

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Odjel za biologiju

PRAKTIKUM IZ ANATOMIJE BILJAKA

Tanja Žuna Pfeiffer, Ljiljana Krstin, Ivna Štolfa, Tomislava Lovaković,
Vera Tikas, Hrvoje Lepeduš

Osijek, 2014.

Izdavač:

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Odjel za biologiju

Recenzenti:

Prof. dr. sc. Edita Štefanić
Doc. dr. sc. Melita Mihaljević

Lektorica:

Doc. dr. sc. Lidija Bakota

Umnožio:

"Diskont" d.o.o. za računalne djelatnosti
Strossmayerova 62, 31000 Osijek
mob: 0957055555

Naklada:

100 primjeraka

Suglasnost Senata Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
br. 5/14 od 28. siječnja 2014. godine.

CIP zapis dostupan u računalnom katalogu Gradske i sveučilišne knjižnice Osijek pod
brojem 130911073.

ISBN 978-953-6931-60-6

PREDGOVOR

Anatomija biljaka (grč. anatemno - sjeći) jedna je od temeljnih i najstarijih botaničkih disciplina, a proučava građu i funkciju biljnih stanica i tkiva. Kao znanstvena disciplina počela se razvijati tek u 17. stoljeću otkrićem mikroskopa. Znanstvene spoznaje o unutrašnjoj građi biljaka, koje su do tada temeljene na promatranjima, opisivanjima i usporedbama, produbljene su i proširene. Do novih spoznaja dolazi se i danas zahvaljujući modernoj, sofisticiranoj tehnologiji te povezivanju rezultata istraživanja s rezultatima drugih znanstvenih disciplina, posebno molekularne biologije, biljne fiziologije i biokemije. Poznato je da se građa i funkcija biljnih stanica i tkiva mogu promijeniti pod utjecajem različitih vanjskih čimbenika (visoka ili niska temperatura, povećana ili smanjena vlažnost tla, teški metali i sl.) te utjecati na sposobnost prilagođavanja biljaka okolišu. U vremenu intenzivnog razvoja industrije i poljoprivrede te izraženih klimatskih promjena, poznavanje osnovne anatomske građe biljaka od velike je važnosti, ali jednako su tako i važna i daljnja istraživanja te stjecanja novih spoznaja o građi i funkciji biljnih stanica i tkiva.

Za upoznavanje osnovne građe biljnih stanica i tkiva postoji niz publikacija. Međutim, novije publikacije pretežito su pisane na stranim jezicima, dosta su opširne i studentima teže dostupne, a u većini dostupnih užbenika i priručnika priložene su samo crno-bijele fotografije ili schematski prikazi biljnih stanica i tkiva. Iz navedenih razloga, a s ciljem da studentima biologije olakšamo usvajanje osnovnih znanja iz područja anatomije biljaka, odlučili smo se na pisanje ovog užbenika.

Udžbenik „Praktikum iz anatomije biljaka“ namijenjen je ponaprije studentima biologije na Sveučilištu Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, a obuhvaća sadržaj kolegija Anatomija biljaka. Sadržaji obuhvaćeni ovim udžbenikom mogu biti vrlo korisni i studentima drugih srodnih sveučilišnih, stručnih ili veleučilišnih studija te profesorima i učenicima srednjih škola. Užbenik je zamišljen kao nadopuna udžbenicima „Morfologija i anatomija bilja“ (Bačić, 2003) i „Osnove biljne histologije i anatomije vegetativnih organa“ (Lepeduš i Cesar, 2010) koji se koriste kao osnovna literatura u izvođenju kolegija Anatomija biljaka, a u kojima su dana detaljna objašnjenja o građi biljnih

stanica i tkiva. Uz sažet i jasan opis gradiva užbenik sadrži i detaljne opise postupaka pripreme biljnih preparata te 64 originalne fotografije u boji. Fotografije su snimljene s ciljem da studentima što vjerodostojnije prikažu anatomsku građu biljaka te olakšaju promatranje i analizu biljnog materijala tijekom mikroskopiranja. Osobit je naglasak usmjeren na sadržaj fotografija, odnosno na prikaz detalja karakterističnih za pojedina biljna tkiva. Na kraju užbenika priložen je i popis reagensa potrebnih za bojanje biljnog materijala te upute za pripremu što bi trebalo znatno pridonijeti samostalnijem radu studenata.

S velikim zadovoljstvom želimo zahvaliti svima koji su nam pomogli tijekom pisanja ovog užbenika. Ponajprije zahvaljujemo prof. dr. sc. Editi Štefanić s Poljoprivrednog fakulteta Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku i doc. dr. sc. Meliti Mihaljević s Odjela za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku koje su kao recenzentice korisnim i dobronamjernim savjetima pridonijele kvaliteti udžbenika. Veliko hvala doc. dr. sc. Lidiji Bakoti na lekturi i susretljivosti. Zahvaljujemo prof. dr. sc. Veri Cesar na prenesenom znanju, korisnim savjetima i pomoći oko pripreme i izdavanja ovog užbenika. Hvala dr. sc. Dubravki Špoljarić na korisnim savjetima i pomoći oko dizajna užbenika. Budući da je ovo prvo izdanje „Praktikuma iz anatomije biljaka“, unaprijed se zahvaljemo za svaku primjedbu i korisnu sugestiju koje će doprinijeti poboljšanju užbenika.

Osijek, 2014.

Autori

SADRŽAJ

1. Stanična stijenka	1
1.1. Dokaz celuloze u staničnoj stijenci	3
1.2. Dokaz kutina u staničnoj stijenci	6
1.3. Dokaz suberina u staničnoj stijenci	9
1.4. Dokaz suberina u staničnim stijenkama stanica otvora za prozračivanje – lenticela	13
1.5. Dokaz lignina u staničnoj stijenci	16
2. Ergastične tvorevine	17
2.1. Škrobna zrnca	20
2.2. Aleuronska zrnca	27
2.3. Proteini i peroksidaze	32
2.4. Tanini	34
3. Puči	35
3.1. Tipovi puči	37
4. Trihomi i emergencije	41
4.1. Trihomi	42
4.2. Emergencije	46
5. Mehaničko tkivo	47
5.1. Kolenhim	49
5.2. Sklerenhim	53
6. Anatomija korijena	55
6.1. Zone rasta korijena	56
6.2. Primarna građa korijena	58
7. Anatomija stabljike primarne građe	62
7.1. Primarna građa stabljike jednosupnica	63
7.2. Primarna građa stabljike dvosupnica	66
8. Anatomija stabljike sekundarne građe	68
8.1. Sekundarna građa stabljike dvosupnica	69
9. Anatomija lista	73
9.1. Anatomska građa dorziventralnog lista	74
9.2. Anatomska građa ekvifacijalnog lista	76
10. Priprema reagensa	79
Literatura	80

1. STANIČNA STIJENKA

Stanična stijenka neživi je dio stanice koji štiti protoplast (citoplazmu i stanične organele) i biljnoj stanici daje čvrstoću i oblik. S obzirom na stupanj histološke diferencijacije stanica razlikujemo primordijalnu (središnja lamela), primarnu i sekundarnu staničnu stijenku. **Primordijalna stijenka** najvećim je dijelom građena od pektina, a smještena je između dviju susjednih stanica i zajednički je proizvod obaju protoplasta. **Primarna stanična stijenka** proizvod je svakog pojedinog protoplasta, a građena je od celuloze, hemiceluloze, pektina i proteina. Celuloza je prema kemijskom sastavu polimer β -glukoze i u biljnim stanicama čini najveći dio stanične stijenke (40% do 60%). Molekule su celuloze nerazgranjene i nitaste. Povezivanjem oko 100 molekula celuloze nastaju **micelle** između kojih su intermicelarni prostori ispunjeni vodom. Dvadesetak micela povezanih zajedno čine **mikrofibril**. Između mikrofibrila su intermikrofibrilarni prostori ispunjeni matriksom građenim od pektina, hemiceluloze i proteina. U mladim stanicama, celulozne su mikrofibrile u polisaharidnom matriksu razbacane, dok su u starijim stanicama raspoređene paralelno. Celuloza se ne otapa u vodi i organskim otapalima. Topiva je u tzv. Schweizerovom reagensu. Dokazujemo je histokemijskom reakcijom s vodenom otopinom klor-cink-joda pri čemu nastaje ružičasto obojenje ili sumpornom kiselinom (H_2SO_4) s jodom pri čemu nastaje modro obojenje.

Hemiceluloza je polimer šećera pentoza i heksoza. Otapa se u slabim lužinama i hidrolizira u slabim kiselinama. U većim je količinama prisutna u stijenkama mlađih stanica. Dokazujemo je histokemijskom reakcijom s jodom pri čemu nastaje modro obojenje.

Pektini su polimeri galakturonske kiseline i njezinih soli. Topivi su u kiselinama, razgrađuju se u lužinama, a u vodi bubre. Dokazujemo ih rutenijskim crvenilom pri čemu nastaje intenzivno crveno obojenje.

Sekundarna stanična stijenka nastaje nakon završetka rasta stanica i to tako da se u staničnu stijenku odlažu ili na nju slažu različite tvari kao što su kutin, suberin, lignin, kaloza ili minerali. Prisutnost tih kemijski različitih tvari dovodi do promjena fizičkih i kemijskih svojstava stanične stijenke.

Kutin je polimer masnih i oksimasnih kiselina. Protoplast epidermskih stanica sintetizira masne kiseline koje u reakciji s kisikom i pod kontrolom enzima polimeriziraju oko celuloznih mikrofibrila i formiraju kutinizirani sloj stanične stijenke. Daljnim izlučivanjem masnih kiselina i njihovom polimerizacijom na površini primarnog pokrovnog tkiva (epiderme) nastaje sloj čistog kutina koji nazivamo **kutikula**. Osnovna je uloga kutina sprječavanje prekomjernog gubitka vode iz biljnog tkiva.

Suberin je vrlo sličan kutinu. S obzirom na kemijski sastav suberin je polimer masnih i oksimasnih kiselina (plutene, felonske, flojonske). Sadrži više nezasićenih masnih kiselina u odnosu na kutin i manje je čvrstoće. Ne otapa se u organskim otapalima. U staničnu stijenkulu ulaže se u obliku tankih lamela obloženih voskom. Većinom se ulaže u stanične stijenke stanica na površini biljnih organa, a budući da je nepropustan za vodu, štiti biljku od isušivanja i velikih promjena temperature. Sastavni je dio tzv. Casparyeve pruge u endodermi korijena i vanjskih staničnih stijenki svih podzemnih organa. Ulaže se i na mjestima otpadanja listova te u područjima oštećenim ranjavanjem ili bolešću. Dokazujemo ga histokemijskom reakcijom sa Sudan III reagensom pri čemu suberin poprima crveno obojenje.

Lignini su po svom kemijskom sastavu polimeri fenilpropanskih derivata. Biosinteza lignina obuhvaća niz reakcija koje započinju putem šikiminske kiseline. Produkti, fenilalanin i tirozin, provode se dalje kroz fenilpropanoidni put i lignin - specifični put koji vodi do sinteze cinamilnih alkohola (*p*-kumarilnog, sinapilnog i koniferilnog) i njihove polimerizacije u prisutnosti vodikovog peroksida. Lignini su trodimenzionalni heteropolimeri kovalentno povezani s polisaharidima i proteinima u staničnoj stijenci. Prisutni su u provodnim elementima (ksilemu i floemskim vlaknima), povećavaju čvrstoću stabljike i štite celulozna vlakna od degradacije. Histokemijski, lignin dokazujemo anilinsulfatom pri čemu nastaje žuto obojenje ili alkoholnom otopinom fluoroglucinola i kloridne kiseline pri čemu nastaje ružičasto-crveno obojenje.

Čvrstoću staničnoj stijenci daju i različiti minerali, najčešće silicij-dioksid, kalcij-oksalat i kalcij-karbonat. Njihovo ulaganje u stanične stijenke povećava zaštitu biljaka od životinja. Prisutnost mikoorganizama može uzrokovati razgradnju staničnih stijenki i nastajanje sluzi šećernog karaktera. Takve se promjene staničnih stijenki nazivaju i gelifikacija.

1.1. Dokaz celuloze u staničnoj stijenci

Materijali: trihomi sjemenke pamučike (*Gossypium herbaceum* L.) - vata.

Pribor: predmetnice, pokrovnice, histološke iglice, kapaljka, pinceta, oštri nožić, filter-papir, svjetlosni mikroskop.

Kemikalije: destilirana voda, vodena otopina klor-cink-joda, Lugolova otopina, razrijeđena H_2SO_4 .

Zadatci:

1. Dokaz celuloze u trihomima sjemenke pamučike (*Gossypium herbaceum* L.)

a) trihomi sjemenke pamučike u vodi

Priprema preparata:

Kapaljkom nanosite jednu do dvije kapi destilirane vode na predmetnicu. Histološkom iglicom odvojite nekoliko trihoma sjemenke pamučike i rasporedite ih u kapi vode na predmetnici. Prekrijte trihome pokrovnicom i promatrajte ih pod svjetlosnim mikroskopom.



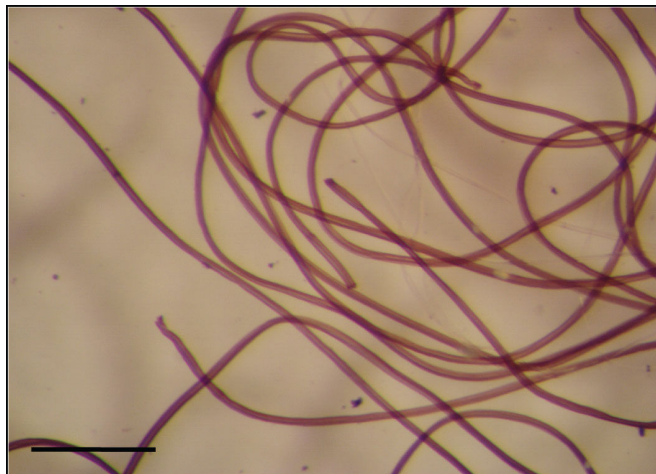
Slika 1. Trihomi sjemenke pamučike (*Gossypium herbaceum* L.) u vodi (Skala = 50 μm).

b) dokaz celuloze u trihomima sjemenke pamučike histokemijskom reakcijom s vodenom otopinom klor-cink-joda

Priprema preparata:

Kapaljkom nanosite jednu do dvije kapi vodene otopine klor-cink-joda na predmetnicu. Histološkom iglicom odvojite nekoliko trihoma sjemenke pamučike i rasporedite ih na

predmetnici. Prekrijte trihome pokrovnicom i promatrajte ih pod svjetlosnim mikroskopom.

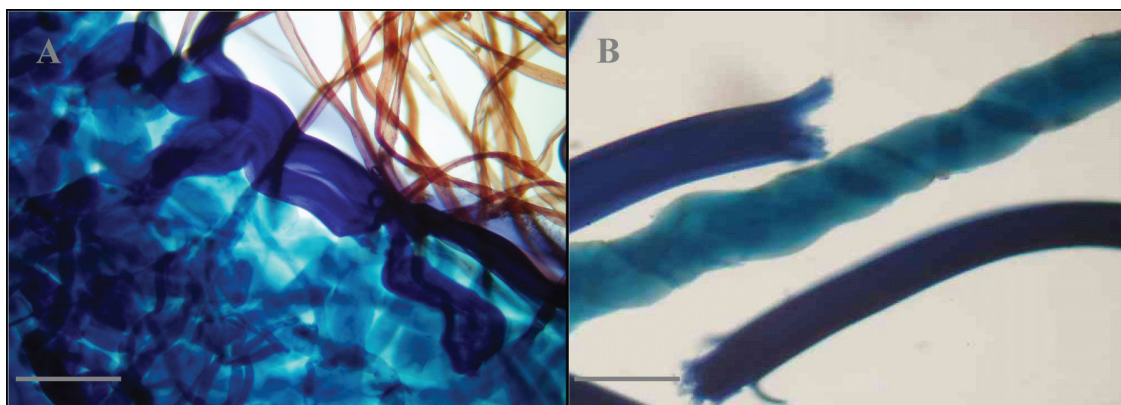


Slika 2. Trihomi sjemenke pamučike (*Gossypium herbaceum* L.) u vodenoj otopini klor-cink-joda (Skala = 50 μm).

c) dokaz celuloze u trihomima sjemenke pamučike Lugolovom otopinom i razrijeđenom H_2SO_4

Priprema preparata:

Kapaljkom nanosite jednu do dvije kapi Lugolove otopine na predmetnicu. Histološkom iglicom odvojite nekoliko trihoma sjemenke pamučike i rasporedite ih na predmetnici. Prekrijte trihome pokrovnicom i promatrajte ih pod svjetlosnim mikroskopom. Ne pomičući objektiv mikroskopa, uz pokrovnicu kapnite kap razrijeđene H_2SO_4 . Uz suprotnu stranu pokrovnice prislonite komadić filter-papira i lagano ga pritisnite uz pokrovnicu kako bi se kiselina ravnomjerno rasporedila oko trihoma pamučike. Pratite promjene na trihomima nastale dodavanjem H_2SO_4 .



Slika 3. Trihomi sjemenke pamučike (*Gossypium herbaceum* L.) u Lugolovoj otopini i razrijeđenoj H_2SO_4 ; A - razlijevanje razrijeđene H_2SO_4 oko trihoma u Lugolovoj otopini, B – zadebljali trihomi (Skala = 50 μm).

Trihomi su sjemenke pamučike dugi, nitasti, bezbojni i ispunjeni zrakom. Građeni su od celuloze što dokazuje pojava ružičastog obojenja trihoma nastalog histokemijskom reakcijom s vodenom otopinom klor-cink-joda te modrog obojenja u Lugolovoj otopini i razrijeđenoj H_2SO_4 . U prisutnosti razrijeđene H_2SO_4 trihomi sjemenke pamučike zadebljavaju, a karakteristični se uvinuti dijelovi trihoma ne primjećuju. Zadebljavanje trihoma uzrokovano je bubrenjem pektina u sastavu stijenke trihoma pamučike.

1.2. Dokaz kutina u staničnoj stijenci

Materijali: list sanseverije (*Sansevieria trifasciata* Prain).

Pribor: predmetnice, pokrovnice, histološke iglice, kapaljka, pinceta, žileti, oštri nožić, svjetlosni mikroskop.

Kemikalije: destilirana voda, vodena otopina klor-cink-joda, Lugolova otopina.

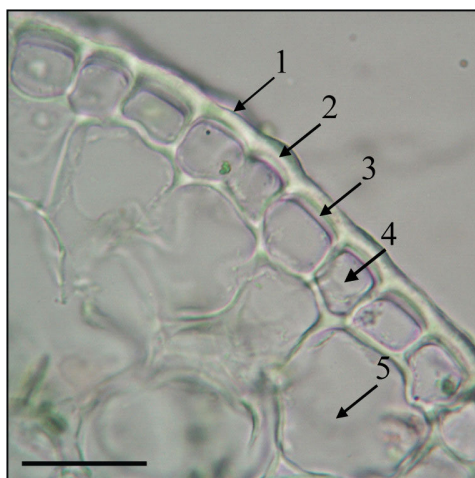
Zadatci:

1. Dokaz kutina u staničnoj stijenci epiderme lista sanseverije (*Sansevieria trifasciata* Prain)

a) poprečni prerez epiderme lista sanseverije u vodi

Priprema preparata:

Kapaljkom nanosite jednu do dvije kapi destilirane vode na predmetnicu. Oštrim nožićem odrežite dio lista sanseverije dužine do 1 cm. Postavite ga u srčiku bazge i žiletom načinite tanak poprečni prerez lista. Histološkom iglicom prenesite prerez u vodu na predmetnici, pokrijte pokrovnicom i promatrajte pod mikroskopom.

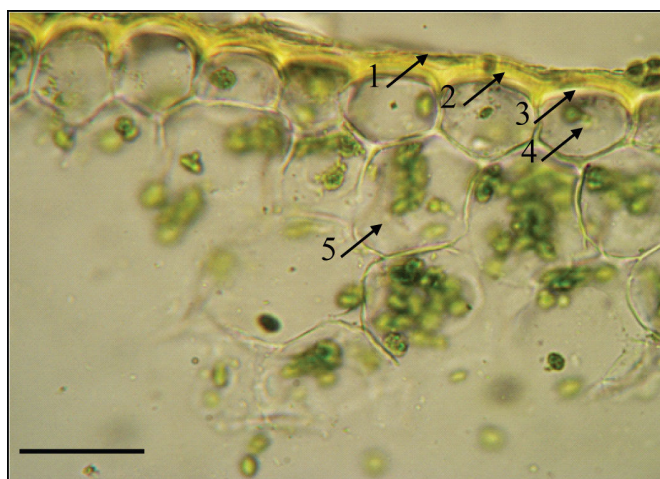


Slika 4. Poprečni prerez epiderme lista sanseverije (*Sansevieria trifasciata* Prain); 1 – kutikula, 2 – kutinizirani sloj, 3 – celulozne stijenske, 4 – epidermska stanica, 5 – stanica mezofila (Skala = 50 μ m).

b) dokaz kutina u epidermi lista sanseverije histokemijskom reakcijom s vodenom otopinom klor-cink-joda

Priprema preparata:

Kapnite jednu do dvije kapi vodene otopine klor-cink-joda na predmetnicu. Oštrim nožićem odrežite dio lista sanseverije dužine do 1 cm. Postavite ga u srčiku bazge i žiletom načinite tanak poprečni prerez lista. Histološkom iglicom prenesite prerez u vodenu otopinu klor-cink-joda na predmetnici, pokrijte pokrovnicom i promatrajte pod mikroskopom.



Slika 5. Poprečni prerez epiderme lista sanseverije (*Sansevieria trifasciata* Prain) u vodenoj otopini klor-cink-joda; 1 – kutikula, 2 – kutinizirani sloj (dokaz kutina klor-cink-jodom, žuto obojenje), 3 - celulozne stijenke, 4 - epidermska stanica, 5 – stanica mezofila s kloroplastima (Skala = 50 μ m).

c) dokaz kutina u epidermi lista sanseverije Sudan III reagensom

Priprema preparata:

Nanesite jednu do dvije kapi Sudan III reagensa na predmetnicu. Oštrim nožićem odrežite dio lista sanseverije dužine do 1 cm. Postavite ga u srčiku bazge i žiletom načinite tanak prerez lista. Histološkom iglicom prenesite prerez u otopinu Sudan III reagensa na predmetnici, pokrijte pokrovnicom i promatrajte pod mikroskopom.



Slika 6. Poprečni prerez epiderme lista sanseverije (*Sansevieria trifasciata* Prain) u Sudan III reagensu; 1 – kutikula, 2 – kutinizirani sloj (dokaz kutina Sudanom III- narančasto-crveno obojenje), 3 – celulozne stijenke, 4 – epidermska stanica, 5 – stanica mezofila (Skala = 50 μm).

Površinu lista sanseverije prekriva epiderma, primarno kožno tkivo izgrađeno od jednog sloja stanica. Između epidermskih stanica nema intercelulara. Stanice su približno jednakih dimenzija i manje su od stanica mezofila koji ispunjava središnji dio lista. Epidermske stanice sadrže veliku vakuolu i citoplazmu s jezgrom i leukoplastima, ali ne sadrže kloroplaste. Stanična stijenka epidermskih stanica neravnomjerno je zadebljala. Kutin uložen u stanične stijenke epidermskih stanica tvori tzv. kutinizirani sloj, dok čisti kutin izlučen na površini epidermskih stanica tvori kutikulu. Žuto obojenje zadebljanih dijelova stanične stijenke rezultat je histokemijske reakcije kutina i vodene otopine klorcink-joda. Narančasto-ružičasto obojenje zadebljanih dijelova stanične stijenke nastalo je histokemijskom reakcijom kutina i Sudan III reagensa.

1.3. Dokaz suberina u staničnoj stijenci

Materijal: pluteni čep (pluto stabljike hrasta plutnjaka, *Quercus suber* L.).

Pribor: predmetnice, pokrovnice, satno stakalce, oštri nožić, žilet, kapaljka, pinceta, plamenik ili špiritna lampa, svjetlosni mikroskop.

Kemikalije: otopina kalijevog hidroksida (KOH), Sudan III reagens, alkoholna otopina fluoroglucinola, koncentrirana kloridna kiselina (konc. HCl).

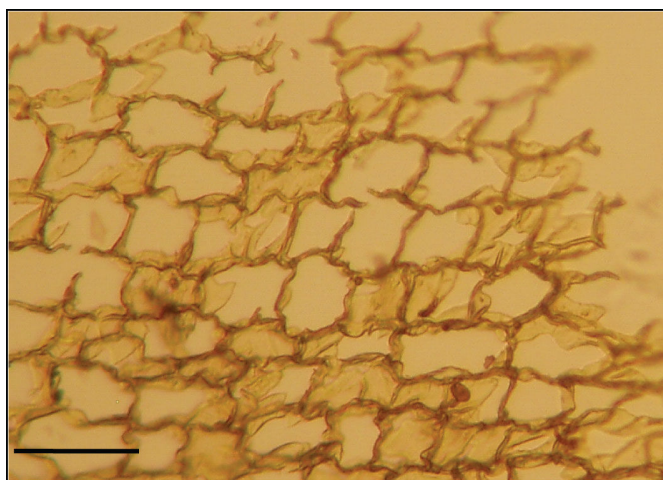
Zadatci:

1. Dokaz suberina u plutu stabljike hrasta plutnjaka (*Quercus suber* L.)

a) poprečni prerez pluta stabljike hrasta plutnjaka (*Quercus suber* L.) u glicerinu

Priprema preparata:

Kapnite jednu do dvije kapi glicerina na predmetnicu. Oštrim nožićem načinite tanki poprečni prerez pluta stabljike hrasta plutnjaka (pluteni čep). Histološkom iglicom prenesite prerez u glicerinu na predmetnici, prekrijte pokrovnicom i promatrajte pod mikroskopom.

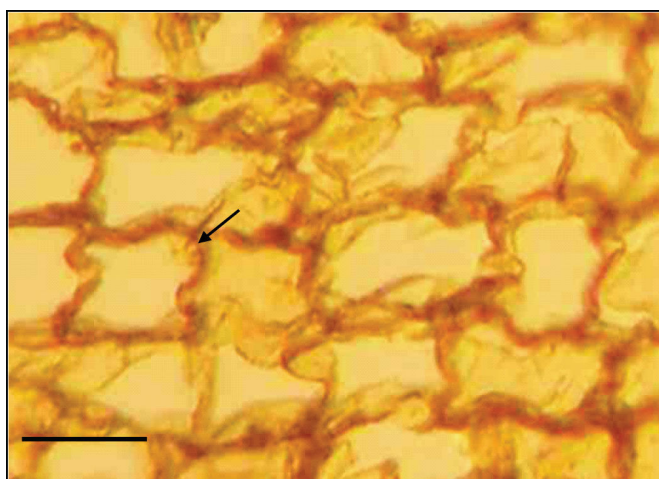


Slika 7. Stanice pluta stabljike hrasta plutnjaka (*Quercus suber* L.) u glicerinu (Skala = 50 μ m).

b) dokaz suberina na poprečnom prerezu pluta stabljike hrasta plutnjaka (*Quercus suber* L.) otopinom KOH

Priprema preparata:

Kapnite jednu do dvije kapi otopine KOH na predmetnicu. Žiletom načinite tanki poprečni prerez pluta stabljike hrasta plutnjaka. Histološkom iglicom prenesite prerez na predmetnicu, prekrijte pokrovnicom i promatrajte pod mikroskopom.

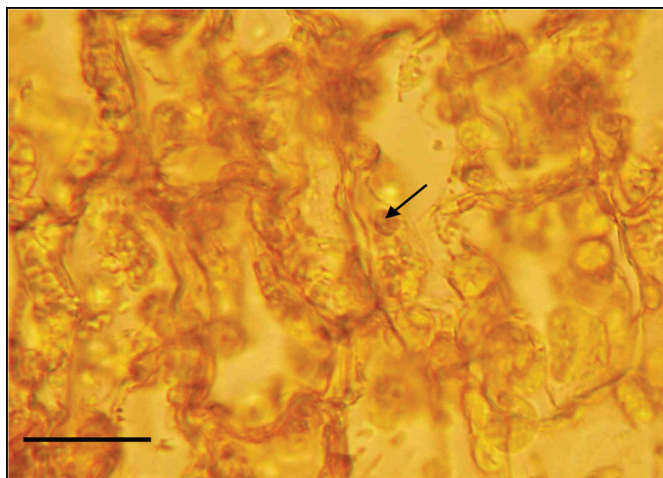


Slika 8. Pluto stabljike hrasta plutnjaka (*Quercus suber* L.) u otopini KOH. Strjelica – suberinizirana stanična stijenka (Skala = 50 μ m).

c) zagrijavanje poprečnog prereza pluta stabljike hrasta plutnjaka (*Quercus suber* L.) u otopini KOH

Priprema preparata:

Predmetnicu s poprečnim prerezom pluta stabljike hrasta plutnjaka (*Quercus suber* L.) u otopini KOH lagano i kratko zagrijavajte nad plamenom plamenika ili špiritne lampe. Proučite poprečni prerez pluta stabljike hrasta plutnjaka nakon zagrijavanja pod mikroskopom.

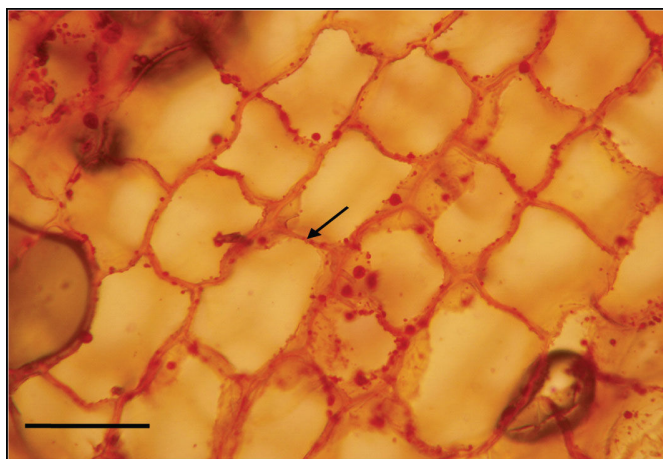


Slika 9. Stanice pluta stabljike hrasta plutnjaka (*Quercus suber* L.) u otopini KOH nakon zagrijavanja. Strjelica – otopljeni suberin (Skala = 50 μ m).

c) dokaz suberina u plutu stabljike hrasta plutnjaka (*Quercus suber* L.) Sudan III reagensom

Priprema preparata:

Kapaljkom kapnite jednu do dvije kapi Sudan III reagensa na predmetnicu. Žiletom načinite tanki poprečni prerez pluta stabljike hrasta plutnjaka. Histološkom iglicom prenesite prerez na predmetnicu, prekrijte pokrovnicom i promatrajte pod mikroskopom.



Slika 10. Pluto stabljike hrasta plutnjaka (*Quercus suber* L.) u Sudan III reagensu. Strjelica – suberinizirana stanična stijenska (Skala = 50 μ m).

Pluto (felem) sekundarno je kožno tkivo koje prekriva površinu biljnih organa, uglavnom stabljika i grana. Stanice su pluta na poprečnom prerezu pravokutnog oblika i između stanica nema intercelulara. Stanice pluta imaju zadebljale, suberinizirane stanične stijenke. Suberin uložen u stanične stijenke lipofilan je i čini stijenke nepropusnima za vodu zbog čega stanice pluta brzo ugibaju. Suberin u staničnim stijenkama dokazujemo histokemijskom reakcijom s otopinom KOH (pojava žutog obojenja) i Sudan III reagensom (crveno obojenje). Suberin se zagrijavanjem otapa i u obliku kapi izlučuje iz staničnih stijenki.

1.4. Dokaz suberina u staničnim stijenkama stanica otvora za prozračivanje - lenticela

Materijal: stabljika bazge (*Sambucus nigra* L.), stabljika breze (*Betula pendula* L.).

Pribor: predmetnice, pokrovnice, satno stakalce, oštri nožić, žilet, kapaljka, pinceta, svjetlosni mikroskop.

Kemikalije: alkoholna otopina fluoroglucinola, koncentrirana kloridna kiselina (konc. HCl).

Zadatci:

1. Lenticele na stabljici bazge (*Sambucus nigra* L.).

Proučite oblik, veličinu i smjer pružanja lenticela na grančici bazge.



Slika 11. Lenticele na stabljici bazge (*Sambucus nigra* L.). Strjelica – lenticele.

2. Lenticele na stabljici breze (*Betula pendula* L.)

Proučite oblik, veličinu i smjer pružanja lenticela na grančici breze.



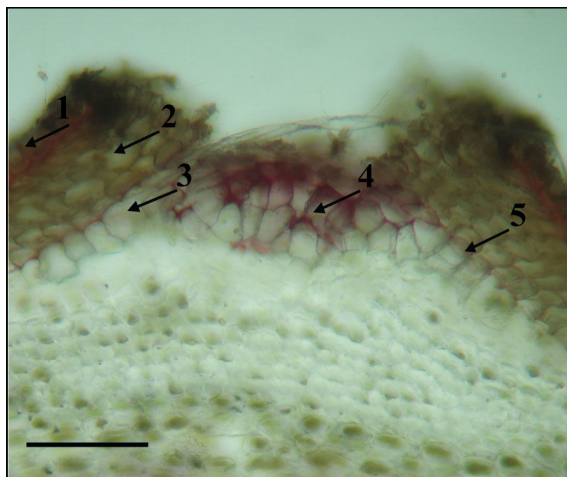
Slika 12. Lenticele na stabljici breze (*Betula pendula* L.). Strjelica – lenticele.

3. Građa lenticle

a) uzdužni prerez kroz lenticelu bazge (*Sambucus nigra* L.)

Priprema preparata:

Na satno stakalce kapnite nekoliko kapi alkoholne otopine fluoroglucinola i nekoliko kapi konc. HCl. Kapaljkom nanesite jednu do dvije kapi na predmetnicu. Oštrim nožićem izdvojite lenticelu bazge i postavite je u bazginu srčiku. Žiletom načinite tanki uzdužni prerez kroz lenticelu. Histološkom iglicom prenesite prerez kroz lenticelu bazge u alkoholnu otopinu fluoroglucinola na satnom stakalcu. Nakon pojave ružičasto-crvenkastog obojenja prerez lenticle prenesite pincetom ili histološkom iglicom na predmetnicu, prekrijte pokrovnicom i promatrajte pod mikroskopom.



Slika 13. Uzdužni prerez kroz lenticelu na stabljici bazge (*Sambucus nigra* L.); 1- epiderma s kutikulom, 2 - pluto, 3 - feloderma, 4 - rahlo staničje, 5 - felogen (Skala = 50 μ m).

Pluto (felem) nastaje diobama plutnog kambija (felogena), lateralnog (bočnog) meristema cilindričnog oblika prema van. Pluto štiti unutrašnja biljna tkiva od mehaničkih ozljeda, isušivanja, životinja i patogeni. U stanične stijenke pluta uložen je suberin zbog čega stanice ne propuštaju vodu i brzo odumiru. Budući da je pluto mrtvo tkivo kroz koje nije moguća izmjena plinova, na površini biljnih organa nastaju otvori za prozračivanje koje nazivamo **lenticle**. Lenticle nastaju odmah ispod puči djelovanjem felogena čijim diobama prema van umjesto pluta nastaju stanice **rahlog staničja**, mrtvog tkiva

izgrađenog od parenhimskih stanica ispunjenih zrakom i tankih staničnih stijenki u koje su uložene manje količine suberina. Kako se tijekom diobe felogena broj stanica povećava, rahlo se staničje uzdigne i probije epidermu te nastaje otvor lenticele kroz koji se izmjenjuju plinovi i izlučuje vodena para. Lenticele su uočljive makroskopski u obliku kvržica ili pruga i imaju različiti smjera pružanja. Tako bazga ima vretenaste i uzdužno orijentirane lenticele, dok su za brezu karakteristične prugaste i poprijeko (okomito na rast stabljike) orijentirane lenticele.

Diobama plutnog kambija prema unutra nastaje feloderma, tkivo građeno od jednog ili više slojeva stanica koje imaju celulozne stanične stijenke i sadrže kloroplaste. Pluto, felogen i feloderma zajedno čine peridermu – zaštitno kožno tkivo.

1.5. Dokaz lignina

Materijal: stabljika velikolisne vučje stope (*Aristolochia sipho* L.).

Pribor: predmetnice, pokrovnice, satno stakalce, žilet, kapaljka, pinceta, histološka iglica, svjetlosni mikroskop.

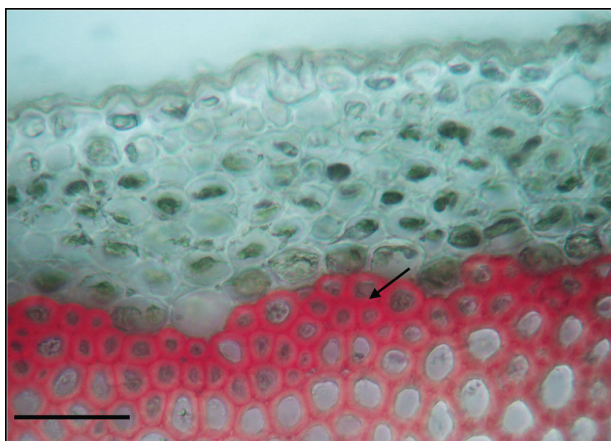
Kemikalije: destilirana voda, alkoholna otopina fluoroglucinola, konc. HCl.

Zadatci:

1. Dokaz lignina na poprečnom prerezu stabljike velikolisne vučje stope (*Aristolochia sipho* L.)

Priprema preparata:

Na satno stakalce kapnite nekoliko kapi alkoholne otopine fluoroglucinola i konc. HCl. Jednu do dvije kapi alkoholne otopine fluoroglucinola kapnite i na predmetnicu. Oštrim nožićem odrežite oko 1 cm stabljike velikolisne vučje stope i odrezani dio postavite okomito u bazginu srčiku. Žiletom načinite tanak poprečni prerez stabljike vučje stope i prenesite ga u otopinu reagensa na satnom stakalcu. Nakon pojave ružičasto-crvenog obojenja prenesite prerez histološkom iglicom na predmetnicu, prekrijte pokrovnicom i promatrajte pod mikroskopom.



Slika 14. Poprečni prerez stabljike velikolisne vučje stope (*Aristolochia sipho* L.) u alkoholnoj otopini fluoroglucinola i konc. HCl. Strjelica – lignizirana stanična stijenka (Skala = 50 μ m).

Histokemijskom reakcijom alkoholne otopine fluoroglucinola i konc. HCl s ligninom uloženim između mikrofibrila u stanične stijenke nastaje specifično ružičasto-crveno obojenje.

2. ERGASTIČNE TVOREVINE

Ergastične tvorevine ili sekundarni produkti izmjene tvari nagomilavaju se u stanici kao pričuvene tvari, građevne tvari ili otpadni produkti.

Najvažnije pričuvene tvari su: škrobna zrnca, aleuronska zrnca, pričuvene bjelančevine, masti, eterična ulja i smole.

ŠKROB

Tijekom dana procesima fotosinteze u stromi kloroplasta nastaju molekule α -glukoze. Njihovom polimerizacijom formiraju se zrnca asimilacijskog škroba. Djelovanjem enzima amilaze asimilacijski se škrob razgrađuje, transportira u amiloplaste i pohranjuje se u obliku zrnaca pričuvnog škroba. U građi škrobnih zrnaca razlikujemo središte zametanja i slojeve. Tijekom nastanka škrobnog zrnca prvo nastaje središte zametanja. Slojevi koji se formiraju oko središta zametanja razlikuju se zbog prisutnosti različite količine vode i dolaska škroba na mahove. Tamniji slojevi sadrže više vode, a svjetliji manje. Taloženjem tih slojeva škrobno zrno raste. Ako se škrobno zrnce zametne u središtu amiloplasta, nastaje **centrično slojanje** jer škrobna masa pritječe jednoliko sa svih strana. Zametanjem škrobnog zrnca uz rub amiloplasta nastaje **ekscentrično slojanje** jer škrobna masa ne pritječe jednoliko.

Škrobna zrnca mogu biti jednostavna, polusastavljena i sastavljena. Jednostavna škrobna zrnca nastaju ako u amiloplastu postoji samo jedno središte zametanja koje može biti smješteno u sredini ili uz rub amiloplasta. Ako u amiloplastu nastaje više središta zametanja, svako sa svojim slojevima, nastaje **sastavljeno zrnce**. Sastavljena škrobna zrnca nisu čvrsto povezana i lako se raspadaju. Ponekad se u amiloplastu zametne više škrobnih zrnaca koja su obavijena zajedničkim ovojem, a nazivamo ih **polusastavljena**.

Oblik i veličina zrnaca škroba različiti su i odlika su vrste.

Škrobno zrnce izgrađeno je od dvije modifikacije škroba: amiloze i amilopektina.

Amiloza je nerazgranati polimer α -glukoze. Topiva je u vodi. U Lugolovoj otopini poprima modru boju. Prevladava u unutarnjem dijelu škrobnog zrnca.

Amilopektin je razgranati polimer α -glukoze. Bubri u vodi, a u Lugolovoj otopini poprima ljubičastu boju. Prevladava u perifernom dijelu škrobnog zrnca.

Pričuvni se škrob pohranjuje u sjemenkama i podzemnim organima. Pronađen je i u parenhimskim stanicama kore, provodnom tkivu stabljike i korijena te u kotiledonima. Hidrolizu pričuvnog škroba omogućuju tri enzima: α -amilaza (prevodi škrob u dekstrine), β -amilaza (prevodi dekstrine u maltozu) i maltaza koja maltozu prevodi u α -glukozu. Pričuvni se škrob troši za klijanje i razvoj nadzemnih organa.

PROTEINI

Proteini su složeni organski spojevi građeni od aminokiselina koje su međusobno povezane peptidnom vezom. S obzirom na funkciju dijelimo ih na: strukturne, enzimske i pričuvne proteine. Strukturni proteini sudjeluju u izgradnji protoplazme. Enzimski proteini kataliziraju kemijske reakcije, a da se pri tome sami ne mijenjaju. Enzimi koji kataliziraju različite tipove oksido-redukcijskih reakcija su peroksidaze. Pričuvni proteini skladište se i izvor su aminokiselina potrebnih za sintezu novih proteina. U nedostatku vode kristaliziraju i formiraju aleuronska zrnca.

PEROKSIDAZE

Peroksidaze su enzimi s brojnim fiziološkim funkcijama. Sudjeluju u završnom koraku biosinteze lignina i etilena, u suberinizaciji, katabolizmu auksina, zacjeljivanju ozljeda, u obrani od patogena.

ALEURONSKA ZRNCA

Aleuronska su zrnca bjelančevinasta zrnca. Nastaju u vakuolama stanica sjemenki, u endospermu i kotiledonima. Različitih su veličina. Ako nastaju u stanicama u kojima je i veća količina ulja, velikih su dimenzija (sjemenke ricinusa). Ako se nalaze u stanicama sa škrobnim zrcima u kojima nema ulja, tada su aleuronska zrnca sitna (sjemenke graška). Jednostavna aleuronska zrnca obavijena su bjelančevinastom ovojnicom, a unutrašnjost im je ispunjena jednostavnim bjelančevinama, albuminima topivima u vodi.

U velikih i složenih zrnaca u bjelančevinastoj masi razlikujemo globoid i kristaloid.

Globoidi su kalcijeve i magnezijeve soli inozitheksafosforne kiseline. Kuglastog su, rjeđe grozdastog oblika. Kristaloid je kristal bjelančevine koji se nalazi u sredini aleuronskog

zrnca, a obavijen je amorfnom bjelančevinastom masom. Aleuronska zrnca u histokemijskoj reakciji s Lugolovom otopinom poprimaju žuto obojenje.

TANINI

Tanini su fenolni polimeri velike relativne molekulske mase. Dijelimo ih u dvije skupine: kondenzirane tanine i tanine koji se mogu hidrolizirati. Kondenzirani su tanini nastali povezivanjem flavonoidnih jedinica. Djelovanjem jakih kiselina mogu se hidrolizirati do antocijanidina. Tanini koji se mogu hidrolizirati polimeri su koji sadrže jednostavne šećere i fenolne kiseline od koji je najzastupljenija galna kiselina. Zajedničko je svojstvo svih tanina laka topivost u vodi. Pojavljuju se u obliku zrnaca različite veličine i boje. Nalazimo ih u listovima mnogih biljaka, provodnim tkivima, peridermi, u većim nakupinama ili u pojedinim stanicama (taninski idioblasti). Budući da denaturiraju proteine, imaju obrambena svojstva i štite biljku od životinja i napada različitih mikroorganizama.

2.1. Škrobna zrnca

Materijal: gomolj krumpira (*Solanum tuberosum* L.), sjemenke graha (*Phaseolus vulgaris* L.), sjemenke kukuruza (*Zea mays* L.), sjemenke zobí (*Avena sativa* L.), sjemenke riže (*Oryza sativa* L.), plod banane (*Musa* sp. L.), gomolj zlatice (*Ranunculus ficaria* L.).

Pribor: predmetnice, pokrovnice, histološke iglice, kapaljka, pinceta, oštri nožić, špiritna lampa, svjetlosni mikroskop.

Kemikalije: Lugolova otopina, alkoholna otopina željezo(III)-klorida (FeCl_3), toluidinsko modrilo u benzoatnom puferu, destilirana voda.

Zadatci:

1. Škrobna zrnca gomolja krumpira (*Solanum tuberosum* L.)

a) škrobna zrnca gomolja krumpira u vodi

Priprema preparata:

Na predmetnicu kapaljkom nanesite jednu do dvije kapi destilirane vode. Oštrim nožićem razrežite gomolj krumpira, sastružite manju količinu škrobnih zrnaca, prenesite ih u destiliranu vodu na predmetnici i prekrijte pokrovnicom. Pod mikroskopom proučite škrobna zrnca.



Slika 15. Škrobna zrnca gomolja krumpira (*Solanum tuberosum* L.) u vodi. Strjelica - ekscentrično slojanje jednostavnog škrobnog zrnca (Skala = 50 μm).

b) škrobna zrnca gomolja krumpira u Lugolovoj otopini

Priprema preparata:

Na predmetnicu kapaljkom nanesite nekoliko kapi Lugolove otopine. Oštrim nožićem razrežite gomolj krumpira, sastružite manju količinu škrobnih zrnaca, prenesite ih u Lugolovu otopinu na predmetnici i prekrijte pokrovnicom. Pod mikroskopom proučite škrobna zrnca.

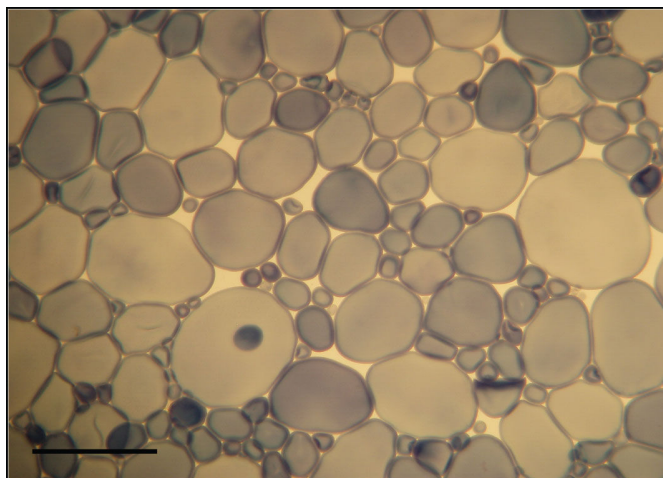


Slika 16. Škrobna zrnca gomolja krumpira (*Solanum tuberosum* L.) u Lugolovoj otopini; A - jednostavno škrobno zrnce, B i C - složena škrobna zrnca (Skala = 50 μm).

c) zagrijavanje škrobnih zrnaca gomolja krumpira u Lugolovoj otopini

Priprema preparata:

Na predmetnicu kapaljkom nanesite nekoliko kapi Lugolove otopine. Oštrim nožićem razrežite gomolj krumpira, sastružite manju količinu škrobnih zrnaca, prenesite ih u Lugolovu otopinu na predmetnici i prekrijte pokrovnicom. Pokrovnicu kratko zagrijavajte na plamenu špiritne lampe. Pod mikroskopom proučite škrobna zrnca.



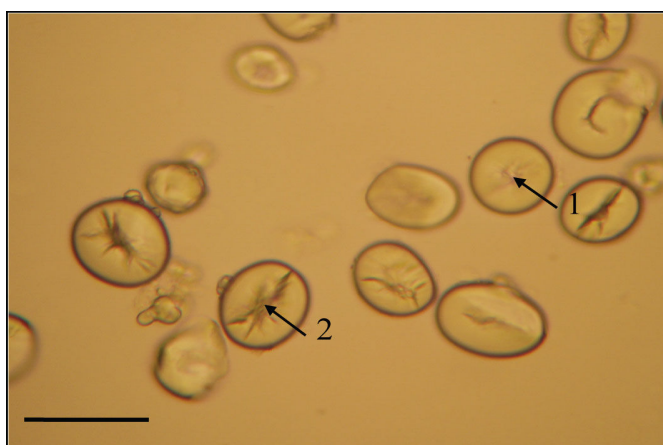
Slika 17. Škrobna zrnca gomolja krumpira (*Solanum tuberosum* L.) u Lugolovoj otopini nakon zagrijavanja (Skala = 50 μm).

2. Škrobna zrnca sjemenki u vodi

a) škrobna zrnca sjemenke graha (*Phaseolus vulgaris* L.) u vodi

Priprema preparata:

Na predmetnicu kapaljkom nanosite nekoliko kapi destilirane vode. Oštrim nožićem uzdužno razrežite sjemenku graha, sastružite manju količinu škrobnih zrnaca, prenesite ih u destiliranu vodu na predmetnici i prekrijte pokrovnicom. Pod mikroskopom proučite škrobna zrnca.



Slika 18. Škrobna zrnca sjemenke graha (*Phaseolus vulgaris* L.) u vodi; 1 - centrično slojanje škrobnog zrnca, 2 – hilum (Skala = 50 μm).

b) škrobna zrnca sjemenke kukuruza (*Zea mays* L.) u vodi

Priprema preparata:

Na predmetnicu kapaljkom nanesite nekoliko kapi destilirane vode. Oštrim nožićem razrežite sjemenke kukuruza, sastružite manju količinu škrobnih zrnaca, prenesite ih u destiliranu vodu na predmetnici i prekrijte pokrovnicom. Pod mikroskopom proučite škrobna zrnca.

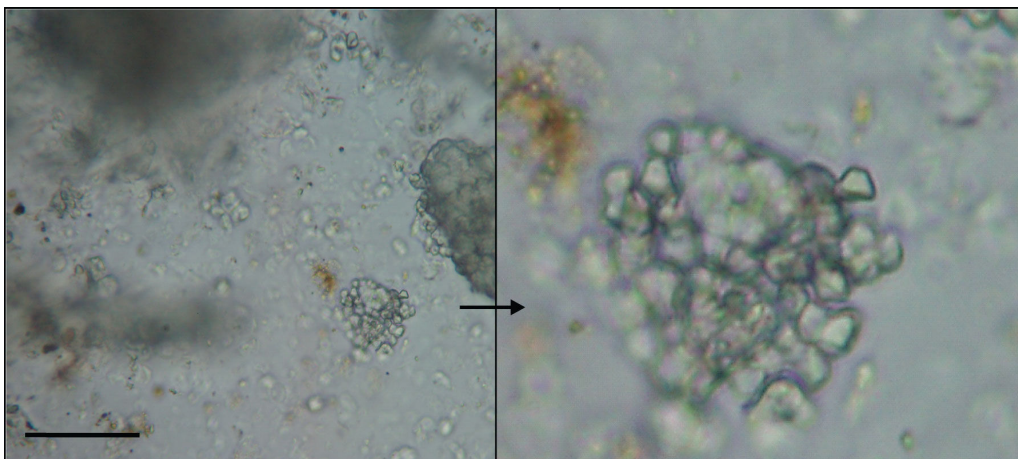


Slika 19. Škrobna zrnca sjemenke kukuruza (*Zea mays* L.) u vodi. Strjelica – hilum
(Skala = 50 μm).

c) škrobna zrnca sjemenke riže (*Oryza sativa* L.) u vodi

Priprema preparata:

Na predmetnicu kapaljkom nanesite nekoliko kapi destilirane vode. Oštrim nožićem razrežite sjemenku riže, sastružite manju količinu škrobnih zrnaca iz sredine sjemenke, prenesite ih u destiliranu vodu na predmetnici i prekrijte pokrovnicom. Pod mikroskopom proučite škrobna zrnca.

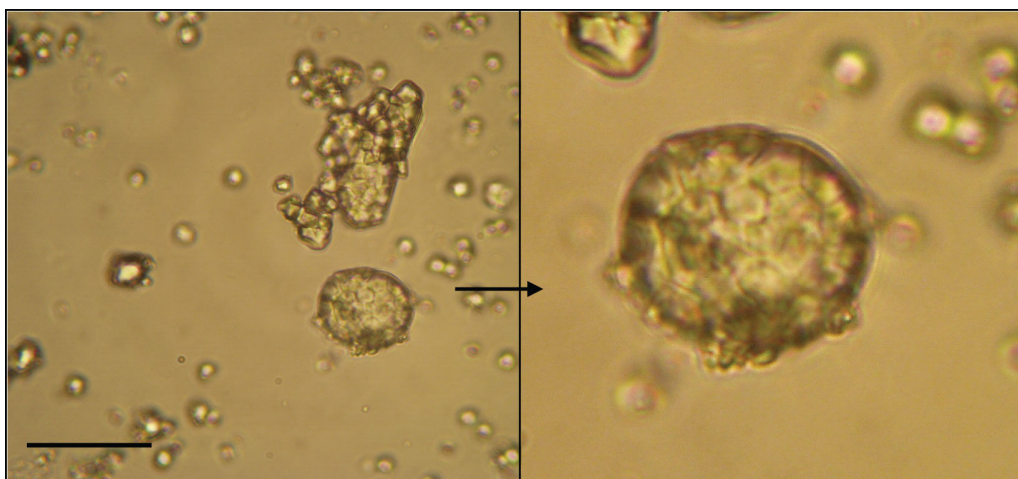


Slika 20. Škrobna zrnca sjemenke riže (*Oryza sativa* L.) u vodi (Skala = 50 μ m).

d) škrobna zrnca sjemenke zobí (*Avena sativa* L.) u vodi

Priprema preparata:

Na predmetnicu kapaljkom nanesite nekoliko kapi destilirane vode. Oštrim nožićem razrežite sjemenku zobí, sastružite manju količinu škrobnih zrnaca iz sredine sjemenke, prenesite ih u destiliranu vodu na predmetnici i prekrijte pokrovnicom. Pod mikroskopom proučite škrobna zrnca.

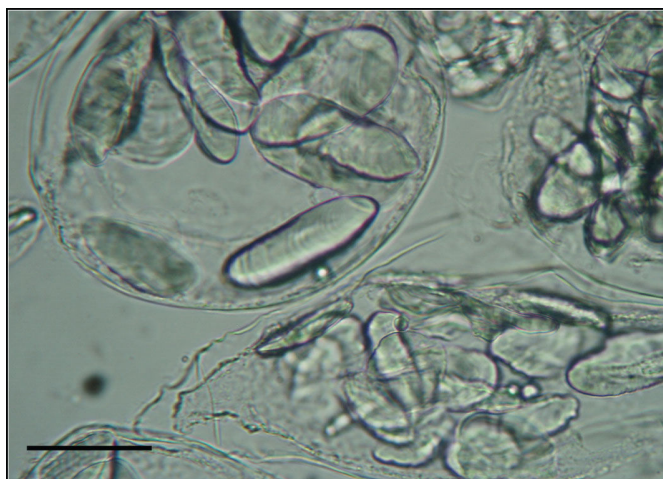


Slika 21. Škrobna zrnca sjemenke zobí (*Avena sativa* L.) u vodi (Skala = 50 μ m).

e) škrobna zrnca ploda banane (*Musa* sp. L.) u vodi

Priprema preparata:

Na predmetnicu kapaljkom nanosite jednu do dvije kapi destilirane vode. Oštrim nožićem razrežite plod banane, sastružite manju količinu škrobnih zrnaca, prenesite ih u destiliranu vodu na predmetnici i prekrijte pokrovnicom. Pod mikroskopom proučite škrobna zrnca.



Slika 22. Škrobna zrnca ploda banane (*Musa* sp. L.) u vodi (Skala = 50 μ m).

Škrobna zrnca krumpira jedna su od najvećih škrobnih zrnaca. Kruškolikog su oblika, a mogu biti jednostavna, sastavljena ili polusastavljena. Ekscentričnog su slojanja koje nestaje uslijed zagrijavanja i isparavanja vode. Škrob u zrnima dokazujemo Lugolovom otopinom. Škrob tvori strukturu uzvojnice u koju se ugrađuje velik broj molekula joda uslijed čega nastaje intenzivno plavo obojenje.

Škrobna zrnca graha i kukuruza jednostavna su i centričnog slojanja. Škrobna su zrnca graha ovalnog ili okruglog, a škrobna zrnca kukuruza poligonalnog oblika. U sredini škrobnih zrnaca uočava se karakteristična pukotina (hilum). Hilum nastaje uslijed gubitka vode tijekom sazrijevanja sjemenki. Širi se u svim smjerovima te se središte zamaetanja škrobnih zrnaca ne može uočiti u starijim već samo u mladim i nedozrelim sjemenkama.

Škrobna zrnca riže i zobi sastavljena su, poligonalnog oblika i centričnog slojanja.

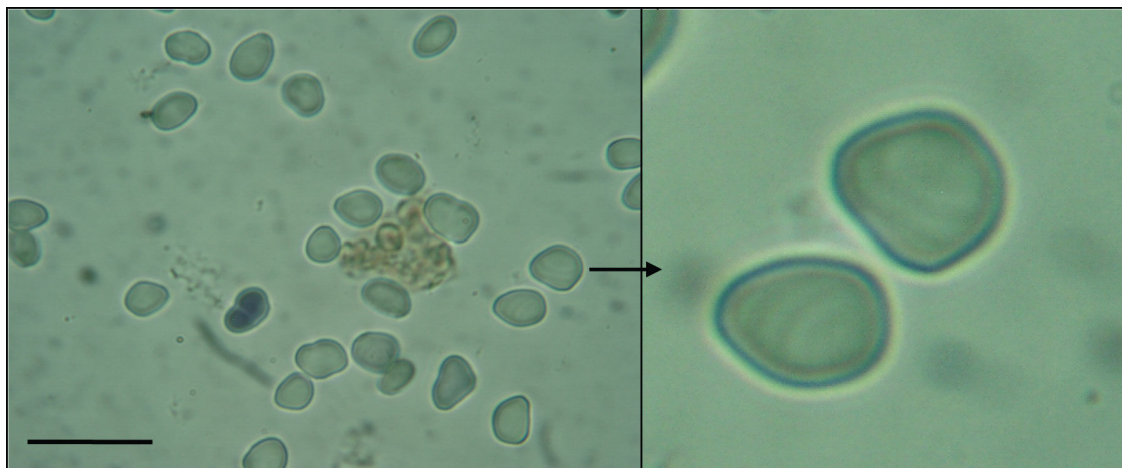
Škrobna zrnca riže sastoje se od 4 do 100 jednostavnih zrnaca oštih rubova. Škrobna zrnca zobi sastoje se od oko 300 jednostavnih zrnaca zaobljenih rubova.

Jednostavna škrobna zrnca izduženog oblika i ekscentričnog slojanja karakteristična su za plodove banane.

3. Dokaz škroba u gomolju zlatice (*Ranunculus ficaria* L.)

Priprema preparata:

Na predmetnicu kapaljkom nanesite nekoliko kapi Lugolove otopine. Oštrim nožićem razrežite gomolj zlatice, sastružite manju količinu škrobnih zrnaca iz središnjeg dijela gomolja, prenesite ih u Lugolovu otopinu na predmetnici i prekrijte pokrovnicom. Pod mikroskopom proučite škrobna zrnca.



Slika 23. Škrobna zrnca gomolja zlatice (*Ranunculus ficaria* L.) u Lugolovoj otopini (Skala = 50 μm).

Škrobna zrnca gomolje zlatice ovalnog su oblika i ekscentričnog slojanja.

2.2. Aleuronska zrnca

Materijal: pšeno pšenice (*Triticum aestivum* L.), sjemenke ricinusa (*Ricinus communis* L.).

Pribor: predmetnice, pokrovnice, histološke iglice, kapaljka, pinceta, oštri nožić, svjetlosni mikroskop.

Kemikalije: glicerol, Lugolova otopina, destilirana voda.

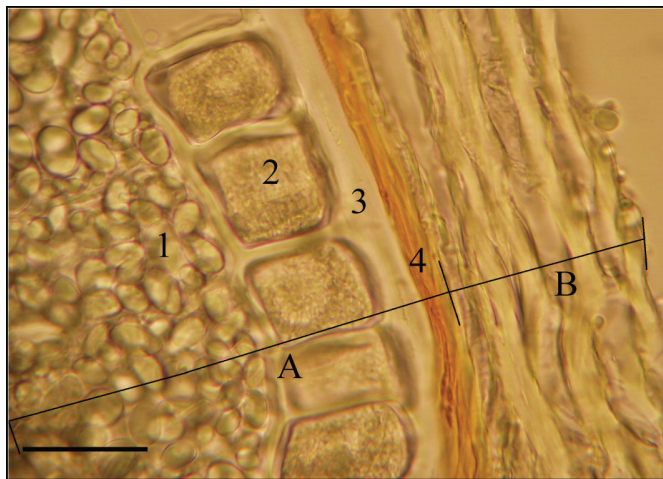
Zadatci:

1. Dokaz aleuronskih zrnaca u plodu pšenice (*Triticum aestivum* L.)

a) poprečni prerez ploda pšenice u glicerolu

Priprema preparata:

Oštrom nožićem poprečno razrežite plod pšenice. Na površinu jedne polovice nanesite nekoliko kapi glicerola kako bi tkiva omekšala. Jednu do dvije kapi glicerola kapnite na predmetnicu. Nakon nekoliko minuta žiletom načinite tanki poprečni prerez ploda pšenice. Histološkom iglicom prenesite prerez u kap glicerola na predmetnici, prekrijte pokrovnicom i proučite pod mikroskopom.

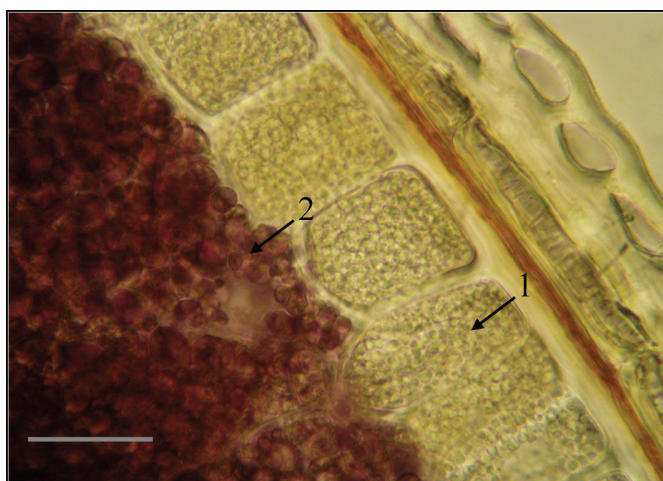


Slika 24. Poprečni prerez ploda pšenice (*Triticum aestivum* L.) u glicerolu; A - sjemenka, B - usplode, 1 - unutarnji sloj sekundarnog endosperma, 2 - vanjski sloj sekundarnog endosperma, 3 - ostaci nucela, 4 - sjemena lupina (Skala = 50 μ m).

b) aleuronska zrnca ploda pšenice u Lugolovoj otopini

Priprema preparata:

Na predmetnicu kapaljkom nanesite jednu do dvije kapi Lugolove otopine. Oštrim nožićem načinite tanki prerez ploda pšenice, prenesite ga u kap Lugolove otopine na predmetnici i prekrijte pokrovnicom. Pomoću mikroskopa proučite poprečni prerez ploda.



Slika 25. Poprečni prerez ploda pšenice (*Triticum aestivum* L.) u Lugolovoj otopini; 1 - vanjski sloj endosperma s aleuronskim zrcima, 2 - unutarnji sloj endosperma sa škrobnim zrcima (Skala = 50 μ m).

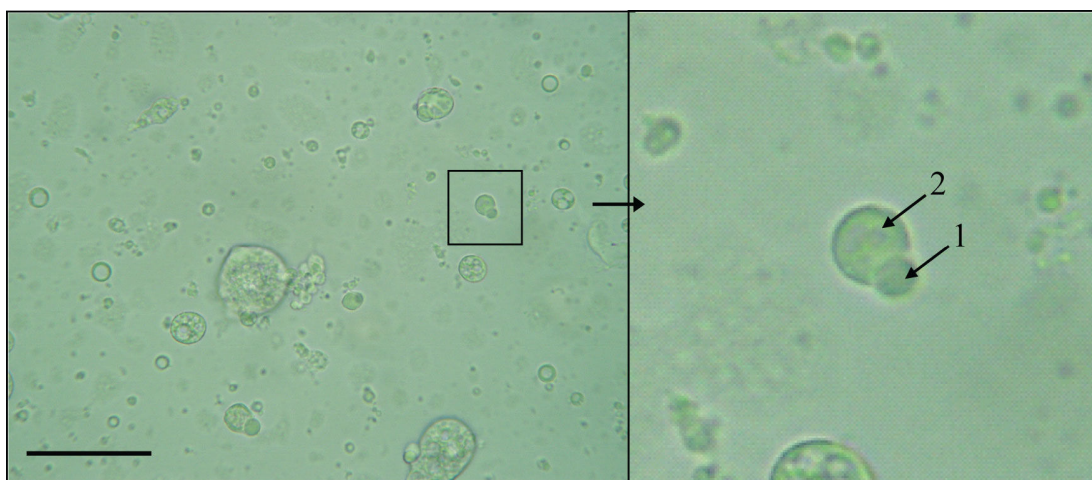
Na poprečnom prerezu ploda pšenice razlikujemo usplođe i sjemenku. Usplođe je relativno debeli sloj na površini ploda koji se sastoji od nekoliko slojeva mrtvih stanica s jako zadebljalom staničnom stijenkom. Najčešće se stanice usplođa jasno ne uočavaju jer se tijekom sazrijevanja ploda deformiraju i srastu tvoreći ovoj blijedožute boje. Sjemenka je srasla s usplođem. Obavijena je sjemenom lupinom (testa) ispod koje se nalaze ostatci nucela (hranjivo tkivo) i sekundarni endosperm (hranjivo tkivo). Vanjski dio endosperma čini jedan sloj stanica četvrtastog oblika. Stanice su ispunjene brojnim, sitnim aleuronskim zrcima. Najveći dio sekundarnog endosperma čine velike parenhimske stanice u koje su pohranjena jednostavna škrobna zrnca ovalnog oblika. Histokemijskom reakcijom škroba i Lugolove otopine škrobna zrnca poprimaju plavo obojenje, dok aleuronska zrnca ostaju žuto obojena.

2. Dokaz aleuronskih zrnaca u sjemenkama ricinusa (*Ricinus communis* L.)

a) aleuronska zrnca sjemenke ricinusa u glicerinu

Priprema preparata:

Na predmetnicu kapaljkom nanesite nekoliko kapi glicerina. Oštrim nožićem načinite tanki prerez sjemenke ricinusa i sastružite središnji dio sjemenke. Sastrugani dio prenesite u kap glicerina na predmetnici i prekrijte pokrovnicom. Proučite aleuronska zrnca pod mikroskopom.

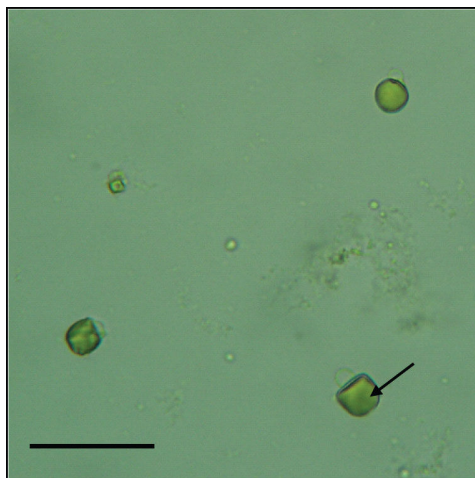


Slika 26. Aleuronska zrnca sjemenke ricinusa (*Ricinus communis* L.) u glicerinu; 1 - globoid, 2 - amorfna masa (Skala = 50 μm).

b) aleuronska zrnca sjemenke ricinusa u Lugolovoj otopini

Priprema preparata:

Na predmetnicu kapaljkom nanesite nekoliko kapi Lugolove otopine. Oštrim nožićem načinite tanki prerez sjemenke ricinusa i sastružite središnji dio sjemenke. Sastrugani dio prenesite u kap Lugolove otopine na predmetnici i prekrijte pokrovnicom. Proučite aleuronska zrnca pod mikroskopom.



Slika 27. Aleuronska zrnca sjemenke ricinusa (*Ricinus communis* L.) u Lugolovoj otopini. Strjelica – žuto obojena amorfna masa (Skala = 50 μm).

c) aleuronska zrnca sjemenke ricinusa u vodi

Priprema preparata:

Na predmetnicu kapaljkom nanosite nekoliko kapi vode. Oštrim nožićem načinite tanki prerez sjemenke ricinusa i sastružite središnji dio sjemenke. Sastrugani dio prenesite u kap vode na predmetnici i prekriti pokrovnicom. Prerez aleuronska zrnca pod mikroskopom.



Slika 28. Aleuronska zrnca sjemenke ricinusa (*Ricinus communis* L.) u vodi; 1 - globoid, 2 - kristaloid, 3 - bjelančevinasta ovojnica (Skala = 50 μm).

Aleuronska su zrnca sjemenke ricinusa krupna i jajolikog oblika. Građena su od globoida i amorfne mase koju obavija bjelančevinasta ovojnica. Globoid se nalazi na vrhu suženog dijela aleuronskog zrnca. Građen je od inozitheksafosforne kiseline (sadrži rezerve kalcija, magnezija i fosfora) i ne otapa se u vodi. Amorfna masa sadrži albumine i obavija kristal bjelančevine – kristaloid prizmatičnog oblika. U vodi se amorfna masa otapa što omogućuje uočavanje kristaloida.

2.3. Proteini i peroksidaze

Materijal: korijen mrkve (*Daucus carota* L.).

Pribor: predmetnice, pokrovnice, nitrocelulozna membrana, histološke iglice, kapaljka, pinceta, oštri nožić, lupa.

Kemikalije: otopina Ponceau S, reakcijska smjesa 5mM gvajakola i 5mM vodikovog peroksida.

Zadatci:

1. Lokalizacija ukupnih proteina na poprečnom prerezu korijena mrkve (*Daucus carota* L.) u otopini Ponceau S

Priprema preparata:

Oštrim nožićem načinite tanki poprečni prerez korijena mrkve. Prerez prenesite na predmetnicu i na njega kapnite nekoliko kapi otopine Ponceau S. Promatrajte nastale promjene.



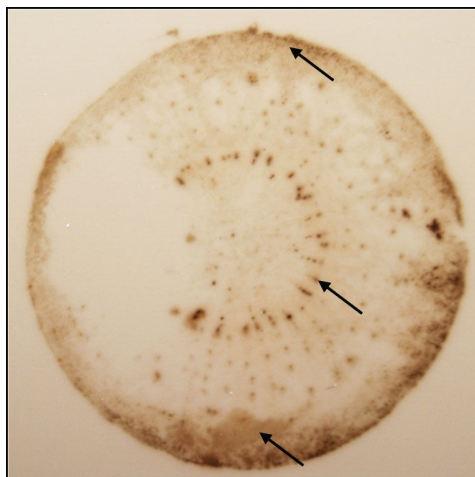
Slika 29. Poprečni prerez korijena mrkve (*Daucus carota* L.) u otopini Ponceau.

Ponceau S boja je koja se veže na proteine pri čemu nastaje crveno obojenje. Proteini se nalaze se u svim dijelovima korijena mrkve.

2. Lokalizacija peroksidaza tehnikom otiska tkiva (tissue printing) na poprečnom prerezu korijena mrkve (*Daucus carota* L.)

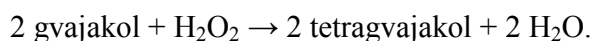
Priprema preparata:

Izrežite komad nitrocelulozne membrane i položite je na predmetnicu. Oštrim nožićem načinite tanki prerez korijena mrkve, postavite ga na nitroceluloznu membranu i prekrijte predmetnicom. Pritiskom prsta na predmetnicu utisnite poprečni prerez korijena mrkve u nitroceluloznu membranu. Nakon jedne minute namočite filter-papir veličine membrane u reakcijsku smjesu 5 mM gvajakola i 5 mM vodikovog peroksida i položite ga preko membrane. Promatrajte nastale promjene.



Slika 30. Poprečni prerez korijena mrkve (*Daucus carota* L.) u reakcijskoj smjesi gvajakola i vodikovog peroksida. Strjelice - mjesta peroksidazne aktivnosti.

Utiskivanjem poprečnog prereza korijena mrkve na nitroceluloznu membranu, proteini iz mrkve, a time i peroksidaze, ostaju vezani na membrani. Gvajakol peroksidaze vezane na nitroceluloznoj membrani kataliziraju reakciju oksidacije gvajakola (u reakcijskoj smjesi) u tetragvajakol (smeđe obojenje) u prisutnosti vodikovog peroksida koji se reducira u vodu. Reakcija se odvija prema sljedećoj jednadžbi:



Najveća peroksidazna aktivnost primjećuje se na vanjskom i središnjem dijelu korijena (provodni elementi) što je povezano s procesima nastanka suberina i lignina koji učvršćuju i štite biljna tkiva.

2.4. Tanini

Materijal: list čuvarke (*Sempervivum tectorum* L.).

Pribor: predmetnice, pokrovnice, histološke iglice, kapaljka, pinceta, oštri nožić, svjetlosni mikroskop.

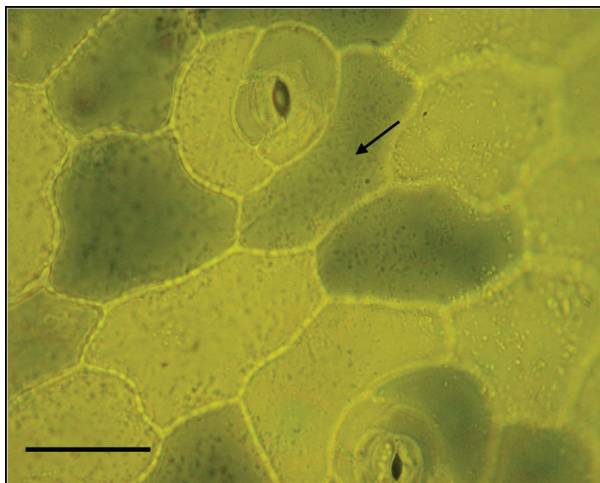
Kemikalije: alkoholna otopina željezo(III)-klorida (FeCl_3).

Zadatci:

1. Dokaz tanina u epidermskim stanicama lista čuvarke (*Sempervivum tectorum* L.) alkoholnom otopinom FeCl_3

Priprema preparata:

Kapnite jednu do dvije kapi alkoholne otopine FeCl_3 na predmetnicu. Pincetom pažljivo odvojite epidermu lista čuvarke i prenesite ju na predmetnicu. Prekrijte ju pokrovnicom i promatrajte nastale promjene.



Slika 31. Epidermske stanice lista čuvarke (*Sempervivum tectorum* L.) u alkoholnoj otopini FeCl_3 . Strjelica - stanica koja sadrži tanine (modrozeleno obojenje) (Skala = 50 μm).

Vakuole epidermskih stanica sadrže veliku količinu tanina koji imaju zaštnu ulogu. Histokemijskom reakcijom tanina s alkoholnom otopinom FeCl_3 tanini poprimaju modrozeleno obojenje.

3. PUČI

Puči su poseban tip intercelulara koji se razvijaju u epidermi listova i mladih stabljika. Omogućuju izmjenu plinova i vodene pare između biljke i okolne atmosfere. Građene su od **stanica zapornica** između kojih je otvor - **porus ili ostiolum**. Stanice su zapornice izdužene i krajevima međusobno spojene. S obzirom na oblik i građu razlikuju se od ostalih stanica epiderme. Jedine su stanice epiderme koje sadrže kloroplaste i škrobna zrnca. Stijenke su im nejednako zadebljale. S obzirom na građu i smjer kretanja stijenki stanica zapornica prilikom otvaranja, odnosno zatvaranja puči, razlikujemo pet tipova puči:

1. amarilidejski
2. graminejski
3. mnium
4. heleborus
5. puči u golosjemenjača.

Amarilidejski tip puči karakterističan je za većinu dvosupnica i jednosupnica. Stanice zapornice tog tipa puči imaju oblik graha, a prilikom otvaranja puči gibaju se paralelno s površinom epiderme. Graminejski tip puči karakterističan je za trave (*Poaceae*) i šaševe (*Cyperaceae*). Stanice zapornice graminejskog tipa puči imaju oblik cijevi čiji su središnji dijelovi suženi, a krajnji prošireni. Stanice zapornice gibaju se paralelno s površinom epiderme prilikom otvaranja puči. Za mnium tip puči karakteristično je da se stanice zapornice gibaju okomito u odnosu na epidermu. Kod heleborus tipa puči udaljavaju se vanjska i unutarnja stijenka stanica zapornica, kao i leđna i trbušna stijenka. Mnium tip puči karakterističan je za mahovine, a heleborus za neke vrste žabnjaka (*Ranunculaceae*). Puči u golosjemenjača većinom su uvučene u odnosu na epidermu. Stanične stijenke tog tipa puči mogu biti djelomično lignificirane.

Puči su okružene stanicama epiderme koje nazivamo **stanice susjedice**. S obzirom na građu i broj stanica susjedica razlikujemo nekoliko tipova puči:

1. anomocitni tip – stanice zapornice okružene su s više stanica susjedica koje su oblikom jednake ostalim stanicama epiderme

2. anizocitni tip – stanice zapornice okružene su trima stanicama susjedicama od koji je jedna uvijek manja
3. diacitni tip – stanice zapornice okružene su dvjema paralelno postavljenim stanicama susjedicama
4. paracitni tip - stanice zapornice okružene su dvjema okomito postavljenim stanicama susjedicama.

Puči i stanice susjedice zajedno čine **stomatalni aparat**.

Stanice zapornice u odnosu na epidermu mogu biti postavljene:

- u ravnini s epidermom (mezofiti)
- ispod razine epiderme (hidrofiti)
- iznad razine epiderme (kserofiti).

3.1. Tipovi puči

Materijal: list tradeskancije (*Tradescantia zebrina* L.), list kukuruza (*Zea mays* L.), list kukurijeka (*Helleborus niger* L.), list jelenka (*Phyllitis scolopendrium* L.).

Pribor: predmetnice, pokrovnice, žileti, kapaljka, histološka iglica, svjetlosni mikroskop.

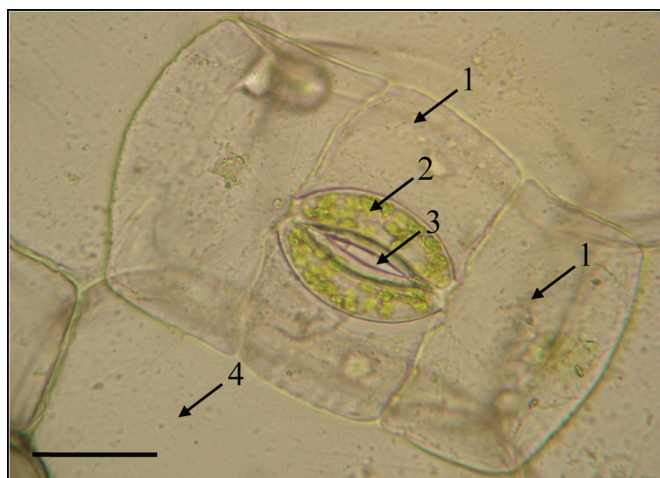
Kemikalije: destilirana voda.

Zadatci:

1. Puč lista tradeskancije (*Tradescantia zebrina* L.)

Priprema preparata:

Kapaljkom nanosite jednu do dvije kapi destilirane vode na predmetnicu. Presavijte list tradeskancije preko prsta lijeve ruke. Žiletom ukoso zarezite naličje lista tradeskancije. Pincetom pažljivo odvojite epidermu lista veličine oko 0,5 cm i prenesite ju u kap vode na predmetnici. Histološkom iglicom raširite epidermu lista u kapi vode. Prekrijte epidermu pokrovnicom i proučite preparat pod mikroskopom.



Slika 32. Puč lista tradeskancije (*Tradescantia zebrina* L.); 1- stanice susjedice, 2 – stanica zapornica s kloroplastima, 3 – porus, 4 – stanica epiderme (Skala = 50 μ m).

2. Puč kukuruza (*Zea mays* L.)

Priprema preparata:

Kapaljkom nanosite jednu do dvije kapi destilirane vode na predmetnicu. Presavijte list kukuruza preko prsta lijeve ruke. Žiletom ukoso zarezite naličje lista kukuruza. Pincetom pažljivo odvojite epidermu lista i prenesite ju u kap vode na predmetnici. Histološkom iglicom raširite epidermu lista u kapi vode. Prekrijte epidermu pokrovnicom i proučite preparat pod mikroskopom.

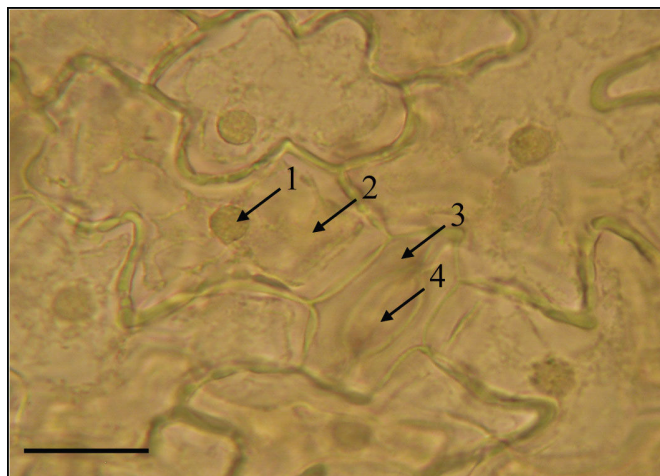


Slika 33. Puč lista kukuruza (*Zea mays* L.); 1 – stanica zapornica, 2 – porus, 3 – stanica susjedica, 4 – epidermska stanica (Skala = 50 μ m).

3. Puč lista kukurijeka (*Helleborus niger* L.)

Priprema preparata:

Kapaljkom nanosite jednu do dvije kapi destilirane vode na predmetnicu. Presavijte list kukurijeka preko prsta lijeve ruke. Žiletom lagano zarezite naličje lista kukurijeka. Pincetom pažljivo odvojite epidermu lista i prenesite ju u kap vode na predmetnici. Histološkom iglicom raširite epidermu lista u kapi vode. Prekrijte epidermu pokrovnicom i proučite preparat pod mikroskopom.

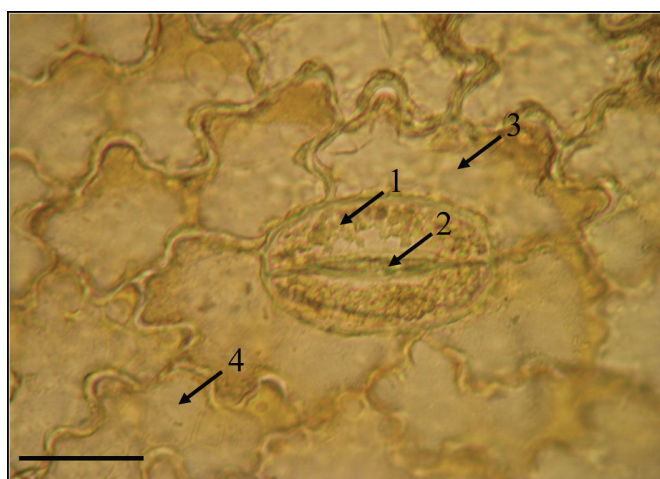


Slika 34. Puč lista kukurijeka (*Helleborus niger* L.); 1- jezgra, 2 – epidermska stanica, 3 – stanica zapornica, 4 – porus (Skala = 50 μ m).

4. Puč lista jelenka (*Phyllitis scolopendrium* L.)

Priprema preparata:

Kapaljkom nanosite kap destilirane vode na predmetnicu. Presavijte list jelenka preko prsta lijeve ruke. Žiletom lagano zarezite naličje lista. Odvojite epidermu lista i prenesite ju u kap vode na predmetnici. Histološkom iglicom raširite epidermu lista u kapi vode. Prekrijte epidermu pokrovnicom i proučite preparat pod mikroskopom.



Slika 35. Puč lista jelenka (*Phyllitis scolopendrium* L.); 1 – stanica zapornica s kloroplastima, 2 – porus, 3 – stanica susjedica, 4 – epidermska stanica (Skala = 50 μ m).

Na epidermi naličja lista tradeskancije nalaze se puči tzv. amarilidejskog tipa. Stanice zapornice imaju oblik zrna graha. Okružene su četirima stanicama susjedicama od kojih su dvije manje postavljene okomito, a dvije veće paralelno u odnosu na stanice zapornice. Stanice susjedice ne razlikuju se od ostalih stanica epiderme. Takav tip puči nazivamo još i anomocitni.

Puči lista trave pripadaju tzv. graminejskom tipu puči. Karakteriziraju ih izdužene stanice zapornice u obliku "bučica". Središnji im je dio sužen, a krajnji dijelovi kuglasto prošireni. Okružene su dvjema stanicama susjedicama koje su manje od ostalih stanica epiderme i postavljene su paralelno u odnosu na stanice zapornice (diacitni tip puči).

Heleborus tip puči karakterističan je za kukurijek. Stanice zapornice tog tipa puči imaju oblik zrna graha i okružene su stanicama susjedicama koje se oblikom ne razlikuju od ostalih stanica epiderme. Stanice epiderme nepravilnog su oblika i gusto su složene jedna uz drugu.

Na epidermi lista jelenka razvijene su puči tzv. mniium tipa. Karakteriziraju ga stanice zapornice u obliku zrna graha. Okružene su trima ili četirima stanicama susjedicama nepravilnog oblika i valovitih stijenki koje se oblikom ne razlikuju od ostalih stanica epiderme.

4. TRIHOMI I EMERGENCIJE

Trihomi ili dlake izraštaji su epiderme. Mogu biti jednostanični ili višestanični, živi ili neživi, razgranati ili nerazgranati. S obzirom na oblik vrlo su različiti (nitasti, zvjezdasti, cjevasti i sl.). Većinom su mikroskopskih, a samo kod nekih biljnih vrsta mogu biti makroskopskih dimenzija. Trihome duge i do 5 cm nalazimo kod sjemenki pamučike (*Gossypium herbaceum* L.). Zbog dužine koriste se kao pamučna vlakna u tekstilnoj industriji.

Trihomi imaju različitu funkciju. **Indumentni ili mrtvi trihomi** ispunjeni su zrakom, odbijaju zrake svjetlosti i štite biljku od prevelike insolacije. Kod nekih biljnih vrsta tvore deblji zaštitni sloj na površini epiderme ispod kojeg su prostori zasićeni vodenom parom. Takav zaštitni sloj inhibira transpiraciju i štiti biljku od naglih promjena temperature. Trihomi omogućuju biljkama penjanje i prianjanje uz podlogu. Neki tipovi trihoma pružaju biljkama zaštitu od životinja (**dlake žeravke, čekinjaste dlake** krstašica (kupusnjača) i oštrolista), dok drugi imaju ekološku ulogu (**papile, žljezdasti trihomi**). Apsorpcijski trihomi omogućuju upijanje vode s otopljenim mineralnim tvarima iz tla (**korijenove dlačice**).

Emergencije su izraštaji epiderme i subepidermalnih slojeva. Imaju dvije osnovne funkcije: štite biljku od životinja i omogućuju prihvaćanje biljke za podlogu. Karakteristične emergencije trnovi su maline (*Rubus idaeus* L.), kupine (*R. caesius*) ili ruže (*Rosa* sp.).

4.1. Trihomi

Materijali: trihomi divizme (*Verbascum phlomoides* L.), trihomi zlolesine (*Elaeagnus angustifolia* L.), trihomi koprive (*Urtica dioica* L.), trihomi pelargonije (*Pelargonium zonale* L.), trihomi hmelja (*Humulus lupulus* L.), trihomi broćike (*Galium aparine* L.).

Pribor: predmetnice, pokrovnice, Petrijeva zdjelica, pinceta, histološka iglica, žilet, lupa, svjetlosni mikroskop.

Kemikalije: destilirana voda.

Zadatci:

1. Trihomi divizme (*Verbascum phlomoides* L.)

Priprema preparata:

Kapnite jednu do dvije kapi destilirane vode na predmetnicu. S naličja lista divizme žiletom sastružite manju količinu trihoma i prenesite ih u kap vode na predmetnici. Pincetom ih međusobno što bolje razdvojite. Prekrijte trihome pokrovnicom i promatrajte pod mikroskopom.

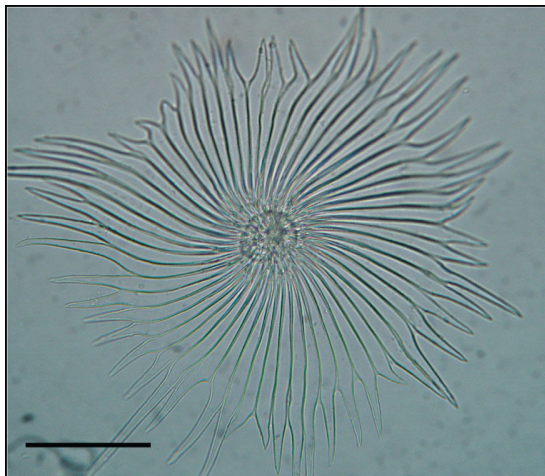


Slika 36. Višestanični etažno razgranati trihom divizme (*Verbascum phlomoides* L.) (Skala = 50 μm).

2. Trihomi zlolesine (*Elaeagnus angustifolia* L.)

Priprema preparata:

Kapnite jednu do dvije kapi destilirane vode na predmetnicu. S naličja lista zlolesine žiletom sastružite manju količinu trihoma i prenesite ih u kap vode na predmetnici. Pincetom ih međusobno što bolje razdvojite. Prekrijte trihome pokrovnicom i promatrajte pod mikroskopom.



Slika 37. Višestanični štitasti trihom zlolesine (*Elaeagnus angustifolia* L.) (Skala = 50 μm).

3. Trihomi koprive (*Urtica dioica* L.)

Priprema preparata:

Oštrim nožićem odrežite 2-3 cm stabljike koprive i prenesite odrezani dio u Petrijevu zdjelicu. Proučite trihome pod lupom.



Slika 38. Trihomi koprive (*Urtica dioica* L.).

4. Trihomi pelargonije (*Pelargonium zonale* L.)

Priprema preparata:

Oštrim nožićem odrežite 2-3 cm stabljike pelargonije i prenesite odrezani dio u Petrijevu zdjelicu. Proučite trihome pod lupom.

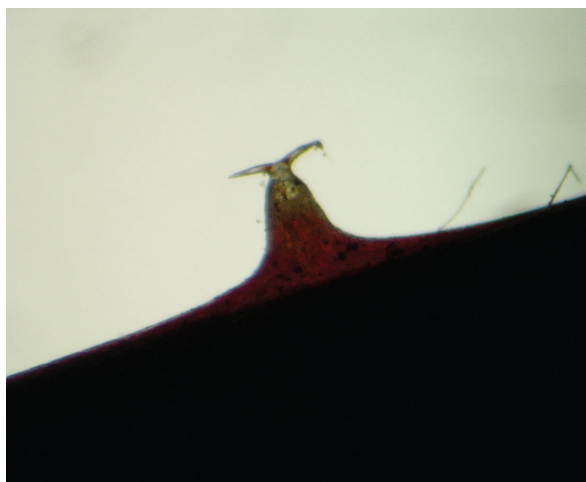


Slika 39. Trihomi pelargonije (*Pelargonium zonale* L.).

5. Trihomi hmelja (*Humulus lupulus* L.)

Priprema preparata:

Oštrim nožićem odrežite 2-3 cm stabljike hmelja i prenesite odrezani dio u Petrijevu zdjelicu. Proučite trihome pod lupom.

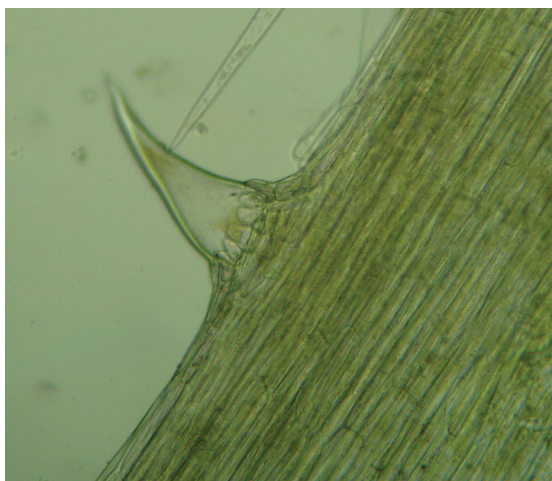


Slika 40. Trihom hmelja (*Humulus lupulus* L.).

6. Trihomi broćike (*Galium aparine* L.)

Priprema preparata:

Oštrim nožićem odrežite 2-3 cm stabljike broćike i prenesite odrezani dio u Petrijevu zdjelicu. Proučite trihome pod lupom.



Slika 41. Trihom broćike (*Galium aparine* L.).

Trihomi divizme višestanični su i etažno razgranjeni. Na trihomu se uočava jedna višestanična glavna grana građena od krupnih, izduženih stanica. Iz stanica glavne grane izrastaju nove uske stanice koje završavaju oštrim vrhom. Trihomi su razvijeni na epidermi lica i naličja lista divizme.

Epidermu naličja lista zlolesine prekrivaju gusto raspoređeni višestanični trihomi štitastog oblika.

Vršni dio trihoma koprive (dlaka žeravka) sadrži silicijev dioksid uložen između molekula celuloze. U ostatak trihoma uložen je kalcijev karbonat. Trihomi koprive štite biljku od životinja. Pri ubodu vršni se dio trihoma odlomi, a ostatak trihoma prodre u kožu. Sadržaj trihoma (natrijev formijat, acetilkolin, histamin) izlije se u kožu i uzrokuje alergijsku reakciju.

Poseban tip trihoma razvijen je kod pelargonije. To su žljezdasti trihomi koji u glavičastim proširenjima sadrže eterična ulja i mirisom privlače kukce.

Trihomi oblika slova "T" razvijeni su na stabljici hmelja i omogućuju prihvaćanje biljke za podlogu. Čekinjasti trihomi razvijeni su na stabljici broćike i omogućuju biljci prijanjanje uz podlogu.

4.2. Emergenције

Materijali: stabljika ruže (*Rosa* sp.).

Pribor: nož, Petrijeva zdjelica.

Priprema preparata:

Oštrim nožićem odrežite 2-3 cm stabljike ruže i prenesite odrezani dio u Petrijevu zdjelicu. Proučite emergencije.



Slika 42. Emergenције ruže (*Rosa* sp.)

5. MEHANIČKO TKIVO

Mehanička tkiva daju biljkama čvrstoću neophodnu za rast, održavanje u uspravnom položaju te pružanju otpora različitim mehaničkim utjecajima. Čvrstoću biljkama daju i parenhimske stanice, ali je ona promjenjiva i ovisna o turgoru u stanicama. Razlikujemo dva tipa mehaničkog tkiva: kolenhim i sklerenhim.

KOLENHIM

Kolenhim je mehaničko tkivo građeno od živih stanica. Između stanica nema intercelulara, a ukoliko su prisutni, vrlo su mali. Stanice imaju širok lumen, bogate su citoplazmom i imaju stanične stijenke građene od celuloze i pektina. Stanične su stijenke nejednako zadebljale. S obzirom na način zadebljavanja staničnih stijenki razlikujemo **uglovni** i **pločasti** kolenhim. Uglovni kolenhim nastaje ulaganjem većeg broja celuloznih mikrofibrila na mjestima gdje se dodiruju tri ili više susjednih stanica. Pločasti kolenhim nastaje ulaganjem većeg broja celuloznih mikrofibrila uzduž tangencijalnih stijenki paralelnih s površinom organa. Kolenhim je elastično tkivo. Razvija se najčešće odmah ispod epiderme.

SKLERENHIM

Sklerenhim je mrtvo mehaničko tkivo. Izgrađeno je od stanica čiji je lumen reduciran, a stanične stijenke jednoliko zadebljale. Stanice su gusto zbijene jedna uz drugu. S obzirom na oblik stanica razlikujemo **sklereide** i **sklerenhimska vlakanca**.

Sklereide nastaju iz parenhimskih stanica zadebljanjem staničnih stijenki. Imaju reduciran lumen i jako zadebljale lignizirane stanične stijenke s razgranatim ili nerazgranatim jažicama. S obzirom na oblik razlikujemo:

- a) brahisklereide – izodijametričnog oblika
- b) makroklereide – cilindričnog oblika
- c) osteosklereide – većinom cilindričnog oblika, na jednom ili oba kraja proširene su i nalikuju na kost
- d) asterosklereide – zvjezdastog oblika, imaju veći broj ušiljenih izraslina.

Sklerenhimska su vlakanca izdužene stanice ušiljenih krajeva koje su gusto zbijene jedna uz drugu. Imaju jako reduciran lumen i zadebljale stanične stijenke s malo jažičnih kanala. Izgrađuju ovoje oko žila.

5.1. Kolenhim

Materijali: stabljika grimizne mrtve koprive (*Lamium purpureum* L.), peteljka begonije (*Begonia* sp.).

Pribor: predmetnice, pokrovnice, žileti, svjetlosni mikroskop.

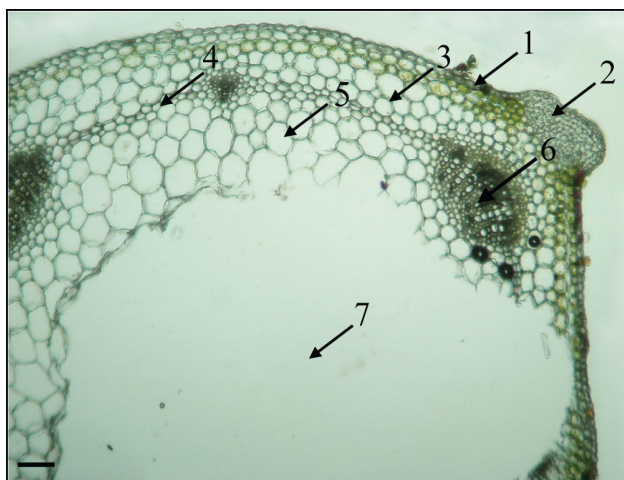
Kemikalije: destilirana voda.

Zadatci:

1. Poprečni prerez stabljike grimizne mrtve koprive (*Lamium purpureum* L.)

Priprema preparata:

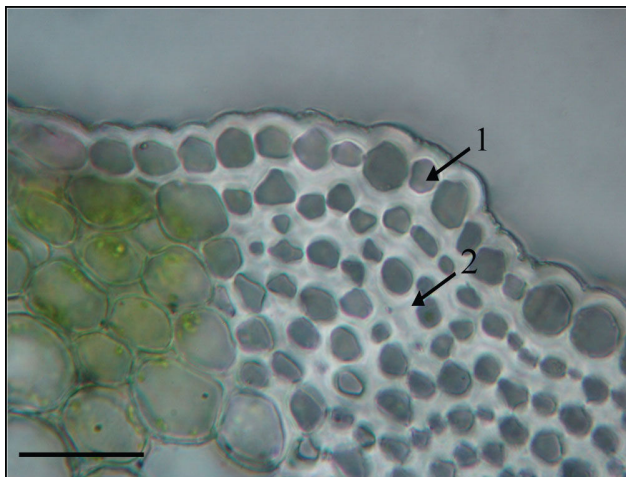
Kapaljkom nanesite kap destilirane vode na predmetnicu. Žiletom odrežite manji komadić stabljike grimizne mrtve koprive i postavite ga okomito u bazginu srčiku. Čvrsto stisnite stabljiku u bazginoj srčiki i žiletom načinite tanke prereze. Prereze stabljike prenesite u kap vode na predmetnici, prekrijte ih pokrovnicom te promatrajte pod mikroskopom.



Slika 43. Poprečni prerez stabljike grimizne mrtve koprive (*Lamium purpureum* L.); 1 - epiderma, 2 - uglovni kolenhim, 3 - parenhim kore, 4 - interfascikularni kambij, 5 - parenhim srčike, 6 - provodna žila, 7 - reksigeni intercelular (Skala = 50 μ m).

2. Uglovni kolenhim u stabljici grimizne mrtve koprive (*Lamium purpureum* L.)

U vidno polje mikroskopa postavite kolenhim poprečnog prereza stabljike grimizne mrtve koprive (*Lamium purpureum* L.) i proučite ga.

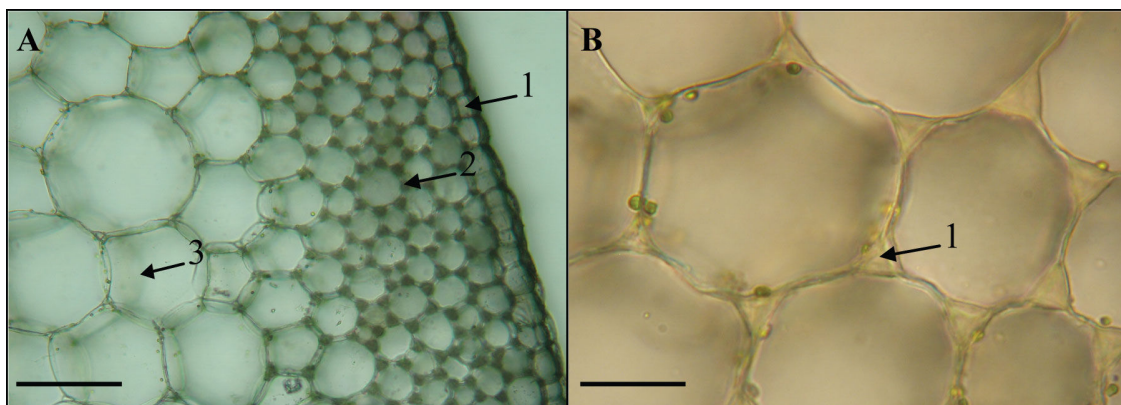


Slika 44. Uglovni kolenhim stabljike grimizne mrtve koprive (*Lamium purpureum* L.); 1 - epiderma, 2 - zadebljale stanične stijenke uglovnog kolenhima (Skala = 50 μ m).

3. Uglovni kolenhim u peteljci lista begonije (*Begonia* sp.)

Priprema preparata:

Kapaljkom nanesite jednu do dvije kapi destilirane vode na predmetnicu. Žiletom odrežite manji komadić peteljke lista begonije i postavite ga okomito u bazginu srčiku. Čvrsto stisnite dio peteljke lista u bazginoj srčiki i žiletom načinite tanke poprečne prereze. Prerez peteljke prenesite u kap vode na predmetnici i prekrijte ga pokrovnicom. Proučite prerez pod mikroskopom.



Slika 45. Poprečni prerez peteljke lista begonije (*Begonia* sp.); A – poprečni prerez peteljke: 1 - epiderma, 2 – uglovni kolenhim, 3 – parenhimska stanica, B – izdvojeni dio uglovnog kolenhima: 1 – zadebljanja staničnih stijenki (Skala = 50 μ m).

Stabljika grimizne mrtve koprive četvrtastog je, bridastog oblika. Na poprečnom prerezu stabljike razlikujemo epidermu, primarnu koru i centralni cilindar. Epiderma se nalazi na samoj površini stabljike. Građena je od gusto zbijenih stanica prekrivenih kutikulom. Ispod epiderme primarna je kora koju čini mehaničko tkivo – kolenhim i parenhimske stanice tankih staničnih stijenki. Ispod primarne kore nalaze se provodni snopići međusobno povezani interfascikularnim kambijem. Provodni snopići pravilno su razmješteni u stabljici, a okružuju ih parenhimske stanice. Veći provodni snopići nalaze se ispod mehaničkog tkiva. Središnji dio centralnog cilindra ispunjava reksigeni intercelular.

Mehanička tkiva nalaze se na uglovima stabljike odmah ispod primarnog kožnog tkiva i povećavaju otpornost stabljike na savijanje uzrokovano djelovanjem različitih čimbenika. U stabljici mrtve koprive razvijen je kolenhim izgrađen od živih stanica s nejednako zadebljalim staničnim stijenkama. Veći broj celuloznih mikrofibrila uloženi su na mjestima gdje se dodiruju tri ili više susjednih stanica. Taj tip kolenhima naziva se **uglovni kolenhim**. Isti tip kolenhima razvijen je i u peteljci lista begonije. Smješten je ispod epiderme i oblikuje neprekinuti cilindar.

4. Pločasti kolenhim stabljike bazge (*Sambucus nigra* L.)

Priprema preparata:

Kapaljkom nanosite jednu do dvije kapi destilirane vode na predmetnicu. Žiletom odrežite manji komadić stabljike bazge i žiletom načinite tanke poprečne prereze. Pincetom prenesite prerez u kap vode na predmetnici i prekrijte ga pokrovnicom. Proučite prerez pod mikroskopom.



Slika 46. Pločasti kolenhim stabljike bazge (*Sambucus nigra* L.). Strjelica – zadebljala stanična stijenka (Skala = 50 μ m).

Kolenhim bazge građen je od živih stanica koje imaju širok lumen i često sadrže kloroplaste. Stanične stijenke nejednako su im zadebljale. Pločasti kolenhim nastaje ulaganjem većeg broja celuloznih mikrofibrila u tangencijalne stijenke, paralelne s površinom organa. Bočne stanične stijenke ne zadebljavaju. Pločasti kolenhim bazge smješten je ispod epiderme, na površini biljnih organa.

5.2. Sklerenhim

Materijali: plod kruške (*Pyrus communis* L.).

Pribor: predmetnice, pokrovnice, oštri nožić, žileti, svjetlosni mikroskop.

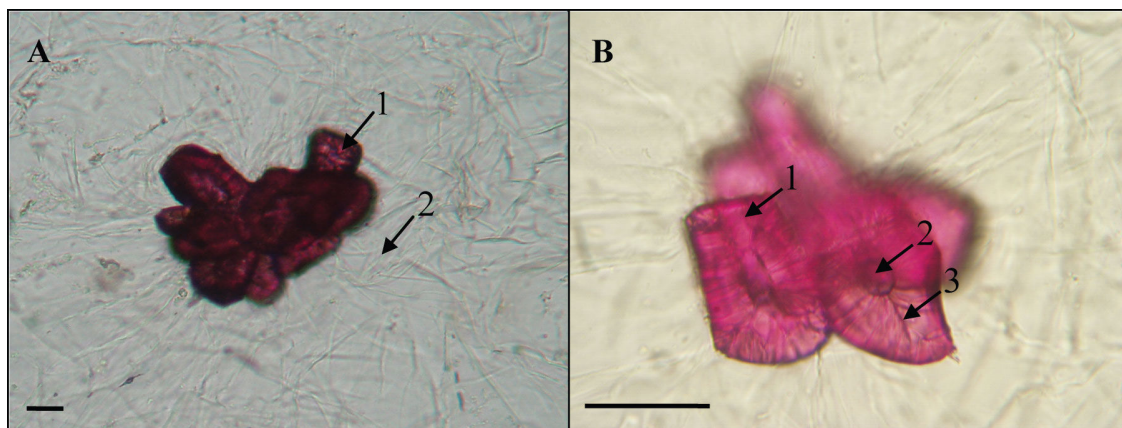
Kemikalije: alkoholna otopina fluoroglucinola, konc. HCl.

Zadatci:

1. Sklereide u usplođu ploda kruške (*Pyrus communis* L.)

Priprema preparata:

Na satno stakalce nanosite nekoliko kapi alkoholne otopine fluoroglucinola i nekoliko kapi konc. HCl. Na predmetnicu kapaljkom nanosite jednu do dvije kapi alkoholne otopine fluoroglucinola. Oštrim nožićem razrežite plod kruške. Žiletom sastružite dio usplođa i sastrugani sadržaj prenesite na satno stakalce. Laganim „kvrcanjem“ pincetom razbijte čvrsta zrnca na manje dijelove. Nakon pojave ružičasto-crvenog obojenja prenesite zrnca na predmetnicu, prekrijte pokrovnicom i promatrajte pod mikroskopom.



Slika 47. Sklereide u usplođu ploda kruške (*Pyrus communis* L.); A - nakupina sklereida; 1 – sklereida, 2 – parenhimska stanica, B - građa sklereide; 1 – zadebljala stanična stijenka, 2 – lumen stanice, 3 – jažični kanalić (Skala = 50 μm).

Sklereide u usplođu ploda kruške nazivaju se još i kamenčice. Nastaju tijekom razvoja ploda iz više parenhimskih stanica. Izodijametričnog su oblika, a karakteriziraju ih reducirani lumen i jako zadebljale, lignizirane stanične stijenke. Histokemijskom reakcijom s otopinom fluoroglucinola uz dodatak konc. HCl lignin u staničnim

stijenkama sklereida poprima ružičasto-crveno obojenje. Razgranjeni ili nerazgranjeni jažićni kanalići u zadebljalim staničnim stijenkama omogućuju povezanost susjednih stanica i izmjenu tvari dok su stanice žive.

6. ANATOMIJA KORIJENA

Korijen je vegetativni organ biljke. Neograničenog je rasta i radijalne simetrije. Ima višestruku ulogu: učvršćuje biljku za podlogu, omogućuje upijanje vode s otopljenim mineralnim tvarima i spremište je pričuvnih tvari.

Korijen je građen od više vrsta tkiva (pokrovnog, osnovnog ili parenhimskog, provodnog, mehaničkog). Anatomska građa korijena može biti primarna i sekundarna. Primarna građa korijena zadržava se do kraja prve godine života biljke ili do početka druge vegetacijske sezone. Primarnu građu korijena ima većina jednosupnica. Sekundarna građa nastaje djelovanjem kambija i felogena, a svojstvena je dvosupnicama i golosjemenjačama.

6.1. Zone rasta korijena

Materijali: korijen pšenice (*Triticum aestivum* L.).

Pribor: Petrijeva zdjelica, pinceta, predmetnice, pokrovnice, svjetlosni mikroskop.

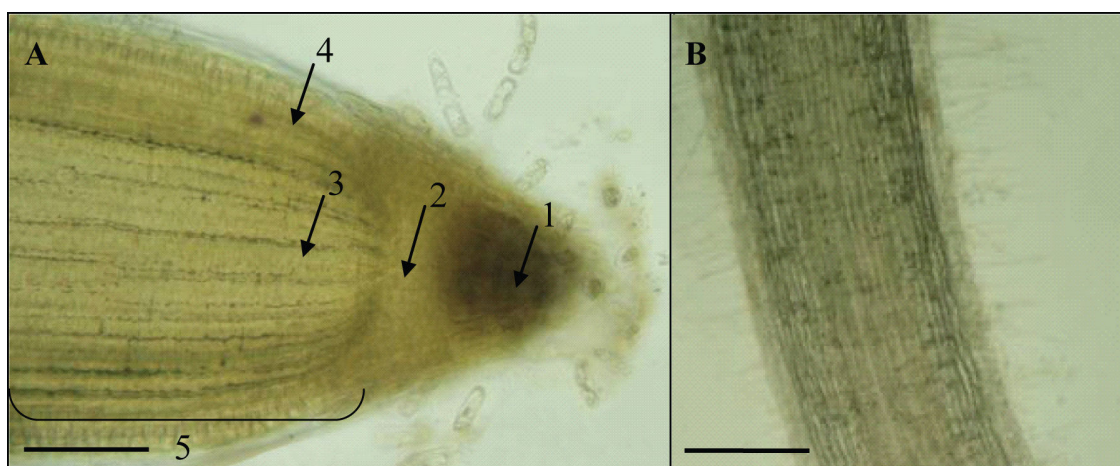
Kemikalije: destilirana voda, Lugolova otopina.

Zadatci:

1. Zone rasta korijena pšenice (*Triticum aestivum* L.)

Priprema preparata:

U Petrijevoj zdjelici rasporedite zrna pšenice i navlažite ih vodom. Tijekom klijanja, zrna pšenice potrebno je stalno održavati vlažnim. Nakon tjedan dana razvit će se korijen mlade biljke. Na predmetnicu kapaljkom nanesite kap Lugolove otopine. Odvojite korijen pincetom i prenesite u Lugolovu otopinu na predmetnici. Prekrijte korijen pokrovnicom i proučite pod mikroskopom.



Slika 48. Korijen pšenice (*Triticum aestivum* L.).

A – vršni dio korijena; 1 – kaliptra sa škrobnim zrnima, 2 – vegetacijski vršak, 3 – centralni cilindar, 4 – primarna kora, 5 – zona produženog rasta ili elongacijska zona, B – apsorpcijska zona ili zona korijenovih dlačica (Skala = 50 μ m).

Zone rasta korijena su:

1. zona vegetacijskog vrška
2. zona produženog rasta ili elongacijska zona
3. zona korijenovih dlačica ili apsorpcijska zona

4. zona starijeg dijela korijena.

Vegetacijski vršak izgrađen je od mladih, embrionskih stanica tankih stijenki koje se neprestano mitotski dijele, a postavljene su okomito na smjer rasta korijena. Diobama meristemskih stanica omogućen je neograničeni rast korijena. Stanice vegetacijskog vrška prekrivene su **korijenovom kapom** ili **kalipтром**. Kaliptru čine rahlo postavljene parenhimske stanice celuloznih stijenki. Izlučuju želatinoznu tvar – **mucigel** koja obavija vršak korijena i štiti ga od isušivanja, poboljšava prijenos hranjivih tvari do korijena i olakšava prodiranje korijena kroz tlo. U parenhimske stanice kaliptre pohranjuju se škrobna zrnca koja u prisutnosti Lugolove otopine poprimaju tamno-plavo obojenje. Iznad zone vegetacijskog vrška nalazi se zona **produženog rasta ili elongacijska zona**. Ona omogućuje rast korijena u dužinu jer se u njoj stanice izdužuju i povećavaju svoj volumen. Na zonu produženog rasta nastavlja se **zona korijenovih dlačica ili apsorpcijska zona**. Korijenove dlačice razvijaju se iz stanica rizoderme, kožnog ili pokrovnog tkiva koje prekriva površinu korijena. Stanice rizoderme izodijametričnog su oblika, žive su i imaju tanke celulozne stanične stijenke. Korijenove dlačice i rizoderma nisu prekriveni kutikulom te lako upijaju vodu s otopljenim mineralnim tvarima. Iznad apsorpcijske je zone **zona starijeg dijela korijena**.

6.2. Primarna građa korijena

Materijali: korijen perunike (*Iris germanica* L.).

Pribor: predmetnice, pokrovnice, kapaljka, žileti, svjetlosni mikroskop.

Kemikalije: alkoholna otopina fluoroglucinola, konc. HCl.

Zadatci:

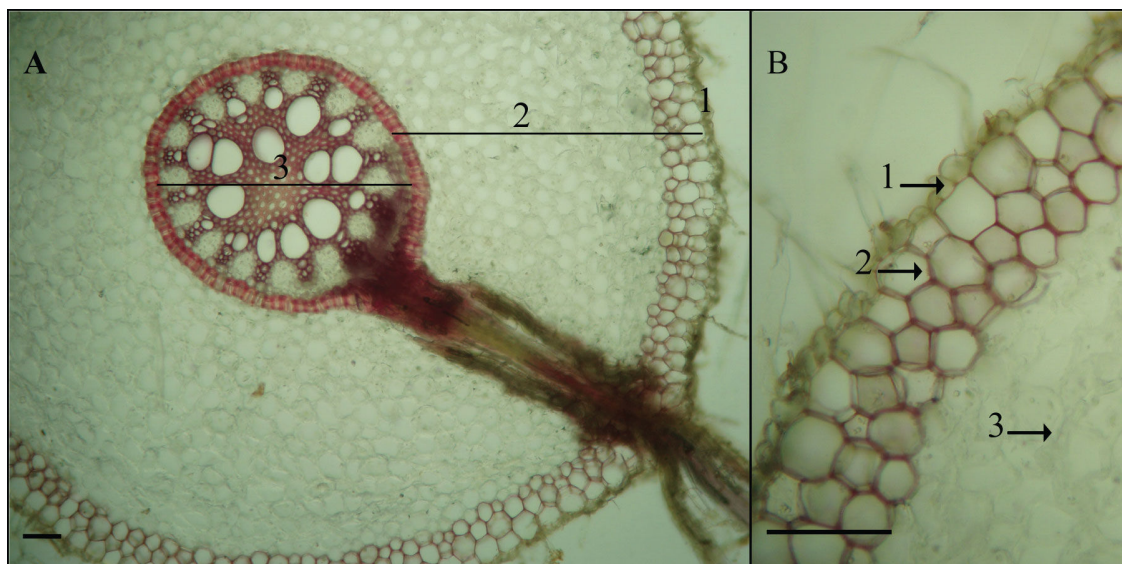
1. Poprečni prerez korijena perunike (*Iris germanica* L.)

Priprema preparata:

Kapaljkom nanesite kap alkoholne otopine fluoroglucinola i konc. HCl na predmetnicu.

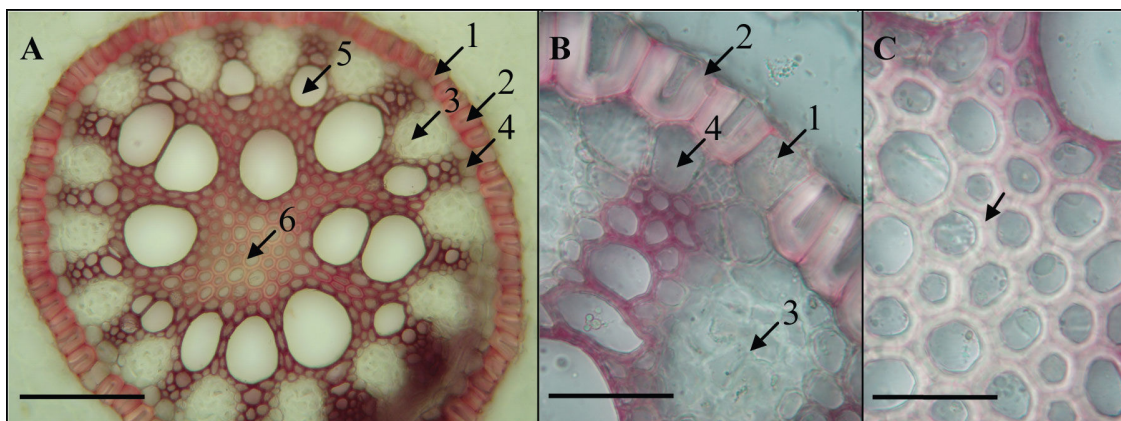
Žiletom načinite tanki poprečni prerez korijena perunike i prenesite ga na predmetnicu.

Prekrijte prerez korijena pokrovnicom i promatrajte pod mikroskopom.



Slika 49. Poprečni prerez korijena perunike (*Iris germanica* L.).

A – poprečni prerez korijena; 1- rizoderma, 2 – primarna kora, 3 – centralni cilindar, B – detalj poprečnog prereza korijena; 1 – rizoderma, 2- egzoderma, 3 – mezoderma (Skala = 50 μ m).



Slika 50. Centralni cilindar korijena perunike (*Iris germanica* L.).

A – centralni cilindar korijena; 1 – stanica propusnica, 2 - stanica endoderme, 3 – floem, 4 – pericikl, 5 – ksilem, 6 - parenhimske stanice centralnog cilindra, B – detalj centralnog cilindra; C – lignizirane stanične stijenke parenhimskih stanica centralnog cilindra (Skala = 50 μ m).

2. Rast bočnog korijena perunike (*Iris germanica* L.)

Kapaljkom nanosite kap alkoholne otopine fluoroglucinola i konc. HCl na predmetnicu. Žiletom načinite tanki prerez korijena perunike i prenesite ga na predmetnicu. Prekrijte poprečni prerez korijena pokrovnicom i promatrajte pod mikroskopom.



Slika 51. Rast bočnog korijena perunike (*Iris germanica* L.). Strjelica – bočno korijenje (Skala = 50 μ m).

Poprečni prerez korijena perunike kružnog je oblika. Na poprečnom prerezu korijena primarne građe razlikujemo:

1. rizodermu
2. primarnu koru
3. centralni cilindar.

Rizoderma je građena od međusobno gusto zbijenih stanica koje nisu prekrivene kutikulom. Nedostatak kutikule razlikuje rizodermu od epiderme koja prekriva površinu drugih biljnih organa. Iz pojedinih stanica rizoderme razvijaju se korijenove dlačice.

Zona **primarne kore** razvijenija je u odnosu na ostale dijelove korijena. **Egzoderma**, prvi dio primarne kore, smještena je odmah ispod stanica rizoderme. Građena je najčešće od stanica u čije su stijenke uložene suberinske lamele. **Mezoderma** čini najveći dio primarne kore. Građena je od parenhimskih stanica nepravilnog oblika i tankih celuloznih staničnih stijenki. U parenhimske stanice mezoderme pohranjuju se škrobna zrnca.

Endoderma je unutrašnji sloj primarne kore. Izgrađena je od jednog sloja stanica koje su međusobno gusto zbijene. Stanice endoderme imaju zadebljale radijalne (bočne) i tangencijalne stanične stijenke u koje se ulažu suberin i lignin. Ulaganje lignina u stanične stijenke uzrokuje oblikovanje zadebljanja u obliku slova "U". Između stanica zadebljanih staničnih stijenki su tzv. **stanice propusnice**. Te stanice zadržavaju tanke stijenke zbog čega je kroz njih omogućen prijenos tvari između primarne kore i centralnog cilindra.

Ispod endoderme smješten je **centralni cilindar** koji se sastoji od **pericikla** i **radijalne žile**. Perickl je građen od jednog sloja, međusobno gusto zbijenih, parenhimskih stanica nepravilnog oblika i tankih staničnih stijenki. Obavija radijalnu žilu koja se nalazi u središnjem dijelu centralnog cilindra. Radijalna žila sastoji se od zrakasto postavljenih elemenata floema i ksilema. Floem je smješten odmah ispod pericikla. Na poprečnom prerezu ima trokutasti oblik. Bazni dijelovi okrenuti su prema periferiji, a vrhovi prema središnjem dijelu korijena. Ksilemski elementi smješteni su između dva floema. S obzirom da se žila sastoji od većeg broja ksilema i floema, tu žilu nazivamo **poliarhnom radijalnom žilom**. Središnji dio centralnog cilindra ispunjavaju parenhimske stanice zadebljanih i ligniziranih staničnih stijenki koje imaju ulogu mehaničkog tkiva.

Ružičasto-crveno obojenje rezultat je histokemijske reakcije lignina u stijenkama parenhima s alkoholnom otopinom fluoroglucinola uz dodatak konc. HCl.

Stanice pericikla mogu poprimiti meristemski karakter. Diobama stanica pericikla ispred ksilema oblikuje se bočno korijenje koje probija primarnu koru i izlazi na površinu.

7. ANATOMIJA STABLJIKE PRIMARNE GRAĐE

Stabljika je vegetativni organ biljke. Radijalne je simetrije i neograničenog rasta. Nosi pupove i listove, a kod kritosjemenjača i cvjetove i plodove. Ima različite funkcije kao što su: provođenje vode s otopljenim mineralnim tvarima, provođenje asimilata te spremišna funkcija. Kao i korijen, građena je od više vrsta tkiva. Građa stabljike može biti primarna i sekundarna. Primarnu građu imaju mlade biljke tijekom prve godine života. Sekundarna građa stabljike razvijena je kod višegodišnjih biljaka, a nastaje djelovanjem kambija i felogena. Primarna građa karakteristična je za većinu jednosupnica i za neke vrste dvosupnica, a sekundarna građa za većinu dvosupnica i golosjemenjača.

7.1. Primarna građa stabljike jednosupnica

Materijali: stabljika kukuruza (*Zea mays* L.).

Pribor: predmetnice, pokrovnice, kapaljka, žileti, lupa, svjetlosni mikroskop.

Kemikalije: alkoholna otopina fluoroglucinola, konc. HCl.

Zadatci:

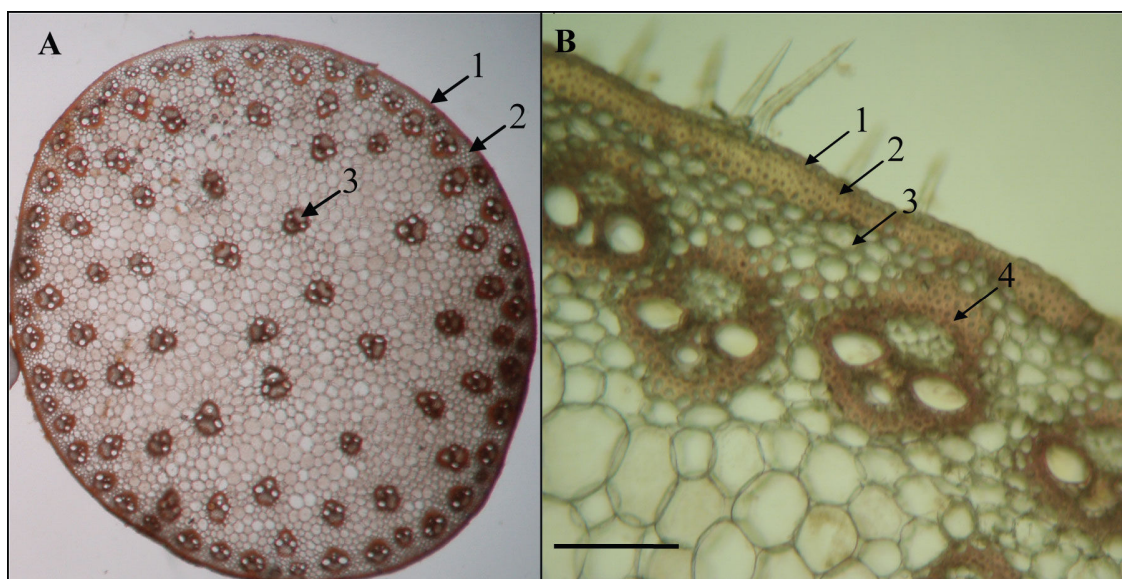
1. Poprečni prerez stabljike kukuruza (*Zea mays* L.)

Priprema preparata:

Kapaljkom nanosite kap alkoholne otopine fluoroglucinola i konc. HCl na predmetnicu.

Žiletom načinite tanki poprečni prerez stabljike kukuruza i prenesite ga na predmetnicu.

Prekrijte poprečni prerez stabljike pokrovnicom i promatrajte pod mikroskopom.



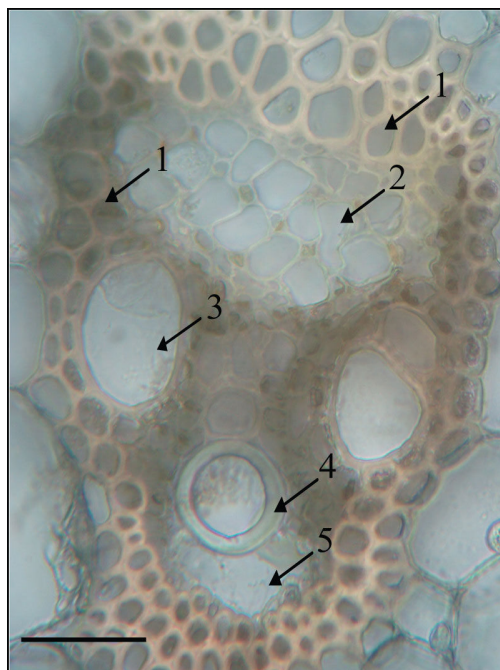
Slika 52. Poprečni prerez stabljike kukuruza (*Zea mays* L.).

A - poprečni prerez stabljike pod lupom; 1 – epiderma, 2 – primarna kora, 3 – provodni snopić u centralnom cilindru stabljike, B – detalj poprečnog prereza stabljike; 1 – epiderma, 2 – hipoderma, 3 – parenhim primarne kore, 4 – provodni snopić u centralnom cilindru, 5 – parenhimska stanica centralnog cilindra (Skala = 50 μ m).

2. Zatvoreni kolateralni provodni snopić u stabljici kukuruza (*Zea mays* L.)

Priprema preparata:

Promatraj provodni snopić na poprečnom prerezu stabljike kukuruza pod velikim povećanjem mikroskopa na već pripremljenom preparatu.



Slika 53. Zatvoreni kolateralni provodni snopić u stabljici kukuruza (*Zea mays* L.).

1 – sklerenhim, 2 – floem, 3 – traheja, 4 – traheida, 5 – intercelular (Skala = 50 µm).

Na poprečnom prerezu stabljike kukuruza razlikuju se epiderma, primarna kora i centralni cilindar. **Epiderma** se nalazi na samoj površini stabljike. Jednoslojna je i građena od međusobno gusto zbijenih stanica. Vanjske su stijenke stanica epiderme zadebljale, a površinu epiderme prekriva kutikula. Iz pojedinih stanica epiderme razvijaju se trihomi. Ispod epiderme **primarna** je **kora** koja je slabo razvijena i nije jasno odvojena od centralnog cilindra. Sastoji se od samo nekoliko slojeva stanica. **Hipoderma** je smještena odmah ispod epiderme. Građena je od gusto zbijenih stanica zadebljelih, ligniziranih stijenki. Ružičasto-crveno obojenje tih slojeva stanica rezultat je histokemijske reakcije lignina u staničnim stijenkama i alkoholne otopine fluoroglucinola i konc. HCl. Ispod hipoderme nalaze se stanice parenhima raspoređene u dva do tri sloja.

Karakteriziraju ih tanke celulozne stanične stijenke. U tim se stanicama nalaze i kloroplasti koji daju zelenu boju mladoj stabljici. Centralni cilindar započinje na mjestu gdje se nalaze prvi provodni snopići i zauzima najveći dio stabljike. Centralni cilindar ispunjavaju krupne, parenhimske stanice debljih stijenki, u odnosu na stijenke stanica parenhima primarne kore. Idući od periferije prema središtu, parenhimske stanice su sve krupnije. Između stanica su intercelulari različitog oblika i veličine. Kolateralne žile ili provodni snopići "razbacani" su, odnosno bez reda raspoređeni u centralnom cilindru. Idući od periferije prema središtu centralnog cilindra, sve su veći i međusobno udaljeniji. Provodni snopići sastoje se od jednog floema i jednog ksilema. Ksilem omogućuje transport vode s otopljenim hranjivim tvarima, a građen je od traheja, traheida, ksilemskog parenhima, stanica drvenčica ili libriforma. Traheje i traheide mrtvi su elementi zadebljelih i ligniziranih staničnih stijenki. Floem se sastoji od stanica pratilica, sitastih cijevi, likovnica i floemskog parenhima. Kroz elemente floema transportiraju se asimilati.

Ksilem je uvijek okrenut prema središtu centralnog cilindra, a floem prema periferiji. Ksilem i floem zajedno su obavijeni sklerenhimskim ovojem koji daje čvrstoću provodnim elementima. Između ksilema i floema nema kambija. Te provodne snopiće nazivamo **zatvoreni kolateralni provodni snopići**.

Ružičasto-crveno obojenje sklerenhimskog ovoja i elemenata ksilema rezultat je histokemijske reakcije lignina u staničnim stijenkama i alkoholne otopine fluoroglucinola i konc. HCl.

7.2. Primarna građa stabljike dvosupnica

Materijali: stabljika velikolisne vučje stope (*Aristolochia sipho* L.).

Pribor: satno stakalce, predmetnice, pokrovnice, kapaljka, žileti, lupa, svjetlosni mikroskop.

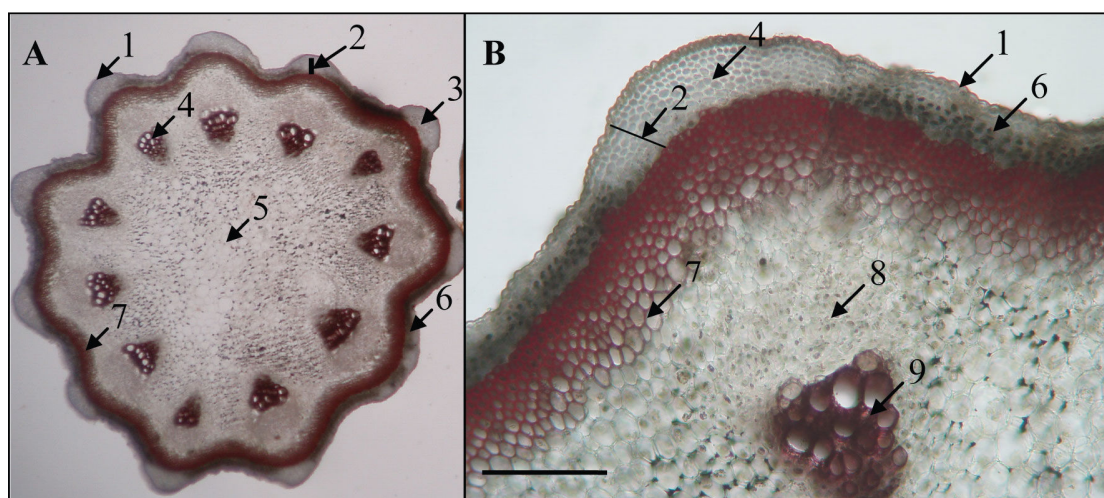
Kemikalije: alkoholna otopina fluoroglucinola, konc. HCl.

Zadatak:

1. Poprečni prerez stabljike velikolisne vučje stope (*Aristolochia sipho* L.)

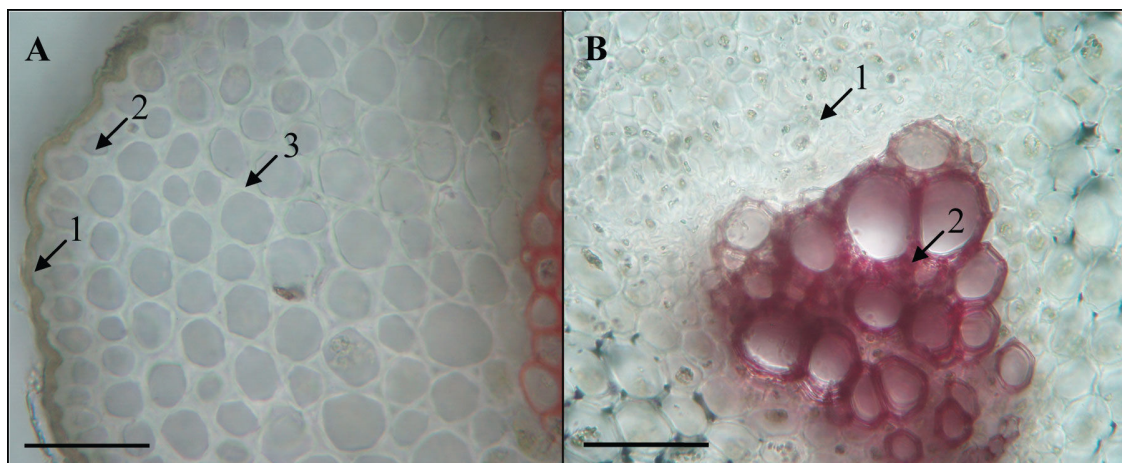
Priprema preparata:

Na satno stakalce ulijte nekoliko kapi alkoholne otopine fluoroglucinola i dodajte nekoliko kapi konc. HCl. Kapaljkom nanosite kap otopine fluoroglucinola na predmetnicu. Žiletom načinite tanki poprečni prerez stabljike velikolisne vučje stope i prenesite ga u otopinu na satnom stakalcu. Nakon pojave crvene boje prenesite prerez na predmetnicu, prekrijte pokrovnicom i promatrajte pod mikroskopom.



Slika 54. Poprečni prerez stabljike velikolisne vučje stope (*Aristolochia sipho* L.).

A - poprečni prerez stabljike vučje stope pod lupom; 1 – epiderma, 2 – primarna kora, 3 – otvoreni kolateralni snopić u centralnom cilindru, 4 – kolenhim, 5 – škrobni ovoj, 6 – sklerenhimski ovoj, 7- srčika, B - detalj poprečnog prereza; 8 – floem kolateralnog snopića, 9 – ksilem kolateralnog snopića (Skala = 50 μ m).



Slika 55. Detalji primarne kore i centralnog cilindra stabljike velikolisne vučje stope (*Aristolochia sipho* L.).

A – detalj primarne kore; 1 – kutikula, 2 – epiderma, 3 – uglovni kolenhim, B – kolateralni provodni snopić u centralnom cilindru; 1 – floem, 2 – ksilem (Skala = 50 μ m).

Na poprečnom prerezu stabljike velikolisne vučje stope razlikuju se epiderma, primarna kora i centralni cilindar. **Epiderma** je jednoslojna i na površini prekrivena kutikulom. **Primarna kora** građena je od živog mehaničkog tkiva – kolenhima, parenhima i škrobnog ovoja koji je odvaja od centralnog cilindra. **Centralni cilindar** građen je od sklerenhimskog ovoja, parenhimskih stanica i kolateralnih provodnih snopića. Sklerenhimski i parenhimski ovoj zajedno čine perickl. Parenhimsko tkivo između provodnih snopića nazivamo i primarnim tracima srčike, a parenhimsko tkivo u središnjem dijelu centralnog cilindra, srčikom. Parenhim srčike čine stanice tankih stijenki. Provodni snopići raspoređeni su pravilno, u krugu i međusobno su povezani interfascikularnim kambijem. Svaki provodni snopić sastoji se od floema okrenutog prema periferiji i ksilema trokutastog oblika okrenutog prema središnjem dijelu centralnog cilindra. Između floema i ksilema nalazi se kambij. Zbog prisutnosti kambija te kolateralne snopiće nazivamo otvorenim. Ružičasto-crveno obojenje sklerenhimskog ovoja i ksilema rezultat je histokemijske reakcije lignina u staničnim stijenkama i alkoholne otopine fluoroglucinola i konc. HCl.

8. ANATOMIJA STABLIKE SEKUNDARNE GRAĐE

Za višegodišnje dvosupnice i golosjemnjače karakteristična je sekundarna građa koja je omogućena diobama žilnog, odnosno međužilnog kambija. Razlikujemo nekoliko tipova sekundarne građe:

- a) **ARISTOLOCHIA** tip – diobama žilnog kambija nastaju sekundarni floem i ksilem, a diobama međužilnog kambija parenhim
- b) **HELIANTHUS** tip – između velikih otvorenih kolateralnih žila u području zraka srčike naknadno nastaju manje žile
- c) **TILIA** tip – diobama zatvorenog kambijskog prstena nastaju kora i drvo. Kora obuhvaća elemente sekundarnog floema i pripadajuće zrake srčike koji nastaju diobama kambija prema periferiji stabljike. Sekundarni floem građen je od sitastih cijevi, stanica pratilica, floemskog parenhima i likovnica. Sekundarna kora ima funkciju provođenja i pohranjivanja pričuvnih tvari te mehaničku funkciju. Drvo obuhvaća elemente sekundarnog ksilema, a nastaje diobama kambija prema unutrašnjosti stabljike. Drvo je građeno od traheja, traheida, sklerenhimskih valakanaca (libriform ili drvenčice), parenhimskih stanica i parenhima primarnih i sekundarnih zraka koje su vrlo uske i građene najčešće od jednog, rijetko od više slojeva stanica. Sekundarni ksilem ima funkciju provođenja vode s otopljenim mineralnim tvarima i spremište je pričuvnih tvari.

8.1. Sekundarna građa stabljike dvosupnica

Materijali: višegodišnja grančica sitnolisne lipe (*Tilia cordata* L.).

Pribor: satno stakalce, predmetnice, pokrovnice, kapaljka, žileti, svjetlosni mikroskop.

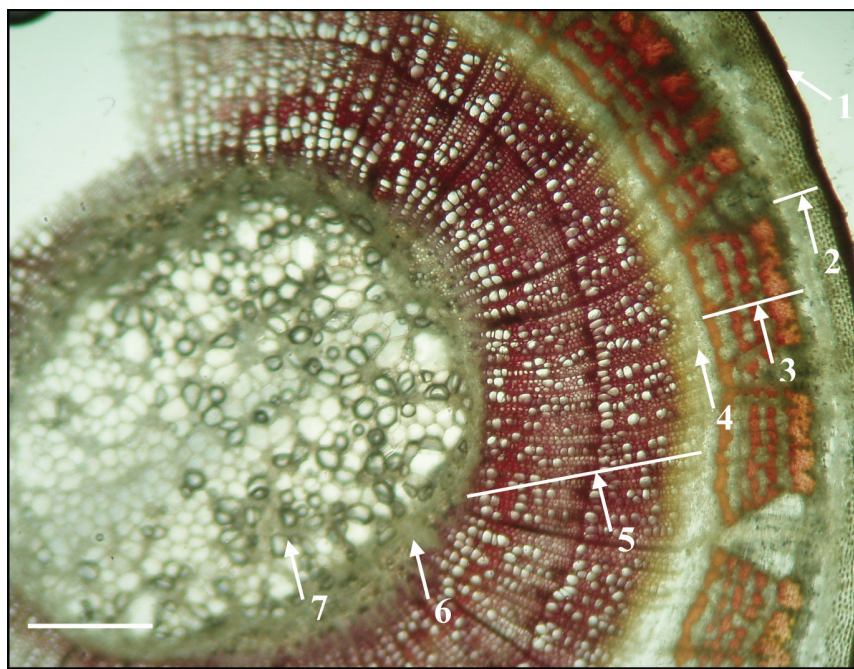
Kemikalije: alkoholna otopina fluoroglucinola, konc. HCl.

Zadatak:

1. Poprečni prerez višegodišnje grančice sitnolisne lipe (*Tilia cordata* L.)

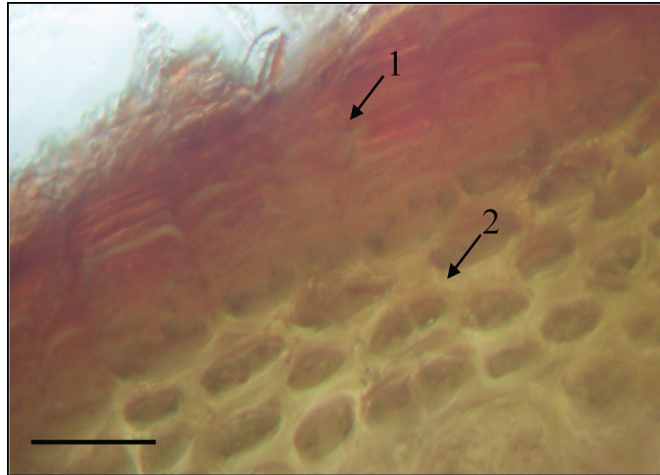
Priprema preparata:

Na satno stakalce ulijte nekoliko kapi alkoholne otopine fluoroglucinola i dodajte nekoliko kapi konc. HCl. Kapaljkom nanosite jednu do dvije kapi otopine fluoroglucinola na predmetnicu. Žiletom načinite tanki poprečni prerez grančice sitnolisne lipe i prenesite ga u otopinu na satnom stakalcu. Nakon pojave ružičasto-crvene boje, prenesite prerez na predmetnicu, prekrijte pokrovnicom i promatrajte pod mikroskopom.



Slika 56. Poprečni prerez višegodišnje grančice sitnolisne lipe (*Tilia cordata* L.).

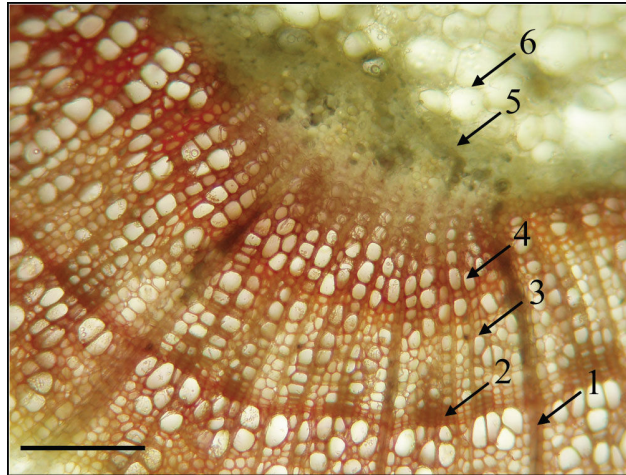
1 – periderma, 2 – primarna kora, 3 – sekundarni floem, 4 – vaskularni kambij, 5 – sekundarni ksilem, 6 – primarno drvo, 7 – srčika (Skala = 50 µm).



Slika 57. Periderma i primarna kora višegodišnje grančice sitnolisne lipe (*Tilia cordata* L.); 1 – periderma, 2 – pločasti kolenhim (zadebljale stanične stijenke) (Skala = 50 μ m).



Slika 58. Likovnice u sekundarnom floemu višegodišnje grančice sitnolisne lipe (*Tilia cordata* L.) (Skala = 50 μ m).



Slika 59. Sekundarni ksilem višegodišnje grančice sitnolisne lipe (*Tilia cordata* L.).

1 – zraka srčike, 2 – god, 3 – ljetno drvo, 4 – proljetno drvo, 5 – primarno drvo, 6 - srčika
(Skala = 50 μ m).

Na poprečnom prerezu višegodišnje grančice sitnolisne lipe razlikujemo epidermu, peridermu, primarnu koru, sekundarnu koru, sekundarno drvo, primarno drvo i srčiku. Epiderma je jednoslojna, prekrivena kutikulom i najvećim dijelom raskinuta uslijed formiranja periderme. Stanice su periderme pravokutnog oblika i zadebljelih, suberiniziranih stijenki impregniranih voskom. Primarna kora građena je od kolenhima i parenhima. Kolenhim je živo mehaničko tkivo građeno od stanica zadebljelih staničnih stijenki. Zadebljanja nastaju uslijed ulaganja veće količine celuloznih mikrofibrila u stanične stijenke. Parenhim je osnovno tkivo čije su stanice poliedarskog oblika. Stanične su im stijenke tanke. Između stanica intercelulari su, a u unutrašnjosti stanica velike vakuole i, ovisno o funkciji tkiva, određeni tipovi plastida. Sekundarna kora specifične je građe. U njoj razlikujemo sekundarni floem (u obliku trapeza) u kojemu se nalaze sitaste cijevi i stanice pratilice okružene sklerenhimskim vlaknima. Lumen je sklerenhimskih vlakana vrlo mali, a stijenke su im zadebljale. Ružičasto-crveno obojenje sklerenhimskih vlakana nastalo je uslijed histokemijske reakcije lignina u staničnim stijenkama sklerenhimskih vlakana s alkoholnom otopinom fluoroglucinola i konc. HCl. Područja u obliku trapeza međusobno su odvojena parenhimom (oblik lijevka) u koji je pohranjen škrob. U sekundarnom drvu razlikujemo traheje, traheide i zrake srčike. Također, jasno se uočavaju godovi – priraštaj sekundarnog drveta tijekom godine. Dio goda koji

karakteriziraju provodni elementi većeg lumena nastali su u proljeće kada ima više oborina, dok provodni elementi s manjim lumenom nastaju u kasno ljeto i jesen. Središnji dio grančice ispunjava srčika koju čini osnovno parenhimsko tkivo. Diobama stanica srčike omogućen je primarni rast. Parenhimske stanice srčike imaju tanke celulozne stijenke. Srčika ima i funkciju pohranjivanja hranjivih rezervnih tvari posebno škrobnih zrnaca ili masnih tvari.

9. ANATOMIJA LISTA

List je vegetativni organ biljke. Građen je od podine ili baze, peteljke i plojke. Najznačajniji je dio lista plojka u kojoj se odvijaju procesi fotosinteze i transpiracije. U anatomsom sastavu lista razlikuju se epiderma s pučima, parenhim za fotosintezu (klorenhim), mehanička i provodna tkiva. Najveći dio plojke ispunjava parenhim koji je kod većine viših biljaka diferenciran na palisadni i spužvasti. Provodna i mehanička tkiva razvijena su u sastavu provodnih snopića koji se granaju u plojci. Provodni su snopići zatvoreni kolateralni, a imaju funkciju provođenja vode i otopljenih hranjivih tvari. Mehanički elementi okružuju provodne snopice i daju im čvrstoću.

S obzirom na anatomsku građu plojke razlikujemo :

- a) dorziventralne (bifacijalne) listove
- b) izobilateralne (ekvifacijalne) listove
- c) koncentrične (unifacijalne) listove.

9.1. Anatomska građa dorziventralnog lista

Materijali: list bukve (*Fagus silvatica* L.).

Pribor: satno stakalce, predmetnice, pokrovnice, kapaljka, žileti, svjetlosni mikroskop.

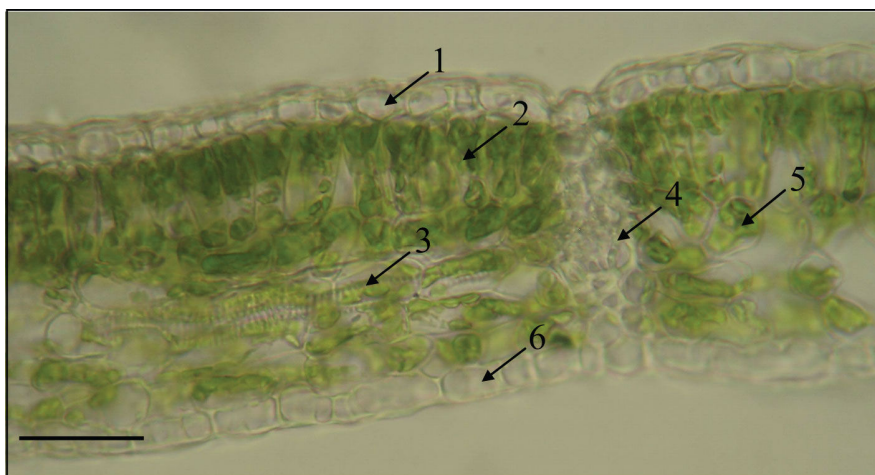
Kemikalije: alkoholna otopina fluoroglucinola, konc. HCl.

Zadatak:

1. Poprečni prerez lista bukve (*Fagus sylvatica* L.)

Priprema preparata:

Na satno stakalce ulijte nekoliko kapi alkoholne otopine fluoroglucinola i dodajte nekoliko kapi konc. HCl. Kapaljkom nanosite kap otopine fluoroglucinola na predmetnicu. Žiletom načinite tanki poprečni prerez lista bukve i prenesite ga u otopinu na satnom stakalcu. Nakon pojave ružičasto-crvene boje prenesite prerez na predmetnicu, prekrijte pokrovnicom i promatrajte pod mikroskopom.



Slika 60. Poprečni prerez lista bukve (*Fagus sylvatica* L.).

1 – gornja epiderma, 2 – palisadni parenhim, 3 – spužvasti parenhim, 4 – provodni snopić, 5 – stanice sabirnice, 6 – donja epiderma (Skala = 50 μ m).

Na plojci dorziventralnog lista bukve razlikuju se lice (gornja ili ventralna strana) i naličje (donja ili dorzalna strana). Obje strane lista prekrivene su epidermom s kutikulom i voskom. Epiderma je građena od jednog sloja, gusto zbijenih stanica između koji nema

intercelulara. Stanice gornje epiderme uglavnom su veće i prekrivene su debljom kutikulom u odnosu na epidermske stanice s donje strane plojke lista. U sastavu donje epiderme nalaze se puči (**hipostomatski list**) i trihomi. **Mezofil ili klorenhim** ispunjava prostor između donje i gornje epiderme. Diferenciran je na **palisadni (stupasti ili asimilacijski) i spužvasti (transpiracijski) parenhim**. Palisadni parenhim smješten je ispod gornje epiderme, a sastoji se od jednog ili dvaju slojeva stanica. Stanice su izduženog, stupastog oblika. Između stanica mali su intercelulari. Stanice imaju tanke stijenke i sadrže veliku količinu kloroplasta koji se raspoređuju u jednom sloju uz samu staničnu stijenku kako bi mogli iskoristiti što veću količinu sunčeve svjetlosti u procesima fotosinteze. Palisadni parenhim ima funkciju asimilacije te ga nazivamo i asimilacijski parenhim. Spužvasti parenhim smješten je odmah ispod palisadnog parenhima. Izgrađen je od više slojeva stanica nepravilnog, izodijametričnog oblika između kojih su veliki intercelulari. Spužvasti parenhim ima funkciju transpiracije. Na prijelazu između palisadnog i spužvastog parenhima nalaze se **stanice sabirnice**. Ljevkastog su oblika i povezuju palisadni i spužvasti parenhim. U mezofilu su smješteni zatvoreni kolateralni provodni snopići. Ksilem provodnih snopića okrenut je prema licu, a floem prema naličju lista. Provodni snopić obavijen je mehaničkim ovojem koji listu daje čvrstoću.

9.2. Anatomska građa ekvifacijalnog lista

Materijali: list crnog bora (*Pinus nigra* L.).

Pribor: satno stakalce, predmetnice, pokrovnice, kapaljka, žileti, svjetlosni mikroskop.

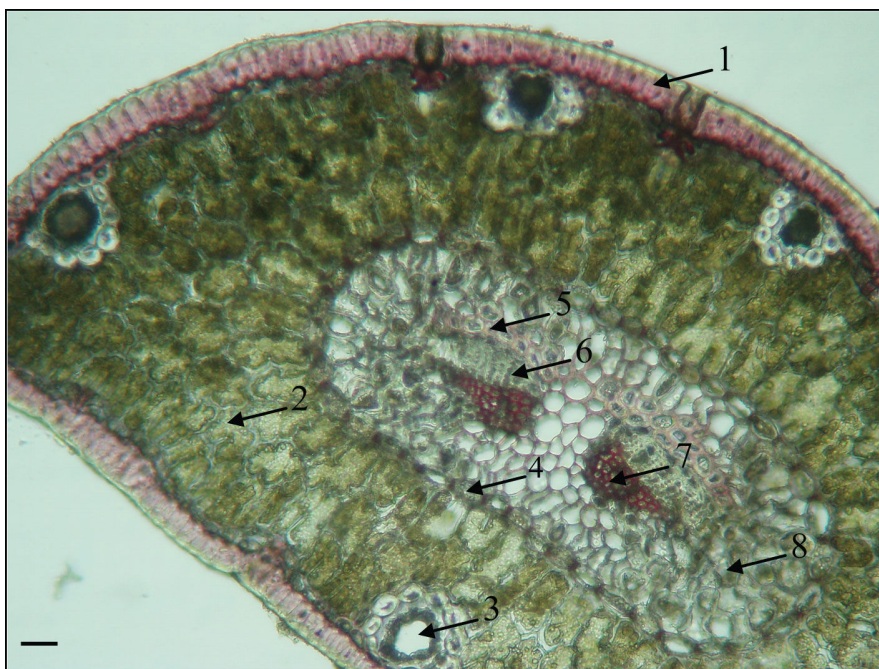
Kemikalije: alkoholna otopina fluoroglucinola, konc. HCl.

Zadatak:

1. Poprečni prerez lista crnog bora (*Pinus nigra* L.)

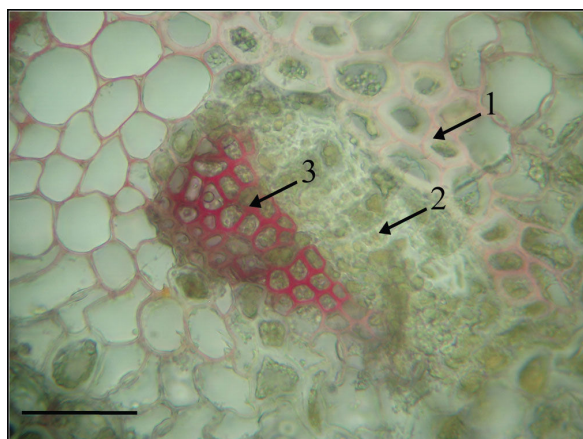
Priprema preparata:

Na satno stakalce ulijte nekoliko kapi alkoholne otopine fluoroglucinola i dodajte nekoliko kapi konc. HCl. Kapaljkom nanosite kap otopine fluoroglucinola na predmetnicu. Žiletom načinite tanki poprečni prerez lista crnog bora i prenesite ga u otopinu na satnom stakalcu. Nakon pojave ružičasto-crvene boje prenesite prerez na predmetnicu, prekrijte pokrovnicom i promatrajte pod mikroskopom.



Slika 61. Poprečni prerez iglice crnog bora (*Pinus nigra* L.).

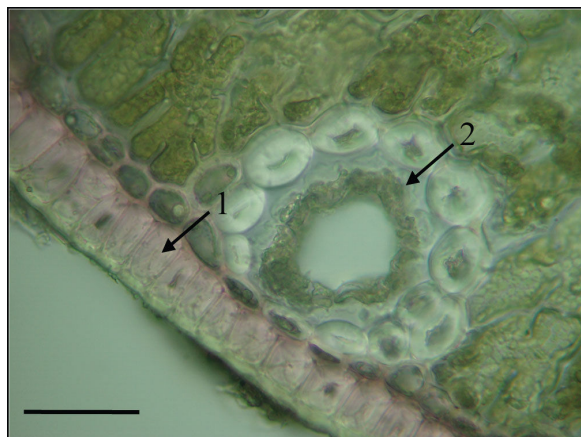
1 - epiderma s kutikulom na naličju lista, 2 – nabrani klorenhim, 3 – smolenica, 4 – endoderma, 5 – likovnice, 6 – floem, 7 – ksilem, 8 – transfuzijsko tkivo (Skala = 50 μ m).



Slika 62. Kolateralni provodni snopić u iglici crnog bora (*Pinus nigra* L.).
1 – likovnice, 2 – floem, 3 – ksilem (Skala = 50 μ m).



Slika 63. Detalj poprečnog prereza iglice crnog bora (*Pinus nigra* L.).
1 – stanica nabranog klorenhima, 2 – puč (Skala = 50 μ m).



Slika 64. Detalj poprečnog prereza iglice crnog bora (*Pinus nigra* L.).

1 – epiderma, 2 – smolenica (Skala = 50 μ m).

Poprečni prerez iglice bora polukružnog je oblika. Ravna je strana iglice lice, a ispupčena strana naličje lista. Iglica je s obje strane prekrivena jednoslojnom epidermom i debelom kutikulom. Stanična je stijenka epidermskih stanica lignizirana. Puči su uvučene i smještene odmah ispod epiderme s obje strane lista. Neposredno ispod epiderme nalazi se i **sklerenhimska hipoderma** građena od jednog ili više slojeva stanica ligniziranih stijenki koje listu daju čvrstoću. Ispod hipoderme smješten je mezofil ili **naborani klorenhim**. Građen je od stanica tankih, celuloznih stijenki. Nabori staničnih stijenki povećavaju asimilacijsku površinu. Između stanica naboranog klorenhima intercelulari su kroz koje prolaze **smolni kanali**. Oko smolnih kanala žljezdani je epitel, tkivo koje u kanale luči smolu. Zbog nježne građe žljezdanog epitela, smolni su kanali okruženi jednim slojem likovnica. Likovnice su na poprečnom prerezu poligonalnog oblika, a zbog zadebljelih, ligniziranih stijenki imaju mali lumen. Na naborani klorenhim nastavlja se jednoslojna **endoderma** čije stanice oblikuju eliptični prsten. Radijalne stanične stijenke endodermских stanica su zadebljale su i lignizirane. Unutar endoderme je **transfuzijsko tkivo** i **dva kolateralna provodna snopića**. Ksilem provodnih snopića okrenut je prema gornjoj, a floem prema donjoj strani iglice. Iznad floema jedan je ili više slojeva stanica likovnica koje se produžuju i povezuju dva provodna snopića. Transfuzijsko tkivo građeno je od neživih stanica, a ima ulogu provođenja vode iz ksilema u naborani klorenhim.

10. PRIPREMA REAGENSA**1. Priprema Lugolove otopine**

Kalijev jodid 0,5 g

Jod.....1,0 g

Destilirana voda.....100 ml

Otopite kalijev jodid u 50 ml destilirane vode. Dodajte jod i dosipajte vode do 100 ml.

Lugolovu otopinu čuvajte u dobro zatvorenoj i tamnoj boci.

2. Priprema otopine klor-cink-joda (prema Henelu)

Cink – klorid 30 g

Kalijev jodid.....5,0 g

Jod.....1,0 g

Destilirana voda.....14 ml

Reagens čuvajte u tamnoj boci, u mraku.

3. Priprema flouroglucinola

0,5 % ili 1% otopina fluoroglucinola u destiliranoj vodi ili 50%-tnom alkoholu.

4. Priprema Sudan III reagensa

Sudan III (kristalni).....0,01 g

96% alkohol.....5,0 ml

Glicerin.....5,0 ml

Otopite Sudan III u alkoholu, a zatim dodajte glicerin.

LITERATURA

- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. i Walter, P., (2002): Molecular biology of the cell. 4th ed. Garland Science, Taylor & Francis Group, New York.
- Bačić, T., (2003): Morfologija i anatomija bilja. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Pedagoški fakultet, Osijek.
- Blaženčić, J., (1979): Praktikum iz anatomije biljaka sa osnovama mikroskopske tehnike. Univerzitet u Beogradu, Naučna knjiga, Beograd.
- Denffer, D. i Ziegler, H., (1987): Botanika: Morfologija i fiziologija. Školska knjiga, Zagreb.
- Kojić, M., (1988): Botanika. III. izdanje. Naučna knjiga, Beograd.
- Lepeduš, H. i Cesar, V., (2010): Osnove biljne histologije i anatomije vegetativnih organa. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Osijek.
- Miličić, D., (1960): Anatomija bilja. Skripta. Sveučilište u Zagrebu, Komisija za udžbenike i skripta sveučilišta u Zagrebu.
- Nikolić, R., Pavlović, S. i Živanović, P., (1989): Anatomija biljaka. Praktikum. IV.
- Pevalek-Kozlina, B., (2003): Fiziologija bilja. Profil, Zagreb.
- Botanički praktikum On-line (<http://croatica.botanic.hr/praktikum/home.htm>).