταλυτικά την πρόοδο της κατανόησης των φυτών. Το *Arabidopsis* ήταν το πρώτο φυτό του οποίου το γονιδίωμα αλληλουχήθηκε πλήρως.
- ▶ **Αύξηση: Κυτταρική διαίρεση και κυτταρική μεγέθυνση** Τόσο η αύξηση όσο και η ίδια η μορφή ενός φυτικού οργανισμού καθορίζονται κυρίως από την κυτταρική διαίρεση και την κυτταρική μεγέθυνση. Η εναρκτήρια προφασική ζώνη των μικροσωληνίσκων καθορίζει το επίπεδο της κυτταρικής πλάκας σε ένα διαιρούμενο κύτταρο. Ο προσανατολισμός του κυτταροσκελετού επηρεάζει την κατεύθυνση της κυτταρικής επιμήκυνσης, καθώς ελέγχει τον προσανατολισμό των μικροϊνιδίων κυτταρίνης στο κυτταρικό τοίχωμα.
- ▶ **Μορφογένεση και σχηματισμός μορφοτύπου** Η ανάπτυξη ιστών και οργάνων σε συγκεκριμένες θέσεις εξαρτάται από κύτταρα που αποκρίνονται σε πληροφορίες τοπολογικού περιεχομένου, όπως η πολικότητα. Η μορφογένεση συνήθως ελέγχεται από εξειδικευμένα ομοιωτικά (οργανομορφογενετικά) γονίδια.
- ▶ **Γονιδιακή έκφραση και έλεγχος της κυτταρικής διαφοροποίησης** Τα κύτταρα ενός φυτού διαθέτουν όλα το ίδιο γονιδίωμα, αλλά διαφοροποιούνται προς εξειδικευμένους κυτταρικούς τύπους μέσω της διαφορικής ενεργοποίησης των γονιδίων τους.
- ▶ **Θέση και αναπτυξιακό πεπρωμένο ενός κυττάρου** Ο τρόπος με τον οποίο διαφοροποιείται ένα φυτικό κύτταρο καθορίζεται κυρίως από τη θέση αυτού του κυττάρου στο αναπτυσσόμενο φυτικό σώμα.
- ▶ **Μεταπτώσεις της ανάπτυξης: μεταβολές φάσης** Ενδογενή ή περιβαλλοντικά ερεθίσματα μπορεί να προκαλέσουν μετάπτωση από μια αναπτυξιακή φάση σε μια άλλη, όπως συμβαίνει π.χ. όταν ένα φυτό αρχίζει να παράγει ώριμα φύλλα αντί για νεανικά. Μορφολογικές αλλαγές αυτού του τύπου ονομάζονται μεταβολές φάσης.
- ▶ **Γενετικός έλεγχος της άνθισης** Η διερεύνηση των οργανομορφογενετικών γονιδίων (γονιδίων ταυτότητας ανθικών οργάνων ή ομοιωτικών γονιδίων) στην ανάπτυξη των ανθέων προσφέρει ένα εργαλείο μελέτης για τον σχηματισμό των ανθικών μορφοτύπων. Η υπόθεση ABC προσδιορίζει με ποιον τρόπο είναι δυνατόν τρεις ομάδες οργανομορφογενετικών γονιδίων να ελέγχουν τη δημιουργία των σεπάλων, των πετάλων, των στημόνων και των καρποφύλλων (υπέρων).

ΕΛΕΓΤΕ ΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΣΑΣ

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΑΥΤΟΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

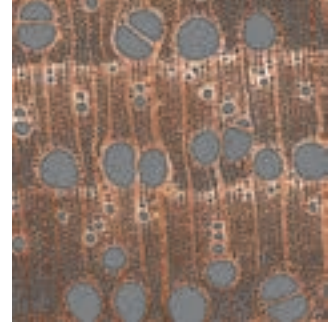
1. Ποια από τις ακόλουθες αντιστοιχίσεις δομών είναι εσφαλμένη;
 - α. ριζικό τριχίδιο – δερματικός ιστός
 - β. δρυφακτοειδές μεσόφυλλο – θεμελιώδης ιστός
 - γ. καταφρακτικά κύτταρα – δερματικός ιστός
 - δ. συνοδό κύτταρο – θεμελιώδης ιστός
 - ε. τραχειίδες – αγγειακός ιστός
2. Σε ποια περιοχή των ριζών ολοκληρώνουν την ανάπτυξή τους τα μέλη των αγγείων;
 - α. στη ζώνη κυτταρικών διαιρέσεων
 - β. στη ζώνη επιμήκυνσης
 - γ. στη ζώνη διαφοροποίησης
 - δ. στη ριζική καλύπτρα
 - ε. στο επάκριο μεριστώμα
3. Το εγκάρδιο και το πορώδες (σομφό) ξύλο αποτελούνται από
 - α. φλοιό.
 - β. περιδερμα.
 - γ. δευτερογενές ξύλωμα.
 - δ. δευτερογενές φλοιώμα.
 - ε. φελλό.
4. Ποιο από τα παρακάτω δεν αποτελεί τμήμα του φλοιού ενός ενήλικου δέντρου;
 - α. ο φελλός
 - β. το φελλογόνο κάμβιο
 - γ. τα φακίδια
 - δ. το δευτερογενές ξύλωμα
 - ε. το δευτερογενές φλοιώμα
5. Συχνά, η μετάβαση του επάκριου μεριστώματος από τη νεαρή στην ώριμη βλαστητική φάση εκδηλώνεται με
 - α. μεταβολή στη μορφολογία των παραγόμενων φύλλων.
 - β. την έναρξη της δευτερογενούς αύξησης.
 - γ. τον σχηματισμό πλευρικών ριζών.
 - δ. μεταβολή του προσανατολισμού των εναρκτήριων προφασικών ζωνών και των κυτταροπλασματικών μικροσωληνίσκων στα πλευρικά μεριστώματα.
 - ε. την ενεργοποίηση των ανθικών γονιδίων μεριστωματικής ταυτότητας.
6. Ποια από τις παρακάτω δομές είναι προϊόν δραστηριότητας του μεριστώματος;
 - α. δευτερογενές ξύλωμα
 - β. φύλλα
 - γ. δερματικός ιστός
 - δ. κόνδυλοι
 - ε. όλα τα παραπάνω
7. Αν κλαδέψουμε τις κορυφές στο φυτό «σκυλάκι», παράγονται πολύ περισσότερα άνθη απ' ό,τι χωρίς αυτή την παρέμβαση. Γιατί η απομάκρυνση της κορυφής οδηγεί στη δημιουργία μεγαλύτερου αριθμού ανθέων;
 - α. Η αφαίρεση του επάκριου μεριστώματος προκαλεί μεταβολή φάσης από τη βλαστητική ανάπτυξη στην ανθοφορία.
 - β. Η αφαίρεση του επάκριου μεριστώματος προκαλεί αποδιοργάνωση των κυτταρικών διαιρέσεων, όπως π.χ. στη μετάλλαξη *fass* του *Arabidopsis*.
 - γ. Η αφαίρεση του επάκριου μεριστώματος οδηγεί σε αυξημένη παροχή θρεπτικών υλικών στα ανθικά μεριστώματα.
 - δ. Η αφαίρεση του επάκριου μεριστώματος οδηγεί στην ανάπτυξη πλευρικών οφθαλμών από τους οποίους

δημιουργούνται πρόσθετοι κλάδοι και, τελικά, περισσότερα άνθη.

ε. Η αφαίρεση του επάκριου μεριστώματος επιτρέπει στο περιδερμα να παραγάγει νέους πλευρικούς κλάδους.

8. Ποια από τα παρακάτω *δεν* παράγονται από το αγγειώδες κάμβιο;
- σκληροεγχυματικά κύτταρα
 - παρεγχυματικά κύτταρα
 - ηθμοσωλήνες
 - ριζικά τριχίδια
 - κύτταρα-μέλη των αγγείων
9. Ο τύπος του ώριμου κυττάρου στον οποίο θα μετασηματιστεί ένα εμβρυϊκό κύτταρο φαίνεται ότι εξαρτάται κυρίως από
- την επιλεκτική απώλεια γονιδίων.
 - την τελική θέση του κυττάρου στο αναπτυσσόμενο όργανο.
 - το πρότυπο μετανάστευσης του κυττάρου.
 - την ηλικία του κυττάρου.
 - τη συγκεκριμένη μεριστωματική γενεαλογική γραμμή του κυττάρου.
10. Με βάση την υπόθεση ABC, τι δομή θα έχει ένα άνθος στο οποίο η δραστηριότητα των γονιδίων *A* και *C* είναι φυσιολογική, αλλά το γονίδιο *B* εκφράζεται και στους τέσσερις δακτύλιους;
- καρπόφυλλο – πέταλο – πέταλο – καρπόφυλλο
 - στήμονας – στήμονας – πέταλο – πέταλο
 - σέπαλο – καρπόφυλλο – καρπόφυλλο – σέπαλο
 - σέπαλο – σέπαλο – καρπόφυλλο – καρπόφυλλο
 - καρπόφυλλο – καρπόφυλλο – καρπόφυλλο – καρπόφυλλο

11. **ΣΧΕΔΙΑΣΤΕ!** Στην εγκάρσια τομή αυτού του ξυλώδους ευδικότυλου, σημειώστε έναν αυξητικό δακτύλιο, μια περιοχή όψιμου ξύλου, μια περιοχή πρώιμου (εαρινού) ξύλου, καθώς και ένα κύτταρο-μέλος αγγείου. Επίσης, σημειώστε με βέλος την κατεύθυνση από την εντεριώνη προς τον φελλό.



Για τις απαντήσεις των ερωτήσεων αυτοαξιολόγησης, βλ. Παράρτημα Α.

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΕΞΕΛΙΞΗ

12. Οι εξελικτικοί βιολόγοι έχουν δημιουργήσει τον όρο *μεταπροσαρμογή*, ή *δευτερογενής προσαρμογή*, για να περιγράψουν ένα φαινόμενο που εμφανίζεται συχνά στην εξελικτική πορεία των ειδών, σύμφωνα με το οποίο ένα άκρο ή ένα όργανο που έχει αρχικά μια συγκεκριμένη λειτουργία αποκτά με την πάροδο του εξελικτικού χρόνου μια νέα. Μπορείτε να αναφέρετε μερικά παραδείγματα μετα-προσαρμογής φυτικών οργάνων;

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ

13. Αναπτύξτε εν συντομία τη χρησιμότητα των μεταλλαγμένων φυτών στη μελέτη της ρύθμισης της ανάπτυξης. Αναφέρετε ένα τουλάχιστον συγκεκριμένο παράδειγμα.