

Το φύλλο

Λειτουργικός ρόλος

1. φωτοσύνθεση

2. διαπνοή

3. προστασία (λέπια οφθαλμών, αγκάθια)

4. στήριξη (έλικες)

5. αποθήκευση (κοτυληδόνες, βολβοί)

6. αναπαραγωγή (σέπαλα, πέταλα, στήμονες, καρπόφυλλα)

7. προμήθεια αζώτου (εντομοφάγα φυτά)

Το φύλλο

Χαρακτηριστικά

- αποδοτική εκμετάλλευση φωτός και $\text{CO}_2 \rightarrow$ πλατιά και λεπτά
- φωτοσυνθετικό παρέγχυμα
- ηθμαγγειώδεις δεσμίδες
- μόνο πρωτογενή αύξηση

Το φύλλο

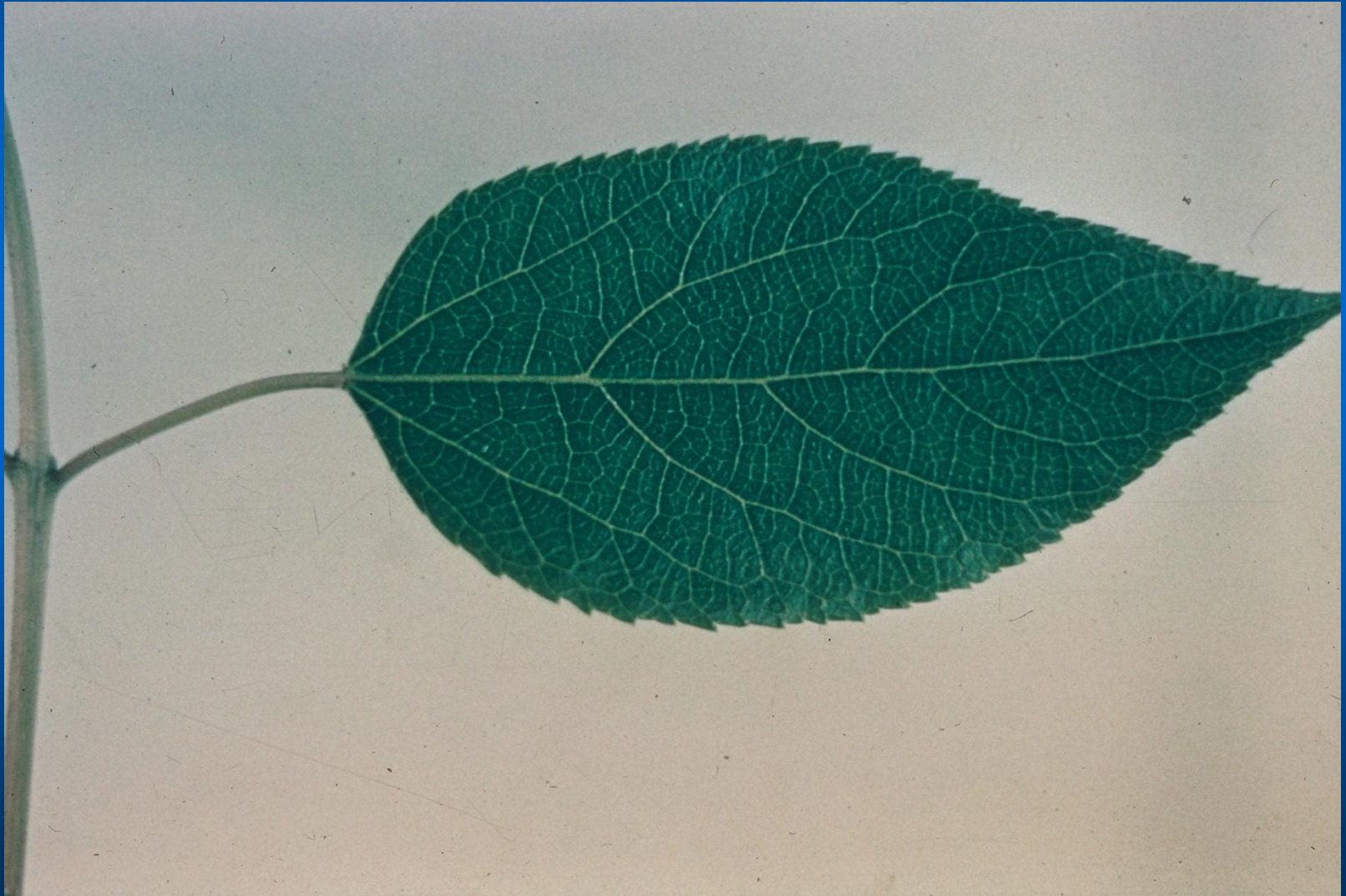
Λειτουργίες που πρέπει να εξυπηρετούνται:

- φωτοσύνθεση
- έλεγχος απώλειας νερού
- εμπόδιο στην είσοδο μυκήτων & βακτηρίων
- δεν πρέπει να είναι θρεπτικά & νόστιμα για τα φυτοφάγα
- να μην λειτουργούν σαν «πανιά»
- να είναι «φτηνά» στην κατασκευή τους (ισοζύγιο)

Το φύλλο - Δικότυλα

έλασμα

μίσχος (από γόνατο)



Το φύλλο

Ρόλος μίσχου

- φέρει & διατάσει τα φύλλα ώστε να μην σκιάζονται
- παρέχει τη δυνατότητα κυματισμού
 - δεν σκίζονται
 - «δροσίζει» το φύλλο
 - αποδοτικότερη απορρόφηση CO₂
 - δυσκολεύει την προσγείωση εντόμων
 - διώχνει τα ήδη προσγειωμένα

Το φύλλο

ποικιλομορφία

ελάσματος

μέγεθος

σχήμα

περίμετρος

νεύρωση

πάχος

μίσχου

μήκος

σχήμα

διάμετρος

Το φύλλο

ποικιλομορφία

απλά

ενιαίο έλασμα



μίσχος

+

έλασμα

σύνθετα

έλασμα από πολλά τμήματα (φυλλάρια)



μίσχος

+

ράχη (προέκταση μίσχου)

+

φυλλάρια

Απλά φύλλα

σχήμα ελλειψοειδές – περιθώρια λεία – νεύρωση πτεροειδής



Απλά φύλλα

σχήμα ελλειψοειδές – περιθώρια οδοντωτά – νεύρωση παλαμοειδής



Απλά φύλλα

σχήμα λογχοειδές έλοβο – περιθώρια λεία – νεύρωση πτεροειδής



Απλά φύλλα

σχήμα παλαμοειδώς έλοβο – περιθώρια λεία – νεύρωση πτεροειδής



Απλά φύλλα

σχήμα λογχοειδές – περιθώρια λεία – νεύρωση πτεροειδής



Απλά φύλλα

σχήμα καρδιοειδές – περιθώρια οδοντωτά – νεύρωση παλαμοειδής



Απλά φύλλα

σχήμα κυκλικό – περιθώρια λεία – νεύρωση παλαμοειδής



Απλά φύλλα

σχήμα τριγωνικό – περιθώρια λεία – νεύρωση πτεροειδής



Σύνθετα φύλλα

πτεροειδή

φυλλάκια εκατέρωθεν της ράχης
σε ζευγάρια
+
1 μονήρες στην άκρη



παλαμοειδή

φυλλάκια ακτινωτά διατεταγμένα
+
1 μονήρες στην άκρη



Σύνθετα - Απλά

Τα σύνθετα πλεονεκτικότερα των απλών:

- μεγαλύτερο βαθμό ελευθερίας
άνεμος – σχίσιμο
- τυρβώδης ροή αέρα πάνω από το σύνθετο
ταχύτερη ανταλλαγή αερίων
ψύξη
- έντομα & μύκητες δυσκολεύονται περισσότερο

Σύνθετα - Απλά

Διάκριση:

- μασχαλιαίοι οφθαλμοί στις μασχάλες των μίσχων αλλά όχι των φυλλαρίων
- απλά σε διαφορετικά επίπεδα – σύνθετα στο ίδιο επίπεδο
- φυλλοφόρος βλαστός με απλά φύλλα καταλήγει σε επάκριο μερίστωμα ή άνθος

Φύλλα μονοκότυλων

- επιμήκη – ταινιοειδή
- σωληνοειδή (κρεμμύδι)
- άμισχα
- έλασμα + κολεός
- νεύρα παράλληλα



Διάταξη φύλλων

φως – αέρας

Φυλλοταξία

σπονδυλωτή

από 1 γόνατο >1 φύλλα
ίσες γωνίες

αντίθετη

2 φύλλα
αντιδιαμετρικά

σταυρωτή

ζεύγη 2 διαδοχικών
γονάτων κάθετα

κατ' εναλλαγή

από 1 γόνατο 1 φύλλο

δίστοιχη

180°

ελικοειδής

<180°

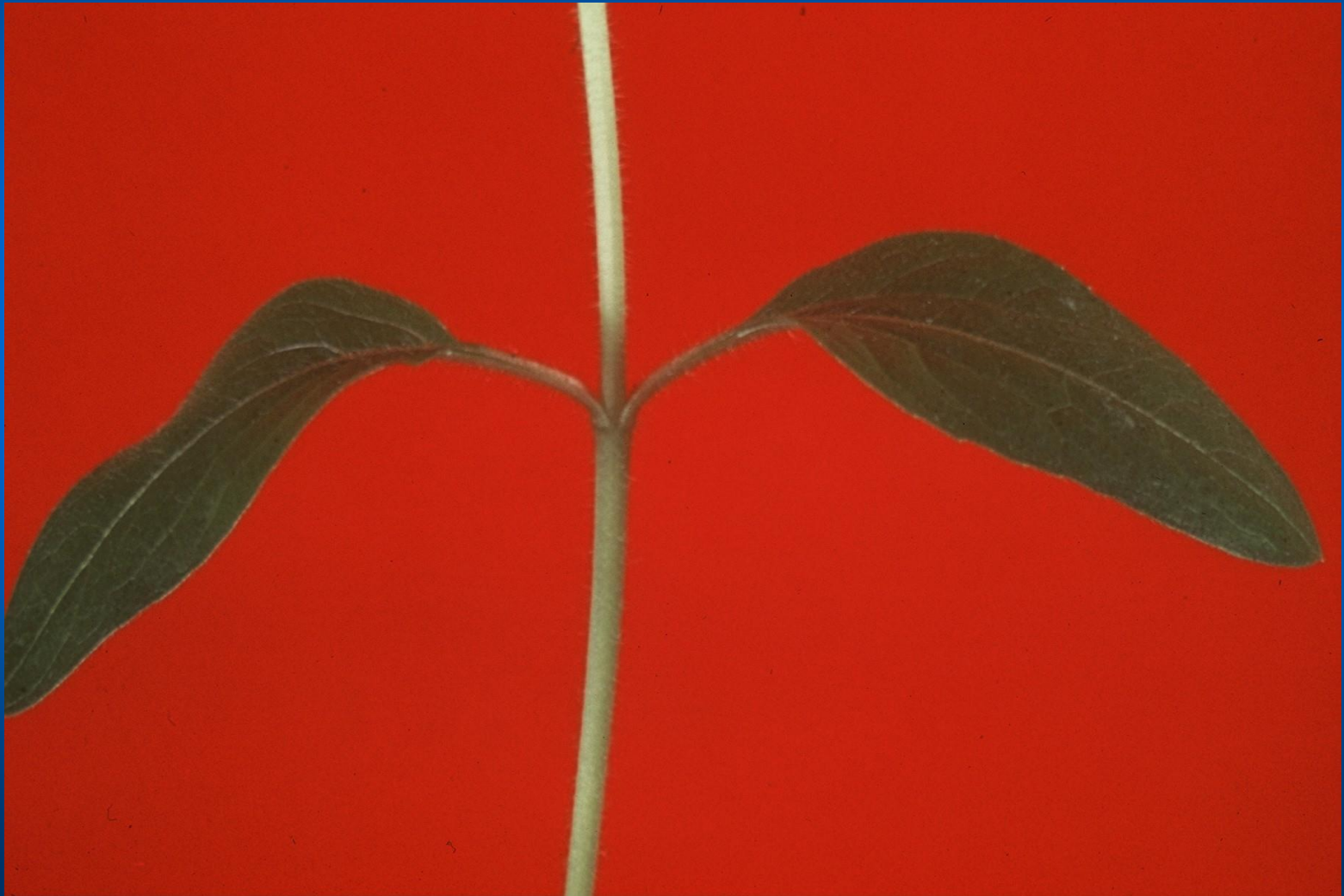
Διάταξη φύλλων

Φυλλοταξία σπονδυλωτή



Διάταξη φύλλων

Φυλλοταξία σπονδυλωτή αντίθετη



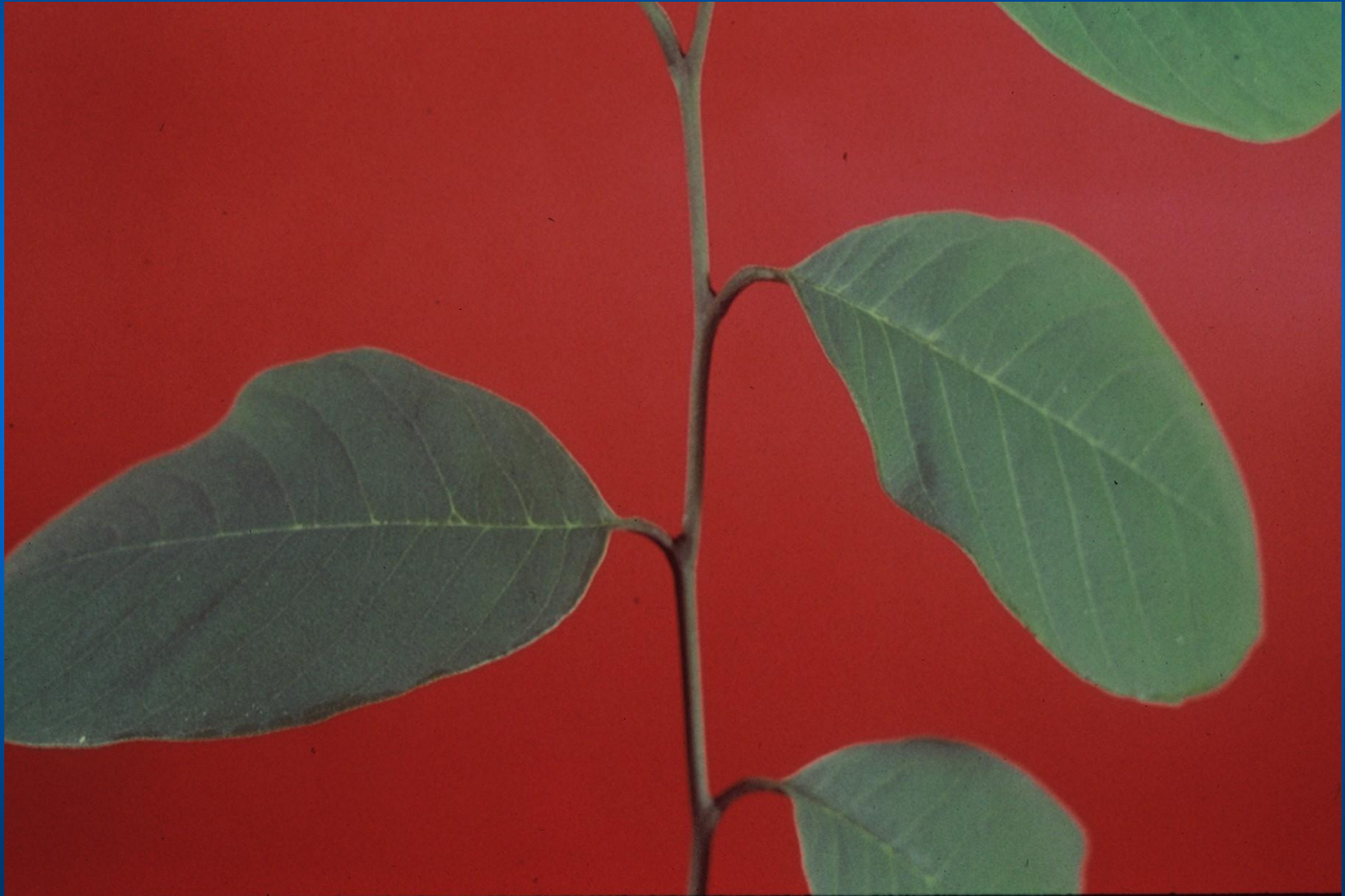
Διάταξη φύλλων

Φυλλοταξία
σπονδυλωτή
σταυρωτή



Διάταξη φύλλων

Φυλλοταξία κατ' εναλλαγή δίστοιχη



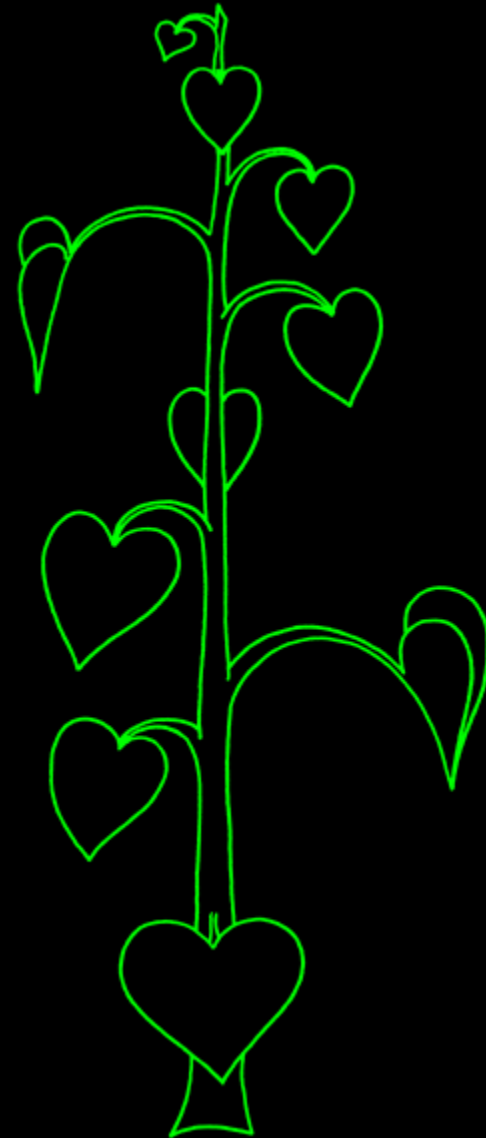
Διάταξη φύλλων

Φυλλοταξία κατ' εναλλαγή
ελικοειδής

προσδιορισμός της ελικοειδούς
φυλλοταξίας με κλάσμα

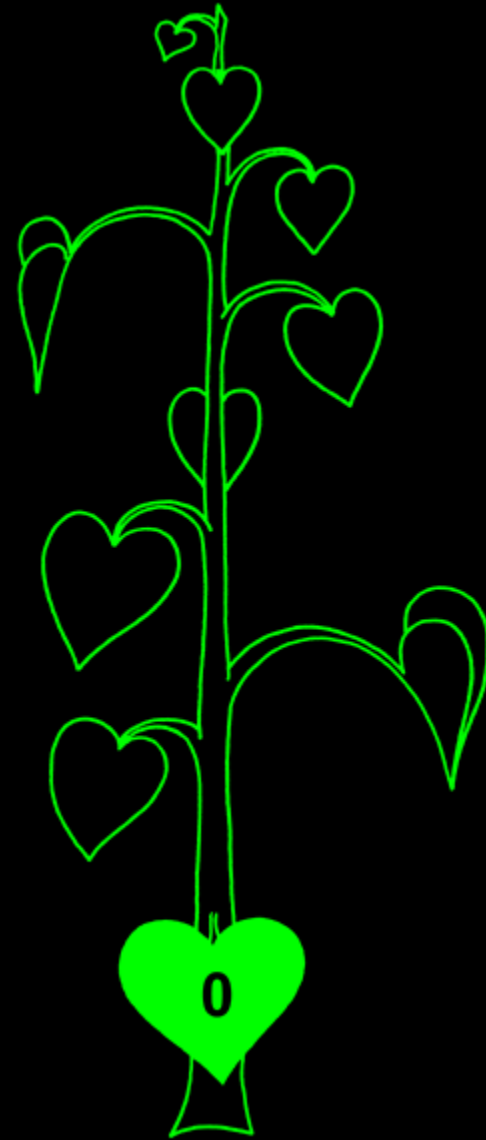
αριθμητής: αριθμός πλήρων
περιστροφών μεταξύ γονάτων
με φύλλα ίδιου
προσανατολισμού

παρονομαστής: αριθμός φύλλων



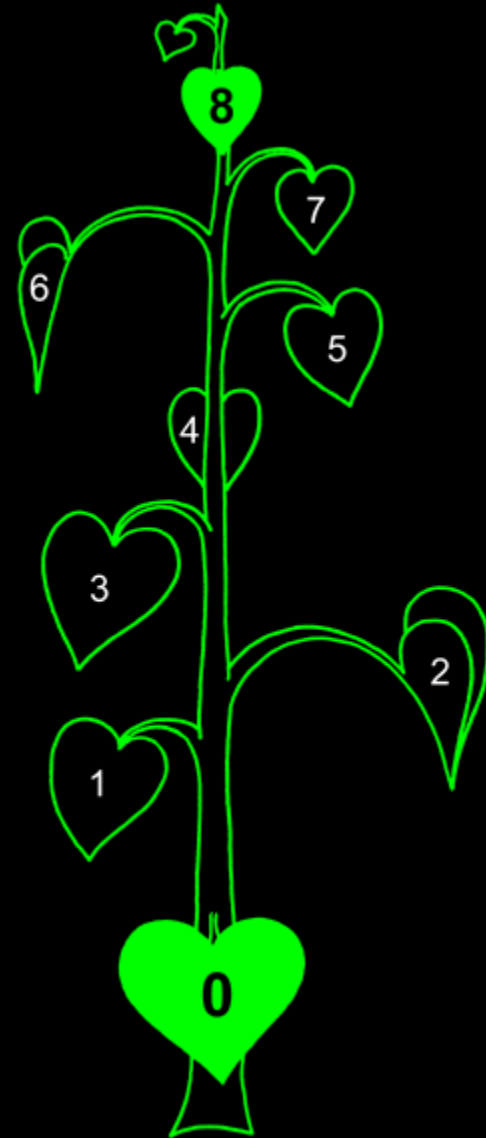
Διάταξη φύλλων

Φυλλοταξία κατ' εναλλαγή
ελικοειδής



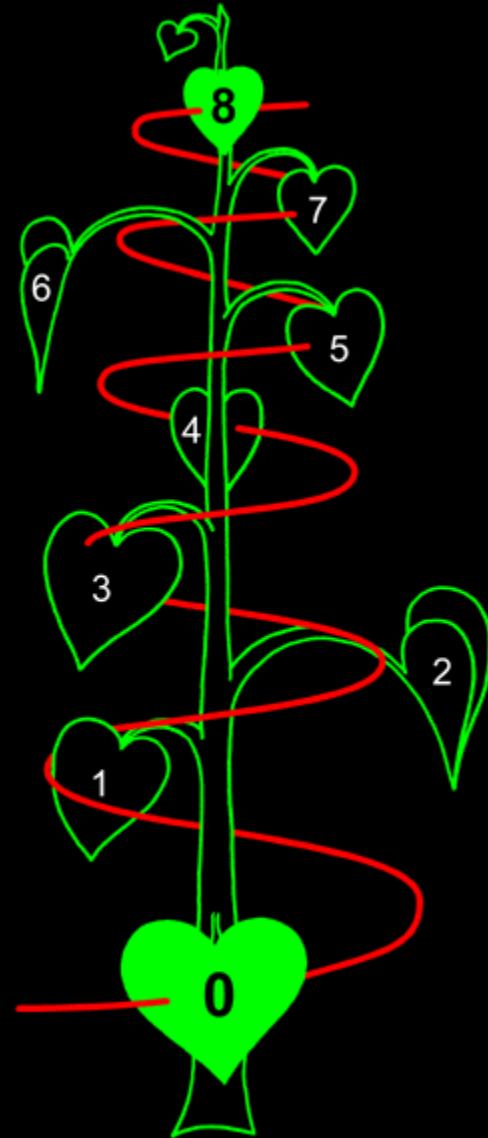
Διάταξη φύλλων

Φυλλοταξία κατ' εναλλαγή
ελικοειδής



Διάταξη φύλλων

Φυλλοταξία κατ' εναλλαγή
ελικοειδής



Διάταξη φύλλων

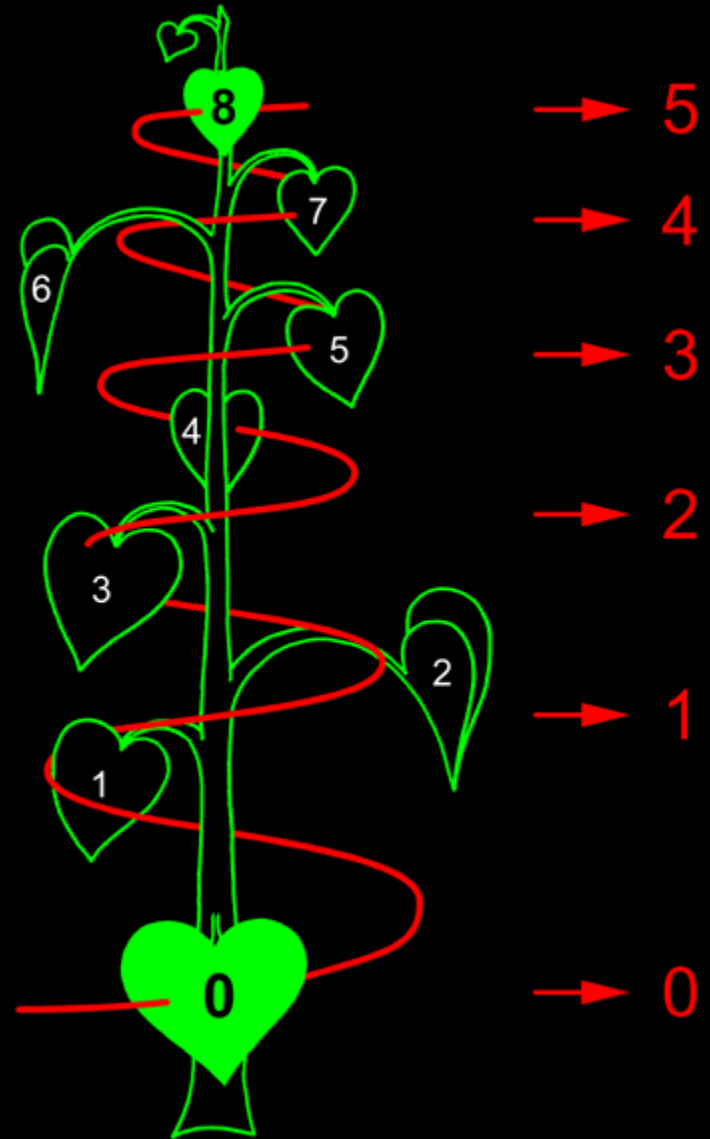
Φυλλοταξία κατ' εναλλαγή
ελικοειδής

5/8

0, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34...

1	2	3	5	8	13
—	—	—	—	—	—
2	3	5	8	13	21

1	1	2	3	5	8
—	—	—	—	—	—
2	3	5	8	13	21



Ανατομία

Εξαρτάται από οικολογικούς παράγοντες:

νερό, φως, θερμοκρασία, άνεμος

3 ιστολογικά συστήματα:

δερμικού ιστού → επιδερμίδα

θεμελιώδους ιστού → μεσόφυλλο

αγωγού ιστού → ηθμαγγειώδεις δεσμίδες

Επιδερμίδα

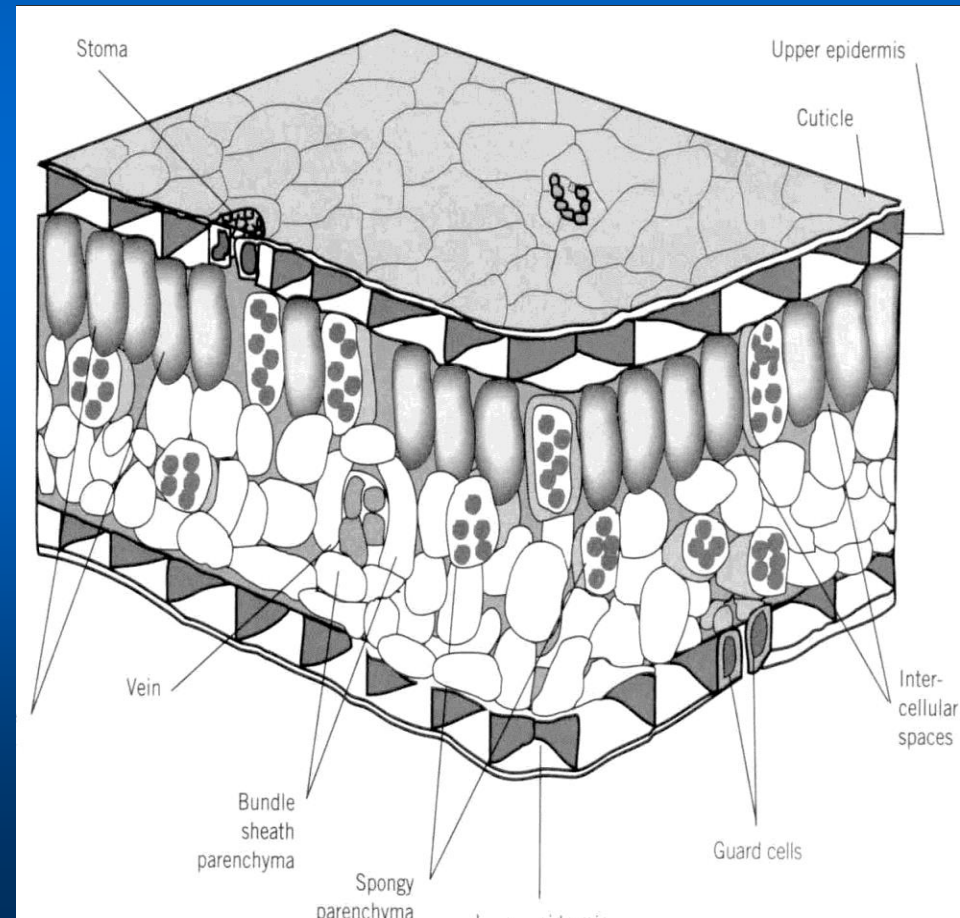
άνω – κάτω

συνήθως μονόστρωμη

τυπικά επιδερμικά κύτταρα παρόμοια με του βλαστού:

- στενή διάταξη
- χωρίς χλωροπλάστες
- παχύτοιχα εξωτερικά
- εφυμενίδα
- κηροί
- τρίχες

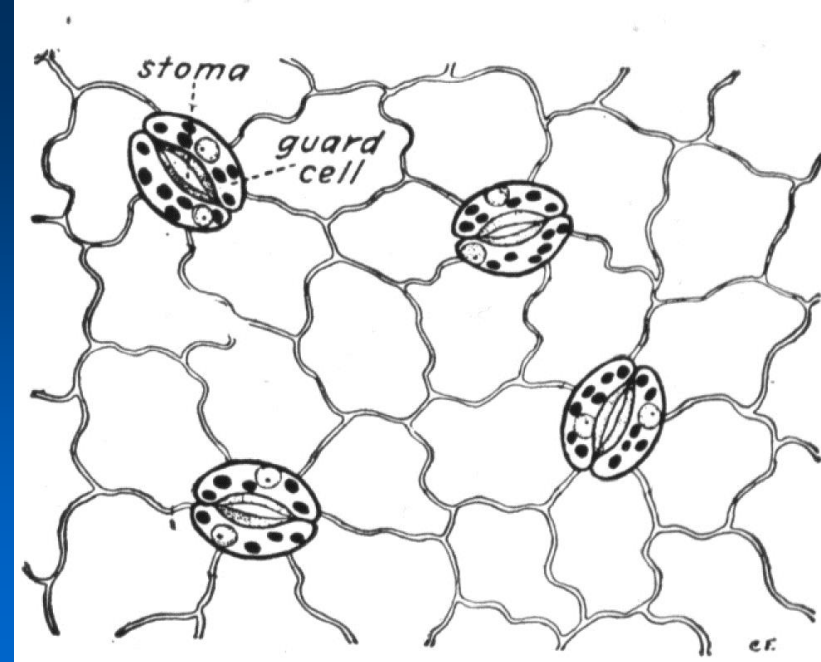
Ρόλος: αύξηση ανακλαστικότητας
αύξηση οριακού στρώματος
απορρόφηση νερού



Επιδερμίδα

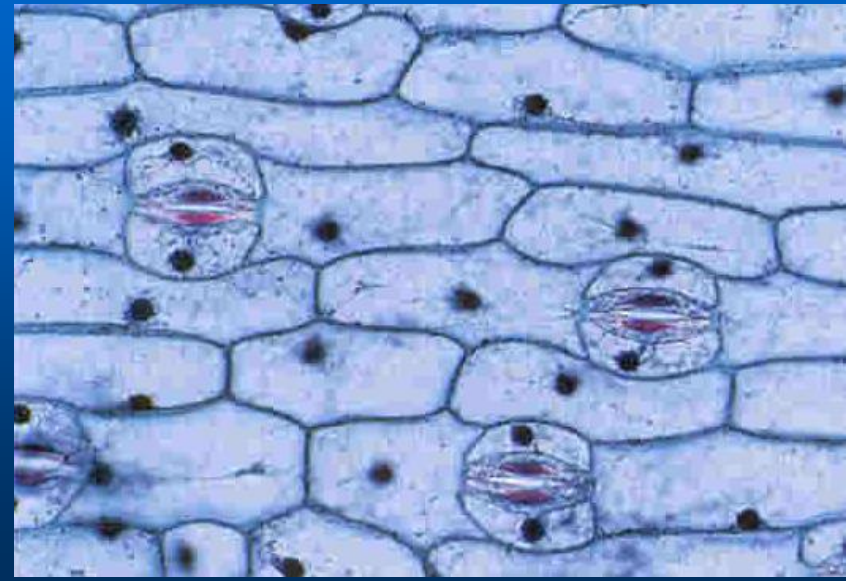
στόματα

- αμφιστοματικά
- επιστοματικά
- υποστοματικά



δικότυλα: στόματα διάσπαρτα – τυχαία κατανομή

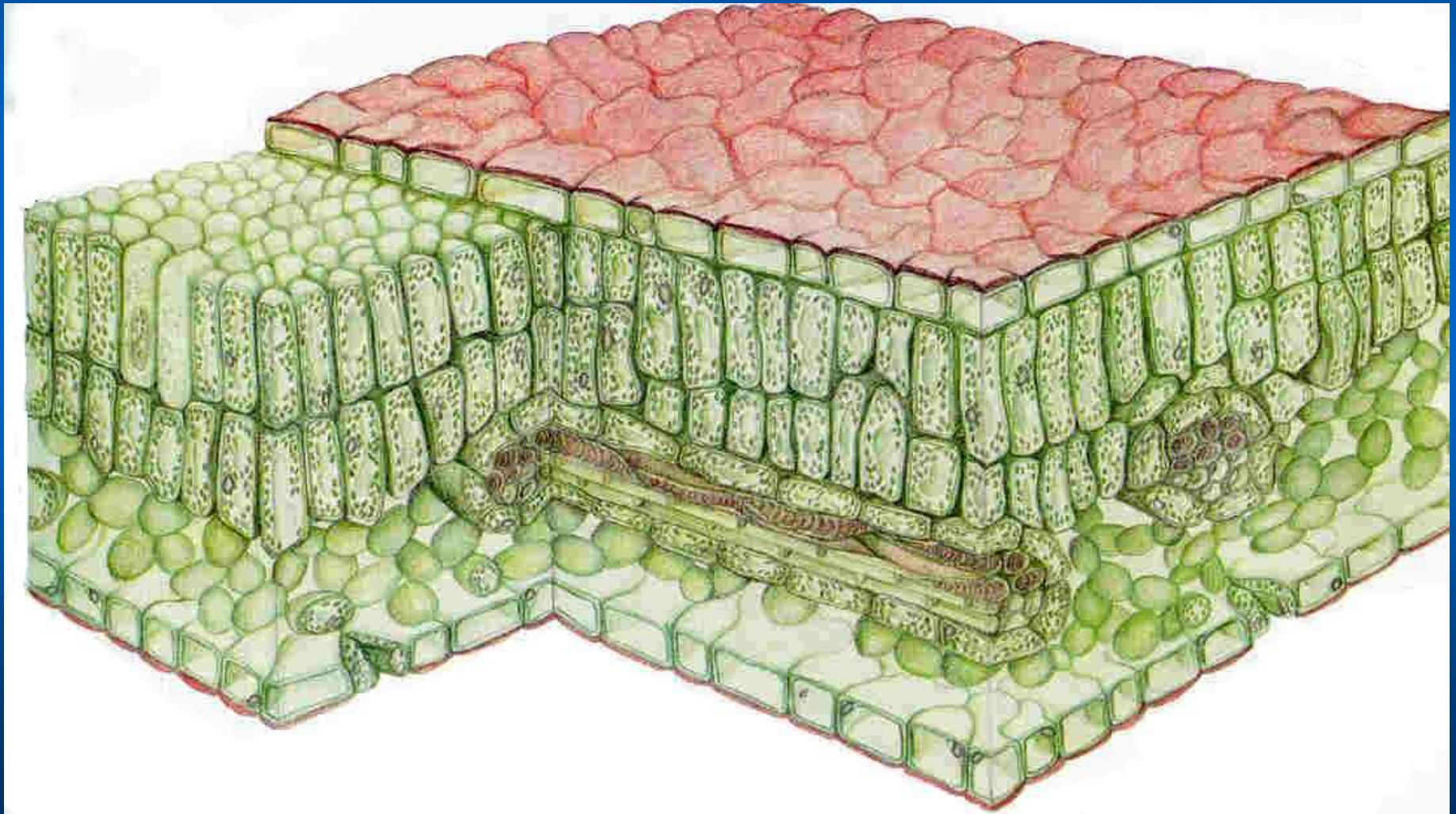
μονοκότυλα: σε σειρές παράλληλα στον κατά μήκος άξονα του φύλλου



Μεσόφυλλο

παρέγχυμα:

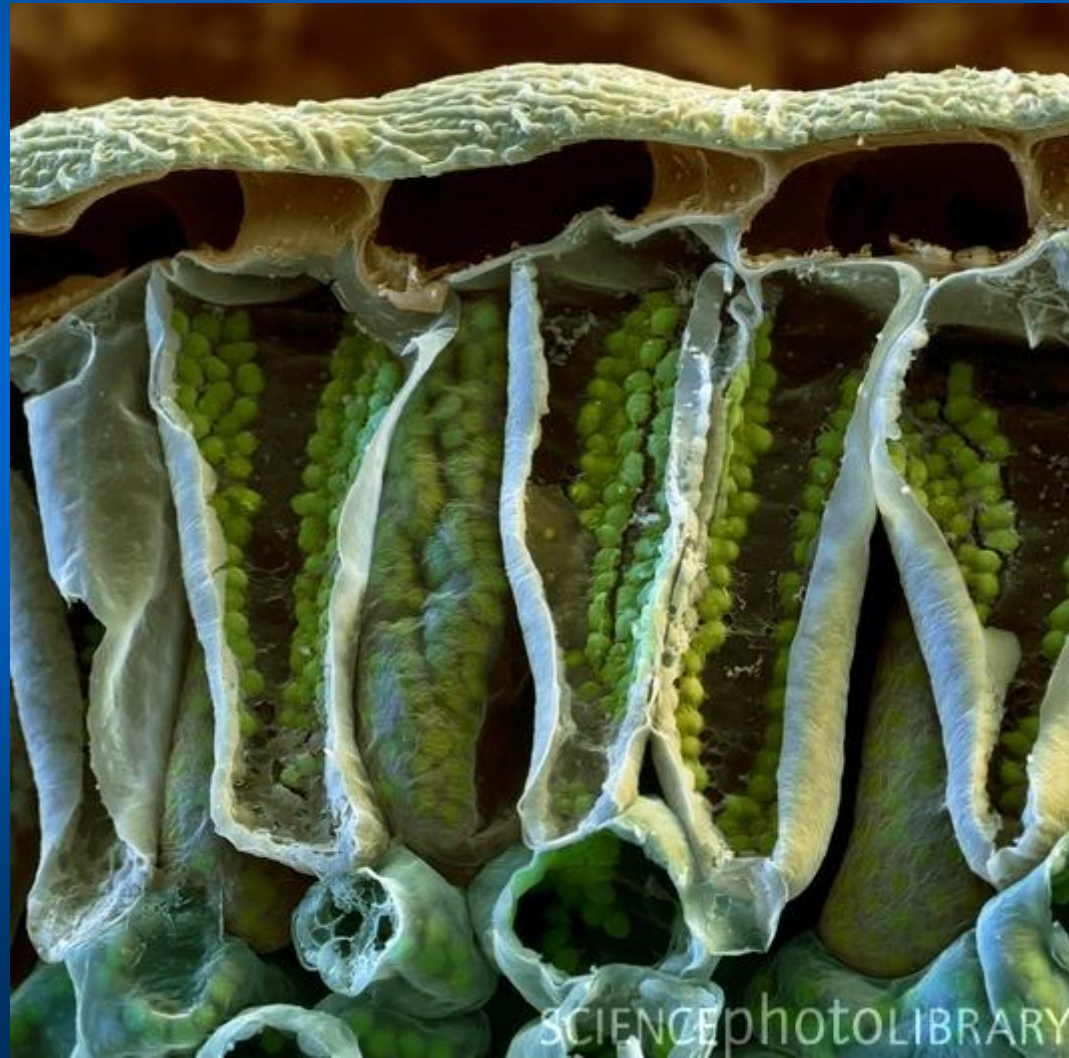
- δρυφακτοειδές (πασσαλώδες)
- σπογγώδες



Μεσόφυλλο

Δρυφακτοειδές (πασαλώδες) παρέγχυμα

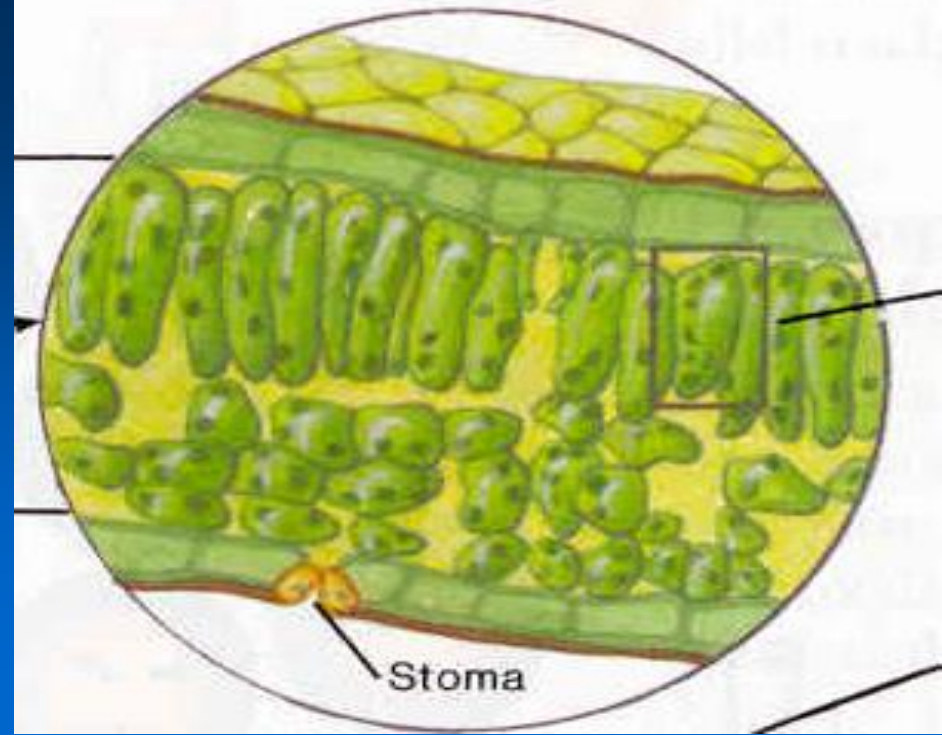
- αμέσως κάτω από την άνω επιδερμίδα
- επιμήκη κυλινδρικά κύτταρα κάθετα διευθετημένα
- συνήθως 1 ή 2 στρώσεις
- φωτοσύνθεση
- δεν εφάπτονται
- χλωροπλάστες περιφερειακά



Μεσόφυλλο

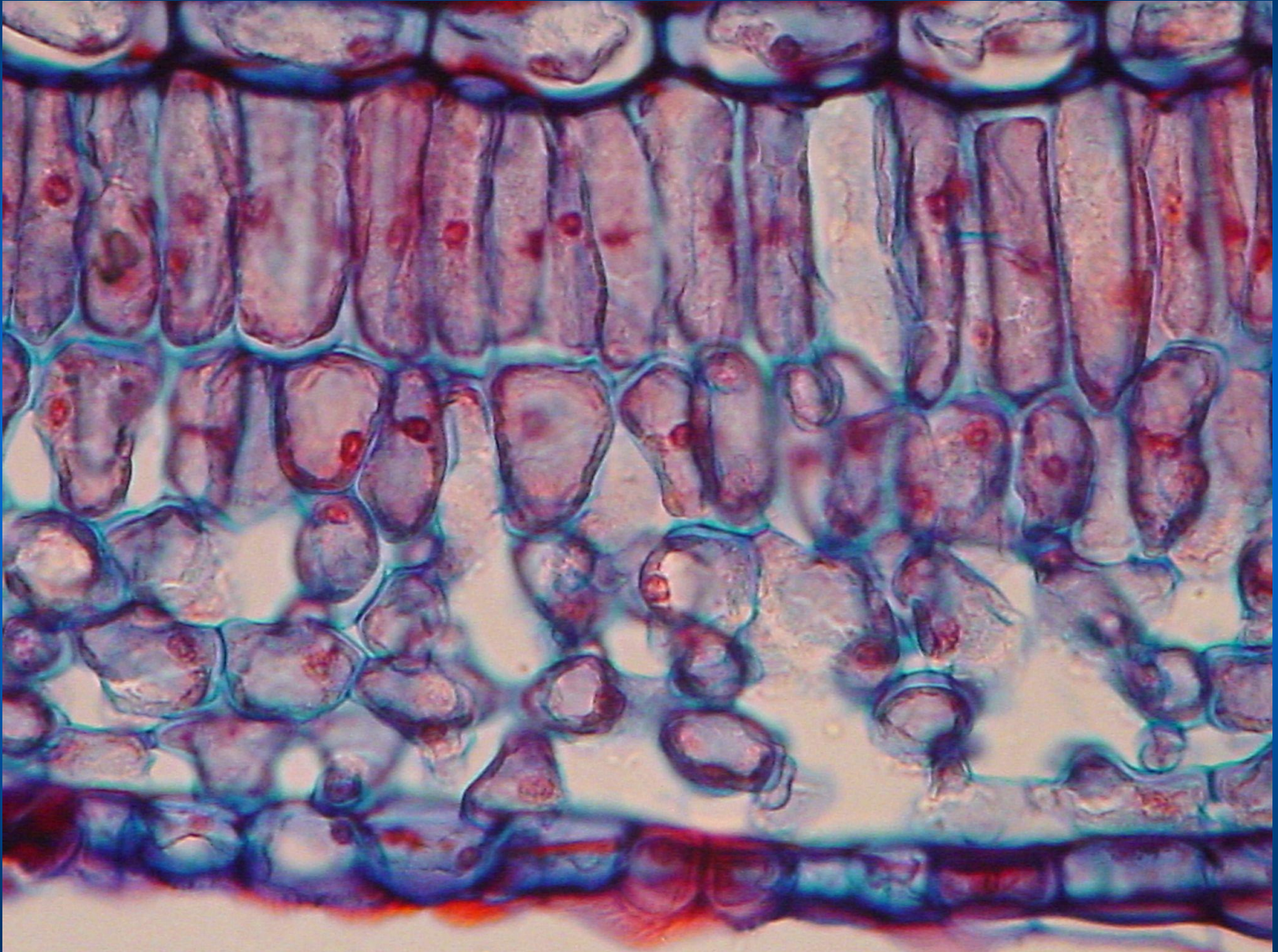
Σπογγώδες παρέγχυμα

- ακανόνιστο σχήμα
- μεσοκυττάρια χώροι >> κύτταρα
- $\frac{1}{4}$ χλωροπλαστών δρυφακτοειδούς
- ευκαμπτότητα – κυκλοφορία CO_2



Μεσόφυλλο

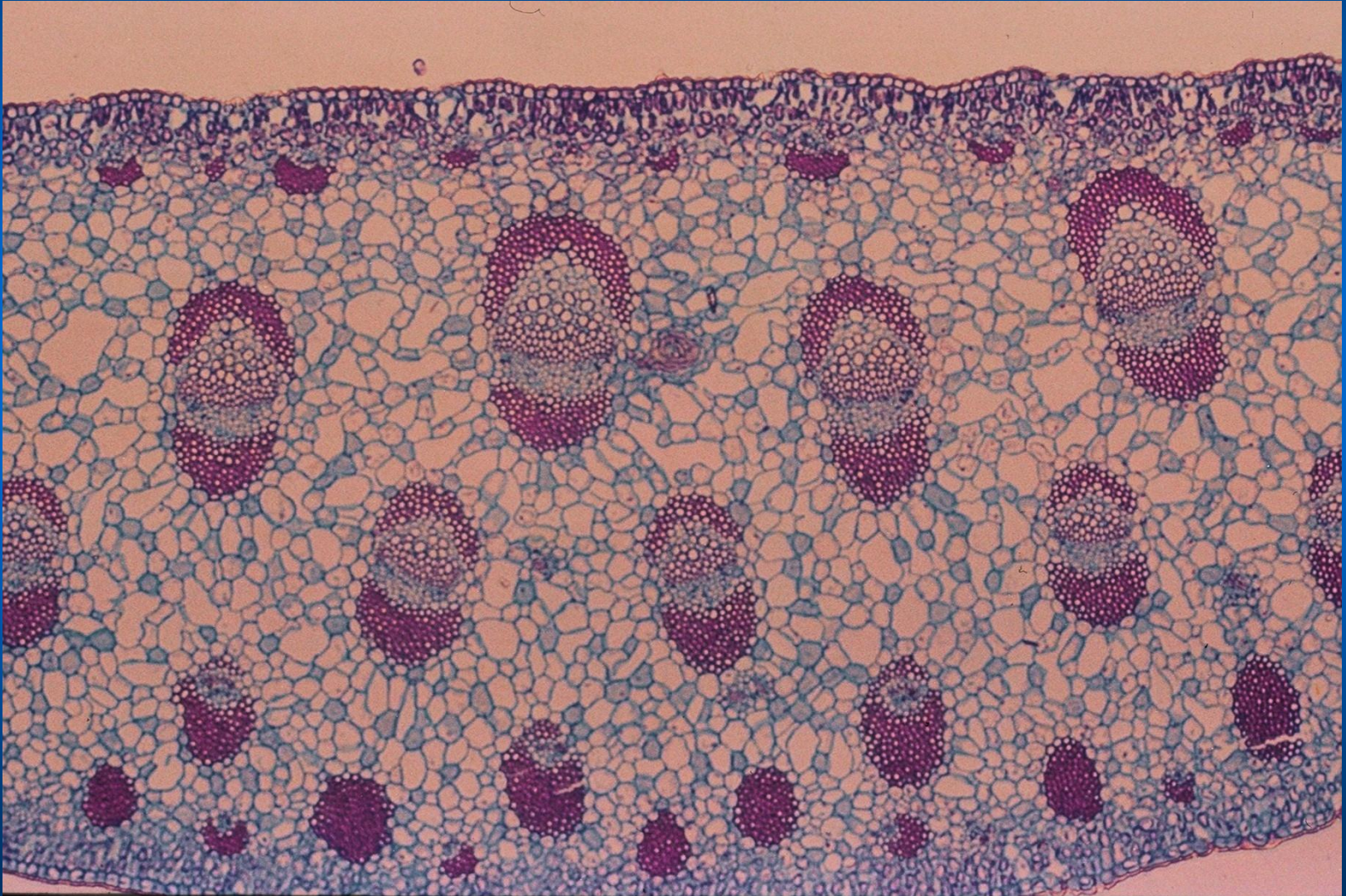
ετερόπλευρα φύλλα



Μεσόφυλλο

ισόπλευρα (αμφίπλευρα) φύλλα:

- δρυφακτοειδές πάνω κάτω



Μεσόφυλλο

Ομοιογενή φύλλα

1 τύπος κυττάρων – ομοιογενές μεσόφυλλο

αγρωστώδη, γυμνόσπερμα



Αγωγό σύστημα

δικότυλα

δικτυωτή νεύρωση

μονοκότυλα

παράλληλη νεύρωση



Αγωγό σύστημα

Δικότυλα: δικτυωτή νεύρωση

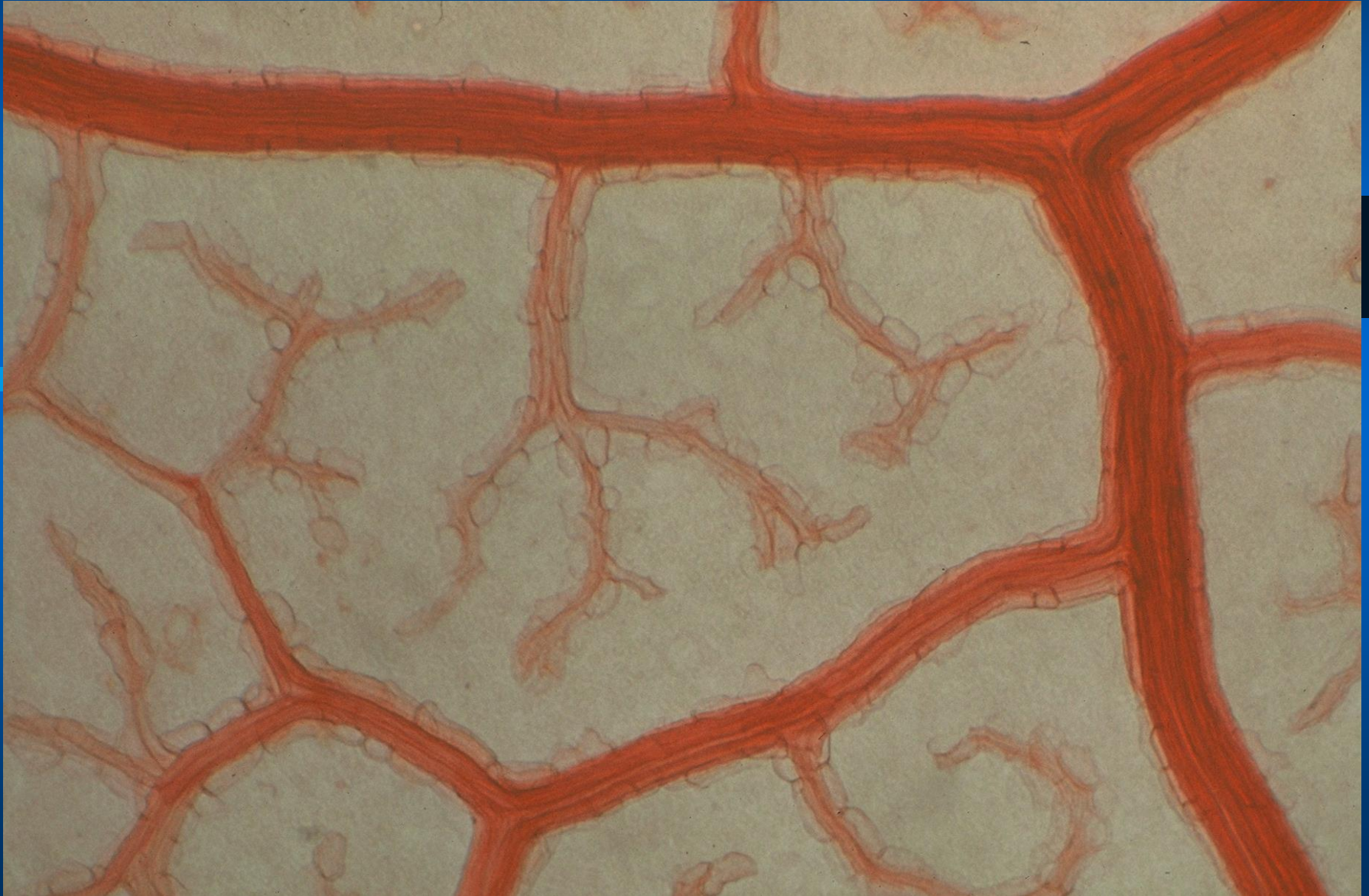
1 μεγάλη δεσμίδα + συνοδό παρέγχυμα = μεσαίο νεύρο

2ης, 3ης... τάξης



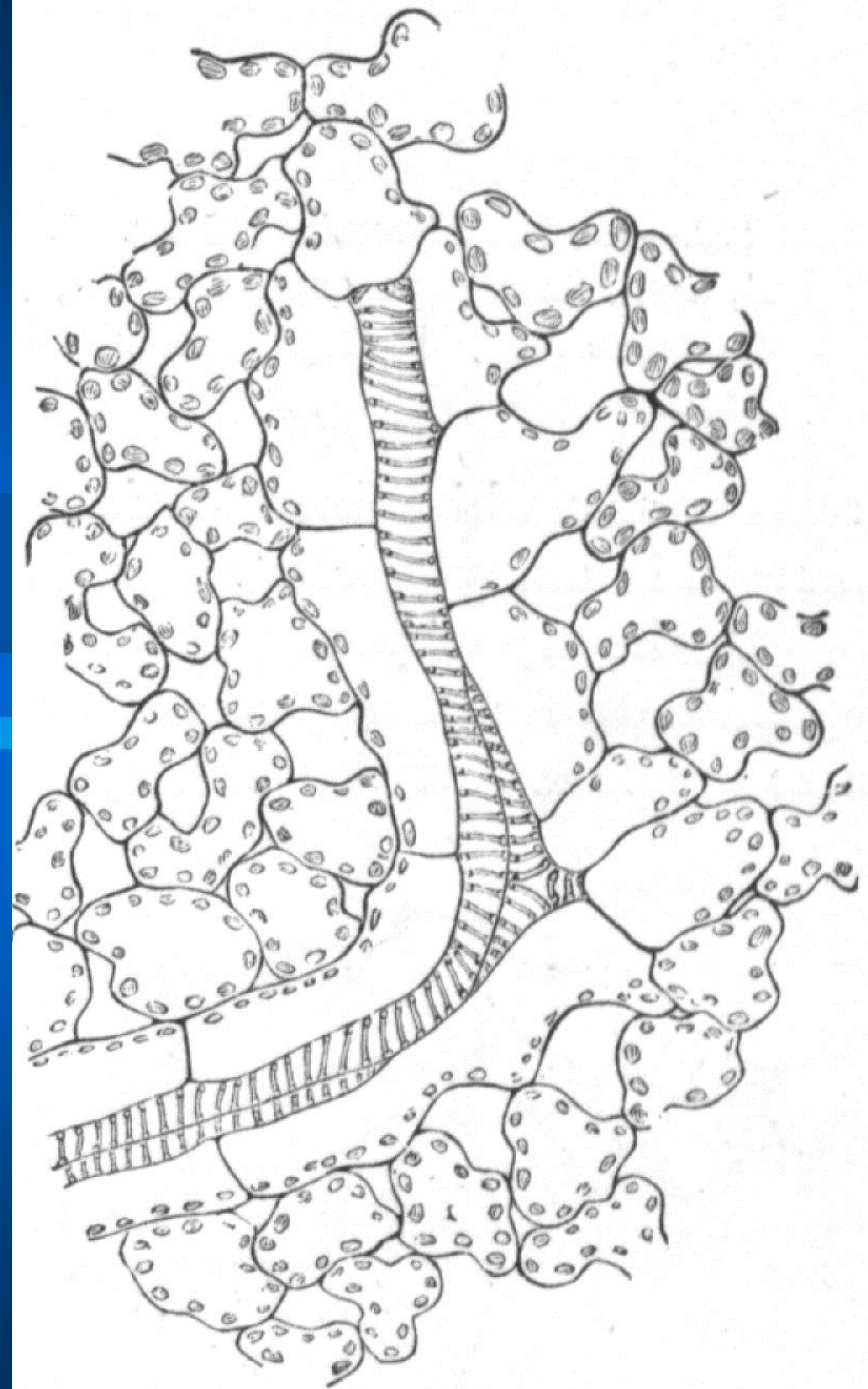
Αγωγό σύστημα

τερματικές ηθμαγγειώδεις δεσμίδες ελεύθερες: φόρτωση - εκφόρτωση



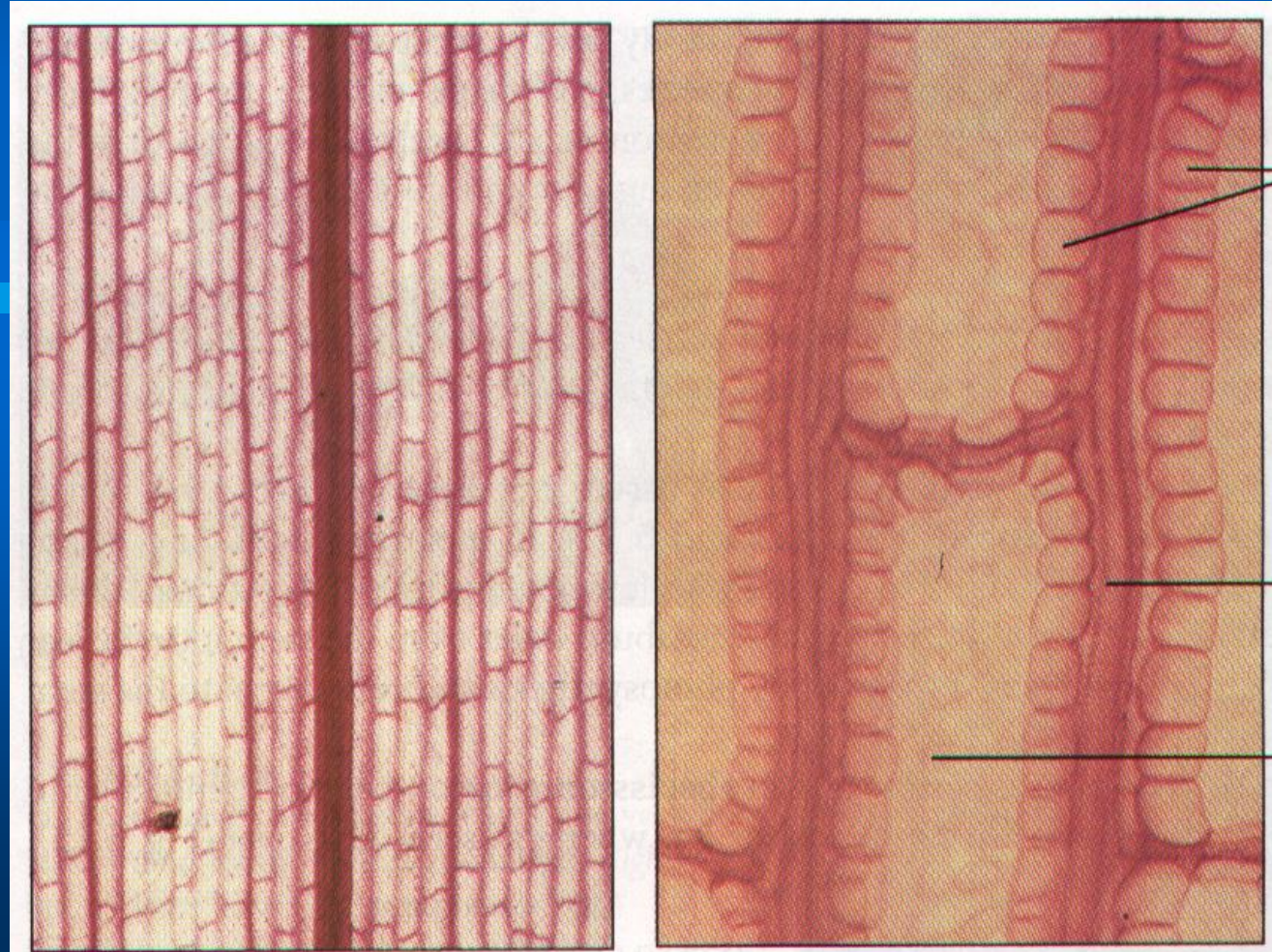
Αγωγό σύστημα

ελεύθερες τερματικές
ηθμαγγειώδεις δεσμίδες



Αγωγό σύστημα

Μονοκότυλα: παράλληλη νεύρωση
συγκλίνουν στην βάση & στην κορυφή
παχιές & λεπτότερες
εγκάρσιες



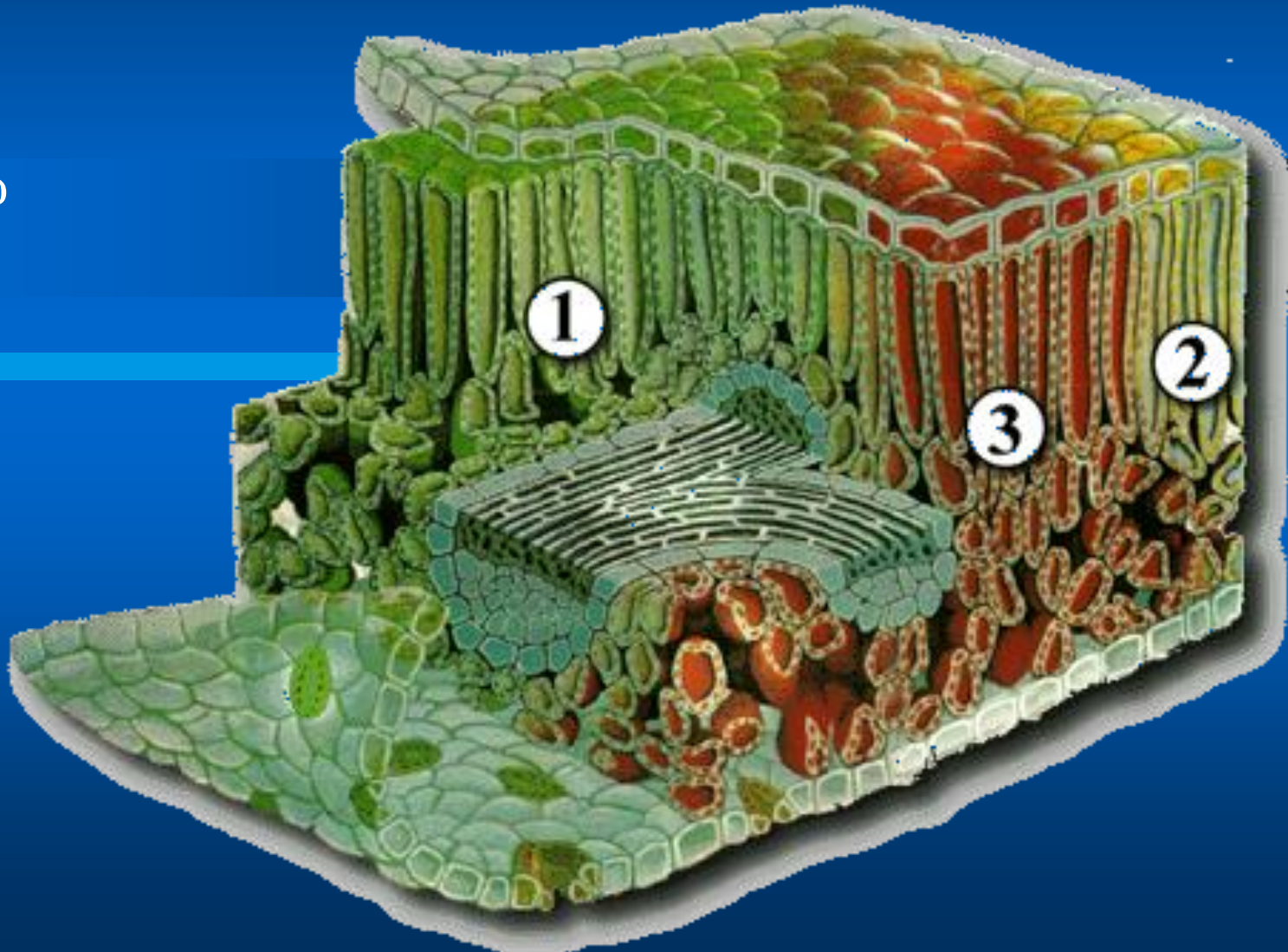
Αγωγό σύστημα

πρωτογενές ξύλωμα & φλοίομα

στο χώρο μεταξύ σπογγώδους & δρυφακτοειδούς

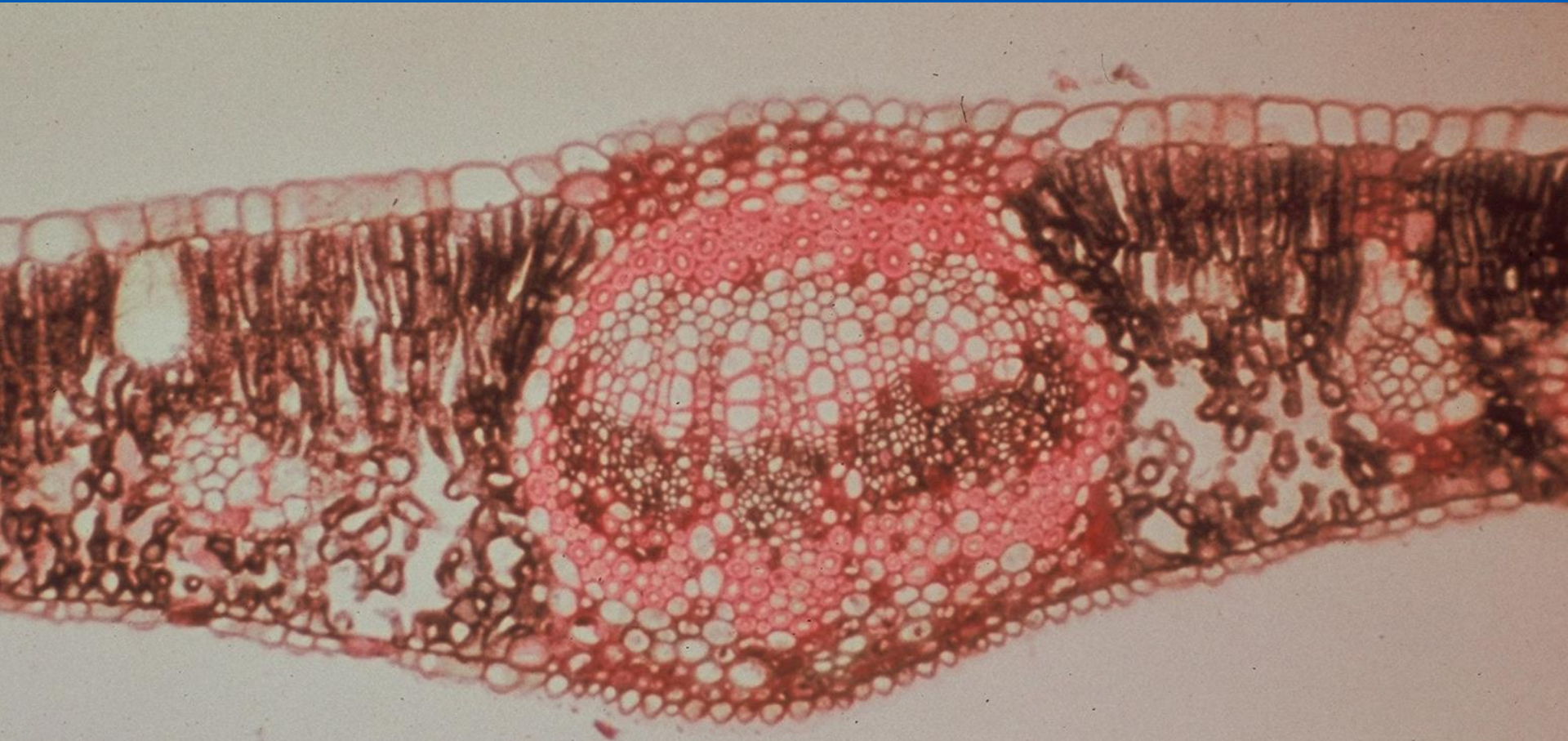
ξύλωμα άνω

φλοίομα κάτω



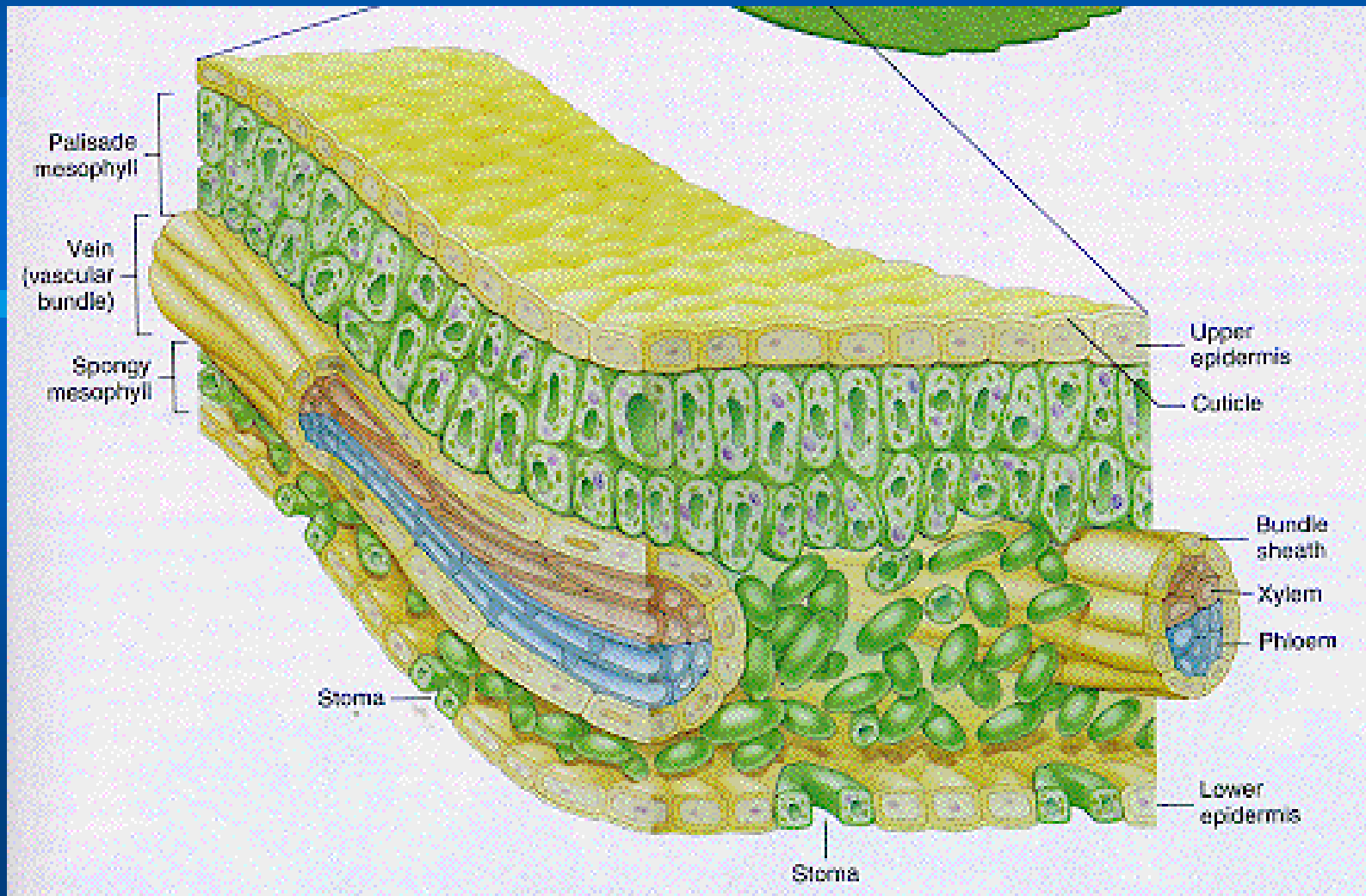
Αγωγό σύστημα

- οι μεγάλες ηθμαγγειώδεις δεσμίδες περιβάλλονται από παρεγχυματικά με λίγους χλωροπλάστες



Αγωγό σύστημα

- οι μικρές ηθμαγγειώδεις δεσμίδες περιβάλλονται από δεσμικό κολεό



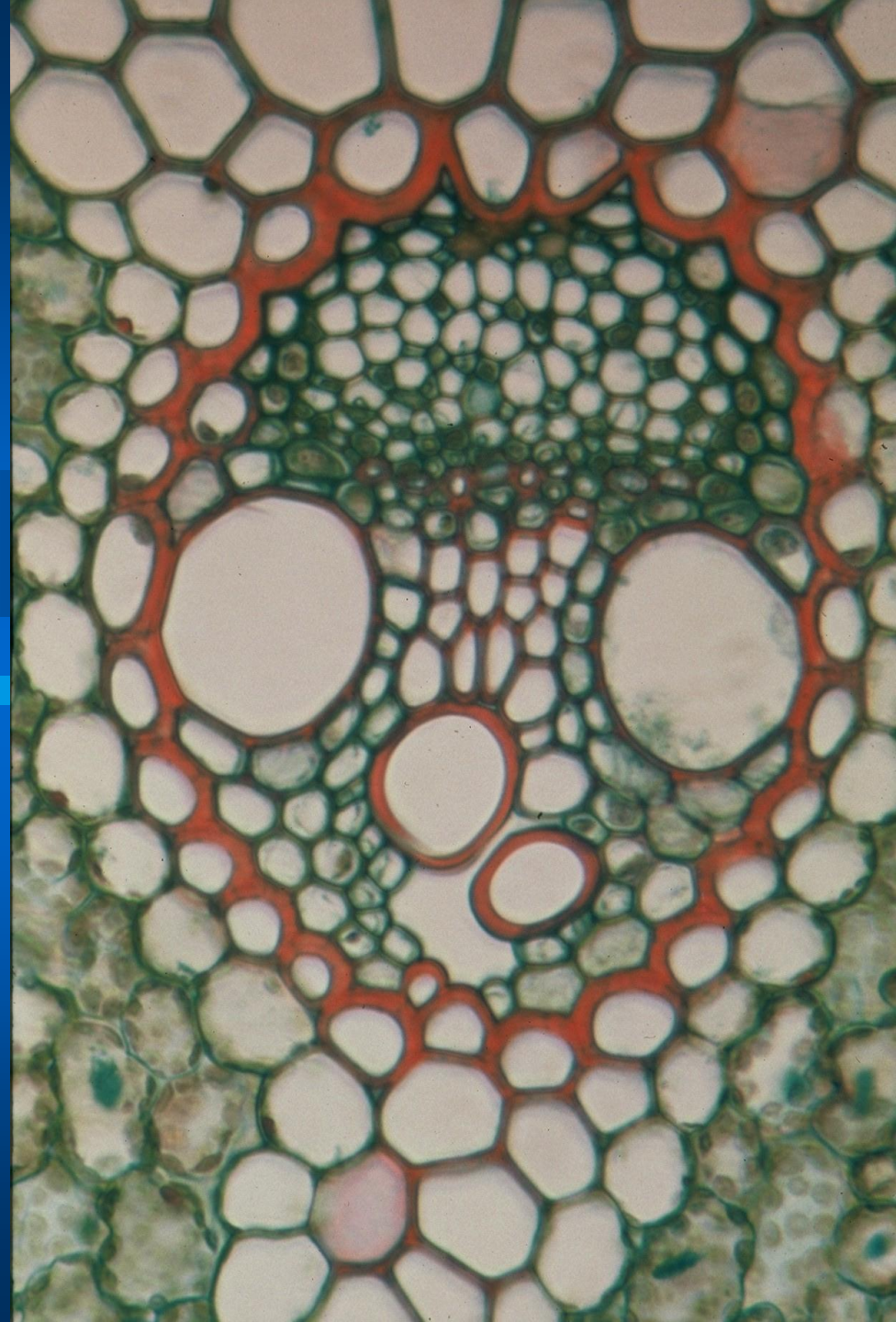
Δεσμικός κολεός

στενά συνδεδεμένα κύτταρα

εμποδίζει την επαφή με
μεσοκυττάριους χώρους

ελέγχει είσοδο έξοδο

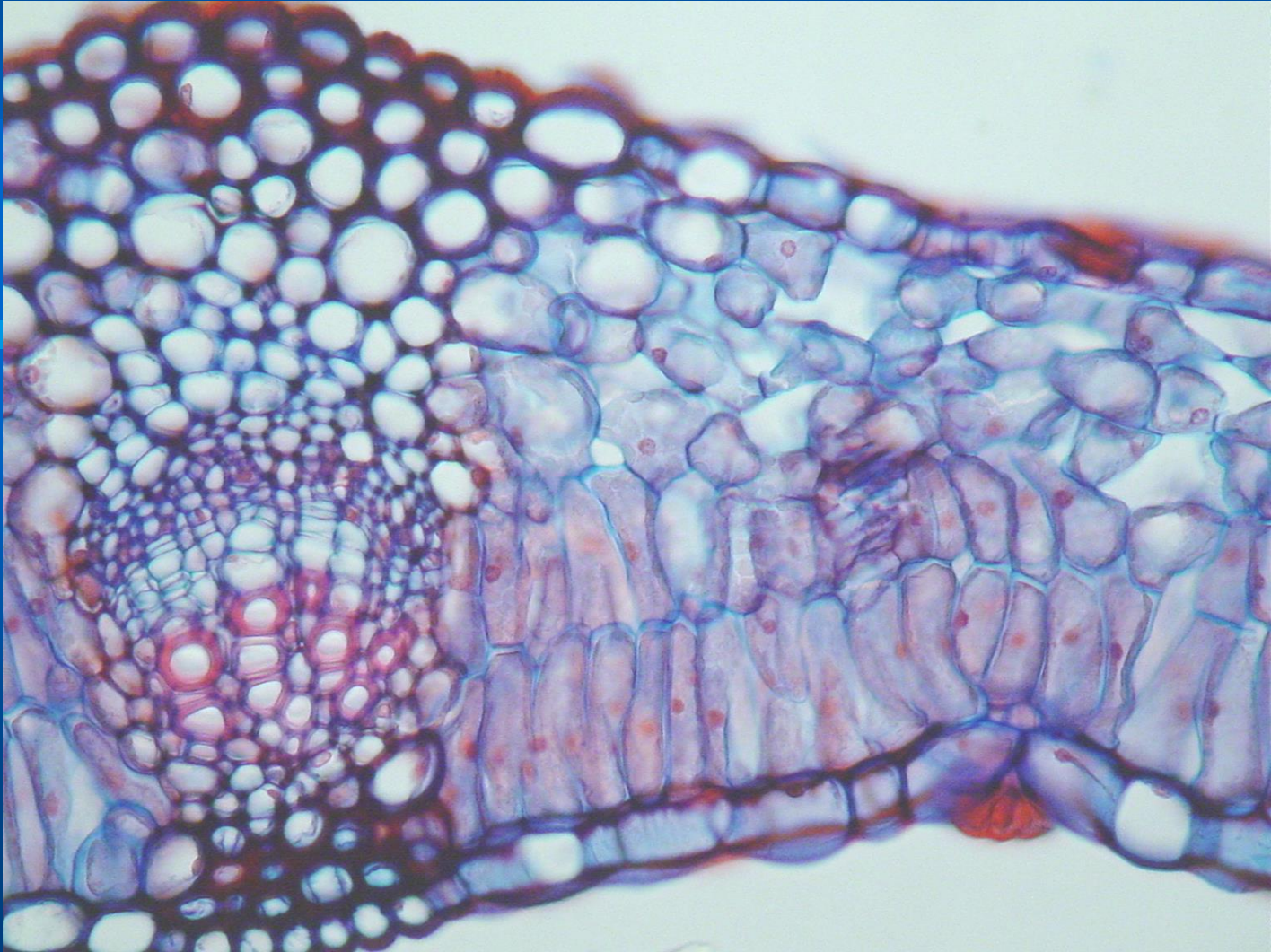
σουβερίνη εσωτερικά - ρόλος
ανάλογος ενδοδερμίδας ρίζας



Στήριξη

Δικότυλα:

Φυλλοβόλα: κολλέγχυμα περιβάλλει τις ηθμαγγειώδεις δεσμίδες

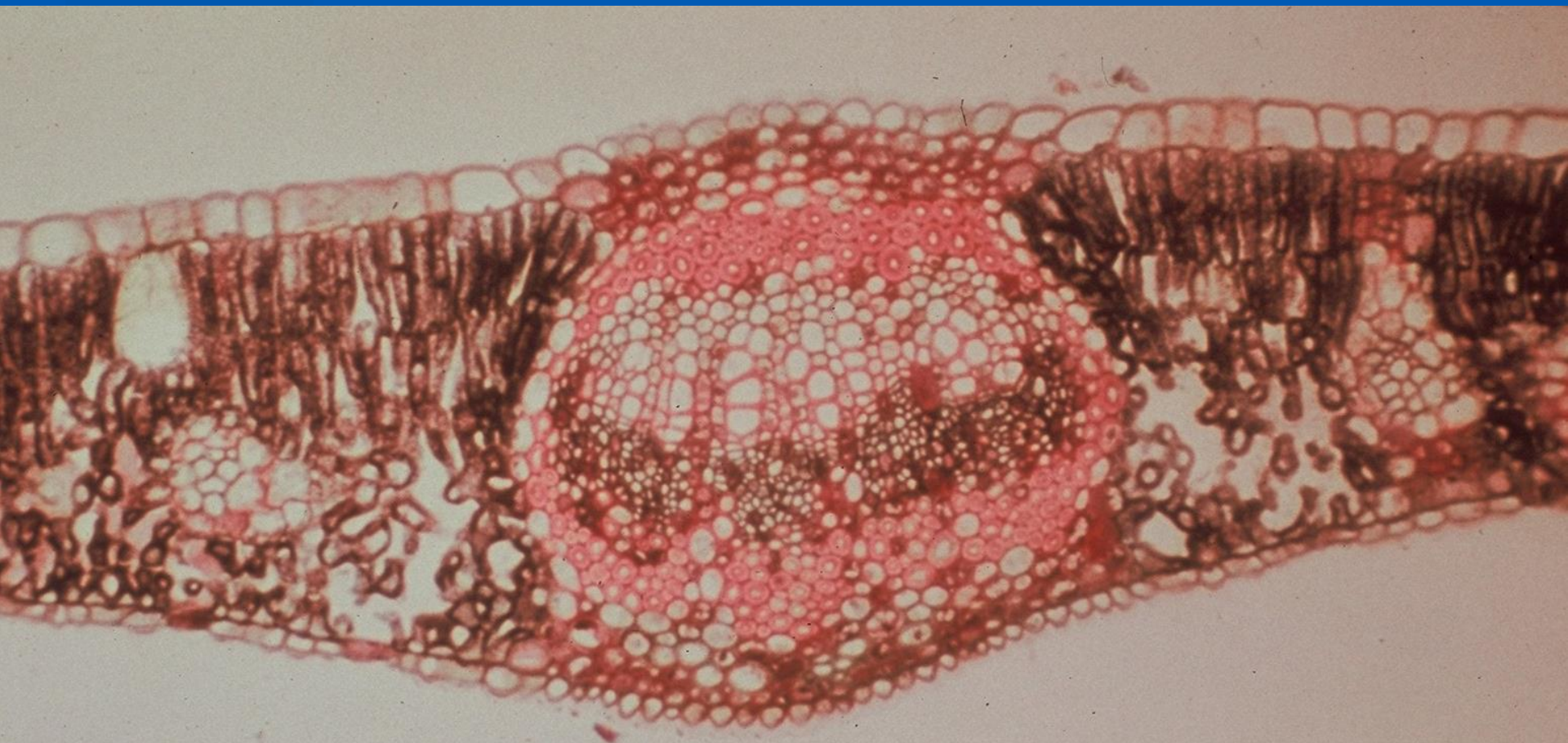


Στήριξη

Δικότυλα:

Φυλλοβόλα: κολλέγχυμα περιβάλλει τις ηθμαγγειώδεις δεσμίδες

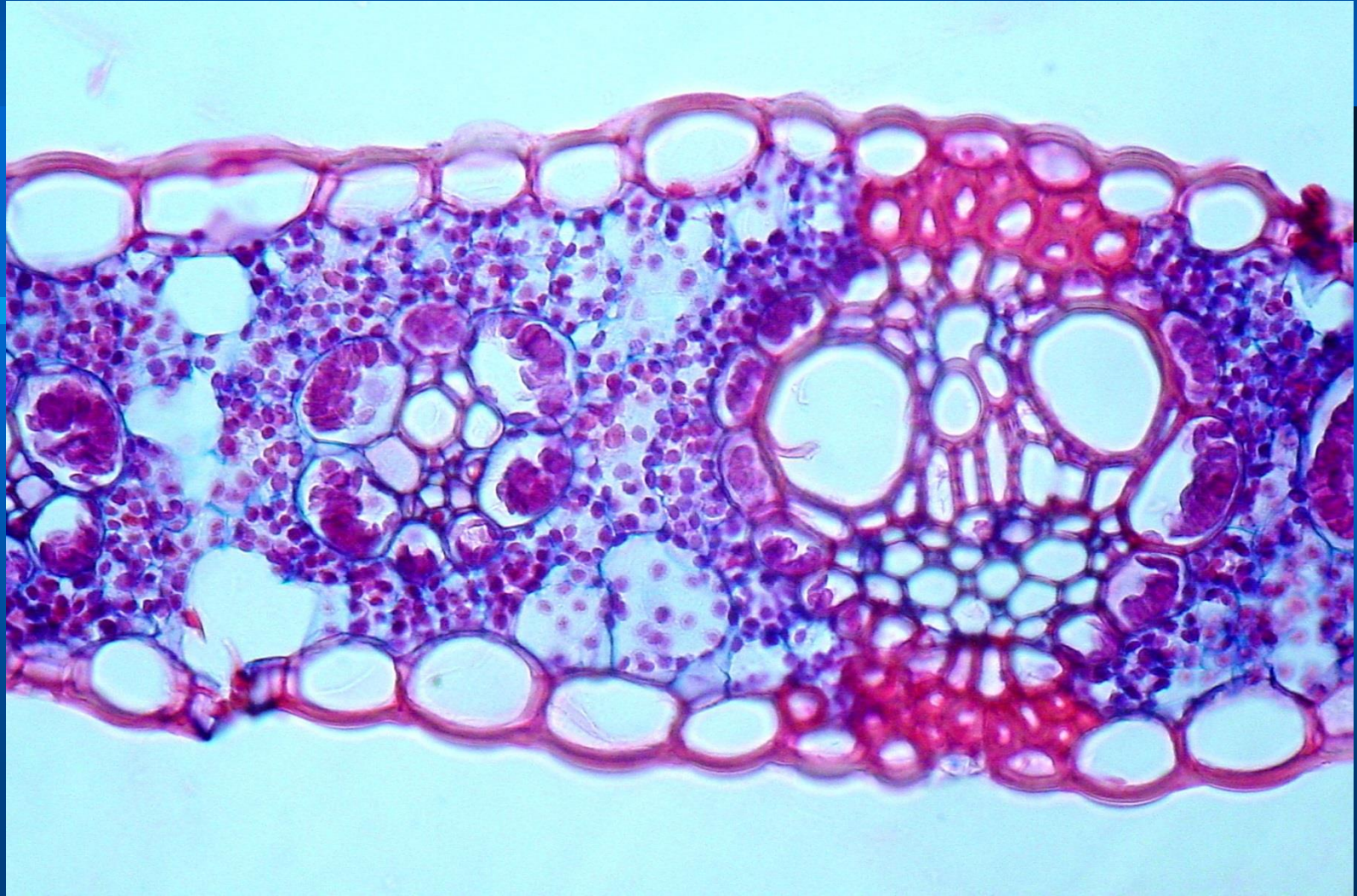
Σκληρόφυλλα αείφυλλα: σκληρέγχυμα



Στήριξη

Μονοκότυλα:

Σκληρέγχυμα γύρω από τις ηθμαγγειώδεις δεσμίδες



Στήριξη

Στα περιθώρια του φύλλου: κολλέγχυμα, σκληρεγχυματικές ίνες

- αγγεία
- ηθμοσωλήνες
- δεσμικοί κολεοί
- επιδερμίδα
- εφυμενίδα

Μίσχος

επιδερμίδα

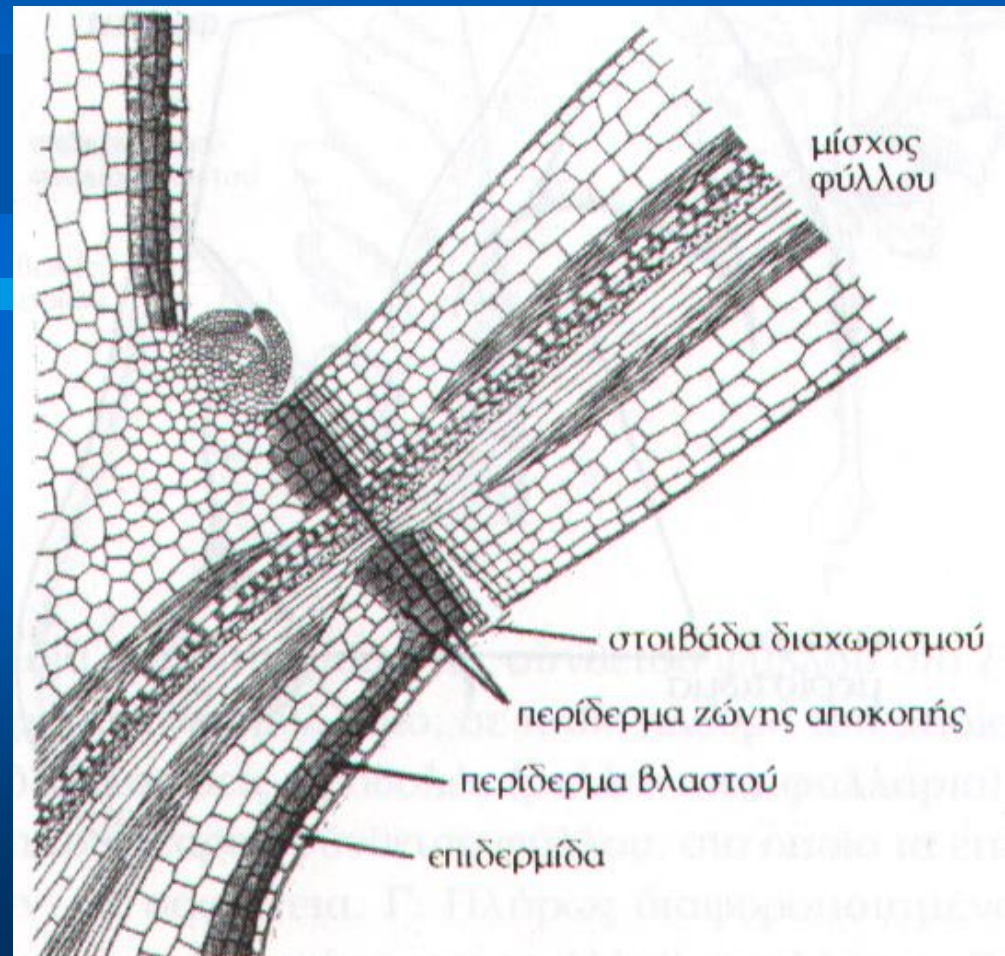
ομοιογενές παρέγχυμα με λίγους χλωροπλάστες

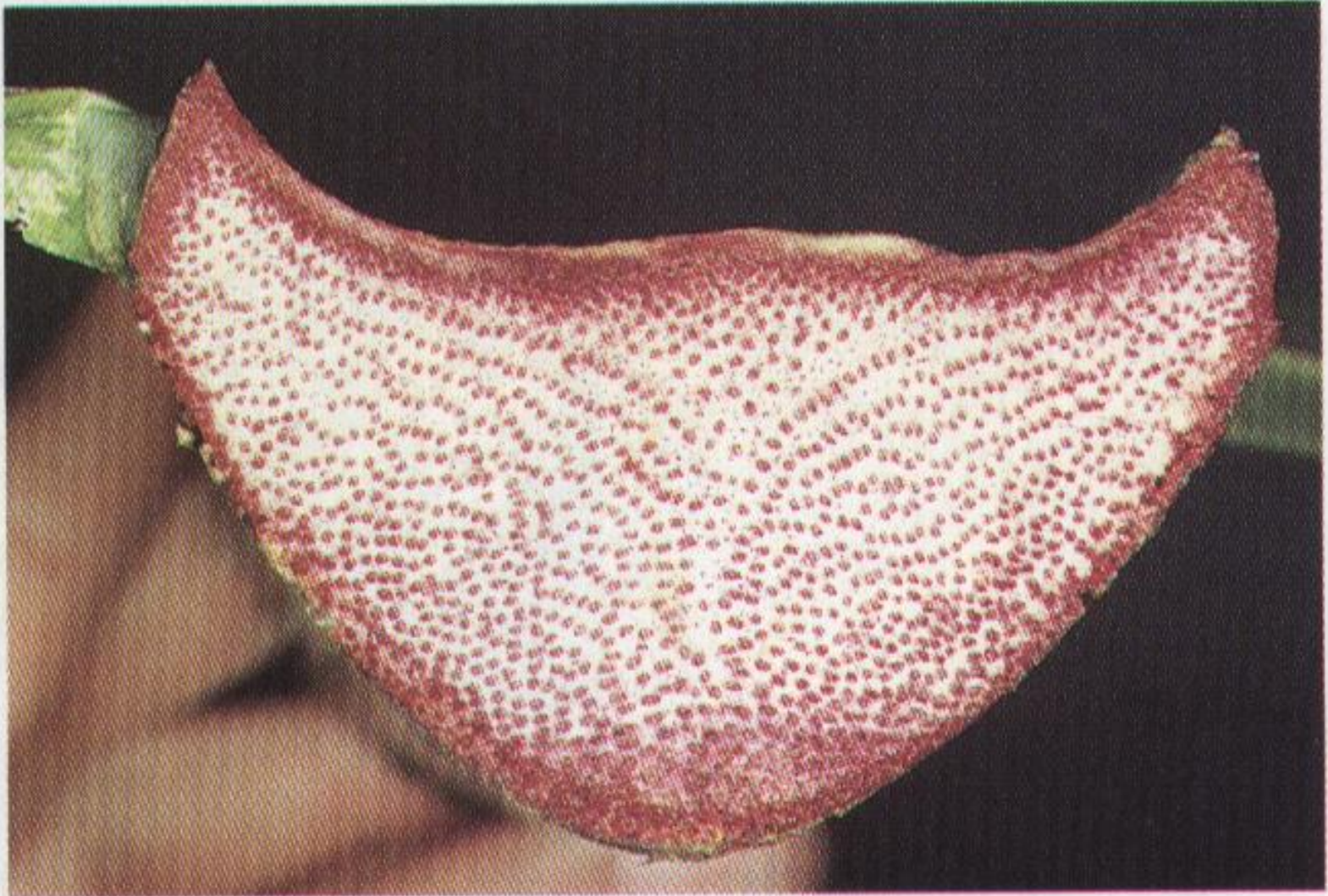
κολλέγχυμα & σκληρέγχυμα κάτω από την επιδερμίδα & στις δεσμίδες

1 ηθμαγγειώδης δεσμίδα

ή

πολλές σε τόξα ή σε κύκλο

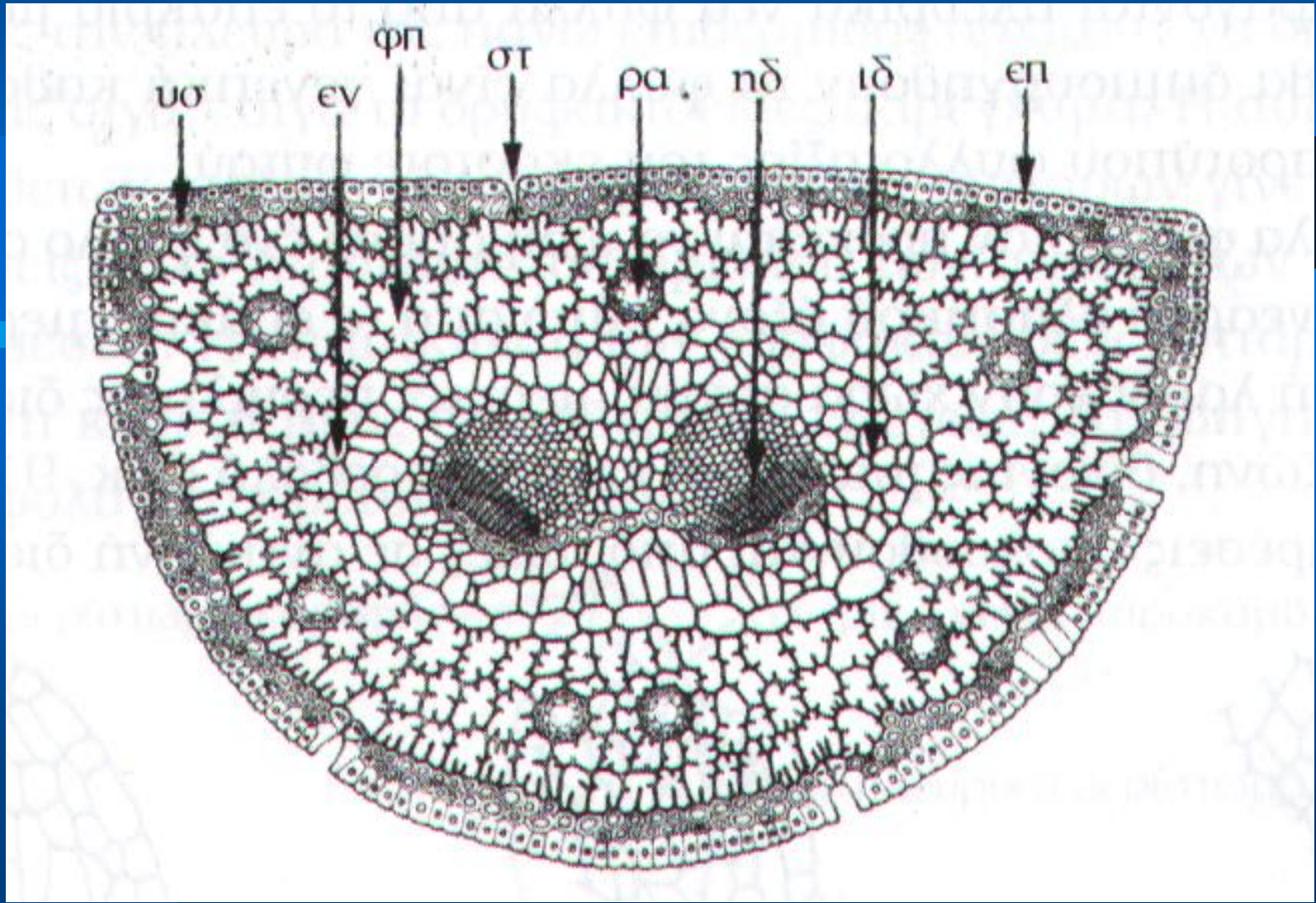




(b)

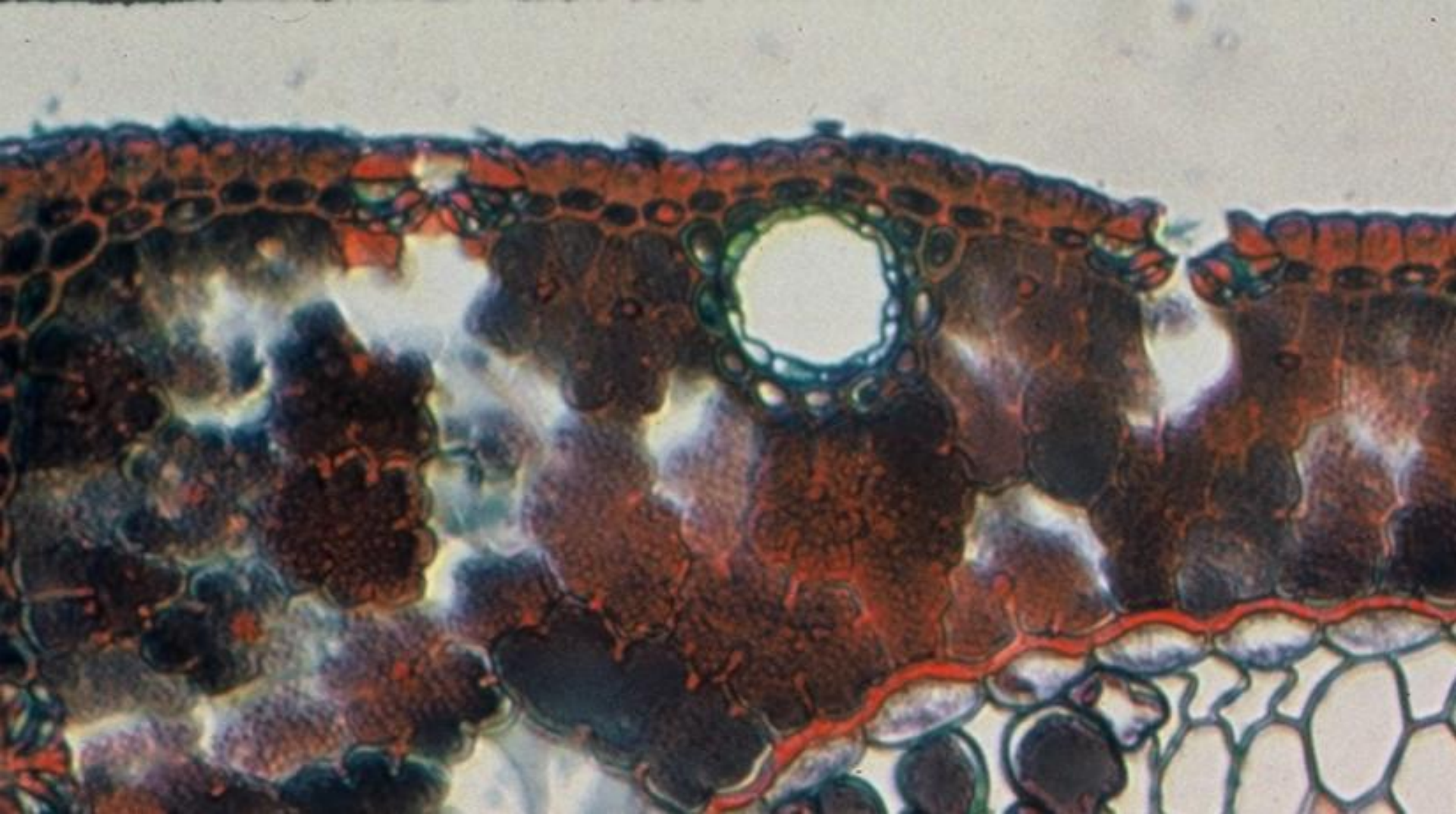
Γυμνόσπερμα

μικρή αναλογία επιφάνειας προς όγκο (ξηρομορφικό χαρακτηριστικό)
πεύκο: απλό, βελονοειδές φύλλο, χωρίς μίσχο και έλασμα



Γυμνόσπερμα

επιδερμίδα με παχιά τοιχώματα
ενισχυμένη εφυμενίδα



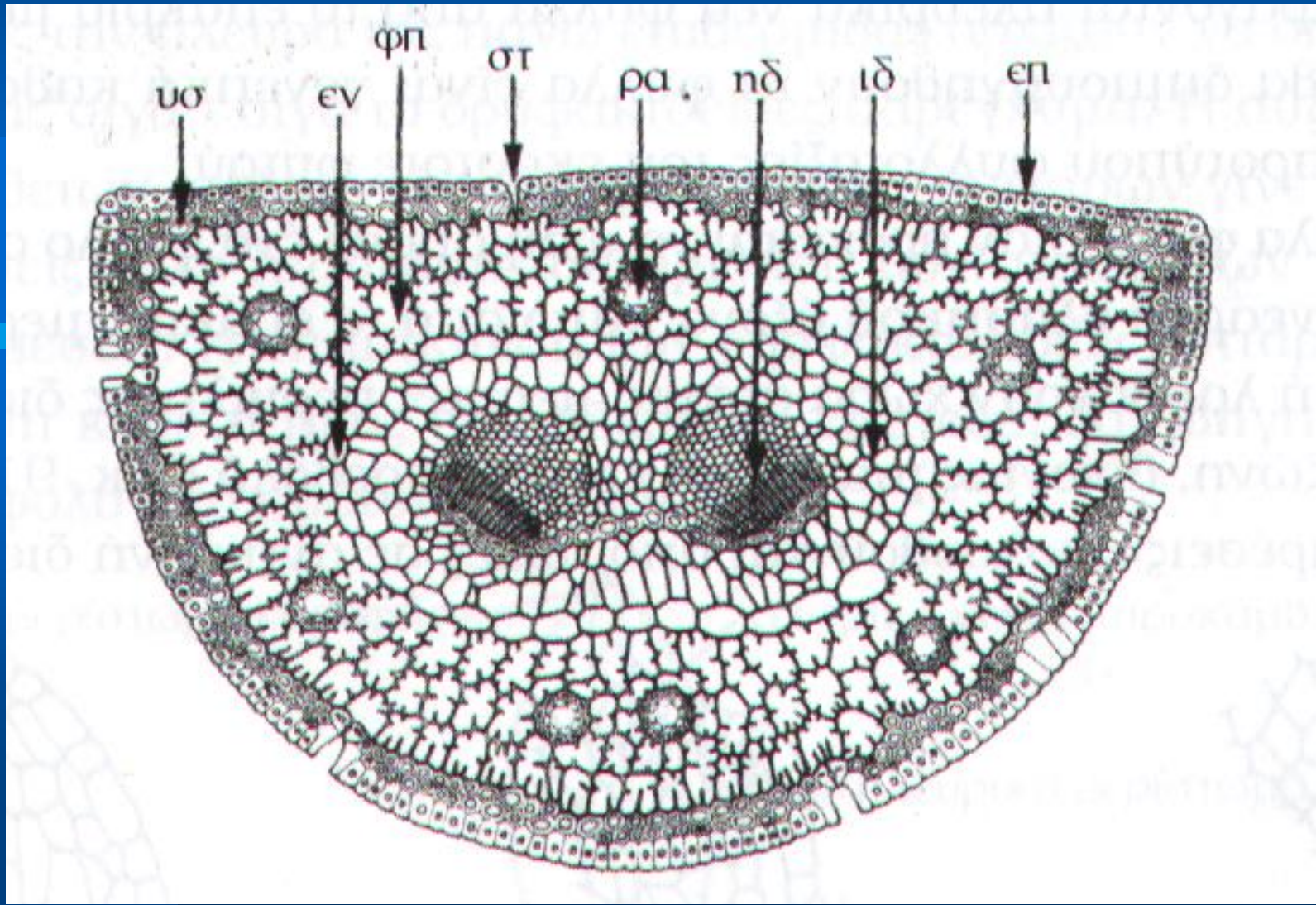
Γυμνόσπερμα

στόματα σε όλες τις πλευρές – βυθισμένα



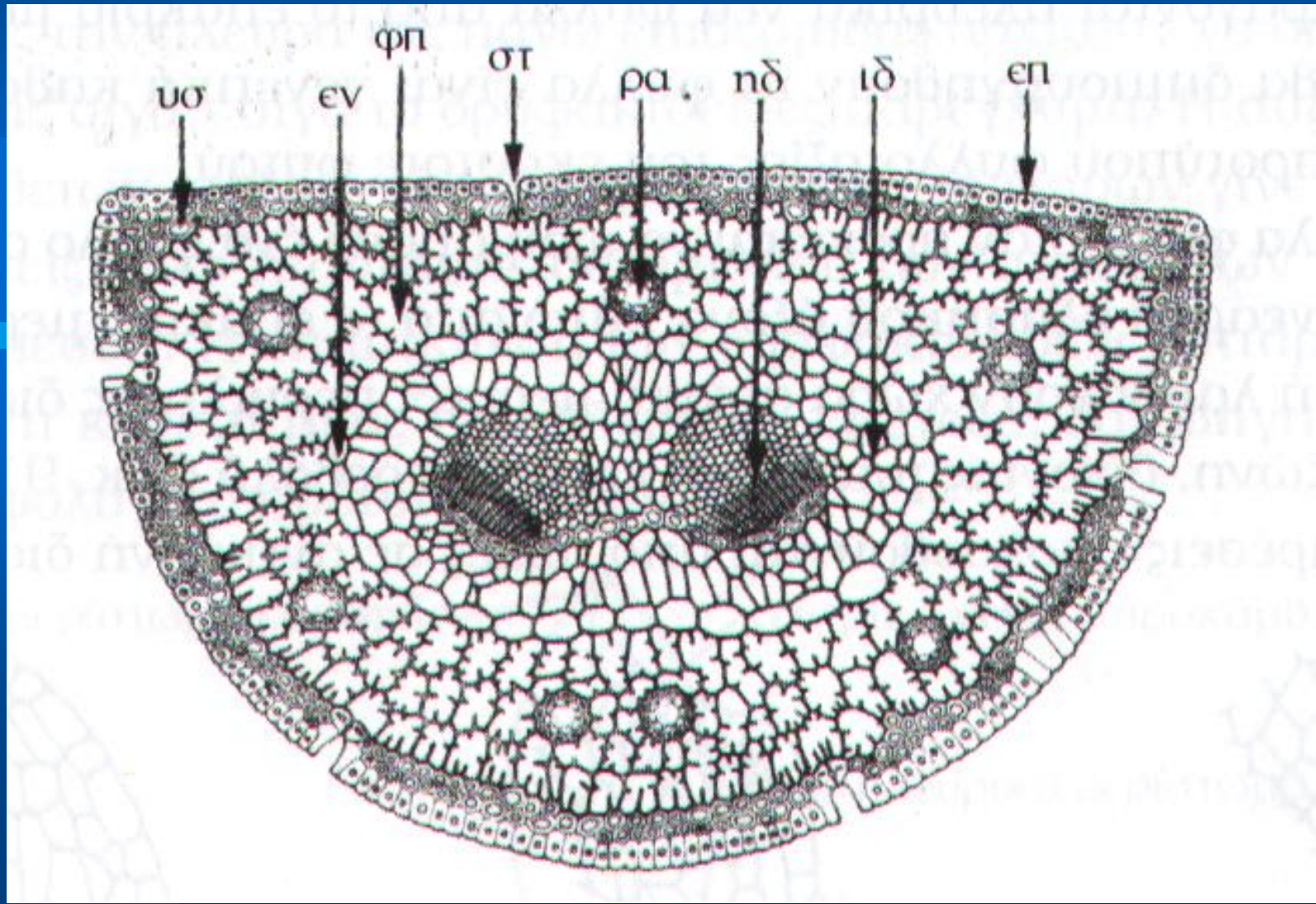
Γυμνόσπερμα

υποδερμίδα από παχύτοιχα σκληροεγχυματικά κύτταρα



Γυμνόσπερμα

μεσόφυλλο ομοιογενές (ραβδοειδείς προβολές)



Γυμνόσπερμα

ρητιναγωγοί – 2 σταθερά στις γωνίες
(μερικοί συνεχίζονται στο φλοιό του βλαστού)



Γυμνόσπερμα

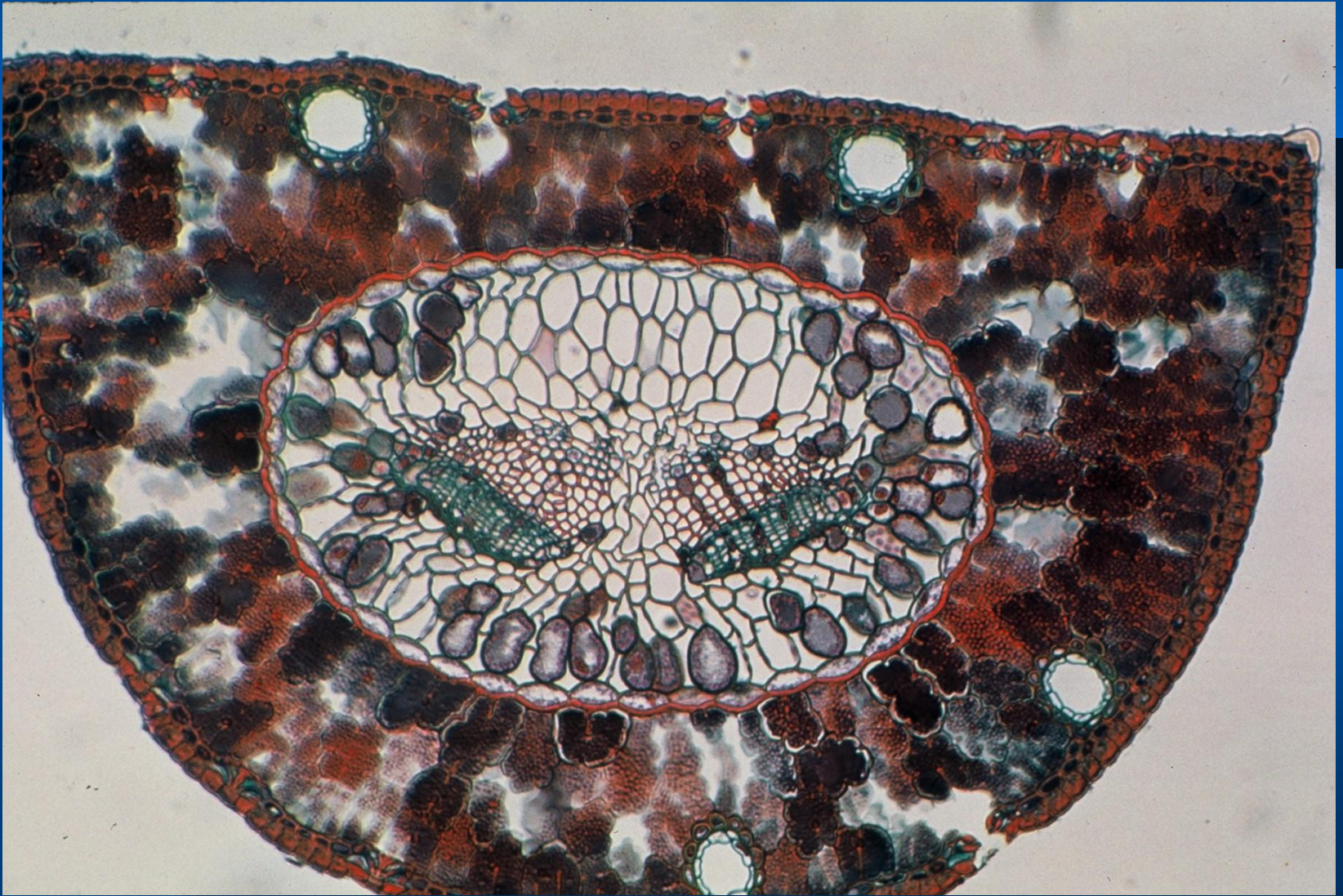
1 ή 2 ηθμαγγειώδεις δεσμίδες κεκλιμένες
το φλοίομα προς την κυρτή πλευρά του φύλλου



Γυμνόσπερμα

ιστός διάχυσης = παρεγγυματικά + τραχειΐδες

μεταφορά υλικών μεταξύ μεσοφύλλου & ηθμαγγειωδών δεσμίδων

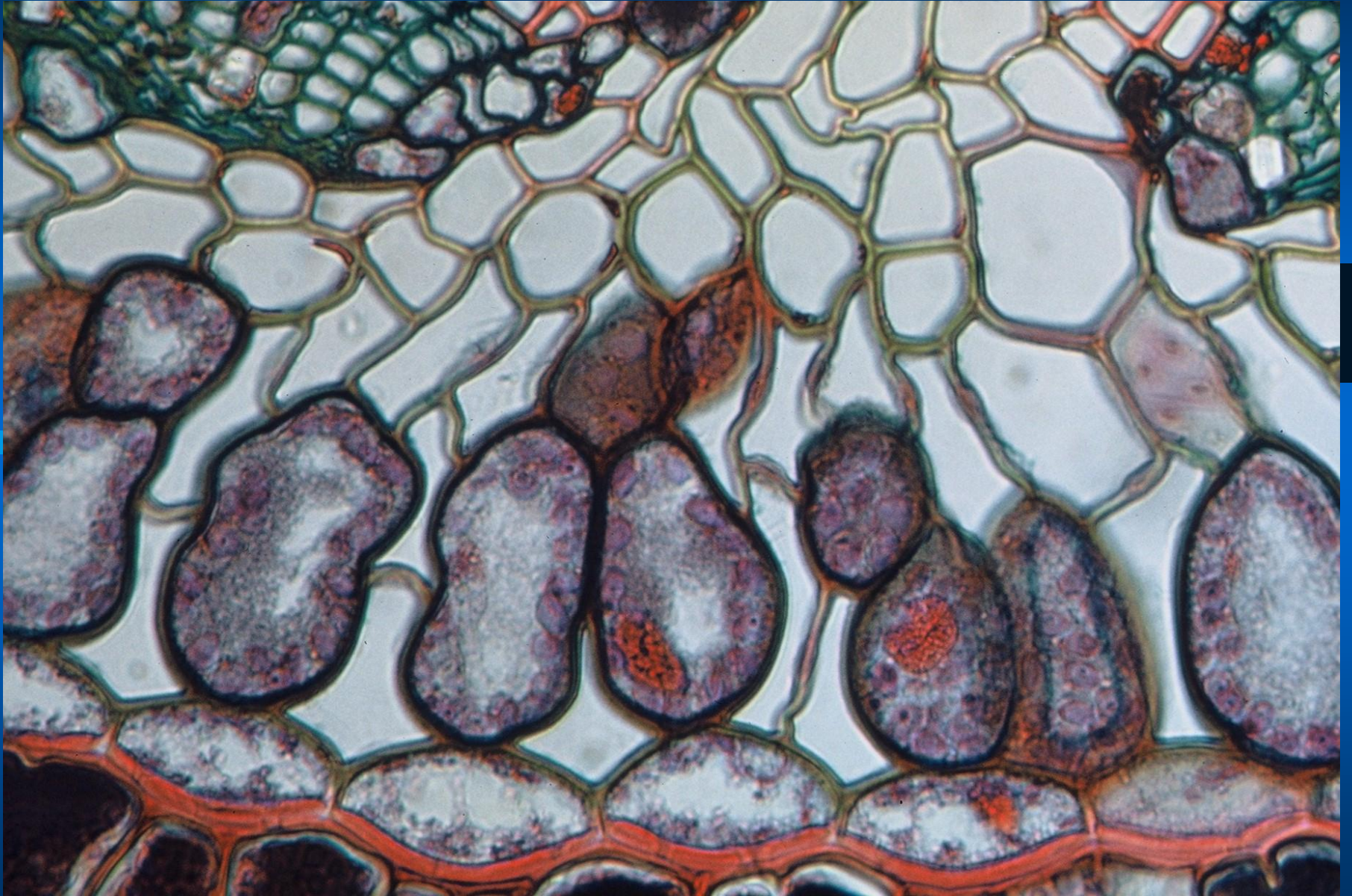


Γυμνόσπερμα

ενδοδερμίδα (λιγνίνη)



Γυμνόσπερμα



Φύλλο – Αποκοπή

- φύλλα
- κλαδιά
- καρπούς
- σέπαλα
- πέταλα

περιοδικότητα – υγιεινή

Ελέγχεται από:

- θερμοκρασία
- φως
- ορμόνες
 - αναστολή: αυξίνες, κυτοκινίνες, γιββεριλλίνες
 - προώθηση: αιθυλένιο, αμπσισικό

Φύλλο – Αποκοπή

Ζώνη αποκοπής

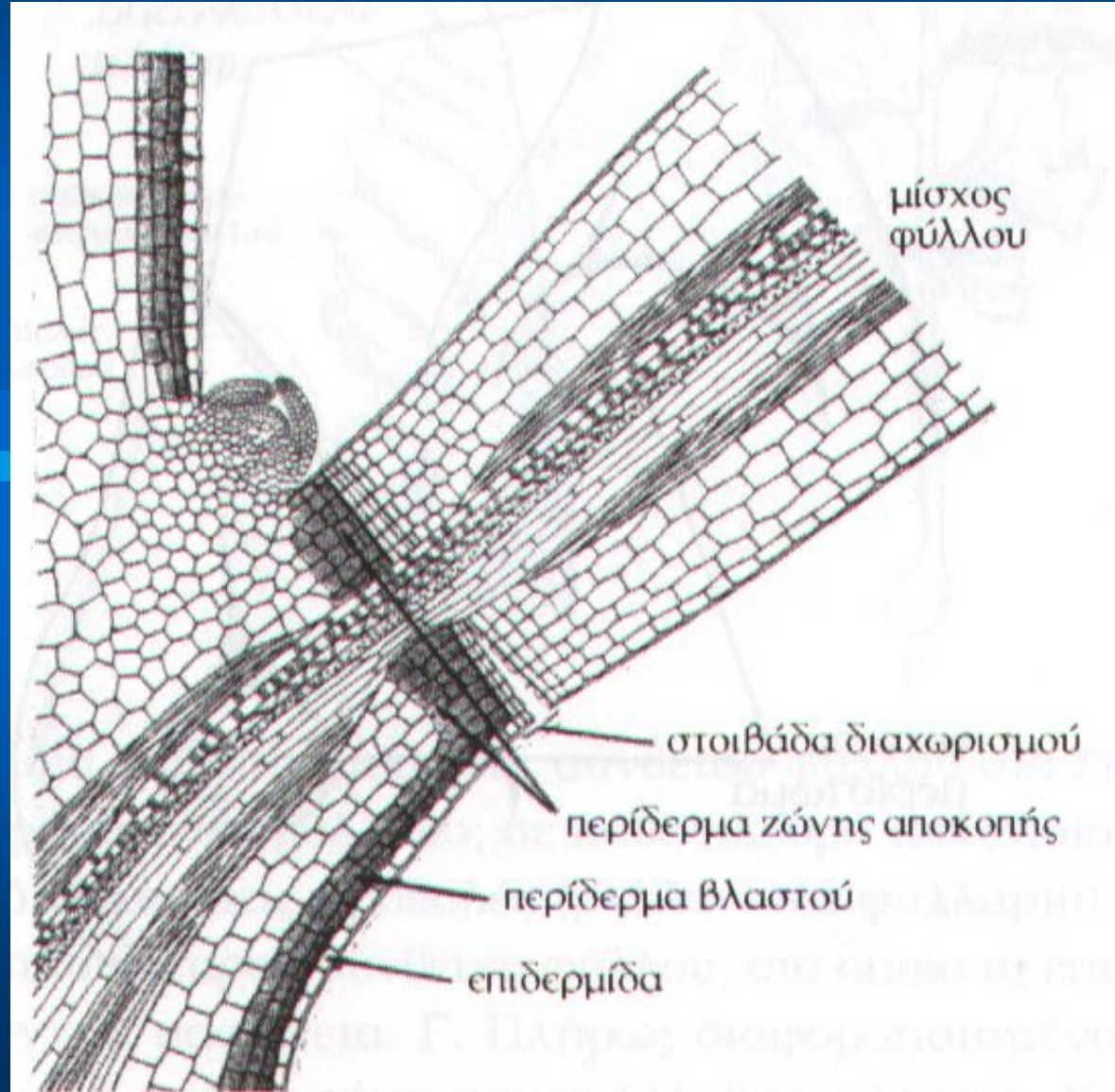
στηρικτικός ιστός

&

αγωγός ιστός



λιγότερο ανεπτυγμένοι



Φύλλο – Αποκοπή

δομικές & χημικές μεταβολές
σκούρο δαχτυλίδι

Στοιβάδα διαχωρισμού:

μικρά κύτταρα με πολλούς αμυλοπλάστες

ενζυμική διάλυση μέσης πλάκας
(σχιζογενής διαδικασία)

ή

αποδιοργάνωση κυττάρων
(λυσιγενής διαδικασία)

από την περιφέρεια προς το κέντρο



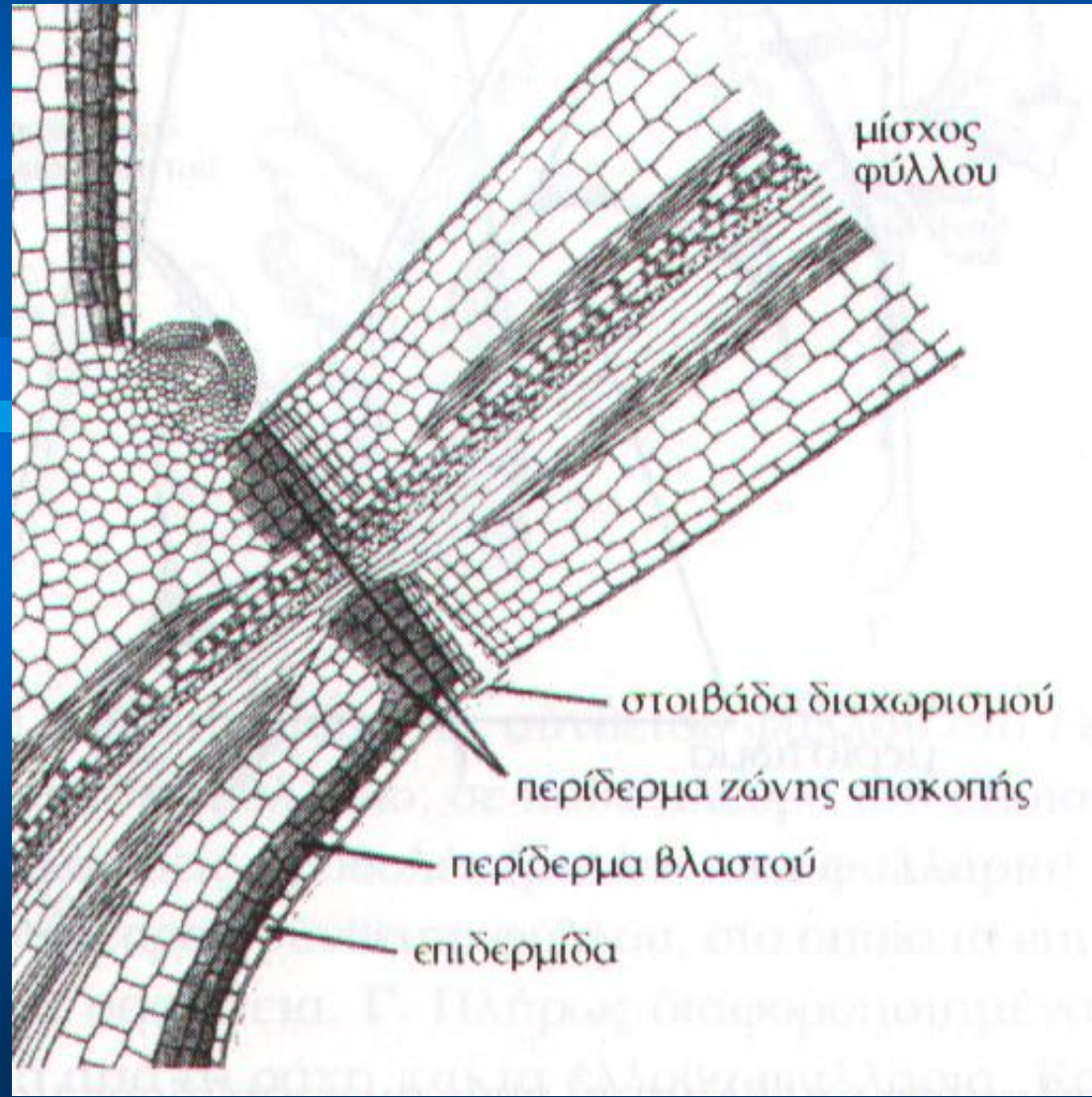
Φύλλο – Αποκοπή

Προστασία ελεύθερης επιφάνειας:

ανάπτυξη επουλωτικού
περιδέρματος

Αποφυγή φυσαλίδων:

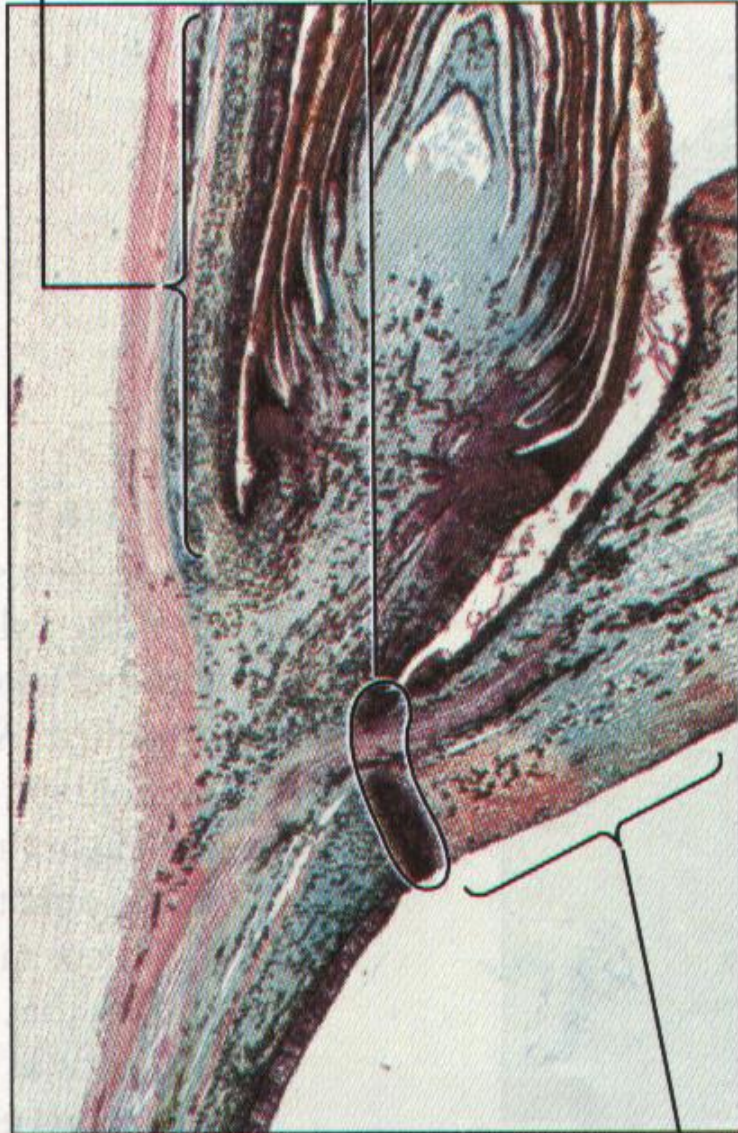
- τύλωση αγγείων
- καλλόζη στους πόρους των
ηθμωδών πλακών



Φύλλο – Αποκοπή

Axillary
bud

Abscission
zone



Abscission
zone



Vascu
bundl
leaf

Φύλλο ξηρόφυτων

Μορφολογικά χαρακτηριστικά

- μικρό μέγεθος
- μικρή αναλογία επιφάνειας προς όγκο



Φύλλο ξηρόφυτων

Μορφολογικά χαρακτηριστικά

- μικρό μέγεθος
- μικρή αναλογία επιφάνειας προς όγκο
- παχύτοιχα επιδερμικά κύτταρα
- ενισχυμένη εφυμενίδα
- τρίχες, κηροί, ρητίνες, αιθέρια έλαια, (αντανάκλαση - υπερθέρμανση)
- μονόστρωμη ή πολύστρωμη υποδερμίδα
- περισσότερα στόματα
- στόματα βυθισμένα ή σε κρύπτες

Ανατομικά χαρακτηριστικά

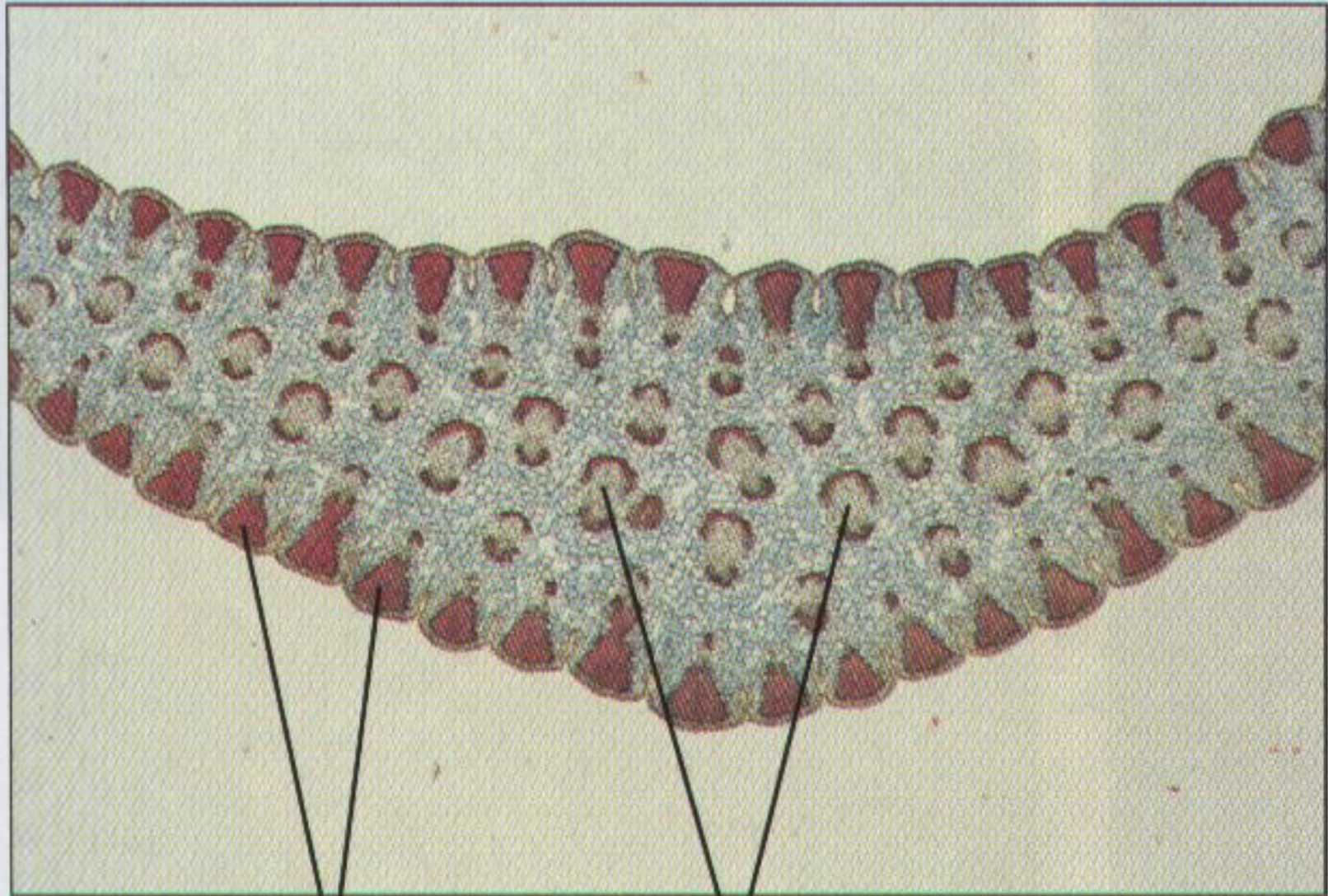
- σε μερικά μόνο δρυφακτοειδές στενά διευθετημένο
- παχιά & χυμώδη φύλλα με υδατέγχυμα (βλέννες)
- άφθονο σκληρέγχυμα γύρω από τον αγωγό ιστό

Φύλλο ξηρόφυτων

Yucca sp.

MATT JALBERT - WWW.EXUBERANCE.COM





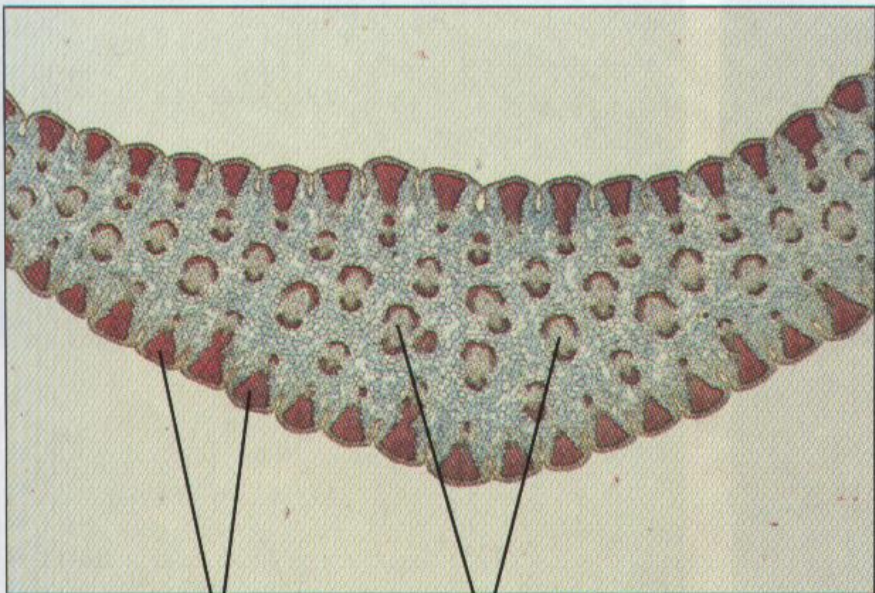
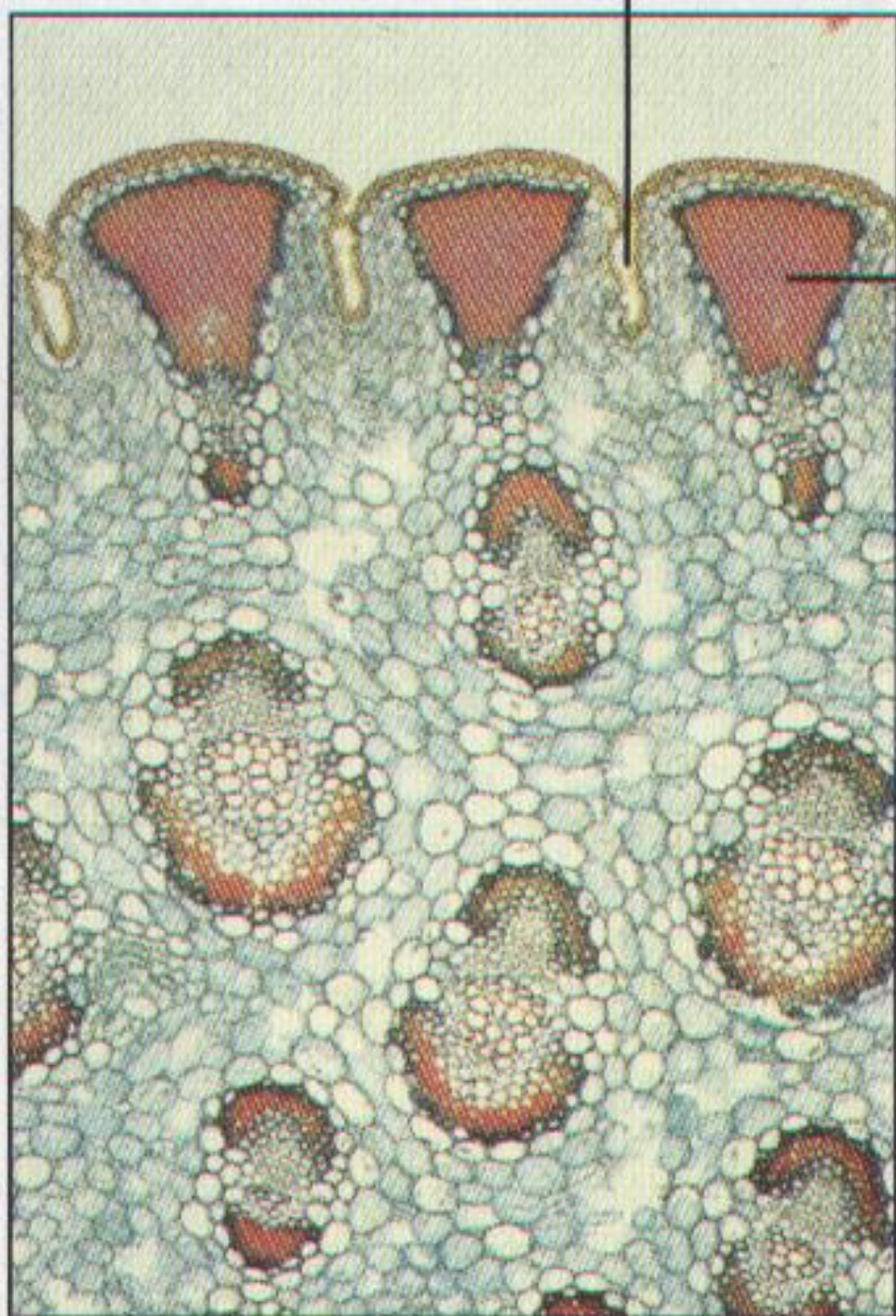
(a)

Fiber bundles

Vascular bundles

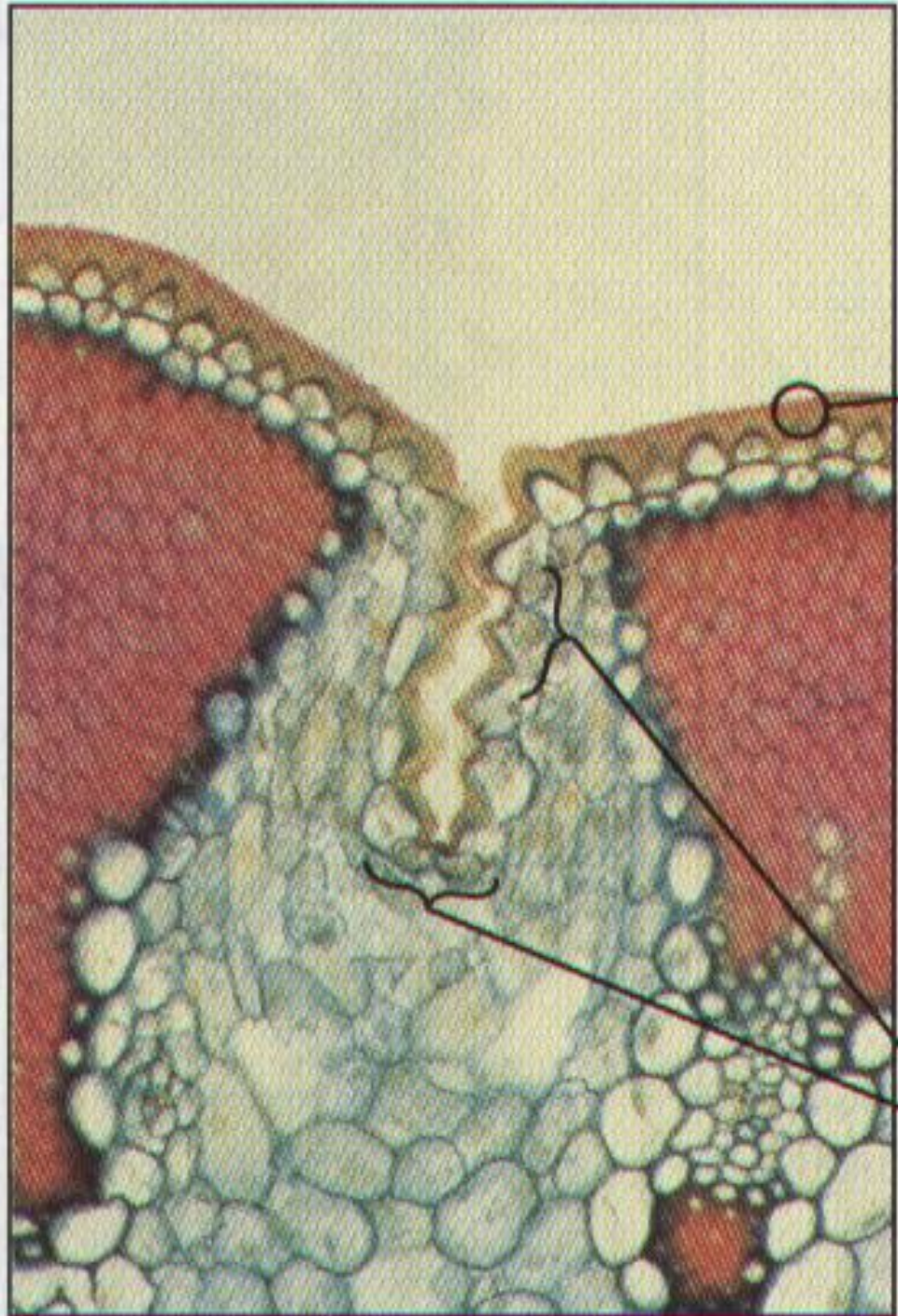
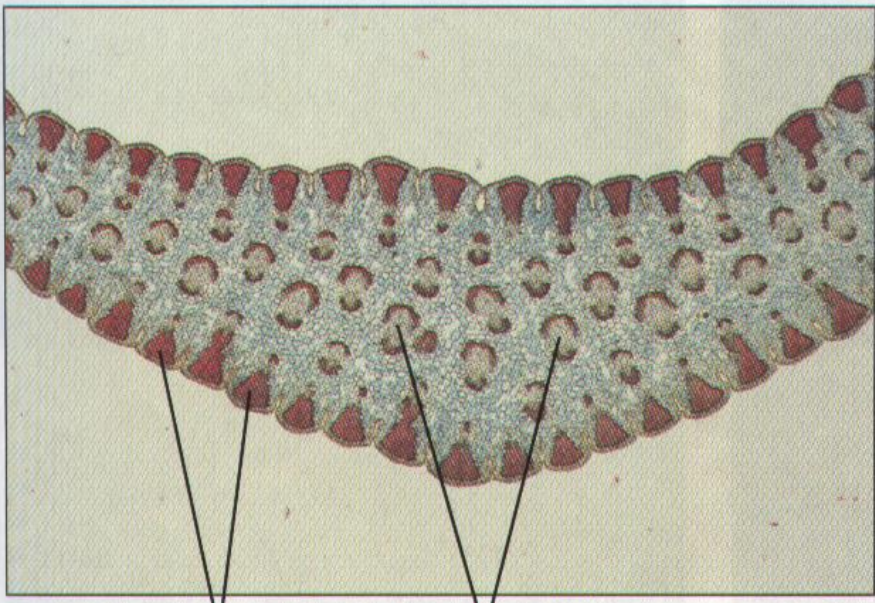
Φύλλο ξηρόφυτων

Yucca sp.



Φύλλο ξηρόφυτων

Yucca sp.



Φύλλο ξηρόφυτων



Ammophila arenaria

Φύλλο Ξηρόφυτων

Ammophila arenaria



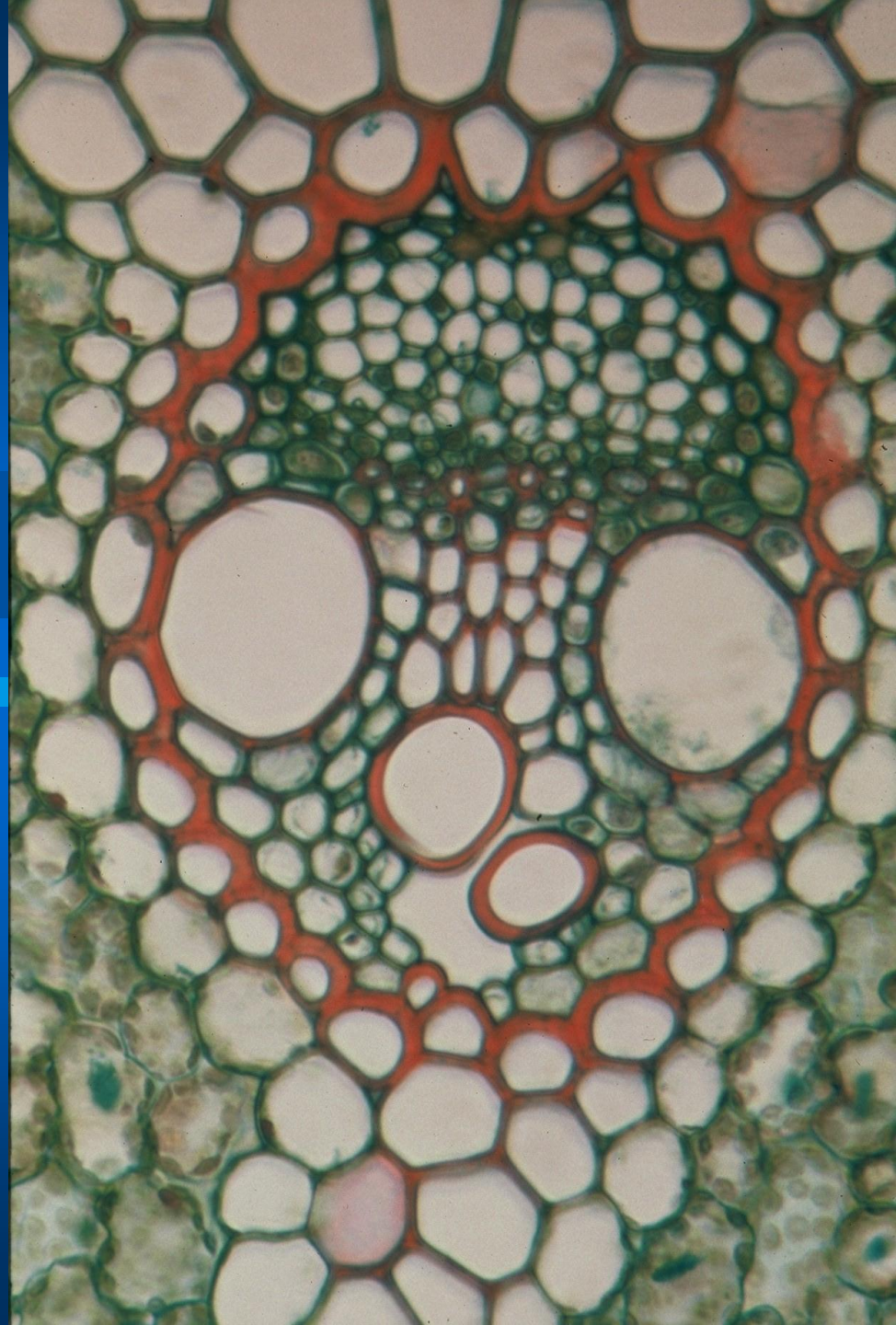
Φύλλο ξηρόφυτων

Ammophila arenaria



Φύλλο ξηρόφυτων

Ammophila arenaria



Φύλλο Ξηρόφυτων

Phormium tenax

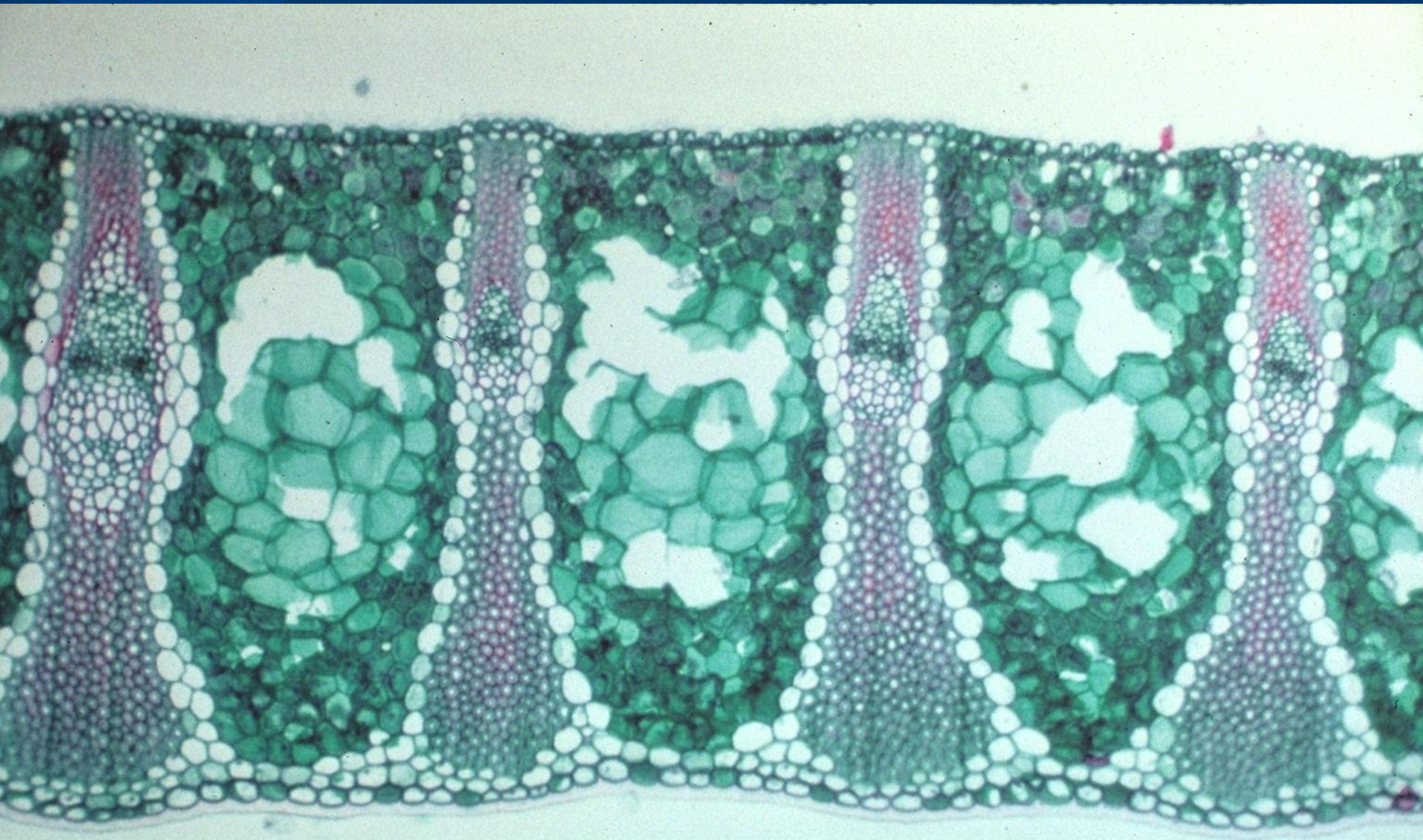


Phormium tenax J. R. et G. SORST.

© Thomas Schoepke

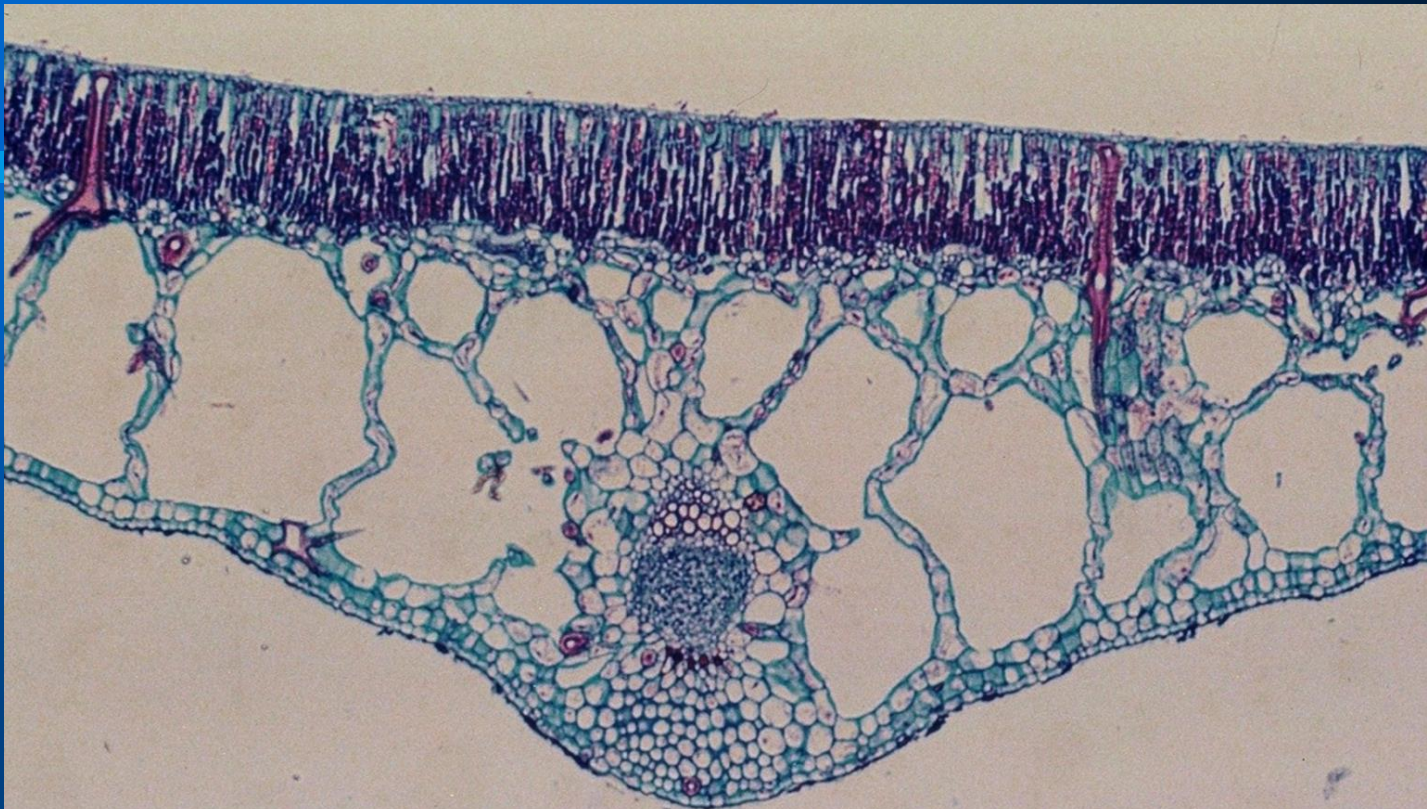
Φύλλο Ξηρόφυτων

Phormium tenax



Φύλλο υδρόφυτων

- επιδερμίδα λεπτή με χλωροπλάστες
- λεπτή εφυμενίδα
- επιστοματικά
- υποβαθμισμένη παρουσία στηρικτικού ιστού & ξυλώματος
- στο σπογγώδες παρέγχυμα μεσοκυττάρια αεροφόροι χώροι



Φύλλο C₄ φυτών

C₄ φωτοσύνθεση

αρχική δέσμευση CO₂ στα κύτταρα του μεσοφύλλου

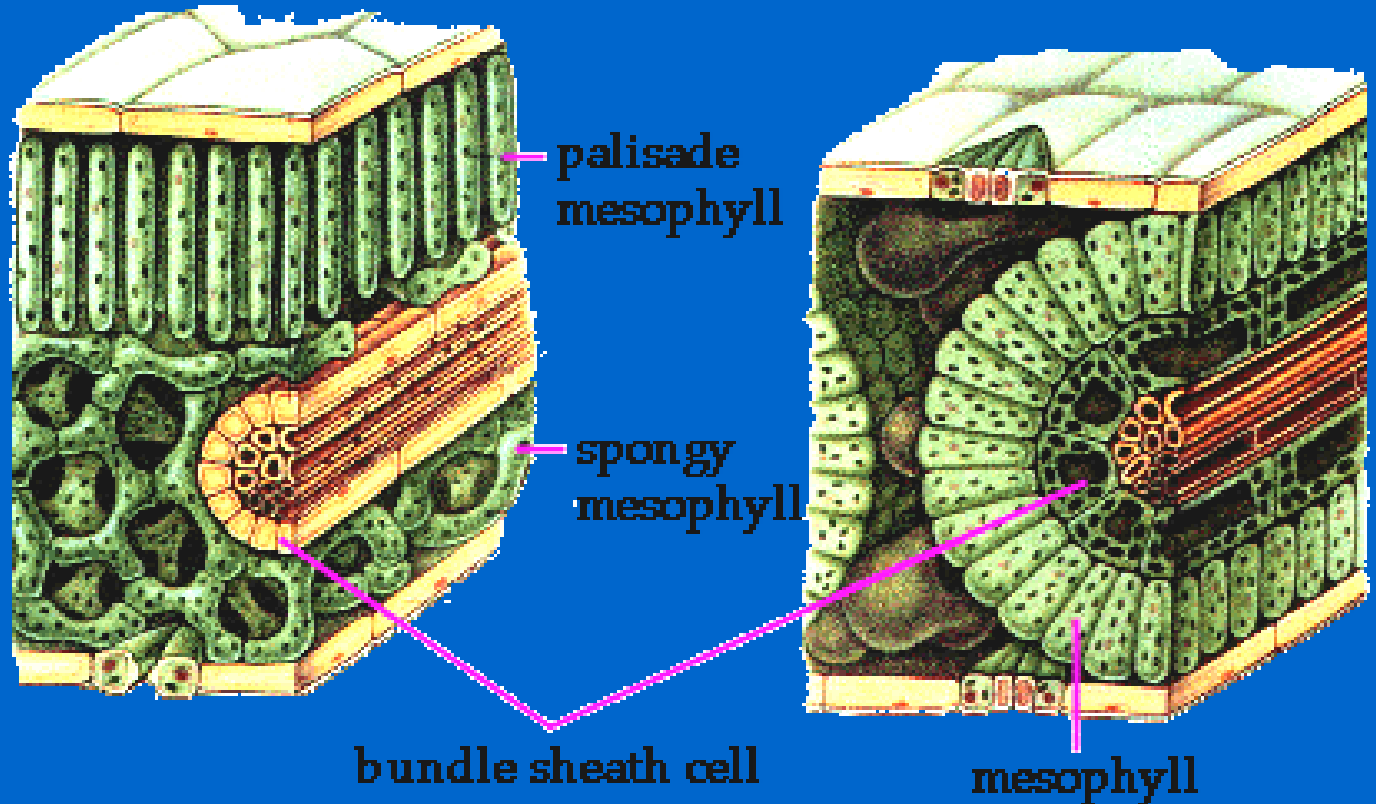
απελευθέρωση στα κύτταρα του δεσμικού κολεού

στεφάνι χλωροφυλλούχων κυττάρων γύρω από τον δεσμικό κολεό

Kranz anatomy

C₃ Leaf

C₄ Leaf



Μεταμορφωμένα φύλλα

Αποταμιευτικό φύλλο

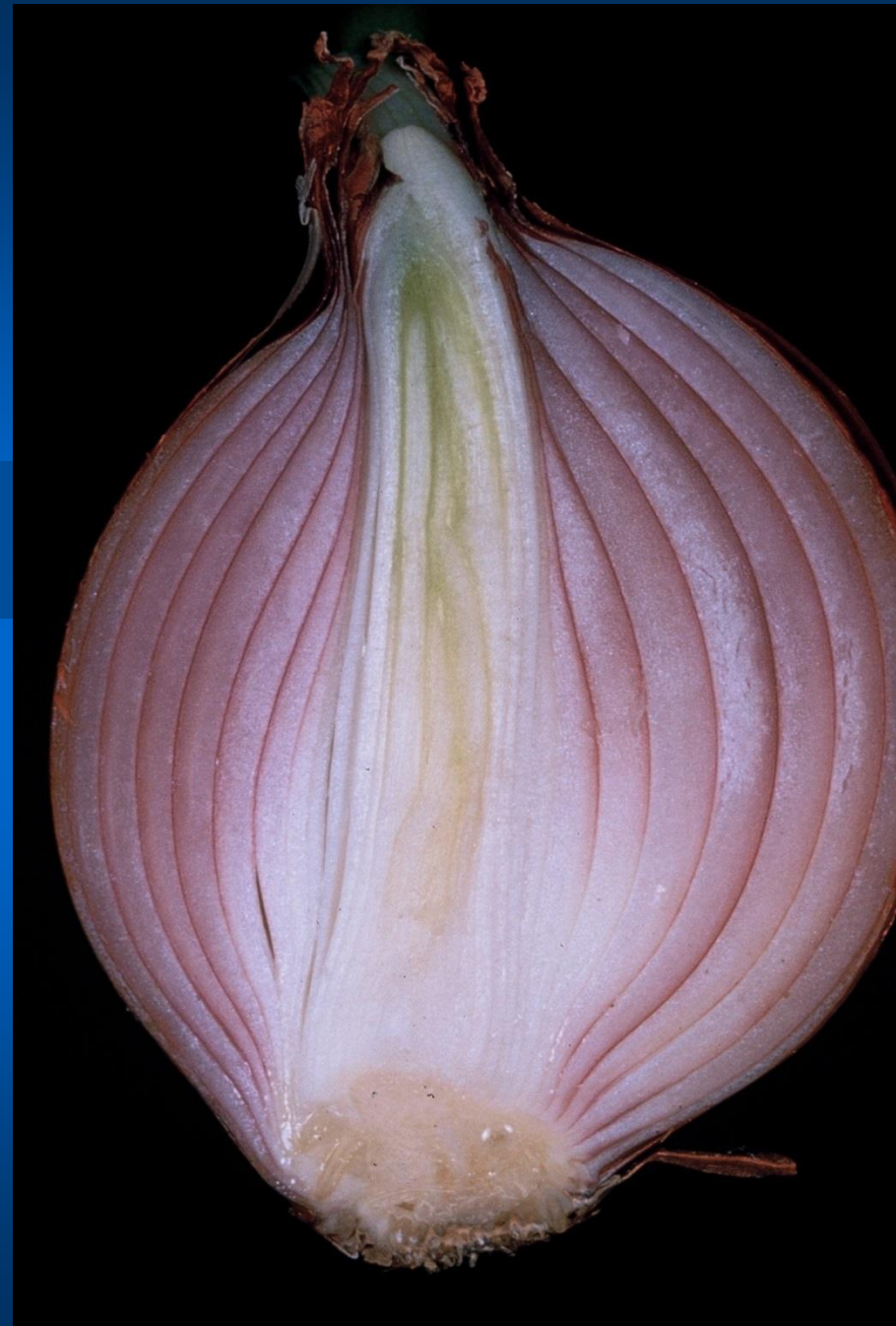
κρεμμύδι...

ομοιογενές μεσόφυλλο

αποταμιευτικό παρέγχυμα

ογκώδη χυμοτόπια με αιθέρια έλαια

κοτυληδόνες



Μεταμορφωμένα φύλλα

Λέπια Οφθαλμών

προστασία στη διάρκεια του χειμώνα

άμισχα - βραχύ μίσχο

ελαφρώς ανεπτυγμένο μεσόφυλλο:

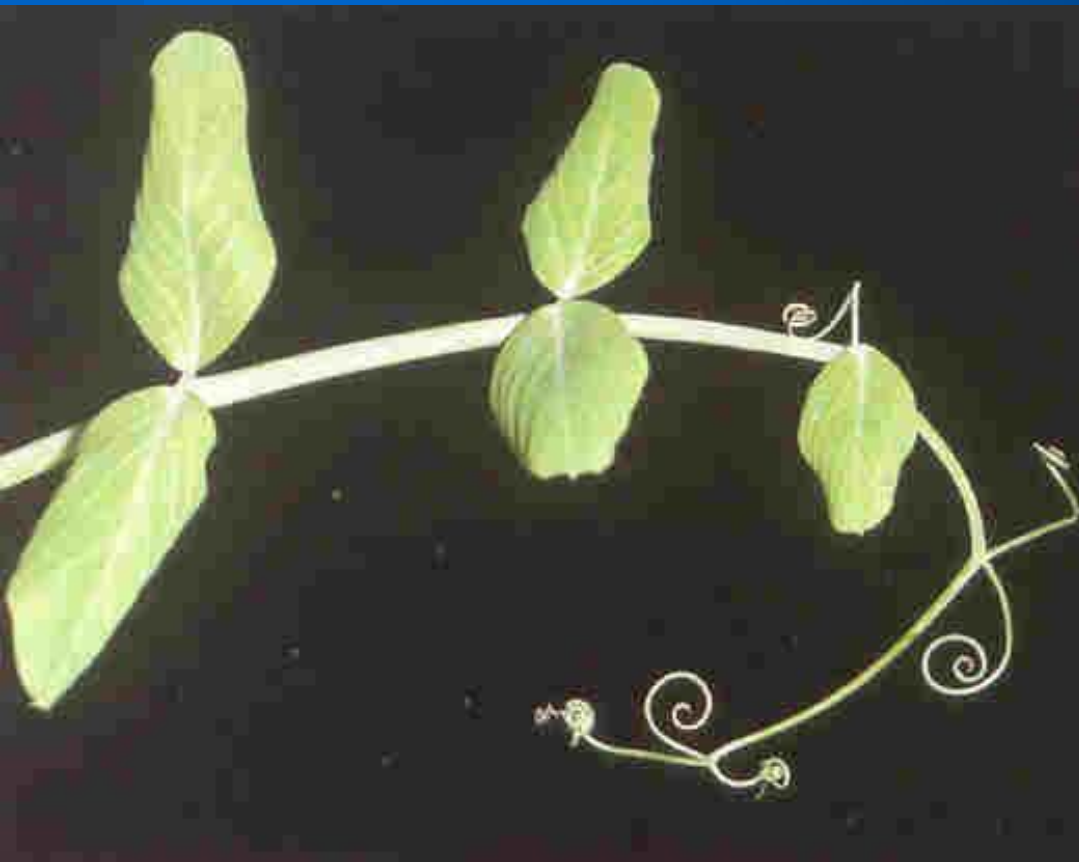
- σπογγώδες
- υποβαθμισμένο αγωγό
- άφθονο σκληρέγχυμα



Μεταμορφωμένα φύλλα

Έλικες

σε ψυχανθή (μπιζέλι, αρακάς κλπ...)
μεταμορφωμένα τμήματα σύνθετων φύλλων
ικανότητα περιέλιξης
αντίδραση στην επαφή – αυξίνη



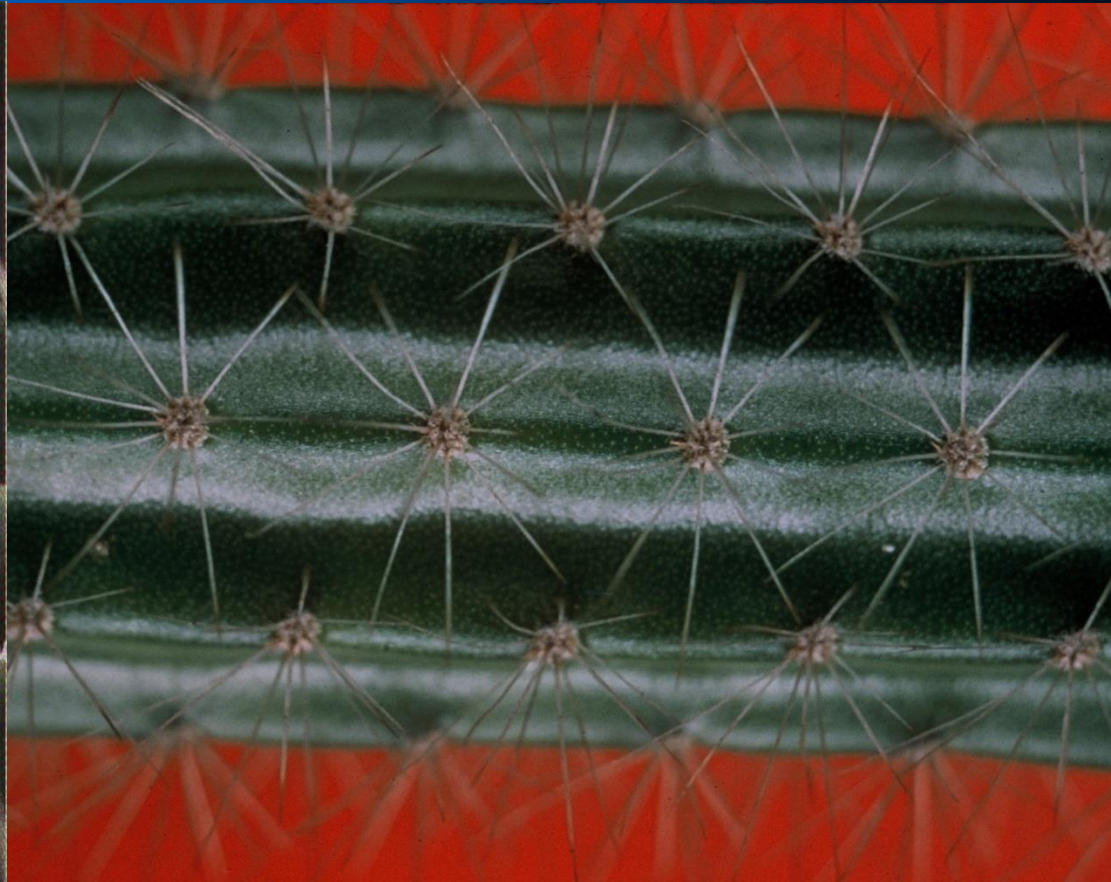
Μεταμορφωμένα φύλλα

Φυλλόκεντρα

αγκάθια

ξηρομορφική προσαρμογή – άμυνα

αποσκλήρυνση – αποκλειστικά από σκληρέγχυμα



Dionaea muscipula

νέκταρ στη επιφάνεια
ενεργοποίηση με άγγιγμα 2 τριχών



Dionaea muscipula



Drosera capensis

ραβδόμορφες τρίχες με εκκριτική κεφαλή
έκκριμα προσέλκυσης
κολλώδες έκκριμα
πεπτικά ένζυμα



Drosera capensis



Drosera rotundifolia



Drosera binata



Nepenthes robusta

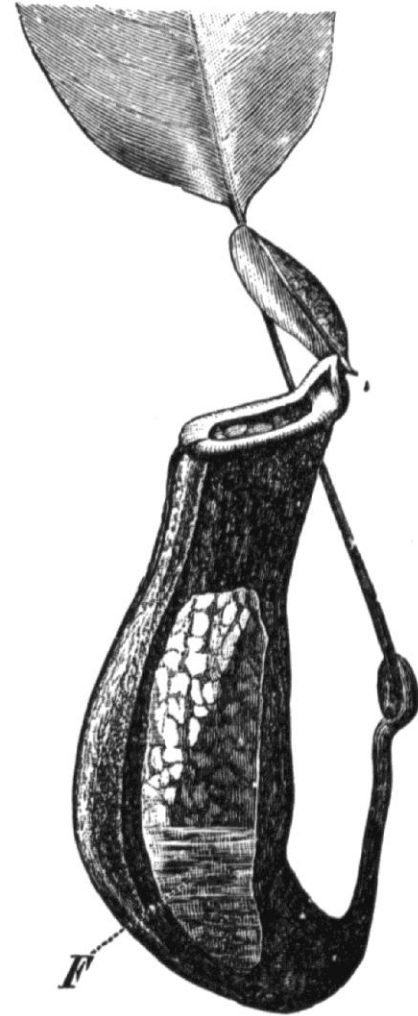


FIG. 212.—Pitchered leaf of a *Nepenthes*. A portion of the lateral wall of the pitcher has been removed in order to show the digestive fluid (*F*), secreted by the glands of the pitcher.

Nepenthes robusta



Nepenthes ephippiata



Nepenthes bicalcarata



Nepenthes x mixta



Sarracenia flava



Sarracenia x moorei

