

## VJEŽBE IZ FARMACEUTSKE BOTANIKE

### HISTOLOGIJA I ANATOMIJA

interna skripta u izradi  
akad. god. 2005/2006.

Kroata Hazler Pilepić

Zavod za farmaceutsku botaniku  
Farmaceutsko - biokemijskog fakulteta  
Sveučilišta u Zagrebu

#### SADRŽAJ:

Izrada mikroskopskih preparata	2
Tvorno staničje - meristem	3
Osnovno staničje - parenhim	4
Pokrovno staničje	6
Potporno ili mehaničko staničje	11
Provodno staničje	13
Žljezdano staničje	17
Stabljika primarne građe jednosupnica	19
Stabljika primarne građe dvosupnica	20
Sekundarna građa stabljike dvosupnica	21
Sekundarna građa stabljike golosjemenjača	22
Koncentrična građa lista	24
Izolateralna građa lista	25
Dorziventralna građa lista	26
Primarna građa korijena	27
Literatura	28

Prilog: Fotografije mikroskopskih preparata ( str. 1-3)

## Izrada mikroskopskih preparata

Uspješnom mikroskopiranju prethodi priprema preparata kojom se postiže odgovarajuća propusnost za svjetlosne zrake te jasna i oštra slika u vidnom polju.

Tri su osnovna načina pripreme preparata.

1) Polaganje biljnog materijala u sredstvo uklapanja bez prethodne obrade.

Ako je materijal sitan i tanak (listić) ili rastresit (nakupina kristala ili stanice usplođa sočnih plodova) dovoljno je položiti ga ili raspršiti u sredstvu uklapanja.

2) Biljni materijal se obrađuje termičkom, kemijskom ili termičkokemijskom maceracijom.

Postupak se primjenjuje ako je materijal pretvrd za rezanje ili se iz cjeline želi izdvojiti neki dio (npr. likovnice iz stabljike - kombiniranom se maceracijom otapa primarna stijenka likovnica kojom su povezan, te ih je moguće razdvojiti).

3) Izrada prereza iz biljnog materijala.

Ručno ili pomoću mikrotoma izrezuju se tanke plohe koje se polažu u sredstvo uklapanja. Prerezi mogu biti neorijentirani ili orijentirani. Najčešći orijentirani prerezi su :

- površinski - rezna ploha je površina materijala (npr. lista)
- poprečni - rezna ploha je okomita na smjer rasta organa (npr. stabljike, korijena)
- uzdužni radijalni - uzdužni prerez po radijalnoj plohi organa. Stabljika (ili korijen) uzdužno se razrežu na četiri dijela. Duž rezne plohe naprave se tanki uzdužni presjeci.

Preparat se uklapa u prozirno sredstvo odgovarajućeg indeksa loma, čime se spriječava lom zraka svjetlosti izvan objekta promatranja. Za privremene preparate sredstvo uklapanja je voda, u polutrajnih se materijal uklapa u glicerol, a trajni se izrađuju uklapanjem u prirodne ili sintetske smole. Ako objekt promatranja nije dovoljno kontrastan ili se želi istaknuti neki dio, preparat se može obojiti. Bojenje se zasniva na specifičnoj kemijskoj reakciji sa nekim od sastojaka staničja uz nastanak obojenog produkta - histološkoj reakciji. Škrob s jodom daje plavo obojenje, kutikula će se s sudanom III, koji reagira sa suberinom i kutinom, obojiti narančastocrveno kao i svi biljni lipidi (ulja, eterična ulja, masti, smole). Celulozne stijenke stanica s klorcinkjodom dat će modroljubičasto obojenje, a ako su u celulozu ugrađeni lignin ili kutin, stijenka će se obojiti žutosmeđe. Lignizirane stijenke stanica (drvenčice) će se safraninom obojiti narančasto.

Prije mikroskopiranja valja provjeriti čistoću optičkih dijelova mikroskopa, a prilikom mikroskopiranja pridržavati se pravila koja ste usvojili tijekom vježbi kolegija Biologija stanice.

## OSNOVE HISTOLOGIJE I ANATOMIJE

Histologija je botanička disciplina koja proučava nastanak, građu i ulogu biljnih staničja (tkiva). Staničje je skupina stanica zajedničkog porijekla i jednake razine strukturne i funkcionalne diferencijacije. Temeljna je podjela biljnih staničja na tvorna, koja trajno zadržavaju sposobnost diobe, i trajna, čije su stanice nastale iz tvornog staničja i razvile se do određenog oblika, veličine, građe te specijalizirale za obavljanje određene uloge. Trajno staničje najčešće dijelimo prema porijeklu i ulozi koju obavljaju (Tablica 1).

Anatomija proučava unutrašnju građu biljke, odnosno raspored i ulogu pojedinih tkiva unutar organa.

Tablica 1. Podjela biljnih staničja

BILJNA STANIČJA	PRIMARNA (stanice u naizmjeničnom rasporedu)	SEKUNDARNA (stanice u radijalnim nizovima)
TVORNO	vršni meristemi, žilni kambij	felogen, međužilni kambij
POKROVNO ili KOŽNO	epiderma, rizoderma, endoderma	periderma
OSNOVNO	parenhim: asimilacijski, spremišni, provodni	
MEHANIČKO ili POTPORNO	kolenhim, sklerenhim, likovnice, drvenčice	
PROVODNO	traheide, traheje, sitaste stanice i sitaste cijevi	
ŽLJEZDANO	mlječne cijevi, uljenice, smolenice, žljezdane dlake	

### Tvorno staničje - meristem

Tvorno se staničje sastoji od stanica koje se neprestano dijele stvarajući tako sva ostala staničja koja izgrađuju biljku. Meristemske su stanice malene, izodijametrične, imaju vrlo tanku protopektinsku primarnu stijenku i gustu citoplazmu sa velikom jezgrom i sitnim proplastidima koji se ovisno o ulozi diferenciranog tkiva razvijaju u kloroplaste, kromoplaste ili leukoplaste.

Tvorna staničja prema postanku dijelimo na primarna i sekundarna. Primarni meristem aktivan je od razdoblja klijanja biljke pa do njenog uvenuća. Klica (embrio) razvija se diobama zigote, a nakon perioda mirovanja nastavlja s rastom intenzivnim diobama na dva pola: vršku izdanka i vršku korijena. Stanice smještene na vršcima izdanka i korijena svrstavamo u vršne ili apikalne meristeme kojima je uloga neprestana dioba tijekom cijelog života biljke. Zaostali meristem je primarno tvorno tkivo koje je ostalo aktivno unutar nekog diferenciranog trajnog tkiva. U zaostale

meristeme ubrajamo žilni ili fascikularni kambij smješten u otvorenim žilama dvosupnica, perikambij korijena koji omogućuje rast bočnog korijenja i interkalarni, umetnuti meristem stabljike jednosupnica.

Sekundarni meristemi nastaju dediferencijacijom trajnih stanica, najčešće parenhimskih koje pri tom započinju s nizom dioba. U sekundarne meristeme ubrajamo plutni kambij (felogen) i međužilni (interfascikularni) kambij. Oni omogućuju drvenastim biljkama sekundarni rast pri čemu prvotna, primarna stabljika u velikoj mjeri mijenja svoju unutrašnju građu.

Meristemoidima nazivamo jednu ili nekoliko stanica trajnog tkiva (koje nisu meristemske po svojoj primarnoj ulozi) koje se u određenom trenutku razvoja biljke dediferenciraju u meristemske (npr. pri nastanku puči i dlaka). Tijekom vježbi promatrat ćete nekoliko tipova meristemskih staničja: felogen ili plutni kambij (zadatak 2.5. str. 10 ), žilni i međužilni kambij (zadatak 1.2. str. 20), vaskularni kambij (zadaci 1.3. i 1.4. str. 22 i 23), kambij korijena (zadatak 3.1. str. 28).

### **Osnovno staničje - parenhim**

Parenhimske stanice filogenetski su najjednostavnije, slabo specijalizirane biljne stanice, česte i brojne u svim biljnim organima. Stanice su najčešće izodijametričnog oblika, imaju tanke primarne stijenke, a u citoplazmi se, osim velike vakuole nalaze i brojni plastidi. Stanice asimilacijskog parenhima (klorenhima) listova i mladih zelenih izbojaka sadrže brojne kloroplaste. Parenhimske stanice s amiloplastima koji sintetiziraju pričuveni škrob nalazimo u kori i srčiki stabljika (fotografija 1. u Prilogu) i korijena, a čine i glavnu masu podzemnih pričuvnih organa kao što su gomolji i podanci (gomolj krumpira, podanak bljušta). Endosperm sjemenki također čine stanice pričuvnog parenhima koje osim amiloplasta često sadrže proteinoplaste (sintetiziraju pričuvene proteine - sjemenka ricinusa) i oleioplaste (sintetiziraju pričuvene masti - sjemenke suncokreta, sezama, ricinusa). Vakuole parenhimskih stanica često sadrže kristale kalcijeva oksalata koji kristalizira kao monohidrat u obliku štapića- rafida (u podanku bljušta), ružica (u listu kužnjaka) ili pijeska (u listu velebilja) ili kao dihidrat u obliku velikog tetragonskog kristala - solitera (u listu vanilije, fotografija 4. u Prilogu).

Nizovi parenhimskih stanica koje u radijalnim smjerovima povezuju srčiku s ostalim dijelovima stabljike i drvo s korom imaju ulogu transporta tvari. Stijenke tih parenhimskih stanica imaju i sekundarna odebljanja s ciljem povećanja površine plazmodezmija preko kojih se odvija veza s apoplastom (međustaničnim prostorom).

Važno svojstvo parenhimskih stanica je velika metabolička aktivnosti kao i njihova sposobnost dediferenciranja u meristemske stanice.

### 1.1. Spremišni parenhim endosperma sjemenke s aleuronskim zrnima

*Ricinus communis* L., *Euphorbiaceae* - skočac, ricinus

Uputa za rad:

Izradite više poprečnih prereza sjemenke skočca te ih nekoliko položite u kap vode na predmetnici, a ostatak u kap etanola (96 %) te položite pokrovnicu. Zamjenite etanol vodom i promatrajte pri najvećem povećanju. Usporedite slike preparata, skicirajte nekoliko stanica pričuvnog parenhima. Skicirajte i objasnite izgled aleuronskog (proteinskog) zrnca u ulju i vodi.

#### Opis preparata i objašnjenje postupka

Parenhimske stanice hranjivog staničja sjemenke ricinusa osim ulja sadrže i aleuronska zrnca koja nastaju dehidracijom vakuola u kojima su pričuvne bjelančevine, smjesu albumina i globulina. Globulini su u vodi teško topljivi pa se izlučuju u obliku kristaloida koji su uklopljeni u albuminski ovoj koji je u vodi lako topljiv pa tek daljnjim isušavanjem prelazi u amorfnu masu. Unutar većih zrnaca nalazi se jedan ili više globoida, kristala Ca - Mg soli inozitol-hexafosfatne kiseline, koji je također u vodi netopljiv. Pri maceraciji prereza u etanolu (ili metanolu) otapa se ulje pa je tako pripremljen preparat podesniji za promatranje aleuronskih zrnaca. U vodi se otapa albuminski sloj pa je moguće vidjeti i kristaloide globulina.

### 1.2. Parenhim srčike stabljike s naglašenom spremišnom funkcijom

*Clematis vitalba* L., *Ranunculaceae* - obična pavitina

Uputa za rad:

Izradite privremeni preparat poprečnog prereza središnjeg dijela stabljike pavitine i promatrajte pri najvećem povećanju. Skicirajte fragment staničja.

#### Opis preparata (fotografija 1. u Prilogu)

Srčika je središnji dio stabljike građen iz parenhimskih stanica i šupljine u središtu nastale uslijed pucanja stanica. Okružena je provodnim žilama i korom (na materijalu za rezanje su uklonjeni). U pavitine se u parenhimskim stanicama srčike nalazi mnoštvo amiloplasta u kojima se nakuplja pričuvni škrob. Stanice su okrugle ili izodijametриčne i imaju vrlo debele primarne stijenke kroz koje prolaze brojni jažični kanalići. Budući da je pavitina penjačica, odebljanjima stijenki parenhimskih stanica osigurana je dodatna čvrstoća stabljike.

## Pokrovno staničje

### **EPIDERMA ili TJENICA – primarno pokrovno staničje**

Epiderma je staničje koje prekriva i štiti nadzemne dijelove jednogodišnjih biljaka (stabljiku, list, dijelove cvijeta i plod), neke podzemne dijelove (lukovice), te jednogodišne nadzemne dijelove višegodišnjih biljaka i trajnica (izdanke, list, dijelove cvijeta i plod).

Epiderma je primarno staničje koje nastaje diobom stanica prameristema PROTODERMA. Građena je najčešće od jednog sloja stanica (izuzetak je dvoslojna epiderma lista oleandera, *Nerium oleander*, fotografija 6. U Prilogu). U jednosupnica stanice su obično izduženog (prozenhinskog) oblika, dok su u dvosupnica stanice poligonalne, zvjezdastog oblika (fotografija 3. U Prilogu) pa susjedne stanice zadiru duboko jedna u drugu što čini tkivo neraskidivim. Stanice epiderme sadrže jezgru, leukoplaste i veliku vakuolu koja u nekih biljaka ima obojeni sadržaj. Kloroplasti su u tih stanica izuzetno rijetki, imaju ih samo stanice epiderme biljaka sjenovitih staništa. Vanjska stijenka epidermskih stanica je odebljala. Stanice često na svoju vanjsku površinu izlučuju KUTIKULU, smjesu kutina i voska, koja čini kontinuiranu prevlaku preko cijele epiderme. Sloj kutikule može biti vrlo izražen na listovima biljaka sušnih staništa (kserofiti) i tako umanjuje gubitak vode. Na listovima licuri i karnauba palmi kutikula je debela i do nekoliko milimetara. Između kutikule i celulozne stijenke epidermskih stanica u nekih vrsta postoji kutinizirani sloj građen od kutinizirane celuloze. Obično je deblji i izraženiji od same kutikule (fotografija 5. U Prilogu).

U epidermi se nalaze puči i dlake, tvorevine nastale diobama stanica epiderme.

### **PUČI**

Puči su mali otvori u epidermi listova, zelenih stabljika, plodova i latica kroz koje se izmjenjuju plinovi. Sastoje se od dviju stanica zapornica i otvora između njihovih dodirnih stijenki (porus) koji vodi u odušak (substomatalnu šupljinu), veliki međustanični prostor (fotografija 2. U Prilogu). Nastaju nejednakom (inekválnom) diobom dediferenciranih epidermskih stanica (meristemoida).

STANICE ZAPORNICE se oblikom, građom i fiziološkim osobinama razlikuju od ostalih epidermskih stanica. U većine jednosupnica su bućastog, a u dvosupnica i nekih jednosupnica bubrežastog oblika. Zapornice se odlikuju sposobnošću primitka velikih količina vode, a i jedine su epidermske stanice koje u protoplastu imaju kloroplaste. Stijenka zapornica nejednoliko je zadebljala. Stražnja, leđna stijenka vrlo je elastična, dok je dodirna, trbušna odebljala i rigidna. Puči se otvaraju kada zapornice prime vodu i nabubre, pri čemu promijene oblik jer se leđne elastične stijenke rastegnu, dok se rigidne trbušne samo pasivno razdvoje.

ODUŠAK je međustanični prostor koji se nalazi ispod stanica zapornica i susjedica u kojemu se nakupljaju plinovi i izmjenjuju kroz porus.

STANICE SUSJEDICE su dvije ili više stanica koje okružuju stanice zapornice i često se oblikom razlikuju od ostalih epidermskih stanica. Ovisno o broju i rasporedu tih stanica oko zapornica, razlikuju su 4 tipa puči koji su svojstveni pojedinim biljnim vrstama. To se svojstvo upotrebljava pri mikroskopskoj identifikaciji usitnjenih listova neke čajne mješavine (Njemačka farmakopeja DAB 9).

Puči prekrivaju 0,5 - 1,5% površine lista. Prosječni broj puči na listu karakterističan je za pojedinu vrstu, iznosi od 10 pa čak do 800 puči po mm<sup>2</sup>. U biljaka umjerenog pojasa (mezofiti) puči su smještene na obje strane lista, no obično su brojnije na naličju (donja strana). U biljaka vlažnih staništa (higrofiti) i vodenog bilja (hidrofiti, čiji listovi plutaju po površini vode) puči su izdignute iznad ostalih stanica epiderme i smještene su samo na licu. Biljke toplih i sušnih staništa (kserofiti), uz deblju kutikulu (ili kutinizirani sloj), neželjena se transpiracija dodatno sprječava i smještajem puči ispod razine ostalih epidermskih stanica, a ponekad do otvora puči vode dugi zavojiti kanali obrasli dlakama (fotografija 7. U Prilogu).

Uloga puči je izmjena plinova. Kroz puči u međustanični prostor lista ulazi CO<sub>2</sub>, a izlazi O<sub>2</sub> i vodena para. Izlaz vode dijelom je biljci nužan za održavanje transpiracijske struje - protoka vode od korijena uzvodno, a dijelom je štetan jer u suhim i toplim uvjetima može dovesti do uvenuća biljke. Iz tog razloga puči nisu stalno otvorene, nego se ovisno o okolnostima mogu zatvoriti. Uloga puči je neprestano održavanje ravnoteže između djelotvorne fotosinteze (osigurati dovoljno raspoloživog ugljičnog dioksida) i transpiracije (držati je na fiziološkoj razini, odnosno, ograničiti pretjerani, štetni gubitak vode). Otvaranje, odnosno zatvaranje vrlo je složen i brz odgovor na poticaje iz okoline koje zapornice primaju receptorima. Najvažniji poticaji na koje puči reagiraju su koncentracija ugljičnog dioksida u zapornicama, svjetlost, biljni hormoni i atmosferska vlažnost. Brz odgovor omogućen je biokemijskim i biofizičkim osobinama zapornica, osobito sposobnošću primanja velikih koncentracija K<sup>+</sup> iona u vrlo kratkom vremenu što je praćeno primitkom velike količine vode uz adekvatno povećanje volumena stanice rastezanjem stanične stijenke.

## 2.1. Primarno pokrovno staničje - epiderma s pučima

*Rhoeo spathacea* (Sw.) Stearn - reo / *Zebrina pendula* Schnizl. - zebrina, *Commelinaceae*

Uputa za rad:

Izradite privremeni preparat površinskog prereza naličja lista reo (ili zebrine), promatrajte puči i stanice susjedice pri manjem povećanju te ih skicirajte (fotografija 2. u Prilogu).

## 2.2. Epidermske stanice s oksalatnim kristalima

*Vanilla planifolia* Andr., *Orchidaceae* - vanilijevka

Uputa za rad:

Izradite privremeni preparat površinskog prereza lica lista vanilijeve, skicirajte nekoliko epidermskih stanica (oblik svojstven jednosupnicama) s oksalatnim kristalima (fotografija 4 u Prilogu).

## DLAKE

Dlake su tvorevine inicijalne epidermske stanice (meristemoida). Jednostanične dlake - papilozne, cijevaste ili šiljaste, nastaju njenim manjim ili većim produžnim rastom, dok višestanične nastaju nizom uzastopnih dioba, a mogu biti nerazgranate (fotografija 17 u Prilogu) i razgranate (fotografija 8 u Prilogu). Taj se niz stanica drži epiderme preko bazalne stanice koja ostaje u ravni s epidermskim stanicama. Višestanične dlake mogu biti različitih oblika - bičaste, zvjezdaste, štitaste (fotografija 9 u Prilogu), glavičaste (fotografija 17 u Prilogu). Stanice dlaka najčešće su nežive, ispunjene zrakom i zbog refleksije svjetlosti bijele. Stanice dlaka u nekim slučajevima mogu biti žive pa je tada u njima vidljivo gibanje protoplazme.

Uloga dlaka je zaštita od pretjerane transpiracije, termoizolacija, kao i mehanička zaštita. Unutar dlakavog omotača stvara se zavjetrina oko lista u kojoj se zadržava vodena para. Time se izaziva zatvaranje puči uslijed visokog parcijalnog tlaka vodene pare i smanjuje transpiracija biljaka toplih i sušnih staništa. Dlake mogu štititi biljku i od insekata i drugih životinja izlučujući otrovni ili nadražujući sadržaj. Te dlake nazivamo emergencije, a razlikuju se od opisanih dlaka i prema nastanku (nastaju diobom nekoliko inicijalnih stanica). Takve su dlake u koprive građene poput ampule iz koje, nakon odlamanja nježnog vrška, izlazi sadržaj bogat natrijevim formijatom, acetil kolinom i histaminom s nadražujućim učinkom. Neke dlake, najčešće glavičaste sadrže mirisna eterična ulja, smole, sluzi i brojne druge metabolite.

### 2.3. Višestanična razgranata (etažna) dlaka s površine lista

*Verbascum phlomoides* L., *Scrophulariaceae* - divizma

Uputa za rad:

Histološkom iglom sastružite dlake s površine lista divizme u kap vode na predmetnici. Promatrajte višestanične razgranate dlake pri malom povećanju i skicirajte jednu dlaku (fotografija 8. u Prilogu).

### 2.4. Višestanična zvjezdasta/štitasta dlaka s površine lista

*Elaeagnus angustifolia* L., *Elaeagnaceae* - zlolesina

Uputa za rad:

Histološkom iglom sastružite dlake s površine lista zlolesine u kap vode na predmetnici. Pronađite višestanične zvjezdaste i štitaste dlake (postoje i mnogi međublici) pri malom povećanju i skicirajte po jednu dlaku svakog tipa (fotografija 9. u Prilogu).



U primarna pokrovna staničja ubrajamo također ENDODERMU i RIZODERMU. Endoderma je unutrašnje pokrovno staničje smješteno u stabljici i korijenu koje razdvaja središnji valjak od primarne kore. Rizoderma prekriva prvotni korijen. Oba staničja promatrat ćemo i opisati pri građi korijena (zadatak 3.1. str 28).

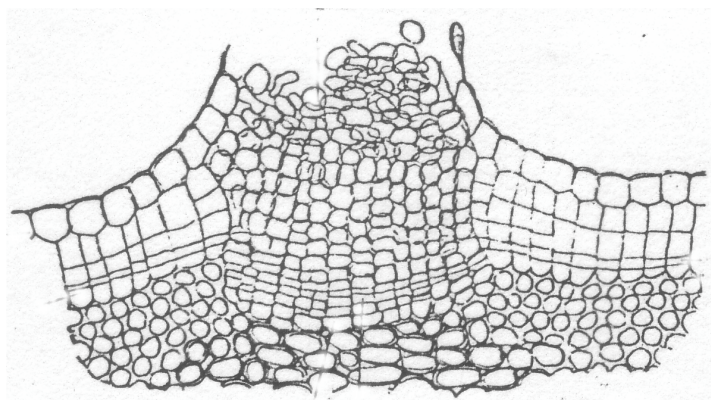
### **PERIDERMA - sekundarno pokrovno staničje**

Periderma je pokrovno staničje koje preuzima ulogu epiderme u drugom vegetacijskom razdoblju. Sastavni dijelovi periderme su pluto, felogen i feloderma. Periderma nastaje diobom stanica sekundarnog tvornog staničja PLUTNOG KAMBIJA ili FELOGENA koji nastaje neposredno ispod epiderme ili u dubljim slojevima kore. Epiderma ne može pratiti širenje i rast stabljike (jednako kao i rizoderma u korijenu) pa puca i ljušti se. Meristemske stanice felogena dijele se tangencijalnom diobom (paralelno s površinom organa) pri čemu jedna od novonastalih stanica zadržava meristemski karakter što je važno radi održavanja trajno aktivnog felogenskog valjka. Diobama nastaju radijalni nizovi pluta prema periferiji organa i stanice feloderme prema unutrašnjosti. PLUTO ili FELEM građeno je od više redova izodijametričnih, neživih stanica čije su stijenke građene od celuloze i suberina (polimer  $C_{15}$  masnih i oksimasnih nezasićenih kiselina), a sadrže i trijeslovine flobafene pa su smeđe boje. Izuzetak su stanice pluta u breze koje u stijenkama sadrže betulin koji reflektira svjetlost pa je kora bijela. FELODERMA je sloj stanica ispod felogena i u različitim biljaka različite je građe, npr. u stabljici bazge građena je od pločastog kolenhima (fotografija 10. u Prilogu).

Periderma zamjenjuje epidermu u drvenastih biljaka najčešće u drugom vegetacijskom razdoblju, a rjeđe tek nakon nekoliko vegetacijskih razdoblja kao na stabljikama nekih vrsta rodova *Laurus*, *Aucuba*, *Rosa* i *Acer* gdje epiderma ostaje i nekoliko godina. Periderma ima zaštitnu ulogu jer onemogućuje transpiraciju, pregrijavanje i prodiranje nametnika. Transpiracija se ipak djelomice odvija kroz LEĆE, LENTICELE ili PLUTNE BRADAVICE koje nastaju diobom felogena lenticele, tvornog staničja najčešće smještenog ispod samih puči (Slika 1.). Istovremeno sa nastankom periderme (ili ranije), to staničje stvara prema površini stabljike mnoštvo okruglih, neoplutavljenih stanica između kojih je puno međustaničnog prostora. Nastala masa probija epidermu (i peridermu ako je nastala), a kroz međustanični prostor odvija se izmjena plinova.

Periderma s vremenom odumire i ljušti se što nazivamo lila ili lup (lub). U dubljim slojevima kore ponovo nastaje plutni kambij koji stvara novu peridermu.

Slojevi pluta stvaraju se i pri saniranju ozljeda kao i pri jesenjem otpadanju listova i zrelih plodova, nakon što bazu peteljke prekrije sloj plutnih stanica.



Slika 1. Lenticela u peridermi stabljike bazge, *Sambucus nigra*

## 2.5. Sekundarno pokrovno staničje - periderma

*Sambucus nigra* L., *Caprifoliaceae* - bazga

Uputa za rad:

Tanke poprečne prereze dvogodišnje grančice bazge uklopite u kap vode. Proučite i skicirajte prerez.

Opis preparata (fotografija 10. u Prilogu)

Stanice pluta obojene su smeđe zbog flobafena. To su mrtve stanice, ispunjene zrakom te se često pri rezanju deformiraju. Red plosnatih stanica je felogen, sekundarni meristem čijim se diobama stvaraju stanice pluta, stoga je iznad svake stanice felogena okomiti niz plutenih stanica (radijalni nizovi, pripazite pri crtanju). Felogen prema središtu stabljike stvara niz stanica pločastog kolenhima.

## Potporno ili mehaničko staničje

### **KOLENHIM - živo potporno staničje**

Kolenhim je staničje čija je uloga potpora mladih stabljika, lisnih peteljki i listova. Potpora koju daje kolenhim vrlo je važna jer stanični turgor često nije dostatan za održavanje biljnih organa u odgovarajućem položaju (TURGOR - tlak unutar stanice koji stanici i biljnom staničju daje krutost, te biljka djeluje jedro). Kolenhimske stanice mogu biti izodijametриčne ili izdužene. Stijenke kolenhimskih stanica mjestimično su zadebljale odlaganjem većih količina celuloze i protopektina, a komunikacija između stanica odvija se kroz nezadebljala mjesta. Ovisno o položaju zadebljanja u stijenci razlikujemo pločasti, uglovni i lakunarni oblik kolenhima.

- PLOČASTI ili LAMELARNI u kojeg su zadebljane tangencijalne stijenke stanica (one paralelno s površinom organa) (fotografija 10. u Prilogu). Hipoderma primarno građene stabljike dvosupnica kao i feloderma periderme često su građene od stanica ovog tipa kolenhima.

- UGLOVNI, KUTNI ili ANGULARNI je kolenhim sa zadebljanjima u uglovima stanica (fotografija 11. u Prilogu). Zadebljanja susjednih stanica obično se spajaju u slivena zadebljanja. Nakupine uglovnog kolenhima smještene su u stabljici ispod epiderme u obliku valjka ili pravilno raspoređenih izbočina - KOLENHIMSKIH REBARA (najčešći oblik kolenhima u zeljastih višegodišnjica npr. u porodica *Lamiaceae* i *Fabaceae*).

- LAKUNARNI - stanice odlažu celulozu u međustanični prostor, a čest je u vrsta porodice *Asteraceae*.

### 3.1. Kolenhim - živo mehaničko staničje izvan žila

*Cucurbita pepo* L., *Cucurbitaceae* - bundeva, *Rumex* sp., *Polygonaceae* - kiselica

Uputa za rad:

Pripremite privremeni preparat poprečnog presjeka peteljke lista livadne kiselice. Skicirajte nekoliko kolenhimskih stanica.

#### Opis preparata

U peteljci lista kiselice kolenhim je smješten u nakupinama ispod epiderme (rebrima). Zadebljane stijenke stanica bijele su jer protopektin, jedan od sastojaka stijenke, reflektira svjetlost dok je unutrašnjost stanica tamna.

### **SKLERENHIM - neživo, mrtvo potporno staničje**

Sklerenhim je potporno staničje čije stanice osim primarne stanične stijenke od celuloze i pektina, stvaraju i sekundarnu, često lignificiranu (odrvenjenu) stijenku. U sklerenhim ubrajamo:

- KAMENČICE ili SKLEREIDE (fotografija 12. u Prilogu) poliedrične su stanice, jednoliko zadebljelih stijenki. Najčešće nastaju iz parenhimskih stanica koje u stijenku odlažu lignin i kalcijev karbonat. Stanice komuniciraju kroz nezadebljala

mjesta - jažice koje debljanjem stjenke poprimaju oblik kanalića. Pri svom razvoju sklereide često odumiru. Kamenčice se nalaze u nakupinama u kori drvenastih biljaka (hrast, jela), u usplođu nekih plodova (kruška, lješnjak, žir) i u sjemenoj lupini (šljiva, višnja, orah).

- SKLERENHIMSKA VLAKNA su duge stanice, jednoliko zadebljelih stijenki, koje najčešće nastaju diobom stanica primarnog ili sekundarnog meristema. Razlikujemo dva oblika:

- LIKOVNICE vrlo duge stanice ušiljenih krajeva (npr. 5mm u konoplje, a čak 5m u rafija palme te ih smatramo najduljim biljnim stanicama). Stanice su najčešće mrtve, a u nekih su biljnih vrsta žive i poliennergidne (imaju više jezgri, npr u vrsta roda *Tamarix*). Stijenska likovnica jednoliko je zadebljala slojanjem celuloze. Osobina celuloze je elastičnost, pa likovnice osiguravaju otpornost biljke na savijanje i istezanje. Likovnice u nakupinama smještene su u kori (LIKO), ispod epiderme u mnogih trava te u provodnom staničju floemu.

- DRVENČICE su stanice duljine do 2mm, odrvenjenih stijenki. Mlade stanice komuniciraju kroz jažične pukotine. U drvu, kao i u ksilemskom dijelu žile nalaze se u nakupinama. Smatra se da su evoluirale iz traheida, provodno-potpornih stanica golosjemenjača (str.7).



Slika 2. Drvenčica i likovnica iz stabljike lipe, *Tilia cordata*

### 3.2. Kamenčice (sklereide) - mrtvo mehaničko staničje izvan žila

*Pirus sp., Rosaceae* - kruška

Uputa za rad:

Histološkom iglom prenesite malo sočnog staničja kruške u kap safranina na stakalcu. Nakupine kamenčica usitnite drškom pincete. Slicirajte manju nakupinu kamenčica.

#### Opis preparata

Slojevita odrvenjena stijenka kamenčica safraninom će se obojati crveno. U stijenci se uočavaju jažični kanalići koji povezuju lumene susjednih stanica.

### 3.3. Likovnice i drvenčice

*Tilia sp., Tiliaceae* - lipa

Uputa za rad:

Pripremite zasebne preparate likovnica i drvenčica iz termokemijskom maceracijom obrađene stabljike lipe.

#### Objašnjenje postupka

Stabljika lipe macerirana je u lužini uz zagrijavanje pri čemu se otopila pektinska središnja lamela pa su se stanice razdvojile. Pri tom se postupku celuloza i lignin ne otapaju pa likovnice i drvenčice ostaju cjelovite.

### **Provodno staničje**

Provodno staničje povezuje najudaljenije dijelove biljke opskrbljujući ih potrebnim tvarima. S ciljem ubrzanja transporta elementi provodnog staničja djeluju poput cijevi koje su nastale spajanjem izduženih stanica uz djelomični ili potpuni gubitak poprečnih stijenki, a protežu se povezane u provodne snopiće - ŽILE kroz sve biljne organe. Razlikujemo dva tipa provodnih stanica : 1) za asimilate - sitaste stanice i sitaste cijevi i 2) provodne stanice za vodu i u njoj otopljene mineralne tvari - traheide i traheje.

### **SITASTE CIJEVI**

Sitaste cijevi (kribroide) sastoje se od nanizanih prozenhinskih stanica (članaka) čije su dodirne stijenke - SITASTE ili KRIBRALNE PLOČE ukošene radi povećanja površine i rupičaste pa djeluju poput sita (fotografija 13 u Prilogu). Pore sitaste ploče proširene su plazmodezmijske kroz koje prolaze ogranci endoplazmatske mrežice i omogućuju transport asimilata. Stanice, članci sitastih cijevi, sadrže brojne mitohondrije i plastide, a ne sadrže jezgru i vakuole. Funkciju jezgre nadoknađuju susjedne STANICE PRATILICE nastale uzdužnom inekvalnom (nejednakom) diobom iste matične stanice. Nakon diobe matične stanice veća novonastala stanica se razvije u članak sitaste cijevi, a manja u stanicu pratilicu.

Sitaste stanice provode asimilate kroz biljku. Tijekom vegetacijskog razdoblja asimilati stvoreni u listovima prenose se u izbojke koji rastu, pupove, cvjetove, plodove koji se razvijaju i dozrijevaju te u spremišne podzemne organe (korijen, gomolj, lukovicu, podanek itd). U jesen, na kraju vegetacijskog razdoblja, sitaste ploče prekriva žuta, polisaharidna tvar KALOZA ili KALUS. Ona poput čepa spriječava prijenos tvari tijekom zimskog mirovanja biljke kao i infekciju. U proljeće, na početku novog razdoblja vegetacije, kaloza se u većini sitastih cijevi razgradi pa se asimilati iz spremišnih organa prenose uzvodno, u vršne dijelove biljke i omogućuju prolistavanje. Brzina transporta asimilata kroz sitaste cijevi je 0.5-1 m/h što se postiže kombinacijom difuzije i turgorskog gradijenta. Sitaste cijevi aktivne su najdulje kroz dva vegetacijska razdoblja. Tijekom drugog razdoblja stvara se permanentni sloj kaloze čime se protok tvari trajno obustavlja.

Sitaste cijevi i stanice pratilice smještene su u sitastom dijelu žile - FLOEMU, a u višegodišnjih drvenastih biljaka nalaze se u sekundarnoj kori.

U papratnjača i golosjemenjača asimilate provode sitaste stanice, manje i kraće stanice bez sitaste ploče. Brojne nakupine proširenih plazmodezmija po stijenkama omogućuju brži protok tvari. Stanice pratilice sitastih stanica su albuminske stanice.

## TRAHEIDE I TRAHEJE

Traheide i traheje su provodni elementi za vodu i njoj otopljene mineralne tvari.

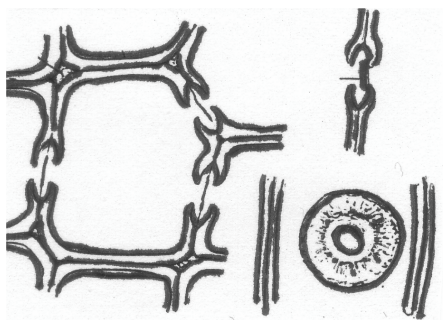
Traheide su duge mrtve stanice, ušiljenih vrhova i ligniziranih stijenki (fotografija 14 u Prilogu). Protok tvari odvija se kroz DVOSTRUKO OGRAĐENE JAŽICE na radijalnim i poprečnim stijenkama (Slika 3.). Ograđena jažica nastaje na mjestu odvajanja sekundarne od primarne stijenke. Na primarnoj se stijenci (pektinskoj središnjoj lameli) stvara kutinizirano kuglasto zadebljanje - TORUS, a na sekundarnoj otvor - PORUS. Nezadebljali dio primarne stijenke koji zbog elastičnosti omogućuje pomicanje torusa nazivamo MARGO. Torus djeluje poput ventila, može zatvoriti porus i preusmjeriti protok vode.

Traheide su filogenetski stariji elementi prisutni u papratnjača i golosjemenjača gdje zbog ligniziranih stijenki obavljaju i potpornu ulogu. Budući da u tih biljaka nema drugih mehaničkih elemenata smatra se da su evolucijska preteča drvenčica.

Traheje su duge (do 10 cm) cijevi nastale spajanjem niza stanica čije su se poprečne stijenke djelomično ili potpuno razgradile (fotografija 13 u Prilogu). Stanice nisu žive i imaju zadebljale lignificirane stijenke koje mogu izdržati podtlak. Ovisno o obliku zadebljanja, razlikujemo PRSTENASTE, SPIRALNE i MREŽASTE traheje. Prstenaste i spiralne traheje nalaze se u organima koji rastu, mrežaste su najšireg promjera i najmanje površine nezadebljale stijenke kroz koju je moguć bočni transport. Mrežaste traheje se razlikuju ovisno o veličini i obliku nezadebljanih dijelova stijenke (jažičaste, stepeničaste i dr.).

Traheje provode vodu s otopljenim mineralnim tvarima iz korijena u ostale dijelove biljke. Uslijed transpiracije u nadzemnim dijelovima biljke i apsorpcije vode u korijenu, postoji razlika tlaka, SISAK, koja omogućuje uzhodni transport vode i otopljenih mineralnih tvari.

Traheje su sastavni dio KSILEMSKOG dijela žile, a u višegodišnjih drvenastih biljaka nalaze se u drvetu.



Slika 3. Ograđene jažice na stijenkama traheida bijelog bora, *Pinus silvestris*

#### 4.1. Sitaste cijevi i traheje

*Cucurbita pepo* L., *Cucurbitaceae* - bundeva

Uputa za rad:

Pripremite privremeni preparat radijalnog uzdužnog prereza stabljike ili peteljke bundeve. Skicirajte dio žile.

##### Objašnjenje postupka

Uzdužno rasjecite komadić stabljike nastojeći tim rezom prepoloviti žilu. Duž dobivene rezne plohe napravite nekoliko tankih prereza.

Pri manjem povećanju pronađite provodne snopiće. Žila u bundeve je bikolateralna, dva snopića sitastih cijevi okružuju snopić traheja. Pri većem povećanju proučite kribralnu ploču i zadebljanja na stijenkama traheja.

#### 4.2. Traheide

*Pinus silvestris* L., *Pinaceae* - bijeli bor

Uputa za rad:

Pripremite privremeni preparat radijalnog uzdužnog prereza stabljike bora. Skicirajte traheide s ograđenim jažicama i dio radijalne zrake.

##### Opis preparata

Na preparatu uočavate nizove traheida s ograđenim jažicama (izgledaju kao kružići). Okomito na traheide su nizovi parenhimskih stanica koje preuzimaju vodu od traheja i prenose je lateralnom smjeru, a nazivamo ih radijalne zrake.

### ŽILE

Provodni elementi mogu biti povezani u ŽILE koje se sastoje od najmanje po jednog floemskog i ksilemskog dijela. FLOEM (sitasti dio žile) sastoji se od sitastih cijevi sa stanicama pratilicama (leptom) i likovnica, a KSILEM (cijevasti dio žile) od traheja, traheida i parenhima (hadrom) i drvenčica. U žila otvorenog tipa između floema i ksilema nalazi se ŽILNI ili FASCIKULARNI KAMBIJ koji svojim diobama omogućuje rast žile i sekundarni rast organa. Otvorene su žile uvijek u organima višegodišnjih dvosupnica. Žile zatvorenog tipa nemaju kambij (potrošen je na postojeće žilne elemente) pa ni mogućnost sekundarnog rasta. Žile su često okružene ovojem sklerenhimskih stanica koji je obično izraženiji oko floemskog dijela. Ovisno o broju i rasporedu floemskih i ksilemskih dijelova razlikujemo nekoliko tipova žila (Slika 4):

KOLATERALNA se žila sastoji od po jednog ksilema i floema, između kojih može biti kambij. Žile tog tipa česte su u stabljikama jednosupnica i dvosupnica, kao i u listovima. Floemski je dio uvijek okrenut prema površini stabljike ili lista, a ksilemski prema središtu.

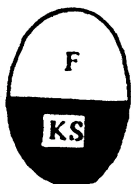
BIKOLATERALNA je žila karakteristična za višegodišnje dvosupnice (npr. vrste porodice *Cucurbitaceae*) pa je uvijek otvorena. Kambij je smješten između floema i ksilema kojemu se s druge strane nalazi još jedan floemski dio.

KONCENTRIČNA žila može biti LEPTOCENTRIČNA ako je floem okružen ksilemom u obliku prstena i HADROCENTRIČNA ako je ksilem okružen floemom.

RADIJALNA se žila sastoji od ksilema u zrakastom rasporedu između čijih je zraka, krakova, smješten floem. Taj tip žile karakterističan je za korijen, u dvosupnica je žila s manjim brojem zraka (2, diarahna; 3, triarahna, 4, tetraarahna do 6) otvorenog tipa, a u jednosupnica poliarhna (10 i više zraka) i zatvorena.

Slika 4. Tipovi žila

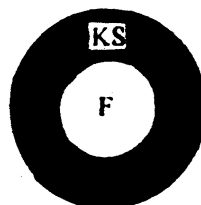
KOLATERALNA ŽILA  
ZATVORENA



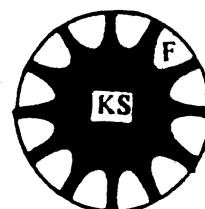
BIKOLATERALNA ŽILA



KONCENTRIČNA ŽILA  
LEPTOCENTRIČNA



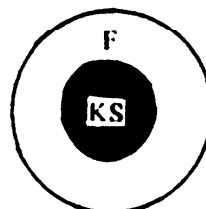
RADIJALNA ŽILA  
POLIARHNA



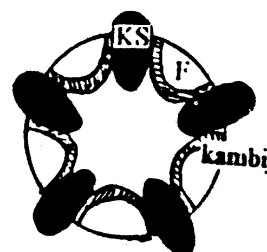
OTVORENA



HADROCENTRIČNA



PENTARHNA





## Žljezdano staničje

Žljezdano je staničje vrlo raznolika skupina staničja koja se razlikuju prema građi, smještaju, kemijskom sastavu i ulozi produkta (izlučevine) u biljnom organizmu. Zajednička osobina im je visoka metabolička aktivnost stanica koje produkte fotosinteze dorađuju u složene spojeve, obično uz velika energetska ulaganja. Nastali produkti mogu se pohraniti u vakuolu, izlučiti u međustanični prostor ili na površinu organa. Produkti, izlučevine mogu imati različite uloge u biljnom organizmu. Stanice žljezdang tkiva imaju vrlo razvijen endoplazmatski retikulum i brojne diktiosome, dok je broj plastida sveden na minimum.

## **MLIJEČNE CIJEVI**

Mliječne cijevi stvaraju vrlo opsežnu mrežu kanala kroz listove i stabljike biljaka dvadesetak porodica (*Euphorbiaceae* (fotografija 15 u Prilogu), *Papaveraceae*, *Moraceae*, *Cichoriaceae* idr.). Cijevi mogu biti člankovite, nastale fuzijom stanica uz razgradnju poprečnih stijenki ili nečlankovite, nastale produžnim rastom jedne stanice uz višestruku diobu jezgre (polienergidna stanica). Tijekom rasta, oba tipa cijevi mogu se granati. Protoplast s mnogo jezgara potisnut je velikom vakuolom, ispunjenom mliječnim sokom, uz stijenku cijevi. Mliječni sok, LATEKS vodena je emulzija ugljikohidrata (škrob (slika 5.), inulin), trijeslovina, glikozida, alkaloida (tetrakanabinol u opiju), politerpena (kaučuk, gutaperka), enzima, eteričnih ulja. Sok je najčešće bijeli, no u nekih je biljaka žut (npr. rosopas). Smatra se da je, osim pričuvne, uloga mliječnog soka i zaštita od mikroorganizama, biljojeda i u saniranju ozljeda.

Slika 5. Škrobna zrnca u mliječnom soku mliječike, *Euphorbia splendens*

### 5.1. Mliječne cijevi

*Euphorbia myrsinites* L., *Euphorbiaceae* - krška mliječika

Uputa za rad:

Žiletom odignite epidermu lista mliječike, histološkom iglom zahvatite parenhim lista i prenesite ga u kapljicu vode. Skicirajte razgranatu mliječnu cijev okruženu stanicama asimilacijskog parenhima.

## LIZIGENE ULJENICE

Lizigene uljenice su sferična spremišta eteričnog ulja (fotografija 14 u Prilogu). Nastaju razgradnjom stijenki (lizom) unutrašnjih žljezdanih stanica pri čemu se njihov produkt, eterično ulje, oslobađa u šupljinu koja ostaje obavijena žljezdanim epitelom. Lizigene uljenice karakteristične su za porodice *Rutaceae* i *Myrtaceae*. Golim su okom vidljive na egzokarpu ploda vrsta roda *Citrus* (limun, naranča, mandarina).

### 5.2. Uljevita lizigena žlijezda

*Myrtus communis* L., *Myrtaceae* - mirta, mrča

Uputa za rad:

Poprečni prerez lista mirte položite u kap otopine Sudan III. Preparat zagrijte na mikroskopskoj svjetiljci. Skicirajte lizigenu uljenicu čiji se sadržaj (eterično ulje) obojao ružičasto.

## ŽLJEZDANE DLAKE

Žljezdane dlake se sastoje od jednostaničnog ili višestaničnog drška i glavice (fotografija 17 u Prilogu). U glavici se stvara sekrecijski produkt, najčešće eterično ulje, koje se odlaže u prostor ispod kutikule i oslobađa kroz perforacije ili pucanjem kutikule. Za vrste porodice *Lamiaceae* karakteristične su rozetaste (štitaste) žlijezde jednostaničnog drška i višestanične glavice od 4-12 stanica (fotografija 18 u Prilogu). Broj stanica rozete obično je taksonomska osobina.

### 5.3. Rozetaste žlijezde

*Mentha x piperita* L. - paprena metvica, *Hyssopus officinalis* L. - miloduh,  
*Calamintha*

*glandulosa* (Req.) Benth. - žljezdasta marulja, *Ocimum basilicum* L. - bosiljak,  
*Lamiaceae*

Uputa za rad:

Pripremite zasebne preparate poprečnog i površinskog prereza lista biljke iz porodice usnjača, te skicirajte rozetaste žlijezde promatrane sa strane i odozgo.

## Anatomska građa vegetativnih organa

### Građa stabljike

Stabljika je biljni organ koji povezuje asimilacijske dijelove biljke sa apsorpcijskim. Kroz stabljiku se odvija prijenos tvari, ona nosi listove, cvjetove i plodove, a u nekim slučajevima služi i kao spremište asimilata.

#### **STABLIKA PRIMARNE GRAĐE**

Nastaje diobom stanica primarnog tvornog staničja. Primarne građe su stabljike jednosupnica i jednogodišnjih dvosupnica, ali i svih višegodišnjih biljaka (golosjemenjača, dvosupnica) u prvoj vegetacijskoj sezoni. Stabljika primarne građe sastoji se od dva osnovna dijela PRIMARNE KORE i SREDIŠNJEG VALJKA (centralnog cilindra), koji se u jednosupnica i dvosupnica izrazito razlikuju.

#### **Stabljika primarne građe jednosupnica**

Fotografija 19. u Prilogu

Podjela na primarnu koru i središnji valjak u stabljici jednosupnica nije izražena. Primarna je kora vrlo tanka i nije oštro odijeljena od središnjeg valjka. Stabljika je prekrivena epidermom, najčešće jednoslojnom čije su stijenke, osobito u biljaka porodice trava (*Poaceae*), kojoj pripada i kukuruz, često sklerificirane. Za biljke te porodice karakteristična je i višeslojna sklerenhimska hipoderma. Primarnoj kori pripada i uski prsten parenhimskih stanica (koji često i izostaje) do pojave prvih žila.

U središnjem su valjku, koji obuhvaća najveći dio stabljike, nepravilno raspoređene brojne zatvorene kolateralne žile (fotografija 20. u Prilogu). Žile su manje, okruglaste i brojnije u djelu stabljike bliže kori, a prema središtu postaju veće, izduženije i rjeđe. Svaka se žila sastoji od floemskog dijela okrenutog prema kori i ksilemskog okrenutog prema središtu stabljike. Najstariji dijelovi žile, prvotno nastali protofloem i protoksilem, na njenim su polovima, dok se mlađi metafloem i metaksilem dodiruju. Žilnog kambija između njih više nema pa je žila zatvorenog tipa. Protofloemske sitaste cijevi više nisu prohodne, dok se metafloem sastoji od funkcionalnih sitastih cijevi, koje su na presjeku izodijametrične, i manjih stanica pratilica romboidalnog oblika. Protoksilem je građen od jedne ili dviju prstenastih traheja i parenhima (dijelom lignificiranog) koji ih okružuje. Prilikom intenzivnog rasta dolazi do kidanja stijenki nekih parenhimskih stanica pa nastaje reksigeni međustanični prostor. U metaksilemu su dvije mrežaste traheje velikog promjera,

okružene drvenčicama, a odijeljene traheidama. Žila je obavijena cjelovitim sklerenhimskim ovojem koji je izraženiji oko floemskog dijela. Parenhimske stanice središnjeg valjka okruglastog su oblika, manje na periferiji, a veće u središtu stabljike.

### 1.1. Primarna građa stabljike jednosupnica i zatvorena kolateralna žila

*Zea mays* L., *Poaceae* - kukuruz

Uputa za rad:

Tanki poprečni prerez stabljike kukuruza položite u kap otopine safranina. Promatrajte građu stabljike pri manjem povećanju, a građu žile pri većem. Skicirajte dio prereza stabljike i staničja žile.

#### Objašnjenje postupka

Safranin sa ligninom daje ružičasto obojenje. Obojit će zadebljale stijenke stanica sklerenhimske hipoderme, žilnog ovoja, drvenčica i traheja.

### **Stabljika primarne građe dvosupnica**

Fotografija 21. u Prilogu

U primarnoj stabljici dvosupnica uočljiva je oštra granica između primarne kore i središnjeg valjka. Primarna kora obuhvaća jednoslojnu epidermu, višeslojnu hipodermu i parenhim. Hipoderma je građena od kolenhima koji je u zeljastih višegodišnjica najčešće kutni, smješten u nakupinama, rebrima, dok je pločasti u dvosupnica koje prelaze u drvenastu građu. Hipoderma u nekih biljnih vrsta može i izostati (stabljika žabnjaka, primjer s vježbi). U nekih se biljaka kao četvrti sloj kore javlja endoderma kao niz parenhimskih stanica na granici sa središnjim valjkom. Budući da te stanice često sadrže škrob endoderma se naziva i škrobni ovoj.

U središnjem je valjku određen broj otvorenih kolateralnih (rijetko bikolateralnih, npr. u vrsta porodice *Cucurbitaceae*) žila raspoređen u prsten. Žile su odvojene parenhimom sržnih zraka. U središtu stabljike je srčika od parenhima, a u nekih je vrsta šuplja zbog reksije stanica (stabljika žabnjaka, primjer s vježbi).

Otvorena kolateralna žila (fotografija 22. u Prilogu) sastoji od floema, ksilema i žilnog kambija. Floem, okrenut prema kori, građen je od nefunkcionalnog protofloema i od metafloema prohodnih sitastih cijevi sa stanicama pratilicama. Protoksilemski dio žile sastoji se od prstenastih i spiralnih traheja okruženih parenhimom, a metaksilem od većeg broja širokih mrežastih traheja, drvenčica i traheida. Žila je obavijena sklerenhimskim žilnim ovojem koji je u području kambija i dijela metafloema prekinut parenhimskim propusnim mjestima

## 1.2. Primarna građa stabljike dvosupnice i otvorena kolateralna žila

*Ranunculus repens* L., *Ranunculaceae* - puzavi žabnjak

Uputa za rad:

Tanki poprečni prerez stabljike žabnjaka položite u kap otopine safranina. Promatrajte građu stabljike pri manjem povećanju, a građu žile pri većem. Skicirajte dio prereza stabljike i staničja žile.

## STABLIKA SEKUNDARNE GRAĐE

Sekundarni rast stabljike započinje najčešće u drugoj vegetacijskoj sezoni. Sekundarnu građu stabljike imaju sve višegodišnje dvosupnice kao i golosjemenjače. Staničja stabljike sekundarne građe stvaraju se diobom stanica vaskularnog kambija koji se sastoji od fragmenata primarnog žilnog kambija povezanih sekundarnim međužilnim kambijem. Međužilni kambij nastaje dediferencijacijom parenhimskih stanica u sržnim zrakama koje su smještene u ravnini s žilnim kambijem s ciljem spajanja fragmenata primarnog žilnog kambija u cjeloviti kambijski (vaskularni) valjak.

Ovisno o aktivnosti kambija razlikujemo 4 tipa sekundarnog rasta. U američke vučje stope (*Aristolochia*-tip rasta) broj i raspored žila u sekundarnoj stabljici ostaje jednak onom u stabljici primarne građe jer međužilni kambij stvara samo parenhim. Sljedeći tip sekundarnog rasta je *Helianthus*-tip kod kojeg se broj žila prisutnih u primarnoj stabljici povećava sekundarnim rastom jer međužilni kambij stvara više manjih otvorenih kolateralnih žila. Češći je *Ricinus*-tip sekundarnog rasta pri kojem i interfascikularni kambij stvara provodne elemente pa oni više nisu grupirani u zasebne žile. *Tilia*-tip sekundarne građe, najzastupljeniji je u golosjemenjača i drvenastih dvosupnica u kojih zasebne žile ne postoje ni u stabljici primarne građe, nego su i sitasti i cijevasti elementi, kao i kambij u obliku cjelovitog valjka.

## Sekundarna građa stabljike dvosupnica

Fotografija 24. u Prilogu

Stabljiku sekundarne građe proučit ćemo na prerezu grančice lipe. Uočljivi su ostaci epiderme, kora i drvo odijeljeni kambijem te srčika u središtu. KORA se sastoji od vanjske i unutarnje. Vanjskoj kori pripada višeslojna periderma, ostaci primarne kore - hipoderma od kolenhima i parenhim (koji često sadrži ružice (druze) kalcijavog oksalata), kao i nakupine sklerenhimskih stanica koje su ostaci pericikla. Unutarnja je kora sekundarnog porijekla, nastala diobama kambija, a građena je od elemenata floema - sitastih cijevi sa stanicama pratilicama, likovnica i parenhimskih stanica, koji se izmjenjuju u slojevima i nakupinama. KAMBIJSKI VALJAK se sastoji od dva ili tri niza

meristemskih stanica koje tangencijalnim diobama stvaraju elemente kore i drva. Budući je masa proizvedenog drva veća nego masa proizvedene kore, što bi moglo dovesti do prekida kambijskog prstena, pojedine se kambijske stanice dijele radijalnim diobama. DRVO, sekundarni ksilem, sastoji se od traheja, traheida i drvenčica, nastalih diobom kambija. Jednogodišnji prirast ksilema naziva se GOD. Rano drvo stvara se u proljeće, kada je dioba kambijskih stanica vrlo intenzivna zbog potrebe za novim provodnim putevima, pa nastaje mnogo traheja širokog lumena (mrežastih). Kasno se drvo stvara tijekom ljeta kada su zbog suše traheje uže, a mehanički elementi brojniji. GRANICA GODA uočljiva je zbog morfološke razlike između kasnog drveta prethodnog vegetacijskog razdoblja i ranog drveta sljedećeg razdoblja. U središtu stabljike su primarni ksilem i srčika kao ostaci iz primarne građe. Iz srčike se u radijalnim smjerovima šire sržne ili primarne zrake od dva niza parenhimskih stanica i pružaju se do vanjske kore. Sekundarne zrake od jednog niza stanica povezuju drvo s unutaršnjom korom. Uloga parenhimskih zraka je provodnja asimilata u radijalnim smjerovima.

### 1.3. Sekundarna građa stabljike dvosupnica

*Tilia sp., Tiliaceae* - lipa

Uputa za rad:

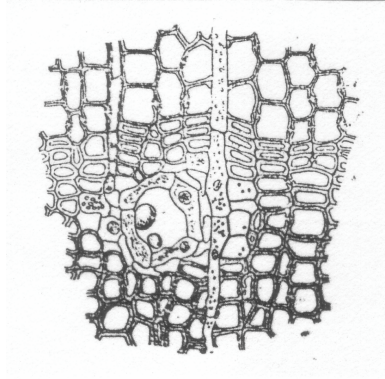
Izradite privremeni preparat poprečnog prereza stabljike lipe, proučite građu svih staničja stabljike pri većem povećanju. Skicirajte dio prereza stabljike.

### **Sekundarna građa stabljike golosjemenjača**

Fotografija. 25. u Prilogu

Karakteristike golosjemenjača su smolenice-žljezdano staničje kao i provodni elementi-sitaste stanice u floemu i traheide u ksilemu, koje osim provodne imaju i mehaničku funkciju. U anatomskom smislu stabljika golosjemenjača sekundarne građe sastoji se od istih dijelova kao i stabljika drvenastih dvosupnica. Na mlađim su granama uočljivi ostaci epiderme. VANJSKA KORA se sastoji od periderme i parenhima u kojem se nalaze KORTIKALNE SMOLENICE. Smolenice su građene od stanica koje luče smolu u kanal nastao razmicanjem stanica (shizogeno). UNUTARNJA KORA sastoji se od primarnog floema, građenog od sitastih stanica u izmjeničnom rasporedu, i sekundarnog floema raspoređenog u radijalnim nizovima nastalim diobom stanica kambija. KAMBIJ sačinjava nekoliko redova meristemskih stanica. DRVO je građeno od traheida s ograđenim jažicama. Proljetne su traheide (traheide ranog drva) nešto šireg lumena pa su uočljivi godovi. U drvetu se, obično uz sekundarne zrake, nalaze

KSILEMSKE SMOLENICE (slika 6). U središtu stabljike nalazi se primarni ksilem i srčika od koje se pružaju primarne zrake. Sekundarne zrake povezuju drvo s floemom.



Slika 6. Ksilemska smolenica u drvu bora.

#### 1.4. Sekundarna građa stabljike golosjemenjača

*Pinus nigra* Arnold, *Pinaceae* - crni bor

Uputa za rad:

Izradite privremeni preparat poprečnog prereza stabljike bora, proučite građu svih staničja stabljike pri većem povećanju. Skicirajte dio prereza stabljike.

## Građa lista

List je zeleni biljni, nadzemni izdanak, ograničena rasta u kojemu se odvijaju fotosinteza i izmjena plinova. Takav list nazivamo pravi list, budući da je u botaničkom smislu list vrlo širok pojam.

### **ANATOMSKA GRAĐA LISTA**

Na poprečnom presjeku plojke svakog pravog lista razlikujemo epidermu i mezofil u kojemu se nalaze zatvorene kolateralne žile. Prema razlici u građi epiderme i mezofila postoje 2 tipa lista - EKVIFACIJALNI (koncentrični i izolateralni) i BIFACIJALNI (dorziventralni).

### **LIST KONCENTRIČNE GRAĐE**

Takav tip građe svojstven je igličastim listovima golosjemenjača. Koncentričnu građu lista proučit ćemo na primjeru iglice bora (fotografija 26 u Prilogu). Iglice bora rastu po 2 ili 5 zajedno, ovisno o vrsti, iz kratkih ogranaka. Pojedina iglica ima polukružni ili trokutasti prerez, a tek skupljene zajedno tvore valjak te je na prerezu vidljiva koncentrična građa. U koncentričnoj građi lista naslućuje se analogija s građom stabljike (hipoderma, endoderma, orijentacija elemenata žile kao i parenhimske zrake unutar žila) što ukazuje na filogeniju lista.

List je obavijen epidermom kserofitskih osobina. Stijenke epidermskih stanica su sklerificirane, prevučene debelim slojem kutikule, puči su uvučene do razine hipoderme, višeslojnog sklerenhima, a do otvora puči vodi kanal (fotografija 27. u Prilogu).

Mezofil je građen od naboranog asimilacijskog parenhima s brojnim uvratima stijenke radi povećanja površine uz koje su poredani kloroplasti. U mezofilu se nalaze smolenice okružene sklerenhimskim ovojem (fotografija 27. u Prilogu). Broj i raspored smolenica u listu svojstven je za svaku vrstu. Endoderma se sastoji od jednog niza parenhimskih stanica. Parenhimske stanice transfuzijskog parenhima bez kloroplasta, ali sa velikim brojem ograđenih jažica u stijenkama, provode asimilate iz asimilacijskog parenhima do floema. U središtu lista smještene su dvije kolateralne zatvorene žile. Ksilemski djelovi žila (građeni od traheida) okrenuti su jedan prema drugom i prema ravnoj strani lista (ksilem je u središtu kao u stabljici), dok su floemski djelovi žila (građeni od sitastih stanica) okrenuti prema izbočenoj strani lista (kao i floem u stabljici koji je okrenut prema površini organa). Ksilem i floem



povezani su poprečnim nizovima stanica bogatih škrobom koje su analogne parenhimskim zrakama u stabljici. Žilni se ovoj sastoji od sklerenhimskih stanica.

## 2.1. Koncentrična građa lista

*Pinus nigra* Arnold, *Pinaceae* - crni bor

Uputa za rad:

Izradite privremeni preparat poprečnog prereza iglice crnog bora, proučite građu svih staničja lista pri većem povećanju. Skicirajte polovinu prereza.

## LIST IZOLATERALNE GRAĐE

Izolateralne građe su listovi nekih jednosupnica koji rastu bez peteljke okomito iz podzemne stabljike. Takve su građe listovi perunike (fotografija 28. u Prilogu) koji su sabljasti, plosnati i na njima se, osim pri bazi, ne razlikuje lice i naličje. Lice, ventralna strana pri vrhu lista se smanjuje i nestaje tako da veći dio lista s obje strane prekriva jednaka epiderma (s istim brojem puči, prekrivena kutikulom), a mezofil nije diferenciran.

Mezofil je građen je od parenhimskih stanica s brojnim kloroplastima. Nešto veće su stanice u središnjem dijelu lista, dok su manje s brojnijim kloroplastima, neposredno ispod epidermi.

Kolateralne, zatvorene žile poredane su u mezofilu u dva niza, suprotno orijentiranih dijelova. Floemski dio je okrenut prema epidermi, a zaštićen je višeslojnim sklerenhimskim ovojem. Ta zaštitna pojačanja vidljiva su golim okom na površini lista kao niz izbočenih paralelnih pruga. Paralelni raspored žila u listu karakteristika je jednosupnica. Ksilemski dio žila okrenut je prema središtu lista. Oko sklerenhimskog ovoja žile nalazi se parenhimski ovoj od jednog sloja stanica bez kloroplasta.

## 2.2. Izolateralna građa lista

*Iris pallida* Lam., *Iridaceae* - bljedolika perunika

Uputa za rad:

Izradite privremeni preparat poprečnog prereza lista perunike, proučite građu svih staničja lista pri većem povećanju. Skicirajte dio prereza.

## LIST DORZIVENTRALNE GRAĐE

Najčešći je tip građe lista. U morfološkom smislu list se sastoji od peteljke i plojke, a na plojki se razlikuje lice od naličja. Anatomski, razlikujemo dvije epiderme, a mezofil je diferenciran odnosno sastoji se od dva tipa stanica. Dorziventralnu građu

proučit ćemo na prerezu liske kukurijeka (list kukurijeka dlanasto je razdijeljen na 5 do 7 liski) (fotografija 29. u Prilogu).

Epiderma s naličja (donje, DORZALNE strane) ima veći broj puči od one s lica (gornje, VENTRALNE strane). Obje su epiderme prevučene kutikulom.

U diferenciranom mezofilu nalazi se PALISADNI, PROŠĆENI ili ASIMILACIJSKI parenhim građen od jednog niza (u nekih vrsta, npr. u listu oleandera više je nizova, fotografija 6. u Prilogu) okomito postavljenih prizmičnih ili cilindričnih stanica sa brojnim kloroplastima. Smješten je ispod ventralne epiderme, a uloga mu je fotosinteza. Ispod njega je smješten SPUŽVASTI ili TRANSPIRACIJSKI parenhim koji se sastoji od rahlo raspoređenih okruglastih stanica s manjim brojem kloroplasta. Međustanični prostor spužvastog mezofila je u izravnom doticaju sa odušcima puči, koje se nalaze na dorzalnoj epidermi, pa omogućuje izmjenu plinova. Kolateralne zatvorene žile su smještene u ovom dijelu mezofila. Floem je okrenut prema naličju plojke, a ksilem prema licu. Žilni je ovoj građen od parenhimskih stanica bez kloroplasta.

### 2.3. Dorziventralna građa lista

*Helleborus macranthus* Freyn., *Ranunculaceae* - kukurijek božićnjak

Uputa za rad:

Izradite privremeni preparat poprečnog prereza lista kukurijeka, proučite građu svih staničja lista pri većem povećanju. Skicirajte dio prereza.

## **Građa korijena**

Korijen je podzemni biljni organ koji učvršćuje biljku za podlogu, upija vodu s otopljenim tvarima iz tla te pohranjuje pričuvne tvari. Za razliku od stabljike, korijen nije nikada zelen, ne nosi listove i ne raste prema svjetlosti (pozitivno heliotropno), nego suprotno-negativno heliotropno ili pozitivno geotropno (u smjeru gravitacijske sile). Za takav smjer rasta odgovorne su stanice korijenove kape, statociste koje sadrže mnoštvo amiloplasta u kojima nastaje statolitni škrob. Škrob se, zbog svoje specifične težine, smješta u donjim dijelovima stanica uzrokujući gravitacijske podražaje koji se prenose u plazmaleme statocista, a koji spriječavaju dolazak Golgijevih tjelešaca u taj dio stanice pa se ona nakupljaju u gornjem dijelu uvjetujući tako dužinski rast stanice. Pojedina stanica raste negativno geotropno, ali je ukupni rast organa ipak pozitivan. Funkcija statolita je značajna u slučaju kad korijen pri svom prodiranju u podlogu nailazi na prepreke.

Morfološki, korijen možemo podijeliti u tri zone:

MERISTEMSKA ZONA ili VEGETATIVNI VRŠAK zaštićen KORIJENOVOM KAPOM ili KALIPTROM koja štiti nježno tvorno staničje pri prodiranju u zemlju tako da se mnoštvo stanica od kojih je građena razdvajaju i tako razrahljuju tlo.

ZONA IZDUŽIVANJA duga je samo 5 do 10mm. U njoj se stanice nastale diobama u meristemskoj zoni izdužuju odnosno rastu do određene veličine.

ZONA DIFERENCIJACIJE u kojoj stanice preuzimaju svoju ulogu. Prvih nekoliko milimetara, neposredno iznad zone izduživanja, jedini je dio korijena kroz koji se odvija upijanje vode. Taj je dio primarno građenog korijena obavijen rizodermom izduženih stanica - KORIJENOVIM DLAČICAMA, kojima se povećava apsorpcijska površina. Ostali su dijelovi korijenskog sustava stariji što se više udaljavaju od meristemske zone. Kao i u stabljike, jednogodišnji su dijelovi primarne, a višegodišnji sekundarne građe i ulogaim je mehanička i pričuvna.

### **Primarna građa korijena**

Fotografija 30. u Prilogu

Korijen primarne građe proučit ćemo na primjeru perunike. U zoni diferencijacije korijen primarne građe sastoji se, kao i stabljika, od dva dijela: primarne kore i središnjeg valjka. Izvana je korijen obavijen jednoslojnom RIZODERMOM koja je po postanku i smještaju analogna epidermi nadzemnih dijelova (pokrovno staničje primarnog porijekla), no rizodermske stanice nemaju zadebljale stijenke, i najčešće ne izlučuju kutikulu, a brojne su stanice izdužene u korijenove dlačice koje povećavaju apsorpcijsku površinu. Vodu upijenu korijenovim dlačicama preuzimaju djelomično oplutavljene žive stanice hipoderme. U parenhimu primarne

kore (= mezoderma) nakupljaju se rezervne tvari (škrob). Posljednji dio primarne kore je jednoslojna endoderma (fotografija 31. u Prilogu) građena od stanica sa zadebljanjima stijenke u obliku slova "U" između kojih se periodično, točno na krajevima ksilemskih zraka žile, nalaze parenhimske STANICE PROPUSNICE. Središnji valjak sastoji se od pericikla i žile. PERICIKL ili PERIKAMBIJ je sloj parenhimskih stanica ispod endoderme koje se dediferenciraju u meristemske pri sekundarnom rastu i razvoju bočnog korijena. U središtu korijena je zatvorena poliarhna radijalna žila, ksilem je smješten u zrakastom rasporedu sa elementima floema između ksilemskih zraka. U središtu žile korijena je sklerenhim.

### 3.1. Primarna građa korijena jednosupnice

*Iris pallida* Lam., Iridaceae - blijedolika perunika

Uputa za rad:

Izradite privremeni preparat poprečnog prereza korijena perunike, proučite građu svih staničja pri većem povećanju, te skicirajte dio prereza.

### Literatura

D. von Denffer & H. Ziegler, 1988, Morfologija i fiziologija, Školska knjiga, Zagreb

A. Fahn, 1982, Plant Anatomy, Pergamon Press, Oxford

J.D. Mauseth, 1995, Botany, Saunders College Publishing, Philadelphia

R. Moore, W. Dennis Clark, Kingsley R. Stern, 1995, Wm. C. Brown Publishers

W.W. Robins, T.E. Weier, C.R. Stocking, 1965, Botany, John Wiley & Sons, New York