© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ - ΕΙΔΙΚΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ 2016

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.

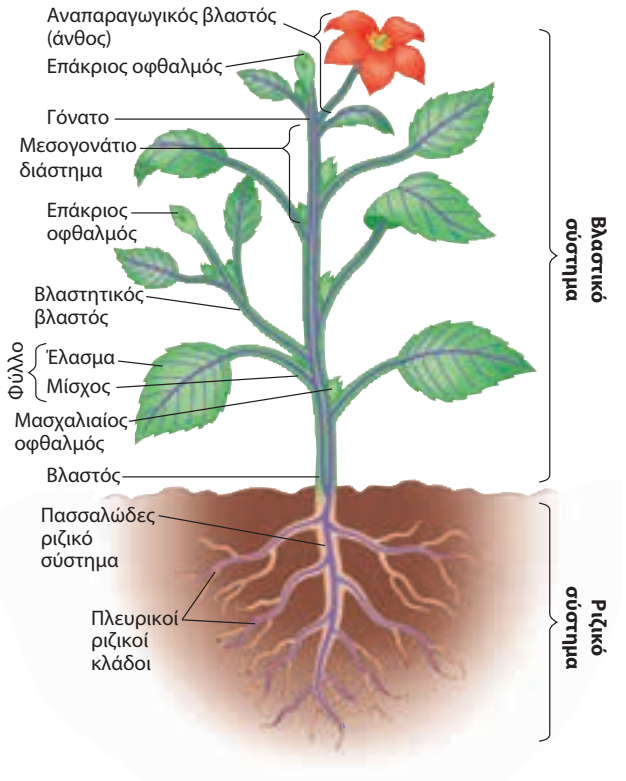
Εκτός από τις ιδιαίτερες δομικές λύσεις που βρίσκει κάθε φυτό, σε ατομικό επίπεδο, ώστε να προσαρμοστεί στο εκάστοτε τοπικό περιβάλλον, υπάρχουν και προσαρμογές που έχουν συσσωρευθεί μέσω της φυσικής επιλογής σε επίπεδο είδους και οι οποίες καθορίζουν το σύνολο της εξωτερικής του μορφής, δηλαδή τη **μορφολογία** του. Χαρακτηριστικό αυτών των προσαρμογών είναι ότι εμφανίζουν μικρή ποικιλότητα μεταξύ ατόμων του ίδιου είδους. Λόγου χάρη, 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

© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ - ΕΙΔΙΚΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ 2016

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.



▲ **Εικόνα 35.2 Επισκόπηση ενός ανθοφύτου.** Το φυτικό σώμα υποδιαιρείται σε δύο συστήματα, το σύστημα των ριζών (ριζικό) 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.

ΤΜΗΜΑ 35.1

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

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

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, CO_2 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 **ριζικό 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-

© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ - ΕΙΔΙΚΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ 2016

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 εκατοστομέτρων. 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 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.



◄ 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.

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**

© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ - ΕΙΔΙΚΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ 2016

▼ Εικόνα 35.4 Τροποποιημένες ρίζες.



◀ **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 επιγενείς, καθώς οι αρχικές ρίζες απονεκρώνονται. Στη φωτογραφία, οι στηρικτικές ρίζες που αναπτύσσονται από τον κορμό τελικά θα φθάσουν και θα διεισδύσουν στο έδαφος.



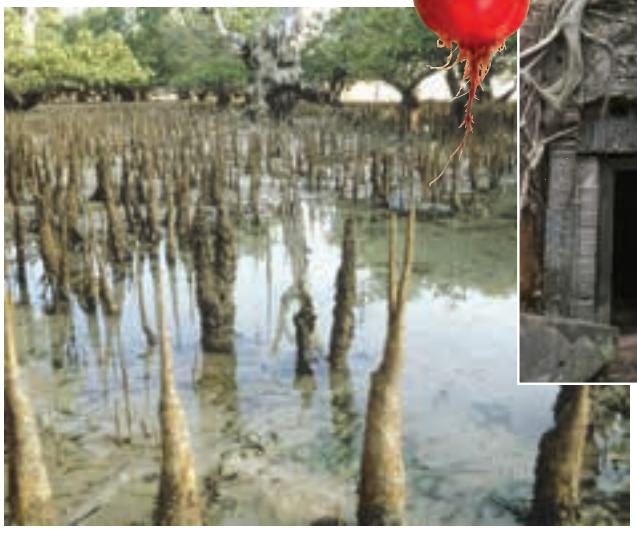
▶ **Αποταμιευτικές ρίζες.** Πολλά φυτά, όπως π.χ. το κοινό παντζάρι, αποθηκεύουν στις ρίζες τους νερό και τροφή.

▼ **«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.



▼ **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.





▲ **Αεροφόρες (πνευματοφόρες) ρίζες.** Ονομάζονται και αέριες ρίζες. Εμφανίζονται σε δέντρα, όπως τα μαγκρόβια, τα οποία ζουν σε εδάφη που λόγω παλιρροϊκών 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.

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

Ο λήθαργος των μασχαλιαίων οφθαλμών οφείλεται εν μέρει στη γειτνίασή 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**).

© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ - ΕΙΔΙΚΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ 2016

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 αγγείων στα φύλλα τους. Στα περισσότερα μονοκότυλα, οι κύριοι κλάδοι των «**νεύρων**» διατάσσονται παράλληλα μεταξύ τους και διατρέχουν ολόκληρο το φύλλο από τη μια άκρη ώς 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 (ρίζωμα). Οι επίγειοι βλαστοί του φυτού φύονται από τους μασχαλιαίους οφθαλμούς του ριζώματος.

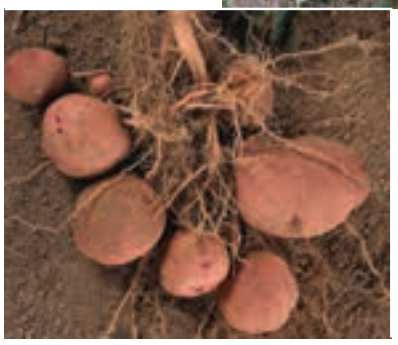


▶ **Βολβοί.** Οι βολβοί είναι υπόγειοι κατακόρυφοι βλαστοί που αποτελούνται κυρίως από διογκωμένες βάσεις φύλλων όπου αποθηκεύονται θρεπτικές ουσίες. Κάνοντας μια επιμήκη τομή σε ένα ξερό κρεμμύδι, βλέπουμε εύκολα τις πολυάριθμες στρώσεις τροποποιημένων φύλλων που προσαρτώνται στον βραχύ βλαστό.

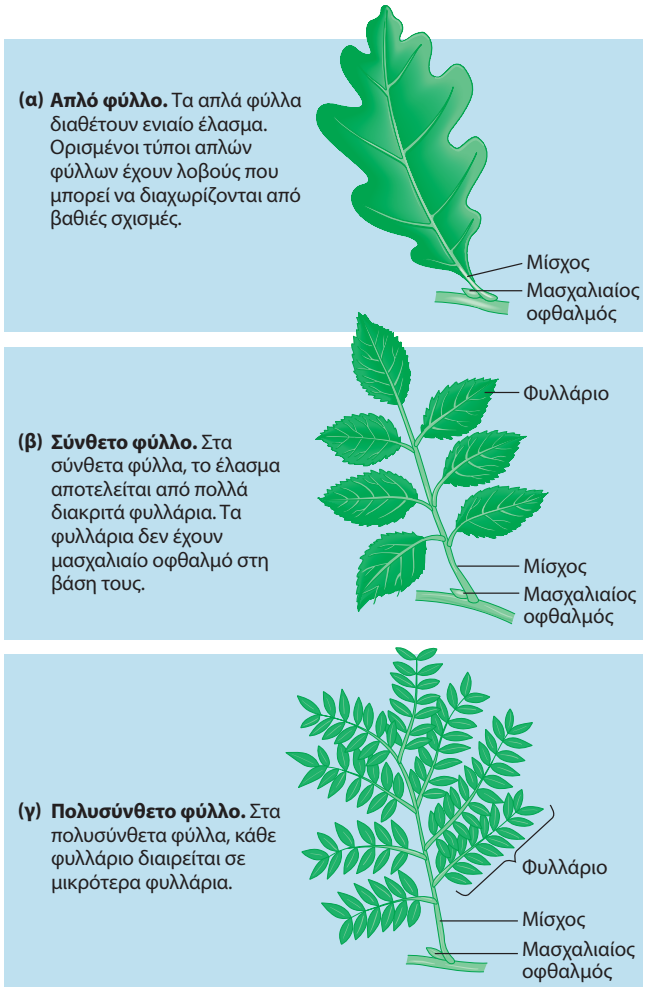


▶ **Στολόνια.** Όπως φαίνεται στη φραουλιά της εικόνας, τα στολόνια είναι οριζόντιοι βλαστοί που αναπτύσσονται πάνω στην επιφάνεια του εδάφους και εξυπηρετούν τον αφυλετικό πολλαπλασιασμό του φυτού. Από κάθε οφθαλμό κατά μήκος αυτών των βλαστών που έρπουν, προκύπτουν νέα, πλήρη φυτά.





◀ **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.

© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ - ΕΙΔΙΚΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ 2016

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 **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 εξώτερη 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 **εφυμενίδα**, 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 35.7 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.

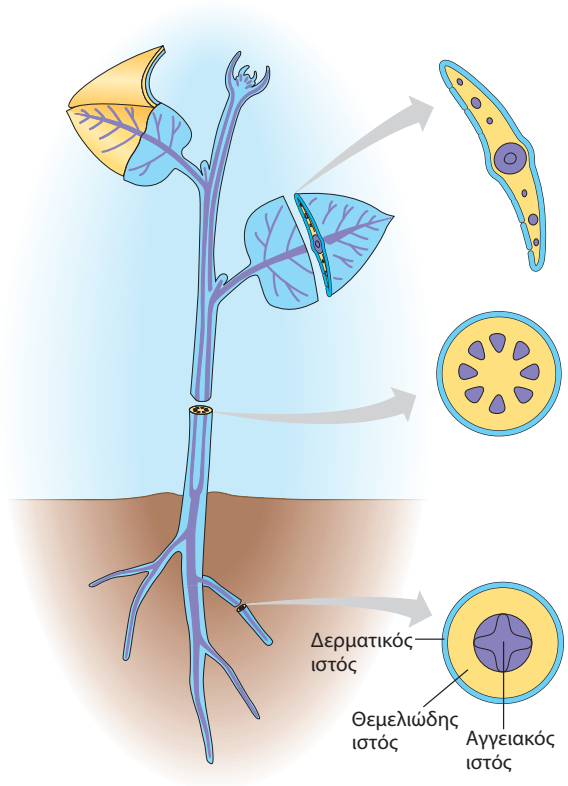


◀ Αποταμιευτικά φύλλα. Τα περισσότερα παχύφυλλα, όπως το *Carpobrotus edulis* (μπούζι) της εικόνας, χρησιμοποιούν τα τροποποιημένα φύλλα όχι μόνο ως όργανο φωτοσύνθεσης αλλά και ως αποθήκη νερού.

▶ Αναπαραγωγικά φύλλα. Τα φύλλα ορισμένων παχυφύλλων, 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 ποϊνσέτιας είναι στην πραγματικότητα τροποποιημένα φύλλα που ονομάζονται βράκτια. Εδώ περιβάλλουν μια ομάδα ανθέων. Ο έντονος χρωματισμός τους εξυπηρετεί την προσέλκυση επικονιαστών.



▲ 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.

© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ - ΕΙΔΙΚΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ 2016

ρη, τα ριζικά τριχίδια είναι προεκβολές των επιδερμικών κυττάρων που βρίσκονται κοντά στο ακραίο τμήμα της ρίζας. Επίσης, το *τρίχωμα*, δηλαδή οι τριχοειδείς προεκβολές που σχηματίζονται από την επιδερμίδα νεαρών βλαστών και φύλλων, μειώνουν τις απώλειες νερού και ανακλούν την περίσσεια του φωτός. Το τρίχωμα 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 τρίχωμα 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 φλοίωμα. Με το **ξύλωμα** μεταφέρονται νερό και ανόργανα άλατα από τις ρίζες προς τους βλαστούς. Με το **φλοίωμα** 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 φλοίωμα, 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 φλοίωμα (βλ. Εικόνα 35.8). Το ξύλωμα και το φλοίωμα 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 **εντεριώνη**, 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.

Εικόνα 35.9 Διερεύνηση

Το τρίχωμα 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 τρίχωμα (10 τριχίδια/mm²)



Λοβός με αραιό τρίχωμα (2 τριχίδια/mm²)



Άτριχος λοβός

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



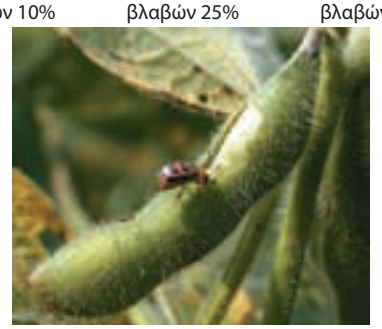
Λοβός με πυκνό τρίχωμα: ποσοστό βλαβών 10%



Λοβός με αραιό τρίχωμα: ποσοστό βλαβών 25%



Άτριχος λοβός: ποσοστό βλαβών 40%



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ Το τρίχωμα 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 soybeen pod feeding by adult bean leaf-beattles (Coleoptera: Chrysomelidae), *Journal of Economic Entomology* 94(6):1459-1463 (2001).

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

Συνήθεις τύποι φυτικών κυττάρων

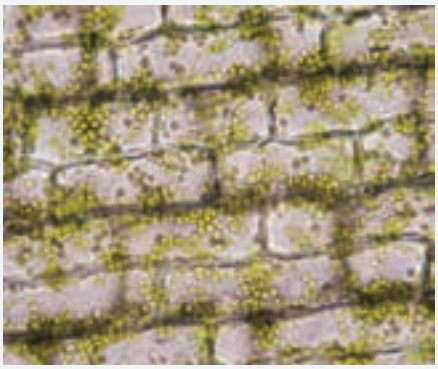
Όπως όλοι οι πολυκύτταροι οργανισμοί, έτσι και τα φυτά χαρακτηρίζονται από κυτταρική διαφοροποίηση, δηλαδή από δομική και λειτουργική εξειδίκευση των κυττάρων. Η διαφοροποίηση συνεπάγεται αλλαγές στο κυτταρόπλασμα, στα οργανίδια και στα κυτταρικά τοιχώματα. Η **Εικόνα 35.10**, στις δύο επόμενες σελίδες, επικεντρώνεται στους κύριους τύπους των φυτικών κυττάρων: στα πα-

© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ - ΕΙΔΙΚΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ 2016

▼ **Εικόνα 35.10**

Εξερευνώντας παραδείγματα διαφοροποιημένων φυτικών κυττάρων

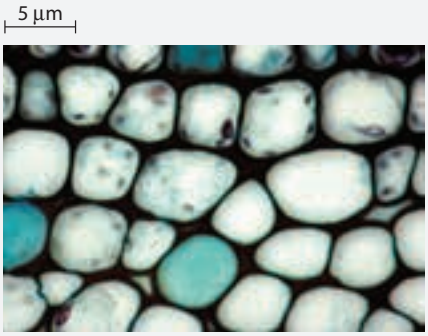
Παρεγχυματικά κύτταρα



Παρεγχυματικά κύτταρα με χλωροπλάστες, από φύλλο του φυτού *Elodea* (ΟΜ) 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.

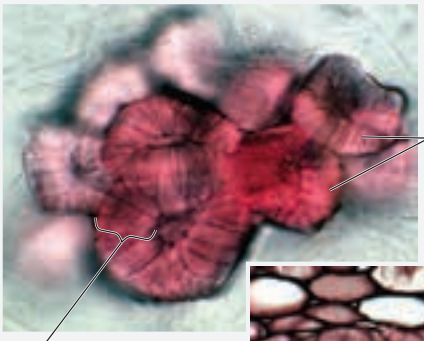
Κολλεγχυματικά κύτταρα

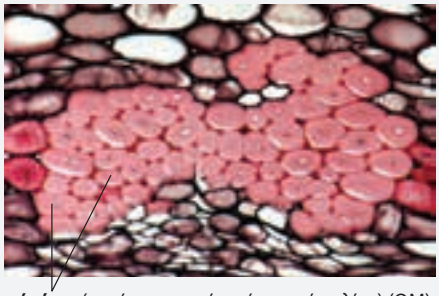


Κολλεγχυματικά κύτταρα (σε βλαστό του φυτού *Helianthus*) (ΟΜ)

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 μελίας) (ΟΜ)

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 τραγανή 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.

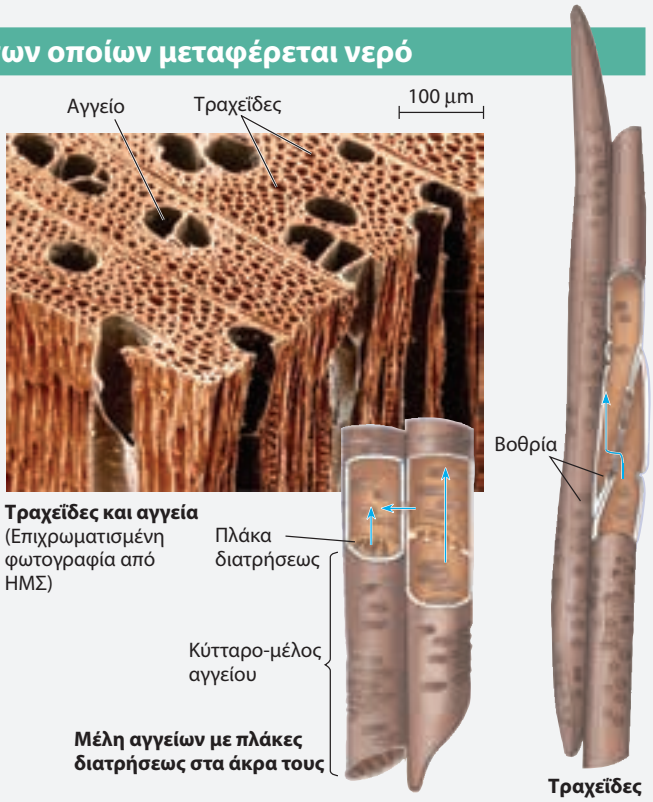
© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ - ΕΙΔΙΚΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ 2016

Κύτταρα του ξυλώματος μέσω των οποίων μεταφέρεται νερό

Υπάρχουν δύο τύποι υδαταγωγών κυττάρων, οι **τραχεΐδες** και τα **κύτταρα-μέλη των αγγείων**. Τα κύτταρα και των δύο τύπων είναι επιμήκη και σωληνοειδή, και νεκρώνονται όταν φθάσουν σε λειτουργική ωριμότητα. Τραχεΐδες 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 τραχεΐδων και των μελών των αγγείων, τα ενισχυμένα κυτταρικά τοιχώματα παραμένουν στη θέση τους σχηματίζοντας απονεκρωμένες σωληνωτές διατάξεις (τις τραχεΐδες και τα αγγεία) που επιτρέπουν την κίνηση του νερού. Στις τραχεΐδες και στα μέλη των αγγείων, η συνέχεια 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 τραχεΐδες είναι επιμήκη, λεπτά κύτταρα με επιμηκυσμένα άκρα. Το νερό κινείται από τη μία τραχεΐδα στην επόμενη μέσω των βοθρίων, επομένως δεν χρειάζεται να διαπεράσει τα παχιά δευτερογενή τοιχώματα. Τα δευτερογενή κυτταρικά τοιχώματα των τραχεΐδων 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 τραχεΐδες, 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.

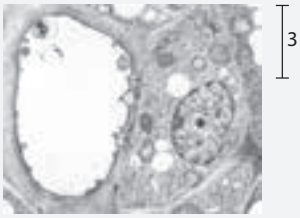


Τραχεΐδες και αγγεία (Επιχρωματισμένη φωτογραφία από ΗΜΣ)

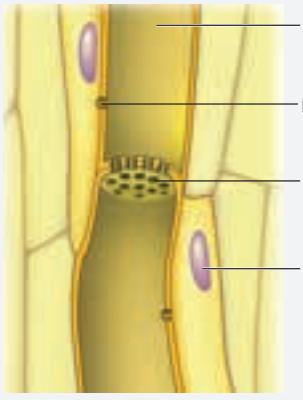
Κύτταρα του φλοιώματος μέσω των οποίων μεταφέρονται σάκχαρα

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 φλοίωμα 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 μόνον 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.



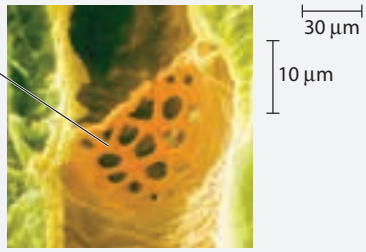
Ηθμώδες κύτταρο (αριστερά) και συνοδό κύτταρο (δεξιά) σε εγκάρσια τομή (ΗΜΔ)



Ηθμώδη κύτταρα σε διαμήκη τομή

Ηθμώδη κύτταρα σε διαμήκη τομή (ΟΜ)





Ηθμώδης πλάκα με πόρους (ΗΜΣ)

© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ - ΕΙΔΙΚΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ 2016

ρεγχυματικά, κολλεγχυματικά και σκληρεγχυματικά κύτταρα, καθώς και σε αυτά που μεταφέρουν νερό στο ξύλωμα και σάκχαρα στο φλοίωμα. 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 βοηθούσε αν ανατρέχατε 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

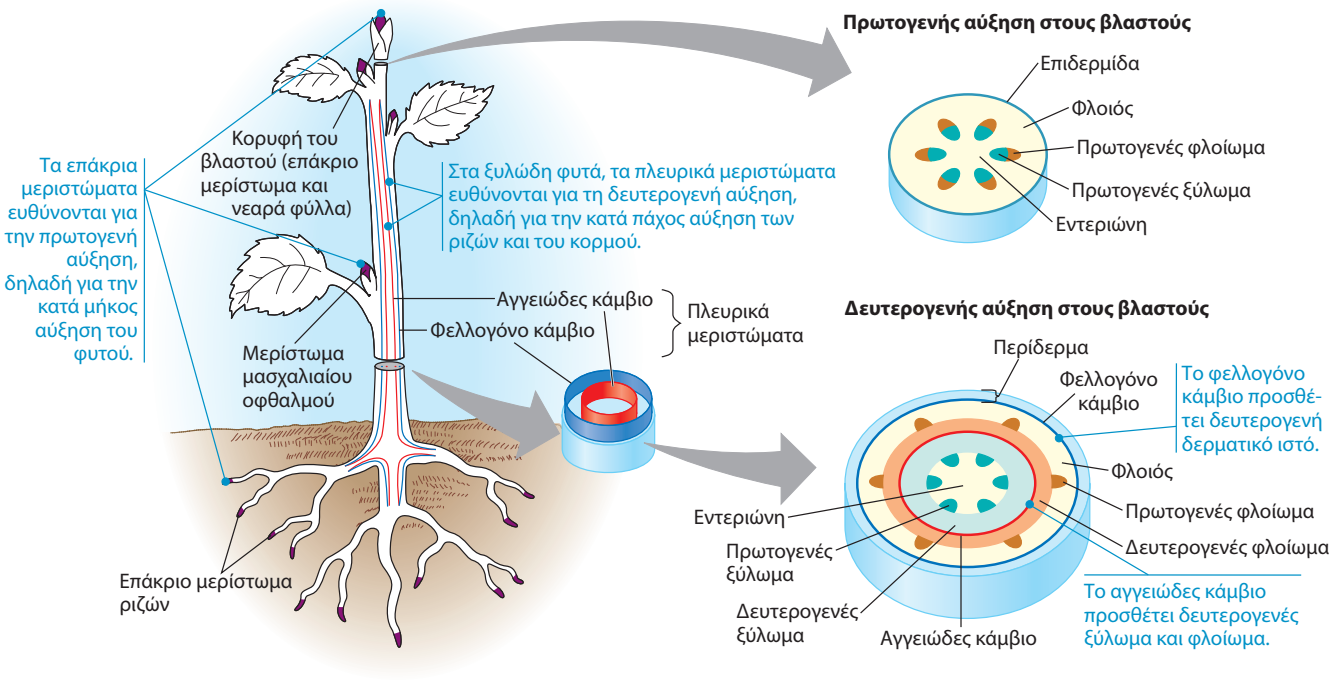
Τα κύτταρα των νέων οργάνων παράγονται από το μερίστωμα

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 ισοβίως και ο οποίος ονομάζεται **μερίστωμα**. Υπάρχουν δύο τύποι μεριστώματος, το επάκριο και το πλευρικό (**Εικόνα 35.11**). Το **επάκριο μερίστωμα**, ή **ακραίο μερίστωμα**, βρίσκεται στα ακραία τμήματα των ριζών και των βλαστών, καθώς και στους μασχαλιαίους 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

© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ - ΕΙΔΙΚΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ 2016

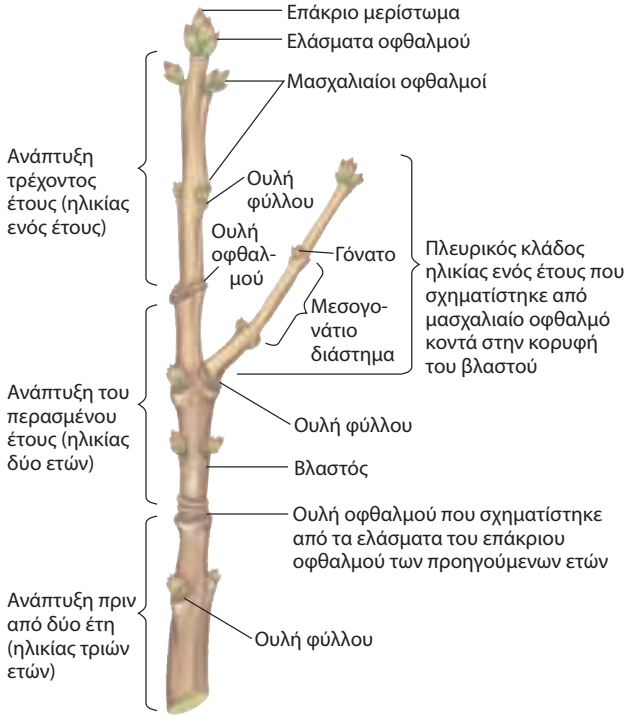


▲ **Εικόνα 35.11** **Επισκόπηση της πρωτογενούς και της δευτερογενούς αήξησης.**

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

Τα μεριστωματικά κύτταρα πολλαπλασιάζονται σχετικά συχνά, προσθέτοντας διαρκώς νέα κύτταρα στο φυτό. Μερικά από αυτά τα νέα κύτταρα παραμένουν στο μερίστωμα 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 μερίστωμα, ώστε να αποτελέσουν με τον πολλαπλασιασμό τους πηγή νέων κυττάρων, ονομάζονται *αρχικά*. Όσα νέα κύτταρα απομακρύνονται από το μερίστωμα 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 μερίστωμα (**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 μερίστωμα 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.