

Morfo-Anatomie vegetala

Sem. al II-lea

- Cunoașterea elementelor principale de structură și ultrastructură a celulei vegetale.
- Dobândirea de cunoștințe referitoare la formarea, structura, rolul și clasificarea țesuturilor vegetale.
- Cunoașterea și recunoașterea structurii organelor vegetale cu particularitățile specifice diferitelor grupe taxonomice de plante.
Sesizarea de către studenți a unei evoluții structurale în cadrul unităților sistematice.

- Sa formeze notiuni, concepte referitoare la morfologia si structura anatomica a organismelor vegetale
- Sa formeze deprinderi si abilitati de a manui microscopul, microtomul si alte instrumente de laborator
- Sa dezvolte interes si curiozitate pentru biologia vegetala

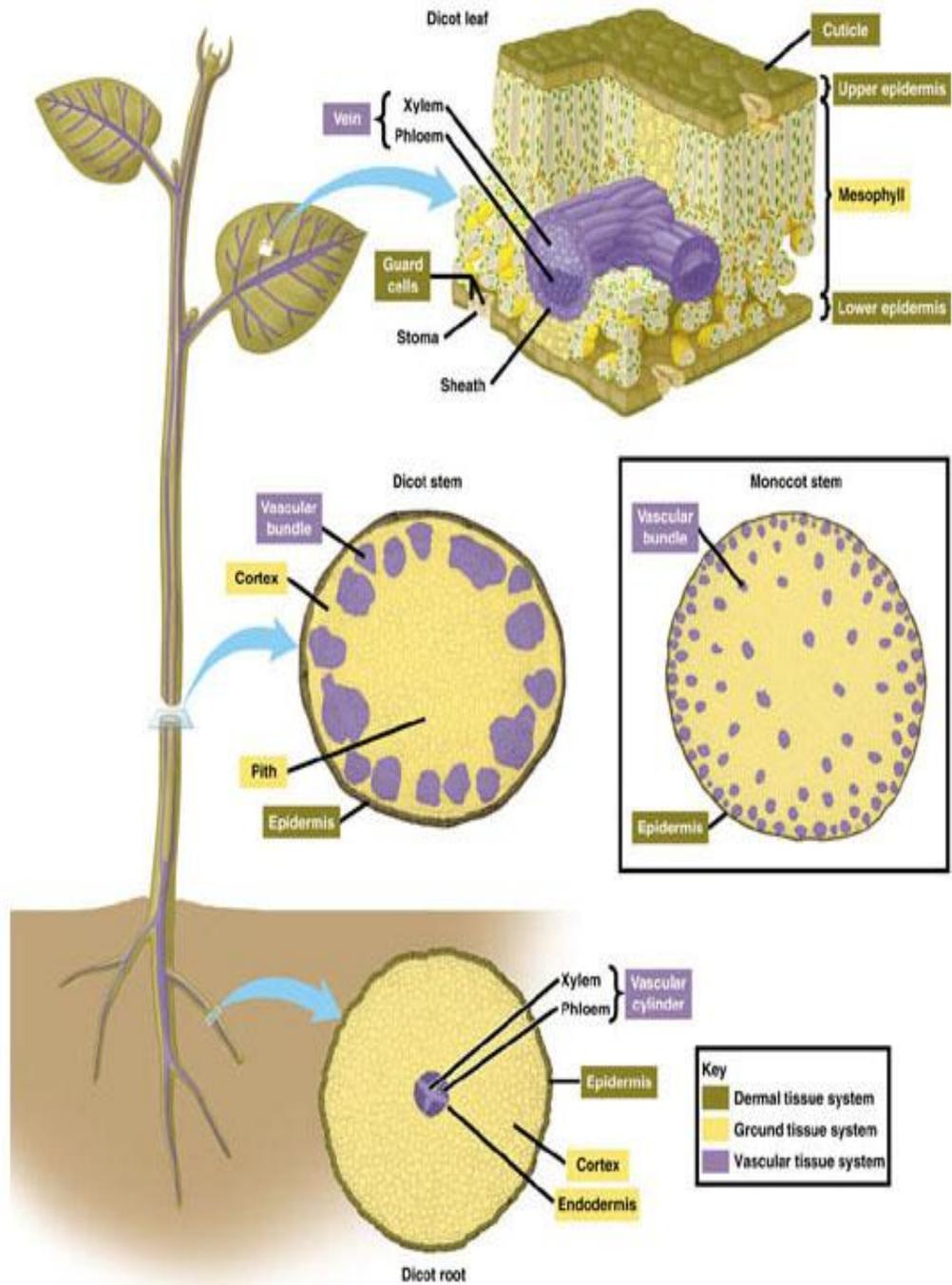
Tematica de curs a semestrului al II-lea

- **III.2.Tulpina:** Originea tulpinii, morfologia tulpinii, ramificația tulpinii, tulpini supraterane, tulpini metamorfozate, tulpini subterane, acvatică și reduse, vârful vegetativ și originea ramurilor.
- Structura axei tulpinale: structura I a tulpinii, tipuri de stel și evoluția stelului, tipuri de structuri primare ale tulpinii, mersul fasciculelor prin tulpină, stereomul tulpinii, trecerea de la structura rădăcinii la structura tulpinii, structura secundară a tulpinii, structura tulpinii la liane, formațiuni secundare în tulpina monocotiledonatelor.
- **III.3.Frunza**
- Filogenia frunzei, ontogenia frunzei, prefoliație și foliație, tipuri de frunze sub raport ontogenetic și funcțional.
- Morfologia frunzei, limbul foliar, pețiolul, anexele frunzei, filotaxia, variații privind forma, mărimea și dispoziția frunzelor pe tulpină.
- Anatomia frunzei: variații ale structurii limbului la briofite, pteridofite, gimnosperme, angiosperme. Structura pețiolului, a bazei foliare, căderea frunzelor, importanța economică a frunzelor.
- **IV. Reproducerea plantelor**
- IV:1.Generalități, definiții.
- IV.2.Înmulțirea asexuată: vegetativă, asexuată specializată, tipuri de spori.
- IV.3.Reproducerea sexuată: tipuri de gameți și de fecundație, fenomene intime ale fecundației, fecundația și meioza, alternanța de generații.
- IV.4.Reproducerea la Bryophyta, reproducerea la Pteridophyta, reproducerea la Gymnospermatophyta și la Angiospermatophyta (inflorescențe, morfologia florii, polenizarea și fecundația, embriogeneza, sămânța, fructul).

Tematica lucrarilor de laborator in sem.al II-lea

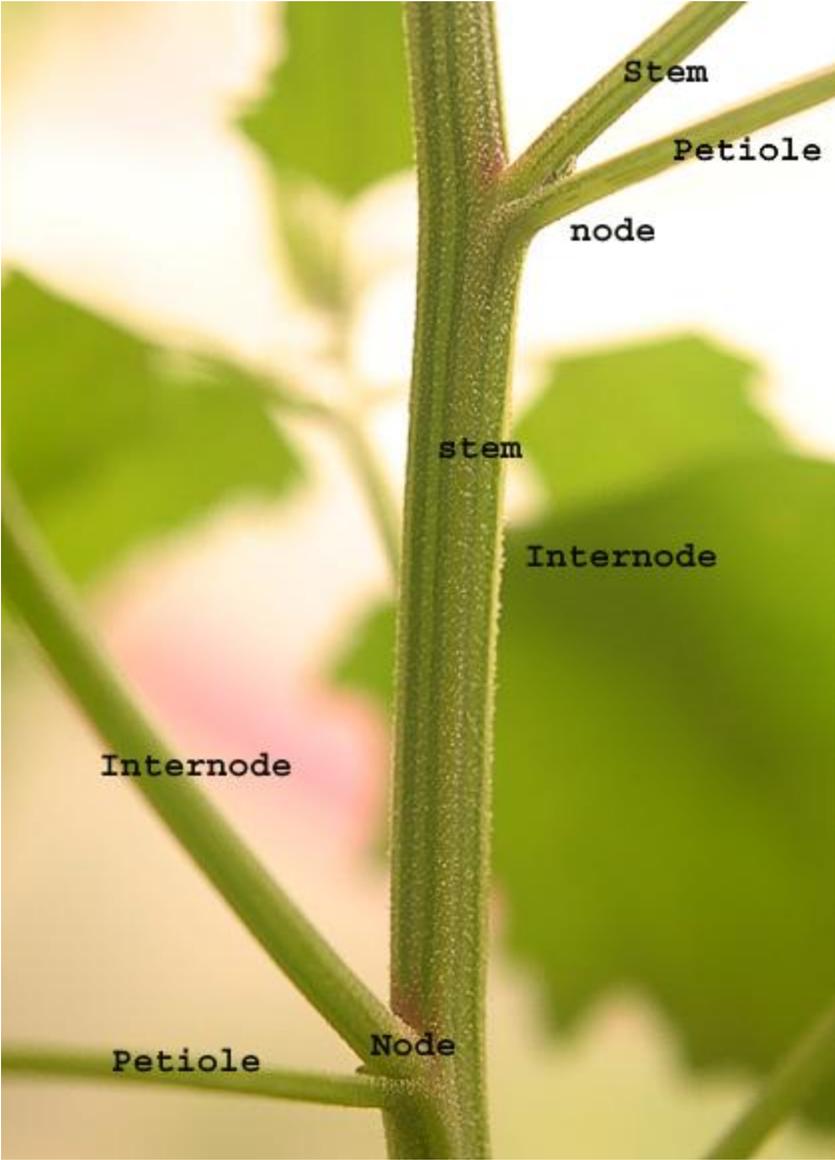
- Tulpina: morfologie, tulpini metamorfozate, structuri I ale rădăcinii la pteridofite, angiosperme, structuri secundare ale tulpinii.
- -morfologia tulpinii, ramuri, tipuri de muguri
- -structura I a tulpinii la *Psilotum triquetrum*, *Lycopodium clavatum*, *Equisetum arvense*, *Ranunculus acer*, *Zea mays*, *Triticum aestivum*, *Asparagus officinalis*, *Convallaria majalis*.
- -structura II a tulpinii la *Aristolochia clematitis*, *Pinus sylvestris*, *Tilia cordata*.
- -metamorfoze ale tulpinilor, tulpini subterane: bulbi, rizomi, tuberculii, bulbo-tuberi.
- Frunza: morfologia limbului, pețiolul, anexele foliare, marginile limbului, structura frunzuliței la briofite, structura frunzei la ferigi, structuri ale frunzelor bifaciale dorsi-ventrale și bifaciale ecvifaciale.
- - structuri ale frunzelor la: *Polytrichum commune*, *Dryopteris filix-mas*, *Pinus silvestris*, *Abies alba*, *fagus silvatica*, *Dianthus caryophyllus*, *Iris germanica*.
- Reproducerea: complexe reproducătoare (conurile) la gimnosperme, inflorescențe, morfologia și structura florii (simetrie, alcătuire, formule și diagrame florale), sămânța, tipuri de fructe.

- Tulpina
- Tulpina sau axa caulinară este unul dintre organele vegetative ale plantei, alături de rădăcină și frunze. Rolul său este de a asigura transportul sevei brute din spre rădăcină spre frunze și a sevei elaborate în sens invers. În plus are o funcție mecanică servind ca suport pentru susținerea aparatului foliar și orientarea frunzelor în poziție optimă față de lumină, susținerea florilor, fructelor și semințelor. În afara acestor funcții primare, tulpina a dobândit în unele cazuri particulare funcția de înmulțire vegetativă, de înmagazinare a substanțelor de rezervă (bulbi, rizomi, tuberculi), de fotosinteză.
- Tulpina aparține generației sporofitice, provine din tigela și gemula embrionului, iar împreună cu frunzele constituie o unitate morfo-funcțională numită lăstar.
- La arbori tulpina se mai numește și trunchi și este rigidizată prin lignificarea pereților celulari.



- **Morfologia (arhitectura axei caulinare)**

- Porțiunea tulpinală cuprinsă între colet (trecerea de la rădăcină la tulpină) și cotiledoane (formațiuni de depozitare ale embrionului care uneori devin primele frunze ale plantei) se numește hipocotil. Este partea care se formează la început când are loc germinația. La plantele hipogee la care cotiledoanele rămân în sol axa hipocotilă este extrem de scurtă. Axa epicotilă se situează între cotiledoane și primele frunze.
- Locul de inserție al frunzelor pe tulpină, ceva mai îngroșat, poartă denumirea de nod. Porțiunea tulpinală dintre două noduri consecutive se numește internod. La plantulele tinere internodiile nu sunt încă dezvoltate și prin urmare frunzele sunt inserate la niveluri foarte apropiate. Creșterea în lungime a internodiilor se datorează meristemelor intercalare situate deasupra fiecărui nod. Acest mecanism generează creșterea în lungime a tulpinii și se numește creștere intercalară. Activitatea acestor meristeme intercalare încetează când internodiile ajung la talia lor definitivă, meristemele intercalare epuizându-se. În cazurile în care internodiile rămân scurte frunzele sunt inserate la niveluri foarte apropiate formând rozete bazale.
- Frunzele, dar și ramurile și florile se dezvoltă din muguri. Mugurii sunt alcătuiți din câteva internodii foarte scurte, primordiifere, protejate de frunze protectoare numite catafile.



- După poziția lor pe tulpină, aceștia sunt: **terminali** în vârful tulpinii principale și a celor secundare, determinând creșterea acestora în lungime; **axilari** sau **laterali**, se prind la noduri la axila frunzelor generând în anul următor frunze sau ramuri. Aceștia din urmă în cazul în care rămân inactivi mai mult de un an se numesc muguri **dorminzi** și reprezintă potențialul regenerativ al plantei în caz de incendiu, tăiere, atac masiv de dăunători. Pe locuri nedeterminate, chiar și pe rădăcini pot să apară muguri suplimentari numiți **adventivi** care se formează mai ales în situații de răniri dintr-un țesut de cicatrizare numit calus. Dacă mugurele terminal dispăre locul și funcția sa o preia mugurele axilar cel mai apropiat devenit astfel mugure **de înlocuire**. Adesea mugurii axilari sunt însoțiți de alți doi numiți muguri **suplimentari**. Dacă sunt așezați de o parte și alta a celui axilar se numesc **colaterali**, iar dacă sunt deasupra și sub acesta îi numim **seriali**. Mugurii care produc frunze îi numim **foliari**, cei care stau la originea florilor, **florali**, iar din cei care se dezvoltă ambele formațiuni, **micști**.

Ramificația tulpinii

Tulpinile numite și telomi caracteristice plantelor primitive erau ramificate dichotomic. Acest mod de ramificație se întâlnește astăzi la briofite, dar și la unele ferigi precum *Psilotum* sau *Lycopodium*. Dichotomia este inițiată de la nivelul celulei apicale care se divide în sens longitudinal, cele două ramuri dezvoltându-se din celulele fiice.

- La spermatofite tulpina se ramifică pornind de la mugurii laterali. Modul în care din mugurii axilari derivă ramurile secundare este condiționat genetic, fiind o particularitate a fiecărei specii. Dacă ramurile laterale rămân scurte vorbim de microblaste care de regulă poartă flori și fructe. Alte ramuri se alungesc devenind macroblaste care de regulă au doar frunze și late ramuri. La mulți arbori se formează macroblaste, iar în cel de-al doilea an pe acestea se formează microblastele fructifere.
- Modul de ramificație foarte variat la diferitele plante se poate grupa în două tipuri: monopodială și simpodială.

- Ramificația monopodială presupune existența tulpinii principale care străbate ca un ax central întregul sistem caular, alungindu-se prin activitatea mugurelui terminal. Ramurile laterale se dezvoltă acropetal (de la bază spre vârf) din mugurii axilari. Acest mod de creștere se datorează inhibiției pe care o exercită mugurele terminal asupra mugurilor axilari mai apropiați.
- Ramificația simpodială se manifestă în următorul mod: mugurele terminal determină alungirea axei principale până la un punct, apoi își încetează activitatea și rolul său este preluat de mugurele axilar imediat următor care prin activitatea sa determină formarea unei axe de ordinul II în prelungirea celei dintâi; când acest mugure își încetează activitatea rolul său este preluat de următorul mugure axilar rezultând o axă de ordinul III etc; astfel axul principal al plantei este format din ramuri de diferite ordine de mărimi. Ramificația simpodială poate fi simplă, dublă când doi muguri axilari înlocuiesc pe cel terminal având aspectul unei false dichotomii sau multiplă dacă mugurele terminal este înlocuit de mai mulți axilari.

- O ramificație mixtă, combinație a celor două de bază, se întâlnește la bumbac, *Gossypium herbaceum*, la care tulpina are ramificație monopodială, iar cârceii una simpodială.
- La *Graminee* este caracteristic un sistem de ramificare numit înfrățire. La aceste plante la baza tulpinii se găsesc numeroase noduri apropiate, numite noduri de înfrățire, de la fiecare dezvoltându-se un lăstar aerian de aceeași dimensiune ca tulpina principală. Înfrățirea are loc încă din faza embrionară din mugurii situați la axila coleoptilului.
- Plantele ramificate pot forma un aparat foliar fotosintetic activ mai bine dezvoltat.

Tipuri morfologice de tulpini

Morfologia tulpinii este variată în funcție de configurația genetică specifică, dar și de condițiile de biotop.

- După mediul în care se dezvoltă se deosebesc tulpini aeriene, subterane și acvatic.
- Tulpinile aeriene sunt articulate și nearticulate. Tulpinile nearticulate sunt alcătuite din internodii foarte scurte. Din această categorie amintim:
- -caudexul, tulpină cărnoasă scurtă, cu frunze dispuse în rozetă bazală la *Agave americana*, *Sempervivum* etc;

- -stipesul, tulpină columnară care poartă în vârf un buchet de frunze, iar pe trunchi cicatricile frunzelor căzute; este caracteristic palmierilor;
- Din categoria tulpinilor articulate amintim:
- -paiul sau culmul care poate neramificat, gol la interior, la grâu sau plin la porumb și ramificat la bambus;
- -calamusul, tulpină articulată, dar fără noduri evidente la *Juncus*, *Scirpus*;
- -caulisul, tulpină ierboasă caracteristică plantelor anuale și bianuale; pot fi tri-, tetra, sau cu mai multe muchii;
- -scapul, tulpina care la bază are o rozetă bazală de frunze datorită unor noduri foarte apropiate și un internod lung fără frunze, dar cu o inflorescență sau o floare în vârf;
- După consistența lor tulpinile pot fi cărnoase, ierboase sau lemnoase.
- După orientarea în spațiu pot fi drepte sau ortotrope, volubile, plagiotrope (culcate).

Tulpinile aeriene metamorfozate sunt:

- -tulpinile asimilatoare caracteristice speciilor xerofile succulente la care frunzele sunt reduse. Țesuturile asimilatoare se găsesc imediat sub epiderma tulpinii (*Opuntia*, *Echinocactus*).
- -cladodiile, tulpini asimilatoare, lățite, fără țesuturi succulente, cu creștere nedeterminată (*Genista sagittalis*).
- -filoclaadiile, sunt ramuri foliiforme, asimilatoare, cu creștere determinată la *Ruscus aculeatus*.
- -filodiile sunt pețioluri sau rahisuri foliare asimilatoare care se lățesc căpătând aspectul unor frunze.
- -tulpinile tuberizate care își dezvolt puternic parenchimul cortical în care se depozitează substanțe de rezervă. La gulie se tuberizează câteva internodii, la unele orhidee primul sau primele internodii de la baza tulpinii, iar la unii palmieri întreg trunchiul.
- -tuberulele sunt mugurii axilari (*Ranunculus ficaria*) sau floriali (*Polygonum viviparum*) ale căror axe se dezvoltă, se tuberizează, iar frunzele se reduc puternic.
- -bulbilele sunt mugurii axilari sau floriali ale căror frunze se dezvoltă mult și se umplu cu substanțe de rezervă. Plantele care formează bulbile florale se numesc vivipare.

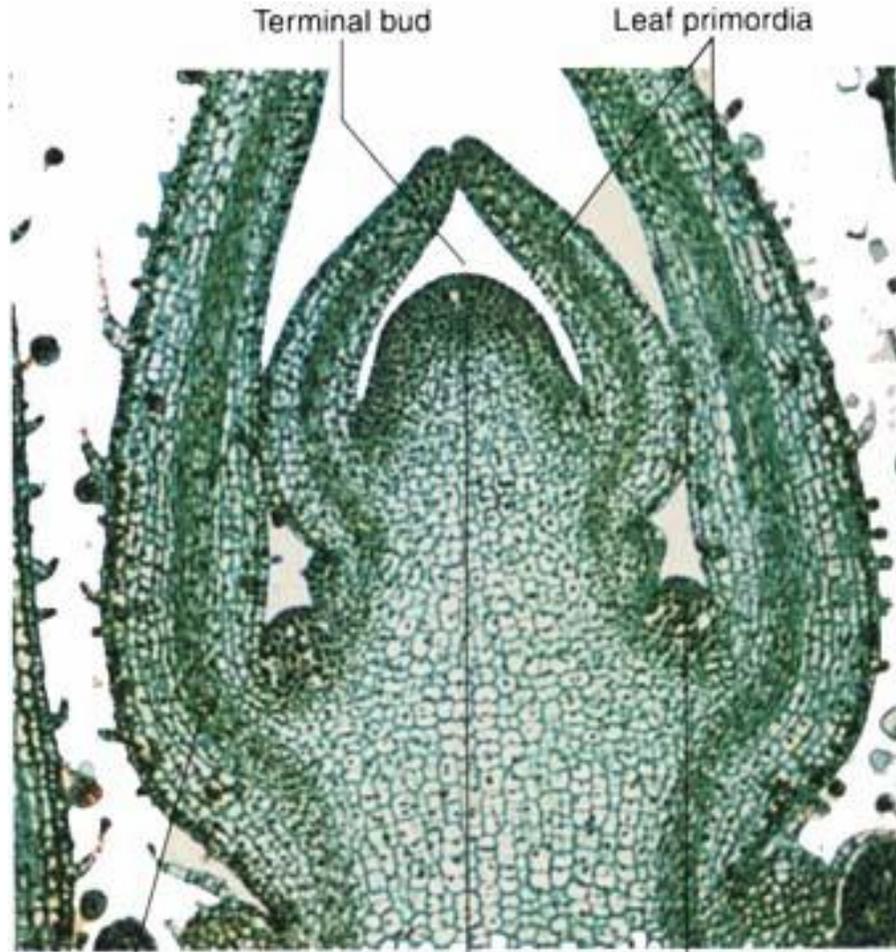
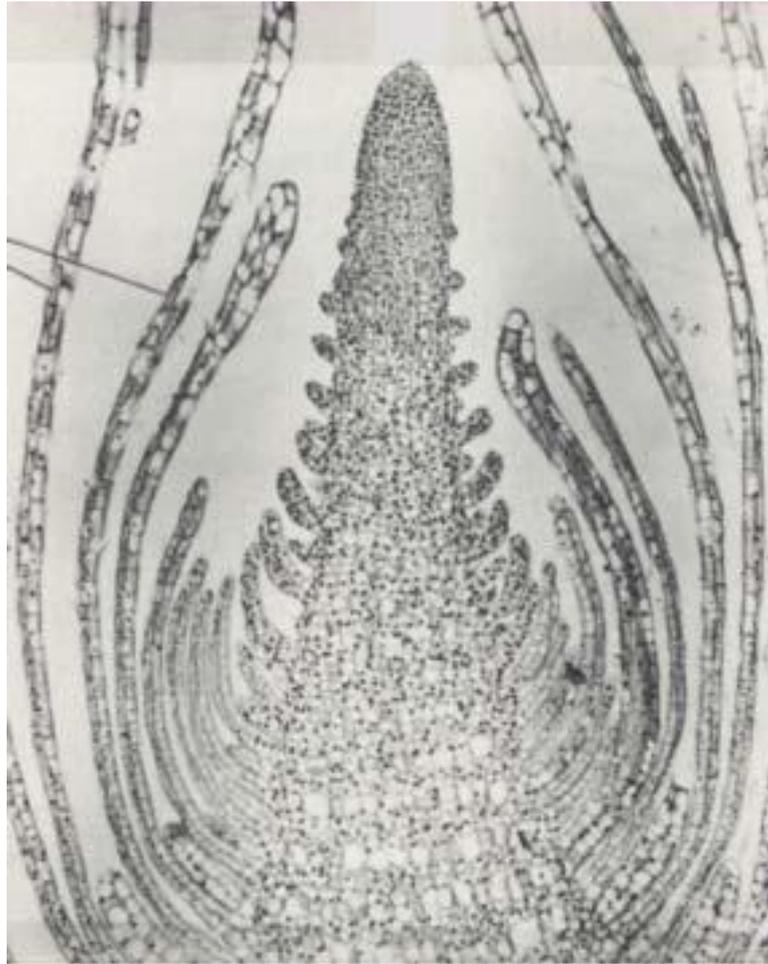
Tulpinile subterane metamorfozate sunt:

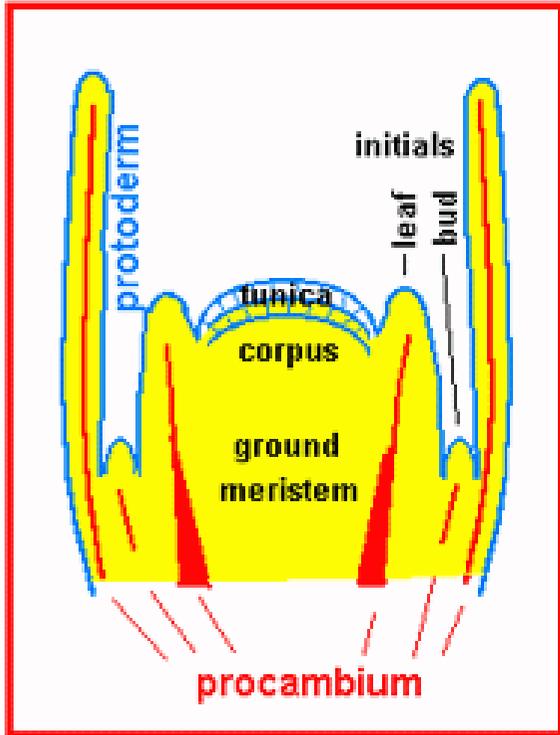
- rizomii sunt alcătuiți din internodii scurte (microblaste sau brahiblaste) sau lungi prevăzute cu muguri la axila frunzelor scvamiforme, în care se depozitează substanțe de rezervă. Pot fi monopodial ramificați (*Paris quadrifolia*, *Convallaria majalis*) sau simpodiali (*Polygonatum*, *Iris*).
- -tuberculii sunt microblaste bogate în substanțe de rezervă, cu muguri axilari (“ochi”) la axila unor frunze scvamiforme. Provin din tuberizarea vârfului unui stolon sau a unor muguri axilari (cartof), din tuberizarea hipocotilului (*Corydalis*), a epicotilului subteran (*Testudinaria*), hipocotilului și rădăcinii primare (*Raphanus*, *Bryonia*).
- -bulbotuberii spre deosebire de tuberculi sunt înveliți în frunze uscate numite tunici. Materiile de rezervă se depun în mugurii axilari fie la vârful bulbotuberului mamă.
- -bulbii sunt microblaste acoperite de frunze cărnoase în care se depozitează substanțe de rezervă. La exterior se găsesc catafile membranoase și uscate în cazul bulbului tunicat (*Allium cepa*, *Scilla bifolia*) sau frunzele externe sunt și ele cărnoase, mai mici și se acoperă imbricat la bulbii solzoși (*Lilium candidum*). La subsuoara frunzelor cărnoase se formează mugurii terminali și laterali. În unele cazuri mugurii se tuberizează și ei transformându-se în bulbișori (“căței” de usturoi).

- Tulpini acvatice caracterizează plantele submerse. Au caractere anatomice particulare precum aerenchim bine dezvoltat, elementele stereomului și ale xilemului slab reprezentate. Majoritatea plantelor acvatice parcurg perioada de iarnă sub formă de muguri terminali sau axilari numiți hibernacule (*Utricularia*, *Stratiotes*, *Potamogeton*). Unele plante acvatice au tulpina foarte redusă (*Lemna*, *Salvinia*, *Stratiotes*, *Hydrocharis*).

Anatomia tulpinii

- Conul vegetativ (vârful vegetativ)
- Creșterea tulpinii se datorează în principal extremității meristemice numită apex caular, con sau vârf vegetativ. La unele ferigi apexul este reprezentat printr-o singură celulă inițială numită apicală tridirecțională care generează toate țesuturile tulpinii. La gimnosperme și angiosperme apexul este constituit dintr-o porțiune terminală cu activitate meristematică slabă numită zona quiescentă (liniștită), imediat mai jos “inelul apical inițial”-zona cea mai activă meristematic care generează celulele noi. Acest inel inițial are o lungime de cca 50 μm , la acest nivel diferențiindu-se frunzele și scoarța tulpinii. Sub zona de maximă proliferare se găsește zona de diferențiere având 50-80 μm lungime. În această zonă este determinat care parte a informației ereditare a celulelor embrionare se va exprima în cursul diferențierii celulare. De asemenea este determinată viitoarea funcție a diferitelor celule.





- În organizarea conului vegetativ se distinge un complex tisular central (echivalentul corpusului) și un țesut învelitor (tunica) ce pot fi recunoscute încă din zona de diferențiere. De asemenea persistă un meristem rezidual între complexul central (corpusul) și tunică
- În zona de alungire corespunzătoare zonei de diferențiere, celulele embrionare se alungesc și se diferențiază generând diferite țesuturi. În acest stadiu de dezvoltare se recunosc deja elementele precursore ale țesuturilor conducătoare. Ele se formează din meristemul rezidual dintre corpul central și tunică, care devine procambiu în zona de alungire. Inițial procambiul generează spre exterior primele elemente de floem (protofloemul) și ceva mai târziu, spre interior primele elemente de xilem (protoxilemul). Corpul meristematic central (corpusul) se diferențiază într-un țesut parenchimatic – măduva. Tunica evoluează spre un parenchim cortical-scoarța și spre epidermă. Ea generează de asemenea primordiile foliare care se constituie încă din zona inelului inițial și în cea de alungire. Primordiile foliare apar la început ca niște excrescențe generate de o activitate meristematică mai intensă în anumite puncte ale inelului inițial. Aceste primordii cresc și se diferențiază acropetal cele de la vârf fiind mai mici, iar cele de la bază mai mari acoperindu-le pe celelalte. Conul vegetativ împreună cu primordiile foliare constituie mugurele terminal. În zonele climatice cu anotimpuri nefavorabile mugurele terminal rămâne latent câteva luni, protejat fiind de catafile, apoi pornește în vegetație alungind tulpina. Concomitent tulpina manifestă și o creștere primară în grosime datorită procambiului. Tulpina se îngroașă pe măsură ce se distanțează de apexul vegetativ de aceea vârful capătă o formă conică. La *Monocotyledonatae* diametrul viitor al tulpinii este determinat încă de la nivelul vârfului vegetativ.

Structura primară a tulpinii

- Diferențierea celulelor și formarea țesuturilor primare sunt evidente dedesubtul zonei de alungire. La nivelul tulpinii primare se disting următoarele țesuturi.
- Țesuturi de apărare. Tulpina primară este delimitată la exterior de o epidermă monostratificată care prezintă stomate și o cuticulă.
- Parenchimul, format din celule izodiametrice cu pereții subțiri celulozici este reprezentat la nivelul tulpinii prin trei zone: scoarța primară, razele medulare primare și măduva. Scoarța primară este constituită din celule relativ izodiametrice. Scoarța primară este un cilindru parenchimatic situat între epidermă și fasciculele conducătoare. În straturile superficiale ale acestui țesut se găsesc cloroplaste, prin urmare au funcție fotosintetică. În centrul axei tulpinale se găsește măduva care în numeroase cazuri asigură acumularea de substanțe nutritive. La multe plante ierboase celulele medulare se dezorganizează generând o lacună medulară. Legătura dintre măduvă și scoarță este asigurată de razele medulare primare care se găsesc între fasciculele conducătoare.

- Țesuturile conducătoare care asigură transportul substanțelor la distanță sunt reunite în fascicule conducătoare.
- Fasciculele conducătoare sunt alcătuite din xilem și floem, două complexe tisulare cu funcții diferite. Xilemul asigură în principal transportul pe distanță mare a sevei brute absorbite de rădăcină. Uneori primăvara, transportă și seva elaborată în cazul arborilor sau azotul organic de la nodozitățile radiculare ale Leguminosaceelor. Floemul transportă seva elaborată de la frunze asigurând distribuția ei în plantă.
- Xilemul este constituit din elemente diferite: traheide, trahee, fibre lemnoase și celule parenchimatoase de lemn. Transportul sevei brute este efectuat de către traheide și trahee care sunt celule moarte, protoplastul lor degenerând. Traheidele sunt vase imperfecte cu pereții spiralizați sau scalariformi. Traheele sunt tuburi formate din mai multe celule fuzionate dintre care dispar pereții transversali. Traheidele au o lungime de 0,3-10 mm și un diametru de 30 μm, iar în cazul traheelor lungimea celulelor este similară, dar ele formează tuburi continui care dobândesc dimensiuni mult mai mari. Diametrul traheelor este de 10-400 μm sau în cazul lianelor de până la 700 μm.

- Elementele xilemului, moarte fiind nu dezvoltă presiune osmotică și turgescență, dar sunt sub efectul de aspirație determinat de transpirație care induce o presiune negativă ce se transmite de-a lungul lor până la rădăcină. Pentru a se evita ruperea pereților celulari datorită acestei presiuni negative, aceștia sunt lignificați. Lignificarea spiralată și inelată permite alungirea vaselor înainte ca ele să moară de aceea o găsim la nivelul fasciculelor tinere din apexul tulpinii. Pereții celulari ai traheidelor de la gimnosperme sunt consolidați puternic cu lignină ceea ce face să dobândească un rol de susținere pe lângă cel de transport. Toți acești pereți sunt străbătuți de numeroase punctuațiuni. Apa circulă în sens longitudinal prin xilem, dar poate de asemenea penetra și pereții laterali spre celulele vecine. Circulația apei este facilitată de absența protoplastului, dar la traheide încă pereții transversali opun o oarecare rezistență. Traheele reprezintă un stadiu evolutiv de punct de vedere al fiziologiei transportului. Iată de ce un țesut conducător numai din traheide este un indicator al unei evoluții mai puțin avansate. Este cazul pteridofitelor și gimnospermelor la care xilemul este constituit mai ales din traheide. Dar chiar și la aceste grupe există și excepții (rizomii de la *Filicinae*, tulpina de la *Welwitschia mirabilis* conțin trahee).



- Angiospermele, mult mai evoluate, au lemnul constituit din traheide și trahee.
- Fibrele lemnoase sunt celule moarte, alungite cu pereții puternic lignificați având rol exclusiv de susținere. Gimnospermele nu au fibre lemnoase, susținerea realizând-o exclusiv traheidele. Fibrele lemnoase sunt de asemenea absente la angiospermele ierboase cu structură primară.
- Parenchimul lemnos este constituit din celule vii care înconjoară vasele. Aceste celule devin chiar celule de transfer. Ele pot servi la eliberarea controlată a ionilor și altor soluții în lumenul celulelor conducătoare. La arbori celulele parenchimului traversează punctuațiunile vaselor lemnoase pătrunzând în interiorul acestora, umflându-se și astfel închizând lumenul vasului. Aceste expansiuni se numesc tile, se formează la sfârșitul perioadei de vegetație și închid definitiv vasele.

- Floemul este constituit din diferite elemente celulare: vase numite și tuburi ciuruite flancate de celule anexe, parenchim liberian și fibre liberiene.
- Celulele și tuburile ciuruite transportă seva brută. Diferă esențial de xilem deoarece sunt vii în stadiul funcțional. Din punct de vedere filogenetic celulele ciuruite corespund formelor primitive de elemente conducătoare, existând la pteridofite și la gimnosperme. Prezența pereților transversali obligă existența a numeroși pori. Vasele conducătoare sunt constituite din aliniamente de numeroase celule ciuruite.
- Tuburile ciuruite sunt filogenetic mai evoluate decât simplele celule. Ele sunt constituite din elemente alungite asamblate în lanțuri lungi. Pereții transversali sunt perforați de numeroase punctuațiuni repartizate uniform sau grupate în câmpuri ciuruite. Pereții longitudinali ai tuburilor ciuruite învecinate prezintă câmpurile ciuruite la același nivel. Punctuațiunile tuburilor ciuruite derivă din plasmodesmele modificate și sunt acoperite de un poli- β -glucan numit caloză. Punctuațiunile sunt deschise și permeabile constituenților solubili și de asemenea virusurilor. Ele sunt traversate în egală măsură de cordoane plasmatică și de reticul endoplasmic. Elementele tuburilor ciuruite formează, prin urmare, un continuum citoplasmatic facilitat de existența punctuațiunilor. Protoplastul tuburilor ciuruite are câteva caracteristici diferite de a altor celule vegetale: nucleul este regresat, reprezentând astfel singurul caz de celule vegetale vii anucleate (secundar); tonoplastul este regresat, aceste formațiuni ne reprezentând vacuole, suc celular, adică seva elaborată circulând prin lumenul celular. Elementele tuburilor ciuruite au o peliculă fină de citoplasmă densă delimitată la exterior de o plasmalemă semipermeabilă. Prin urmare tuburile ciuruite funcționează ca un sistem osmotic, proprietate necesară mecanismului de transport al sevei elaborate.

- Tuburile ciuruite funcționează un singur sezon de vegetație. Cele plurianuale sunt de fapt reînnoite în fiecare an.
- Celulele anexe și celulele tuburilor ciuruite tisular provin din aceeași celulă mamă în urma unei diviziuni longitudinale inegale. Celulele fiice rămân în legătură prin numeroase plasmodesme. Celulele anexe asigură un schimb activ cu tuburile ciuruite, transportul sevei elaborate fiind consumator de energie. Celulele anexe sunt bogate în mitocondrii furnizând energia necesară tuburilor ciuruite.
- La pteridofite și gimnosperme care nu posedă celule anexe, celulele parenchimului liberian asigură funcția de import-export energetic necesar transportului sevei elaborate.
- Fibrele liberiene formează un țesut de susținere. Celulele sunt alungite, moarte și sclerificate. Acest țesut de susținere se dezvoltă pe lângă vasele conducătoare ca o gardă protectoare evitând turtirea tuburilor ciuruite datorită presiunii țesuturilor învecinate.

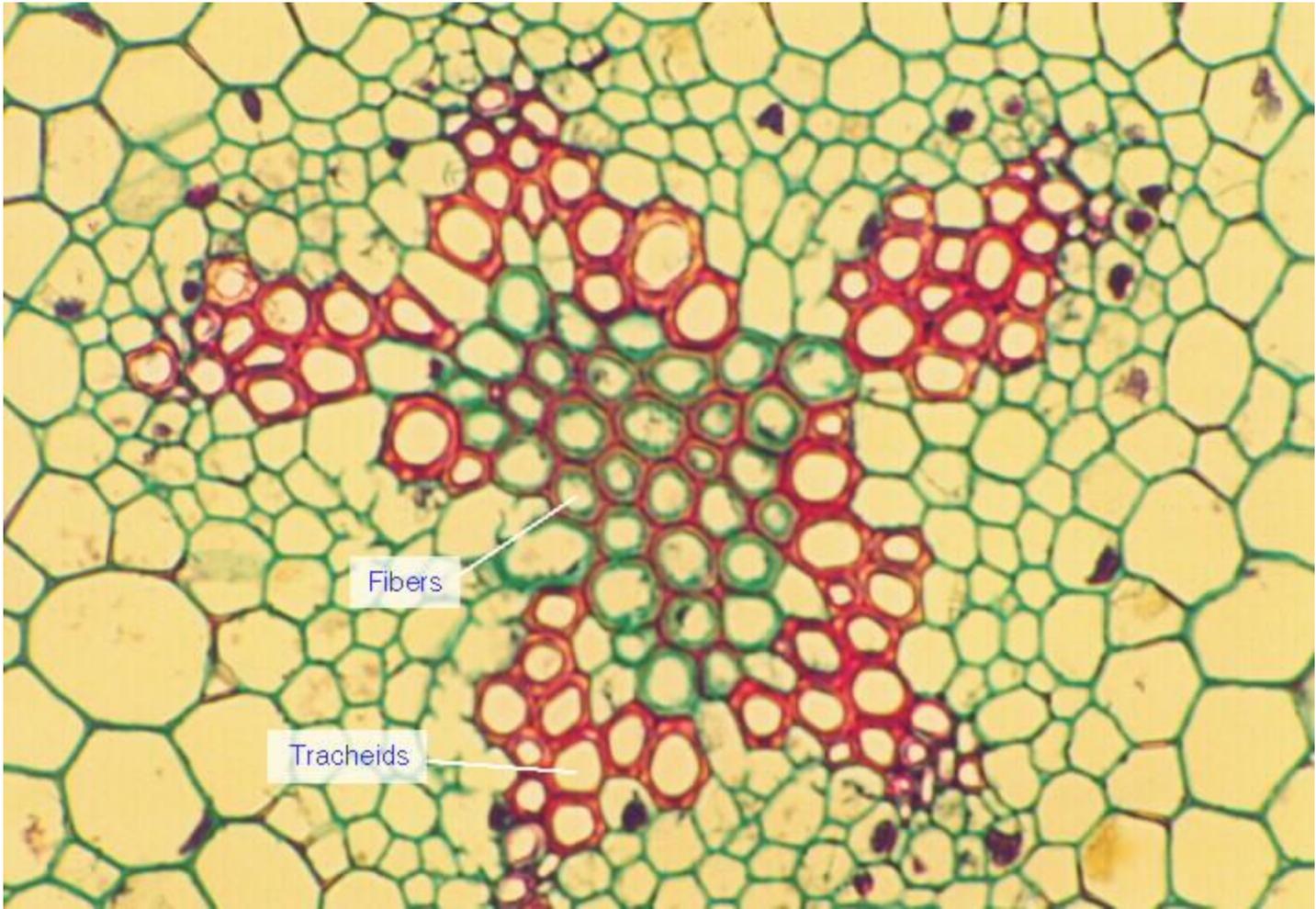
- Tulpina este supusă forței vântului. Un tub este mai flexibil decât un cilindru plin. Fasciculele conducătoare conținând elemente lignificate de xilem ca elemente de susținere au migrat în cursul evoluției din centrul axei caulinare la periferie. S-a format un tub care apare segmentat transversal sub formă de fascicule conducătoare organizate în cerc, despărțite prin raze medulare. Acest tip de organizare este prezent la dicotiledonate. Teoria originii și evoluției stelului permite înțelegerea evoluției organizării fasciculelor conducătoare pornind de la protostelul cormofitelor terestre primitive.

- În schimb, la monocotiledonate, fasciculele conducătoare apar repartizate pe toată secțiunea unei tulpini văzute în secțiune trasversală. Acest tip de organizare rezultă din traiectul fasciculelor foliare care pătrund în tulpină de la periferie, și parcurg descendent câteva internodii. Practic fiecare fascicul conducător este unul provenit dintr-o frunză.

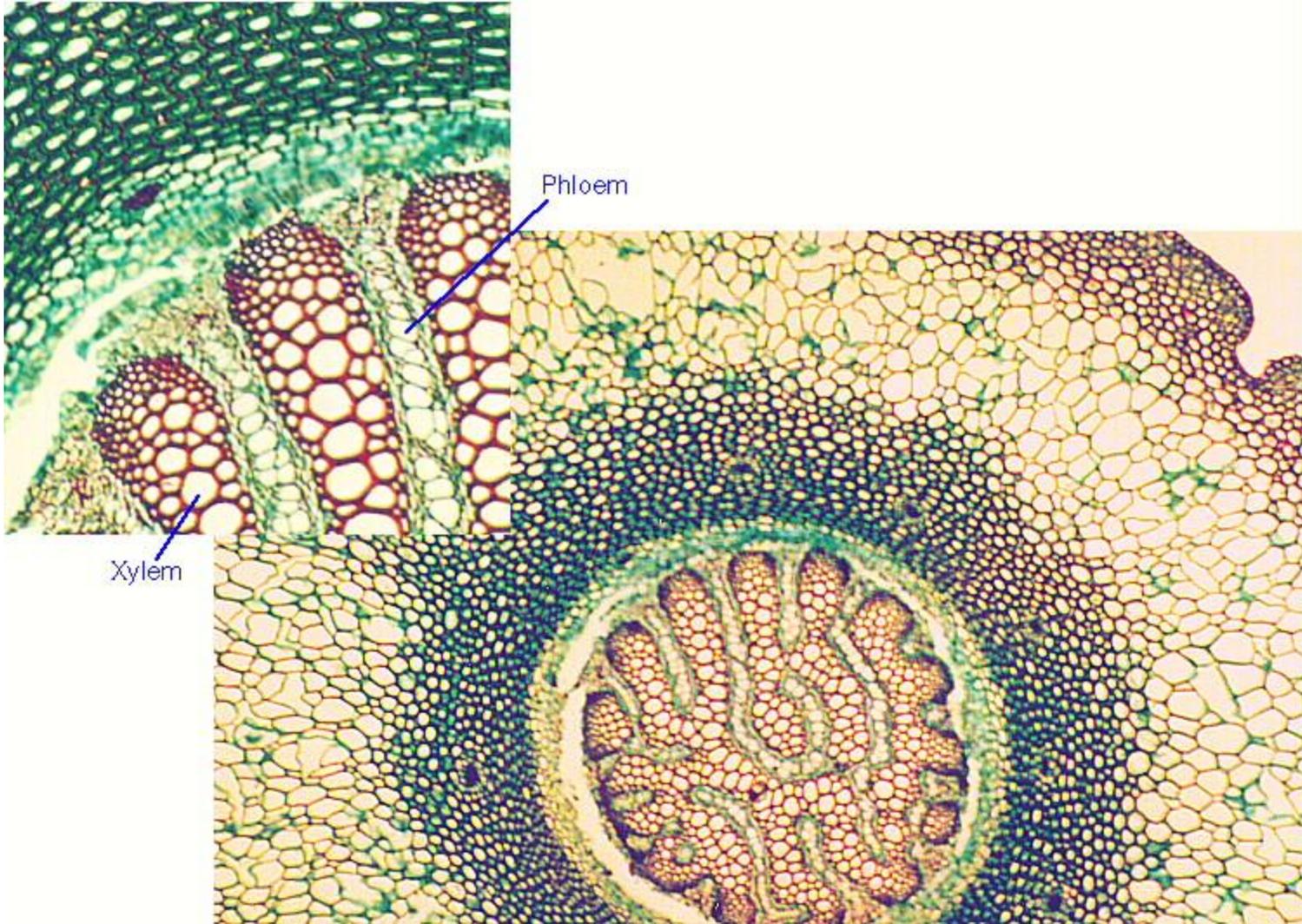
- **Evoluția stelului și structura fasciculelor conducătoare**

- Diversitatea structurală a fasciculelor conducătoare existente la cormofite este explicată de o manieră sintetică de teoria stelului. Conform acestei teorii ansamblul fasciculelor conducătoare din tulpină și din rădăcină formează o unitate morfologică și funcțională, stelul. Teoria stelului permite înțelegerea tuturor tipurilor de cilindru central pornind de la protostelul caracteristic cormofitelor primitive. Protostelul este constituit dintr-o coloană centrală de traheide înconjurată de un floem simplu. Protostelul era caracteristic pteridofitelor primitive de tipul *Rhynia* și este prezent și la ferigile actuale în stadiu tânăr.

- Etapele următoare ale evoluției corespund unei fragmentări a stelului în cordoane individuale, rezultând un protostel fragmentat. Se pot deosebi trei tipuri de protostel: haplostel cel mai primitiv la care xilemul este mai mult sau mai puțin circular în secțiune transversală, actinostel dacă în secțiune lemnul apare stelat și plectostel caracterizat prin fâșii sau cordoane de lemn dispuse mai mult sau mai puțin paralel, unite între ele sau fragmentate. În prima etapă protostelul a dobândit o măduvă dispusă în centrul coloanei xilematice, vitalizând-o. S-a format astfel un sifonostel. Se deosebesc două tipuri de sifonostel, unul ectofloic când floemul înconjoară lemnul și unul amfifloic când există doi cilindri floemici de o parte și alta a lemnului. În acest caz apare endodermă atât la exterior la granița cu scoarța, cât și la interior spre măduvă.







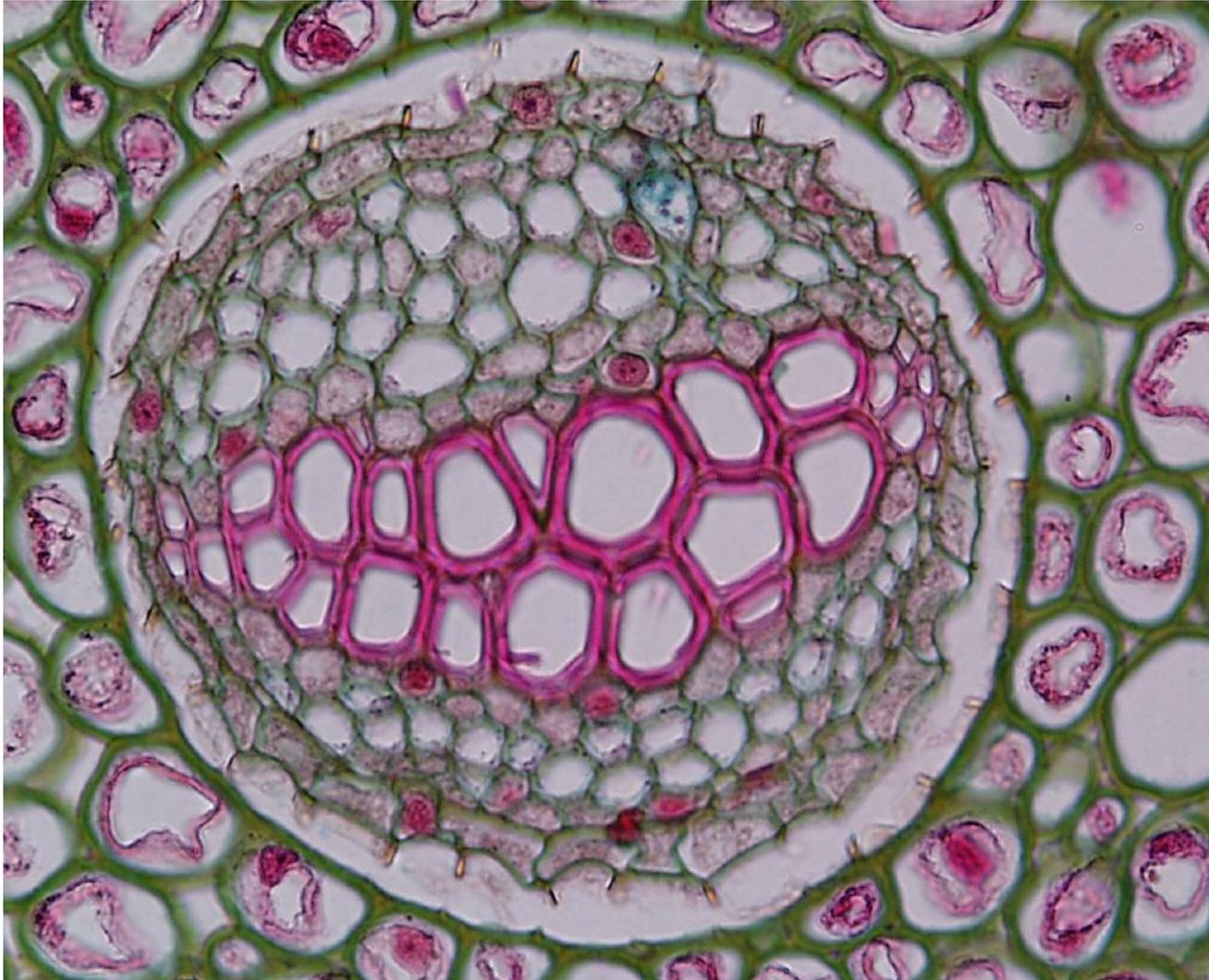
- Din sifonostel, prin expansiunea măduvei sub formă de raze medulare care fragmentează țesuturile conducătoare în fascicule s-a format eustelul. Acesta este constituit din fascicule libero-lemnoase dispuse pe un cerc și prevăzut cu țesuturi parenchimatice interfasciculare. Țesuturile intrafasciculare apar datorită foliarizației, frunzele și ramurile, prin fasciculele care se deprind din masivul central pentru a le vasculariza creează breșe la nivelul stelului. Din sifonostelul ectofloic se formează eustel tipic, cu fascicule colaterale. Din eustel a derivat atactostelul care constă din fascicule dispuse dezordonat și este lipsit de endodermă. Caracterizează tulpina majorității monocotiledonatelor și a unor dicotiledonate.

- Din sifonostelul amfifloic, prin formarea de ramuri și frunze care ciuruiesc cilindrul de țesuturi conducătoare, liberul intern se poate uni cu cel extern sub forma unei rețele rezultând un dictiostel. Dacă frunzele și ramurile sunt numeroase, stelul este puternic fragmentat, apar multe raze medelare și se formează fascicule bicolaterale rezultând un artrostel caracteristic pentru numeroase familii de dicotiledonate sau liberul se unește în jurul lemnului rezultând fascicule concentrice hadrocentrice. Dacă acestea se înconjoară fiecare de o endodermă proprie devine un caz tipic de polistelie.

Structura primară a tulpinii la Pteridophyta

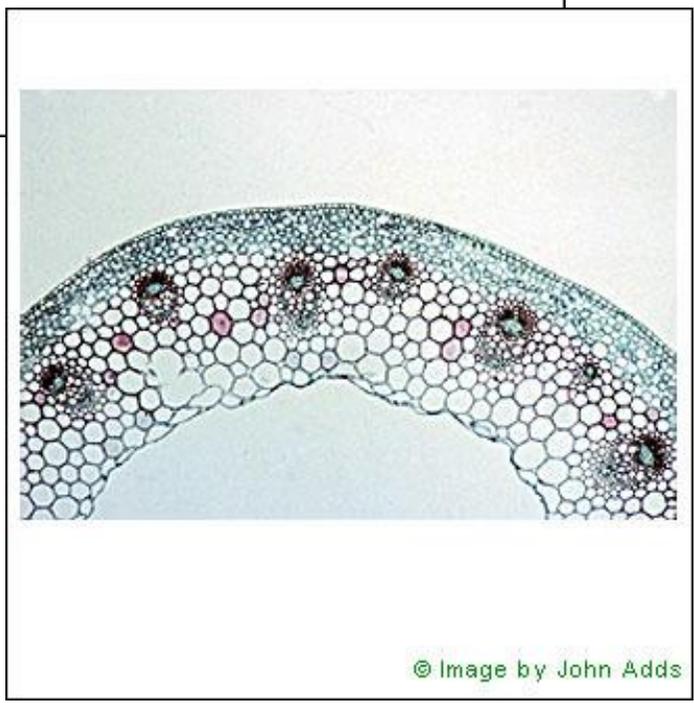
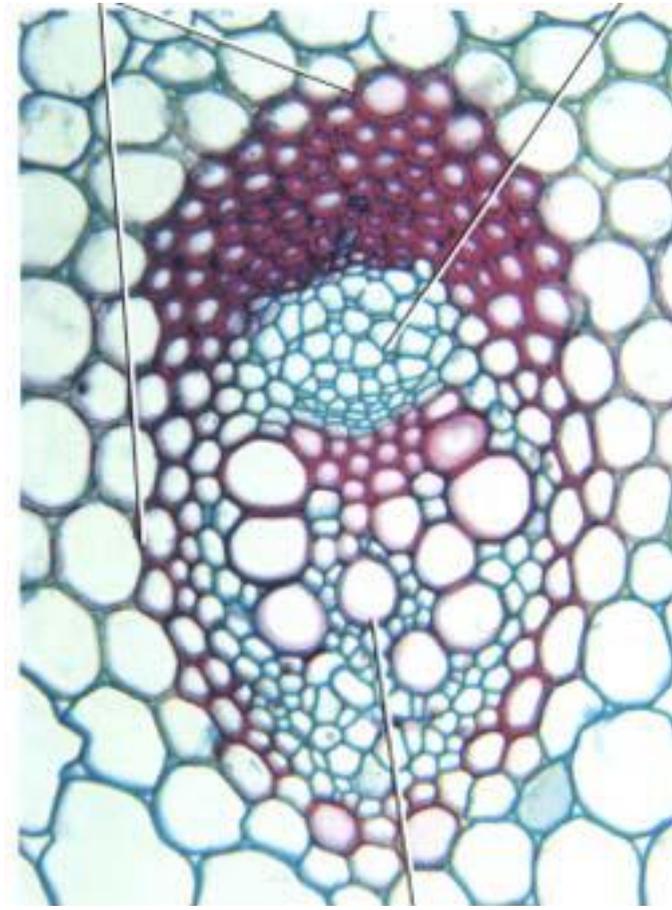
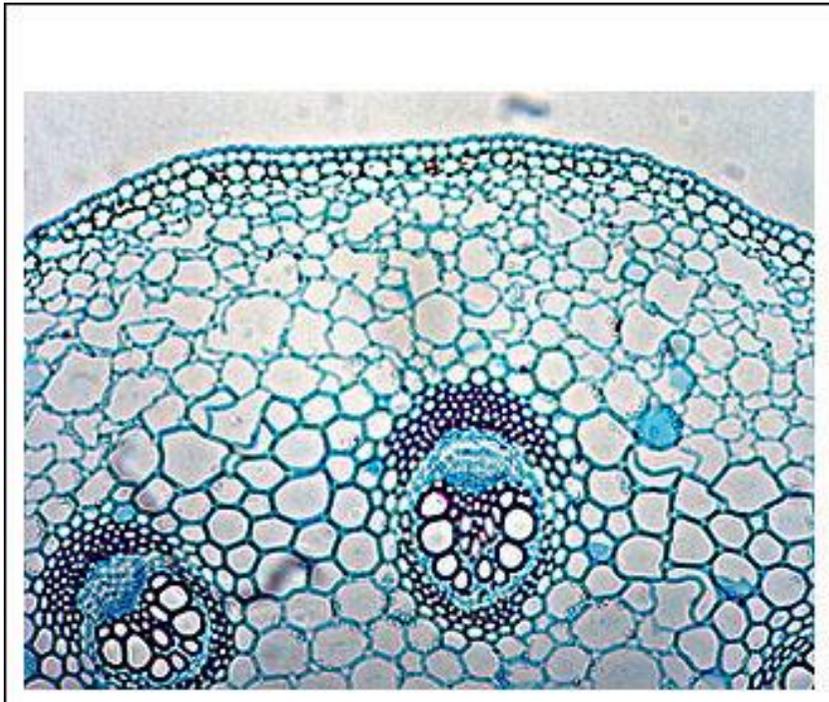
- În general la ferigi în structura tulpinii distingem epiderma, scoarța și cilindrul central.
- La *Psilotum triquetrum* epiderma are celule alungit-dreptunghiulare, orientate paralel cu raza, printre ele din loc în loc sunt stomate. Scoarța este groasă și diferențiată în două zone: externă care cuprinde câteva straturi clorofilene și câteva sclerenchimatice, internă care este în întregime parenchimatică, se termină cu o endodermă. Stelul este delimitat de un periciclu, lemnul este central în formă de stea, iar la exteriorul său se află floemul între brațele stelei. În axul tulpinii se găsește o măduvă sclerificată. Vorbim aici de un actinostel.
- La *Lycopodium* tulpina are un cilindru central de tip plectostel.
- La *Equisetum* tulpina are un contur sinuos-circular cu creste și valecule (șanțuri). Epiderma are celule cu pereții silicificați, scoarța este foarte groasă, fiind reprezentată din cordoane hipodermice de celule mecanice și parenchim (clorofilian spre exterior și incolor, lacunos spre interior). Există o endodermă de tip primar. Stelul este un parenchim fundamental în care se află dispuse pe un cerc fascicule libero-lemnoase și o mare lacună medulară. Primele elemente de lemn se resorb rezultând o lacună fasciculară protoxilematică; vasele de metaxilem se află pe flancurile lacunei, dar și pe flancurile liberului.

Fascicul amfifloic



Structura primară a tulpinii la Dicotyledonatae

- O secțiune trasversală prin tulpina de *Ranunculus repens* evidențiază un tip de structură a tulpinii la dicotiledonate. La exterior se găsește o epidermă alcătuită dintr-un singur strat de celule unite între ele. Pereții externi sunt ușor bombați și cutinizați. Printre celulele epidermice se găsesc stomate. Sub epidermă se găsește scoarța alcătuită din 4-5 straturi de celule parenchimatice și spații intercelulare. În stratele exterioare se găsesc cloroplaste, iar pereții celulari ai stratului subepidermic sunt ușor colenchimatici. Nu se diferențiază o endodermă.
- Cilindrul central nu este prevăzut cu periciclu, de aceea se consideră ca limită externă a sa punctele exterioare ale fasciculelor conducătoare. Fasciculele conducătoare sunt libero-lemnoase de tip colateral deschis. Liberul este dispus spre exterior și este format din tuburi ciuruite, celule anexe și parenchim liberian. Dezvoltarea sa se face centripet. Lemnul este dispus spre interior este alcătuit din trahee și parenchim lemnos. La extremitatea inferioară a cordonului lemnos se găsesc elementele protoxilemului formate din elemente vasculare inelate și spiralate. Metaxilemul este constituit din trahee cu punctuațiuni simple, oblice sau areolate. Dezvoltarea lemnului se face centrifug.
- Între lemn și liber se găsește cambiul intrafascicular.
- Fiecare fascicul este înconjurat de o teaca sclerenchimatică întreruptă în dreptul cambiului.
- Între fascicule se găsesc raze medulare constituite din parenchim, iar în centrul tulpinii o lacună medulară.

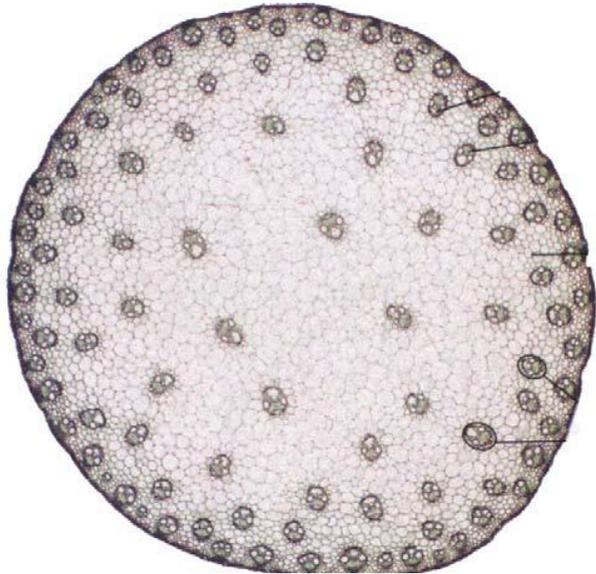
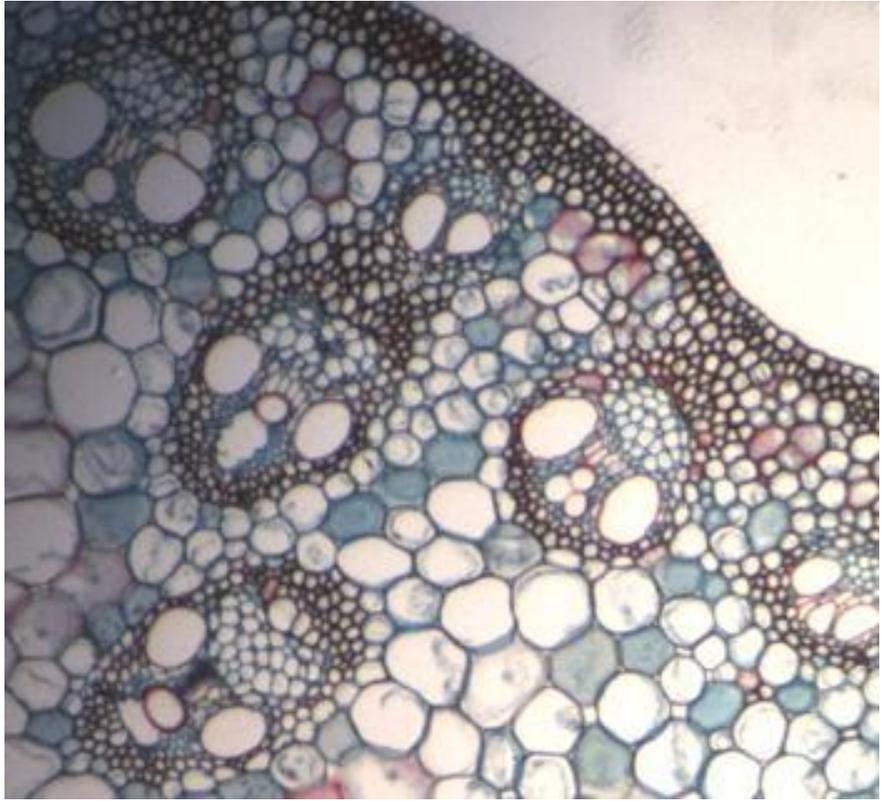
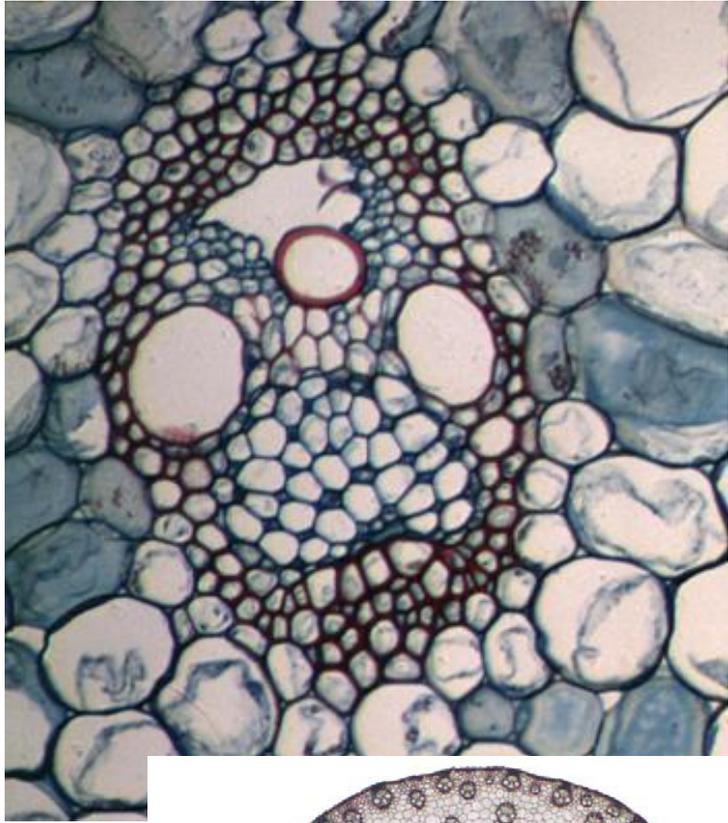


© Image by John Adds

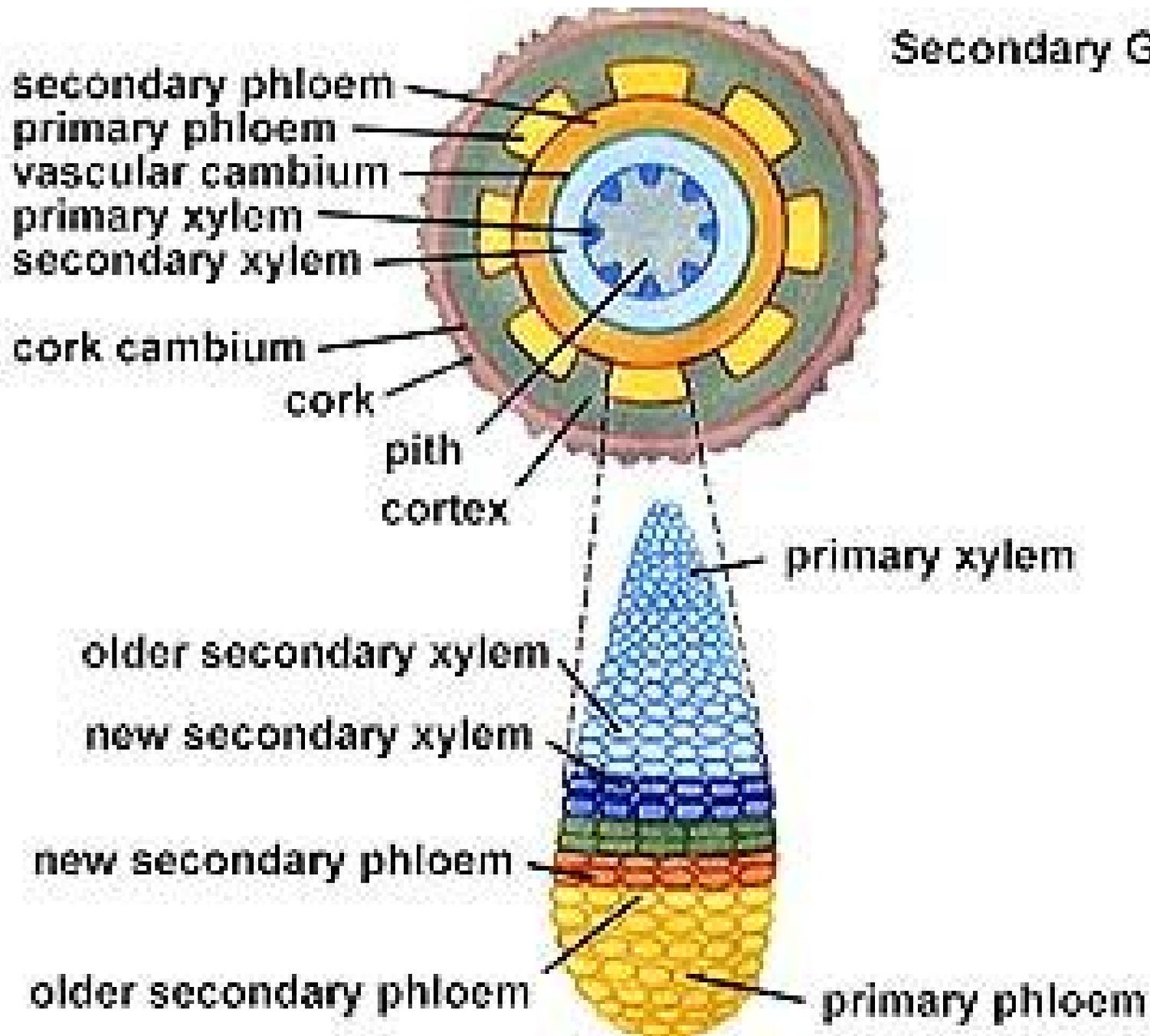
- La *Aristolochia siphon* structura tulpinii se prezintă astfel:
- Epiderma este unistratificată cu o cuticulă distinctă.
- Scoarța este diferențiată în două zone distincte: externă colenchimatoasă, pluristratificată și internă, parenchimatoasă. Ultimul strat al scoarței este diferențiat în teacă amiliferă (endodermă).
- Cilindrul central este prevăzut cu un periciclu pluristratificat diferențiat în două manșoane concentrice: unul extern sclerenchimatic (alcătuit din macrosclereide) în formă de arcade, unul intern, pluristratificat și parenchimatic. Fasciculele libero-lemnoase, de tip colateral deschis au aceeași structură ca și la *Ranunculus*, dar fără teacă de sclerenchim.
- În tulpinile vârstnice se poate observa ușor cambiul vascular interfascicular, care după racordarea cu cel fascicular va genera elementele conducătoare secundare.
- Parenchimul medular și razele medulare completează eustelul de la această specie.
- Mai menționăm prezența zonei perimedulare, partea măduvei care se învecinează cu fasciculele conducătoare.

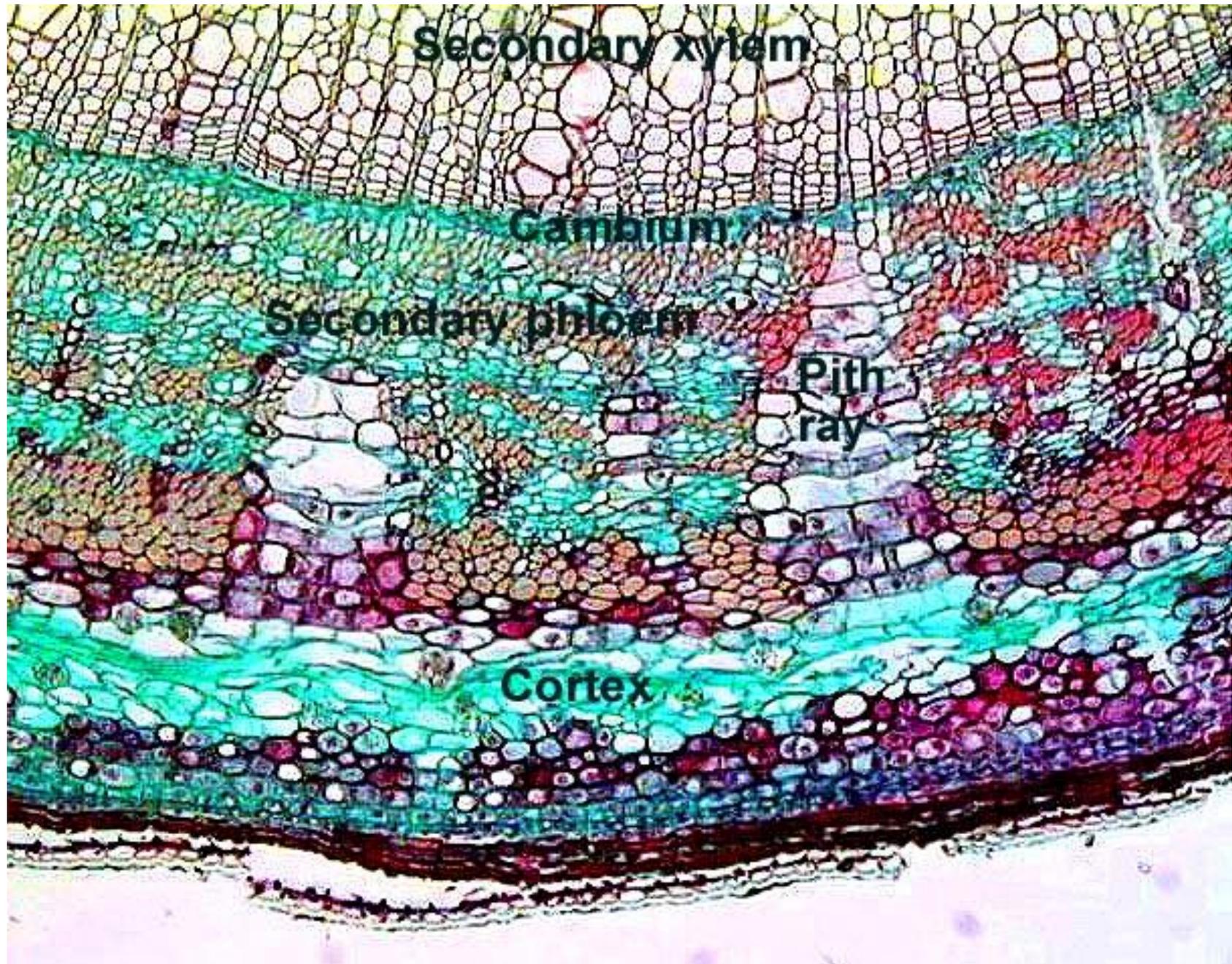
Structura primară a tulpinii la Monocotyledonatae

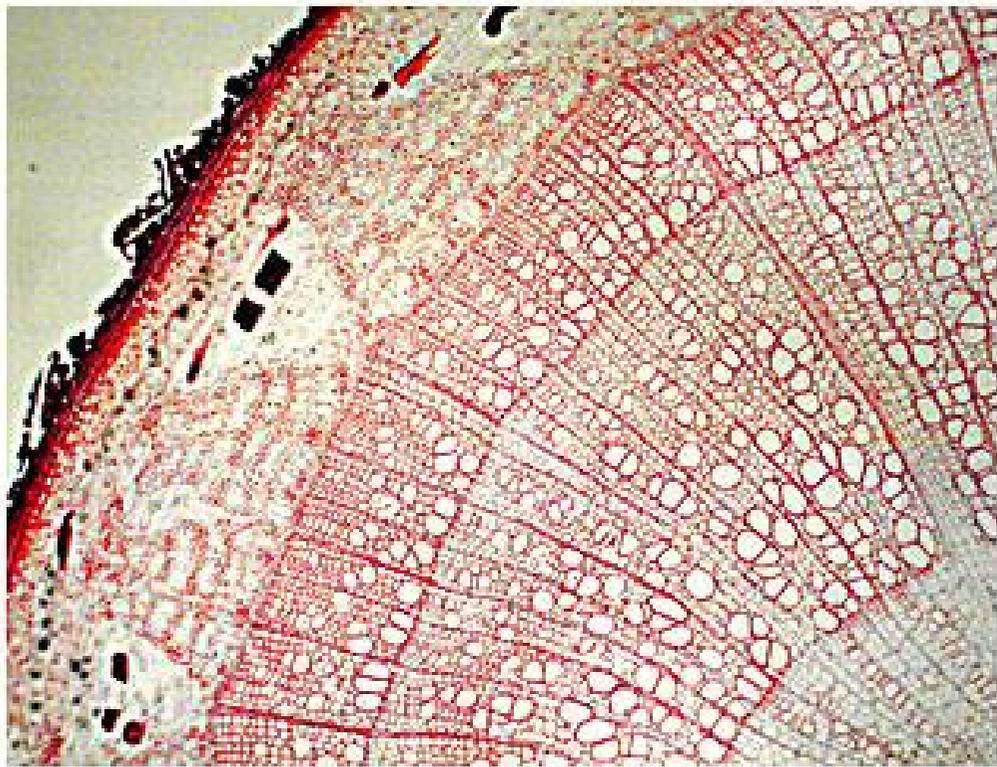
- Tulpina la *Zea mays* are următoarea structură. Epiderma unistratificată este alcătuită din celule mici strâns unite între ele cu pereții îngroșați și impregnați cu SiO₂. Din loc în loc se găsesc stomate.
- Hipoderma este alcătuită din 2-3 straturi de celule cu pereții sclerificați și lignificați. Scoarța este foarte subțire și nu există endodermă.
- Cilindrul central este de tip atactostel, ocupând cea mai mare parte a tulpinii. Este constituit dintr-un parenchim fundamental în care sunt dispersate o mulțime de fascicule colateral închise, inegale ca mărime.
- Fasciculele mai mari sunt dispuse spre centrul tulpinii, ele sunt prevăzute cu arcuri de sclerenchim.
- Lemnul este alcătuit din protoxilem (traheide sau articule vasculare inelate și spiralate) în care se observă o lacună protoxilematică caracteristică de origine lizigenă și din metaxilem alcătuit din două vase mari și din parenchi lemnoși. Lemnul este dispus în forma literei V cuprinzând între brațele sale liberul. Acesta este constituit din elemente ciuruite, celule anexe și parenchim liberian.



Secondary Growth







© Image by John Bebbington FRPS

- La *Triticum aestivum* tulpina are următoarele țesuturi:
- Epiderma unistratificată și silicifiată este prevăzută cu stomate, dispuse în ortostihuri în dreptul cordoanelor de țesut asimilator.
- Scoarța este alcătuită dintr-o zonă pluristratificată, sclerenchimatică în care se găsesc cordoane de țesut clorofilian. Endoderma lipsește.
- Cilindrul central, de tip atactostel este lipsit de periciclu. Fasciculele colateral închise sunt dispuse pe două cercuri concentrice. Cele externe sunt mai mici, înglobate complet în sclerenchim, iar cele mai mari, interne, au câte două arcuri de sclerenchim. Structura fasciculelor este identică cu cea de la porumb.
- În centru se găsește o lacună medulară de origine rexigenă.

- La *Asparagus officinalis*:
- Epiderma este lipsită de stomate și cu o cuticulă foarte groasă, iar peretele extern este foarte îngroșat.
- Scoarța este alcătuită dintr-un parenchim meatic format din câteva straturi de celule cu pereții celulozici și bogate în cloroplaste. Cel mai adesea celulele straturilor externe sunt ușor alungite radier, luând aspect palisadic. Nu se diferențiază o endodermă.
- Cilindrul central are spre exterior o zonă de parenchim sclerificat pe care unii o consideră periciclu sclerenchimatic, iar spre interior un parenchim fundamental. În această zonă internă sunt dispuse pe mai multe cercuri concentrice fasciculele conducătoare libero-lemnoase de tip colateral închis. Fasciculele interne sunt mai mari, iar cele periferice, dispuse parțial sau total în zona de sclerenchim, sunt mai mici.

- Rizomul de *Convalaria majalis* are câteva particularități: o endodermă tipică cu celule în formă de potcoavă ca la rădăcina de *Iris*, fascicule conducătoare de două tipuri, unele colaterale închise spre periciclu și altele concentric leptocentrice spre centrul cilindrului central.

Creșterea secundară în grosime

- În cazul plantelor ierboase anuale, cormul este relativ mic, iar structura primară a tulpinii este suficientă pentru asigurarea alimentației și a rezistenței mecanice. Dimpotrivă la arbori și arbuștii plurianuali precum cei din gimnosperme și angiospermele lemnoase este nevoie de o capacitate crescută de transport și o rezistență mecanică suplimentară. Pe de altă parte durata vaselor conducătoare este limitată și de aceea este nevoie de o creștere secundară în grosime care să adauge țesuturi conducătoare și mecanice. Gimnospermele și angiospermele dicotiledonate prezintă o creștere secundară în grosime tipică, pe când monocotiledonatele cresc în grosime în mod diferit.

Cambiul

- Creșterea în grosime la gimnosperme și dicotiledonate este rezultatul activității unui meristem lateral cilindric numit cambiul. Cambiul este constituit din celule prismetice subțiate la capete. Cambiul sub formă de cilindru închis necesar creșterii secundare în grosime poate fi amplasat în două variante. La multe specii, în special la arbori există de la început un inel cambial. El separă xilemul interior de floemul exterior. El provine direct din inelul inițial al meristemului primar apical al tulpinii și prin urmare constituie o zonă generatoare primară. La alte specii doar la nivelul fasciculelor conducătoare se găsește cambiul intrafascicular. În cazul din urmă se formează un cambiul secundar din aceste arcuri cambiale intrafasciculare care se racordează cu niște arcuri cambiale ce se diferențiază din razele medulare, celulele parenchimatice redobândind capacitatea de diviziune. În cursul creșterii secundare în grosime celulele cambiale se divid continuu tangențial formând celule fiice spre exterior și spre interior. Ele se diferențiază în țesuturi secundare definitive.

- **Bibliografia selectivă:**
- **Grințescu, I.**, *Botanica*, 1985, Editura Științifică și enciclopedică, București.
- **Șerbănescu-Jitariu, Gabriela, Toma, C.**, *Morfologia și anatomia plantelor*, 1980, Edit. Didactică și pedagogică, București.
- **Andrei, M.**, *Anatomia plantelor*, 1978, Edit. Did. și Ped. București.
- **Deliu, Cornelia**, *Morfologia și anatomia plantelor vol I și II*, 1999, Presa Universitară clujeană, Cluj-Napoca.
- **Șerbănescu-Jitariu, Gabriela et. col.** *Practicum de biologie vegetală*, 1983, Ed.Ceres, București.
- **Hutira, Maria**, *Lucrări practice de morfologia și anatomia plantelor*, 1993, Baia Mare.
- **Marian, Monica**, *Morfologie și anatomie vegetală*, 2003, Ed. Risoprint, Cluj Napoca