

Speciālā daļa

I. AUGU ŠŪNA

Daudzšūnu augu organisma galvenais struktūrelements ir šūna. Šūnu forma, uzbūve un izmēri ir dažādi un atkarīgi no funkcijām, ko šūnas veic augu organismā. Plašajā un daudzveidīgajā augu valstī sastopami arī augi, kas sastāv tikai no vienas šūnas. To šūna uzskatāma par veselu organismu ar visiem tam raksturīgajiem dzīvības procesiem — barošanos, elpošanu, vielu uzkrāšanu un izdališanu, vairošanos utt. Augu valstī vienšūnas organismi ir daudzas aļģes un zemākās sēnes. Daudzšūnu organismiem ir daudz sarežģītāka uzbūve. Tie sastāv no šūnu kompleksiem — *audiem*, kas veic dažādas funkcijas auga organismā, un tādēļ arī to šūnas ir atšķirīgas. Organisms kā veselais un šūna kā daļa daudzšūnu organismos sastāda dialektisku vienību. Organismā šūna ir elements, kas pakļauts veselajam.

Augu šūnu forma ir ļoti dažāda — zvaigzņveida, lodveida, diskveida, cilindriska, pavedienveida u. c. Tomēr, neraugoties uz lielo daudzveidību, pēc formas augu šūnas iedala divās lielās grupās — *parenhimatiskās* un *prozenhimatiskās šūnās*.

Parenhimatiskās šūnas ir izodiametriskas — to izmēri visās trijās dimensijās ir vairāk vai mazāk vienādi. Parenhimatisko šūnu vislielākais izmērs parasti pārsniedz mazāko izmēru ne vairāk kā 2...3 reizes. Parenhimatiskās šūnas veido visu augu orgānu pamataudus, asimilācijas audus, vēdinātājus u. c.

Prozenhimatiskās šūnas ir garas, izstieptas, to garums 5...10 un pat vairāk reižu pārsniedz platumu. Šāda veida šūnas ir atsevišķi vadaudu, kā arī koksnes elementi.

Augu šūnas ir sikas un parasti saskatāmas tikai mikroskopā. Vismazākās šūnas ir baktērijas. To diametrs parasti ir 1...2 μm, bet dažu mikrokoku sporu diametrs — tikai 0,12 μm. Parenhimatiskās augu šūnas parasti ir 10...100 μm diametrā, turpretī prozenhimatiskās šūnas var sasniegt pat 50 000 μm (5 cm) garumu, piemēram, linu, kaņepju un citu augu šķiedras.

Tipiska augu šūna sastāv no *šūnapvalka* un *protoplasta* (šūnas dzīvā satura). Par šūnu uzskata arī kailu protoplastu, kāds, piemēram, ir dažiem zemākajiem augiem, vai arī šūnapvalku vienu pašu, kas pēc šūnas dzīvā satura atmiršanas augu organismā turpina veikt attiecīgu funkciju, piemēram, fellēmas šūnas peridermā.

Augstākajiem augiem raksturīgas šūnas ar cietu šūnapvalku. Tas saglabājas visu šūnas dzīves laiku, piedodot šūnai attiecīgu formu.

Protoplasts ir šūnas aktīvā dzīvā daļa. Tas sastāv no citoplazmas, viena vai vairākiem kodoliem, plastidām, mitohondrijiem, Goldži kompleksa, ribosomām, sferosomām un citiem plazmatiskiem veidojumiem. Jaunā šūnā protoplasts aizpilda visu šūnas dobumu. Tajā noris yisiem dzīvajiem organismiem raksturīgie vielu maiņas procesi. Šo procesu rezultātā rodas *vakuolas* — dobumi, kas pildīti ar šūnsulu. *Šūnsula* ir ūdeņains šķidrums, kas nesajaucas ar citoplazmu. Tās reakcija ir skāba. Jaunā šūnā vakuolas ir sīkas, izkliedētas pa visu šūnu. Vēlāk vakuolas saplūst kopā, un tā rezultātā pieaugušā šūnā izveidojas tikai viena liela centrālā vakuola, kas aizpilda visu šūnas dobumu. Protoplasts šīm šūnām atrodas šūnas malās pie šūnapvalka.

Augu šūnas uzbūve

Šūnapvalks ir šūnas ārējās, blīvākās kārtas, kas norobežo šūnas citu no citas. Tas ir citoplazmas darbības produkts, kas veidojas vai nu uz protoplasta virsmas, vai arī tā iekšienē (šūnai daloties). Šūnapvalka ķīmiskais sastāvs atkarīgs no šūnas vecuma un funkcijām. Augu šūnapvalks sastāv no celulozes, hemicelulozes un pektīnvielām. Šūnām pieaugot un specializējoties, mainās šūnapvalka ķīmiskais sastāvs un struktūra. Šūnapvalks var pārkoksnēties, pārkorķoties, kutinizēties, pārgļototies vai mineralizēties. Šūnām augot, šūnapvalks pabiezinas.

Citoplazma — lielākais šūnas organoīds, kuru sauc arī par *protoplazmu* vai *plazmu*, ir bezkrāsaina, caurspīdīga, pusšķidra viskoza viela. Mikroskopā tā labi saskatāma, jo stipri lauž gaismu. Tās gaismas laušanas koeficients $n=1,4$ (ūdenim $n=1,33$). Augu šūnu citoplazmai izšķir trīs dažāda blīvuma daļas:

1) *plazmolemmu* (ektoplazmu) — plānu ārējo slāni, kas robežojas ar šūnapvalku;

2) *mezoplazmu* — vidējo slāni, kas ir lielākā citoplazmas daļa un kurā atrodas pārējie šūnas organoīdi;

3) *tonoplastu* — plānu iekšējo slāni, kas robežojas ar vakuolu.

Citoplazmas ķīmiskais sastāvs ir ļoti sarežģīts un mainīgs. Tā, piemēram, glotsēnes *Fuligo varians* plazmodija ķimis-

kajā sastāvā ietilpst 40,7% ūdenī šķīstošu un 59,3% ūdenī nešķīstošu vielu. Dzīvas augu šūnas citoplazmā ir apmēram 75...80% ūdens, 10...20% olbaltumvielu, 2% nukleīnskābju, 2...3% lipīdu, 1...2% ogļhidrātu un 1% neorganisko sāļu. Citoplazmas reakcija ir sārmaina.

Dzīvās šūnās novērojama citoplazmas pārvietošanās — kustība. Pārvietojas gan parasti tikai citoplazmas vidējā daļa — mezoplazma. Plazmolemma un tonoplasts nepārvietojas. Citoplazmas kustību šūnā var konstatēt pēc plastīdu, it īpaši pēc hloroplastu pārvietošanās. Kustība var būt *primāra*, ja šūna atrodas normālos dzīves apstākļos, un *sekundāra*, ja uz šūnu iedarbojas dažādi kairinātāji. Citoplazmas kustībai ir vairāki veidi.

1. *Rotējošā jeb apļveida kustība* novērojama pieaugušās vecās šūnās, kurās protoplasts atrodas gar šūnapvalku, bet vidū ir viena liela centrālā vakuola.

2. *Cirkulējošo kustību* novēro šūnās, kurās citoplazma atrodas ne tikai gar šūnapvalku, bet arī daudzu pavedienu veidā stiepjas uz kodolu šūnas centrā.

3. *Strūklveida kustība* ir pārejas forma starp rotējošo un cirkulējošo kustību.

4. *Viļņojošā kustībā* citoplazma un tajā ieslēgtie organoīdi viļņveidīgi pārvietojas pa šūnu, ritmiski mainot virzienu.

Citoplazmas kustības ātrumu var ietekmēt dažādi ārējie faktori — temperatūra, gaisma, skābekļa daudzums vidē, dažādas ķīmiskās vielas u. c.

Citoplazmai piemīt selektīvas īpašības, tā ir *puscaurlaidīga*, jo laiž cauri ūdeni, bet ūdenī izšķīdušās lielmolekulārās vielas laiž cauri tikai daļēji vai arī nelaiž cauri nemaz. Šādu caurlaidību sauc arī par *izvēles caurlaidību*. Tā saistīta ar citoplazmas sarežģīto struktūru, bet it īpaši ar plazmolemmas un tonoplasta struktūru un īpašībām. Vielu iekļūšana šūnā atkarīga galvenokārt no plazmolemmas un tonoplasta caurlaidības.

Pieaugušā šūnā citoplazma atrodas plānā slānī gar šūnapvalku. Šāds citoplazmas izvietojums izskaidrojams ar šūnas iekšējo spiedienu. Šūnsula, kas piepilda vakuolu, ir dažādu vielu lielākas vai mazākas koncentrācijas šķīdums, pie tam šī šķīduma koncentrācija ir lielāka par apkārtējās vides šķīduma koncentrāciju. Šūnsulā izšķīdušās dažādas vielas — olbaltumvielas, ogļhidrāti, pigmenti, organiskās skābes un to sāļi, alkaloīdi u. c.

Šūnsulai ir ļoti liela nozīme šūnas un visa auga dzīvē. Tās koncentrācija nosaka ūdens un citu vielu iekļūšanu šūnā, turgoru, atvārsnišu darbību, bet līdz ar to arī transpirāciju, fotosintēzi un citus procesus.

Šūnapvalkam viegli izklūst cauri visi vielu šķīdumi, un tikai cietām daļiņām tas ir necaurļaidīgs. Ūdens no šūnas šūnā pārvietojas saskaņā ar osmozes likumiem. Vielas, kas izraisa osmozi, sauc par *osmotiski aktīvām vielām*. Tā kā šūnsulas koncentrācija parasti ir lielāka par apkārtējās vides šķīduma koncentrāciju, ūdens pārvietojas uz šūnu, palielina tās tilpumu, radot šūnas iekšējo spiedienu — *turgoru*.

Spēku, ar kādu šūna uzsūc ūdeni no apkārtējās vides, sauc par *šūnas sūcējspēku*. Ja šūnu ievieto šķīdumā, kura koncentrācija ir lielāka par šūnsulas koncentrāciju (*hipertonisks šķīdums*), tad saskaņā ar osmozes likumiem ūdens no šūnas tiek atsūkts apkārtējā vidē. Vakuolas tilpums samazinās, un turgors pavājinās. Tā kā citoplazmas iekšējais slānis — tonoplasts ir saistīts ar šūnsulu, tad, samazinoties vakuolai, citoplazma atraujas no šūnapvalka — notiek *plazmolīze*. Telpu starp šūnapvalku un citoplazmu aizpilda plazmolizējošais šķīdums.

Plazmolīzes sākumā citoplazma no šūnapvalka atraujas tikai šūnas stūros, un tad to sauc par *robežplazmolīzi*. Vēlāk, kad citoplazma no šūnapvalka atraujas vairākās vietās, novērojama *ieliektā plazmolīze*. Pēc tam šūnas protoplasts pilnīgi atraujas no šūnapvalka, noapaļojas un paliek šūnas vidū vai pie vienas šūnas malas. Tā ir *izliektā plazmolīze*.

Plazmolīzi var novērot tikai dzīvās šūnās, un tā būtiski neietekmē dažādu procesu norisi šūnās. Ja plazmolizētās šūnas ievieto vājākas koncentrācijas šķīdumā (*hipotoniskā šķīdumā*) vai ūdenī, tad var novērot plazmolīzei pretēju procesu — *deplazmolīzi*. Deplazmolīzes laikā šūnas uzsūc ūdeni, šķīduma koncentrācija šūnsulā un apkārtējā vidē izlīdzinās, un šūnas atgūst savu sākotnējo stāvokli.

Kodols ir ikvienas dzīvās augu šūnas obligāta sastāvdaļa, kas vienmēr atrodas citoplazmā. Parasti šūnā ir viens kodols, taču to var būt arī vairāk — pat līdz vairākiem simtiem. Jaunie kodoli rodas tikai, pārdaloties vecajiem kodoliem.

Kodols ir šūnas bioķīmisko procesu organizācijas centrs. Šūna bez kodola pakāpeniski iet bojā. Kodolu veids un lielums ir ļoti dažāds dažādām augu sugām un pat augu orgāniem. Augstāko augu šūnu kodola diametrs ir vidēji 10...20 μm, taču atsevišķām sugām, piemēram, cikadeju rindas augam *Dioon edule* olšūnas kodola diametrs sasniedz 500...600 μm. Kodoli lielākoties ir apaļi, ieapaļi vai lēcveidīgi, bet prozenhimatiskajās šūnās arī pavidienveidīgi.

Kodola ķīmiskais sastāvs ir ļoti līdzīgs citoplazmas sastāvam. Kodolu veido kodola apvalks — *kariotēka*, kodola plazma — *kariolimfa*, *hromatīna tīklojums* un viens vai vairāki

20. att. Sīpola (*Allium cepa* L.)
 zviņlapas epidermas šūnas:
 1 — citoplazma; 2 — kodoliņš; 3 —
 kodols; 4 — vakuolas; 5 — šūnap-
 valks.

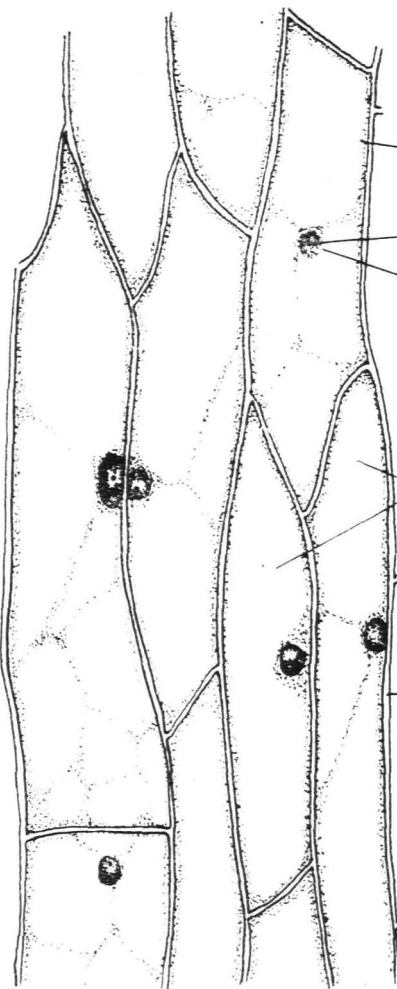
kodoliņi. Kodolam daloties, no hromatīna tiklojuma veidojas īpaši veidojumi — *hromosomas*, kas sastāda apmēram 25% no kodola masas un ir galvenie iedzimtības nesēji. Hromosomu galvenā sastāvdaļa ir *dezoksiribonukleīnskābe* (DNS). Bez tam tajās ir arī ribonukleīnskābes (RNS) un olbaltumvielas. Visi šie savienojumi kopā veido *nukleoproteidus*.

Lai iepazītos ar augu šūnas vispārīgo uzbūvi, augu anatomijas praktiskajos darbos var izmantot dažādus objektus, taču vēlams izvēlēties tādus, no kuriem var viegli pagatavot vajadzīgos preparātus.

SĪPOLA (*ALLIUM CEPA* L.)
 ZVIŅLAPAS EPIDERMAS
 ŠUNAS UZBŪVE

Darbam var izmantot sīpolu ar baltām zviņlapām, kā arī sīpolu ar sārtām zviņlapām. Lai labāk būtu saskatāma citoplazma, kodols un kodolbaltās zviņlapas virsējās epidermas gabaliņu krāso ar joddumu kālija jodīda šķīdumā un pēc tam apskata mikroskopā. Piemērotāks objekts šim darbam ir sīpols ar sārtām zviņlapām, jo tā epidermas šūnās atrodas antociāni, kas iekrāso šūnas ļoti saskatāmas vienas šūnas sastāvdaļas bez papildu krāsošanas.

No sīpola sārtās zviņlapas ārpusē (izliektās pusē) ar slīpām vai pinceti noplēš nelielu epidermas gabaliņu, ieliek to



pilienā uz priekšmetstikla, apsedz ar segstiklu un apskata mikroskopa mazajā palielinājumā (objektīvs 8×). Apskatei izvēlas tādu preparāta vietu, kur ir tikai epiderma — viena šūnu kārtā un nav dziļāk esošo audu šūnu. Sīkāk preparātu izpēta mikroskopa lielajā palielinājumā (objektīvs 40×).

Epidermas šūnas ir iegarenas, ar plānu šūnapvalku (20. att.). Tās atrodas blīvi cita pie citas un neveido starpšūnu telpas. Šūnapvalkā redzamas sevišķi plānas vietas — poras, kurās šūnapvalks nav uzbiezināts. Šūnas dobums pildīts ar krāsainu šūnsulu. Pieverot diafragmu, atsevišķās šūnās labi saskatāms plāns citoplazmas slānis gar šūnapvalku. Jaunākās šūnās redzami citoplazmas pavedieni ar graudainu struktūru, kuri stiepjas no vienas šūnas malas uz otru. Citoplazmas pavedieni uz krāsainās šūnsulas fona labi redzami. Šūnas vidū vai arī vienā malā pie šūnapvalka saskatāms kodols ar vienu vai vairākiem kodoliņiem.

Ja darbam izmanto sīpolu ar baltām zvīņlapām, kam šūnsula nav krāsota ar antociānu, preparātu krāso ar joda šķīdumu kālija jodīda šķīdumā, lai labāk saskatītu attiecīgās šūnas sastāvdaļas. Citoplazma nokrāsojas viegli iedzeltenā krāsā, kodols — intensīvāk dzeltenā krāsā, bet kodoliņš — tumši dzeltenā vai pat gaiši brūnā krāsā.

Pēc preparāta apskates mikroskopa lielajā palielinājumā uz zīmē dažas sīpola epidermas šūnas un atzīmē citoplazmu, kodolu, kodoliņus, vakuolas, šūnapvalku un poras.

VIRDZĪNIJAS TRADESKANCIJAS (*TRADESCANTIA VIRGINIANA* L.) PUTEKŠŅLAPU MATIŅU ŠŪNU UZBŪVE

Labs objekts dzīvu augu šūnu pētišanai ir Virdzīnijas tradeskancijas putekšņlapu kātiņu matiņi. Tā kā šī tradeskanciju suga viegli pavairojama un labi aug ne vien siltumnīcu apstākļos, bet arī dzīvojamās telpās, laboratorijās un citās sabiedriskās telpās, materiāla sagāde laboratorijas darbiem nekādas grūtības nerada. Minētais objekts arī darbam ļoti piemērots, jo putekšņlapu kātiņi ir klāti ar vienkāršiem daudzšūnu matiņiem. Matiņus veido viena gara šūnu rinda. Matiņš aug garumā, daloties galotnes šūnai, tādēļ šūnas, kas atrodas matiņa galotnē, ir daudz jaunākas par šūnām, kas atrodas tuvāk pamatnei, un, apskatot mikroskopā vienu matiņu, var redzēt dažāda vecuma šūnas. Šūnas satur daudz antociāna, tāpēc visas augu šūnai raksturīgās sastāvdaļas ir labi saskatāmas.

Lai apskatītu matiņu mikroskopā, to atdala ar pinceti vai preparējamo adatu no putekšņlapas kātiņa, ieliek pilienā desti-

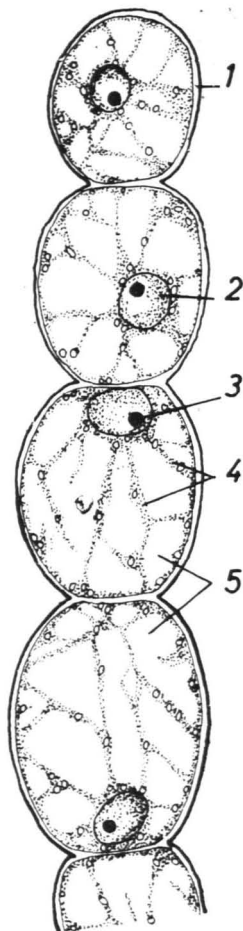
21. att. Tradescancijas (*Tradescantia virginiana* L.)
putekšņlapas kāta matiņa šūnas:

1 — šūnapvalks; 2 — kodols; 3 — kodoliņš; 4 — citoplazma;
5 — vakuolas.

lēta ūdens, kas iepriekš uzpilināts uz priekšmetstikla, un apsedz ar segstiklu. Segstiklu jāuzliek uzmanīgi, lai nebojātu dzīvās šūnas. Nav vēlams lietot ūdensvada ūdeni, jo tajā esošais hlors noārda antociānus, šūnas kļūst bezkrāsainas un tādēļ apgrūtināta sīkāka šūnu izpēte.

Matiņa galotnes šūnas ir mazākas, arī vakuolas tajās sīkas un šūnapvalks intensīvāk krāsots. Lielajā palielinājumā redzams, ka katrai šūnai ir plāns šūnapvalks un citoplazma atrodas plānā kārtā gar šūnapvalku (21. att.). Saskatāmi arī gaišāki citoplazmas pavedieni, kas stiepjas no vienas šūnas malas uz otru. Tajos var novērot citoplazmas strūklveida kustību. Tuvāk vienai no šūnas malām atrodas citoplazmā ietverts šūnas kodols, kurā saskatāms arī kodoliņš.

Pēc preparāta apskates mikroskopā lielajā palielinājumā uzzīmē vairākas matiņa šūnas, atzīmējot šūnapvalku, vakuolas, kodolu, kodoliņu.



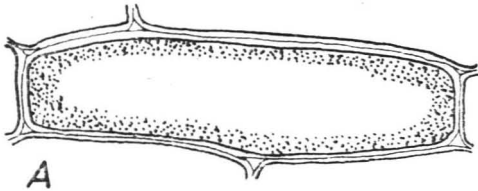
PLAZMOLIZE SIPOLA (*ALLIUM CEPA* L.) ZVIŅĻAPAS EPIDERMAS ŠŪNĀS

Piemērots objekts plazmolīzes novērošanai šūnās ir sīpols ar sārtām zviņļapām. Ar žileti vai bārdas nazi nogriež plānu apakšējās epidermas gabaliņu, ieliek to ūdens pilienā uz priekšmetstikla, uzliek segstiklu un apskata mikroskopā. Tā kā šūnas ir krāsainas, labi redzams, ka protoplasts aizņem visu šūnas dobumu.

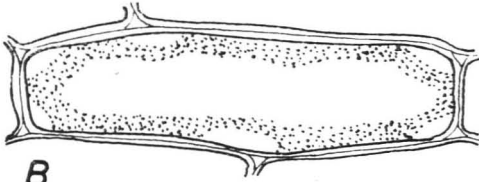
Lai izraisītu šūnu plazmolīzi, ūdens zem segstikla jānomaina ar kādu plazmolizējošu šķīdumu, piemēram, 5...10% kālija nitrāta, nātrija hlorīda vai kāda cita neitrāla sāls šķīdumu. Plazmolizējoši ir arī cukura un glicerīna šķīdumi, kuru koncentrācija ir augstāka par šūnsulas koncentrāciju. Uz priekšmetstikla

22. att. Plazmolizētas sīpola (*Allium cepa* L.) zvīņlapas epidermas šūnas:

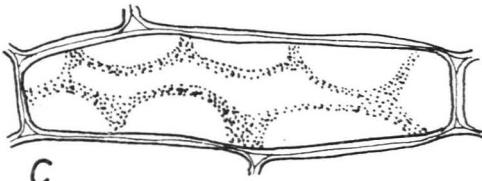
A — šūna pirms plazmolīzes; B — robežplazmolīze; C — ieliektā plazmolīze; D — izliektā plazmolīze.



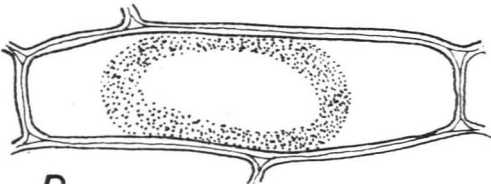
A



B



C



D

segstiklam vienā malā uzpilina pilienu plazmolizējošā šķīduma, bet no pretējās segstikla malas ar filtrpapīra strēmelīti atstūc ūdeni tik ilgi, kamēr zem segstikla ūdens vietā iekļūst plazmolizējošais šķīdums.

Pēc neilga laika novērojama *robežplazmolīze* — citoplazma atraujas no šūnapvalka šūnas stūros. Tai seko *ieliektā plazmolīze* un pēc tās — *izliektā plazmolīze* (22. att.). Ja plazmolizējošo šķīdumu nomaina ar ūdeni, var novērot *deplazmolīzi*.

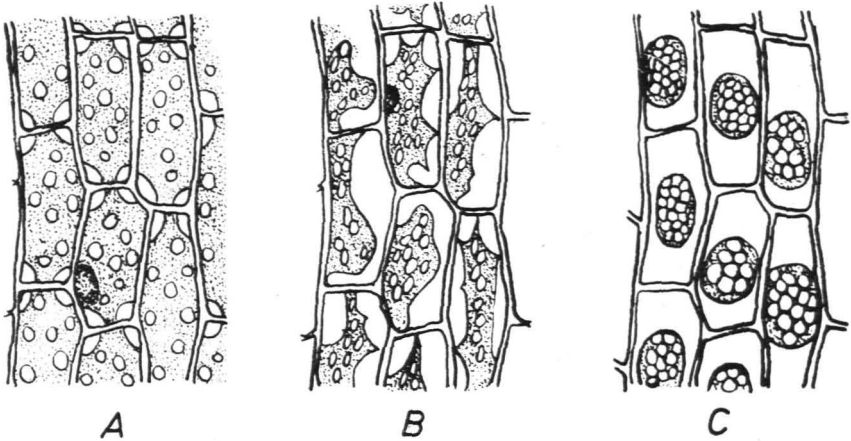
Pēc preparāta apskates mikroskopa lielajā palielinājumā uzzīmē šūnas,

kurās redzama robežplazmolīze, ieliektā plazmolīze un izliektā plazmolīze. Atzīmē šūnapvalku, citoplazmu un kodolu.

PLAZMOLĪZE ELODEJAS (*ELODEA CANADENSIS* RICH.) LAPAS ŠŪNĀS

Plazmolīzi var novērot arī elodejas lapu šūnās. Darbam izmanto jaunās lapas, kas atrodas dzinumu galos. Uz priekšmetstikla ūdens pilienā ievieto 1 vai 2 norautas lapas, pārsedz ar segstiklu un apskata mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā. Labi saskatāmas lapas šūnas ar hloroplastiem. Protoplasts piepilda visu šūnas dobumu.

Preparātā ūdeni nomaina ar kādu plazmolizējošu šķīdumu



23. att. Plazmolizētas elodejas (*Elodea canadensis* Rich.) lapu šūnas:
 A — robežplazmolīze; B — ieliektā plazmolīze; C — izliektā plazmolīze.

tāpat kā iepriekšējā darbā. Pēc neilga laika novērojama plazmolīze un citoplazma ar hloroplastiem atraujas no šūnapvalka (23. att.). Pēc izliektās plazmolīzes iestāšanās plazmolizējošo šķīdumu preparātā nomaina ar ūdeni un novēro deplazmolīzi.

Pēc preparāta apskates mikroskopa lielajā palielinājumā uz zīmē elodejas lapas epidermas šūnas, kurās redzama robežplazmolīze, ieliektā plazmolīze un izliektā plazmolīze. Atzīmē šūnapvalku, citoplazmu, hloroplastus.

Augu šūnas un kodola dalīšanās

Šūnu dalīšanās procesā izšķir divas daļas: 1) šūnas kodola dalīšanos — *kariokinēzi* un 2) šūnas citoplazmas un pārējo šūnas elementu dalīšanos — *citokinēzi*. Šūnas kodola dalīšanās notiek pirms šūnas dalīšanās.

Augu šūnu kodola dalīšanās veidi ir 1) *mitoze* (grieķiski *mitos* — pavediens), kas raksturīga somatiskajām jeb veģetatīvajām šūnām, 2) *mejoze* (grieķiski *meion* — mazāk) jeb reduktīvā dalīšanās, kas raksturīga dzimumšūnu veidošanās procesā, un 3) *amitoze* — šūnas kodola tiešā dalīšanās, kas augstākajiem augiem novērojama samērā reti. Amitotiski dalās vecas vai ievainotas šūnas, kas nespēj veidot jaunus audus. Amitoze nenodrošina mātsūnas ģenētiskās informācijas vienlīdzīgu sadali starp meitšūnām.

MITOZE

Mitoze augstākajiem augiem novērojama vietās, kur notiek intensīva augšana, — galotnes, sānu vai iestarpinātajā meristēmā. Tai raksturīga noteiktu struktūru — hromosomu un ahromatīna vārpstas parādīšanās dalīšanās procesā. Mitozes rezultātā izveidojas divi meitkodoli, kas saņēmuši tādu pašu hromosomu skaitu, kāds bijis mātkodolā, tādejādi abās jaunajās meitšūnās ir pilnīgi vienādas mātšūnā esošā ģenētiskā materiāla daļas.

Mitoze ir nepārtraukts process, un to nosacīti iedala četrās fāzēs — *profāzē*, *metafāzē*, *anafāzē* un *teloģāzē*.

Kodola šķietamo miera stāvokli, kas seko pēc katras dalīšanās un ilgst līdz nākamās dalīšanās sākumam, sauc par *interfāzi*. Interfāze parasti aizņem daudz lielāku laiku posmu nekā viss mitozes process kopumā. Tā, piemēram, daudziem augiem interfāze ilgst 10...20 dienas, bet mitoze tikai no 30 minūtēm līdz 2 stundām. Interfāzē jeb šķietamajā miera stāvoklī kodols dzīvā šūnā izskatās optiski tukšs, tajā var saskatīt tikai kodola apvalku jeb kariotēku, kas kodolu atdala no apkārtējās citoplazmas, un vienu vai vairākus kodoliņus. Krāsotos preparātos, kas pagatavoti no fiksēta materiāla, labi saskatāms ne vien kodola apvalks un kodoliņi, bet arī citi kodola komponenti. Kodola iekšieni pilda kodola sula jeb kariolimfa. Kodola sulā atrodas tievi hromatīna pavedieni — *hromonēmas*, ko uzskata par despiralizētām hromosomām. Atsevišķas hromosomas interfāzē nav saskatāmas ne optiskajā, ne arī elektronu mikroskopā, taču ir pierādīts, ka interfāzē tās saglabājas neredzamā stāvoklī.

Bez tam kodolā saskatāmi atsevišķi hromatīna gabaliņi — *kariosomas* jeb *hromocentri* (neīstie kodoliņi), ko uzskata par blīviem hromosomu posmiem, kuri nav despiralizējušies. Daļa hromocentru piestiprinājušies pie kodoliņiem, veidojot kodoliņu hromatīnu.

Profāzē šūnas kodols palielinās. Tās sākumā hromonēmas kodolā savijušās lielā kamolā. Vēlāk garie hromonēmu pavedieni spirālizējas un tā rezultātā saīsinās, pāresnās un nodalās cits no cita. Šajā laikā hromosomas jau labi saskatāmas. Profāzes sākumā hromosomas vienmērīgi izkaisītas pa visu kodolu, bet tālākā dalīšanās procesā tās pārvietojas uz kodola perifēriju. Katra hromosoma šajā laikā sastāv no diviem paralēliem, cieši novietotiem spirāliskiem pavedieniem — *hromatidām*. Profāzes laikā spirālizācijas rezultātā hromosomas saīsinās apmēram 25 reizes. Izšķīst kodoliņš un profāzes beigās — arī kodola apvalks. Centrosoma sadalās divās centriolās, kas virzās uz poliem.

Metafāzē sāk veidoties *ahromatīna vārpsta*. Ahromatīna pavedieni šūnas polos satuvinās, bet vidusdaļā attālinās cits no cita, izveidojot vārpstas ekvatoru. Hromosomas pārvietojas uz šūnas ekvatoriālo plakni, izveidojot *ekvatoriālo plātnīti*. Daļa ahromatīna pavedienu pievienojas hromosomu centromērām, saistot katru centromēru ar abiem pretējiem poliem. Pārējie ahromatīna pavedieni stiepjas cauri ekvatoriālajai plaknei no viena šūnu pola uz otru.

Sajā laikā viegli var noteikt hromosomu skaitu, formu un izmērus. Labi redzams, ka katra hromosoma sastāv no diviem pleciem, kas savienoti ar *centromēru* jeb *kinetohoru*. Centromērai ir ļoti liela nozīme kodola dalīšanās laikā. Metafāzes laikā tā novietojas tieši ekvatoriālajā plaknē, kamēr hromosomu pleci var atrasties arī ārpus tās.

Metafāzes beigās katras hromosomas centromēra sadalās divās daļās, un tā rezultātā viena no otras atdalās arī hromatīdas, kļūstot par divām pilnīgi patstāvīgām hromosomām, kuras no šī brīža sauc par *meithromosomām*.

Anafāzē ahromatīna pavedieni, kas piestiprināti pie hromatīdu centromērām, sāk sarauties un meithromosomas sāk pārvietoties uz šūnas poliem. Tā rezultātā katras mēthromosomas viena meithromosoma virzās uz vienu šūnas polu, bet otra — uz otru polu. Anafāzes rezultātā šūnas pretējos polos izveidojas divas hromosomu grupas ar vienādu hromosomu skaitu.

Telofāzē notiek jauno meitkodolu veidošanās. Mātšūnas polos nonākušās meithromosomas sāk despiralizēties (hromonēmu spirāles atvijas), hromosomas kļūst tievas, garas un atgriežas interfāzei raksturīgā stāvoklī. Vienlaikus ar hromosomu despiralizāciju atjaunojas kodoliņi, izveidojas jauno kodolu apvalki.

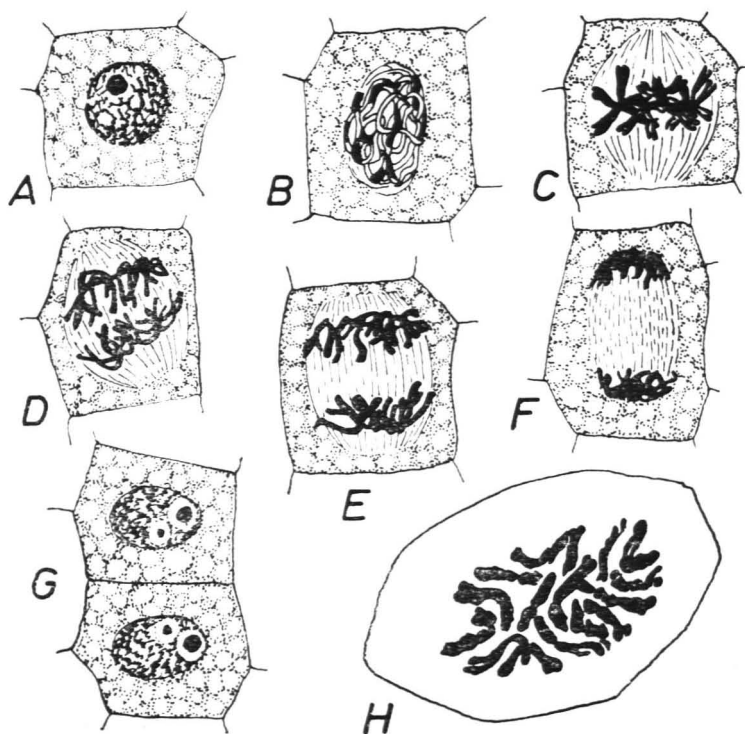
Ar to kodola dalīšanās cikls — kariokinēze noslēdzas. Iestājas kārtējā interfāze.

Citokinēze parasti sākas jau anafāzē un telofāzē. Ahromatīna vārpstas brīvie pavedieni, kas nav saistīti ar hromatīdām, sablīvējas šūnas ekvatoriālajā plaknē, veidojot mezglus. Kariokinēzei beidzoties, šie mezgli uzbrīst, saplūst kopā un izveido vidējo plātnīti. Tā augot sasniedz mātšūnas šūnapvalku un kā starpsiena atdala abas meitšūnas vienu no otras. Taču tas vēl nav šūnapvalks. Katrā pusē šai plātnītei jauno meitšūnu citoplazmas darbības rezultātā izveidojas primārais, bet pēc tam sekundārais šūnapvalks. Tādējādi mitozes un tai sekojošās citokinēzes rezultātā izveidojas divas meitšūnas ar tādu pašu hromosomu skaitu, kāds ir bijis mātšūnai. Interfāzes laikā jaunizveidotajos meitkodolos atjaunojas iepriekšējais DNS daudzums, šūnas pieaug un atkal var sekot jauna dalīšanās.

Augu šūnu mitozes izpētei preparāti obligāti jākrāso, jo nekrāsotā preparātā nav saskatāmas atsevišķas kodola detaļas. Darbam var izmantot savlaicīgi pagatavotus pastāvīgos preparātus (sk. 37. lpp.). Piemēroti objekti mitozes izpētei ir sīpoli, liliju dzimtas augi, kā arī pākšaugi.

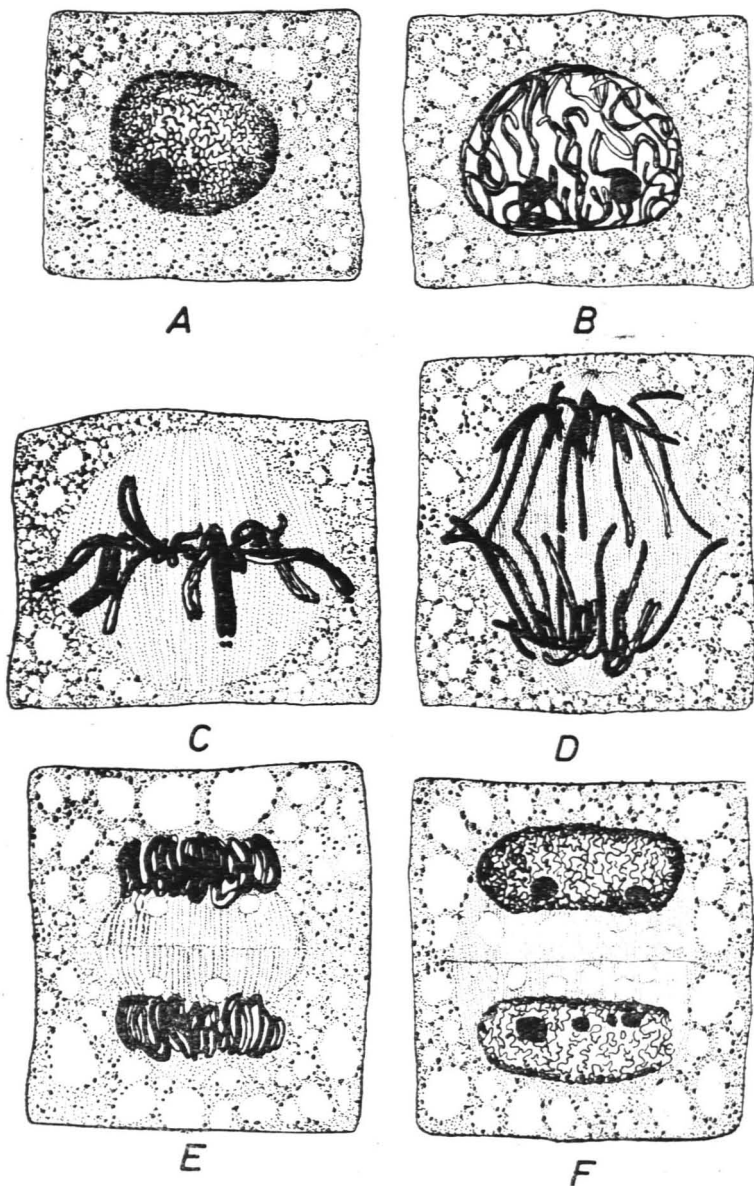
MITOZE SĪPOLA (*ALLIUM CEPA* L.) SAKŅU ŠŪNĀS

Mitozes izpētei vispiemērotākie objekti ir jaunas, augošas sīpolu saknes. Apskatot sakņu gala gargriezumu preparātus mikroskopa mazajā palielinājumā (7×8 , 10×8), redzams, ka pašu saknes galu sedz saknes uzmava, bet zem tās atrodas augšanas konuss jeb saknes apikālā meristēma. Meristēmas šūnas sakārtotas blīvi rindās cita pie citas saknes gareniskās ass vir-



24. att. Mitoze sīpola (*Allium cepa* L.) saknes šūnās:

A — interfāze; B — profāze; C — metafāze; D, E — anafāze; F — telofāze; G — divas meitšūnas; H — ekvatoriālā plātnīte.



25. att. Mitoze kokveida alvejas (*Aloe arborescens* Mill.) sakņu šūnās:
 A — interfāze; B — profāze; C — metafāze; D — anafāze; E — telofāze, F — pāreja
 uz interfāzi.

zienā. Šūnas ir izodiametriskas, ar plānu apvalku. Visu šūnas dobumu aizpilda citoplazma, vakuolu tajā tikpat kā nav. Augšanas konusa šūnas intensīvi dalās, tādēļ šo saknes daļu sauc par *dališanās zonu*. Sīpola saknēs šī zona ir apmēram 1 mm plata. Aiz dališanās zonas sākas saknes *stiešanās* jeb *augšanas zona*, aiz kuras seko *uzsūcējzona*.

Apskatot mikroskopa lielajā palielinājumā šūnu rindu no saknes gala gareniskās ass virzienā, var iepazīties ar meristemātisko šūnu uzbūves pakāpeniskām izmaiņām, kā arī ar dažādām šūnas dališanas fāzēm (24. att.). Sīkākai atsevišķo dališanās fāzu izpētei ieteicams lietot eļļas imersijas objektīvus.

Pēc preparāta apskates mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē saknes galotnes meristēmas šūnas attiecīgajās mītozes fāzēs.

MITOZE KOKVEIDA ALVEJAS (*ALOE ARBORESCENS* MILL.) SAKŅU ŠUNAS

Alvejas ir liliju dzimtas augi, kuriem neliels hromosomu skaits ($2n=14$), un tādēļ arī tās ir piemērots objekts šūnas dališanās izpētei.

Darbam izmanto galvenokārt pastāvīgos preparātus, kas pagatavoti no alvejas augošu sakņu galu gargriezumiem. Mikroskopa mazajā palielinājumā saskatāma saknes uzmava, kas sedz augšanas konusu. Augšanas konusā šūnas sakārtotas rindās saknes gareniskās ass virzienā (25. att.).

Sīkāk preparātu izpēta mikroskopa lielajā palielinājumā un novēro attiecīgās mītozes fāzes. Metafāzes stāvoklī izskaita hromosomas. Uzzīmē šūnas attiecīgajās mītozes fāzēs.

MEJOZE

Mejoze ir īpašs šūnu kodola dališanās veids, kas norisinās dzimumšūnu nogatavošanās procesā, un tās rezultātā no viena diploīda kodola rodas četri kodoli ar haploīdu hromosomu skaitu. Augiem kā vīrišķās, tā sievišķās dzimumšūnas veidojas no dzimumšūnu mātšūnām. Tās ir līdzīgas pārējām augu somatiskajām šūnām un satur diploīdu hromosomu skaitu ($2n$). Mejozes procesā dzimumšūnu mātšūnas kodols dalās divas reizes, pie tam šīs dališanās ātri seko viena otrai. Pirmās dališanās laikā hromosomu skaits kodolos reducējas no $2n$ līdz n . Katrs jaunais kodols saņem pa vienai hromosomai no homologo hromosomu pāra, līdz ar to katrā jaunajā meitkodolā hromosomu skaits ir divreiz mazāks nekā mātšūnā, un tāpēc šo kodola dališanos sauc arī par *reduktīvo dališanos*.

Tā kā pirmās dalīšanās rezultātā jaunizveidojušies meitkodoli katrs saņem tikai pa vienai hromosomai no homologo hromosomu pāra (tēva vai mātes), tad šo pirmo dalīšanos sauc par *heterotipisko dalīšanos* (grieķiski *heteros* — dažāds). Otrā dalīšanās norisinās līdzīgi mitozei, un no viena mātkodola izveidojas divi meitkodoli ar vienādām hromosomām un vienādu hromosomu skaitu. Šo dalīšanos sauc par *homeotipisko dalīšanos* (grieķiski *homaios* — vienāds).

Tādējādi visa mejozes procesa galarezultātā no vienas diploīdas dzimumšūnu mātšūnas izveidojas četras haploīdas dzimumšūnas.

Mejozē, tāpat kā mitozē, izšķir 4 fāzes — *profāzi*, *metafāzi*, *anafāzi* un *telofāzi*. Tā kā mejozē notiek divas dalīšanās — heterotipiskā un homeotipiskā, tad arī katrā no tām norisinās visas šīs fāzes. Pirmās dalīšanās fāzes apzīmē ar I, bet otrās dalīšanās fāzes — ar II.

Profāze I ir vissarežģītākā un ilgstošākā fāze, tādēļ to iedala vairākās stadijās — *leptonēmā*, *zigonēmā*, *pahinēmā*, *diplonēmā* un *diakinēzē*.

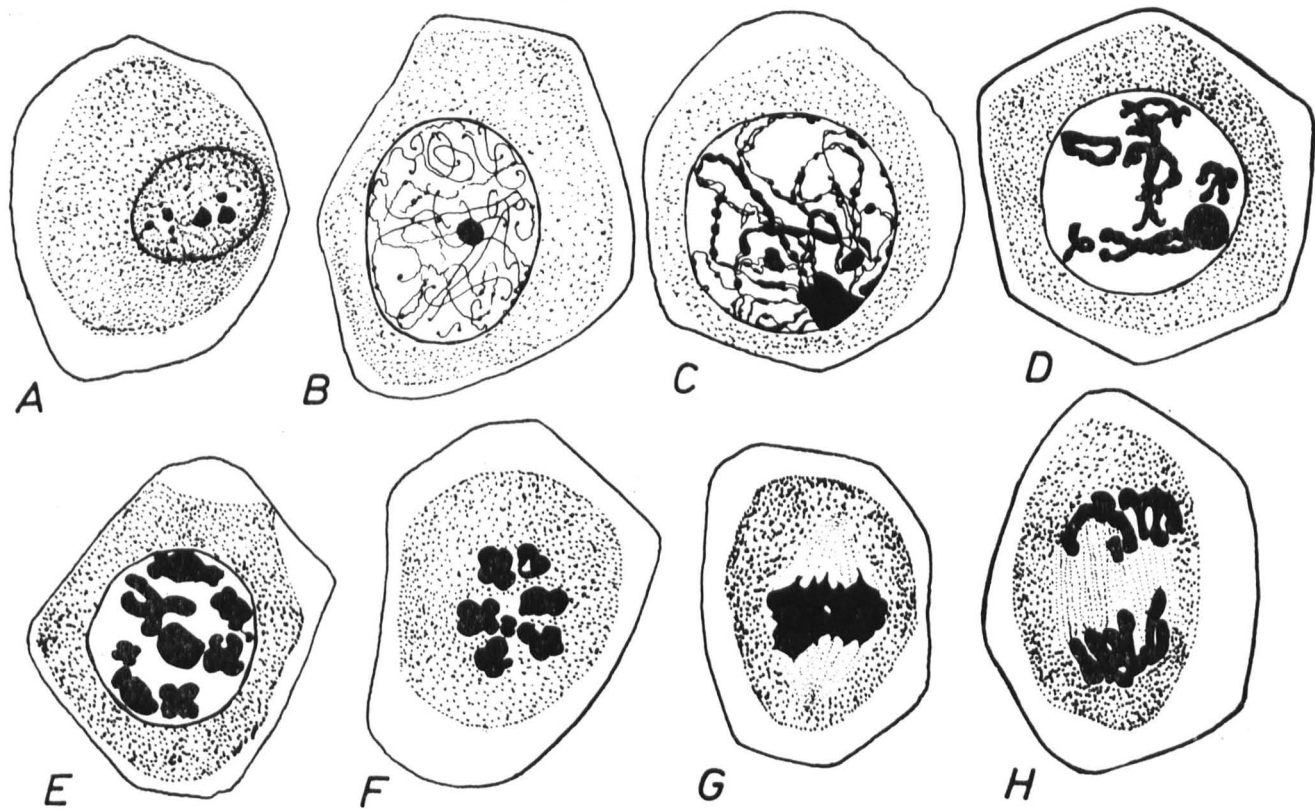
Leptonēmā (tievo pavadieņu fāzē) kodolā vēl ir diploīds hromosomu skaits. Hromosomas redzamas kā ļoti tievi un gari pavadieni un atgādina samudžinātu dzijas kamolu. Rūpīgāk apskatot šos pavadieņus, redzams, ka uz tiem tuvu cits citam atrodas paresninājumi — *hromomēras*.

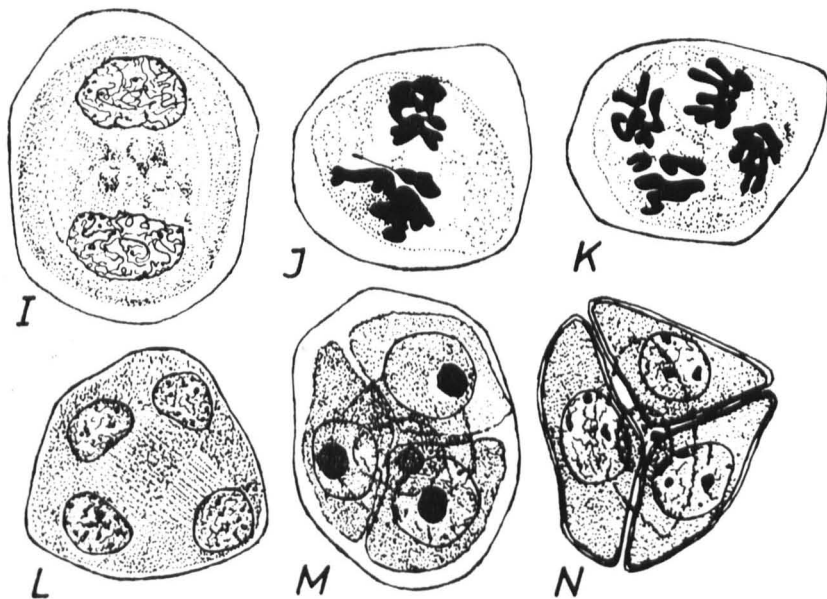
Zigonēmā (divkāršo pavadieņu fāzē) tievie pavadieni satuvojas pa pāriem un atsevišķās vietās savienojas. Tādējādi šajā fāzē sāk satuvināties homologās hromosomas, kas ir vienādas pēc formas, bet cēlušās no dažādiem haploīdajiem kodoliem. Šādu hromosomu satuvināšanos sauc par *konjugāciju* jeb *sinapsi*.

Pahinēmā (resno pavadieņu fāzē) beidzas hromosomu satuvināšanās, savienošanās visā garumā, pie tam pēc konjugācijas hromosomas spiralizācijas rezultātā saisinās un paresninās. Tādējādi rodas homologo hromosomu pāri — *bivalenti*, kuros hromosomas ir cieši saplūdušas viena ar otru. Kopējais bivalentu skaits jau ir haploīds.

Diplonēmā (pavadieņu dubultošanās fāzē) katrā saplūdušo homologo hromosomu pāri — bivalentā parādās nevis divi, bet četri pavadieni, resp., četras hromatīdas jeb divi hromatīdu pāri.

Bez bivalentu saisināšanās un paresnināšanās diplonēmā notiek bivalento hromatīdu pāru atgrūšanās un sāk parādīties vietas, kurās hromatīdu pāri, kas pieder pie dažādām hromosomām, saplūduši viens ar otru. Saplūdušās vietas sauc par





26. att. Mejoze eremura (*Eremurus sp.*) mikrosporu mātšūnās:

A — mikrosporas mātšūna ar kodolu interfāzē; B — leptonēma, C — pahinēma, D — diplonēma, E — diakinēze; F — metafāze I (skats no šūnas pola); G — metafāze I (skats no sāniem); H — anafāze I; I — telofāze I; J — metafāze II; K — anafāze II; L — telofāze II; M — mikrosporu tetrāde ar kopēju apvalku; N — sairusi mikrosporu tetrāde.

hiazmām. Šajās vietās var samainīties dažādu hromatīdu daļas. Šādu samainīšanos ģenētikā sauc par *krosingoveru*.

Diakinēzē (pāru kustības fāzē) spiralizācijas rezultātā hromosomas kļuvušas ļoti īsas. Vieniem augiem bivalenti ir krustveidīgi, citiem — gredzenveida, V veida. Tie var būt arī kā nelielu lodīšu pāri. Bivalenti novietojas kodola perifērijā.

Visas heterotipiskās dalīšanās profāzes laikā kodolam saglabājas kodola apvalks un 1...4 kodoliņi.

Metafāzē I izzūd kodola apvalks. Bivalenti novietojas šūnas ekvatoriālajā plaknē, un parādās ahromatīna vārpsta.

Anafāzē I bivalentu homologās hromosomas atdalās viena no otras un virzās katra uz savu šūnas polu.

Telofāzē I hromosomas sasniedz polus. Šūnā izveidojas 2 meitkodoli ar haploīdu hromosomu skaitu. Starp tiem paliek caurspīdīgs mucveida ķermenis — *fragmoplasts*, kas caurausts diegveida struktūrām. Daļai augu (galvenokārt viendīgļlapjiem) fragmoplastā sāk veidoties vidējā plātnīte (starpsiena), kas daļa šūnu divās daļās. Citiem augiem (galvenokārt divdīgļlapjiem) šūnas sadalīšanās notiek tikai pēc otrās dalīšanās — uzreiz četrās meitšūnās.

Telofāzei I seko īsa interfāze, bet pēc tās — otrā jeb homeotipiskā dalīšanās.

Profāzē II abiem kodoliem ir haploīds hromosomu skaits, un katra hromosoma sastāv no divām hromatīdām.

Metafāzē II hromosomas ir līdzīgas hromosomām mitozes metafāzē. Skaidri redzams, ka katrai hromosomai ir 2 pleci.

Anafāzē II katras hromosomas hromatīdas atiet uz pretējiem poliem. Tādējādi katrā polā ir haploīds hromosomu skaits.

Telofāzē II galīgi noformējas meitkodoli un iestājas interfāze jeb interkinēze.

Tādējādi mejozes divu dalīšanās procesu rezultātā no katras diploidās mātšūnas rodas četras meitšūnas ar haploīdu hromosomu skaitu.

MEJOZE EREMURU (*EREMURUS SP.*) MIKROSPORU MĀTŠŪNĀS

Tāpat kā mitozes izpētei, arī mejozes izpētei ir piemēroti liliju dzimtas augi. No eremuru jaunām putekšnīcām pagatavo griezumumu preparātus (pastāvīgos vai pagaidu). Tos apskata mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā, novēro un uzzīmē šūnas attiecīgajās mejozes fāzēs (26. att.).

Plastīdas

Plastīdas (grieķiski *plastos* — veidojums, *eidos* — izskats, stāvoklis) ir citoplazmatiski veidojumi augu šūnā ar specializētu struktūru un funkcijām. Zemākajiem augiem plastīdu nav vai arī šūnā to ir ļoti maz — pat viena plastīda. Augstāko augu šūnu protoplastā ir daudz plastīdu. Tie ir šūnas organoīdi — viskozi ķermenīši, kuri līdzīgi amēbām spēj mainīt savu formu. Elektronmikroskopiskie pētījumi parādījuši, ka katru plastīdu no ārpuses klāj divkārsa membrāna un tai ir vairāk vai mazāk sarežģīta iekšējo membrānu sistēma. Kaut arī plastīdām ir dažāda uzbūve un funkcijas, tās saista kopīga izcelšanās augu ontogēnēzē.

Visas plastīdas atrodas tikai šūnu citoplazmā un ir līdzīgas tai. Plastīdas spēj augt, vairoties un savā ķermenī var veidot noteiktus pigmentus, kā arī cieti. Plastīda sastāv no divām galvenajām sastāvdaļām: *stromas* — olbaltumvielām bagātas masas un *pigmentiem*. Pēc pigmentu satura plastīdas iedala 3 grupās:

1) *hloroplastos* — plastīdās, kas satur galvenokārt zaļo pigmentu — *hlorofilu*;

2) *hromoplastos* — plastīdās, kas satur dzeltenos un sarkanos karotinoīdus — *ksantofilu* un *karotīnu*;

3) *leikoplastos* — bezkrāsainajās plastīdās, kas pigmentus nesatur; leikoplasti sastāv tikai no stromas.

Šāds plastīdu iedalījums ir nosacīts, jo noteiktos apstākļos viena plastīdu grupa var pārvērsties citā. Tā bieži var novērot, ka leikoplasti gaismā pārvēršas hloroplastos, piemēram, kartupeļu bumbuļi gaismā kļūst zaļi. Arī hromoplasti gaismā spēj pārvērsties hloroplastos, piemēram, burkānu oranžās virszemes daļas gaismā kļūst zaļas. Rudeņos, lapām dzeltējot, daļa hloroplastu pārvēršas hromoplastos utt. Dažreiz plastīdās pigmentu ir tik maz, ka grūti pat noteikt, pie kādas grupas pieder attiecīgā plastīda.

HLOROPLASTI

Hloroplasti ir zaļās plastīdas, kas satur zaļo pigmentu — *hlorofilu* un kam piemīt spēja uztvert un pārvērst ķīmiskajā enerģijā saules gaismas enerģiju. Hloroplasti sastopami ziedaugos, paparžaugos, sūnaugos un zaļalģēs. Hloroplastos notiek fotosintēze — organisko vielu veidošanās no neorganiskajām vielām saules enerģijas klātbūtnē. Visvairāk hloroplastu ir asimilētājaudos — lapu mezofilā. Slāpekļa saturs hloroplastos var sasniegt 30...40% no kopējā slāpekļa satura lapās. Hloroplasti sastopami ne vien lapās, bet arī citās zaļajās augu daļās un pat dziļākajos audos.

Augstāko augu hloroplasti ir ieapaļi vai ovāli diskveidīgi ķermeņi, kas atgādina sīkus graudiņus, tāpēc arī agrāk tos sauca par *hlorofila graudiņiem*. Hloroplastu daudzums šūnās nav noteikts, tas var būt dažāds ne vien dažādu sugu augiem, bet pat vienas sugas augiem. Tā, piemēram, ricina lapu šūnās ir 10...36 hloroplastu, bet elodejas lapu šūnās — 26...32. Hloroplastu diametrs parasti ir 4...6 μm. Lielākās lapu šūnās ir lielāki hloroplasti. Ļoti lieli hloroplasti ir peperomijas (*Peperomia metallica* Lind. et. Rodig.) lapu šūnās; to diametrs sasniedz 24 μm, bet to skaits šūnā ir tikai 4. Lapu virspuses šūnās hloroplastu ir 1,5...2 reizes vairāk nekā apakšpuses šūnās. Zemāko augu šūnās hloroplastu ir maz — 1 vai 2. Zaļāļģu spirogīru (*Spirogyra*) šūnās ir tikai viens lentveida hloroplasts, ko sauc par *hromatoforu*.

Hloroplastos atrodas zilganzaļais *hlorofils a* (C₅₅H₇₂O₅N₄Mg), *hlorofils b* (C₅₅H₇₀O₆N₄Mg), kā arī nelielā daudzumā oranžsarkanais pigments *karotīns* (C₄₀H₅₆) un dzeltenais pigments *ksantofīns* (C₄₀H₅₆O₂).

Hlorofila molekulas ir apmēram 900. Zaļajās augu lapās hlorofila daudzums ir apmēram 0,8% no sausā materiāla svara jeb 0,3...0,7 g uz 1 m² lapu virsmas. Vienā hloroplastā atrodas tikai apmēram 6% hlorofila. Pārējo hloroplasta masu sastāda ūdens, olbaltumvielas, lipīdi un citi savienojumi.

Hloroplastos norisinās sarežģītais fotosintēzes process, kurā no ūdens un ogļskābās gāzes gaismas enerģijas klātbūtnē veidojas ogļhidrāti. Fotosintēzes procesa izejproduktus un galaproduktus raksturo fotosintēzes summārais vienādojums:



Ogļhidrāti, kas izveidojušies fotosintēzes procesā, polimerizējas cietē:



Hloroplastiem ir milzīga bioloģiskā nozīme, jo tie no neorganiskajām vielām (ūdens un ogļskābās gāzes) saules enerģijas klātbūtnē fotosintēzes procesā veido organiskās vielas, resp., saules gaisma tiek pārvērsta potenciālajā ķīmiskajā enerģijā.

HLOROPLASTI ELODEJAS (*ELODEA CANADENSIS* RICH.) LAPAS ŠŪNĀS

Ūdens augs elodeja ir viens no vislabākajiem objektiem, kurā var pētīt auga dzīvo šūnu un iepazīties arī ar hloroplastiem. Laboratorijas darbiem izmanto veselas elodejas lapas. Tās ir pie-

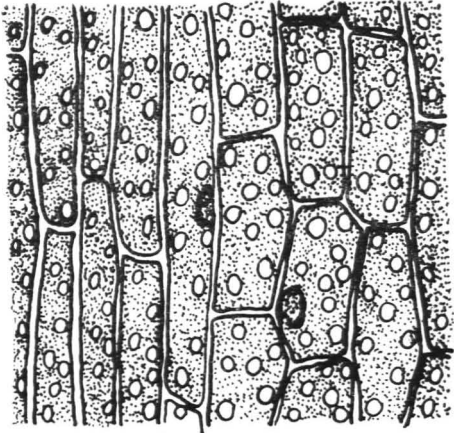
tiekami caurspīdīgas, jo sastāv tikai no divām šūnu kārtām, bet lapas malas — tikai no vienas šūnu kārtas. Elodejas labi aug un vairojas ne tikai saldūdens baseinos, bet arī akvārijos, un tāpēc kā anatomisks objekts ir pieejams katrā gadalaikā. Laboratorijas darbiem vislabāk izmantot lapas no jauniem dzinumiem, ņemot tās apmēram 2 cm zem augšanas konusa. Lapu virspusē šūnas ir lielākas nekā apakšpusē, tādēļ pēc noraušanas elodejas lapu ar virspusi uz augšu ieliek ūdens pilienā uz priekšmetstikla un apsedz ar segstiklu.

Veselo lapu šūnas ūdens pilienā ilgu laiku paliek dzīvas. Kaut gan elodejas lapa ir samērā maza, to visu nevar redzēt redzeslaukā pat mikroskopa mazajā palielinājumā, tādēļ tā jāizpēta pa daļām, attiecīgi pārvietojot preparātu.

Mikroskopa mazajā palielinājumā (okulārs 7×, objektīvs 8×) var redzēt, ka elodejas lapa ir robaina. Šūnas gar lapas malām izstieptas lapas gareniskās ass virzienā; tās ir caurspīdīgākas par pārējām lapas šūnām. Lielāko lapas daļu veido šūnas, kurās ir daudz hloroplastu. Lapas vidusdaļā atrodas vidusdzīsla, kas sastāv no vairākām rindām šauru, garu šūnu. Dažkārt tās izvietotas trijās kārtās. Preparātā labi redzams, ka lapas gareniskajā virzienā starp šūnām ir tumšas joslas — tas ir gaiss, kas sakrājis starpšūnu telpā un labi redzams tādēļ, ka gaismas laušanas koeficienti gaisam un ūdenim ir stipri atšķirīgi (gaisam — 1,00, ūdenim — 1,33). Ja gaisu izspiež ūdens, tad tumšās joslas izzūd.

Preparātu sākumā apskata mazajā palielinājumā. Tad pārbīda priekšmetstiklu ar preparātu vai arī, pārvietojot priekšmetgaldiņu, redzeslauka centrā novieto tās šūnas, kuras vēlas sīkāk izpētīt. Sīkākai elodejas lapu šūnu izpētei jālieto lielais palielinājums. Pētot elodejas lapas malu, redzams, ka tā sastāv no vienas caurspīdīgu šūnu kārtas, pie tam daļa no tām ir zobiņveida (27. att.). Šūnām labi saskatāms brūngans šūnapvalks, kas ir biežāks zobiņa galā. Šajās šūnās citoplazma atrodas pie šūnapvalka. Citoplazmā redzamas zaļās plastīdas — hloroplasti. Šūnas vidū atrodas liela centrālā vakuola, kas pildīta ar šūnsulu. Kodoli atkarībā no atrašanās vietas ir dažādi. Šūnas vidū kodols ir apaļš, ar vāji izteiktu graudainu struktūru un grūti atšķirams no apkārtējās citoplazmas. Ja kodols atrodas citoplazmā pie šūnapvalka, tam ir puslodes forma, pie tam plakanā puse piespiesta pie šūnapvalka. Šāda kodola formas maiņa norāda uz tā plastiskumu.

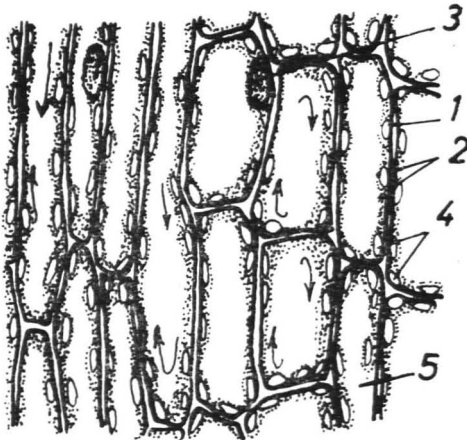
Elodejas lapas šūnas ir mazliet izstieptas lapas gareniskās ass virzienā un atrodas blīvi cita pie citas. Šūnu, šūnapvalka, hloroplastu un kodolu labākai izpētei jāizvēlas elodejas lapas daļa, kas atrodas tuvāk pie lapas pamata un pie vidusdzīslas.



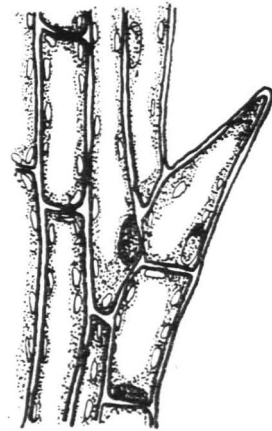
A

27. att. Hloroplasti elodejas (*Elo-dea canadensis* Rich.) lapas šūnās:

A — lapas šūnas pretskatā; B — lapas šūnas optiskajā griezumā, 1 — šūnapvalks, 2 — citoplazma, 3 — kodols, 4 — hloroplasti, 5 — vakuola. Bultiņas norāda citoplazmas kustības virzienu; C — elodejas lapas malas šūnas.



B



C

Šajās šūnās hloroplastu ir mazāk, tādēļ tos var labāk izpētīt. Mikroskopa lielajā palielinājumā ar makrometra skrūvi ieregulē asumu uz šūnas augšējo daļu. Tā kā šūnapvalks ir caurspīdīgs, šūnas virspusē to saskatīt nevar, toties ļabi saskatāms sānu šūnapvalks. Hloroplasti, kas atrodas zem šūnas augšējās daļas

apvalka, redzami kā apaļi vai gandrīz apaļi ķermenīši. Hloroplastu krāsa atkarīga no tajos esošajiem pigmentiem, galvenokārt no hlorofila. Samērā reti, bet tomēr izdodas saskatīt izstieptus hloroplastus ar iezmaugu vidū. Uzskata, ka šie hloroplasti sāk dalīties.

Ar mikrometra skrūvi pārvietojot mikroskopa tubusu mazliet uz leju, redzamas elodejas lapas šūnas optiskajā griezumā. Labi saskatāms, ka šūnas vidusdaļā hloroplastu nav. Tie izvietojusies gar šūnas iekšējo malu (citoplazmas slāni) un redzami no sāniem. Šādā stāvoklī tie ir lēcveidīgi. Uzmanīgi pavirzot uz leju mikroskopa tubusu, var apskatīt šūnas apakšējo daļu. Tā ir līdzīga augšējai daļai, un tajā labi saskatāmi ieapaļas formas hloroplasti.

Salīdzinot šos novērojumus, var secināt, ka elodejas lapas šūnās citoplazma, kurā atrodas hloroplasti, izvietojusies gar šūnapvalku plānā slānī, bet vidū atrodas centrālā vakuola, kas pildīta ar šūnsulu. Šūnas kodolu dzīvās elodejas lapas šūnās grūti saskatīt, jo tā gaismas laušanas koeficients tuvs citoplazmas gaismas laušanas koeficientam.

Elodejas lapas ir ļoti piemērots objekts arī citoplazmas kustības novērošanai. Par citoplazmas kustību šūnā var spriest pēc hloroplastu pārvietošanās. Ja šūna ir pieaugusi, veca un citoplazma tajā izvietojusies gar šūnapvalku, bet šūnas pārējo daļu aizņem liela centrālā vakuola, tad var novērot citoplazmas apļveida jeb rotējošo kustību. Ja šūnā ir vairākas vakuolas, tad var novērot strūklveida kustību, jo citoplazma vienlaikus pārvietojas dažādos virzienos.

Citoplazmas pārvietošanās absolūtais ātrums nav liels — apmēram 100 $\mu\text{m}/\text{min}$, taču 400...600 reīzu palielinājumā kustība šķiet ātra. Citoplazmas pārvietošanās ātrumu stipri ietekmē temperatūra. Ja tā ir tikai 10 °C, citoplazma elodejas lapas šūnās nepārvietojas, bet 37...40 °C temperatūrā citoplazma pārvietojas ar maksimālu ātrumu. Lai izraisītu citoplazmas pārvietošanos laboratorijas apstākļos, trauku, kurā atrodas elodejas zariņš, apgaismo ar lielas jaudas spuldzi (100 W) no neliela attāluma vai arī ūdenim piepilina mazliet kādas ķīmiskas vielas, piemēram, spirtu.

Pēc preparāta izpētes mikroskopa lielajā palielinājumā uzzīmē vairākas elodejas lapas šūnas un atzīmē šūnapvalku, citoplazmu, kodolu, plastīdas un vakuolu. Citoplazmas kustības virzienu norāda ar bultiņām.

Elodejas lapas šūnās var novērot arī plazmolīzi.

HROMOPLASTI

Hromoplasti ir oranžās, dzeltenās vai brūnās plastīdas, kas satur karotinoīdu grupas pigmentus — karotīnu, ksantofilu. Karotīns un ksantofils ir visbiežāk sastopamie pigmenti hromoplastos. Hromoplasti var būt dzelteni (gundegu ziedos), oranži (apelsīnu mizā), oranžsarkani (burkānu saknē) un sarkani (mežrozīšu paaugļos). Visbiežāk tie sastopami zieda daļu šūnās, kā arī augļos. Hromoplasti piedod ziediem un augļiem spilgtu, labi saskatāmu krāsu. Hromoplastu forma ir ļoti dažāda, pie tam katrai augu sugai tā ir raksturīga, piemēram, maijpuķītes augļos hromoplasti ir apaļi, mežrozīšu paaugļos — stūraini, pīlādža augļos — izstiepti, vārpstveidīgi, citiem augiem — adatveida, nūjiņveida utt.

Karotinoīdi hromoplastos var atrasties kristālu (burkāniem, tomātiem), mikroskopisku un submikroskopisku globulu (gundegu ziedu vainaglapās), kā arī submikroskopisku pavedienu kūlišu veidā (paprikai). Karotīns burkānu hromoplastos sākumā ir granulu veidā, bet pēc tam tas izkristalizējas lentišu, plātnišu vai spirāļu veidā.

Hromoplasti var veidoties arī no leukoplastiem un hloroplastiem. Šūnām novecojot, hromoplasti saplūst kopā, izveidojot kamolu.

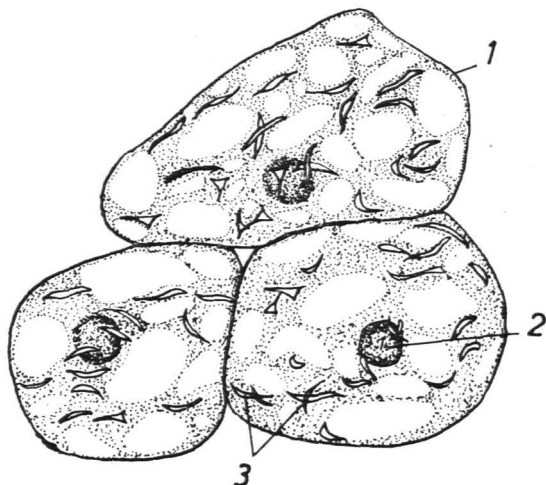
Par objektiem hromoplastu izpētē var izmantot daudzu augu gatavos augļus — mežrozīšu paaugļus, maijpuķītes, pīlādža, asparāgu, paprikas (sarkanā pipara), klinteņu un citu augu augļus. Šie augļi negatavā veidā ir zaļi, jo satur hloroplastus. Augļiem nogatavojoties, hlorofils noārdās, bet karotinoīdu daudzums palielinās. Tas apstiprina visu triju plastīdu veidu ģenētisko sakaru. Hromoplasti ir daudz stabilāki par leukoplastiem, tāpēc augļus ar hromoplastiem ilgu laiku var uzglabāt 2...4% formalinā.

HROMOPLASTI PĪLĀDŽA (*SORBUS AUCUPARIA* L.) AUGĻA MIKSTUMA ŠŪNĀS

Ja laboratorijas darbi augu anatomijā notiek pirmajā mācību pusgadā, tad var izmantot svaigus pīlādža augļus, bet, ja tie notiek ziemā vai pavasarī, tad — 2...4% formalinā konservētus augļus. Preparāta pagatavošana ir ļoti vienkārša. Ar preparējamo adatu pārplēš augļa apvalku, sakasa mikstumu, kas atrodas pie apvalka, izšķaida to ūdens pilienā uz priekšmetstikla, apsedz ar segstiklu un preparātu apskata mikroskopā. Tā kā preparātu pagatavo no gataviem augļiem, kuros jau notikusi dabiskā ma-

28. att. Hromoplasti pīlādža (*Sorbus aucuparia* L.) augļa mīkstuma šūnās:

1 — šūnapvalks; 2 — kodols;
3 — hromoplasti



cerācija, mikroskopa redzeslaukā redzamas atsevišķas noapaļotas šūnas, kurās ir ļoti daudz pusmēnesveidīgu, nosmailotu hromoplastu (28. att.).

Pēc preparāta izpētes mikroskopa lielajā palielinājumā uzzīmē dažas pīlādžu augļa mīkstuma šūnas, atzīmējot šūnapvalku, kodolu un hromoplastus.

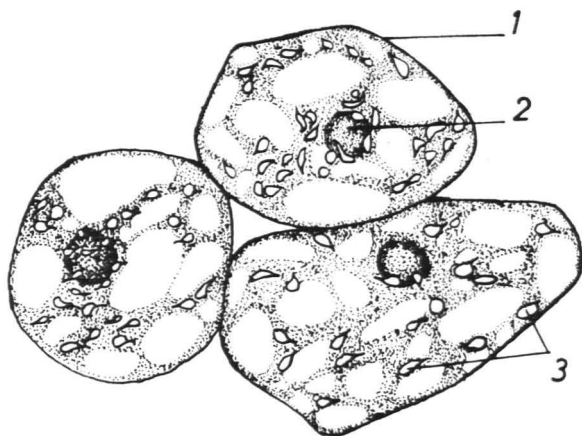
HROMOPLASTI SUŅU ROZES (*ROSA CANINA* L.) PAAUGĻA MIKSTUMA ŠŪNĀS

Suņu rozes paaugļa mīkstuma šūnu hromoplastiem ir dažāda forma. Līdzās ieapaļiem hromoplastiem te sastopami trīsstūrveidīgi un pat neregulāras formas hromoplasti (29. att.). Formu dažādība izskaidrojama ar karotīna spēju izkristalizēties. Tā adatteidīgie kristāli hromoplastu stromā izvietojas dažādos virzienos, deformē to un piedod tai neregulāru, stūrainu formu.

Preparātu pagatavo tāpat kā no pīlādžu augļiem. Pēc preparāta izpētes mikroskopa lielajā palielinājumā uzzīmē dažas šūnas, atzīmējot šūnapvalku, kodolu un hromoplastus.

HROMOPLASTI MAIJPUKĪTES (*CONVALLARIA MAJALIS* L.) AUGĻA MIKSTUMA ŠŪNĀS

Preparātu pagatavo tāpat kā abos iepriekšējos darbos. Apskatot preparātu mikroskopā, redzams, ka maijpuķītes augļa mīkstuma šūnas ir apaļas, ar plānu šūnapvalku. Citoplazma



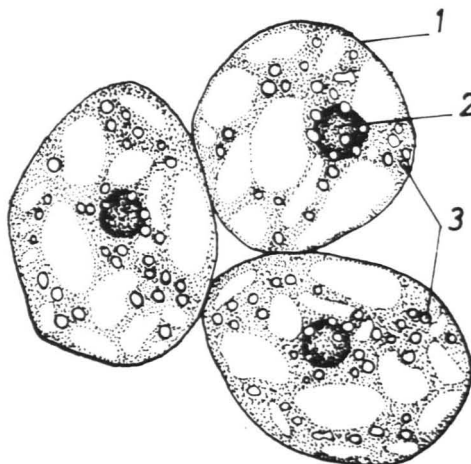
29. att. Hromoplasti
suņu rozēs (*Rosa ca-
nina* L.) paaugļa mīk-
stuma šūnās:

1 — šūnāpvalks; 2 — ko-
dols; 3 — hromoplasti.

galvenokārt novietojusies gar šūnāpvalku, un tajā labi saskatāms apaļš kodols un apaļi hromoplasti (30. att.). Hromoplasti maijpuķītes augļa mīkstuma šūnās ir lieli, spilgti oranži. Bieži vien lielā daudzumā tie koncentrēti ap kodolu.

Pēc preparātu apskates mikroskopa lielajā palielinājumā uz-
zīmē dažas šūnas un atzīmē šūnāpvalku, kodolu un hromo-
plastus.

LEIKOPLASTI



Leikoplasti ir plastīdas, kuru stromā nav pigmentu. Tie atrodas augu meriste-
matiskajās un dažās citās
augu orgānu šūnās, it se-
višķi pazemes daļās un
sēklās. Tā kā leikoplasti
ir bezkrāsaini, tos ne vien-
mēr izdodas konstatēt

30. att. Hromoplasti maijpuķītes
(*Convallaria majalis* L.) augļa
mīkstuma šūnās:

1 — šūnāpvalks; 2 — kodols; 3 —
hromoplasti.

augu šūnās. Tie parasti ir sīkāki par citām plastidām un noārdās daudz ātrāk par tām. Leikoplastus var novērot kā dzīvā, tā arī fiksētā augu materiālā, ja lieto īpašas fiksēšanas un krāsošanas metodes.

Leikoplasti lielākoties ir lodveidīgi. Tie parasti koncentrējas ap šūnas kodolu. Tajos veidojas ciete, kas stromā uzkrājas sīku graudiņu veidā. Ciete leikoplastos var uzkrāties pat tādā daudzumā, ka stroma tiek atspiesta uz perifēriju un redzama plānas plēvītes veidā uz cietes grauda virsmas. Tādējādi leikoplasts kļūst par cietes uzkrājēju un tad to sauc par *amiloplastu*. Pastāv uzskats, ka arī *elaioplasti* ir leikoplasti, kuros cietes vietā uzkrājas eļļa.

LEIKOPLASTI VIRDŽINIJAS TRADESKANCIJAS (*TRADESCANTIA VIRGINIANA* L.) LAPAS EPIDERMAS ŠŪNĀS

Viens no piemērotākajiem objektiem leikoplastu izpētei ir tradeskanciju lapas. Laboratorijas darbiem var izmantot ne tikai Virdžīnijas tradeskanciju, bet arī citu sugu tradeskanciju lapas.

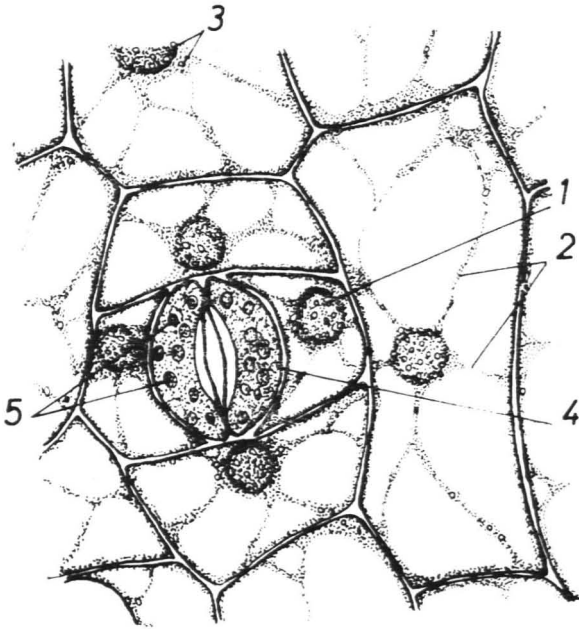
Preparātu pagatavo no jaunām lapām. Ar preparējamo adatu lapas apakšpusē tuvāk lapas pamatnei noplēš nelielu epidermas gabaliņu, ieliek to uz priekšmetstikla ūdens vai vāja saharozes šķīduma pilienā un apsedz ar segstiklu. Saharozes šķīdumu vēlam lietot tādēļ, ka ūdenī leikoplasti stipri uzbriest un izšķīst.

Tradeskancijas lapas epidermu veido blīvi sakārtotas šūnas, kurām plāns šūnapvalks. Virdžīnijas tradeskancijai epidermas šūnas ir caurspīdīgas, izstieptas lapas gareniskās ass virzienā. Parasti šūnas vidusdaļā labi redzams apaļš kodols, ko aptver citoplazma, kura ar pavedieniem saistīta ar pārējo šūnas citoplazmas daļu pie šūnapvalka. Šos pavedienus labāk var novērot, ja mikroskopā vairāk piever diafragmu.

Leikoplasti ir trejādi: 1) primārās plastīdas, no kurām veidojas pārējās plastīdas, kas satur pigmentus, 2) leikoplasti, kuros veidojas rezerves ciete, un 3) epidermas šūnu leikoplasti, kuros neveidojas ciete un kuru fizioloģiskā nozīme vēl nav noskaidrota.

Apskatot pagatavoto preparātu mikroskopā, redzams, ka starp bezkrāsainajām epidermas šūnām atrodas īpaši veidojumi, kas sastāv no divām nierveidīgām šūnām, kurās ir hloroplasti. Tās ir atvārsnītes. Katru atvārsnīti veido divas nierveidīgas *slēdzējšūnas*, kurām ieliektās puses atrodas viena pret otru (31. att.). Atvārsnītes ir īpašs aparāts, kas atrodas epidermā un kas regulē transpirāciju (ūdens iztvaikošanu) un gāzu maiņu augā. Starp abām slēdzējšūnām atrodas *atvārsnītes sprauga*.

Slēdzējšūnu ieliektās, iekšējās sieniņas apvalks ir daudz biežāks par ārējās sieniņas apvalku. Fotosintēzes procesā slēdzējšūnās



31. att. Tradescancijas (*Tradescantia sp.*) epidermas šūnas ar atvārsnīti:

1 — kodols; 2 — citoplazma; 3 — leikoplasti; 4 — atvārsnītes slēdzējšūna; 5 — hloroplasti.

veidojas un uzkrājas ciete. Cukurs, kas rodas cietes hidrolīzes rezultātā, nokļūst slēdzējšūnu vakuolā. Šūnsulas koncentrācija, bet līdz ar to arī sūcējspēks palielinās, ūdens pieplūde slēdzējšūnās pieaug un slēdzējšūnu tilpums palielinās. Tā kā slēdzējšūnām šūnapvalks ir nevienmērīgi pabiezināts, mainās slēdzējšūnu forma, izstiepjas slēdzējšūnu ārējā sienīņa, un slēdzējšūnas tiek atvilktas viena no otras. Līdz ar to atvārsnītes sprauga palielinās, un tā rezultātā pastiprinās transpirācija un gāzu maiņa. Caur atvārsnītēm augs izdala ūdens tvaikus un skābekli, bet uzņem ogļskābo gāzi, ko patērē fotosintēzes procesā.

Turgoram samazinoties, slēdzējšūnas tuvojas viena otrai, to iekšējās sienīņas blīvi pieguļ viena pie otras un atvārsnīte aizveras. Transpirācija un gāzu maiņa tiek pārtraukta. Tradescancijai katru atvārsnīti aptver citas nelielas blakusšūnas, kas veidojas līdz ar atvārsnīti. Šajās blakusšūnās labi redzams kodols, ap kuru grupējas sīki apaļi un spoži veidojumi — leikoplasti.

Pēc preparāta izpētes mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē atvārsnīti ar blakusesošajām epidermas šūnām, kurās redzama citoplazma un kodoli, ap kuriem grupējas leikoplasti. Atzīmē kodolu, citoplazmu, leikoplastus, atvārsnītes slēdzējšūnas un hloroplastus.

Rezerves vielas šūnā

Dzīvās augu šūnās biokīmisko procesu norises rezultātā rodas dažādi vielu maiņas produkti, kuri nav pieskaitāmi pie šūnas dzīvās daļas un kurus sauc par *ergastiskiem ieslēgumiem*. Daļu no tiem, kurus augi izmanto dzīvības procesu norisēm, sauc par *rezerves vielām*. Galvenā rezerves vielu masa, kas uzkrājas auga organismā, pieder pie trijām organisko savienojumu grupām — ogļhidrātiem, taukiem un olbaltumvielām. Ogļhidrāti un tauki nesatur slāpekli, bet to molekulā ietilpst ogleklis, ūdeņradis un skābeklis. Olbaltumvielu sastāvā bez minētajiem elementiem ietilpst vēl slāpeklis, sērs un fosfors.

Rezerves vielas parasti uzkrājas to orgānu parenhimatiskajās šūnās, kas dzīvo ilgāku laiku, iztur nelabvēlīgus klimatiskos apstākļus (ziemu, sausumu) un no kuriem vēlāk attīstās jaunie augi vai jaunie dzinumi. Tādi orgāni ir sakneņi (pazemes stumbri), gumi, sīpoli, gumsīpoli, sēklas, koku un krūmu stumbri, zari u. c.

OGĻHIDRĀTI

Ogļhidrāti ir tipiskākā augu rezerves vielu grupa. Tos iedala monosaharīdos, disaharīdos un polisaharīdos. Ogļhidrāti sastopami gandrīz visos augos, izņemot baktērijas, sēnes un dažas aļģu grupas. No monosaharīdiem visizplatītākās ir heksozes, kuru molekulā ietilpst seši oglekļa atomi.

Pie monosaharīdiem jeb vienkāršajiem cukuriem ($C_6H_{12}O_6$) pieder *glikoze* jeb vīnogu cukurs un *fruktoze*. Tās ir saldās kristāliskas vielas, kas labi šķīst ūdenī un bezkrāsainu šķīdumu veidā atrodas augu šūnās. Tādēļ bez speciālām reakcijām monosaharīdus šūnā nav iespējams konstatēt.

Disaharīdu ($C_{12}H_{22}O_{11}$) molekulā ir divas reizes lielāks oglekļa atomu skaits nekā monosaharīdu molekulā. Pēc būtības te savienojušās divas monosaharīdu molekulas, kurām atšķelta viena ūdens molekula. Tipiskākais disaharīdu pārstāvis ir *saharoze*, kuru sauc arī par niedru vai biešu cukuru.

Polisaharīdi ($C_6H_{10}O_5$)_n sastāv no daudzām monosaharīdu molekulām, kas polimerizētas vienā lielā molekulā. Ar polisaharīdu polimerizācijas koeficienta lielumu saistītas noteiktas polisaharīdu īpašības. Tā, piemēram, inulīns, kam ir neliels polimerizācijas koeficients, labi šķīst ūdenī, bet spirtā izgulsnējas sfērskristālu veidā. Ciete, hemiceluloze un celuloze ūdenī nešķīst, tādēļ tos viegli var apskatīt mikroskopā. Polisaharīdiem atšķirībā no monosaharīdiem un disaharīdiem nav saldās garšas. Visizplatītākie polisaharīdi augos ir *ciete*, *celuloze*, *hemiceluloze* un

inulīns, taču par rezerves vielām uzskatāmi ciete, inulīns un dažreiz arī hemiceluloze.

Ciete ir viena no visizplatītākajām rezerves vielām augos. Tā veidojas visos augos, kuriem ir plastīdas. Kā izņēmumi minamas brūnaļģes un diatomejas, kurām plastīdas gan ir, taču ciete neveidojas. Hloroplastos ciete veidojas fotosintēzes procesa rezultātā, bet tajās augu daļās, kurās nav zaļo plastīdu (saknēs, gumos, sīpolos, sēklīs utt.), tā uzkrājas bezkrāsaino plastīdu — leukoplastu stromā. Šajās augu daļās ciete veidojas no cukuriem, kas šķīduma veidā te pārvietojas no zaļajām augu daļām.

Ciete augu šūnās sastopama bezkrāsainu cietu graudu veidā. Tā nešķīst ūdenī, bet, sildot ūdenī, pārvēršas par klīsteri. Iedarbojoties jodu saturošiem reaktīviem, ciete krāsojas zilā līdz zili-melnā krāsā.

Ikviena cietes grauds satur vismaz divas vielas — *amilozi* un *amilopektīnu*. Amiloze ir balts, amorfs pulveris, kas šķīst karstā ūdenī. Jodu saturošie reaktīvi to krāso zilā krāsā. Amiloze parasti veido cietes grauda iekšējo daļu. Amilopektīns ir amorfa masa, kas karstā ūdenī nešķīst, bet uzbriest un veido klīsteri. Ar jodu saturošiem reaktīviem tas krāsojas violetā krāsā. Amilopektīns atrodas cietes grauda ārējā slānī.

No fizioloģiskā viedokļa izšķir *asimilācijas* jeb *primāro cieti*, *rezerves* jeb *sekundāro cieti*, *tranzitcieti* jeb *transporta cieti* un *neaizskaramo cieti*. Asimilācijas ciete veidojas hloroplastos fotosintēzes procesā no ūdens un ogļskābās gāzes. Hidrolizējoties tā dod glikozi, kas leukoplastu stromā pārvēršas par rezerves cieti. Pārvietojoties no asimilācijas orgāniem uz patēriņa vai uzkrāšanās vietām (no lapām uz bumbuļiem, gumiem vai sīpoliem), glikoze uz laiku pārvēršas par tranzitcieti. Rezerves ciete lielā daudzumā uzkrājas sēklīs, kokaugu stumbros, pazemes orgānos — gumos, sīpolos, sakneņos, saknēs, bumbuļos u. c. Neaizskaramā ciete netiek izmantota pat auga badošanās laikā. Tā sastopama sakņu uznavas šūnās un stumbra primārās mizas iekšējā kārtā — endodermā. Domājams, ka neaizskaramā ciete veic līdzsvara funkciju.

Laboratorijas darbos iepazīstas ar vienu no cietes veidiem — rezerves cieti.

Rezerves cietes graudi parasti ir lieli, ar samērā sarežģītu uzbūvi. Tā, piemēram, kartupeļu cietes graudu lielākais izmērs ir 5...145 μm. Arī to forma var būt dažāda, piemēram, kartupeļu bumbuļos cietes graudi ir olveida vai ovāli, kiviēsu, miežu un rudzu graudos — apaļi vai ieapaļi, pupiņās, zirņos — iegareni, auzu graudos — daudzšķautnaini, eiforbiju piensulā — līdzīgi stilba kaulam utt.

Jauni cietes graudi parasti ir lodveida. Tāda pati forma ir arī sīkajiem pieaugušajiem graudiem. Lielākos rezerves cietes graudus iedala 1) *vienkāršajos*, 2) *pussaliktajos* un 3) *saliktajos cietes graudos*. Labākais objekts, kurā var novērot visus trīs rezerves cietes graudu veidus, ir kartupeļu bumbuļi.

REZERVES CIETE KARTUPEĻU (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) BUMBUĻOS

Rezerves cietes graudu apskatei var izmantot kā kartupeļu cieti, tā arī svaigus kartupeļu bumbuļus.

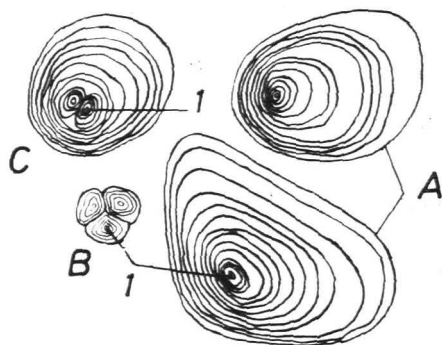
Ja darbam izmanto svaigus kartupeļu bumbuļus, tad pārgriez-tam kartupelim no griezuma vietas nokasa mazliet šķidrums un ieliek to ūdens pilienā uz priekšmetstikla. Šķidrums piliens, ko nokasa, parasti ir viegli duļķains. Ja tas ir tik balts, ka atgādina pienu, tad to vēl papildus atšķaida ar ūdeni. Šķidrums pilienu apsedz ar segstiklu un apskata mikroskopā.

Mikroskopā labi redzams, ka kartupeļu cietes graudi ir dažāda lieluma un dažādas formas. Vislielākie cietes graudi ir neregulāri olveida, sīkākie — apaļi vai gandrīz apaļi. Tipisku kartupeļu cietes graudu izmērs ir 45...65 μm, bet atsevišķos gadījumos sasniedz pat 110 μm. Dažreiz mikroskopā ap cietes graudiem var novērot tumšus, gandrīz melnus gredzenus. Tā ir optiska parādība, kas rodas sakarā ar to, ka cietes graudiem un ūdenim, kurā tie ievietoti, ir dažāds optiskais blīvums ar dažādu gaismas laušanas koeficientu. Pārvietojot tubusu ar mikrometra skrūvi, šie gredzeni izzūd, bet tad atkal parādās no jauna.

Kartupeļu cietes graudu veido ekscentriski slāņojumi ap vienu punktu — *veidošanās centru*. Veidošanās centrs atrodas grauda vienā pusē, un slāņi, kas to apņem, vienā pusē ir šauri, bet otrā — stipri platāki. Mazliet pieverot diafragmu, labi saskatāms, ka kartupeļu cietes grauds ir slāņains, pie tam tumši slāņi mijas ar gaišākiem. Ap veidošanās centru diennakts laikā nogulsņējas arvien jauni un jauni cietes slāņi. Cietes gaišās kārtas veidojušās dienā, tās ir blīvas un platas. Tumšākās, šaurākās kārtas nav tik blīvas, tajās ir daudz vairāk ūdens, bet mazāk cietes nekā gaišajos slāņos. Uzskata, ka šie slāņi veidojas naktīs. Ja cieti mazliet pažāvē, slāņainums izzūd.

Kartupeļu cietes graudus ar vienu veidotājcentru sauc par *vienkāršiem cietes graudiem* (32. att.). Ja vienā leikoplastā rodas divi vai vairāki veidotājcentri, tad ap katru no tiem noslāņojas ciete. Cietes graudi kļūst arvien lielāki, ar laiku saskaras kopā un saaug. Rodas *salikts cietes grauds* ar vairākiem veidotājcentriem. Parasti mikroskopa redzeslaukā var saskatīt ļoti daudz

32. att. Rezerves ciete kartupeļu (*Solanum tuberosum* L.) bumbuļu šūnās:



A — vienkārši cietes graudi; B — salikts cietes grauds; C — pussalikts cietes grauds; 1 — veidotājcentri.

vienkāršu cietes graudu un atsevišķās vietās arī saliktus cietes graudus, kuriem ir divi, retāk trīs vai četri veidotājcentri.

Līdzās vienkāršajiem un saliktajiem cietes graudiem var redzēt arī *pussalikts cietes graudus*. Tie izveidojas tad, ja blakus esošajos leikoplastos cietes graudi saskaras, stromas apvienojas un turpina darboties kā viena kopīga stroma. Ciete uzkrājas ap šiem abiem cietes graudiem, veidojot kopīgus slāņojumus. Mikroskopā pussaliktie cietes graudi redzami kā divi vai trīs salikti cietes graudi, ap kuriem ir vairāki kopīgi cietes slāņi.

Kad preparāts labi apskatīts, var pārbaudīt joda reakciju uz cieti. Segstikla vienā malā uzliek vienu pilienu joda šķīduma kālija jodīda šķīdumā, bet no otras puses ar filtrpapīra strēmeliņi atsūc ūdeni, kas atrodas zem segstikla. Atsūktā ūdens vietu aizņem joda šķīdums un nokrāso cietes graudus zilā, tumši zilā vai pat gandrīz melnā krāsā (ja reaktīvā daudz joda). Ja preparātā starp cietes graudiem atrodas kubveidīgi olbaltumvielu kristāli, tie nokrāsojas dzeltenā krāsā.

Lai iepazītos ar kartupeļu cietes graudu uzbūvi, var izmantot ne vien svaigus kartupeļu bumbuļus, bet arī sausu kartupeļu cieti (kartupeļu miltus). Ar preparējamo adatu paņem mazliet cietes, sajauc ūdens pilienā uz priekšmetstikla, apsedz ar segstiklu un apskata tāpat kā iepriekš minēto preparātu.

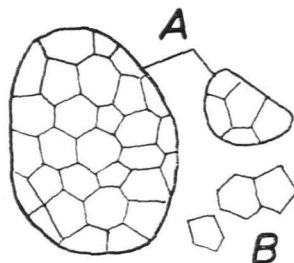
Pēc preparāta izpētes mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē vienkāršos, saliktos un pussaliktos cietes graudus. Zīmējumā parāda arī veidotājcentrus un atzīmē, kāda ir reakcija ar jodu.

REZERVES CIETE AUZU (*AVENA SATIVA* L.) GRAUDOS

Atšķirībā no kartupeļu cietes auzu cietes graudiem ir diezgan pareiza ovāla vai ieapaļa forma. Grauda diametrs sasniedz 50... 80 μm. Auzu cietes graudam ir tipiska salikta cietes grauda

33. att. Rezerves ciete auzu (*Avena sativa* L.)
graudos:

A — salikti cietes graudi; B — vienkārši cietes graudi.



uzbūve (33. att.). Leikoplastā rodas daudzi cietes veidotājcentri, ap kuriem veidojas stūraini cietes graudi. Auzu cietes graudam ne veidotājcentrus, ne slāņojumus neredz. Plastīdas stromas plānais slānis viegli pārplīst, un saliktais cietes grauds sairst atsevišķos cietes graudos vai arī nelielās graudu grupās. Atsevišķie cietes graudi parasti ir piecstūraini. Tādējādi preparātā vienlaikus var atrast kā veselus, tā arī sairušus auzu cietes graudus.

Preparāta pagatavošanai izmanto vai nu pietā saberztus auzu graudu miltus, vai arī auzu pārslas. Pirms preparāta pagatavošanas auzu miltus vai arī pārslas pārlej ar ūdeni. Pēc nelielas mērcēšanas ņem pilienu šķidrums, liek uz priekšmetstikla, apsedz ar segstiklu un apskata mikroskopā.

Pēc preparāta izpētes mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē saliktu cietes graudu un vairākus vienkāršos cietes graudus, no kuriem sastāv saliktie cietes graudi.

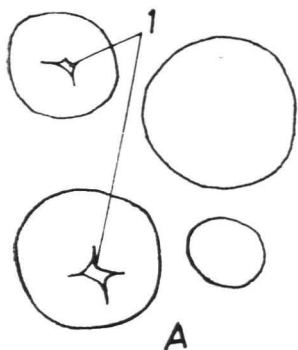
REZERVES CIETE RUDZU (*SECALE CEREALE* L.)
UN KVIESU (*TRITICUM AESTIVUM* L.) GRAUDOS

Rudzu un kviešu rezerves cietes graudi atšķiras no kartupeļu cietes graudiem gan pēc formas, gan arī pēc lieluma. Kā rudzu, tā arī kviešu graudos ir divējāda veida cietes graudi: vieni — sīki, apaļi, apmēram 2...9 μm diametrā, bet citi — lēcveidīgi, 30...40 μm diametrā. Mikroskopa redzeslaukā redzami galvenokārt apaļi cietes graudi.

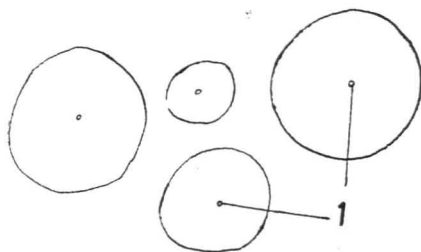
Kviešu cietes graudos nevar redzēt ne veidotājcentru, ne cietes slāņojumus. Arī rudzu cietes graudi ir apaļi, taču starp tiem var atrast cietes graudus ar zvaigžņveidīgu veidotājcentru (34. att.).

Lai noteiktu divus miltu paraugus, konstatējot rudzu un kviešu miltus, pagatavo preparātu no katra parauga un pēc tam uzspiež uz segstikla, mazliet deformējot cietes graudus. Tie sāk plaisāt, pie tam rudzu cietes graudiem plaisas veidojas no perifērijas uz centru, bet kviešu cietes graudiem — no centra uz perifēriju.

Rudzu un kviešu rezerves cietes graudu mikroskopiskai apskatei izmanto vai nu rudzu un kviešu miltus, vai arī graudus



A



B

34. att. Rudzu (*Secale cereale* L.) un kviešu (*Triticum aestivum* L.) rezerves cietes graudi:

A — rudzu cietes graudi; B — kviešu cietes graudi; 1 — veidotājcentri.

saberž piestā un no iegūtajiem miltiem pagatavo preparātu. Ar skalpeļa galu vai preparējamo adatu ņem mazliet miltu, iejauc ūdens pilienā uz priekšmetstikla, apsedz ar segstiklu un apskata mikroskopā.

Pēc preparāta rūpīgas izpētes mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē rudzu un kviešu cietes graudus, atzīmējot rudzu rezerves cietes graudiem arī veidotājcentru.

INULINS TOPINAMBŪRA
(*HELIANTHUS TUBEROSUS* L.)
UN DĀLIJU (*DAHLIA* SP.) GUMOS

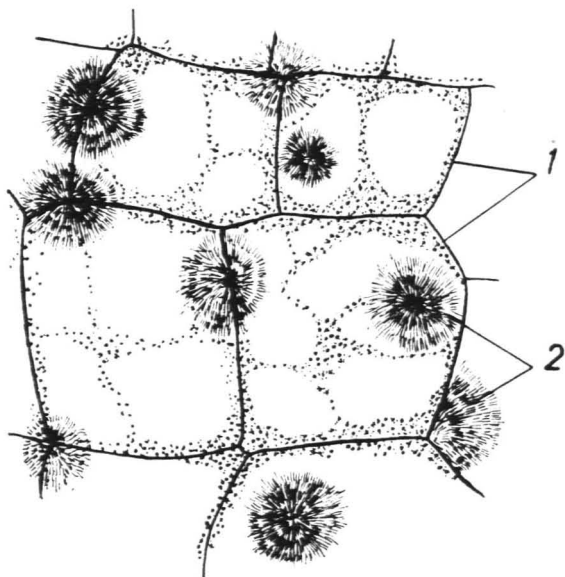
Inulīnu bez īpašas apstrādes augu šūnā saskatīt nav iespējams, jo tas izšķīdis šūnsulā. Vispiemērotākie objekti inulīna izpētei ir topinambūra vai dāliju sakņu gumi, kas ilgu laiku atradušies spirtā. Spirta ietekmē inulīns izgulsnējas, veidojot *sferokristālus*. Sferokristāli sastāv no adatveida kristāliem, kas grupējas koncentriskos slāņos no viena centra. Parasti šīs kristālu grupas izvietojas šūnu stūros. Savienojoties blakusšūnās esošajiem kristālu grupējumiem, izveidojas lodveida sferokristāli (35. att.).

Preparāta pagatavošanai ņem spirtā turētus dāliju un topinambūra gumus, no kuriem pagatavo dažus plānus griezumus jebkurā virzienā. Griezumus ieliek glicerīna pilienā uz priekšmetstikla, apsedz ar segstiklu un apskata mikroskopā. Ja griezumus liek ūdenī, sferokristāli ātri izšķīst un pazūd.

Pēc preparātu apskates mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē dažas topinambūra un dāliju gumu šūnas, kurās redzami inulīna sferokristāli.

35. att. Inulīna sferokristāli dāliju (*Dahlia sp.*) gumu šūnās:

1 — dāliju gumu šūnās; 2 — sferokristāli.



OLBALTUMVIELAS

Olbaltumvielas augu šūnās atrodas cietā un arī šķidrā veidā. Tās var būt amorfas un kristāliskas.

Rezerves olbaltumvielas augu šūnās uzkrājas aleirona graudu veidā. Visvairāk olbaltumvielu uzkrājas augošu sēkļu šūnu šūnsulā. Sēklām nogatavojoties, ūdens daudzums vakuolās pakāpeniski samazinās, bet olbaltumvielu un dažādu sāļu koncentrācija, kas atrodas šūnsulā, palielinās. Beigās vakuolas praktiski izžūst, bet to iekšējais saturs sacietē, veidojot aleirona graudus. Pēc izveidošanās tie sēklās saglabājas neizmainītā veidā līdz pat sēkļu dīgšanai. Aleirona graudu izmēri var būt 1...55 μm. Aleirona graudi ir bāli vai pat pilnīgi bezkrāsaini un to forma — ieapaļa vai arī stūrainā. Tie ir lielāki taukiem bagātās sēklās (rīcinā), bet samērā sīki cieti saturošās sēklās (labībām, pākšaugiem). Aleirona graudiem ir plāns olbaltumvielu apvalks (citoplazmas un vakuolas robežslānis), bet grauda iekšienē atrodas olbaltumvielu masa, kurā var izšķīrt trejādus ieslēgumus:

1) kristalīdus — olbaltumvielu kristālus, kas aleirona graudos sastopami pa vienam (rīcinam), retāk pa vairākiem (eļļas palmaī, *Elaeis guineensis* Jacq. — 8...10);

2) globoīdus — amorfus izotropus veidojumus, kas satur kalciju, magniju, fosforu un citus elementus. Globoīdi parasti ir

bezkrāsaini, spoži, sfēriski veidojumi, bet tie var būt arī ķekarveidīgi. Vienā aleirona graudā var atrasties viens, divi un pat vairāki globoīdi;

3) kalcija oksalāta kristālus, kas aleirona graudos sastopami samērā reti.

Aleirona graudus, kuri satur kristalīdus un globoīdus, sauc par *saliktajiem aleirona graudiem*. Sīkos aleirona graudus, kuriem mikroskopā nevar izšķirt iekšējo struktūru, sauc par *vienkāršajiem aleirona graudiem*.

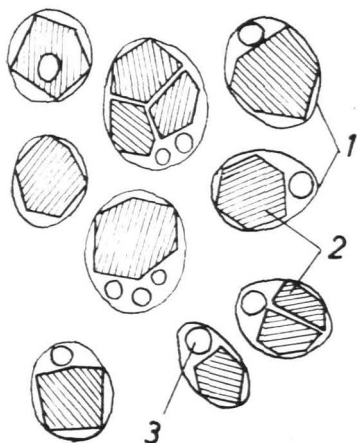
Sēklām dīgstot, aleirona graudu vietā veidojas vakuolas, kas pēc tam saplūst vienā centrālajā vakuolā; tās saturs ir sevišķi bagāts ar olbaltumvielām.

Aleirona graudu izvietojums dažādu augu sēklās var būt dažāds, piemēram, zirņiem un rīcinam tie vienmērīgi izvietoti uzkrājējaudu šūnās, bet, piemēram, graudzālēm lokalizēti noteiktos sēklas audos.

SALIKTIE ALEIRONA GRAUDI RĪCINA (*RICINUS COMMUNIS L.*) SĒKLĀS

Rīcins pieder pie eļļas augu grupas. Tā sēklu endospermā līdzās taukiem lielā daudzumā atrodas arī olbaltumvielas. Lai pagatavotu preparātu aleirona graudu izpētei, rīcina sēklai noņem sēklapvalku un ar sēklu pavelk pa sausu priekšmetstiklu. Triepumam uzpilina vienu pilienu joda šķīduma kālija jodīda šķīdumā, kas pirms tam sajaukts ar koncentrētu saharozes šķīdumu (cukura sīrupu). Jods olbaltumvielas nokrāso dzeltenā krāsā, kā arī viegli iekrāso taukus. Koncentrētu saharozes šķīdumu izmanto ūdens vietā tādēļ, lai preparātā nerastos ūdens un tauku emulsija, kas apgrūtina preparāta izpēti. Bez tam saharozes šķīdums novērš arī aleirona graudu uzbriecšanu.

Gatavojot preparātu, endospermas šūnas šķīdumā tiek sajauktas un pagatavotajā triepumā var redzēt dzeltenus tauku pilienus, kā arī saliktus aleirona graudus.



36. att. Saliktie aleirona graudi rīcina (*Ricinus communis L.*) sēklās:

1 — aleirona graudi; 2 — olbaltumvielu kristalīdi; 3 — globoīdi.

Ricina aleirona graudi ir samērā lieli (2...4 μm), ovāli vai bumbierveidīgi. Aleirona grauda ārējo daļu veido vienkāršās olbaltumvielas — albumīni. Katra grauda paplašinātajā daļā starp amorfā stāvoklī esošajām olbaltumvielām atrodas viens vai retāk divi daudzstūrains veidojumi — olbaltumvielu kristalīdi. Aleirona grauda šaurākajā daļā atrodas 1...4 lodveida globoīdi (36. att.). Preparāta apskates laikā vēlams sameklēt redzeslaukā tipiskus, bumbierveidīgus aleirona graudus, kuros kristalīdi un globoīdi izvietoti vienā plaknē. Ja aleirona grauds preparātā pagriezies tādā stāvoklī, ka globoīds atrodas zem kristalīda, globoīdu saskatīt ir ļoti grūti.

Kaut gan aleirona graudi preparātā atrodas koncentrētā saharozes šķīdumā, to kristalīdi diezgan ātri sāk uzbriest, kļūst apaļi un zaudē kristāliem līdzīgo apveidu.

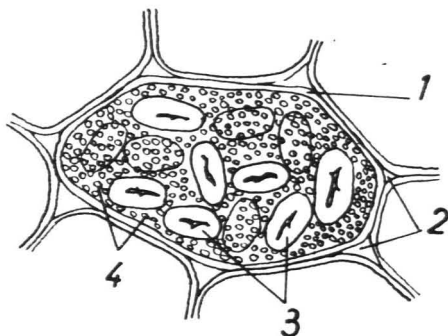
Ricina sēklas endospermā bez rezerves olbaltumvielām lielā daudzumā atrodas arī tauki, kas preparātā redzami daudzu lielāku un mazāku pilienu veidā. Lai taukus labāk saskatītu, parasti izmanto krāsvielu — sudana III vai sudana IV 0,5% šķīdumu spirtā. Šis krāsvielas taukus un dažas taukiem līdzīgās vielas nokrāso oranžsarkanā krāsā.

Apskatot preparātu mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā, izpēta aleirona graudu formu, lielumu un uzbūvi. Uzzīmē vairākus saliktus aleirona graudus un atzīmē kristalīdus un globoīdus.

REZERVES OLBALTUMVIELAS ZIRŅU (*PISUM SATIVUM* L.) SĒKLĀS

Labs objekts rezerves olbaltumvielu izpētei ir parastie zirņi. Laboratorijas darbiem var izmantot nenogatavojušos, spirtā fiksētus zirņus, kā arī 12...24 stundas pirms darbiem mērcētus nogatavojušos zirņus. Zirņiem noņem sēklapvalku un ar bārdas nazi pagatavo plānus griezumus. Labāko griezumumu ieliek ūdens pilienā uz priekšmetstikla un pievieno mazu pilienu joda šķīduma kālija jodīda šķīdumā. Pēc tam visu šķīdumu ar filtrpapīru atsūc, bet griezumam uzliek vienu pilienu glicerīna un apsedz ar segstiklu. Skatoties mikroskopā, atrod visplānāko griezumuma vietu, kur ir tikai 1 vai 2 šūnu kārtas.

Mikroskopa lielajā palielinājumā labi redzams, ka zirņu dīgļlapas sastāv no ieapaļām šūnām, kurām ir mazliet uzbiezināts, bet nepārkoksnējies šūnapvalks. Blakusesošo šūnu saskares vietās redzamas starpsūnu telpas. Gandrīz visu šūnas dobumu piepilda lieli, ovāli, zirņiem raksturīgi cietes graudi, kurus joda šķīdums nokrāsojis violetā krāsā. Starp lielajiem cietes graudiem redzams



37. att. Rezerves olbaltumvielas un cietes graudi zirņu (*Pisum sativum* L.) dīgļlapu šūnā:

1 — šūnāpvalks; 2 — starpšūnu telpas; 3 — cietes graudi; 4 — aleirona graudi.

ļoti daudz sīku aleirona graudu, kurus joda šķīdums nokrāsojis dzeltenā krāsā (37. att.).

Preparātu var pagatavot arī citādi. Pēc tam kad

zirņu sēklai ir noņemts sēklāpvalks, ar skalpeli sakasa mazliet sēklas masu, kuru ieliek ūdens pilienā uz priekšmetstikla un apsedz ar segstiklu. Lai nokrāso cietes un aleirona graudus, segstikla vienā malā uzpilina vienu pilienu joda šķīduma kālija jodīda šķīdumā, bet otrā malā pieliek filtrpapīru un atsūc ūdeni no preparāta. Ūdens vietā zem segstikla ieplūst joda šķīdums, kas nokrāso cietes graudus violetā, bet aleirona graudus dzeltenā krāsā.

Pēc preparāta apskates mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē zirņu dīgļlapu šūnas, atzīmējot šūnāpvalku, starpšūnu telpas, cietes graudus un aleirona graudus.

REZERVES OLBALTUMVIELAS KVIEŠU (*TRITICUM AESTIVUM* L.) GRAUDU ENDOSPERMĀ

Graudzāļu graudos galvenā rezerves vielu masa koncentrēta uzkrājējaudos — *endospermā*, kas aizņem grauda augšējo daļu. Grauda apakšējā — mazākajā daļā atrodas dīgļis.

Rezerves olbaltumvielu izvietojumu labi var redzēt grauda augšējās daļas šķērs griezumā. Pirms griezuma pagatavošanas kviešu graudus izmērcē ūdenī, bet pēc tam fiksē spirtā. Plānā griezumā redzams, ka endosperma atrodas zem daudzslāņaina sēklāpvalka, ko veido atmirušās šūnas ar vairāk vai mazāk pabiezīnātu šūnāpvalku.

Endospermas ārējais slānis, kas atrodas tieši zem sēklāpvalka, sastāv no vienas blīvi sakārtotu šūnu kārtas. Šūnām ir gandrīz precīza kvadrāta forma. To izmēri ir mazāki nekā šūnām, kas atrodas endospermas iekšienē. Minēto šūnu kārtu sauc par *aleirona slāni*, un tā šūnas pēc krāsas un struktūras labi atšķiras no pārējām endospermas šūnām (38. att.). Aleirona slāni esošās šūnas pildītas ar sīkiem aleirona graudiem. Katras šūnas vidū

38. att. Rezerves olbaltumvielas kviešu (*Triticum aestivum* L.) graudu endospermā:

1 — sēklapvalks; 2 — aleirona slānis ar aleirona graudiem; 3 — šūnas ar cietes graudiem.

var saskatīt diezgan lielu kodolu, kas sevišķi labi kļūst redzams, ja preparātu nokrāso.

Mikroskopa mazajā un vidējā palielinājumā (400... 600×) sīkie aleirona graudi izskatās vienkārši. Taču maksimālajā mikroskopa palielinājumā (1200... 1400×) redzams, ka tie ir saliktie aleirona graudi, kas līdzīgi rīcina sēklās esošajiem aleirona graudiem. Endospermas šūnām, kas atrodas uz iekšpusi no aleirona slāņa, ir plāns šūnapvalks. Šīs šūnas izstieptas radiālā virzienā, un to dobums pildīts galvenokārt ar cietes graudiem.

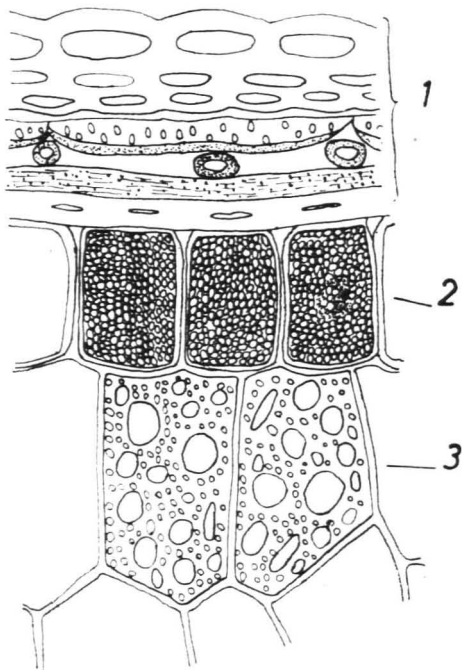
Kad pagatavotie kviešu grauda preparāti (ūdenī) apskatīti, tos krāso ar joda šķīdumu kālija jodīda šķīdumā tāpat kā zirņu sēklas griezumus. Pēc reakcijas ar jodu aleirona slāņa šūnu iekšējais saturs — aleirona graudi — nokrāsojas zeltaini dzeltenā krāsā, bet cietes graudi — zilā krāsā.

Aleirona slāņa izpētei var izmantot arī rudzu, miežu un kukurūzas graudus. Miežu graudiem atšķirībā no kviešu graudiem aleirona slānis sastāv nevis no vienas, bet no trijām šūnu kārtām.

Pēc rūpīgas kviešu grauda šķērsriezuma izpētes mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē dažas aleirona slāņa šūnas un dziļāk esošās endospermas šūnas, atzīmējot aleirona slāni, aleirona un cietes graudus, kā arī sēklapvalku.

Kristāliskie ieslēgumi šūnā

Atšķirībā no dzīvniekiem, kas regulāri izvada no sava organisma neorganisko vielu pārpalikumus, auga organisms tos visus uzkrāj savos audos. Augos uzkrājas galvenokārt skābeņskābā kalcija — kalcija oksalāta kristāli.



Kalcija oksalāta kristāli šūnā veidojas vielu maiņas rezultātā. Elpošanas procesā augu šūnās rodas skābeņskābe, kas, uzkrājoties lielā daudzumā, varētu saindēt auga organismu. Taču tas nenotiek, jo kalciji skābeņskābi neitralizē, veidojot grūti šķīstošos kalcija oksalāta kristālus. Kalcija oksalāta kristāli sastopami daudzu dzimtu augos, bet it īpaši sūreņu, nakteņu un neļķu dzimtas augos. Kristāli var būt dažāda lieluma un formas:

1) vienkāršie kristāli — romboedri vai oktaedri (prizmatiskie vai bipiramidālie);

2) kristāliskās smiltis — sīki kristāli, kas šūnā atrodas lielā daudzumā;

3) drūzas un sferīti — daudzu kristālu saaugumi;

4) rafīdas — gari kristāli, kas parasti apvienoti rafīdu kūlīšos;

5) stiloīdi — atsevišķi kristāli stipri izstieptu prizmu veidā.

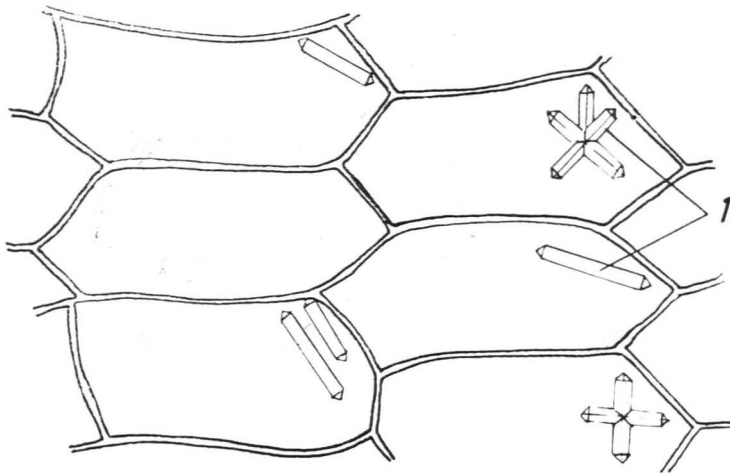
Kalcija oksalāta kristāli atrodas galvenokārt vakuolās. Tie var uzkrāties parastajās šūnās vai arī īpašās šūnās, kas atšķiras no apkārtējām šūnām, kā arī šūnapvalkā. Kalcija oksalāta kristāli parasti ir daudz mazāki par pašu šūnu, kurā tie atrodas, taču atsevišķos gadījumos, piemēram, rafīdu kūlīši, atrodas lielākās šūnās nekā blakusesošās šūnas un aizpilda gandrīz visu šūnu. Apvalks šīm šūnām ir plāns, bet šūnas dobums pildīts ar gļotām, kas spēj uzbriest. Kad šūnas dobumā esošās gļotas uzbriest, tās pārplēš plāno šūnapvalku un rafīdas izkrīt no šūnas.

Bieži kalcija oksalāta kristāli aktīvi piedalās vielu maiņas procesos — tie šūnās gan uzkrājas, gan izšķīst. Tā, piemēram, negatavos apelsīnos, tomātos, ķirbjos un citos augļos to ir daudz, bet, augļiem nogatavojoties, tie izšķīst. Tomēr kalcija oksalāta kristāli uzskatāmi par atkritumvielām. Daudzgadīgiem augiem tie uzkrājas galvenokārt atmirstošajās daļās, piemēram, lapās un mizā, kas periodiski nokrīt. Tie var uzkrāties arī serdē, sakneņos un citās augu daļās.

Parasti kalcija oksalāta kristālu forma raksturīga attiecīgas dzimtas augiem.

VIENKĀRSĪE KRISTĀLI SĪPOLA (*ALLIUM CEPA* L.) SAUSO ZVIŅLAPU ŠŪNĀS

Sīpola sausās plēkšņveida zviņlapas, kas viegli nolobās, dažas dienas tur spirta un glicerīna maisījumā (1:1). Preparāta pagatavošanai ņem nelielu zviņlapas gabaliņu, ieliek glicerīna pilienā



39. att. Vienkāršie kristāli (1) sīpola (*Allium cepa* L.) sauso zviņlapu šūnās.

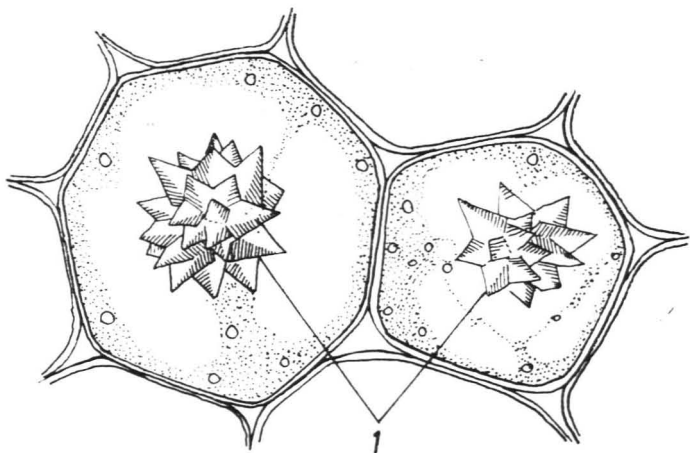
uz priekšmetstikla, apsedz ar segstiklu un apskata mikroskopa mazajā, bet pēc tam lielajā palielinājumā.

Sīpola zviņlapa sastāv no vairākām šūnu kārtām. Šūnas ir izstieptas, nedzīvas, bez dzīvā satura. Gandrīz visās šūnās labi redzami atsevišķi prizmatiski kristāli. Dažreiz šie kristāli saaug pa vairākiem kopā, veidojot krustveida saaugumus (39. att.).

Pēc preparāta izpētes mikroskopa lielajā palielinājumā uzzīmē dažas sīpola sauso zviņlapu šūnas ar atsevišķiem un arī saaugušiem kristāliem.

DRŪZAS KARALISKĀS BEGONIJAS (*BEGONIA REX* PUTZ.) LAPU KĀTA ŠŪNĀS

Drūzas ir viens no izplatītākajiem kalcija oksalāta kristālu veidiem augos. Tās ir daudzu kristālu saaugumi. Viens no vislabākajiem objektiem drūzu sīkākai izpētei ir karaliskās begonijas lapu kāts. Lapu kāts sastāv galvenokārt no parenhīmatiskām šūnām ar plānu šūnapvalku. Citoplazma tajās novietojusies gar šūnapvalku. Citoplazmā atrodas arī nedaudz hloroplastu. Daudzu šūnu vakuolās ir kalcija oksalāta kristāli vai nu atsevišķu kristālu — *romboedru*, vai kristālu saaugumu — *drūzu* veidā (40. att.). Dažās šūnās var redzēt dažādas pārejas formas, kad atsevišķie lielākie kristāli sāk apaugt ar mazākiem kristāliem.



40. att. Drūzas (1) karaliskās begonijas (*Begonia rex* Putz.)
lapas kāta šūnās.

Preparāta pagatavošanai izmanto begoniju lapu kāta gargriezumus, kurus ieliek ūdens pilienā uz priekšmetstikla, uzliek segstiklu un apskata mikroskopā. Jau mikroskopa mazajā palielinājumā lapas kāta gargriezumā tuvāk malai labi saskatāmi tumši kristālu saaugumi — drūzas. Parasti vienā šūnā ir viena drūza. Šūnas, kurās ir drūzas, atrodas cita pie citas, izveidojot šūnu ķēdīti, kas novietota lapas kāta gareniskās ass virzienā. Mikroskopa mazajā palielinājumā izvēlas kādu interesantāku drūzu, kuru pēc tam apskata mikroskopa lielajā palielinājumā.

Rūpīgi mikroskopa lielajā palielinājumā izpēta kalcija oksalāta saaugumus — drūzas un pēc tam uzzīmē attiecīgās šūnas ar drūzām.

RAFIDU KŪLISI MUGUREŅU (*POLYGONATUM SP.*) SAKNEŅA ŠŪNĀS

Rafīdas ir adatveida kristāli. Tās parasti sakārtotas pa vairākām kopā rafīdu kūlišos, kas atrodas īpašās šūnās, kuras ir 2...3 reizes lielākas par blakusesošajām šūnām. Parasti rafīdu kūlītis atrodas gļotu maisā, kas izvietojas šūnu citoplazmā un aizņem visu šūnas dobumu. Augos rafīdas sastopamas retāk nekā vienkāršie kristāli un drūzas. Vispiemērotākais objekts rafīdu izpētei ir mugureņu (*Polygonatum*) sakneņis.

No fiksēta materiāla pagatavo gargriezumus. Tos uz priekšmetstikla ieliek ūdens vai arī glicerīna pilienā, uzliek segstiklu un

apskata mikroskopā. Šūnas, kurās atrodas rafīdu kūlītis, parasti ir vairākas reizes lielākas par apkārtējām parenhimatiskajām šūnām (41. att.).

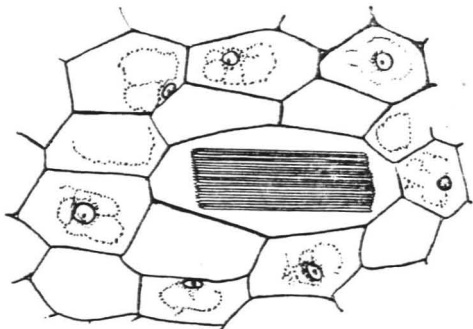
Labi objekti rafīdu izpētei ir vīnkoku (*Vitis*) veco lapu kāti (42. att.) un viengadīgie dzinumi, kā arī agavju (*Agave*) lapas.

Agaves lapās bez rafīdām atrodas arī ļoti gari prizmatiski kristāli — *stiloīdi*. Tie izvietoti garās, šaurās šūnās, kurās piepilda gandrīz visu dobumu. Šīs šūnas ir vairākas reizes garākas par apkārtējām šūnām, tām ir ļoti plāns šūnapvalks, un tādēļ dažkārt šķiet, ka stiloīdi atrodas starpšūnu telpās starp parenhimatiskajām šūnām.

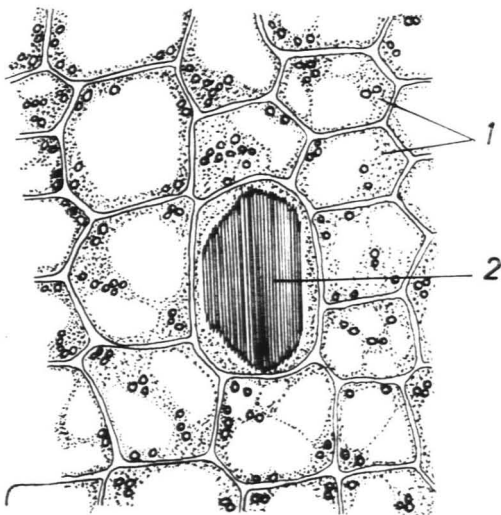
Pēc iepazīšanās ar rafīdu kūlišiem mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē šūnas ar rafīdu kūlišiem.

Augu šūnapvalks

Augu šūnām atšķirībā no dzīvnieku šūnām parasti ir ļoti labi izveidots šūnapvalks, kas arī nosaka šūnu formu. Šūnapvalks ir citoplazmas darbības produkts — šūnas ārējās blīvākās kārtas, kas norobežo šūnas citu no citas. Tas rodas telofāzē, šūnām daloties. Fragmoplastā sākumā izveidojas plāns pektīnvielu slānis — *vidējā plātnīte*, bet vēlāk citoplazmas darbības rezultātā tā abās pusēs veidojas primārais šūnapvalks, kas sastāv galvenokārt no celulozes. Šūnai pieaugot, zem primārā šūnapvalka sāk veidoties

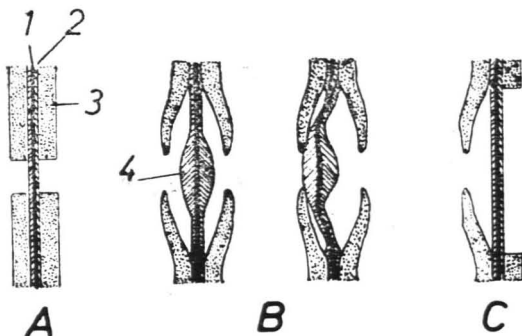


41. att. Rafīdu kūlītis mugureņu (*Polygonatum sp.*) sakneņu šūnā.



42. att. Rafīdu kūlītis vīnkoku (*Vitis sp.*) lapu kātā:

1 — lapu kāta šūnas; 2 — rafīdu kūlītis.



43. att. Poru veidi:

A — vienkāršā pora; B — do-
bumporas; C — vienpusīgā do-
bumpora; 1 — vidējā plātnīte;
2 — primārais šūnapvalks; 3 —
sekundārais šūnapvalks; 4 —
toruss.

sekundārais šūnapvalks. Atsevišķās vietās sekundārais šūnapvalks neveidojas. Šis neuzbiezinātās vietas šūnapvalkā, kas sastāv no abu blakusesošo šūnu primārajiem apvalkiem un vidējās plātnītes, sauc par *porām*. Poras, kas atrodas šūnapvalkā, atviegļina vielu pārvietošanos no vienas dzīvās šūnas otrā. Parasti blakusesošo šūnu poras atrodas viena otrai pretī, tādējādi veidojot vienkāršo poru pāri. Poru pāri vienu poru no otras atdala membrāna, kuru veido blakusesošo šūnu primārie apvalki un starpšūnu viela, kas it kā salīmē abu šūnu primāros apvalkus.

Šūnām ir 3 poru veidi — *vienkāršās poras*, *dobumporas*, kas parasti atrodas trahejās un traheidās, un *vienpusīgās dobumporas* (43. att.).

Šūnapvalka uzbūves izpētei izmanto parenhīmas šūnas ar plānu šūnapvalku, kurā labi redzamas vienkāršās poras. Ar dobumporām iepazīstas, pētot skuju koku koksnes uzbūvi.

SARKANĀ PLŪŠKOKA (*SÁMBUCUS RACEMOSA* L.) SERDES PARENHĪMAS ŠŪNAPVALKA UZBŪVE

Sarkanā plūškoka serdi iegūst no resniem viengadīgiem dzinumiem — t. s. ūdensdzinumiem, kas izaug no krūma pamata. Šos dzinumus sagriež apmēram 10 cm garos gabalos un serdi vai nu vienkārši izspiež ar serdes diametram atbilstošu kociņu, metāla stienīti, vai arī ar nazi notīra ap serdi esošo koksnes daļu. Iegūtos serdes gabaliņus apžāvē un uzglabā līdz lietošanai. Sausu vai arī spirtā turētu plūškoka serdi var ļoti viegli griezt un izmantot kā labu objektu griešanas iemaņu apgūvei, gatavojot preparātus. Augu anatomijā plūškoka serde ir piemērots paligmateriāls ļoti plānu objektu, piemēram, lapu, sīku sakņu, griešanai.

Lai iegūtu labu preparātu, jāpagatavo ļoti plāni griezumī. Ja mikroskopa mazajā palielinājumā jāiepazīstas tikai ar atsevišķu

orgānu vispārīgo uzbūvi, tad griezumi var būt samērā biezi — biežāki pat par 100 μm. Turpretī, ja jāveic sīkāki citoloģiski pētījumi, griezumiem jābūt apmēram vienas šūnas biezumā un pat plānākiem — 10...30 μm.

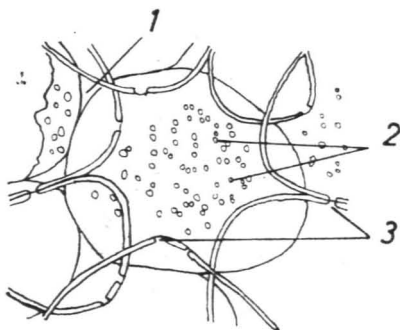
Plūškoka serdes griezumu biezums vēlams mazāks par šūnas diametru, jo pretējā gadījumā, ja viena šūna atrodas virs otras, apgrūtināta ir objekta izpēte.

Ja iegūtos plūškoka serdes griezumus ieliek ūdenī, tad pārgriezto šūnu dobumi tūlīt piepildās ar ūdeni. Vietās, kur griezumus ir biežāks par vienas šūnas diametru, šūnas ir neievainotas, pildītas ar gaisu, un tādēļ ūdens tajās neiekļūst. Mikroskopā veselās šūnas redzamas kā pūslīši ar melnu, norobežotu joslu. Šajā joslā robežojas trīs vides ar dažādiem gaismas laušanas koeficientiem (gaisam — 1,00, ūdenim — 1,33, bet celulozei — 1,52). Griezuma virziens attiecībā pret garenisko asi nav svarīgs, jo plūškoka serdes parenhīmas šūnas ir apaļas, un tādēļ griezuma aina visos virzienos ir vienāda. Nav jācenšas arī nogriezt pēc iespējas lielāku laukumu, jo pilnīgi pietiekams ir dažu kvadrātmilimetru liels laukums.

Pagatavotos griezumus ieliek ūdens pilienā uz priekšmetstikla, apsedz ar segstiklu un ar preparējamo adatu viegli piespiež vai arī paklapē, lai izspiestu gaisu no pārgrieztajām šūnām. Pēc tam mikroskopa mazajā palielinājumā atrod plānāko griezuma vietu un veic izpēti.

Preparātā redzams, ka plūškoka serde sastāv no gandrīz pilnīgi apaļām dažāda lieluma šūnām ar plānu šūnapvalku (44. att.). Šūnām nav iekšējā satura. Vairāku šūnu saskares vietās labi redzamas starpšūnu telpas, kas parasti pildītas ar gaisu. Plūškoka serdē starpšūnu telpas atgādina trīsstūrus vai neregulārus rombus atkarībā no tā, cik šūnas saskaras kopā. Starpšūnu telpas izveidojas tādēļ, ka dabiskās macerācijas rezultātā starpšūnu viela izšķīst, bet pašas šūnas noapaļojas.

Atsevišķās preparāta vietās redzams, ka šūnas nevis vienkārši saskaras, bet it kā aizsedz cita citu. Tas izskaidrojams ar



44. att. Sarkanā plūškoka (*Sambucus racemosa* L.) serdes parenhīmas šūnas apvalka uzbūve:

1 — starpšūnu telpa; 2 — vienkāršās poras pretskatā; 3 — vienkāršās poras griezumā.

to, ka šūnas nav vienāda lieluma un tādēļ nav izvietotas vienā līmenī. Tā rezultātā daļa šūnu tiek pārgrieztas vidū, bet citām tiek nogriezta tikai virsējā vai apakšējā daļa.

Apskatot preparātu mikroskopa lielajā palielinājumā, labi redzamas atsevišķas šūnapvalka neuzbiezinātās vietas — *poras*. Uz šūnas virsmas pretskatā tās ir apaļi vai mazliet iegareni veidojumi. Pārgrieztajā šūnapvalkā redzams, ka poras ir īsi kanāli caur sekundāro šūnapvalku un beidzas ar membrānu. Tā kā parenhīmas šūnas ir apaļas, izodiametriskas, preparātā var redzēt visas vienkāršo poru formas.

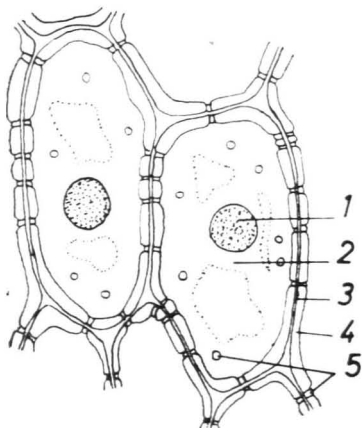
Pēc plūškoka serdes griezumu izpētes mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē nelielu serdes gabaliņu, parādot šūnu formu, to saskaršanās vietas, starpšūnu telpas un poras kā pretskatā, tā arī griezumā.

Parenhimatisko šūnu uzbūves izpētei var izmantot arī citu kokaugu serdi.

ASPIDISTRU (*ASPIDISTRA SP.*) LAPAS EPIDERMAS ŠŪNAPVALKA UZBŪVE

Šūnapvalka un tajā esošo vienkāršo poru izpētei par objektu var izmantot istabas auga aspidistras (mājas svētības) lapas. Preparāta pagatavošanai ņem svaigas vai fiksētas lapas gabaliņu, apliek to ap kreisās rokas rādītājpirkstu, pietur ar īkšķi un ar vidējo pirkstu. Pēc tam ar bārdas nazi vai žileti no lapas virsmas nogriež pēc iespējas plānāku epidermas (viršējās šūnu kārtas, sk. 109. lpp.) gabaliņu, ko ieliek ūdens pilienā uz priekšmetstikla, apsedz ar segstiklu un apskata mikroskopā. Labākā vieta preparāta izpētei ir griezuma malas, jo tajās parasti ir tikai viena šūnu kārtā. Griezuma vidusdaļā atrodas vairākas šūnu kārtas.

Aspidistras epidermas šūnas ir dzīvas, ar labi redzamu kodolu un citoplazmu (45. att.). Šūnas izstieptas lapas gareniskās ass



45. att. Aspidistru (*Aspidistra sp.*) lapas epidermas šūnu apvalka uzbūve:

1 — kodols; 2 — citoplazma; 3 — primārais šūnapvalks; 4 — sekundārais šūnapvalks; 5 — poras.

virzienā. Nepārkoksnētajā šūnapvalkā labi redzami poru kanāli. Starp blakusesošo šūnu poru pāriem saskatāma plāna membrāna (abu šūnu primārie šūnapvalki ar vidējo plātnīti).

Pēc aspidistras lapas epidermas preparāta izpētes mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē vairākas epidermas šūnas, atzīmējot citoplazmu, kodolu, primāro šūnapvalku, sekundāro šūnapvalku un poras.

II. AUGU AUDI

Augu šūnas ir ļoti dažādas, un šī daudzveidība saistīta ar funkcijām, ko šūnas izpilda augu organismā. Šūnu kopumu, kas augā izpilda kaut kādu noteiktu funkciju, sauc par *audiem*. Šūnas, kas veido noteiktus audus, ir līdzīgas pēc izcelšanās un vienādas pēc uzbūves. Audi savstarpēji atšķirīgi pēc izcelšanās ontogēnēzē un filogēnēzē, pēc šūnu uzbūves un formas, kā arī funkcijām.

Pēc šūnu formas audus iedala *parenhimatiskos audos*, kurus veido parenhimatiskas šūnas, un *prozenhimatiskos audos*, kuri sastāv no prozenhimatiskām šūnām. Ja šūnas, kas veido audus, atrodas blīvi cita pie citas, audus sauc par *blīviem audiem*, bet, ja starp šūnām ir lielas starpšūnu telpas, audus sauc par *irdeniem audiem*. Atkarībā no tā, vai audus veido dzīvas vai nedzīvas šūnas, tos iedala *dzīvos* un *nedzīvos audos*. Raksturojot augu audus, dažkārt pasvītro šūnapvalka ķīmiskā sastāva īpatnības, piemēram, pārkoksnējušies audi, pārkorķojušies audi, pārgļotājušies audi u. c.

Visbiežāk augu anatomijā augu audus iedala pēc to diferencēšanās pakāpes:

- 1) *veidotājaudos* jeb *meristēmās* un
- 2) *pastāvīgajos* jeb *diferencētajos audos*.

Veidotājaudi jeb meristēmas ir audi, kas dod sākumu citiem — pastāvīgajiem audiem. Visi pastāvīgie audi cēlušies no veidotājaudiem. Veidotājaudu šūnas dalās, daļa jauno šūnu saglabā vecās, meristemātiskās īpatnības, bet otra daļa mainās, pārvēršoties par pastāvīgajiem audiem, — palielinās šūnu apjoms, izmainās to forma, notiek izmaiņas šūnapvalka ķīmiskajā sastāvā utt. Pēc izcelšanās veidotājaudus iedala *promeristēmā*, *primārajā meristēmā* un *sekundārajā meristēmā*. Pēc atrašanās vietas meristēmas iedala *galotņu* jeb *apikālajā meristēmā*, *iestarpinātajā* jeb *interkalārajā meristēmā* un *sānu* jeb *laterālajā meristēmā*.

Veidotājaudi sastāv no diezgan sīkām, blīvi sakārtotām šūnām, kurās ir protoplasts un samērā liels kodols. Meristēmu šūnu forma

var būt ļoti dažāda, taču visbiežāk tās ir parenhimatiskas šūnas ar izodiametrisku daudzstūru formu, retāk izstieptas prizmas. Meristematiskajām šūnām apvalks parasti ir ļoti plāns, to veido galvenokārt celuloze. Vakuolas ir sīkas. Auga diglis pirmajās attīstības stadijās sastāv tikai no promeristēmas. Drīz vien promeristēma pārveidojas primārajā meristēmā. Tālākajā augu augšanas un attīstības gaitā primārie veidotājaudi saglabājas vasas un saknes augšanas konusus.

Pastāvīgie audi, radušies no veidotājaudiem, vairs nemainās. Tie sastāv no vienādām šūnām — vai nu dzīvām, vai nedzīvām. Pastāvīgo audu dzīvās šūnas parasti nedalās, taču dažreiz var dalīties un dot sākumu sekundārajiem veidotājaudiem (fellogēnam), no kuriem savukārt veidojas sekundārie pastāvīgie audi (periderma).

Augu pastāvīgos audus pēc anatomiskās uzbūves un fizioloģiskajām funkcijām iedala

1) *seg audos*, kas pasargā augus no ārējās vides kaitīgās ietekmes (pārmērīgi liela transpirācija, krāsas temperatūras svārstības, parazīti, gāzes, putekļi, sodrēji u. c.);

2) *mehāniskajos audos*, kas piedod augiem izturību;

3) *vadaudos*, kas nodrošina ūdens un minerālvielu pievadīšanu no augsnes līdz lapām, kā arī lapās sintezēto organisko vielu novadīšanu līdz patēriņa vai uzkrāšanas vietām;

4) *uzkrājējaudos*, kuros uzkrājas rezerves barības vielas;

5) *asimilācijas audos*, kuros notiek fotosintēzes process, t. i., organisko vielu veidošanās no neorganiskajām vielām;

6) *uzsūcējaudos*, kas uzsūc ūdeni un izšķīdušās barības vielas;

7) *izdalītājaudos*, kas izdala dažādus sekrētus — gļotas, lipīdus, ēteriskās eļļas u. c.;

8) *pamataudos*, kas sastāv no parenhimatiskām šūnām, kuras aizpilda telpu starp specializētajiem augu audiem.

Katra no iepriekš minētajām audu grupām izpilda kaut kādu noteiktu funkciju, un šī galvenā funkcija nosaka audu uzbūvi. Bez galvenās funkcijas audi veic dažas blakusfunkcijas, kas būtiski neietekmē audu uzbūvi, piemēram, rudens traheīdas priedes koksne.

Segaudi

Segaudi klāj auga orgānus no ārpuses, saista augus ar apkārtējo vidi un izpilda aizsargfunkciju. Segaudi ir *primāri*, *sekundāri* un *terciāri*. Pie primārajiem segaudiem pieskaita *epidermu*, pie sekundārajiem — *peridermu*, bet pie terciārajiem — *krevi*.

Segaudi attīstās uz augu orgānu virsmas, un to galvenā funkcija ir aizsargfunkcija. Segaudi aizsargā audus no pārmērīgas ūdens iztvaikošanas, pārāk spilgta apgaismojuma, krasām temperatūras maiņām, sikiem mehāniskiem bojājumiem, no putekļiem, sodrējiem, kā arī no parazitāro sēņu un baktēriju iekļūšanas auga organismā. Bez tam segaudi nodrošina gāzu maiņu ar apkārtējo vidi. Caur segaudiem vajadzības gadījumā tiek uzņemtas arī barības vielas. Daļa segaudu, piemēram, epiderma, sastāv tikai no dzīvām šūnām, turpretī citus segaudus (peridermu un krevi) veido gan dzīvas, gan nedzīvas šūnas.

EPIDERMA UN TĀS IZAUGUMI

Epiderma jeb virsmziņņa pēc izcelšanās ontogēnēzē ir primārie segaudi. Augu attīstības sākumā tā sedz visas auga daļas — lapas, stumbru un sakni, izņemot saknes uznavu un augšanas konusu. Daudzgadīgajiem augiem jau otrajā gadā primāros segaudus — epidermu nomaina sekundārie segaudi — periderma. Tikai uz lapām epiderma saglabājas visu dzīves laiku. Savukārt peridermu vēlāk nomaina terciārie segaudi — kreve.

Augu virszemes daļu tipiska epiderma ir plāna un sastāv no vienas šūnu kārtas. Tā ir caurspīdīga plēvīte, zem kuras redzami auga orgānu iekšējie audi.

Epidermas šūnas sakārtotas cieši cita pie citas, starp tām nav starpšūnu telpu, un tādēļ epiderma pasargā auga iekšējos audus no izžūšanas, kā arī no parazitārajām sēnēm un baktērijām. Līdzās aizsargfunkcijai epiderma veic arī otru funkciju — caur to notiek ūdens iztvaikošana — transpirācija un gāzu maiņa starp augu iekšējiem audiem un ārējo vidi. Transpirāciju un gāzu maiņu nodrošina īpaši veidojumi — *atvārsnītes*, kas atrodas epidermā.

Epidermas šūnas vienmēr ir dzīvas. Tajās ir nedaudz citoplazmas, kodols un liela vakuola, kas aizpilda gandrīz visu šūnu. Epidermas šūnas diezgan ilgi saglabā spēju dalīties, un tādēļ, orgāniem pieaugot resnumā, epiderma noteiktu laiku var augt līdzī. Augu epidermas šūnās hloroplastu un hromoplastu nav. Bieži vien to šūnsulā ir daudz antociānu, kas nereti nosaka visa attiecīgā orgāna krāsu (sarkanlapainās formas).

Atkarībā no augu sugas epidermas šūnām var būt dažāda forma un lielums. Vairumam augu tās ir parenhimatiskas, taču atsevišķu augu orgāniem, piemēram, priežu skuļām, īrisu lapām, epidermas šūnas ir prozenhimatiskas. Epidermas šūnapvalks sastāv no celulozes. Šūnu ārējā un iekšējā sieniņa ir viegli izliekta.

Dažām augu grupām, it īpaši graudzālēm un grīšļiem, epidermas šūnu ārējās sienīgas apvalks piesātināts ar silīcija dioksīdu, citiem augiem tajā var uzkrāties sīki kalcijs oksalāta kristāli.

Parasti epidermas šūnu ārējās sienīgas apvalks ir uzbiezināts un no ārpuses plānā slānī to klāj vaskveida viela — *kutins*. Blakusesošo epidermas šūnu kutīna slāņi saplūst kopā, izveidojot plānu bezstruktūras plēvīti, ko sauc par *kutikulu*. Tādējādi visa epiderma no ārpuses klāta ar kutikulu, kurai ir liela nozīme aizsargfunkcijas izpildē. Uz saknēm, kā arī ūdenī esošajām ūdensaugu daļām kutikulas nav.

Kutikulas biezums ir atkarīgs no auga sugas, vecuma un augšanas apstākļiem. Tā, piemēram, kaktusiem kutikulas biezums ir apmēram 200 μm.

Dažiem augiem (graudzālēm, tulpēm) kutikulu no ārpuses klāj sīki vaska graudiņi, kas, saplūstot kopā, izveido vienmērīgu 1 μm biezu slāni — vaskveida apsarmi. Kopā ar kutikulu tā samazina augu transpirāciju un padara augus nesasalpināmus.

Daudzu augu epidermas šūnām ir ārēji izaugumi — **matiņi** jeb trihomi, kam dažāda forma un funkcija. Matiņi ir vienšūnas un daudzšūnu, vienkārši un zaraini, dzīvi un nedzīvi. Atkarībā no matiņu konsistences un izskata izšķir zīdainus, villainus, sarmainus un cita veida matiņus.

Vismazākos matiņus, kas klāj epidermu nelielu izcilnīšu veidā, sauc par *papillām*. Papillas parasti atrodas uz ziedu vainaglapām, piedodot samtainumu lauvmutiņu, atraitnīšu, gladiolu un citu augu ziediem. *Vienšūnas matiņus* veido viena šūna, tie nav atdalīti no mātsūnas ar šķērssienu.

Daudzšūnu matiņi var būt

- 1) taisni; to šūnas atrodas vienā rindā (kartupeļiem);
- 2) zaraini (deviņvīruspēkam);
- 3) zvīņveida jeb zvaigzņmatiņi (sudraba eleagnam);
- 4) masīvi jeb pušķmatiņi, kas, saaugot kopā, veido pušķi (panātru dzimtas augiem).

Pieaugušo matiņu dobums parasti pildīts ar gaisu, tādēļ matiņi ir balti, pelēki vai sudrabaini un piedod sudrabainu nokrāsu daudz augu (sudrabārklu, sudrabapšu, kaķpēdiņu u. c.) lapām.

Bez minētajiem matiņu veidiem augiem sastopami vēl dziedermatiņi, dzeļmatiņi un lidmatiņi.

Dziedermatiņi izdala sveķus, gļotas, ēteriskās eļļas un citas vielas, kam ir attiecīga aizsargnozīme augu dzīvē. Dziedermatiņi sastāv no *kātiņa* un *galviņas*. Galviņu veido dziedzeršūnas.

Dzeļmatiņi aizsargā augus pret dzīvniekiem. Nātru dzeļmatiņš ir gara šūna. Tās paplašinātais gals atrodas daudzšūnu pauguriņā, kas paceļas virs lapas virsmas. Dzeļmatiņa šūnapvalks ir

pārkoksnējies. Tā smailais gals satur silīcija savienojumus, tādēļ ir trausls un nobeidzas ar nelielu lodveida paplašinājumu. Dzelmatīņa šūnsula ir kodīgs, dažiem augiem pat indīgs šķidrums, kas satur histamīnu, acetholīnu, skudrskābi. Pieskaroties dzelmatīņam, tā trauslais gals nolūzt, smaile ieduras pieskaršanās vietā un rētā šūnas turgora spiediena rezultātā iešļācas kodīgā šūnsula, kas izraisa dedzinošu sāpju sajūtu. Dažām tropiskajām nātrēm (*Urtica urentissima*) pieskaroties, rodas pat iekaisumi, kas apdraud dzīvību.

Lidmatiņi atrodas pie augļiem un sēklām (māllēpēm, cūkpienēm u. c.). Tie veicina sēklu izplatīšanos. Ļoti liela tautsaimnieciska nozīme ir kokvilnas sēklu lidmatiņiem (vate).

Epidermas izaugumi — matiņi — augu dzīvē veic galvenokārt aizsargfunkciju. Tie pasargā augus no pārkaršanas, pārmērīgas transpirācijas, krasām temperatūras maiņām, kā arī no dzīvniekiem. Tādējādi dažādie epidermas izaugumi vēl vairāk akcentē tās aizsargfunkcijas, ko veic epiderma.

Epidermas izaugumu izpētei izmanto dažādu augu materiālu, galvenokārt lapas un stubru, kur sastopami visi iepriekš minētie epidermas izaugumu veidi. Tā kā epidermas izaugumi bieži vien ir nedzīvi, jo šūnas zaudējušas dzīvo saturu un to dobums pildīts ar gaisu, darbam piemērotāks ir fiksēts materiāls.

Epidermai ir arī liela nozīme augu gāzu maiņā ar apkārtējo vidi. Gāzu maiņu nodrošina īpaši veidojumi epidermā — **atvārsnītes**. Atvārsnīšu uzbūve ir ļoti dažāda. Izšķir piecus atvārsnīšu tipus. Tipiskā atvārsnīte sastāv no 1) divām slēdzējšūnām, 2) atvārsnītes spraugas un 3) elpošanas dobuma.

Abas slēdzējšūnas lielākoties ir nierveida un atrodas viena otrai pretī ar ieliektajām sienām. Tās parasti ir stipri mazākas par apkārt esošajām epidermas šūnām. Slēdzējšūnu iekšējās sienas apvalks salīdzinājumā ar ārējo sienas apvalku ir stipri uzbiezināts. Šādai slēdzējšūnu anatomiskajai uzbūvei ir būtiska nozīme atvārsnīšu atvēršanās un aizvēršanās procesā. Tāpat atvārsnīšu atvēršanos un aizvēršanos nosaka arī paaugstinātā šūnsulas koncentrācija slēdzējšūnās. Atvārsnīšu slēdzējšūnas ir dzivas. Atšķirībā no epidermas šūnām tajās atrodas daudz hloroplastu. Līdz ar to fotosintēzes procesa rezultātā tajās uzkrājas ogļhidrāti, kas paaugstina šūnsulas koncentrāciju. Labā apgaismojumā un normālos mitruma apstākļos atvārsnīšu šūnas ir turgescentā stāvoklī un atvārsnīte atveras. Turgoram samazinoties, atvārsnīte aizveras. Turgors šūnās mainās atkarībā no cietais pārvešanās cukurā — otrādi. Tā kā slēdzējšūnu iekšējās sienas apvalks ir stipri uzbiezināts, bet ārējās sienas apvalks plāns, tad, turgoram palielinoties, plānais apvalks izstiepjas,

slēdzējšūnas liecas uz āru un atvārsnīte atveras. Turgoram samazinoties, samazinās šūnas apjoms un atvārsnīte aizveras. Tā kā slēdzējšūnu šūnsulas koncentrācija ir lielāka par apkārtējo epidermas šūnu koncentrāciju, tad nereti ūdens no atvārsnītei blakus esošajām šūnām pāriet slēdzējšūnās.

Graudzāļu atvārsnīšu uzbūve ir citāda, taču to darbības princips ir līdzīgs.

Atvārsnītes parasti izvietotas pa vienai vairāk vai mazāk vienmērīgi pa lapu un stumbru virsmu. Dažām augu grupām (graudzālēm) atvārsnītes atrodas gareniskās rindās, bet citām — grupās. Augiem, kuriem lapas novietotas vairāk vai mazāk horizontāli, it sevišķi kokaugiem un ēnainu vietu lakstaugiem, atvārsnītes atrodas galvenokārt lapas virspusē vai arī tikai lapu apakšpusē. To daudzums uz 1 mm² var būt ļoti dažāds — daži desmiti, simti un pat tūkstoši. Parasti uz 1 mm² ir 100...300 atvārsnīšu.

Zem katras atvārsnītes vienmēr atrodas samērā liela starpšūnu telpa — *elpošanas dobums*. Tas savienots ar citām starpšūnu telpām un veido vienotu attiecīgā orgāna starpšūnu sistēmu.

Stumbra epidermā atvārsnīšu parasti ir mazāk nekā uz lapām. Uz augu saknēm un augu zemūdens lapām atvārsnīšu nav. Ūdensaugiem, kuriem ir peldošas lapas (ūdensrozēm), atvārsnītes atrodas lapu virspusē.

Bez aprakstītajām atvārsnītēm, kas regulē gāzu maiņu auga organismā, vēl ir sastopamas arī ūdens atvārsnītes — *hidatodes*, kas piedalās ūdens režīma regulēšanā.

SIBĪRIJAS ĪRISA (*IRIS SIBIRICA* L.) LAPAS EPIDERMA UN ATVĀRSNĪTES

Vieni no labākajiem objektiem lapas epidermas un atvārsnīšu anatomiskās uzbūves izpētei ir īrisi. Darbam var izmantot kā Sibīrijas īrisa (*Iris sibirica* L.), tā arī cildotā īrisa (*Iris germanica* L.) lapas.

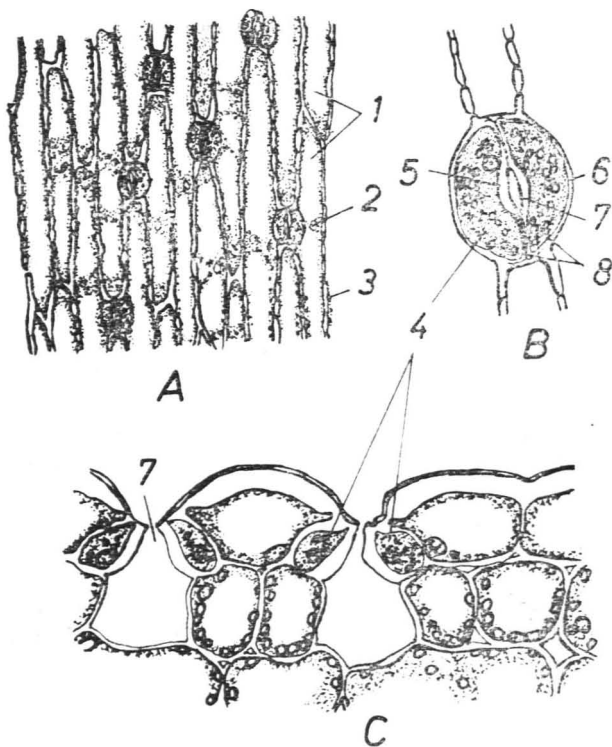
Īrisu lapas ir zobeneveida, saaugušas gareniskajā virzienā. Tādējādi morfoloģiski lapas virspuse atrodas uz iekšu, bet apakšpuse uz āru. Lapas augšējā daļā lapas plātnes malas ir saaugušas kopā. Lai izpētītu lapas uzbūvi, preparātu pagatavo no lapas apakšējās daļas vai vidusdaļas. Epidermas sīkākai izpētei preparātu var pagatavot no jebkuras lapas daļas.

Lai pagatavotu preparātu īrisa lapas segaudu izpētei, īrisa lapas gabaliņu apliek ap kreisās rokas rādītājpirkstu un piespiež ar vidējo pirkstu un īkšķi. Tad ar bārdas nazi lapu mazliet iegriež, bet ar preparējamo adatu un labās rokas īkšķi, saņemot aiz

iegrieztās maliņas, ar strauju kustību noplēš nelielu epidermas gabaliņu. Noplēsto, dažus kvadrātmilimetrus lielo epidermas gabaliņu uzliek uz priekšmetstikla pilienā joda šķīduma kālija jodīda šķīdumā un apsedz ar segstiklu. Vienlaikus var pagatavot arī plānus lapas šķērsgriezumus, ko arī ieliek pilienā joda šķīduma kālija jodīda šķīdumā.

Tādējādi, izmantojot pagatavotos īrisa lapas epidermas preparātus, var iepazīties ar epidermas uzbūvi skatā no augšas un arī griezumā. Preparātus apskata vispirms mikroskopa mazajā, bet pēc tam lielajā palielinājumā.

Izpētot no lapas virsmas pagatavoto preparātu, redzams, ka epiderma sastāv no šaurām, blīvi sakārtotām, garām šūnām, kas izstieptas lapas gareniskās ass virzienā (46. att.). Plastīdu tajās



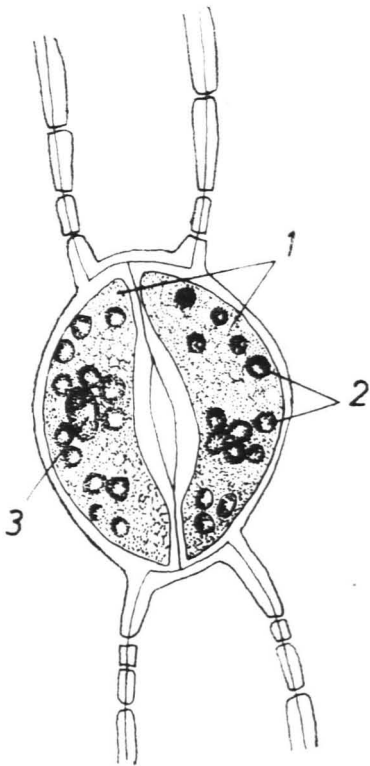
46. att. Sibīrijas īrisa (*Iris sibirica* L.) lapas epiderma un atvārsnītes:

A — epidermas šūnas un atvārsnītes pretskatā; B — atvārsnīte; C — atvārsnīte griezumā; 1 — epidermas šūnas; 2 — kodols; 3 — šūnapvalks; 4 — slēdzējšūnas; 5 — slēdzējšūnu iekšējās sienīņas apvalks; 6 — slēdzējšūnu ārējās sienīņas apvalks; 7 — atvārsnītes sprauga; 8 — hloroplasti.

nav. Mikroskopa lielajā palielinājumā var labi saskatīt epidermas šūnu sānu sienīņu apvalku. Ārējās un iekšējās sieniņas apvalks, kas atrodas paralēli segstiklam, nav redzams, jo tas ir caurspīdīgs. Īrisa epidermas šūnapvalkā labi saskatāmas neuzbiezinātās vietas — vienkāršās poras.

Apskatot mikroskopa lielajā palielinājumā īrisa lapas šķersgriezumu, redzams, ka epidermas šūnas ir taisnstūrains. To ārējās sieniņas apvalks ir daudz biezāks par iekšējās un sānu sieniņas apvalku. Labi saskatāms kutikulas slānis, kas klāj epidermas šūnas no ārpuses. Uz sānu sienīņu un iekšējās sieniņas šūnapvalka redzamas poras. Atsevišķās vietās nelielos padziļinājumos atrodas atvārsnītes, kuru slēdzējšūnām atšķirībā no epidermas šūnām ir citāda forma, un tajās ir daudz hloroplastu (47. att.).

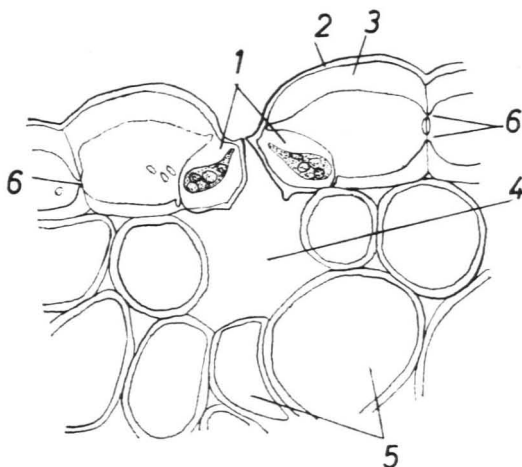
Lai labi izpētītu atvārsnītes uzbūvi, tā jāapskata kā pretskatā, tā arī šķersgriezumā. Pretskatā redzams, ka atvārsnīte sastāv no divām nierveidīgām šūnām — *slēdzējšūnām*. Abu slēdzējšūnu ieliektās puses atrodas viena pret otru, un starp tām redzama *atvārsnītes sprauga*. Šķersgriezumā slēdzējšūnas ir ovālas. Kutikula, kas sedz epidermas šūnu ārējās sieniņas apvalku, turpinās uz slēdzējšūnu ārējās sieniņas, veidojot valnīti, kas šķersgriezumā atgādina nosmailotu, knābveidīgu paaugstinājumu. Preparātā labi redzams, ka slēdzējšūnu šūnapvalks ir nevienmērīgi uzbiezināts. Šūnapvalka daļa, kas vērsta uz epidermas šūnas pusi, ir plāna, neuzbiezināta, bet tā daļa, kas vērsta pret atvārsnītes spraugu, ir uzbiezināta. Izmainoties slēdzējšūnu tilpumam, izmainās arī to forma. Slēdzējšūnu tilpumam palielinoties, palielinās atvārsnītes sprauga un atvārsnīte atveras.



47. att. Īrisa (*Iris sp.*) lapas atvārsnīte:
1 — slēdzējšūnas; 2 — hloroplasti; 3 — kodols.

48. att. *Irisa (Iris sp.)*
lapas šķērs griezumā frag-
ments:

1 — slēdzējšūnas; 2 — kuti-
kula; 3 — epidermas šūnas
ārējās sienas apvalks; 4 —
elpošanas dobums; 5 — me-
zofils; 6 — poras.



Atvārsnītes šķērs griezumā redzams, ka zem atvārsnītes spraugas atrodas liela starpšūnu telpa — *elpošanas dobums* (48. att.).

Īrisa lapas šķērs griezumā preparātā redzams, ka zem epidermas esošais lapas mezofils nav sadalīts zedeņu un irdenajā hlorenhīmā (sk. 249. lpp.). Visas mezofila šūnas ir parenhimatiskas, ieapaļas, ar plānu šūnapvalku. Šādu mezofilu dažkārt sauc par *vienkāršo mezofilu*. Tajā atrodas daudz starpšūnu telpu, kas pildītas ar gaisu. Mezofila šūnas, kas atrodas tuvāk apakšējai epidermai, ir sīkākas, bet tajās ir vairāk hloroplastu nekā augšējās mezofila šūnās.

Īrisa lapas mezofilā redzami slēgtie kolaterālie vadaudu kūliši (sk. 163. lpp.). Virs vadaudu kūliša floēmas atrodas sklerenhīmas grupa. Lapas apakšējā daļā starp vadaudu kūlišiem atrodas gaisa dobums.

Pēc preparātu apskatīšanas mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē epidermu pretskatā un griezumā. Zīmējumā atzīmē epidermas šūnas, to kodolu, šūnapvalku, atvārsnītes slēdzējšūnas, atvārsnītes spraugu, hloroplastus, slēdzējšūnu iekšējās un ārējās sienas apvalku.

KUKURŪZAS (*ZEA MAYS* L.) LAPAS APAKŠĒJĀ EPIDERMA

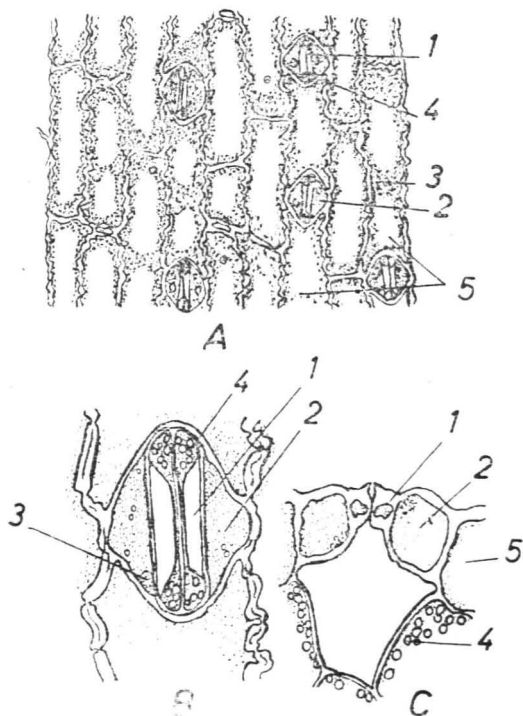
Kukurūzas epidermas preparātu pagatavo tāpat kā īrisu lapas epidermas preparātu. Tā kā kukurūzas lapas epidermu grūti atdalīt no mezofila šūnām, tad preparāta pagatavošanai epidermu var nevis noplēst, bet gan nogriezt ar bārdas nazi.

Mazu epidermas gabaliņu ieliek ūdens vai glicerīna pilienā uz priekšmetstikla, apsedz ar segstiklu un apskata mikroskopā. Epidermas šūnu un atvārsnišu izpētei izvēlas plānāko vietu preparātā. Graudzālēm atvārsnītes ir ļoti sīkas, tādēļ tās var saskatīt tikai mikroskopa lielajā palielinājumā.

Kukurūzas lapas epidermas šūnas blīvi sakārtotas cita pie citas. Tās izstieptas lapas gareniskās ass virzienā. Epidermas šūnu sānu sienīgas (pretskatā) ir viļņotas. Starp šīm epidermas šūnām saskatāmas ļoti sīkas, taisnstūrveidīgas šūnas. Preparātā redzams, ka epidermas šūnapvalkā ir daudz neuzbiezinātu vietu — vienkāršo poru. Šūnu iekšienē saskatāma citoplazma un kodols (49. att.).

Starp epidermas šūnām mikroskopā saskatāmi rombiski veidojumi — *atvārsnītes*. Kukurūzas lapas epidermas atvārsnītēm, tāpat kā visu graudzāļu atvārsnītēm, ir citāda uzbūve nekā iepriekš apskatītajām īrisu lapas epidermas atvārsnītēm.

Kukurūzas atvārsnītes slēdzējšūnas ir šauras, taisnstūrveida, ar noapaļotiem galiem. Katras slēdzējšūnas vidusdaļā ārējās sie-



49. att. Kukurūzas (*Zea mays* L.) lapas apakšējā epiderma:

A — epidermas šūnas un atvārsnītes pretskatā; B — atvārsnītes uzbūve; C — atvārsnīte griezumā; 1 — slēdzējšūna; 2 — blakusšūna; 3 — kodols; 4 — hloroplasti; 5 — epidermas šūnas.

niņas šūnapvalks ir ļoti biezs. Šūnas dobums šajā vietā kļūst par šauru kanālu, kas savieno abus šūnas galus, kuros atrodas slēdzējšūnas citoplazmas galvenā masa ar daudziem hloroplastiem.

Slēdzējšūnu galos šūnapvalks ir plāns. Graudzāļu atvārsnišu darbības princips ir tāds pats kā divdīgļlapju atvārsnītēm. Palielinoties turgoram, slēdzējšūnu gali, kur ir plāns šūnapvalks, palielinās un abas slēdzējšūnas, atgrūžoties viena no otras, izveido spraugu — atvārsnīte atveras. Šādā stāvoklī graudzāļu atvārsnišu slēdzējšūnas ar paplašinātajiem galiem atgādina vingrošanas rīkus — hanteles. Slēdzējšūnu vidusdaļa nepaplašinās, jo šaurajā kanālā ir ļoti maz citoplazmas un šajā daļā ir arī ļoti biezs šūnapvalks. Turgoram samazinoties, slēdzējšūnu paplašinātie gali samazinās līdz sākuma stāvoklim un atvārsnīte aizveras.

Abās pusēs slēdzējšūnām atrodas trīsstūrveidīgas šūnas ar samērā plānu šūnapvalku. Tās sauc par *blakusšūnām*. Šo šūnu garums atbilst atvārsnišu slēdzējšūnu garumam.

Kukurūzai, tāpat kā visām graudzālēm, atvārsnītes izvietotas regulārās rindās.

Pēc kukurūzas lapas apakšpuses epidermas preparāta izpētes mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē dažas kukurūzas lapas epidermas šūnas ar atvārsnītēm. Atsevišķi uzzīmē vienu atvārsnīti pretkatā un arī šķērsgriezumā (no lapas šķērs-griezuma preparāta).

ĀBELES (*MALUS DOMESTICA* BORKH.) LAPU VIENSŪNAS MATIŅI

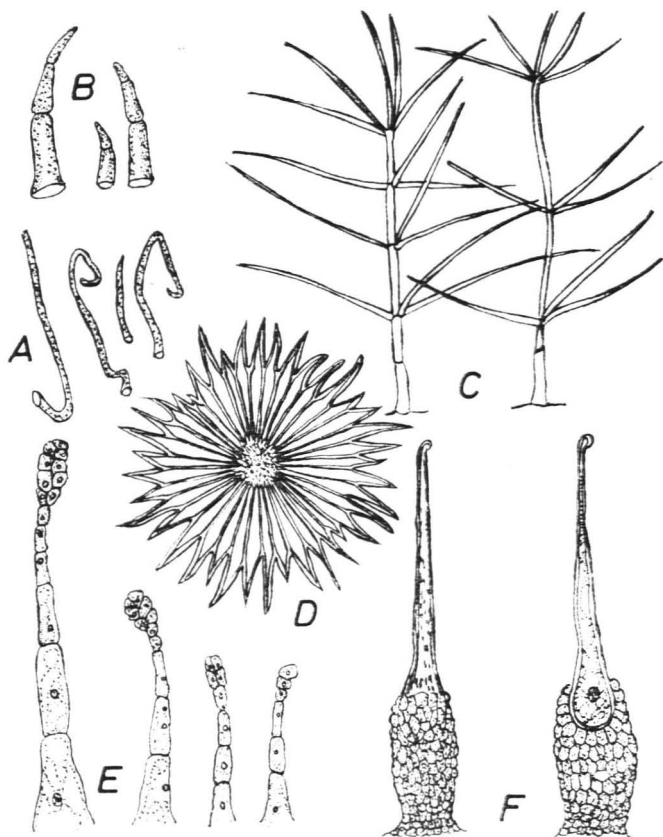
Preparāta pagatavošanai izmanto spirtā fiksētas kultūras ābeļu lapas. Ar skalpeli vai žileti no lapas apakšpuses nokasa nedaudz matiņu un ieliek tos ūdens pilienā uz priekšmetstikla. Lai matiņus atdalītu citu no cita, ar preparējamo adatu tos sajauc ūdens pilienā, pēc tam apsedz ar segstiklu un apskata mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā. Mikroskopa lielajā palielinājumā redzams, ka katrs matiņš sastāv no vienas garas, izliektas šūnas (50. att. A).

Šūna ir nedzīva, tajā nav ne citoplazmas, ne kodola, ne arī citu veidojumu. Šūnapvalks plāns, bezkrāsains.

Pēc preparāta izpētes mikroskopa lielajā palielinājumā uzzīmē dažus matiņus.

KARTUPEĻU (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) LAPU VIENKĀRSĪE DAUDZŠŪNU MATIŅI

Lai iepazītos ar vienkāršo daudzšūnu matiņu uzbūvi, izmanto spirtā fiksētas kartupeļu lapas. Preparātu pagatavo tāpat kā iepriekšējā darbā, ar skalpeli nokasot nedaudz matiņu. Matiņus



50. att. Epidermas izaugumi:

A — ābeles (*Malus domestica* Borkh.) vienšūnas matiņi; B — kartupeļu (*Solanum tuberosum* L.) vienkāršie daudzšūnu matiņi; C — deviņviruspēka (*Verbascum* sp.) zarainie daudzšūnu matiņi; D — sudraba eleagna (*Elaeagnus commutata* Bernh. ex Rydb.) lapu zvaigzņmatiņš; E — tabakas (*Nicotiana rustica* L.) stumbra dziedzermatiņi; F — lielās nātres (*Urtica dioica* L.) lapu dzelmatiņi.

ieliek ūdens pilienā uz priekšmetstikla, sajauc ar ūdeni un apsedz ar segstiklu. Objektu izpēta mikroskopa lielajā palielinājumā. Kartupeļu lapu matiņi ir īsāki par ābeļu lapu matiņiem. Katrs matiņš sastāv no 2...5 šūnām, kas izvietojušās vienā rindā (50. att. B). Dažas šūnas matiņos ir nedzīvas, un tajās nav protoplasta. Šūnapvalks plāns, bezkrāsains, no ārpuses klāts ar daudziem sīkiem pauguriņiem.

Pēc preparāta izpētes mikroskopa lielajā palielinājumā uzzīmē dažus kartupeļu lapas matiņus.

PARASTĀ DEVIŅVĪRUSPĒKA (*VERBASCUM THAPSUS* L.) LAPU
ZARAINIE DAUDZŠĒNU MATIŅI

Labākais objekts zaraino daudzšēnu matiņu izpētei ir parastais deviņvīruspēks, bet var izmantot arī citu sugu lapas. Preparāta pagatavošanai izmanto spirtā fiksētas lapas. Ar skalpeli vai žileti no lapas virsmas nokasa nedaudz matiņu, ieliek tos ūdens pilienā uz priekšmetstikla, ar preparējamo adatu sajauc, apsedz ar segstiklu un apskata mikroskopā. Deviņvīruspēka lapu matiņš sastāv it kā no «stumbra», ko veido 2...5 šūnas, un vairāku stāvu sēnatarojumiem (50. att. C). «Stumbra» šūnu lielums pakāpeniski samazinās virzienā no matiņa pamatnes uz galotni. Visgarākā ir apakšējā šūna, bet visisākā — augšējā šūna. Katrai «stumbra» šūnai ir vairāki (parasti 3) sēnu zari, kuri sastāv tikai no vienas šūnas. «Stumbra» galotnes šūnai ir daudz vairāk atzarojumu, pat līdz 10. Sēnu zari ir gari, tievi, to pamatne piestiprināšanās vietā nav trīsstūraina. Visas daudzšēnu matiņa šūnas ir nedzīvas, tajās nav protoplastu. To dobums pildīts ar gaisu, tādēļ šie matiņi, kas blīvi klāj deviņvīruspēka abas lapu puses, ir balti vai sudrabaini pelēki.

Pēc preparāta izpētes mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē dažus matiņus.

SUDRABA ELEAGNA (*ELAEAGNUS COMMUTATA* BERNH. EX RYDB.)
LAPU ZVAIGZŅMATIŅI

Atšķirībā no citiem matiņiem zvaigzņmatiņiem jeb zvīņmatiņiem ir īss kātiņš, kas novietots perpendikulāri orgāna virsmai, bet pārējā daļa — zvīņa atrodas paralēli orgāna virsmai. Ja zvīņu ir daudz, tās izvietojas cieši cita pie citas, pat pārklāj cita citu, izveidojot it kā veselu aizsargkārtiņu, kas ar kātiņiem piestiprināta pie epidermas («piekarināmie griesti»). Sudraba eleagna lapas šķiet sudrabainas, un šo sudrabainumu tām piedod zvaigzņmatiņi, kas cieši klāj lapu virsmu. Gaismas stari, kas krīt uz nedzīvajiem, bezkrāsainajiem zvaigzņmatiņiem, tiek atstaroti un rada sudrabainuma efektu. Zvaigzņmatiņš sastāv no daudziem starveidīgiem atzarojumiem, kas novietoti centra—perifērijas virzienā (50. att D). Katrs zvaigzņmatiņa stars ir viena šūna. Jauniem zvaigzņmatiņiem šo šūnu nav daudz, tās saaugušas kopā tikai pie paša centra. Jo vecāks zvaigzņmatiņš, jo vairāk tajā ir staru, un tie saauguši garandrīz visā garumā, brīvi ir tikai paši galiņi. Tas izskaidrojams ar to, ka zvīņas attīstības procesā šūnas dalās radiālā virzienā, to skaits vienā zvaigzņmatiņā pieaug un tā ārējais apveids tuvojas aplim.

Preparātu pagatavo no spirtā fiksētām sudraba eleagna (vai arī smiltsērķšļa) lapām. Zvaigžņmatiņus ar skalpeli nokasa no lapas apakšpuses, ieliek ūdens pilienā uz priekšmetstikla un apsedz ar segstiklu. Preparātu izpēta mikroskopa mazajā, bet pēc tam lielajā palielinājumā.

Pēc preparāta izpētes mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē vienu jaunu un vienu vecu zvaigžņmatiņu. Sīkākai zvaigžņmatiņa izpētei pagatavo arī zvaigžņmatiņa šķērsriezumu, ko apskata mikroskopā un uzzīmē.

TABAKAS (*NICOTIANA TABACUM* L.) STUMBRA DZIEDZERMATIŅI

Tabaka ir viens no piemērotākajiem augu valsts objektiem epidermas izaugumu — dziedzermatiņu izpētei.

Preparāta pagatavošanai izmanto gabaliņu tabakas stumbra, kas fiksēts spirtā. Ar skalpeli, nazi vai žileti nokasa matiņus, ieliek ūdens pilienā uz priekšmetstikla, ar preparējamo adatu sajauc tos ar ūdeni, apsedz ar segstiklu un apskata mikroskopā. Preparātu sākumā apskata mikroskopa mazajā palielinājumā un atrod divējāda veida dziedzermatiņus (50. att. E). Vieni matiņi sastāv no 3...5 šūnām. Tie ir samērā īsi un nobeidzas ar smailu galiņu. Otra veida matiņi ir gari un, tāpat kā pirmie, sastāv no dzīvām šūnām. Šo matiņu galā ir galviņa, ko veido sīkas izdalītājšūnas (dziedzēršūnas). Dziedzermatiņu galviņa ir dzeltenīga vai gaiši brūna.

Pēc preparāta izpētes mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē redzētos dziedzermatiņu veidus un atzīmē dzīvās šūnas, citoplazmu, kodolu, dziedzermatiņa galviņu un sīkās dziedzēršūnas.

LIELĀS NĀTRES (*URTICA DIOICA* L.) LAPU DZEĻMATIŅI

Īpaši epidermas izaugumi ir nātru dzeļmatiņi, kuriem sakarā ar izpildāmo funkciju ir arī īpaša anatomiskā uzbūve.

Lai iepazītos ar nātres dzeļmatiņiem, vispirms pagatavo vajadzīgo preparātu. Fiksētas nātres lapas apakšpusē ar asu nazi, skalpeli vai žileti no dzīslu virsmas nogriež ļoti plānu epidermas gabaliņu ar izaugumiem. Nogriezto epidermas gabaliņu uzliek uz priekšmetstikla ūdens pilienā, apsedz ar segstiklu un apskata mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā.

Lielās nātres lapas un stumbrs ir klāts ar trejādiem epidermas izaugumiem — vienkāršiem viensūnas matiņiem, dziedzermatiņiem

un dzeļmatiņiem. Ja aplūko nātres stumbru un lapu, it īpaši lapas apakšpusi, daudzu sīku matiņu vidū labi saskatāmi dzeļmatiņi. Dzeļmatiņiem ir zaļš daudzšūnu pamats, kura augšdaļas vidū atrodas liela šūna ar pūšļveida paplašinājumu apakšā (50. att. F). Tā labi saskatāma mikroskopā, griežot mikrometra skrūvi un iegūstot dzeļmatiņa optisko griezumumu. Šo dzeļmatiņa šūnu dažkārt sauc arī par *dzeļšūnu*. Dzeļšūna ir dzīva. Galvenā citoplazmas daļa sakoncentrēta šūnas paplašinājumā, kur atrodas arī kodols. Šūnas izstieptajā daļā citoplazma izvietojusies plānā slāni gar šūnapvalku. Atsevišķās vietās no vienas šūnas malas uz pretējo malu stiepjas tievi citoplazmas pavedieni. Ja preparāts pagatavots no svaiga materiāla, tad šajos pavedienos var novērot arī citoplazmas pārvietošanos.

Dzeļmatiņš virzienā no apakšas uz augšu kļūst arvien šaurāks, smailāks un nobeidzas ar nelielu saliektu, lodveidīgu galviņu, kas liekuma vietā ir ļoti trausla. Dzeļmatiņa virsma no ārpuses nav gluda, bet gan spirāliski grumbuļaina. Šie izaugumi ir šūnapvalka ārpuse. Viss šūnas dobums pildīts ar kodīgu šūnsulu. Tā kā dzeļmatiņa šūnapvalkā ir daudz silīcija dioksīda, šūnapvalks ir trausls. Pieskaroties dzeļmatiņam, tā galviņa nolūst, matiņš ieduras un kodīgais šķidrums turgora spiediena ietekmē iešļācas brūcē, radot dedzinošas sāpes.

Preparātā redzami arī īsie vienšūnas matiņi. Tiem ir ļoti biezs šūnapvalks, tādēļ matiņus grūti izgaismot.

Pēc preparāta apskates mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē dzeļmatiņu un vienkāršos vienšūnas matiņus.

PERIDERMA UN LENTICELES

Vairumam daudzgadīgo augu primārie segaudi — epiderma saglabājas neilgu laiku. Parasti jau pirmā veģetācijas perioda beigās tā atmirst, nlobās un to aizstāj izturīgie sekundārie segaudi — *periderma*. Periderma kā segaudi raksturīga kokaugiem. Tā klāj stumbru, zarus un saknes. Viendīgļlapjiem peridermas parasti nav. Arī mūžzaļajiem augiem uz lapām neveidojas periderma, bet visu to dzīves laiku saglabājas primārie segaudi — epiderma. Tipiska periderma sastāv no trim kārtām: 1) korķa kārtas — *fellēmas*; 2) korķa kambija — *fellogēna* un 3) korķa mizas — *fellodermas*.

No visiem trim minētajiem slāņiem vislabāk attīstīts ir korķa slānis — *fellēma*, kas parasti sastāv no daudzām nedzīvu šūnu kārtām. Korķis ir būtisks peridermas komponents un funkcionē kā segaudi. Sevišķi liela nozīme korķim ir uz auga virszemes

orgāniem. Tas pasargā koku stumbrus un zarus no pārmēriģa ūdens zuduma, no krasām temperatūras svārstībām, no inficēšanās ar parazitiskajām baktērijām un sēnēm, kā arī no apgraušanas.

Felloģēns ir sekundārie veidotājadi, kas atrodas peridermas vidū. Uz ārpusi tas veido fellēmu, bet uz iekšpusi fellodermu. Felloģēns jeb korķa kambiji var veidoties no epidermas (irbenēm, vītoliem, ķiršiem, oleandriem, ābelēm, bumbierēm, pilādžiem), no primārās mizas ārējās kārtas (bērziem, kļavām, ievām, ozoliem) un arī no primārās mizas dziļākiem šūnu slāņiem (upenēm, jānogām, ērkšķogām, bārbelēm). Felloģēna — sekundārās meristēmas šūnas veidojas no epidermas vai primārās mizas šūnām, tām tangenciāli daloties. Galvenais felloģēna darbības produkts ir fellēma — korķis. Korķa šūnas izvietotas radiālās rindās. Korķa šūnu dzīvais saturs drīz atmirst, un to dobumu piepilda gais. Korķa šūnapvalkā uzkrājas suberīns, kas padara to gaisa un ūdens necaurīaidīgu. Felloģēns uz iekšpusi veido korķa parenhīmu — fellodermu.

Felloderma sastāv no dzīvām parenhimatiskām šūnām, kuru citoplazmā parasti atrodas arī hloroplasti. Fellodermas šūnas pēc uzbūves ir līdzīgas primārās mizas šūnām, tikai tām ir radiāls sakārtojums.

Periderma ir ūdens un gāzu necaurīaidīga. Gāzu maiņa caur peridermu notiek pa īpašiem veidojumiem — lenticelēm. Lenticēles peridermā izpilda to pašu funkciju, ko atvārsnītes epidermā. Lenticēles ir daudzgadīgo augu īpaša gāzu maiņas sistēma. Tās sastopamas augiem, kurus no ārpuses klāj periderma. Atmirstot epidermai un veidojoties peridermai, atvārsnīšu vietā stājas lenticēles. Uz stumbra vai zaru virsmas parādās brūngans vai pelēks plankumiņš. Tā centrālajā daļā epiderma bieži pārplīst, bet pēc tam veidojas knābveidīgs padziļinājums, ko apņem valnītis. Ar laiku lenticēles apjoms palielinās, tā maina savu formu un kļūst raksturīga katrai augu sugai. Lenticēles veidošanās procesā zem atvārsnītes sāk dalīties parenhimatiskās šūnas. Šīs šūnas vēlāk diferencējas par *aizpildītājšūnām*. Tās ir noapaļotas, ar plānu šūnapvalku, bez hloroplastiem. Starp aizpildītājšūnām ir lielas starpšūnu telpas. Aizpildītājšūnas paceļ epidermu uz augšu un pārrauj to. Pēc tam mazliet dziļāk primārajā mizā, primārās mizas parenhimatiskajām šūnām daloties tangenciālā virzienā, veidojas lenticēles kambiji jeb lenticēles felloģēns. Vēlāk lenticēles felloģēns savienojas ar peridermas felloģēnu. Šūnas, ko veido lenticēles kambiji, noapaļojas, to šūnapvalks pārkorķojas, starp tām izveidojas lielas starpšūnu telpas un galarezultātā rodas *aizpildītājadi*.

Katra veģetācijas perioda beigās veidojas *noslēdzošā šūnu kārtā*. Noslēdzošās kārtas šūnas ir daudzstūrainas, ar pārkorķotu šūnapvalku, blīvi sakārtotas. Pavasarī, sākoties jaunam veģetācijas periodam, lenticeles kambijs izveido jaunas aizpildītājšūnu grupas, kas pārrauj noslēdzošo šūnu kārtu, un lenticeles atsāk savu darbību, kuru izbeidz veģetācijas perioda beigās. Šāds process cikliski atkārtojas katru veģetācijas periodu.

SARKANĀ PLŪŠKOĀ (*SAMBUCUS RACEMOSA* L.) STUMBRA PERIDERMA UN LENTICELES

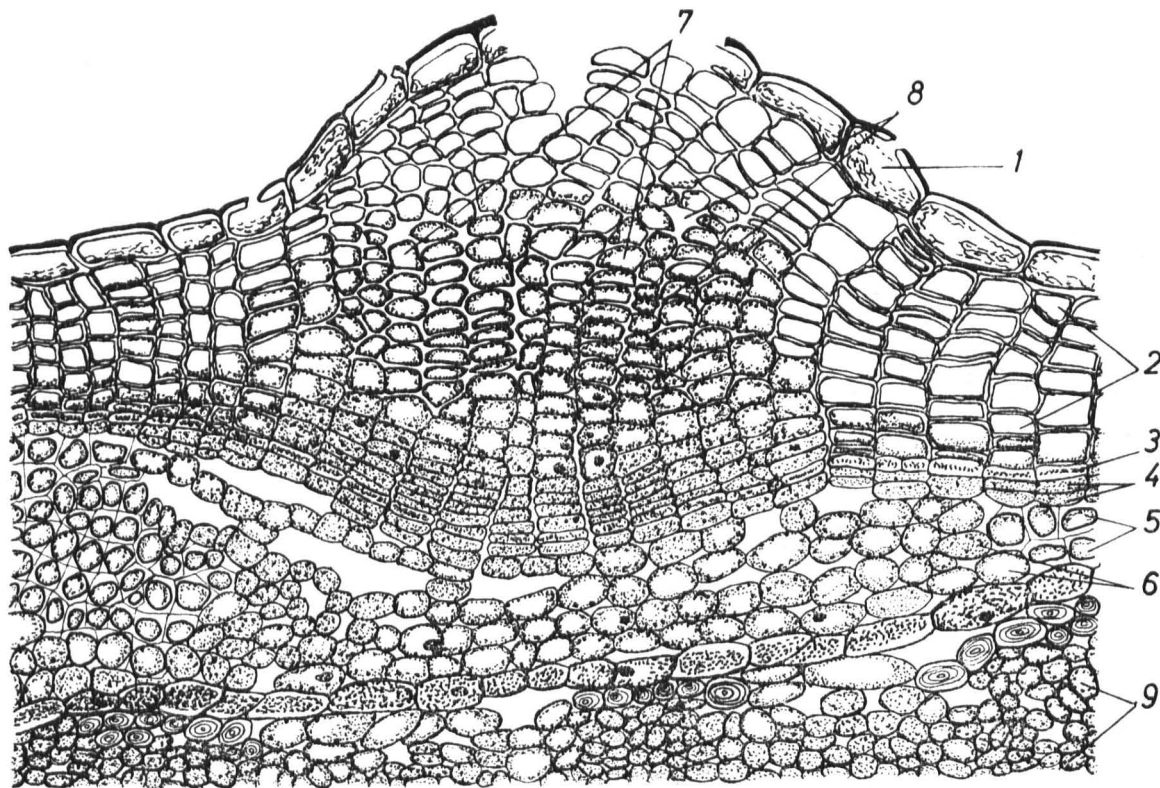
Lai iepazītos ar plūškoka peridermas un lenticeles uzbūvi, izmanto divgadīgus plūškoka dzinumus vai zarus, kas fiksēti spirtā. No fiksētā materiāla pagatavo plānu šķērsriezumu caur vidēji lielas lenticeles centru, ieliek to ūdens pilienā uz priekšmetstikla, apsedz ar segstiklu un apskata mikroskopā.

Plūškoka periderma diferencējas no *subepidermālā šūnu slāņa*, kurā šūnas sāka dalīties tangenciālā virzienā.

Apskatot pagatavoto preparātu, redzams, ka plūškoka stumbru no ārpuses klāj daļēji sairusas epidermas šūnas. Aiz šīm šūnām seko peridermas ārējais slānis — korķis jeb fellēma (51. att.). Korķa šūnas izvietotas radiālās regulārās rindās. Tām ir biezs, pārkorķojies šūnapvalks. Korķa šūnās nav protoplasta. Zem korķa šūnām atrodas fellogēna jeb korķa kambija slānis, ko veido šauras šūnas ar plānu šūnapvalku un bagātīgu citoplazmas saturu. Arī fellogēna šūnas sakārtotas radiālās rindās. Aiz fellogēna seko felloderma. Preparātā labi redzams, ka fellodermas šūnas ir līdzīgas fellogēna šūnām, taču tās vairs nespēj dalīties. Arī fellodermas šūnas sakārtotas radiālās rindās. Plūškoka stumbrā parasti veidojas 1 vai 2 fellodermas šūnu kārtas, bet aiz tām seko lielas primārās mizas šūnas. Tātad visā peridermā šūnas sakārtotas radiālās rindās, jo fellogēna šūnas dalās tikai tangenciālā virzienā.

Galvenais slānis peridermā, kas veic attiecīgā auga orgāna aizsargfunkciju, ir korķis — fellēma. Korķa šūnapvalks satur suberīnu — taukiem līdzīgu vielu, kas nelaiž cauri ūdeni, gaisu un citas gāzes. Griezumos, kas apstrādāti ar sudana III vai sudana IV šķīdumu spirtā, pēc dažām minūtēm pārkorķotais šūnapvalks krāsojas rozainā krāsā. Krāsotos griezumus apskata glicerīnā.

Pēc tam kad korķa šūnapvalks pārkorķojas, šūnas tiek izolētas cita no citas un protoplasts iet bojā. Šūnas dobumu aizpilda



51. att. Sarkanā plūškoka (*Sambucus racemosa* L.) peridermas un lenceles uzbūve:

1 — epiderma; 2 — korķis; 3 — korķa kambijs; 4 — korķa miza; 5 — kolenhīma; 6 — primārās mizas parenhīma;
7 — aizpildītājaudi; 8 — starpšūnu telpas; 9 — sekundārā miza.

gaiss. Ar laiku fellēmas ārējo kārtu šūnas, kas zaudējušas turgoru, deformējas, to radiālo sienīņu apvalks izlokās un šūna kļūst neregulāra.

Augu orgānos, kas klāti ar peridermu, gāzu maiņa ar apkārtējo vidi notiek caur lenticelēm, kas nomaina atvārsnītes. Uz plūškoka stumbra virsmas lenticeles izskatās kā nelielas, iegarenas, mazliet uzpūstas šuves. Šķersgriezumā un gargriezumā plūškoka lenticeles atgādina divkārši izliektas lēcas sānu projekciju. Preparātā redzams, ka tajā vietā, kur atrodas lenticele, periderma ir labāk attīstīta. Zem lenticeles fellogēns sastāv no vairākām šūnu kārtām. Epiderma virs lenticeles pārrauta un līdz ar to aizpildītājaudu šūnas, kas ir noapaļotas, ar lielām starpšūnu telpām, atrodas tiešā saskarē ar apkārtējo atmosfēru. Lenticeles šķersgriezumā gatavošanas laikā malējās šūnas tiek atrautas un tāpēc lenticeles mala nav gluda, bet sarauta. Arī dziļākajos lenticeles slāņos aizpildītājaudi ir irdeni, starp šūnām atrodas lielas starpšūnu telpas, tāpēc šis korķa šūnas atšķirībā no peridermas korķa šūnām nav radiālās rindās. Lenticeles dziļākajos slāņos redzams, ka korķa šūnas atkal pamazām kārtojas rindās, un pie lenticeles kambija tās jau atrodas pilnīgi regulārās radiālās rindās.

Ja plūškoka dzinumi ievākti rudenī vai ziemā, tad virs lenticeles kambija labi saskatāms lenticeles noslēdzošais šūnu slānis, bet, ja materiāls vākts pavasarī, kad jau sācies veģetācijas periods, tad noslēdzošais slānis ir sarauts un visa lenticele pildīta ar irdeniem audiem.

Preparātu apskata mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā, izpēta plūškoka peridermas un lenticeles anatomisko uzbūvi; uz zīmē daļu peridermas un lenticeli, dodot attiecīgus pierakstus.

Lai iepazītos ar peridermas un lenticeles uzbūvi, var izmantot jebkuru kokaugu. Vairumam kokaugu fellogēns veidojas no primārās mizas subepidermālā slāņa, bet kārkliem, ābelēm un irbenēm tas veidojas no epidermas.

Īpatnēja uzbūve ir bērza peridermas korķa slānim, ko sauc par *bērza tāsi*. Tā sastāv no daudzām korķa šūnu kārtām, pie tam vienu kārtu veido šūnas ar plānu šūnapvalku, bet nākamo kārtu — ar biezu šūnapvalku, tad atkal seko šūnu kārtā ar plānu šūnapvalku un kārtā ar biezu šūnapvalku utt. Visas fellēmas šūnas pildītas ar taukiem līdzīgu vielu — *betulinu*, kas piedod bērza tāsīm baltu krāsu. Lai labāk varētu izpētīt bērza tāsi, pirms preparāta pagatavošanas to vēlams kādu laiku turēt spirtā, lai izšķīstu betulīns. Plānus griezumus var apskatīt kā ūdenī, tā arī glicerīnā.

KREVE

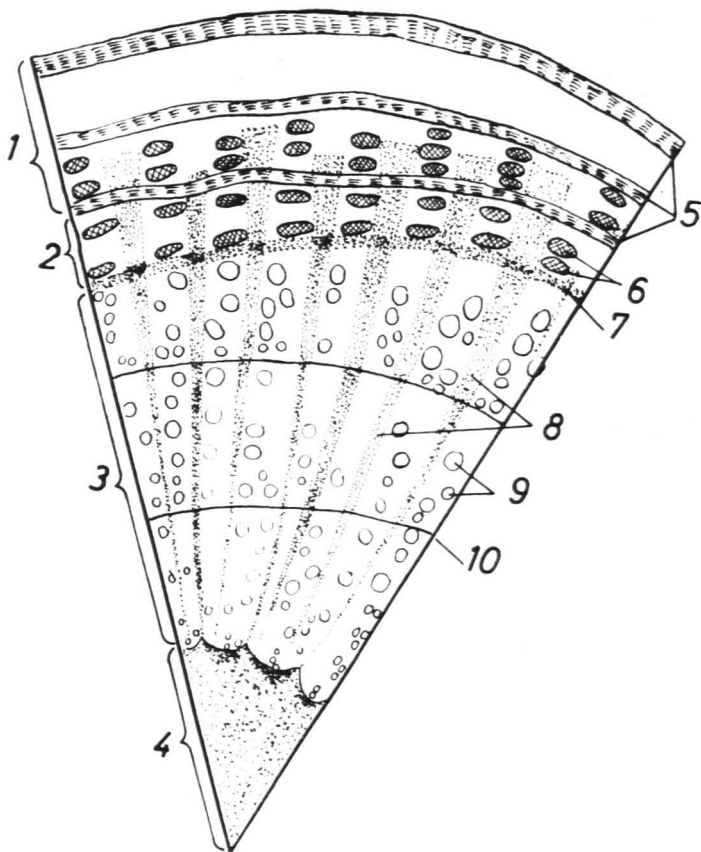
Vairumam koku un krūmu sekundārie segaudi — periderma funkcionē tikai noteiktu laiku, pēc tam to nomaina terciārie segaudi — *kreve*. Priedēm šī segaudu nomaina notiek pēc 7...9 gadiem, liepai pēc 9...11 gadiem, ozoliem pēc 24...25 gadiem, bet balteglei pēc 49 gadiem. Segaudu nomainītu var konstatēt pēc stumbra vai saknes virsmas — tā kļūst izvagota vai arī sāk nobīties zvīņas. Savu meristematisko darbību pārtrauc fellogēns, kas veido peridermu.

Dziļākajos primārās mizas slāņos, bet pēc tam arī sekundārās mizas slāņos veidojas jauni fellogēna slāņi un rodas iekšējās peridermas kārtas. Audi, kas atrodas starp iekšējo un ārējo peridermas kārtu, tiek izolēti no dziļākajiem slāņiem. Tā kā attiecīgais orgāns — stumbrs vai sakne turpina augt resnumā, bet korķis un atmirušais fellogēns nespēj sekot stumbra pāresnīnājumam, tas izstiepjas un pārplīst. Tādējādi uz stumbra virsmas rastos ievainojumi, taču tas nenotiek, jo vēl pirms korķa un korķa kambija pārplīšanas primārajā mizā, bet vēlāk arī sekundārās mizas slāņos veidojas jauni fellogēna slāņi, rodas jaunas peridermas kārtas, kas līdz vecās peridermas pārsprāgšanai aizsedz ievainojuma vietu. Audi, kas atrodas starp iekšējo un ārējo peridermas kārtu, tiek izolēti no dziļākajiem primārās un sekundārās mizas slāņiem, tiem nepieklūst barības vielas, tiek traucēta gāzu maiņa, jaunizveidojušās iekšējo peridermas kārtu šūnas deformē šos audus, un tie atmirst. Visu atmirušo audu kompleksu, kas izveidojas stumbra virspusē, sauc par *krevi*. Stumbram un saknēm augot resnumā, katru gadu kreve no iekšpuses pieaug, bet no ārpusē pakāpeniski atdalās un nokrīt. Tādējādi daudzgadīgo kokaugu stumbros var izdalīt mizas iekšējo darbīgo zonu, ko veido sekundārā lūksne (sk. 217. lpp.), un krevi, kas sastāv no atmirušās lūksnes un vairākām peridermas kārtām.

Kreves veidošanās procesā jaunais fellogēns augiem rodas lokveidā vai koncentrisku gredzenu veidā. Ja fellogēns un korķis, kas no tā veidojas, neaptver stumbru gredzenveidīgi, bet lokveidā ar pārtraukumiem, veidojas *plēkšņu kreve*, kas raksturīga vairumam koku. Ja jaunie fellogēna slāņi veidojas gredzenveidīgi, tad izveidojas *gludā kreve*, piemēram, dižskābaržiem, baltalkšņiem.

PIECLAPU MEZVĪNA (*PARTENOCISSUS QUINQUEFOLIA* (L.) PLANCH.) STUMBRA GLUDĀ KREVE

No spirtā fiksētiem mežvīna stumbra (veca) gabaliņiem pagatavo plānus šķērsgriezumus, ieliek tos ūdens pilienā uz priekšmetstikla, apsedz ar segstiklu un apskata mikroskopā. Mikro-



52. att. Mežvīna (*Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch.) stumbra uzbūves shēma:

1 — gludā kreve; 2 — funkcionējošā lūksne; 3 — koksne; 4 — serde; 5 — peridermas kārtas; 6 — lūksnes šķiedras; 7 — kambiālā zona; 8 — serdes stari; 9 — trahejas; 10 — gadakārtu robeža.

skopa mazajā palielinājumā labi redzams, ka mežvīna stumbra krevi veido vairākas gredzenveida peridermas kārtas, kas to sadala vairākos slāņos. Ārpusē esošā peridermas kārtas ir tumši brūna, bet pārējās kārtas, kas atrodas iekšienē, — gaišākas. Peridermas kārtas labi var atšķirt pēc raksturīgā šūnu novietojuma radiālās rindās. Tā kā mežvīna stumbra krevē peridermas kārtas izvietotas koncentrisku aplū veidā, veidojas gludā kreve. Peridermas

kārtas citu no citas atdala atmirušās parenhīmas šūnas, kuru vidū redzamas arī sklerenhimatisku šūnu grupas — lūksnes šķiedras (sk. 218. lpp.). Aiz pēdējās peridermas kārtas uz stumbra iekšpusi atrodas sekundārā miza, kurā mikstā lūksne mijas ar cieto lūksni (sk. 218. lpp.) un kurā labi saskatāmi arī primāro serdes staru paplašinājumi. Tālāk atrodas kambijs, koksne un stumbra centrālajā daļā — serde (52. att.).

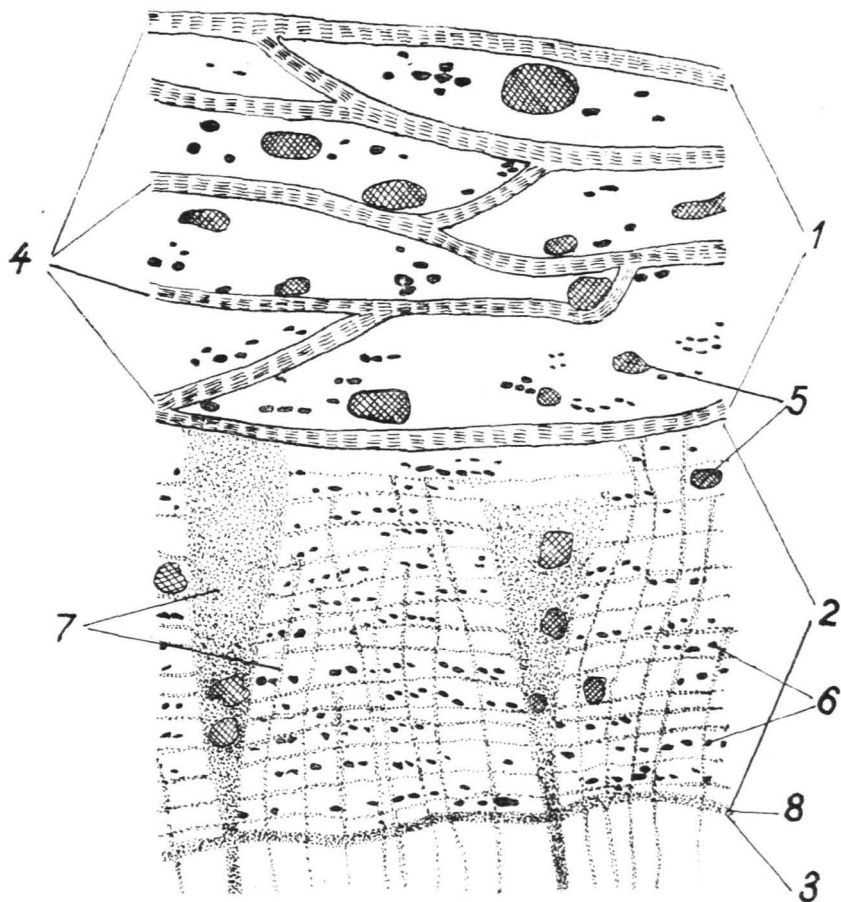
Pēc gludās krees anatomiskās uzbūves izpētes mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē mežvīna stumbra uzbūves shēmu, atzīmē krevi un audu grupas, kas to veido, lūksni, kambiju, koksni un serdi.

OZOLA (*QUERCUS ROBUR* L.) STUMBRA PLEKŠŅU KREVE

Lai iepazītos ar plēkšņu krees uzbūvi, praktiskajos darbos var izmantot priedes, egles, lapegles un ozola krevi. Atšķirībā no gludās krees peridermas kārtas mizā izvietojušās nevis koncentrisku gredzenu veidā, bet gan lokveidā, pie tam šie loki ir savstarpēji savienoti.

No veca ozola zara, galvenokārt pa krees daļu, pagatavo šķērs griezumam, ko ieliek ūdens pilienā uz priekšmetstikla, apsēd ar segstiklu un apskata mikroskopā. Tā kā kreve ir bieza, tad, lai gūtu priekšstatu par tās anatomisko uzbūvi, preparātu apskata mikroskopa mazajā palielinājumā. Ozola mizā no perifērijas līdz kambijam var saskatīt 2 joslas: sākumā redzama tumši brūnas krāsas kreve, bet tālāk aiz pēdējās peridermas kārtas līdz kambijam atrodas gaišāki audi — funkcionējošā lūksne (53. att.). Krevē saskatāmas vairākas savstarpēji savienotas peridermas kārtas. Starp šīm kārtām labi redzamas akmensšūnu grupas (sk. 143. lpp.), cietās lūksnes šūnu grupas (sk. 218. lpp.), kā arī atmirušās un atmirstošās saspīestās mizas parenhīmas šūnas (sk. 217. lpp.). Saspīestajās parenhīmas šūnās labi saskatāmas drūzas.

Kokam kļūstot vecākam un pieaugot resnumā, biežāka kļūst arī kreve. Vēlāk, kokam turpinot augt, krevē izveidojas dziļas plaisas. Krees ārējās kārtas pamazām sāk noliekties plēkšņu veidā. Visas šūnas, kas veido krevi, ir vai nu atmirušas, vai arī sāk atmirt, jo visdziļākās peridermas kārtas korķa šūnas pilnīgi atšķir un izolē no funkcionējošās lūksnes visus audus, kas atrodas uz ārpusi no šīs peridermas. Funkcionējošās lūksnes daļā labi saskatāmi primāro serdes staru paplašinājumi, sekundārie serdes stari, atsevišķas akmensšūnu grupas, kā arī cietās lūksnes jeb lūksnes šķiedru grupas, kas mijas ar miksto lūksni. Aiz lūksnes stumbra centra virzienā atrodas kambija slānis, bet aiz tā sākas



53. att. Ozola (*Quercus robur* L.) stumbra plēkšņu kreves uzbūves shēma:
 1 — plēkšņu kreve; 2 — funkcionējošā lūksne; 3 — koksne; 4 — peridermas kārtas;
 5 — akmensšūnu grupas; 6 — lūksnes šķiedras; 7 — serdes stari; 8 — kambiālā zona.

stumbra centrālais cilindrs ar sekundāro koksni, kurā labi redzamas gadakārtas. Tālāk seko primārās koksnes gredzens, un pašā centrā atrodas serde.

Pēc preparāta izpētes mikroskopa mazajā palielinājumā uzzīmē kreves anatomiskās uzbūves shēmu. Zīmējumā atzīmē krevi un tās sastāvdaļas — peridermas kārtas, akmensšūnu grupas, lūksnes šķiedras, atmirušās parenhīmas šūnas, kā arī serdes starus, serdes staru paplašinājumus un kambiālo zonu.

tiskas, bet nav tik garas kā lūksnes šķiedras. Koksnes šķiedru šūnapvalks ir biezs, vienmēr pārkoksnējies. Šūnapvalka biežums ir dažāds atkarībā no auga sugas, piemēram, ozolam koksnes šķiedru šūnapvalks ir ļoti biezs, bet kļavām — daudz plānāks.

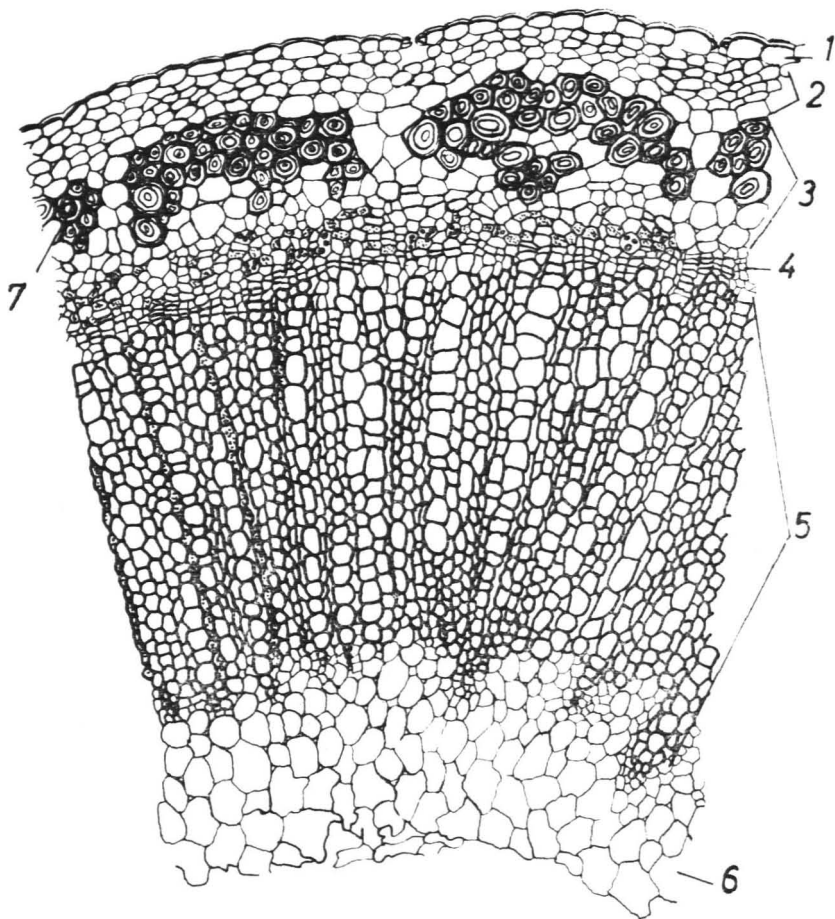
Koksnes šķiedru šūnas parasti ir nedzīvas, atmirušas. To šūnapvalkā atrodas nedaudz vienkāršo poru.

SKLERENHĪMA SEJAS LINU (*LINUM USITATISSIMUM* L.) STUMBRĀ

Lai iepazītos ar sklerenhīmu — lūksnes šķiedrām sējas linu stumbrā, pagatavo šķērsriezumu preparātu no spirtā fiksēta materiāla. Linu stumbra gabaliņu ņem kreisajā rokā un ar bārdas nazi pagatavo vairākus griezumus. Linu stumbrs jāgriež uzmanīgi, jo lūksnes šķiedras atrodas lūksnes daļā, kas viegli pa kambija gredzenu atdalās no koksnes. Lai labāk varētu saskatīt mehānisko audu elementus, griezumus krāso ar floroglucīnu. Uz priekšmetstikla centrā uzliek vairākus linu stumbra šķērsgriezumus, uzpilda tiem dažus pilienus floroglucīna, bet apmēram pēc piecām sekundēm — kūpošu sālsskābi. Floroglucīns stipri skābā vidē pārkoksnētos audus nokrāso intensīvā aveņsarkanā krāsā. Kad griezumi labi nokrāsojušies, ar filtrpapīra strēmelēm no priekšmetstikla notīra floroglucīnu un sālsskābi, uzpilda griezumiem glicerīnu, apsedz ar segstiklu un veic preparāta izpēti mikroskopā.

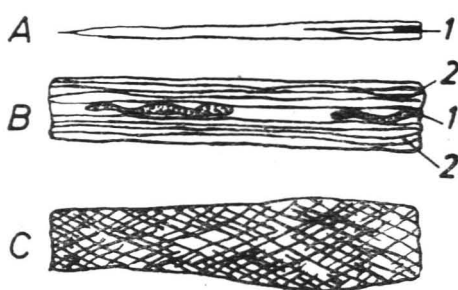
Mikroskopa mazajā palielinājumā labi redzams, ka linu stumbrs sastāv no epidermas, primārās mizas, sekundārās mizas, kambija, sekundārās koksnes un serdes (54. att.). Epidermas šūnas ir lielas, ar samērā biezu šūnapvalku. Tālāk seko primārā miza, bet aiz tās sekundārā miza, kurā ietilpst kā lūksne, tā arī lūksnes šķiedras. Preparātā lūksnes šķiedrām ir spožs šūnapvalks, kas sastāv no celulozes. Aiz sekundārās mizas seko radiālās rindās sakārtotas kambija šūnas, bet aiz kambija — sekundārā koksne ar serdes stariem. Sekundārās koksnes pārkoksnējušies elementi krāsoti intensīvā aveņsarkanā krāsā.

Lūksnes šķiedras sekundārajā mizā izvietotas grupās. Šūnas sakārtotas cieši cita pie citas, tādēļ neveidojas starpšūnu telpas. Šūnapvalks lūksnes šķiedru šūnām ir ļoti biezs un sastāv no daudziem koncentriskiem slāņiem, pie tam jaunākais slānis atrodas iekšpusē un robežojas ar šūnas dobumu. Veidojoties lūksnes šķiedrām, vispirms rodas primārais šūnapvalks, bet pēc tam šūnas protoplasts veido sekundāro šūnapvalku. Šūnapvalkam pabežinoties, protoplasts tiek atspiests arvien vairāk šūnas dobuma iekšienē. Pēc tam kad izveidojies sekundārā šūnapvalka pēdējais



54. att. Sklerenhīma sējas līnu (*Linum usitatissimum* L.) stumbrā:
 1 — epiderma; 2 — primārā miza; 3 — sekundārā miza; 4 — kambijs; 5 — sekundārā
 koksne; 6 — serde; 7 — lūksnes šķiedras (sklerenhīma).

slānis, protoplasts parasti atmirst un sairst. Lūksnes šķiedras iekšienē var saskatīt tikai nedzīvās protoplasta paliekas. Sekundārais uzbiezējums līnu lūksnes šķiedrām sastāda apmēram 90% no visas šūnas šķēsgriezuma laukuma. Lūksnes šķiedru šūnapvalkā poru ir maz, parasti tās ir vienkāršās poras vai arī vāji izteiktas dobumporas. Pēc krāsojuma var spriest, ka dažām lūksnes šķiedrām šūnapvalks ir daļēji pārkoksņējies. Līniem lūksnes šķiedru šūnapvalks satur 75...90% celulozes un tikai



55. att. Sējas linu (*Linum usitatissimum* L.) lūksnes šķiedras gargriezums:

A — lūksnes šķiedras gals; B — lūksnes šķiedra optiskajā griezumā; C — lūksnes šķiedras virsma; 1 — lūksnes šķiedras dobums; 2 — lūksnes šķiedras šūnapvalks.

pārkoksņējiem šūnapvalks saglabā elastību un citas attiecīgi vērtīgās mehāniskās un ķīmiskās īpašības.

Lūksnes šķiedras līnēm ir ļoti garas. Dažām šķirnēm tās sasniedz pat 60 mm, t. i., simtām reižu pārsniedz to šķēsgriezumu (12...37 μm). Lai iepazītos ar lūksnes šķiedras uzbūvi gargriskā virzienā, 3...6 cm garam fiksētam linu stumbra gabaliņam noņem mizu, kas satur elastīgas nepārkoksņējušās lūksnes šķiedras. Pēc tam šo mizas gabaliņu uzliek uz priekšmetstikla ar epidermu uz augšu, ar skalpeli vai preparējamām adatām notīra audus, kas aptver lūksnes šķiedras, kamēr paliek lūksnes šķiedru kūlītis. Tad atpreparēto lūksnes šķiedru kūlīti apsedz ar segstiklu un sāk izpētīt mikroskopā. Pārbīdot preparātu mikroskopa redzeslaukā, var redzēt, ka lūksnes šķiedras uz galiem kļūst arvien tievākas un nobeidzas ar asu smaili (55. att.).

Tā kā lūksnes šķiedrai ir noteikts biežums, tad mikroskopa lielajā palielinājumā, grozot mikrometra skrūvi, to var redzēt kā no virsmas, tā arī optiskajā griezumā. Ja lūksnes šķiedru aplūko optiskajā griezumā, redzams, ka šūnas dobumā vietām palikušas šūnas dzīvā satura paliekas sīkgraudainu sabiezējumu veidā. Šūnapvalkā var saskatīt atsevišķus slāņus, kas ir paralēli tā virsmai.

Apskatot lūksnes šķiedras no virsmas, redzams, ka tās ir it kā sasvītrotas, pie tam svītras atrodas noteiktā leņķī, kas raksturīgs katrai sugai. Dažādā šūnapvalka dziļumā svītrojuma ir dažādi virzieni, jo katrs šūnapvalka slānis sastāv no paralēlām, spirāliskām tievām šķiedrām — *fibrillām*. Tās palielina lūksnes šķiedras izturību.

Pagatavo linu stumbra šķēsgriezuma un gargriezuma preparātus. Mikroskopa mazajā palielinājumā izpēta sējas linu stumbra uzbūvi, bet lielajā palielinājumā izpēta un uzzīmē lūksnes šķiedru grupu šķēsgriezumā. Pēc gargriezuma preparāta izpētes mikroskopa lielajā palielinājumā uzzīmē lūksnes šķiedru no virsmas un optiskajā griezumā, atzīmējot šūnapvalka slāņainību, šūnas dobumu ar dzīvā satura paliekām, kā arī lūksnes šķiedras galu.

Piemērots objekts sklerenhīmas izpētei ir pazīstamais istabas augs — oleandrs. Preparātu pagatavo no vecāka zara gabala, no kura nogriež plānu šķērsgriezumu, ieliek ūdens pilienā uz priekšmetstikla, apsedz ar segstiklu un apskata mikroskopā.

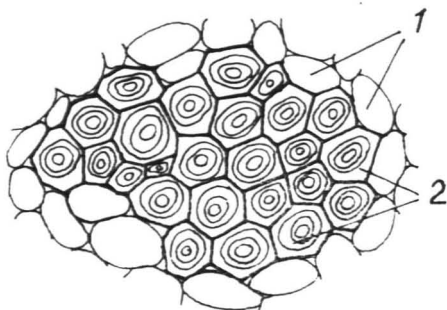
Mikroskopa mazajā palielinājumā redzams, ka preparātā zem ārējiem segaudiem atrodas mehānisko audu — kolenhīmas gredzens. Kolenhīmas nevienmērīgi uzbiezinātie šūnapvalki ir spoži. Aiz kolenhīmas seko plata parenhīmatisko šūnu josla — primārās mizas parenhīma, kuras šūnās bieži vien lielā daudzumā atrodas cietes graudi. Nākamajā slānī — sekundārajā mizā — redzamas atsevišķu šūnu grupas, kurām ir stipri uzbiezināti šūnapvalki, kas ir tikpat spoži kā kolenhīmai. Tās ir sklerenhīmas jeb lūksnes šķiedru grupas (56. att.). Pat jaunu dzinumu šķērsgriezumā redzams, ka minētajām lūksnes šķiedrām šūnapvalks ir tā uzbiezināts, ka šūnas dobums saskatāms tikai kā šaura sprauga.

Mikroskopa lielajā palielinājumā skaidri redzams, ka uzbiezinātais šūnapvalks sastāv no daudziem koncentriskiem slāņiem tāpat kā linu lūksnes šķiedru šūnapvalks. Uzbiezinātā šūnapvalka slāņojums rodas, uz plānā primārā šūnapvalka šūnas dobuma virzienā izveidojoties daudziem sekundārā šūnapvalka slāņiem. Šo slāņu iekšienē redzami raksturīgi svītrojumi radiālā virzienā. Griežot mikrometra skrūvi, var saskatīt, ka šīs svītras izvietojušās spirāliski. Tā ir šķiedru ultrastruktūra.

Pēc oleandra stumbra šķērsgriezuma izpētes mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē lūksnas šķiedru grupu, parādot šūnu ciešo izvietojumu un pabiezinātā šūnapvalka slāņaino struktūru.

KOLENHĪMA

Kolenhīma sastopama tikai kā primārie audi, un parasti mehānisko funkciju tā veic jaunos augošos orgānos. Morfoloģiski tā pieder pie vienkāršajiem audiem, jo sastāv tikai no vienvēidīgām šūnām. Kolenhīmas raksturīgākā pazīme ir nevienmērīgs šūnapvalks



56. att. Sklerenhīma oleandra (*Nerium oleander* L.) stumbā:

1 — parenhīmas šūnas; 2 — sklerenhīmas šūnas.

uzbiezinājums. Atkarībā no šūnapvalka uzbiezinājuma veida izšķir 1) *stūru kolenhīmu*, 2) *plātņu kolenhīmu* un 3) *irdeno kolenhīmu*.

Kolenhīmas šūnas ir dzīvas, parasti izodiametriskas, dažkārt garenas, 1—2 mm garas, bet to gali nav smaili. Ja kolenhīmas šūnas mazāk diferencējušās, tās līdzīgas parenhīmas šūnām. Tajās bieži sastopami hloroplasti. Kolenhīmas šūnapvalkā ir daudz ūdens (60% no svaiga materiāla svara), šūnapvalks sastāv galvenokārt no celulozes, bet satur arī pektīnvielu slāņojumu. Šūnapvalks pabiezinās īpatnēji. Raksturīgi, ka pabiezināšanās sākas šūnu agrās attīstības stadijās un notiek reizē ar šūnas augšanu. Kolenhīma ir pirmie mehāniskie audi, kas izveidojas stumbrā, lapās un zieda daļās, bet bieži vien tie ir arī galvenie balstaudi daudzu divdīgļlapju pilnīgi noformētajās lapās un zaļajos stumbros. To var konstatēt arī saknēs, ja tās pakļautas gaismas iedarbībai. Kolenhīmas nav daudzu viendīgļlapju stumbros un lapās, kur ļoti agri attīstās sklerenhīma.

Stumbros un lapās kolenhīma parasti izvietojas perifērijā. Tā var atrasties tūlīt zem epidermas vai arī tālāk aiz vienas vai vairākām parenhīmas šūnu kārtām. Subepidermālā stāvoklī kolenhīma stumbrā un lapu kātā var atrasties nepārtrauktu vai arī pārtrauktu cilindru, kā arī atsevišķu pavedienu veidā. Stumbriem un lapu kātiem, kuriem ir saskatāmas ribas, kolenhīma sevišķi labi attīstīta tieši ribās. Lapās tā parasti atrodas vienā vai abās pusēs vadaudu kūlišiem, kā arī gar lapas plātnes malām.

Stūru kolenhīma ir izplatītākais kolenhīmas veids augos. Stūru kolenhīmai šūnapvalks uzbiezināts tikai šūnu stūros, bet pārējās šūnapvalka daļas ir plānas. Stūru kolenhīma visbiežāk sastopama ķirbju stumbrā, begoniju lapu kātos, biešu lapu kātos, kaņepju un skābeņu lapu kātos un stumbros u. c.

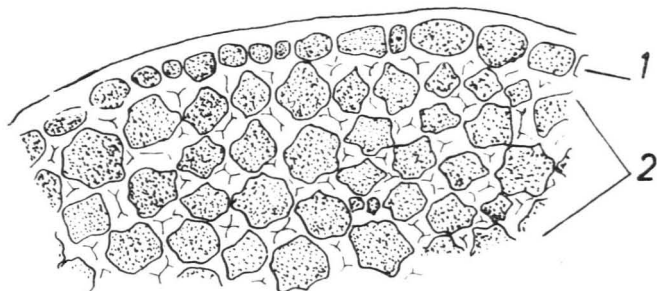
Plātņu kolenhīma augos sastopama retāk par stūru kolenhīmu. Plātņu kolenhīmas šūnām pabiezinājies tangenciālo sienīņu šūnapvalks, bet radiālo sienīņu šūnapvalks ir plāns. Plātņu kolenhīma atrodas plūškoku stumbrā, kumeļpēdu, rabarberu lapu kātos u. c.

Irdenā kolenhīma augos sastopama samērā reti. Tās šūnapvalki pabiezinājušies tikai tajās vietās, kas robežojas ar starpšūnu telpu. Irdeno kolenhīmu labi var novērot salviju, malvu stumbros, brūngalvišu lapu kātos u. c.

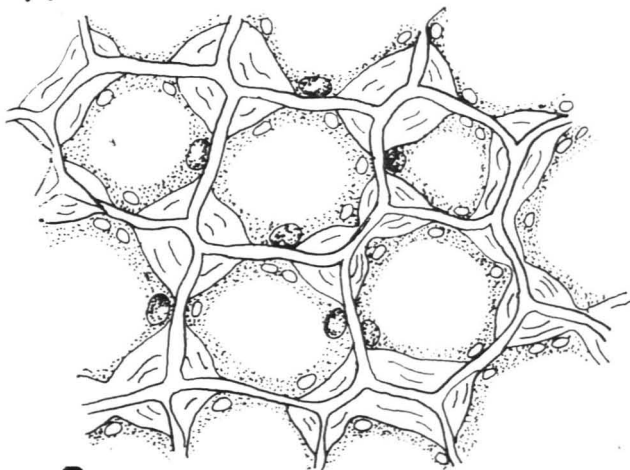
STŪRU KOLENHĪMA BIEŠU (*BETA VULGARIS* L.) LAPU KĀTĀ

Labs un viegli pieejams objekts stūru kolenhīmas izpētei ir biešu lapu kāts. Lai iepazītos ar stūru kolenhīmu, pagatavo plānus biešu lapu kāta šķērsgriezumus, ieliek tos ūdens pilienā uz

priekšmetstikla, apsedz ar segstiklu un apskata mikroskopā. Mikroskopa mazajā palielinājumā redzams, ka lapu kāta ribas pildītas ar spožiem audiem, kas sastāv no sīkām šūnām. Šie audi atgādina smalku sietu, kurā tumši laukumi mijas ar spožiem laukumiem. Mikroskopa lielajā palielinājumā var saskatīt, ka baltie, spožie laukumi ir šūnu apvalka uzbiezinājumi, kas saistīti savā starpā ar neuzbiezinātajām šūnapvalka daļām. Biešu lapu kātā šūnapvalka uzbiezinājumi aizpilda ne tikai šūnu stūrus, bet apaļu izciļņu veidā iespīezas arī šūnas dobumā. Līdz ar to šķērsgrīzumā biešu lapu kāta kolēnhīmas šūnām ir neregulāra romba vai piecstūra forma ar ieliektām malām (57. att.). Grozot mikrometra



A



B

57. att. Stūru kolēnhīma biešu (*Beta vulgaris* L.) lapu kātā:

A — šķērsgrīzuma kopskats; B — stūru kolēnhīma; 1 — epiderma; 2 — stūru kolēnhīma.

skrūvi, var konstatēt šūnu sākuma formu ar 4...6 stūriem. Ja griezumam pagatavošanai izmantots sveigs materiāls, tad kolenhīmas šūnās redzams to dzīvais saturs ar hloroplastiem. Lai pārlicinātos, ka kolenhīmas šūnu apvalks sastāv no celulozes, griezumam var krāsot ar hlorcinkjodu. Hlorcinkjods kolenhīmas šūnu apvalku nokrāso violetā krāsā, pierādot, ka tas sastāv no celulozes.

Pēc biešu lapas kāta šķērsriezuma izpētes mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē daļu no biešu kāta ribas, kurā redzama epiderma un subepidermāli novietotā stūru kolenhīma.

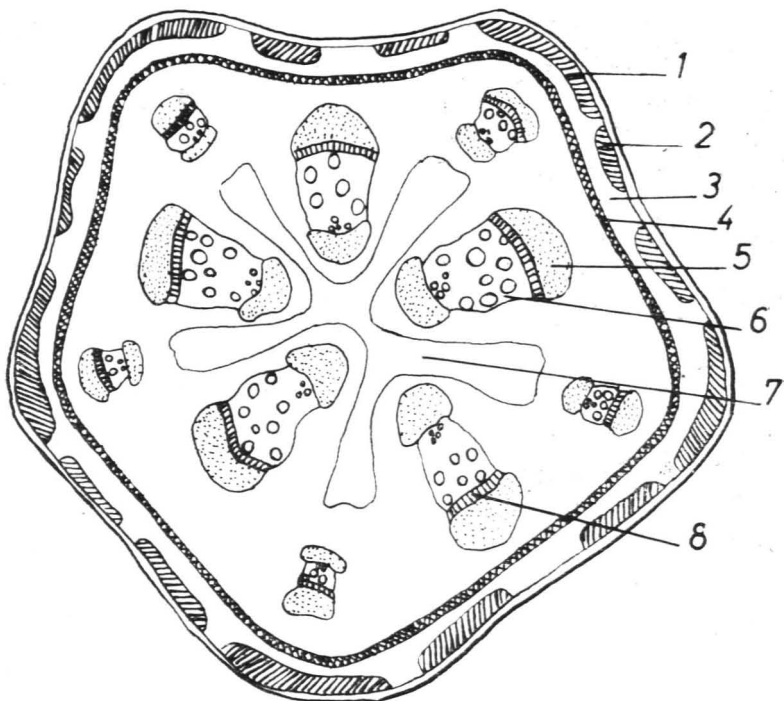
STŪRU KOLENHĪMA UN SKLERENHĪMA ĶIRBJA (*CUCURBITA PEPO* L.) STUMBRA

Viens no labākajiem objektiem stūru kolenhīmas, sklerenhīmas un vadaudu galveno elementu izpētei ir ķirbja stumbrs. Darbam izmanto vasaras beigās fiksētus, ne sevišķi resnus ķirbja stumbra posmus, kam vidū ir mazāks dobums. Apskatot šādu stumbru ar neapbruņotu aci, redzams, ka šķērsgriezumā tas ir piecstūrainis, bet, ja ribas vāji izteiktas, tad — gandrīz apaļš. Stumbra centrā atrodas piecstaru gaisa dobums, kura stari vērsti uz stumbra ribu pusi. Starp šiem pieciem gaisa dobuma stariem atrodas šūnu grupas, kas krasi atšķiras no apkārtējām ķirbja stumbra šūnām. Tie ir bikolaterālie vadaudu kūliši, ar kuru uzbūvi sīkāk iepazīsimies nodaļā par vadaudiem (sk. 163. lpp.). Pretī gaisa dobuma pieciem stariem tuvāk stumbra perifērijai atrodas otra rinda vadaudu kūlišu, kuri ir sīkāki par pirmajiem.

Pēc tam pagatavo ķirbja stumbra šķērsgriezumu tā, lai tas aptvertu vismaz pusi no ķirbja stumbra. Pagatavotos ķirbja stumbra šķērsgriezumus krāso ar floriglucīnu tāpat kā iepriekšējos darbos, uzpilda tiem glicerīnu, apsedz ar segstiklu un preparātu apskata mikroskopa mazajā palielinājumā.

Ķirbja stumbrs sastāv no dažādiem audiem. Pēc preparāta izpētes mikroskopa mazajā palielinājumā uzzīmē ķirbja stumbra shēmu, atzīmējot tajā redzamos audu tipus un stingri ievērojot esošās proporcijas (58. att.). Katru audu grupu attēlo ar noteiktiem apzīmējumiem — svītrojumu, punktējumu utt. vai arī izkrāso dažādās krāsās. Pamataudus parasti atstāj nekrāsotus un bez svītrojumiem, floēmu jeb lūksni krāso zilā krāsā, ksilēmu jeb koksni — sarkanā krāsā vai arī apzīmē ar aplīšiem. Shēmai obligāti atzīmē paskaidrojošos pierakstus.

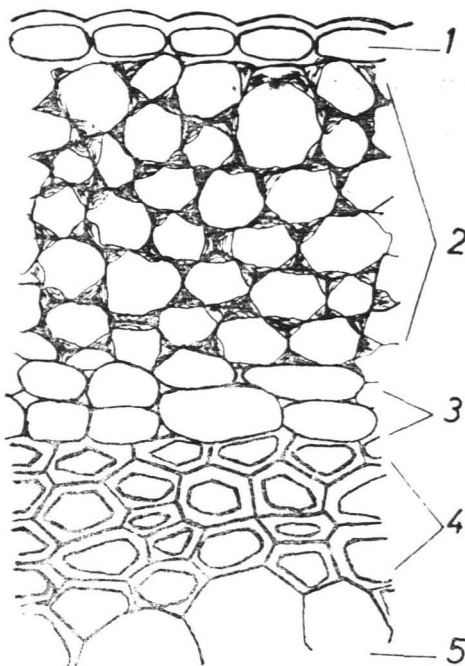
Pēc tam kad uzzīmēta ķirbja stumbra shēma, detalizēti mikroskopa lielajā palielinājumā izpēta un uzzīmē atsevišķus audus.



58. att. Ķirbja stumbra (*Cucurbita pepo* L.) šķērs griezuma shēma:
 1 — epiderma; 2 — kolēnhīma; 3 — parenhīma; 4 — sklerehīma; 5 — lūksne; 6 — kok-
 sne; 7 — gaisa dobums; 8 — kambijs.

Ķirbja stumbra šķērs griezumā redzams, ka no ārpuses to sedz epiderma, kas sastāv no vienas kārtas blīvi sakārtotu dzīvu šūnu, kurām ir nedaudz pabiezināts, bet nepārkoksnējies ārējās sienīgas šūnapvalks (59. att.). Epidermu sedz plāns kutikulas slānis. Atsevišķām epidermas šūnām ir izaugumi — daudzšūnu matiņi. Te epiderma kā primārie segaudi veic ķirbja stumbra aizsargfunkcijas.

Zem epidermas atsevišķu grupu veidā, bet it īpaši stumbra ribās atrodas mehāniskie audi — stūru kolēnhīma. Preparāts krāsots ar floriglucīnu, bet mikroskopā redzams, ka kolēnhīmas šūnām apvalks ir uzbiezināts stūros, taču tas nav krāsojies, tātad sastāv no celulozes. Robeža starp šūnām ir vienmēr labi redzama. Šūnapvalka uzbiezinājumi stūros veido trīsstūrus, ja saskaras kopā trīs šūnas, un rombus, ja saskaras četras šūnas.



59. att. Stūru kolenhīma un sklerehīma ķirbja (*Cucurbita pepo* L.) stumbrā:

1 — epiderma; 2 — stūru kolenhīma; 3 — parenhīma; 4 — sklerenhīma; 5 — parenhīma.

Starp šiem uzbiezīnājumiem atrodas plānās šūnapvalka daļas. Mikroskopā redzamā stūru kolenhīma ir spoža, jo šūnapvalki stipri lauž gaismu un tādēļ tā ļoti saskatāma starp citiem audiem, kurus veido dzīvas šūnas ar tumšāku iekšējo saturu. Šūnapvalka uzbiezīnājums stūros norāda, ka kolenhīma ir mehāniskie audi. Augiem vistot, šūnapvalka neuzbiezinātās vietas saplok, salokās, tādēļ kolenhīma kā mehānisko audu veids savu balsta funkciju var pildīt tikai tad, ja šūnas atrodas turgescētā

stāvoklī. Ķirbja stumbram attīstoties, kolenhīma kā mehāniski audi parādās jau tā attīstības sākumā, bet sakarā ar kolenhīmas šūnu apvalka elastību spēj izstiepties kopā ar stumbru. Gargriezumā kolenhīmas šūnas ir nedaudz izstieptas, ar mazliet nosmailotiem galiem.

Tālāk aiz kolenhīmas un starp kolenhīmas grupām atrodas dzīvas, izodiametriskas parenhīmas šūnas ar plānu šūnapvalku un nelielām starpšūnu telpām. Tā ir pamataudu parenhīma. Tās šūnās bieži vien uzkrājas rezerves barības vielas, galvenokārt cietes graudu veidā, bet tajās pamataudu parenhīmas šūnās, kas atrodas stumbra perifērijā, atrodas arī hloroplasti. Parenhīmas šūnu lielums dažādās stumbra daļās ir dažāds. Pamataudu parenhīmai nav nekādu īpašu funkciju. Tās dzīvās šūnas, atradāmās turgora stāvoklī, aizpilda telpu starp specializēto audu šūnām un kopā ar citiem audiem palielina auga mehānisko izturību.

Parenhimatisko šūnu slāni aiz kolenhīmas veido dažas šūnu kārtas. Dziļāk stumbra iekšienē redzams sarkani krāsots blīvi

sakārtotu šūnu slānis ar vienmērīgi uzbiezinātiem šūnapvalkiem. Dzīvais saturs šajās šūnās ir izzudis. Floroglucīna sarkanais krāsojums norāda, ka minētajām šūnām apvalks ir pārkoksnējies un šūnas labi pilda mehānisko funkciju. Šis šūnu slānis ir sklerenhīma. Sklerenhīma ir galvenie mehāniskie audi pieaugušā ķirbja stumbrā. Tā attīstās vēlāk nekā kolenhīma.

Preparātā redzams, ka mehāniskie audi izvietojušies galvenokārt ķirbja stumbra perifērijā, jo liekšanās gadījumā vislielākā lieces un spiedes izturība ir tieši stumbra ārējai daļai.

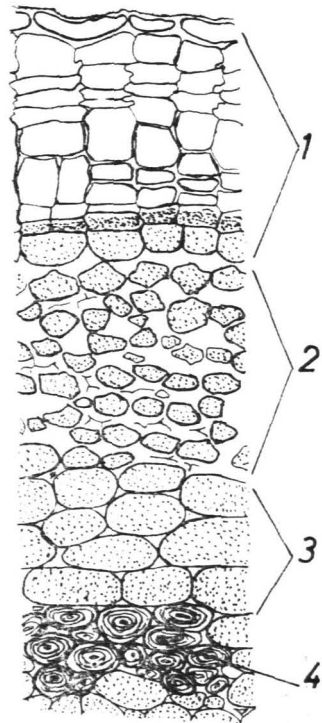
Pēc preparāta apskates mikroskopa lielajā palielinājumā uz zīmē daļu stumbra, kurā redzama epiderma, stūru kolenhīma, parenhīma, sklerenhīma un atkal parenhīma. Pie zīmējuma atzīmē nepieciešamos pierakstus. Uzzīmē arī atsevišķi stūru kolenhīmas grupu un sklerenhīmu.

PLĀTŅU KOLENHĪMA SARKANĀ PLŪŠKOKA (*SAMBUCUS RACEMOSA* L.) STUMBRĀ

Plātņu kolenhīmas izpētei var izmantot vairākas koku un krūmu sugas — liepas, ceriņus, sarkano plūškoku.

No spirtā fiksētiem sarkanā plūškoka divgadīgiem vai trīsgadīgiem dzinumiem pagatavo plānus šķērsriezumus, kurus nokrāso ar hlorcinkjodu. No zili violetā krāsojuma var spriest, ka kolenhīmas šūnapvalki nav pārkoksnējušies. Pagatavotajā preparātā var iepazīties kā ar plātņu kolenhīmas, tā arī ar peridermas un sklerenhīmas uzbūvi.

Apskatot preparātu mikroskopa mazajā palielinājumā, atrod peridermu, kas sedz stumbru no ārpuses (60. att.). Peridermā visas šūnas sakārtotas radiālās rindās, jo katra šūnu rinda rodas no vienas šūnas, kas, daloties tangenciālā virzienā, veido kā



60. att. Plātņu kolenhīma sarkanā plūškoka (*Sambucus racemosa* L.) stumbrā:

1 — periderma; 2 — plātņu kolenhīma; 3 — primārās mizas parenhīma; 4 — sklerenhīma — lūksnes šķiedras.

korķa, tā arī fellodermas šūnas. Peridermas pēdējā šūnu kārtā ir felloderma, priekšpēdējā — fellogēns, bet visas pārējās šūnas perifērijas virzienā ir fellēma. Korķa šūnas, kas atrodas pie korķa kambija, vēl ir dzīvas, ar iekšēju saturu. Perifērijai tuvākās šūnas atmirst; to iekšējais saturs izzūd, šūnapvalks kļūst brūns un šūnas tiek saplacinātas.

Zem peridermas seko mehānisko audu — plātņu kolenhīmas slānis. Preparātā labi redzams, ka kolenhīmas šūnām tangenciālo sieniņu šūnapvalks ir stipri uzbiezināts, turpretī radiālo sieniņu šūnapvalks saskares vietās ar blakusšūnām ir plāns. Ja preparāts nav krāsots ar hlorcinkjodu, plātņu kolenhīmas tangenciālo sieniņu apvalks ir spožs. Turpretī, ja preparāts ir krāsots, tad kolenhīmas šūnu apvalks krāsojas zili violetā krāsā. Šūnu robežas var saskatīt tikai ar lielām grūtībām, grozot mikrometra skrūvi un regulējot apgaismojuma intensitāti ar diafragmas palīdzību. Plātņu kolenhīmas šūnas ir dzīvas. To iekšienē var redzēt citoplazmu ar hloroplastiem un cietes graudiem.

Aiz plātņu kolenhīmas atrodas primārās mizas parenhīmas šūnu slānis, bet aiz tā — sklerenhīmas jeb lūksnes šķiedru grupas, kas ietilpst sekundārās mizas sastāvā. Lūksnes šķiedru šūnām ir stipri un vienmērīgi uzbiezināts, pārkoksnējies šūnapvalks. Tāpat kā linu lūksnes šķiedrām, arī plūškoka lūksnes šķiedrām var saskatīt uzbiezinātā šūnapvalka slāņojumu. Ja sklerenhīma pilnīgi izveidojusies, šūnās nav redzams to dzīvais saturs un šūnapvalks ir pārkoksnējies.

Pēc preparāta anatomiskās uzbūves izpētes mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē sektoru no plūškoka stumbra un atzīmē attiecīgos pierakstus, parādot peridermu, plātņu kolenhīmu un sklerenhīmu.

IRDENĀ KOLENHĪMA BASTARDĀS TŪSKLAPES (*PETASITES HYBRIDA* GAERTN.) LAPAS KĀTĀ

Irdenā kolenhīma labi redzama tikai nedaudziem augiem. Darbam var izmantot tabakas lapu galotnes un kartupeļu stumbra šķērs griezumus. Šiem objektiem irdeno kolenhīmu var redzēt tūlīt zem epidermas. Tomēr vispiemērotākie objekti irdenās kolenhīmas izpētei ir tūsklapes. Vienlīdz labi var izmantot kā bastardās tūsklapes, tā arī neisās tūsklapes lapu kātus.

Lai iepazītos ar irdenās kolenhīmas uzbūvi, pagatavo tūsklapes lapas kāta šķērs griezumu preparātu. Lai pārliecinātos, ka irdenās kolenhīmas šūnu apvalks nav pārkoksnējies, preparātu krāso ar hlorcinkjodu. Tā kā irdenās kolenhīmas šūnu uzbiezinā-

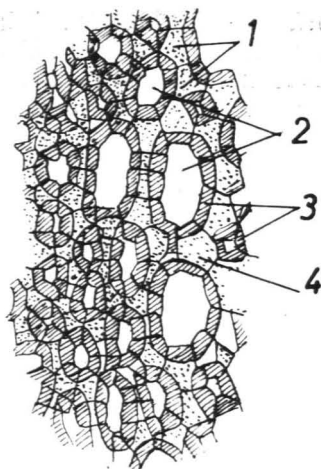
61. att. Irdenā kolenhīma bastardās tūsklapes (*Petasites hybrida* Gaertn.) lapas kātā:

1 — irdenās kolenhīmas šūnas; 2 — starpšūnu telpas; 3 — uzbiezinātie šūnapvalki; 4 — citoplazma.

tais apvalks preparātā arī bez krāsošanas ir spožs un labi saskatāms, tad preparāta krāsošana nav obligāta.

Preparātu apskatot mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā, redzams, ka irdenā kolenhīma atrodas tūlīt zem epidermas un pakāpeniski pāriet lapas kātā parenhīmā (61. att.). Starp irdenās kolenhīmas šūnām atrodas lielas un mazas starpšūnu telpas. Tām ir daudzstūru forma. Irdenās kolenhīmas šūnām redzama sīkgraudaina citoplazma un kodols. Uzbiezinātas ir tās šūnapvalka daļas, kas robežojas ar starpšūnu telpām.

Pēc preparāta izpētes mikroskopā uzzīmē nelielu gabalu epidermas un zem tās esošo irdeno kolenhīmu. Zīmējumā norāda epidermas šūnas, plātņu kolenhīmas šūnu starpšūnu telpas, uzbiezināto šūnapvalku, citoplazmu un kodolu.



SKLEREIDAS

Sklereīdas jeb akmensšūnas ir sklerenhimatiskas šūnas ar stipri uzbiezinātu apvalku. Tās veido vai nu t. s. *akmensaudus*, vai arī ir izvietojušās pa vienai idioplastu veidā. Pilnīgi izveidotām sklereīdām protoplasts atmirst, bet šūnas dobumu piepilda gaiss, retāk ūdens vai šūnas iekšējā satura brūnganas atliekas. Sklereīdas parasti ir izodiametriskas, ar ļoti stipri un vienmērīgi pabiezinātu šūnapvalku, kurā atrodas poru kanāli. Blakusšūnu poru kanāli ir savstarpēji savienoti, tāpēc var notikt vielu apmaiņa starp blakusšūnām. Pilnīgi izveidotu sklereīdu šūnapvalks ir ne vien pārkoksņējies, bet bieži vien tas satur dažādus kalcija un silīcija savienojumus un ir slāņains. Sklereīdas kā mehānisko audu veids palielina augu orgānu lokālo izturību.

Sklereīdas sastopamas kailsēkļu un divdīgļlapju primārajā mizā un serdē, kā arī koksne un lūksnē, kur nereti var novērot pāreju starp sklereīdām un lūksnes vai koksnes šķiedrām. Daudziem augiem starpkūlišu parenhīmas šūnām, kas atrodas starp

primārās lūksnes šķiedrām, pārkoksnējas sekundārais šūnapvalks, tās diferencējas par sklereidām un kopā ar sklerenhīmu ap vad-
audu kūlīti veido nepārtrauktu cilindru.

Sklereidām ir vairāki veidi.

Brahisklereīdas ir vizizplatītākais sklereīdu veids
augos. Tās ir izodiametriskas un veido augļapvalku riekstiem,
zīlēm, ķiršu, plūmju, aprikozu augļu kauliņus, ciedru sēklapval-
kus. *Brahisklereīdas* grupveidīgi akmensaudu veidā atrodas
bumbieru un Japānas cidonijas mīkstumā. Tās ir arī mārrutku
saknēs, peoniju, vizbuliņu sakneņu mizā u. c.

Makrosklereīdas ir nūjiņveidīgas, iegareni cilindriskas
akmensšūnas. Tās sastopamas pupiņu sēklapvalkā, kaņepju augļ-
apvalkā, hinīnkoka mizā. Pākšaugu sēklās makrosklereīdas iz-
vietotas perpendikulāri sēklas virsmai un veido veselu *zedeņu*
akmensaudu slāni.

Osteosklereīdas ir cilindriskas vai prizmatiskas
akmensšūnas, kuru forma atgādina dobu kaulu ar paplašināju-
miem galos. Tās sastopamas daudzu divdīgļlapju lapās un sēkl-
apvalkos, taču daudz retāk nekā citi sklereīdu veidi.

Astrosklereīdas ir zvaigžņveidīgas šūnas, jo tās zaro-
jas un pretskatā atgādina zvaigznes. Daži stari vai arī visi stari
var būt nosmailoti. *Astrosklereīdas* atrodas divdīgļlapju ādainajās
lapās, piemēram, kamēlijām, tējaskrūmam, kā arī lapegļu un
dīzeģļu mizā.

Tie ir galvenie sklereīdu veidi, bet ne vienīgie. Tā kā skle-
reidām novērojams liels polimorfisms, tad dabā ir daudz pārejas
formu starp minētajiem sklereīdu veidiem. Tomēr sklereīdas ir
tipiskas daudzām augu sugām, un tādēļ tām var būt taksono-
miska nozīme.

Osteosklereīdas un *astrosklereīdas* atšķirībā no *brahisklereīdām*
un *makrosklereīdām* neveido akmensaudus, bet sastopamas kā
idioblasti, t. i., atsevišķas šūnas, kas piedod attiecīgajam orgānam
lokālu izturību.

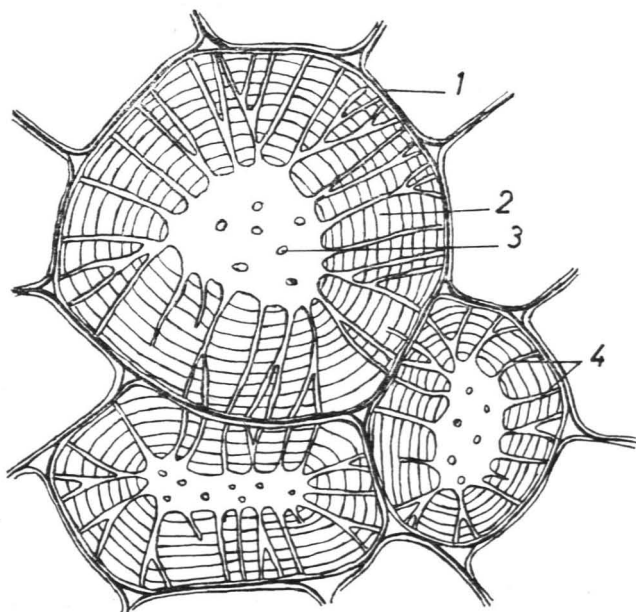
SKLEREĪDAS BUMBIERES (*PYRUS COMMUNIS* L.) AUGĻA MĪKSTUMĀ

Brahisklereīdu anatomiskās uzbūves izpētei izmanto meža
bumbieres vai negatavus kultūras bumbieres augļus. Darbām var
izmantot kā svaigu, tā arī spirtā fiksētu materiālu. Ar preparē-
jamo adatu paņem nedaudz augļa mīkstuma, kurā ir akmensaudu
grupas cietu graudiņu veidā, un šos graudiņus uz priekšmetstikla
ar skalpeli sašķaidā. Pēc tam sašķaidītajam materiālam uzpilina
1...0,5% floroglucīna šķīdumu un pēc dažām sekundēm —

koncentrētu (kūpošu) sāļsskābi. Ja floroglucīna uz griezuma ir daudz, tad pirms skābes uzpilināšanas lieko šķīdumu atsūc ar filtrpapīru. Pēc tam kad preparātam ir uzpilināta sāļsskābe un sklereīdas nokrāsojušās aveņsarkanā krāsā, ar filtrpapīru notīra visu šķīdumu, uzpilina glicerīnu, uzliek segstiklu un preparātu skata mikroskopā.

Mikroskopa mazajā palielinājumā redzams, ka starp dzīvajām, bezkrāsainajām parenhīmas šūnām izkaisītas sīku sarkani krāsotas šūnu grupas. Ap šīm grupām uz visām pusēm starveidīgi izvietotas augļa mīkstuma šūnas ar ļoti plānu apvalku (62. att.). Visplānākajā preparāta vietā izvēlas kādu no mazākajām šūnu grupām, kurā ir 2...5 šūnas, un preparāta izpēti turpina mikroskopa lielajā palielinājumā.

Bumbieres augļa sklereīdām ir ļoti biezs, pārkoksnējies šūnapvalks, ko caurauž daudzi stipri zaroti poru kanāli. Sklereīdu celulozes šūnapvalks piesūcināts ar lignīnu, t. i., pārkoksnējies. Pārkoksnēšanās procesā šūnas zaudē elastību, spraigumu un kļūst



62. att. Akmensūnas bumbieres (*Pyrus communis* L.) augļa mīkstumā:

1 — primārais šūnapvalks; 2 — sekundārais šūnapvalks; 3 — poras pretskatā; 4 — poras griezumā.

cietas, izturīgas. Šīm īpašībām ir liela nozīme sklereīdu mehāniskās funkcijas izpildē.

Rūpīgi apskatot preparātu, redzams, ka biežais šūnapvalks ir slāņains, pie tam slāņainums ir paralēls šūnas virsmai. Šūnu dobums ir ļoti mazs, pieaugušajās šūnās dzīvā satura nav. Sklereīdas attīstībā, kad šūna ar plānu apvalku pārstāj augt, sākas šūnapvalka pabiezīšanās process. Šūnapvalks pabiezīnās slāņu veidā uz šūnas iekšieni, tādēļ šūnas dobums pakāpeniski samazinās, bet šūnapvalka biežums palielinās. Visā šajā procesā šūnas lielums un forma nemainās.

Sklereīdām, kam ir biezs šūnapvalks, poru kanāli var zaroities, t. i., kanāls, kas sākas šūnas dobumā un turpinās uz perifēriju, zarojas, un līdz primārajam šūnapvalkam nonāk 2 vai 3 kanāli. Rūpīgi izpētot poru kanālu virzienu, redzams, ka divu blakusesošu šūnu kanāli savienojas, resp., tie atrodas viens otram pretī. Tomēr poru pāris nav nepārtraukts kapilārs uz blakusesošo šūnu. Starp blakusesošo šūnu kanāliem saglabājas primārie šūnapvalki un starpšūnu viela. Kamēr šūna ir dzīva, poru kanāli ir pildīti ar citoplazmu un savieno blakusesošo šūnu protoplastus caur submikroskopiskiem caurumiņiem membrānā.

Pētot sklereīdas mikroskopa lielajā palielinājumā, dažkārt novērojams, ka kanāli it kā izbeidzas šūnapvalka vidū. Tomēr tā ir tikai šķietama parādība, jo poru kanāli neatrodas tikai radiālā virzienā. Grozot mikrometra skrūvi, var pārliecināties, ka poru kanāli nevis izbeidzas kaut kur šūnapvalka vidū, bet gan turpinās līdz šūnas perifērijai. Pretskatā poru kanāli redzami kā apaļi vai iegareni caurumiņi.

Tā kā sklereīdas ir sīkas, mikroskopa redzeslaukā tās redzamas pilnīgi. Grozot mikrometra skrūvi, sklereīdas var apskatīt pretskatā, kā arī optiskajā griezumā.

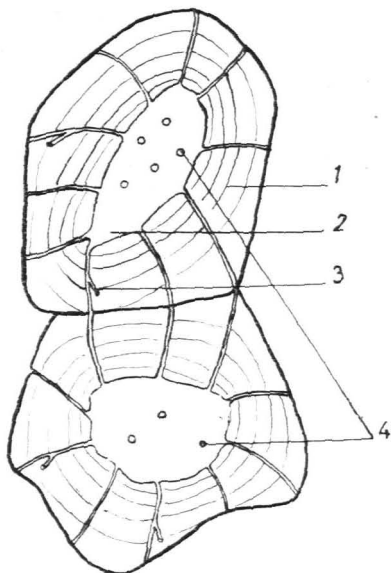
Pēc preparāta izpētes mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē 2...4 šūnas kā pretskatā, tā arī optiskajā griezumā. Zīmējumā jāparāda primārais šūnapvalks, slāņainais sekundārais šūnapvalks, poras (pretskatā un optiskajā griezumā), ap akmensaudiem esošās šūnas ar plānu apvalku.

SKLEREĪDAS PARASTĀS LAZDAS (*CORYLUS AVELLANA* L.) RIEKSTA ČAULA

Piemērots objekts sklereīdu izpētei ir arī riekstu čaula. Tajā esošo sklereīdu šūnapvalks ir ļoti biezs, un tajā labi redzams slāņojums. Tā kā riekstu čaula ir ļoti cieta, ar bārdas nazi vai žileti praktiski nav iespējams iegūt plānu griezumus, tādēļ pre-

63. att. Akmensšūnas parastās lazdas
(*Corylus avellana* L.) rieksta čaulā:

1 — šūnapvalks; 2 — šūnas dobums; 3 — poru
kanāli; 4 — poras.



parāta pagatavošanai jāizmanto macerēts materiāls. Lai notiktu macerācija, nelielus rieksta čaulas gabaliņus iemet mēģenē koncentrētā slāpekļskābē un mēģeni pasilda. Sildīšanas laikā ļoti intensīvi izdalās slāpekļa oksīda tvaiki. Reakcijas paātrināšanai mēģenē ieteicams iemest dažus Bertolē sāls kristālus. Stipras oksidācijas rezultātā noārdās starpšūnu viela, kas satur kopā visas akmeņšūnas, un notiek macerācija.

Riekstu čaulas macerēšana jāveic velkmes skapī, jo slāpekļa oksīda tvaiki, kas izdalās, ir indīgi. Mēģene jāsilina ļoti uzmanīgi, jo reakcija norisinās ļoti strauji. Pēc macerācijas materiālu vairākas reizes skalo ūdenī un pēc tam uzglabā spirtā.

Preparāta pagatavošanai ņem macerēto materiālu, uzliek uz priekšmetstikla, nokrāso ar floroglucīnu, uzliek segstiklu un apskata vispirms mikroskopa mazajā, bet pēc tam — lielajā palielinājumā.

Mikroskopa mazajā palielinājumā redzams, ka sklereīdas preparātā ir gan pa vienai, gan arī grupās. Rieksta čaulas šūnas lielākoties ir parenhimatiskas, bet nav visas vienādas. Preparātā var atrast apaļas, iegarenas, rombiskas, zarainas un citas formas šūnas. Arī šūnapvalka biezums ir dažāds. Redzamas sklereīdas ar samērā plānu šūnapvalku, kā arī sklereīdas ar ļoti biezu šūnapvalku, kurās dobums ir ļoti mazs.

Apskatot preparātu mikroskopa lielajā palielinājumā un grozot mikroskrūvi, izpēta sklereīdas uzbūvi optiskajā griezumā (63. att.). Šādā stāvoklī redzams, ka sklereīdu šūnapvalks sastāv no daudziem slāņiem. Labi saskatāmi ir šaurie poru kanāli, kas stiepjas cauri biežajam šūnapvalkam. Poru kanālu ir tik daudz, ka šūnapvalks šķiet svītrains radiālā virzienā, un tādēļ, lai pareizāk attēlotu poras, zīmējums nedaudz jāshematizē, samazinot poru kanālu skaitu. Pretskatā poras redzamas kā nelieli punktiņi vai arī īsas spraugas.

Pēc preparāta izpētes mikroskopa lielajā palielinājumā uzzīmē dažas sklereīdas, parāda šūnapvalka slāņaino uzbūvi un iezīmē poru kanālus.

Akmensšūnu pabiezinātā un pārkoksnētā šūnapvalka izpētei var izmantot arī Japānas cidonijas un pīlādža augļa mīkstuma šūnas, macerētas valriekstu čaulas, plūmju, ķiršu, aprikozu kauliņu šūnas. Būtisku atšķirību starp šo objektu sklereīdām nav. Vienīgi šūnu lielums, forma, poru kanālu skaits un šūnapvalka biezums var būt dažādi.

Vadaudi

Dzīvajos augos notiek nepārtraukta ūdens un tajā izšķīdušo vielu pārvietošanās. Vielas augā pārvietojas divējādi:

1) ļoti lēni — osmotiski, sūcoties no šūnas šūnā cauri šūnapvalkiem un porām. Šāds vielu pārvietošanās veids raksturīgs galvenokārt zemākajiem augiem, kuriem vēl nav attīstījusies vadaudu sistēma;

2) daudz ātrāk — pa īpašām pagarinātām šūnām, kas veido vadaudus. Šāds vielu pārvietošanās veids raksturīgs augstākajiem augiem, kuriem ir labi attīstīta vadaudu sistēma, it sevišķi liānām.

Tātad vadaudi izpilda ūdens un tanī izšķīdušo vielu pārvadīšanas funkciju pa auga organismu. Augos pārvietojas galvenokārt 1) minerālvielu šķīdums ūdenī, ko augs ar saknēm uzsūc no augsnes, un 2) organisko vielu (ogļhidrātu, aminoskābju u. c.) šķīdums ūdenī. Šīs vielas tiek izstrādātas pašā augā fotosintēzes procesā.

Minerālvielu šķīdums pārvietojas galvenokārt no saknēm tālāk pa stumbru uz augšu (*augšupejošā plūsma*), plūstot pa koksni jeb ksilēmu. Organisko vielu šķīdums, kas no lapām pārvietojas uz patēriņa un uzkrāšanās vietām (*lejupejošā plūsma*), plūst pa lūksni jeb floēmu. Daži autori pie vadaudiem pieskaita arī pienejas un pienstobrus, pa kuriem plūst piensula.

Sakarā ar šo fizioloģisko funkciju — vielu pārvadīšanu auga organismā — kā koksnes, tā arī lūksnes šūnas ir izstieptas garumā orgāna gareniskās ass virzienā. Koksnes un lūksnes vielu pārvadīšanas elementiem vai nu nemaz nav protoplasta, kā, piemēram, trahejām un traheidām, vai arī tiem ir citoplazma ar stipri izmainītām īpašībām, jo tā laiž cauri lielmolekulārās organiskās vielas, piemēram, sietstobriem.

Kā koksne, tā arī lūksne sastāv ne tikai no vielu pārvadīšanas elementiem, bet to sastāvā ietilpst arī dzīvās parenhimatiskās šūnas un mehāniskie audi, galvenokārt šķiedru veidā.

Primārā koksne un primārā lūksne veidojas no primārās meristēmas — prokambija, bet sekundārā koksne un sekundārā lūksne — no sekundārās meristēmas — kambija.

KOKSNE

Koksne jeb ksilēma sastāv no traheīdām, trahejām, koksnes šķiedrām jeb libriformas un koksnes parenhīmas šūnām. Vielu pārvadišanas funkciju koksnē veic trahejas un traheīdas.

Traheīdas ir izstieptas, noslēgtas neliela diametra šūnas ar nosmailotiem, noapaļotiem vai zobainiem galiem. Katra traheīda ir viena šūna. Traheīdas ir nedzīvas. To šūnapvalks ir pārkoksņējies, iekšpusē nevienmērīgi uzbiezīnāts. Atkarībā no šūnapvalka uzbiezīnājuma rakstura izšķir *gredzenveida*, *spirāliskās*, *kāpņveida*, *tīklveida* un *porainās traheīdas*. Porainajām traheīdām vienmēr ir dobumporas. Skuju kokiem dobumporās ir *toruss* — lēcveidīgs uzbiezīnājums uz vidējās plātnītes. Traheīdas ir primitīvāks vadaudu elements nekā trahejas. Tās ir galvenais vadaudu elements paparžaugos un kailsēkļos. Traheīdas parasti ir 1...4 mm garas, bet to šķērsriezums — dažas simtdaļas līdz desmitdaļas milimetra.

Traheīdas augos parasti izpilda divas funkcijas. To galvenā funkcija ir vielu pārvadišana, bet daudzos augos tās izpilda arī mehānisko funkciju, jo tajos nav mehānisko audu. Tā, piemēram, skuju koku koksnē nav traheju un nav arī mehānisko audu elementu; šo audu funkcijas izpilda traheīdas. Atsevišķām kokaugu sugām, piemēram, ošiem un kļavām, sekundārajā koksnē traheīdu nav; traheīdu nav arī liānām.

Trahejas evolūcijas procesā ir izveidojušās vēlāk nekā traheīdas un labāk vada ūdeni un tajā izšķīdušās minerālvielas. Trahejas atgādina garas kapilāras caurulītes, kuru diametrs ir lielāks par traheīdu diametru un nereti saskatāmas pat ar neapbruņotu aci. Tās sastāv no atsevišķiem posmiem jeb segmentiem, kas atrodas cits virs cita un izveido garu, tievu caurulīti. Posmi ir atsevišķo šūnu paliekas. Trahejas veidojušās no dzīvām šūnām, izzūdot starp tām šķērssienu. Sākumā nākamās trahejas segmenti ir dzīvas parenhimatiskas šūnas ar plānu šūnapvalku, kuras izvietojušās cita virs citas garā rindā. Šo šūnu dobums pildīts ar citoplazmu, kurā atrodas liels kodols. Attīstības gaitā visas šūnas aug, palielinās to tilpums, izveidojas lielas vakuolas un citoplazmas izvietojas gar šūnapvalku. Vēlāk garāko sieniņu šūnapvalks pabiezīnās, citoplazma koncentrējas atsevišķās vietās pie šūnapvalka, kur sāk veidoties dobumporas. Pēc tam šūnas

palielinās vēl vairāk, šķērssieniņu šūnapvalks starp tām uzbriest, pārģļotojas, bet pēc tam izšķīst, un rezultātā no daudzu parenhimatisku šūnu rindas izveidojas gara kapilāra caurulīte — traheja, kas sastāv no daudziem posmiem — segmentiem. Veidojoties trahejai, vienlaikus šūnapvalkā uzkrājas lignīns — notiek šūnapvalka pārkoksnēšanās. Katras trahejas abos galos atrodas segmenti ar slīpām šķērssienām. Tādējādi trahejas, tāpat kā traheīdas, ir slēgta sistēma.

Trahejas ir daudz garākas nekā traheīdas. Parasti to garums ir dažāds. Atkarībā no augu sugas un pat vienai augu sugai tās var būt no dažiem centimetriem līdz dažiem metriem garas. Visgarākās trahejas ir liānām, to garums sasniedz pat 3...5 m. Vairumam augu trahejas ir apmēram 10 cm garas.

Trahejām šķēsgriezums ir lielāks nekā traheīdām — apmēram 0,1...0,15 mm, bet dažiem kokaugiem (ozoliem, ošiem) un liānām pat 0,3...0,7 mm.

Trahejas, tāpat kā traheīdas, ir nedzīvi elementi ar pārkoksnētu šūnapvalku. Traheju vertikālo sieniņu šūnapvalks ir nevienmērīgi uzbiezināts. Tāpat kā traheīdām, arī trahejām uzbiezinājums veidojas iekšpusē. Pēc uzbiezinājuma veida izšķir *gredzenveida*, *spirāliskās*, *kāpņveida*, *tīklveida* un *porainās trahejas*.

Evolucionāri vecākās ir gredzenveida, spirāliskās un kāpņveida trahejas. Tās raksturīgas augu orgānu agrās attīstības stadijās, kad notiek intensīva augšana. Šīs trahejas ir mazākas nekā tīklveida un porainās trahejas un netraucē orgānu augšanu garumā. Tīklveida un porainās trahejas auga ontogēnēzē parādās vēlāk. To diametrs ir lielāks un šūnapvalks biežāks. Tīklveida trahejām ir tīklveidīgs uzbiezinājums, bet porainajām trahejām neuzbiezinātās vietas ir sīku poru veidā. Skuju koku koksne traheju nav.

Koksnes šķiedras jeb libriforma ir mehāniskie audi (sklerenhīma) koksnē. Evolūcijas procesā tās rodas no traheīdām. Šiem koksnes elementiem ir sevišķi biezs šūnapvalks un reducētas dobumporas, un tie padara koksni izturīgāku. Koksnes šķiedras kā mehāniskie elementi sevišķi labi izveidoti tādos kokaugos, kuriem labi attīstītas trahejas.

Koksnes parenhīma sastopama kā primārajā, tā arī sekundārajā koksnē. Sekundārajā koksnē dzīvās parenhimatiskās šūnas atrodas *ass parenhīmā*, kas rodas reizē ar trahejām, traheīdām un mehāniskajiem elementiem, un *staru parenhīmā*, ko veido kambijis. Stumbrā parenhimatiskās šūnas vairāk sastopamas parenhīmas pavedienu veidā, bet retāk kā atsevišķas šūnas.

Staru parenhīmas šūnām ir dažāda forma. Pēc novietojuma izšķir šūnas, kuru gareniskā ass orientēta radiāli (*guļošās staru*

šūnas), un šūnas, kuru gareniskā ass orientēta vertikāli (*stāvošās staru šūnas*).

Koksnes parenhīmas šūnās veģetācijas periodā uzkrājas rezerves barības vielas, kas parasti tiek izmantotas pavasarī lapu plaukšanas laikā. To šūnapvalks var būt arī pārkoksnēts. Koksnes parenhīma izpilda kā barības vielu uzkrājējfunkciju, tā arī aizsargfunkciju.

Tillas. Trahejas, retāk traheīdas ar laiku var noslēgt tillas. Tās ir koksnes parenhīmas šūnu izaugumi, kas caur vienpusīgo dobumporu vai citu plānu vietu ieaug trahejas dobumā. Vienā trahejā tillas var ieaugt caur vairākām porām reizē. Trahejā izaugusi parenhīmas šūnu daļa neatdalās no pārējās šūnas. Tillās var uzkrāties rezerves barības vielas — visbiežāk ciete. Parasti tillas veidojas kokaugiem, retāk lakstaugiem (ķirbjiem, skābenēm, titeņiem). Visvairāk to ir vecākās koksnes daļās. Tillām ir liela nozīme kokaugu dzīvē. Tās kavē mikroorganismu un sēņu hifu iekļūšanu koksnē.

Tillas rodas arī traheju un traheīdu ievainojumu vietās. Tās veidojas spraudņos netālu no griezuma vietas un aplauztos vai nogrieztošos zaros tuvu brūcei.

LOKSNE

Pa lūksni pārvietojas plastiskās vielas lejupejošā plūsmā. Lūksne sastāv no sietstobriem, pavadītājšūnām, lūksnes šķiedrām un lūksnes parenhīmas. Vielas pārvadīšanu veic sietstobri ar pavadītājšūnām.

Sietstobri ir ar sietplātnēm savienotu dzīvu prozenhīmatisku šūnu (posmu, segmentu) vertikālas rindas, pa kurām pārvietojas fotosintēzes procesā radušās organiskās vielas. Parasti sietstobru šūnas (viens sietstobrs) ir 150...300 μm garas un 20...30 μm diametrā.

Veidošanās sākumā sietstobri ir dzīvas šūnas ar plānu apvalku, citoplazmu, kodolu, leikoplastiem un centrālo vakuolu, caur kuru stiepjas citoplazmas pavediens. Sietstobru galos atrodas šķērssiieniņa — šūnapvalks ar porām, kuras caurauž plazmodesmas. Šūna — nākamais sietstobrs aug, plēvīte, kas noslēdz poru, izstiepjas, kļūst plānāka, tajā izveidojas sīki caurumiņi — perforācijas. Pārējās šūnapvalka daļās kļūst biežākas. Pēc tam šūnas organoīdi sabrūk, bet to paliekas izmainās, izšķīst un pāriet vakuolā. Citoplazmas kustība apstājas, tā izmaina savas īpašības un pāriet daļēji denaturētā stāvoklī. Šīm šūnām vairs nevar izraisīt plazmolīzi. Citoplazma zaudē savas puscaurlaidīgās

īpašības, laiž cauri ūdeni ar tajā izšķīdušajām minerālvielām un lielmolekulārajām organiskajām vielām. Robežas starp citoplazmu un vakuolām kļūst neskaidras. Sietstobru galos galīgi izveidojas *sietplātnes*. Pilnīgi izveidotos sietstobros citoplazma atrodas daļēji denaturētā stāvoklī, taču tā vēl ir dzīva un funkcionē. Sietplātnes perforācijas apņem nelieli cilindriņi, kas sastāv no ogļhidrāta *kallozes*. Veģetācijas perioda beigās kalloze saspiež citoplazmas pavedienus, kas stiepjas caur sietplātņi. Šie pavedieni, kas stiepjas no sietstobra uz sietstobru, kļūst ļoti tievi, un tos var saskatīt tikai tad, ja preparātu speciāli sagatavo.

Uz sietplātnēm izveidojas tulznveida uzbiezinājums — *kalluss*, kas pilnīgi noslēdz sietplātņi. Sietstobri pārtrauc savu darbību. Kallusa veidošanās laikā ciete sietstobros izzūd.

Sietstobri parasti funkcionē tikai vienu veģetācijas periodu. Pēc tam kad kalluss ir noslēdzis sietstobrus, citoplazma tajos pilnīgi atmirst, sietstobrus piepilda gaiss vai ūdens, un nākamajā veģetācijas periodā blakusesošās dzīvās šūnas sietstobrus tā saspiež, ka tiem pilnīgi izzūd šūnas dobums.

Tikai ļoti nedaudziem augiem sietstobri funkcionē ilgāk par vienu veģetācijas periodu — vīnkokiem 2 gadus, liepām 3 vai 4 gadus. Ja sietstobri funkcionē vairākus gadus, sietplātnes rudeņos noslēdz kalluss, kas pavasarī atkal izšķīst.

Formas ziņā sietstobriem ir daudz mazāka dažādība nekā koksnes elementiem. Vienīgā sietstobru atšķirība ir dažāds sietplātnes izvietojums starp atsevišķiem segmentiem. Sietplātne var atrasties šķērsām — perpendikulāri sietstobru gareniskajai asij, bet var būt arī zināmā slīpumā. Dažkārt šķērssieniņas no šķērsvirziena ir tiktāl novirzītas, ka grūti izšķirt, kur ir sietstobra vertikālā sieniņa, kur ir sietplātne. Slīpajām sietplātnēm perforācijas nav vienmērīgi sadalītas pa visu laukumu, bet sakopotas vairākās grupās — sietiņos. Vairumam lakstaugu un dažiem kokaugiem sietplātnes starp sietstobriem atrodas šķērsām. Šādām sietplātnēm ir vienmērīgs perforāciju sadalījums. Sietiņi var izveidoties arī uz gareniskajām sietstobru sieniņām, it sevišķi skuju kokiem.

Pavadītājšūnas atrodas līdzās sietstobriem un attīstās no kopējas mātšūnas. Mātšūnai daloties gareniskā virzienā, no divām meitšūnām viena diferencējas par sietstobru, bet otra — par pavadītājšūnu. Pēc tam pavadītājšūna bieži vien ar šķērsrienu dalās uz pusēm. Pavadītājšūna šķērsriezumā atgādina trīsstūri, četrstūri, retāk apli, taču diametrs tai ir daudz mazāks par sietstobra diametru. Pavadītājšūnām raksturīgs plāns šūnapvalks, blīva citoplazma, liels kodols un sīkas vakuolas. Cietes tajās nav. Šūnapvalkā, kas atrodas pie sietstobra, ir daudz poru. Caur tām

stieejas plazmodesmas, kas savieno pavadītājšūnu ar sietstobra šūnu un parenhīmu. Zinātnieki uzskata, ka pavadītājšūnas dod dzinējspēku — enerģiju vielu pārvadīšanai pa sietstobriem. Pierādīts, ka sietstobros šķīdumā pārsvarā ir saharoze, bet apkārtējās parenhīmas šūnās cukura tranzīforma — heksozes. Saharoze pavadītājšūnās veidojas no attiecīgajām heksozēm — glikozes un fruktozes.

Pavadītājšūnas ir tikai segsēkliem. Paparžaugiem un kailsēkliem pavadītājšūnu nav.

Lūksnes šķiedras ir mehānisko audu elementi (sklerenhīma) lūksnē un piedod tai mehānisko izturību. Lūksnes šķiedras sastopamas kā primārajā, tā arī sekundārajā lūksnē. Primārās lūksnes šķiedru attīstība notiek orgānos, kuri vēl turpina augt garumā. Primārajā lūksnē šķiedras izveidojas daudz garākas nekā sekundārajā lūksnē. Kā primārās, tā sekundārās lūksnes šķiedrām sekundārais šūnapvalks veidojas pēc tam, kad šķiedras vairs nestieejas garumā. Daļai augu lūksnes šķiedru šūnapvalks pārkoksnējas. Lūksnes šķiedru šūnapvalkā ir vienkāršās poras, bet tām var būt arī izteikts dobumporu raksturs. Dažiem augiem, piemēram, liepām, sekundārās lūksnes šķiedras diferencējas lūksnes aktivajā daļā par augsti specializētiem mehānisko audu elementiem. Tām ir pārkoksnēts šūnapvalks. Citiem augiem, piemēram, *Prunus* sugām, funkcionējošā lūksnē lūksnes šķiedru šūnām ir tikai primārais šūnapvalks un aktīvs protoplasts; par šķiedrām tās diferencējas tikai pēc tam, kad sietstobri beidz savu darbību. Daļa augu anatomu uzskata, ka šīs šķiedras ir sklerificētas lūksnes parenhīmas šūnas jeb sklereīdas, bet ne īstās lūksnes šķiedras. Lūksnes šķiedras līdzīgi koksnes šķiedrām var palikt dzīvas, un tad tās uzkrāj cieti, piemēram, vīnkoku lūksnes šķiedras.

Lūksnes parenhīmu veido izodiametriskas, parenhimatiskas šūnas, kas aizpilda telpu starp pārējiem lūksnes elementiem. Lūksnes parenhīmas šūnas izpilda arī daudzas citas funkcijas, kas raksturīgas dzīvām parenhimatiskām šūnām, piemēram, uzkrāj rezerves barības vielas — cieti, taukus un citas organiskās vielas, kā arī tanīnus un sveķus. Dažas lūksnes parenhīmas šūnas dažkārt rodas no tām pašām mātšūnām, no kurām izveidojas sietstobri. Tādā gadījumā tās izveidojas ātrāk par pavadītājšūnām. Tās parenhīmas šūnas, kas savā ontogēnēzē saistītas ar sietstobriem, pēc tam, kad pārstāj funkcionēt sietstobri, atmirst. Tādējādi parenhīmas šūnas pēc saistību rakstura ar sietstobriem var uzskatīt par pārejas veidojumiem uz pavadītājšūnām.

Lakstaugiem vadaudu elementi parasti sakopoti vadaudu kūlīšos.

KOKSNES UN LOKSNES ELEMENTI
ĶIRBJA (*CUCURBITA PEPO L.*) STUMBRA

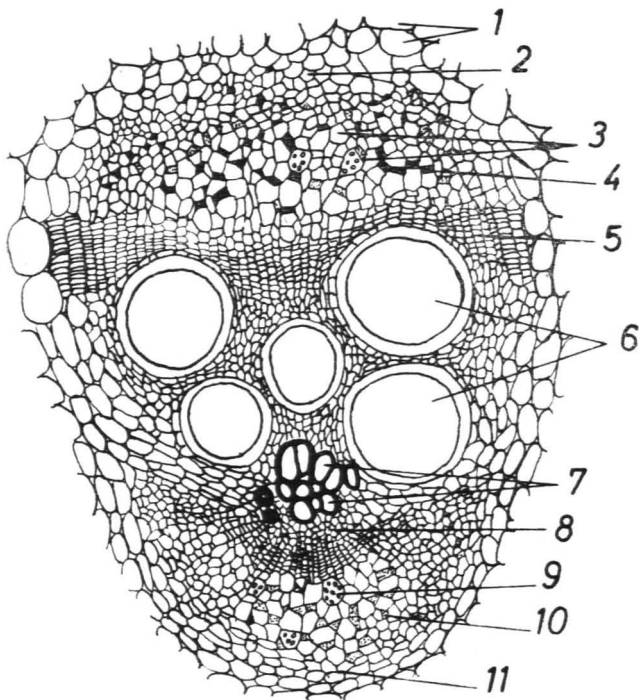
Ķirbja stumbrs ir ļoti piemērots objekts dažādu anatomisko elementu izpētei. Tajā var saskatīt ne vien segaudus, mehāniskos audus un pamataudus, bet arī visus vadaudu elementus. Bez tam ķirbja stumbrs ir miksts un tādēļ nerada nekādas grūtības labu preparātu pagatavošanā.

Lai iepazītos ar ķirbja stumbra koksnes un lūksnes elementiem, jāpagatavo ķirbja stumbra šķērsriezuma un gargriezuma preparāti. Tā kā ar ķirbja stumbra vispārīgo uzbūvi iepazīties, pētīt mehāniskos audus, šajā darbā griezumi jāpagatavo galvenokārt no vadaudu kūlīšiem. Dažus centimetrus garam ķirbja stumbra gabaliņam, kas fiksēts spirtā, izvēlas labi izveidotu vadaudu kūlīti un caur to pagatavo vispirms stumbra šķērsriezumu, bet pēc tam arī gargriezumu. Gargriezumam jābūt stumbra radiālā virzienā, lai griezums skartu visus darbam nepieciešamos vadaudu elementus. Gargriezumam ieteicams izvēlēties pēc iespējas lielāku vadaudu kūlīti. Lai iegūtu labu gargriezuma preparātu, ķirbja stumbru vispirms ar skalpeli pārgriež gareniskā virzienā uz pusēm. Pēc tam ar bārdas nazi izraudzītā vadaudu kūlīša tuvumā nogriež visus liekos blakusaudus. Lai griezumi nebūtu slīpi un pārāk gari, vadaudu kūlīša virsmā ar bārdas nazi izdara dažus iegriezumus 0,5 cm attālumā vienu no otra. Pēc tam kad griezumi pagatavoti, izvēlas plānākos no tiem, uzliek uz priekšmetstikla un krāso ar floroglucīnu un sālsskābi vai joda šķīdumu kālija jodīda šķīdumā. Ja preparātu krāso ar floroglucīnu, tad visi pārkoksnējušies elementi nokrāsojas avenesarkanā krāsā. Krāsojot preparātus ar joda šķīdumu kālija jodīda šķīdumā, pārkoksnējušies šūnapvalki un sietstobru saturs, kas bagāts olbaltumvielām, nokrāsojas zeltaini brūnā krāsā. Cietes graudi, kas atrodas dažās stumbra šūnās, nokrāsojas zili violetā vai pat pilnīgi melnā krāsā.

Pēc preparātu pagatavošanas vispirms veic stumbra šķērsriezuma, bet pēc tam stumbra gargriezuma preparāta izpēti mikroskopā.

Apskatot mikroskopa mazajā palielinājumā ķirbja stumbra šķērsriezumu, var pārliecināties, ka visiem 10 vadaudu kūlīšiem, kas atrodas ķirbja stumbā, ir līdzīga anatomiskā uzbūve, tādēļ vadaudu elementu sīkākai izpētei izvēlas tikai vienu lielāko un raksturīgāko kūlīti (64. att.).

Ķirbja stumbra vadaudu kūlīši sastāv galvenokārt no vadaudiem un veidotājaudiem. Kūlīša vidusdaļā pat ar neapbruņotu aci var saskatīt lielas, apaļas šūnas ar pārkoksnētu apvalku. Tās



64. att. Ķirbja (*Cucurbita pepo* L.) stumbra bikolaterālais vadaudu kūlītis:

1 — pamataudu parenhīma; 2 — lūksnes parenhīma; 3 — sietstobri; 4 — pavadītājšūnas;
 5 — kambijs; 6 — trahejas; 7 — traheidas; 8 — koksnes parenhīma; 9 — sietstobri;
 10 — pavadītājšūnas; 11 — lūksnes parenhīma; 2...4 — ārējā lūksne; 6...8 — koksne;
 9...11 — iekšējā lūksne.

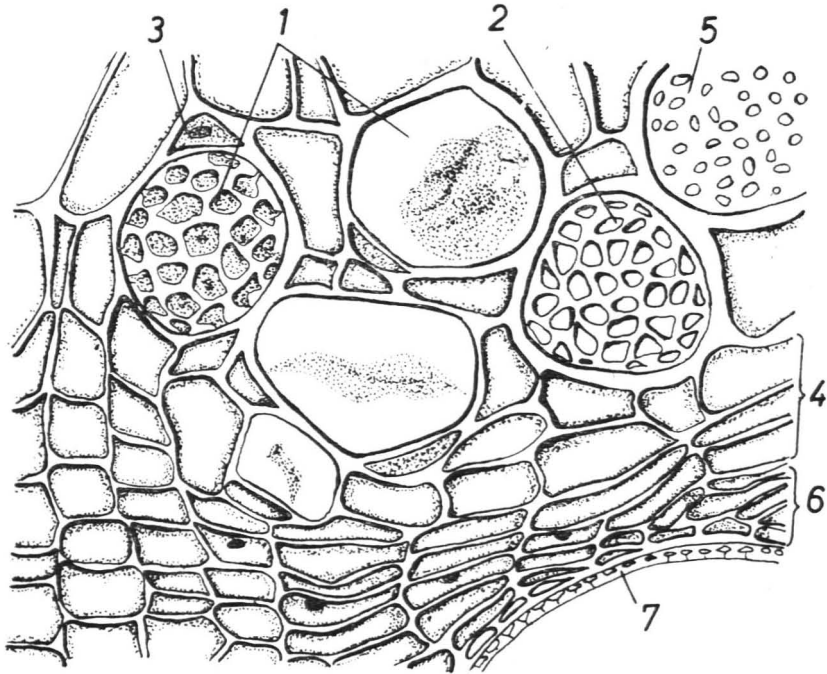
ir trahejas. Kopā ar parenhīmas šūnām un sklerenhīmu tās sastāda vadaudu kūlīša koksnes daļu jeb ksilēmu.

Abās pusēs kūlīša ksilēmai atrodas dzīvi, nepārkoksnējušies elementi, kas sastāda vadaudu kūlīša lūksnes daļu, pie tam viena lūksnes daļa — *ārējā lūksne* atrodas tajā kūlīša daļā, kas vērsta uz stumbra ārpusi, bet otra daļa — *iekšējā lūksne* vērsta uz stumbra iekšpusi. Šādu vadaudu kūlīti sauc par *bikolaterālo vadaudu kūlīti*. Starp ārējo lūksni un koksni atrodas slānis dzīvu šūnu ar plānu šūnapvalku, pie tam šīs šūnas izvietotas radiālās rindās. Tas ir vadaudu kūlīšu *kambiālais slānis*. Kambijs pieder pie sekundārajiem veidotājaukiem. Kambija šūnām daloties, uz ārpusi veidojas sekundārā lūksne, bet uz kūlīša iekšpusi — sekundārā koksne.

Vadaudu kūlīšus, kuros ir kambijs, sauc par *atklātiem vadaudu kūlīšiem*, jo tie, daloties kambija šūnām, spēj augt.

Pēc tam kad apskatīta ķirbja stumbra vadaudu kūlīša uzbūve mikroskopa mazajā palielinājumā, turpina koksnes un lūksnes elementu detalizētāku izpēti mikroskopa lielajā palielinājumā (65. att.).

Lūksne. Aplūkojot ķirbja stumbra bikolaterālā vadaudu kūlīša lūksnes daļu, redzamas atsevišķas samērā liela diametra šūnas. Tie ir *sietstobri*, bet blakus tiem atrodas pavadītājšūnas, kuras ir daudz tumšākas, ar biezu citoplazmu un kodolu. Sikāk izpētot sietstobrus, šķiet, ka daļa no tiem ir tukši, bet citiem labi redzamas sietplātnes ar perforācijām. Tas ir tādēļ, ka sietstobri vadaudu kūlītī izvietojušies dažādos līmeņos. Pagatavojot vadaudu kūlīša šķērsriezumu, daļa sietstobru ir pārgriezta vidū, bet daļa — pie sietplātnēm. Tiem sietstobriem, kuri pārgriezti vidū,



65. att. Ķirbja (*Cucurbita pepo* L.) stumbra bikolaterālā vadaudu kūlīša lūksnes un kambija šķērsriezums:

1 — sietstobri; 2 — sietplātne; 3 — pavadītājšūna; 4 — lūksnes parenhīma; 5 — sietplātne, kas aizsprostota ar kallusu; 6 — kambijs; 7 — trahejas šūnāpvalks.

citoplazmas pavediens, kas stiepjas sietstobrā gareniskā virzienā, tiek pārgriezts, saraujas un nokrīt pie apakšējās sietplātnes, tādēļ sietstobrs šķiet tukšs vai arī tā vidū redzama sakritusi citoplazma. Ja griezumš ir pie sietplātnes, tad tā ir labi saskatāma. Caur sietplātnes caurumiņiem (perforācijām) savienojas divu blakusesošo sietstobru citoplazma, ko var ļoti labi redzēt, ja preparāts krāsots ar joda šķīdumu kālija jodīda šķīdumā. Arī sietstobru sānu šūnapvalkā atrodas nelielas sietplātnes ar perforācijām. Caur šīm sietplātnēm savienojas divu blakusesošo sietstobru saturs. Sietstobru šūnapvalks nav pārkoksnējies; tas sastāv no celulozes. Ja preparāti pagatavoti no fiksēta materiāla, citoplazma sietstobros redzama pavedienu veidā, kas šūnas galos caur sietplātni savienojas ar blakusesošo šūnu citoplazmu, tādējādi augā izveidojot garu plastisko vielu pārvadišanas ceļu. Dzīvos sietstobros, kas nav fiksēti, šūnas dzīvais, iekšējais saturs piepilda visu šūnas dobumu. Šūnas kodols sietstobros ir deģenerējies. Pa sietstobriem lejupejošā straumē uz patēriņa un uzkrāšanās vietām plūst plastiskās vielas, kas veidojušās fotosintēzes procesā.

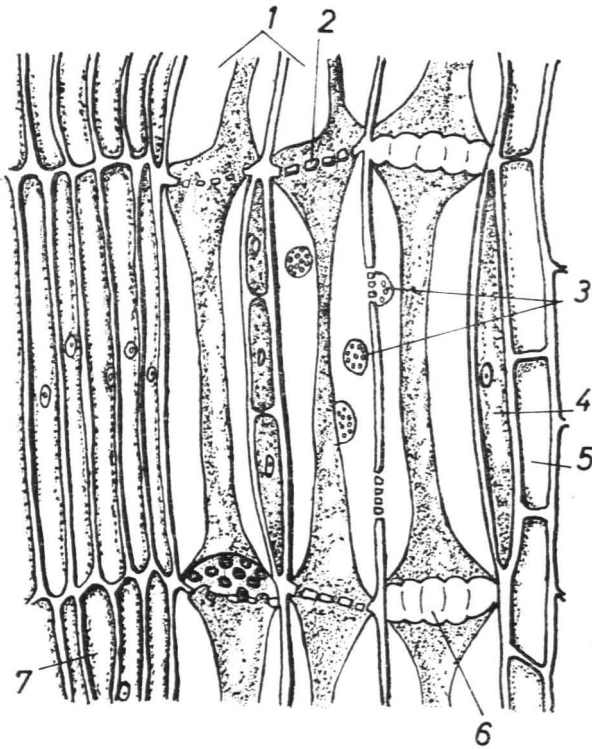
P a v a d ī t ā j š ū n a s atrodas ļoti cieši pie sietstobriem. To citoplazma nekrāsojas tik intensīvi kā sietstobros, jo satur mazāk olbaltumvielu. Ja preparāts krāsots ar floroglucīnu, pavadītājšūnām ne apvalks, ne iekšējais saturs nav krāsoti. Mikroskopā tās ir daudz tumšākas par citām šūnām, jo citoplazma ir bieza, viskoza un, griezumus gatavojot, tā nesakrīt kā sietstobriem.

Ķirbja vadaudu kūlīša sastāvā ietilpst arī dzīvās parenhimātiskās šūnas, kurām atšķirībā no sietstobriem ir mazāki izmēri un nav redzamas sietplātnes, bet atšķirībā no pavadītājšūnām tās ir lielākas, stipri vakuolizētas, un tāpēc ir gaišākas par pavadītājšūnām.

Apskatot mikroskopa lielajā palielinājumā vadaudu kūlīša gārgriezumu preparātu, vēl labāk redzama sietstobriem raksturīgā anatomiskā uzbūve (66. att.). Starp izstieptajiem sietstobru segmentiem, kuru vidū atrodas labi saskatāmie, ar jodu krāsotie citoplazmas pavedieni, redzamas pārgrieztās sietplātnes, kurām cauri stiepjas blakusesošo sietstobru citoplazmas pavedieni. Blakus sietstobriem redzamas pavadītājšūnas, pie tam to nosmailotie gali atrodas pie sietplātnēm.

Ja griezumš ir slīps attiecībā pret stumbra garenisko asi, tad sietplātnēm ir šauras elipses veids, tajās redzamas poras, bet pārgrieztie citoplazmas pavedieni redzami tikai pie pašām sietplātnēm.

Veģetācijas perioda beigās, sietstobriem novecojot, ķirbjiem, tāpat kā citiem lakstaugiem, sietplātnes perforācijas pamazām aizaug ar ogļhidrātu *kallozi*.



66. att. Ķirbja (*Cucurbita pepo* L.) stumbra bikolaterālā vadaudu kūliša lūksnes un kambija gargriezums:

1 — sietstobri ar citoplazmas pavedieniem; 2 — sietplātne; 3 — sietplātnes sietstobru sānu šūnapvalkā; 4 — pavadijtājšūnas; 5 — lūksnes parenhīmas šūnas; 6 — kalluss.

Abās pusēs sietplātnei izveidojas tulznains ķermenis — *kalluss*, kas sevišķi labi redzams vadaudu kūliša gargriezumu preparātā. Tā kā kalluss stipri lauž gaismu, tas redzams kā spožs uzbiezējums abās sietplātnes pusēs. Tad notiek citoplazmas pilnīga atmiršana, un lūksne beidz funkcionēt kā vadaudi.

Dažiem augiem šis process ir atgriezenisks. Pavasarī kalloze izšķīst un sietstobri atkal sāk funkcionēt.

Kambijs. Ķirbja stumbra vadaudu kūliša šķērsgriezuma preparātā redzams, ka starp ārējo lūksni un koksni atrodas slānis dzīvu šūnu, kurām ir plāns šūnapvalks un kuras sakārtotas radiālās rindās. Šķērsgriezumā šīm šūnām ir taisnstūra veids. Tā ir vadaudu kūliša kambiālā zona, kas izveidojas, daloties sekundārās meristēmas — kambija šūnām tangenciālā virzienā. Dalīšanās procesā kambijs veido meitšūnas kā uz vienu, tā arī uz otru pusi (iekšpusi un ārpusi). Kambiālās zonas platums ir atkarīgs no kambija šūnu dalīšanās intensitātes. Kambiālās zonas perifērijas šūnas diferencējas par lūksnes elementiem, bet šūnas, kas izvei-

dojas uz iekšpusi, veido koksnes elementus. Kambija šūnas parasti veido koksne divreiz lielāku elementu skaitu nekā lūksnē. Visus audus, kurus veido sekundārie veidotājaudi — kambiji, sauc par *sekundārajiem audiem*. Stumbra augšana resnumā notiek kambija aktīvās darbības rezultātā.

Ķirbja vadaudu kūliša gargriezumā redzams, ka kambija šūnas izstieptas garumā, tām ir plāns šūnapvalks, mazliet nosmailoti, gandrīz taisnstūrveida gali; tās izvietojušās vienā līmenī. Šūnu iekšienē redzama citoplazma un kodols. Kambija šūnas ir gandrīz tikpat garas kā koksnes traheju posmi (segmenti) un sietstobri lūksnē.

Koksne. Ķirbja vadaudu kūliša šķērsriezuma preparātā tūlīt aiz kambiālās zonas uz stumbra iekšpusi atrodas kūliša koksnes daļa. Koksnes elementi — trahejas, traheīdas un koksnes parenhīmas šūnas redzami kā dažāda diametra apaļi caurumi ar uzbiezinātu, pārkoksnētu apvalku. Katrā vadaudu kūlītī blakus kambijam atrodas lielas sekundārās koksnes trahejas. Parasti tās ir porainās trahejas, kas klātas vēl ar papildu uzbiezinājuma tīklu, un tāpēc tās sauc par *porainajām tīklveida trahejām*. Aiz šīm lielajām trahejām atrodas mazāka diametra porainās, spirāliskās un dažas gredzenveida trahejas. Gredzenveida trahejas ir ļoti šauras un garas, jo pēc to rašanās stubrs audzis garumā. Aiz gredzenveida trahejām atrodas sīkas koksnes parenhīmas šūnas, bet aiz tām redzami atkal lūksnes elementi — sietstobri, pavadītājšūnas un lūksnes parenhīmas. Šie elementi kopā veido vadaudu kūliša iekšējo lūksni.

Ķirbja stumbra vadaudu kūlītī virzienā no perifērijas uz stumbra centru audi izvietojušies šādā secībā — primārā lūksne, sekundārā lūksne, kambiji, sekundārā koksne, primārā koksne, primārā (iekšējā) lūksne.

Ārējā primārā lūksne preparātā redzama tikai kā niecīga josliņa, ko veido saspiesto šūnu apvalki. Primārās lūksnes šūnas saspiež un deformē sekundārie kūliša elementi, ko veido kambiji. Iekšējā primārā lūksne pēc savas uzbūves atgādina sekundāro lūksni. Primāro koksni parasti veido šauras gredzenveida un spirāliskas trahejas. Sekundārajā koksne galvenokārt ir lielās porainās vai porainās tīklveida trahejas.

Pēc ķirbja stumbra šķērsriezumu preparāta krāsošanas ar joda šķīdumu kālija jodīda šķīdumā vai ar floroglucīnu un izpētes mikroskopa mazajā, bet pēc tam lielajā palielinājumā uzzīmē ķirbja stumbra atklāto bikolaterālo vadaudu kūlītī, atzīmējot ārējo lūksni (lūksnes parenhīmu, sietstobrus, pavadītājšūnas), kambiju, koksni (trahejas, traheīdas, koksnes parenhīmu), iekšējo lūksni

(sietstobrus, pavadītājšūnas un lūksnes parenhīmu), kā arī pamat-
audu parenhīmu, kurā atrodas viss vadaudu kūlītis.

Atsevišķā zīmējumā jāparāda lūksnes elementi, kas redzami
ķirbja stumbra gargriezumu preparātā, un jāatzīmē sietstobri,
sietplātne, citoplazmas pavediens sietstobrā un pavadītājšūnas, kā
arī blakusesošās kambija šūnas.

Atsevišķi jāuzzīmē visi koksnes elementu skulpturālie uzbiezi-
nājumu veidi gredzenveida, spirāliskajās, kāpņveida, tīklveida un
porainajās trahejās.

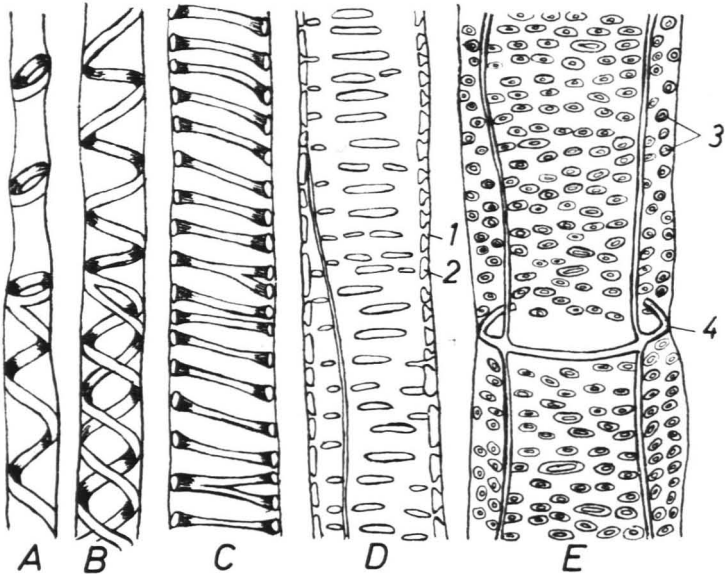
KOKSNES ELEMENTI SAULGRIEZES (*HELIANTHUS ANNUUS L.*) STUMBRA

Labs un pieejams objekts galveno koksnes elementu — traheju
izpētei ir saulgrieze. Apmēram 1...1,5 cm diametra saulgriezes
stumbra gabaliņus, kas fiksēti spirtā, pārgriež uz pusēm caur
centru un attīra no parenhimatiskajām serdes šūnām. Pēc tam
pagatavo preparātu no plāniem radiāliem gargriezumiem. Viena
preparāta pagatavošanai izmanto vairākus plānus griezumus.
Preparātu krāso ar floroglucīnu un sālskābi.

Pagatavoto preparātu apskata mikroskopa mazajā palielinā-
jumā, bet sikāk izpēta lielajā palielinājumā.

Tuvāk serdei atrodas traheīdas, kas pirmās radušās no pro-
kambija ontogēneses procesā. Šīm traheīdām ir plāns šūnapvalks
ar gredzenveidīgiem sekundārajiem uzbiezinājumiem. Tātad tās ir
gredzenveida traheīdas. Gredzenveida uzbiezinājumi, kas sākumā
atrodas tuvu cits citam, pasargā traheīdas no saspiešanas. Stum-
bram augot, izstiepjās arī traheīdas un gredzenveidīgie uzbiezi-
nājumi attālinās cits no cita. Tā rezultātā traheīdu izturība sama-
zinās un apkārtējās šūnas tās saspiež. Tūlīt pēc gredzenveida
traheīdām kūlīša perifērijas virzienā līdzīgi veidojas trahejas, ku-
rām sekundārie uzbiezinājumi ir spirāles vai dubultspirāles veida.
Katra trahejas posma spirāles savienojas ar nākamā posma spi-
rālēm, izveidojot vienu kopīgu spirāli. Dažreiz spirālveida uzbie-
zinājums mijas ar gredzenveida uzbiezinājumiem, veidojot spirā-
liskās gredzenveida trahejas (67. att.).

Spirāliskās trahejas, tāpat kā gredzenveida trahejas, rodas
laikā, kad stumbra augšana vēl nav beigusies, tādēļ, trahejai
augot, spirāliskie uzbiezinājumi izstiepjās. Trahejas, kas, orgā-
niem augot, spēj stiepties, sauc par *protoksilēmu*. Ja saulgriezes
vadaudu kūlīša gargriezuma preparātā spirāliskas trahejas ir
pārgrieztas gareniskā virzienā, tad spirāliskie uzbiezinājumi izska-
tās kā pusgredzenu rinda.



67. att. Saulgriezies (*Helianthus annuus* L.) koksnes trahejas:

4 — spirāliskā gredzenveida; B — spirāliskā; C — spirāliskā traheja gargriezumā; D — kāpņveida traheja; E — porainā traheja; 1 — primārais šūnapvalks; 2 — sekundārais šūnapvalks; 3 — dobumporas; 4 — trahejas posmu robeža.

Vēlāk par protoksilēmu un vēl tuvāk stumbra perifērijai veidojas trahejas ar vienmērīgāku uzbiezinājumu un pārkoksnētu šūnapvalku, kas vairs nespēj stiepties garumā. Šo koksnes daļu sauc par *metaksilēmu*. Atkarībā no šūnapvalka neuzbiezināto vietu formas šīs trahejas var būt kāpņveida, tīklveida un porainās. Kāpņveida trahejām vienmērīgi uzbiezinātajā šūnapvalkā paliek poras — neuzbiezināti primārā šūnapvalka laukumi svītru veidā, kas atrodas cits virs cita un atgādina kāpnes. Šo poru garums dažādās trahejās ir dažāds un var sasniegt trešdaļu trahejas diametra vai pat veselu trahejas diametra garumu. Kāpņveida traheju var pat uzskatīt par spirālisko traheju, kurai atsevišķas spirāles vītnes atrodas tik tuvu cita citai, ka ir savstarpēji savienojušās ar malām. Trahejas, kas izveidojušās pēc kāpņveida trahejām un kurām ir šaurākas, bet garākas un apaļākas poras, sauc par tīklveida un porainajām trahejām.

Traheju poru uzbūve saulgriezies vadaudu kūlītī atšķiras no iepriekš aprakstīto mehānisko audu elementu poru uzbūves. Trahejām ir dobumporas, kurām poras vietā sekundārais šūnapvalks

ir pacelts uz augšu. Līdz ar to starp primāro šūnapvalku un sekundāro šūnapvalku rodas brīva telpa — dobums (no tā arī radies dobumporas nosaukums). Poras uz traheju gareniskajām sienām nodrošina ūdens pārvadīšanu stumbrā horizontālā virzienā. Poraino traheju diametrs vienmēr ir lielāks par apkārtējo šūnu diametru, tādēļ traheju gargriezumā uz to sienām redzamas gareniskas svītras, kas atbilst blakusesošo šūnu saskares vietām ar traheju.

Saulgriezies vadaudu kūliša koksnes sastāvā bez iepriekš minētajām trahejām ietilpst arī sklerenhimas un dzīvās parenhīmas šūnas, kas ir izveidojušās starp trahejām. Jāatzīmē, ka trahejas saulgriezies vadaudu kūlītī izvietotas radiālās rindās.

Dažām augu sugām līdzās augsti organizētajiem ūdens pārvadīšanas elementiem — trahejām vadaudu kūlišos sastopamas arī traheīdas. Traheīdu veidošanās procesā šķērssieniņu šūnapvalks nesabrūk, tādēļ izveidojas garas, stipri izstieptas šūnas, kas atrodas cita virs citas un savienojas ar slīpām šķērssieniņām, kurās ir dobumporas.

Pēc krāsotā saulgriezies stumbra radiālo gargriezumumu preparāta izpētes mikroskopa lielajā palielinājumā uzzīmē gredzenveida, spirāliskās, kāņņveida, tīklveida un porainās trahejas gargriezuma fragmentu.

VADAUDU KŪLIŠI

Vadaudu kūliši var sastāvēt tikai no koksnes, tikai no lūksnes vai arī no koksnes un lūksnes. Ja vadaudu kūlītī veido tikai lūksne vai arī tikai koksne, to sauc par *vienkāršo vadaudu kūlītī*, bet, ja to veido koksne un lūksne, tad — par *salikto vadaudu kūlītī*.

Vadaudu kūliši veidojas no prokambija, tā šūnām daloties un diferencējoties. Ja diferencēšanās procesā vadaudu kūlītis izveidojas no visa prokambija, tad tādu kūlītī sauc par *slēgtu vadaudu kūlītī*. Turpretī, ja viss prokambijs nav izlietots kūliša veidošanai, bet daļa prokambija saglabā savas meristematiskās īpašības un vadaudu kūlītis spēj sekundāri pāresnīnāties, tad tādu kūlītī sauc par *atklāto* jeb *vaļējo vadaudu kūlītī*. Darbīgo meristēmas kārtu vadaudu kūlītī sauc par *kūlišu kambiju*.

Vadaudu kūlišu elementi atkarībā no to veidošanās laika ir atšķirīgi pēc lieluma un veida. Elementi, kas veidojušies pirmie, ir mazāki par tiem, kas izveidojušies vēlāk. Vadaudu kūliša koksnes daļā vispirms veidojas protoksilēma (sastāv no gredzenveida un spirāliskajām trahejām), bet pēc tam — metaksilēma (kāņņ-

veida, tīklveida un porainās trahejas). Atklātajos vadaudu kūlišos no kūlišu kambija veidojas tīklveida un porainās trahejas.

Tāpat kā koksne, arī lūksne izšķir profloēmu un metafloēmu.

Vienkāršos vadaudu kūlišus iedala *lūksnes* jeb *floēmas kūlišos* un *koksnes* jeb *ksilēmas kūlišos*. Kailsēkļiem no vadaudu elementiem lūksnes kūlišos ietilpst sietstieברי, bet segsēkļiem — kā sietstobri, tā arī pavadītājšūnas.

Lūksnes kūliši ir raksturīgi ziedu vainaglapās. Tie sastopami arī ķirbju, pulkstenišu un kaktusu dzimtas augu stumbros līdzās saliktajiem vadaudu kūlišiem.

Koksnes kūlišus veido galvenokārt traheīdas, bet daudziem augiem ir arī trahejas. Koksnes vadaudu kūliši sastopami parasti lapās (sīkās dzīslas).

Kā koksnes, tā arī lūksnes kūlišos bez vielu pārvadīšanas elementiem var būt arī attiecīgi koksnes un lūksnes parenhīmas šūnas.

Saliktie vadaudu kūliši augos sastopami daudz biežāk par vienkāršajiem vadaudu kūlišiem. Atkarībā no koksnes un lūksnes sakārtojuma veida kūlītī izšķir 4 saliktos vadaudu kūlišu veidus (68. att.).

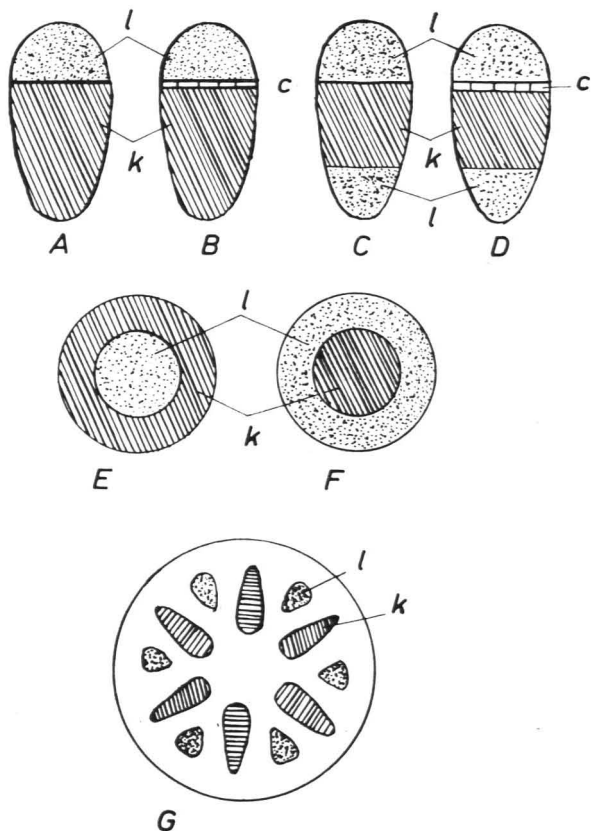
1. Kolaterālajos vadaudu kūlišos koksne un lūksne atrodas blakus. Šķersgriezumā kūliši var būt ovāli, olveidīgi vai elipsveidīgi. Stumbru kolaterālajā vadaudu kūlītī lūksne vērsta uz stumbra ārpusi, bet koksne — uz iekšpusi. Lapu kolaterālajos vadaudu kūlišos lūksne atrodas lapas apakšpusē, bet koksne — virspusē.

Kolaterālie vadaudu kūliši var būt *slēgti* un *atklāti*. Slēgtie kolaterālie vadaudu kūliši raksturīgi viendīgļlapjiem, piemēram, graudzāļu un liliju dzimtas augiem. Viendīgļlapju stumbros kolaterālie vadaudu kūliši izkaisīti izklaidus pa visu stumbru. Kailsēkļiem un divdīgļlapjiem raksturīgi atklātie kolaterālie vadaudu kūliši, kas stumbrā izvietoti gredzenveidīgi.

2. Bikolaterālajos vadaudu kūlišos lūksne izvietota uz ārpusi un iekšpusi no koksnes. Bikolaterālajā vadaudu kūlītī izšķir ārējo lūksni, koksni un iekšējo lūksni. Var uzskatīt, ka bikolaterālais vadaudu kūlītis sastāv no viena salikta (kolaterāla) un viena vienkāršā (lūksnes) vadaudu kūliša.

Bikolaterālie vadaudu kūliši šķersgriezumā ir ovāli. Augos tie sastopami samērā reti.

3. Koncentriskie vadaudu kūliši var būt divējādi: 1) *leptocentriskie* jeb *amfivazālie vadaudu kūliši*, kuros lūksne atrodas vidū un to aptver koksne. Šie kūliši raksturīgi maijpuķītēm, skalbēm, kalmēm; 2) *hadrocentriskie* jeb *amfikribrālie vadaudu kūliši*, kuros koksne atrodas vidū un to aptver lūksne. Šie kūliši raksturīgi papardēm. Koncentriskajos vadaudu kūlišos kambija nav.



68. att. Sālikto vadaudu kūlīšu shēma:

A — slēgtais kolaterālais vadaudu kūlītis; B — atklātais kolaterālais vadaudu kūlītis; C — slēgtais bikolaterālais vadaudu kūlītis; D — atklātais bikolaterālais vadaudu kūlītis; E — koncentriskais leptocentriskais vadaudu kūlītis; F — koncentriskais hadrocentriskais vadaudu kūlītis; G — radiālais vadaudu kūlītis; l — lūksne; k — koksne; c — kambijs.

4. Radiālajos vadaudu kūlīšos koksne izvietojusies starveidā, bet starp koksnes grupām atrodas lūksnes grupas. Atkarībā no koksnes grupu skaita radiālie vadaudu kūlīši ir *diarhi* — ar diviem koksnes stariem, *triarhi* — ar trijiem, *tetrarhi* — ar četriem, *pentarhi* — ar pieciem stariem un *poliarhi*, — ja koksnes staru skaits >5. Radiālie vadaudu kūlīši ir tipiski sakņu vadaudu kūlīši.

Vadaudu kūlīši stiepjas visā auga garumā. Parasti tie savienojas savā starpā, izveidojot vienotu auga vadaudu sistēmu. Arī lapās no to apmales uz centrālo daļu vadaudu kūlīši apvienojas lielākos kūlīšos, kas turpinās lapas kātā un tālāk stumbrā. Ja vadaudu kūlītis no stumbra turpinās lapā, tad tādu kūlīti sauc par *kopīgo vadaudu kūlīti*.

VIENKĀRŠAIS VADAUDU KŪLĪTIS
MĀJAS PLŪMES (*PRUNUS DOMESTICA* L.) LAPĀ

Vienkāršā vadaudu kūliša anatomiskās uzbūves izpētei var izmantot dažādu augu lapas (koksnes kūliši) un ziedus (lūksnes kūliši). Šim nolūkam spirtā fiksētu mājas plūmes lapu ieliek plūškoka serdes gabaliņa iešķēlumā un ar bārdas nazi pagatavo lapas šķērsriezumu tā, lai griezumā būtu perpendikulāri kāda sīka vadaudu kūliša gareniskajai asij. Pēc tam no iegūtajiem griezumiem pagatavo preparātu, kuru krāso ar floroglucīnu un apskata mikroskopā.

Mikroskopa mazajā palielinājumā redzama tipiska lapas anatomiskā uzbūve ar epidermu, zedeņu parenhīmu, irdeno parenhīmu un apakšējo epidermu (sk. 249. lpp.). Mezofilā atrodas vadaudu kūliši. Lielākie no tiem ir slēgtie kolaterālie vadaudu kūliši, bet sīkākie un vienkāršie — koksnes kūliši. Pēc tam preparātu sīkāk izpēta mikroskopa lielajā palielinājumā.

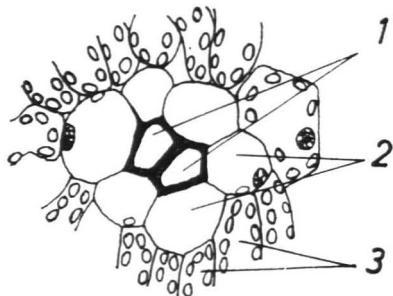
Koksnes kūliša uzbūve ir ļoti vienkārša (69. att.). Pēc būtības ar vienkāršajiem vadaudu kūlišiem izbeidzas vadaudu sistēma asimilācijas audos. Šāds kūlītis izbeidzas ar vienu vai divām traheidām. Mājas plūmes lapas šķērsriezumā ar floroglucīnu krāsotajā preparātā koksnes kūlītis redzams sarkanā krāsā, jo tā elementu — traheīdu šūnapvalks ir pārkoksnējies. Ap traheju vai traheidām atrodas gaišas parenhimatiskas šūnas, kurās atšķirībā no pārējām mezofila šūnām nav hloroplastu. Tās ir *aptverošās šūnas* — starpnieki starp vadaudu kūlīti un lapas mezofila šūnām.

Pēc preparāta izpētes mikroskopa lielajā palielinājumā uzzīmē koksnes kūlīti, atzīmē traheīdas, aptverošās šūnas un pārējās apkārtesošās mezofila šūnas.

Darbam var izmantot arī istabas augu — monsteras un gumijkoka lapas.

SLĒGTAIS KOLATERĀLAIS VADAUDU KŪLĪTIS
KUKURŪZAS (*ZEA MAYS* L.) STUMBRĀ

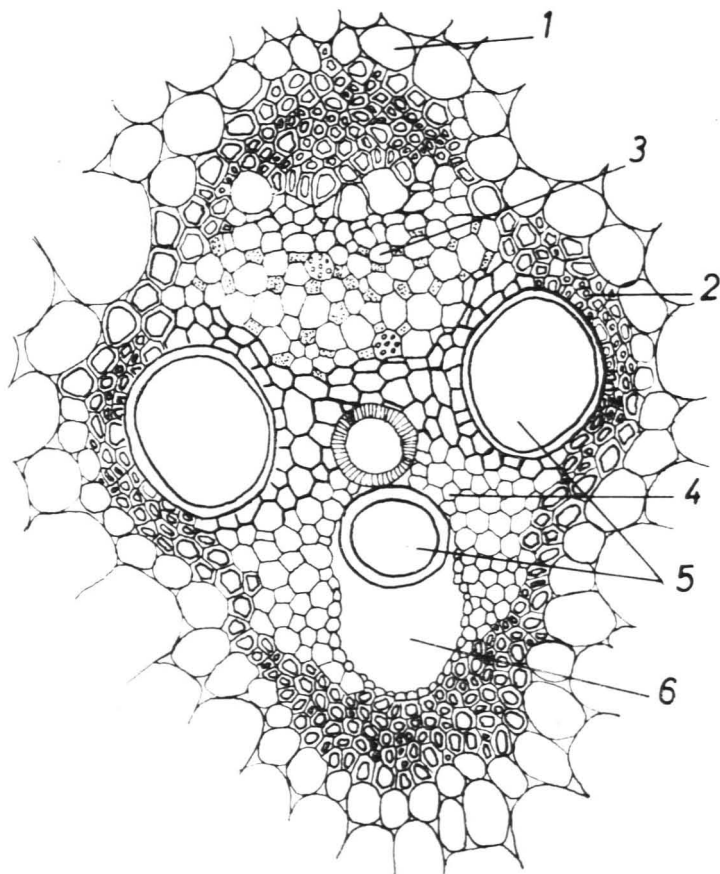
Kukurūzai ir tipiski slēgtie kolaterālie vadaudu kūliši. Lai iepazītos ar šāda vadaudu kūliša uzbūvi, pagatavo ļoti plānus



69. att. Vienkāršais vadaudu kūlītis mājas plūmes (*Prunus domestica* L.) lapā:
1 — traheīdas; 2 — aptverošās šūnas; 3 — mezofila šūnas ar hloroplastiem.

kukurūzas stumbra gabaliņa šķērsgriezumus, kurus krāso ar floroglucīnu un sālsskābi. Pēc tam griezumus ievieto glicerīna pilienā un apskata mikroskopā.

Kukurūzas stumbra šķērsgriezumā redzami ļoti daudzi vadaudu kūliši, kas nevienmērīgi izkaisīti starp lielajām parenhimatiskajām šūnām pa visu stumbru. Sīkākai izpētei izvēlas vienu no lielajiem, tipiskajiem vadaudu kūlišiem, kas atrodas tuvāk stumbra centram. Šo kūlīti apskata mikroskopa lielajā palielinājumā (70. att.). Ap kūlīti, bet dažkārt tikai tā augšpusē un apakšpusē



70. att. Slēgtais kolaterālais vadaudu kūlītis kukurūzas (*Zea mays* L.) stumbrā: 1 — pamataudu parenhīma; 2 — sklerenhīmas maksts; 3 — lūksne; 4 — koksnes parenhīma; 5 — trahejas; 6 — gaisa dobums.

redzamas vienveidīgas šūnas ar vienmērīgi uzbiezinātu, pārkoksnētu šūnapvalku. Tā ir sklerenhīma, kas parasti ap kukurūzas slēgto kolaterālo vadaudu kūlīti izveido *sklerenhīmas maksti*. Apmēram kūlīša vidū uz vienas šķērslinijas atrodas divas kukurūzas vadaudu kūlītim ļoti raksturīgas tiklveida vai porainās trahejas, bet starp tām — vairākas samērā lielas koksnes parenhīmas šūnas. Tuvāk vadaudu kūlīša centram atrodas 1..3 mazāka diametra trahejas. Tās parasti ir spirāliskās un gredzenveida trahejas. Aiz šīm trahejām centra virzienā atrodas liela starpšūnu telpa jeb gaisa dobums, kas izveidojies, sairstot šūnām. Ap mazākajām trahejām un gaisa dobumu atrodas koksnes parenhīmas šūnas ar nepārkoksnētu šūnapvalku. Šīs šūnas ir samērā sīkas. Trahejas un koksnes parenhīma kopā ar gaisa dobumu sastāda kukurūzas *vadaudu kūlīša koksnes daļu*.

Uz ārpusi no lielajām vadaudu kūlīša trahejām atrodas *lūksne*. Graudzālēm, tātad arī kukurūzai, lūksni veido tikai sietstobri un pavadītājšūnas, kas izvietojušās ļoti regulāri — šahveidīgi. Lielākās no lūksnes šūnām ir sietstobri. Vairums to šķiet tukšas, bet daļai ļoti saskatāmas sietplātnes. Starp sietstobriem redzamas sīkākas un tumšākas šūnas ar biezu iekšējo saturu. Tās ir pavadītājšūnas. Citu elementu kukurūzas vadaudu kūlīša lūksnē nav. Visi vadaudu kūlīša audi ir primāri, jo tie radušies no primārās meristēmas — prokambija.

Kukurūzas vadaudu kūlīši nedaudz izstiepti stumbra radiālā virzienā, pie tam koksne atrodas stumbra centra virzienā, bet lūksne — virzienā uz perifēriju.

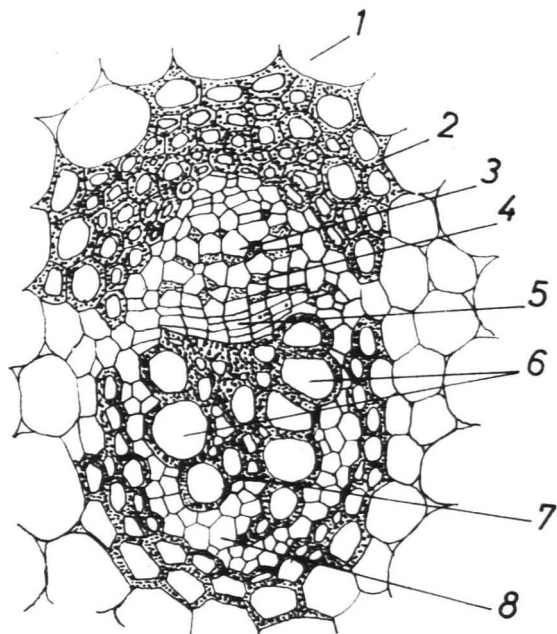
Kukurūzas vadaudu kūlīti nav kambija. Tas pieder pie slēgtā tipa vadaudu kūlīšiem, kas raksturīgi viendīgļlapjiem.

Pēc kukurūzas stumbra šķērsriezuma preparāta izpētes mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē slēgto kolaterālo vadaudu kūlīti un atzīmē lūksni, koksni un sklerenhīmas maksti, kas aptver kūlīti.

ATKLĀTAIS KOLATERĀLAIS VADAUDU KŪLĪTIS LOŽŅU GUNDEGAS (*RANUNCULUS REPENS* L.) STUMBRA

Piemērots objekts atklātā kolaterālā vadaudu kūlīša izpētei ir ložņu gundega. Gabaliņu spirtā fiksēta ložņu gundegas stumbra ieliek pāršķeltā plūškoka serdē, saspiež un ar bārdas nazi pagatavo dažus ļoti plānus stumbra šķērsgriezumus. Griezumus krāso ar floriglucīnu un sālsskābi, pēc tam tos ieliek glicerīna pilienā uz priekšmetstikla, apsedz ar segstiklu un apskata mikroskopā.

Mikroskopa mazajā palielinājumā redzams, ka pamataudu parenhīmā gredzenveidīgi izvietojušies atklātie kolaterālie vadaudu



71. att. Atklātais kolaterālais vadaudu kūlītis ložņu gundegas (*Ranunculus repens* L.) stumbkā:
 1 — pamataudu parenhīma; 2 — sklerenhīmas maksts; 3 — sietstobri; 4 — pavadītājšūnas; 5 — kambijs; 6 — trahejas; 7 — koksnes šķiedras; 8 — koksnes parenhīma.

kūliši. Mikroskopa lielajā palielinājumā redzams, ka katru vadaudu kūlīti apņem mehānisko audu — *sklerenhīmas maksts*, kas nokrāsojusies aveņsarkanā krāsā (71. att.). Vadaudu kūlīša apakšējā daļā, kas vērsta uz stumbra centru, redzamas dažas samērā sīkas *primārās koksnes trahejas*, ko apņem *koksnes parenhīmas šūnas* ar plānu apvalku. Perifērijas virzienā atrodas *sekundārā koksne*, ko veido relatīvi lielas trahejas, koksnes šķiedras (sklerenhīma) un koksnes parenhīmas šūnas ar pārkoksņētu apvalku. Aiz sekundārās koksnes atrodas kūlīša *kambiālā zona*, kas labi redzama tikai stumbra agrajā attīstības stadijās. Vēlāk kambija darbība tiek pārtraukta un kambiālo zonu praktiski vairs nav iespējams skaidri saskatīt.

Ložņu gundegas atklātā kolaterālā vadaudu kūlīša *lūksnes daļu* veido sietstobri un pavadītājšūnas. Pavadītājšūnas ir daudz tumšākas un sīkākas par sietstobriem. Tā kā ložņu gundegas stumbrs ir ložņājošs, mehāniskie audi tajā atrodas tikai ap vadaudu kūlīšiem.

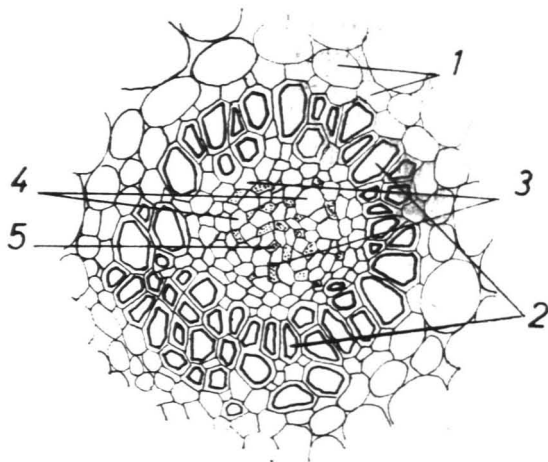
Pēc preparāta izpēti mikroskopa lielajā palielinājumā uzzīmē atklāto kolaterālo vadaudu kūlīti, atzīmē sklerenhīmas maksti ap vadaudu kūlīti, lūksni, koksni un kambiju.

KONCENTRISKAIS LEPTOCENTRISKAIS VADAUDU KŪLĪTIS
MAIJPUKĪTES (*CONVALLARIA MAJALIS* L.) SAKNENĪ

Ar tipisku koncentriskā vadaudu kūliša uzbūvi var iepazīties maijpuķītes sakneņu šķērsriezumu preparātā, kas krāsots ar flo-roglucīnu un koncentrētu sālsskābi. Apskatot pagatavoto prepara-tu mikroskopa mazajā palielinājumā, redzams, ka vadaudu kū-līši koncentrēti sakneņa centrālajā daļā un to uzbūve ir dažāda. Tuvāk periciklam atrodas tipiski kolaterālie vadaudu kūliši, bet sakneņa centrā — koncentriskie vadaudu kūliši, kur lūksne atro-das kūliša vidū, bet tai apkārt izvietojusies koksne. Visu vadaudu kūlīti apņem pamataudu parenhīma, kura sastāv no šūnām ar plānu apvalku.

Sīkāk koncentrisko vadaudu kūlīti izpēta mikroskopa lielajā palielinājumā. Tajā redzams, ka kūliša ārpusē atrodas lielas, tuk-šas šūnas ar biezu, pārkoksnētu apvalku, kas floriglucīna ietekmē iekrāsojies aveņsarkanā krāsā. Tā ir vadaudu kūliša koksnes daļa. Šī koncentriskā koksnes gredzena vidū atrodas lūksne (72. att.). Tajā var saskatīt lielākas un sīkākas šūnas. Lielākās šūnas ir sietstobri, bet starp tām atrodas pavadītājšūnas — sīkas, tumšas šūnas ar biezu iekšējo saturu.

Pēc maijpuķītes sakneņa šķērsriezuma preparāta izpētes mik-roskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē vienu vadaudu kūlīti un atzīmē pamataudu parenhīmu, kas aptver kūlīti, koksni, lūksni ar sietstobriem un pavadītājšūnām, kā arī cietes graudus, kas redzami pamataudu parenhīmā.



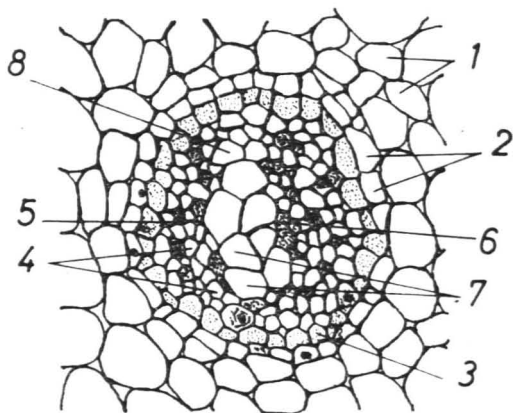
72. att. Koncentriskais leptocentriskais vadaudu kūlītis maijpuķītes (*Convallaria majalis* L.) sak-neni:

- 1 — pamataudu parenhīma;
2 — koksne; 3 — lūksne;
4 — sietstobri; 5 — pavadī-tājšūnas.

KONCENTRISKAIS HADROCENTRISKAIS VADAUDU KŪLĪTIS
PARASTĀS ĒRĢĻPAPARDES (*PTERIDIUM AQUILINUM* (L.) KUHN)
SAKNENĪ

Parastās ērģļpapardes saknenī, tāpat kā maijpuķīšu saknenī, atrodas koncentriskais vadaudu kūlītis, taču tam ir citāda anatomiskā uzbūve. Lai iepazītos ar to, pagatavo parastās ērģļpapardes ne pārāk veca sakneņa šķērss griezumu, kuru apstrādā ar floroglučinu un koncentrētu sālskābi vai arī ar sērskābo anilīnu.

Apskatot pagatavoto preparātu mikroskopa mazajā palielinājumā, redzams, ka pamataudu parenhīmā atrodas mehānisko audu — sklerenhīmas grupas, bet starp tām izkaisīti vadaudu kūliši. Katru vadaudu kūlīti no ārpusē aptver endoderma ar pabiezīnātu šūnapvalku (73. att.). Tā izveido it kā cilindru ap vadaudu kūlīti. Uz kūliša iekšpusi no endodermas atrodas kārtā samērā lielu šūnu, kurās ir daudz cietes graudu. Aiz šīs šūnu kārtas seko lūksne, ko veido samērā lielas, gaišas šūnas — sietstobri, kas izvietotas vienā rindā vai divās gandrīz paralēlās rindās. Starp sietstobriem redzamas sīkākas tumšas šūnas ar plānu apvalku. Tās ir lūksnes parenhīmas šūnas, kas satur citoplazmu un kodolu. Pavadītājšūnu lūksnē nav. No lūksnes uz vadaudu kūliša iekšpusi atrodas koksnes parenhīma, kas sastāv no sīkām šūnām, kurās daudz cietes graudu. Vadaudu kūliša vidū ir koksnes elementi ar biezu, pārkoksnētu šūnapvalku. Arī starp šiem koksnes elementiem atrodas koksnes parenhīmas šūnas. Sīkākie elementi koksnē ir protoksilēmas un metaksilēmas traheīdas, bet lielākie — metaksilēmas trahejas.



73. att. Koncentriskais hadrocentriskais vadaudu kūlītis parastās ērģļpapardes (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn) saknenī:

1 — pamataudu parenhīma; 2 — endoderma; 3 — cieti saturošu šūnu kārtā; 4 — sietstobri; 5 — lūksnes parenhīma; 6 — koksnes parenhīma; 7 — trahejas; 8 — traheīdas.

Protoksilēmas sīkās traheīdas parasti atrodas pašā kūlīša vidū, bet tām apkārt atrodas metaksilēmas trahejas un arī traheīdas. Lielajām metaksilēmas trahejām ir kāpņveida uzbiezinājumi, kas sevišķi labi redzami vadaudu kūlīša gargriezumā.

Pēc šķērsgriezuma preparāta anatomiskās uzbūves izpētes mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē koncentrisko hadrocentrisko vadaudu kūlīti. Zīmējumā parāda pamataudu parenhīmu, endodermu, cieti saturošu šūnu kārtu, lūksnes šķiedras, lūksnes parenhīmu, koksnes parenhīmu, trahejas un traheīdas.

Ar bikolaterālā vadaudu kūlīša uzbūvi jau iepazīnāties, pētot lūksnes un koksnes elementus ķirbja stumbrā (sk. 154. lpp.), bet ar radiālā vadaudu kūlīša uzbūvi iepazīsimies, pētot sakņu primāro uzbūvi (sk. 232. lpp.).

Vēdinātājaudi jeb aerenhīma

Par vēdinātājaudiem jeb aerenhīmu sauc audus, starp kuru šūnām atrodas lielas starpšūnu telpas, kas pildītas ar gaisu. Aerenhīma ir sevišķi labi attīstīta ūdensaugiem un purvos augošiem augiem, kuru saknes un sakneņi atrodas dūņās, kur ir ļoti maz skābekļa. Ar skābekli bagātais atmosfēras gaiss, kas iekļūst augā caur atvārsnītēm un lenticelēm, pa vēdinātājaudiem nonāk līdz visām stumbra un sakņu šūnām, tādējādi apgādājot tās ar nepieciešamo skābekli. Pa vēdinātājaudu sistēmu atmosfērā tiek izvadīta arī ogļskābā gāze, kas rodas elpošanas procesa rezultātā. Tātad aerenhīma augā nodrošina visa auga organisma apgādi ar skābekli un aerāciju jeb vēdināšanu.

Gaiss, kas atrodas ūdenī esošajās auga daļās, padara tās vieglākas, palielina to peldētspēju un palīdz tām ieņemt vertikālu stāvokli, tātad nodrošina nepieciešamo orientāciju telpā.

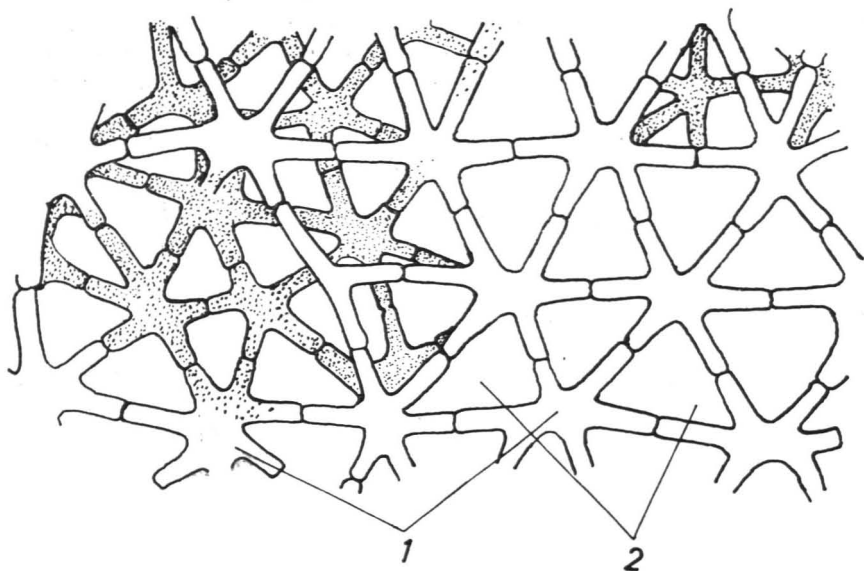
Aerenhīma var būt attīstīta dažādos auga orgānos — stumbros, sakneņos, saknēs, lapu plātnē un lapu kātā, kā arī ziedu kātā. Parasti tā ietilpst pamataudu parenhīmā, aizpildot stumbra serdi vai arī primāro mizu. Dažiem augiem aerenhīma veidojas peridermas vietā. Aerenhīmas šūnām parasti ir plāns celulozes apvalks.

Aerenhīma sastopama kalmju sakneņos, doņu, baltās ūdensrozēs, glīveņu un citu ūdensaugu un purva augu stumbros. Tā raksturīga arī daudzu tropu augu elpošanas jeb gaisa saknēs.

AERENHIMA IZPLESTĀ DOŅĀ (*JUNCUS EFFUSUS* L.) STUMBRĀ

Lai iepazītos ar izplestā doņa aerenhīmas anatomisko uzbūvi, pagatavo dažus plānus stumbra šķērsgriezumus, krāso tos ar floriglucīnu un sālsskābi vai ar sērskābo anilīnu un preparātu apskata mikroskopā.

Mikroskopa mazajā palielinājumā iepazīstas ar doņu stumbra vispārīgo uzbūvi. Stumbra perifērijā atrodas vienkārtaina epiderma. Epidermas šūnu ārējās sienīņas šūnapvalks ir stipri uzbiezināts. Aiz epidermas uz stumbra iekšpusi atrodas primārās mizas parenhīmas šūnas, kurās ir daudz hloroplastu. Citu asimilācijas audu doņiem nav, un tieši mizas parenhīmas šūnās notiek viss fotosintēzes process. Doņiem lapu nav, bet to funkciju veic stubrs. Apmēram 4...6 šūnu kārtu attālumā no epidermas stumbra centrālās daļas virzienā atrodas gaiši, ovāli laukumi, kas sastāv no lielām, saspiestām, tumšām šūnām ar plānu apvalku. Starp šiem laukumiem izvietojušies nelieli vadaudu kūliši. Virzienā uz perifēriju virs kūlišiem atrodas sklerenhīmas grupas ar bieziem, pārkoksnētiem šūnapvalkiem. Šīs sklerenhīmas grupas uz stumbra ārpusi sniedzas līdz pat epidermai, bet uz iekšpusi —



74. att. Izplestā doņa (*Juncus effusus* L.) stumbra aerenhīma:
1 — aerenhīmas zvaigzņveida šūnas; 2 — starpšūnu telpas.

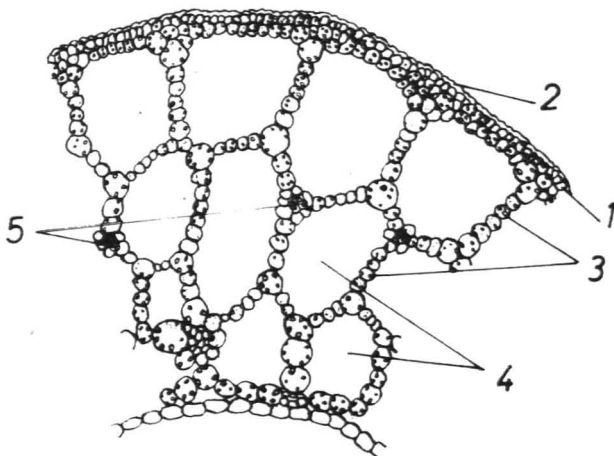
līdz vadaudu kūlītīm un aptver tā lūksnes daļu. Arī zem šiem kūlīšiem ir sklerenhīmas šūnu grupas, kas aptver kūlīša koksnes daļu. Dziļāk stumbra iekšienē atrodas daudz lielāki vadaudu kūlīši, kurus aptver sklerenhīmas maksts. Iepretī šiem kūlīšiem pie epidermas arī ir sklerenhīmas grupa, taču tā nesniedzas līdz lielajiem vadaudu kūlīšiem. Izplestā doņa stumbrā ir slēgtie kolaterālie vadaudu kūlīši, tāpat kā kukurūzas stumbrā, tikai gaisa dobuma vietā koksnes daļā atrodas primārās koksnes gredzenveida trahejas. Stumbra iekšējo daļu aizpilda stipri attīstīta serdes parenhīma — aerenhīma. Aerenhīmu veido īpatnējas zvaigžņveida šūnas, kurām nav iekšēja satura (74. att.). Zvaigžņveidīgās aerenhīmas šūnas saskaras ar stariem, izveidojot ļoti lielas, trīsstūrveidīgas, retāk četrstūrveidīgas starpšūnu telpas. Staru saskares vietās atrodas vienkāršās poras. Tādējādi izplestā doņa stumbra perifērijā izvietojušies segaudi, asimilācijas audi, mehāniskie audi un vadaudi, bet visu iekšējo daļu aizņem aerenhīma.

Pēc izplestā doņa stumbra šķērsriezumu preparāta pagatavošanas mikroskopa mazajā palielinājumā iepazīstas ar stumbra uzbūvi. Mikroskopa lielajā palielinājumā sīkāk izpēta aerenhīmas uzbūvi, uzzīmē daļu aerenhīmas, atzīmē zvaigžņveida šūnas un starpšūnu telpas.

AERENHĪMA PELDOŠĀS GLĪVENES (*POTAMOGETON NATANS* L.) STUMBRĀ

Anatomiskās uzbūves ziņā īpatnēja ir peldošās glīvenes stumbra aerenhīma. Lai iepazītos ar to, pagatavo stumbra šķērsriezumus, apstrādā tos ar floroglucīnu un sālskābi vai ar sērskābo anilīnu un preparātu apskata mikroskopā.

Mikroskopa mazajā palielinājumā redzams, ka glīvenes stumbra no ārpusē klāj vienkārtaina epiderma (75. att.). Tās šūnu ārējās sienīņas apvalks ir uzbiezināts, klāts ar kutikulu. Tūlīt zem epidermas atrodas aerenhīma — īpatnēji audi ar lielām starpšūnu telpām. Starpšūnu telpas citu no citas atdala viena šūnu rinda. Šie audi atgādina mežģīnes ar lielām acīm. Šādas lielas starpšūnu telpas stiepjās visā stumbra garumā un tās sauc par *gaisa ejām*. Gaisa ejas nodrošina gaisa uzkrāšanu, kā arī tā piekļūšanu visām auga daļām. Vietās, kur krustojas gaisa eju atdalītāju šūnu rindas, redzamas sklerenhīmas grupas, kam ir pārkoksnēti šūnapvalki un kas piedod glīvenes stumbram mehānisko izturību. Aerenhīma primārajā mizā atrodas līdz pat centrālajam cilindram. Pēdējā primārās mizas šūnu kārtā ir endoderma ar uzbiezinātu iekšējās un sānu sienīņas šūnapvalku. Stumbra centrālajā cilindrā redzami vairāki reducēti vadaudu kūlīši, kuros praktiski nav



75. att. Peldošās glīvenes (*Potamogeton natans* L.) stumbra aerenhīma:
 1 — epidermas šūnas; 2 — kutikula; 3 — aerenhīmas šūnu rindas; 4 — starpšūnu telpas — gaisa ejas; 5 — sklerenhīma.

koksnes elementu, bet to vietā atrodas gaisa dobums, kuru apņem koksnes parenhīmas šūnas.

Pēc peldošās glīvenes stumbra šķērsgriezuma preparāta izpēti mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē daļu aerenhīmas un atzīmē epidermu, kutikulu, aerenhīmas šūnu rindas, lielās starpšūnu telpas — gaisa ejas un sklerenhīmas grupas, kas atrodas aerenhīmas šūnu rindu krustošanās vietās.

Uzkrājējaudi

Uzkrājējaudi veic ūdens un rezerves vielu uzkrāšanas funkciju. Tie sastāv no izodiametriskām, parenhimatiskām šūnām. Rezerves vielas augā tiek uzglabātas vai nu ilgāku laiku (ciete bumbuļos un sakņos), vai arī tiek izmantotas un atkal veģetācijas periodā uzkrātas no jauna (ūdens krājumi sulīgo augu lapās un stumburā). Uzkrājējaudi atrodas *saknēs*, piemēram, bietēm, burkāniem, kāļiem, turnepšiem; *bumbuļos*, piemēram, kartupeļiem, topinambūram; *gumos*, piemēram, dālijām; *sakņos*, piemēram, ložņu vārpatai, kalmēm u. c.

Stumburā uzkrājējaudi veido *cietes maksti*, kas gredzenveidā aptver stumbru. Kokaugu stumbros uzkrājējaudi ir koksnes parenhīma. Uzkrājējaudi sevišķi labi attīstīti sēklās un augļos.

Uzkrājējaudus, kas uzkrāj ūdeni, sauc arī par *ūdens parenhīmu*. Tie sastāv vai nu no dzīvām parenhimatiskām šūnām, ku-

rām ir plāns celulozes apvalks, vai arī no nedzīvām traheīdveida šūnām, kas atšķirībā no parastajām traheīdām ir lielākas un gandrīz izodiametriskas formas. Labi attīstīta ūdens parenhīma ir sukulentu lapās (agavēm, alvejām) un stumbros (kaktusiem, eiforbijām).

Pēc organisko vielu uzkrāšanās vietas uzkrājējaudus iedala

1) audos, kuros barības vielas uzkrājas šūnu dobumā, un

2) audos, kuros barības vielas uzkrājas kā šūnu dobumā, tā arī šūnapvalkā.

Uzkrājējaudu šūnām, kurām barības vielas uzkrājas dobumā, ir plāns apvalks un sikas vienkāršās poras. Šūnas satur rezerves barības vielas — cukuru, cieti, inulīnu, aminoskābes, olbaltumvielas — *izšķīdušā veidā* (cukurs), *daļēji izšķīdušā veidā* (olbaltumvielas, inulīns), *daļēji cietā veidā* (ciete, olbaltumvielu kristāli kartupeļos), *cietā veidā* (aleirona graudi), *pusšķīdrā veidā* (eļļa rīcina augļos) un *gandrīz pilnīgi cietā veidā* (ciete pupiņu, lēcu, zirņu dīgļlapās).

Otra veida uzkrājējaudu šūnu dobumā uzkrājas aleirona graudi un eļļas, bet šūnapvalkā — hemicelulozes, gļotas. Šūnām ir stipri uzbiezīnāts apvalks, un tajās daudz vienkāršo poru. Šāda veida uzkrājējaudi ir kafijas pupiņu un datelpalmu endospermā, lupiņu dīgļlapās.

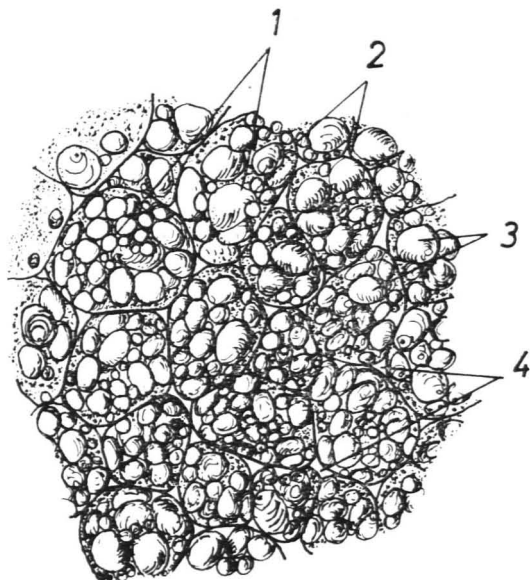
Pirms izmantošanas uzkrātās rezerves barības vielas tiek hidrolizētas, pārvērstas ūdenī šķīstošās vielās un nogādātas patēriņa vietās — plaukstošos pumpuros, dīgstos u. c. Rezerves vielas augs izmanto augšanai, attīstībai, elpošanai, resp., visu dzīvības procesu nodrošināšanai.

Ar dažiem uzkrājējaudu šūnu veidiem jau iepazīnāties, pētot rezerves barības vielu uzkrāšanos augos (sk. 89. lpp.).

UZKRĀJEJAUDI KARTUPEĻU (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) BUMBUĻOS

Lai iepazītos ar uzkrājējaudu uzbūvi kartupeļu bumbuļos, pagatavo plānu bumbuļa griezumu, kuru labi noskalo ūdenī, ievieto ūdens pilienā uz priekšmetstikla, apsedz ar segstiklu un apskata mikroskopā.

Mikroskopa mazajā palielinājumā redzamas lielas, izodiametriskas, parenhimatiskas šūnas ar plānu apvalku un starpšūnu telpas (76. att.). Šūnās atrodas ļoti daudz dažāda lieluma cietes graudi. Kad iepazīta kartupeļu bumbuļa uzkrājējaudu vispārīgā anatomiskā uzbūve, izvēlas plānāko vietu preparātā un detalizēti to izpēta mikroskopa lielajā palielinājumā. Tajā redzams, ka kartupeļu bumbuļa uzkrājējaudu šūnās esošajiem cietes graudiem



76. att. Uzkrājējaudi kartupeļu (*Solanum tuberosum* L.) bumbuļos:

1 — uzkrājējaudu šūnas; 2 — šūnapvalks; 3 — cietes graudi; 4 — starpšūnu telpas.

ir ekscentrisks slāņojums (sk. 91. lpp.), bet ap cietes graudiem, kuru šūnās ir ļoti daudz, atrodas bezkrāsaina citoplazma. Ja zem segstikla ievada pilienu joda šķīduma kālija jodīda šķīdumā, cietes graudi nokrāsojas zili violetā krāsā, skaidrāk kļūst redzams cietes graudu slāņojums, labāk izdalās arī citoplazma.

Pēc kartupeļu bumbuļa griezuma preparāta apskates un izpētes mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē vairākas uzkrājējaudu šūnas un atzīmē cietes graudus, šūnapvalku un starpšūnu telpas.

Izdalītājadi un pientvertnes

Daudzu augu orgānos atrodas pienam līdzīgs šķīdums — *lateks* jeb auga *piensula*, kas ir īpašu anatomisku veidojumu — pientvertņu šūnsula. Pientvertnes var atrasties visos auga orgānos — saknēs, stumbūrā, lapās. Tās parasti vijas cauri parenhīmai. Koksniē pientvertņu nav. Pientvertnes, tāpat kā vadaudu kūliši, no stumbriem pāriet zaros, bet pēc tam lapās, kur sazarojas un nobeidzas ar ieapaļiem galiem lapas mezofilā vai pat epidermā.

Pientvertņu šūnas ir dzīvas, ar plānu, elastīgu celulozes apvalku. Šūnu dobumā atrodas citoplazma ar leikoplastiem, kodolu

un vakuolām. Citoplazma izvietojusies gar šūnapvalku, bet visu pārējo šūnas dobumu aizņem vakuola, kas pildīta ar piensulu. Pientvertnes ir divējādas.

Vienkāršās piantvertnes jeb pienstobri ir ļoti lielas, gigantiskas dzīvas šūnas ar daudziem kodoliem. Tās caurauž auga orgānu vai visu augu, piemēram, eiforbijām. Daļa piensobru attīstās kā garas caurulītes, un tās sauc par *nezarotiem piensobriem*, bet daļa piensobru zarojas, un tos sauc par *zarotiem piensobriem*.

Saliktās piantvertnes jeb pienejas veidojas no vairākām rindām maisveidīgu šūnu, kuru apvalkā ir poras. Šūnu saplūšana jau notiek pirmajās auga attīstības fāzēs. Pienejas veidojas līdzīgi trahejām, vairākām šūnām saplūstot, šķērssienu izbūdot vai perforējoties. Daļa pieneju savstarpēji savienojas ar stobrveidīgiem saaugumiem — *anastomozēm* un izveido tīklojumu. Šādas pienejas sauc par *anastomozētām pienejām*. Nesaugušās pienejas sauc par *neanastomozētām pienejām*.

Piantvertņu saturs — piensula ir emulsija, kas satur 50...80% ūdens, organiskās skābes, sāļus, alkaloīdus (morfinu), glikozīdus, eļļas, olbaltumvielas, oghidrātus, miecvielas, gļotvielas, ēteriskās eļļas, sveķus, gutaperču, kaučuku, kalcija oksalāta kristālus u. c. Tātad piensula ir sarežģīts daudzu vielu komplekss, kurā ietilpst gan asimilētās vielas, gan arī vielu maiņas galaprodukti.

Zināmas apmēram 12 500 augu sugas no 900 ģintīm, kas satur piensulu. Bieži vien augiem, kuriem stipri attīstīti piensobri, vāji vai pat nemaz neattīstās sietstobri, piemēram, miega magonei (*Papaver somniferum* L.). Tātad piensobri piedalās arī vielu pārvadīšanā augā. Bez tam piensula veic aizsargfunkciju.

Augu piensulu cilvēks izmanto arī praktiskām vajadzībām. Rūpnieciski vissvarīgākā ir piensula, kas satur kaučuku. Nozīmīgākais kaučukaugs ir Brazīlijas heveja (*Hevea brasiliensis* L.), kuras piensula satur 40...50% kaučuka. Dažu augu piensulu izmanto arī pārtikā, piemēram, Ceilonas salā kultivē pienkoku (*Gymneura lactiferum*), kura piensulu lieto līdzīgi govju pienam.

Tā kā piensula bieži vien satur vielu maiņas galaproduktus (sveķus, gutu, kaučuku), tad piantvertnes pieskaitāmas pie izdalītājaudiem. Augu izdalītājaudi ietver ne tikai audus, bet arī atsevišķas *izdalītājūnas* jeb *dziedzeršūnas*, kas izdala sveķus, ēteriskās eļļas, gļotvielas un citus sekrētus. Augu sekrēti rodas un uzkrājas atsevišķās šūnās, tvertnēs, starpšūnu telpās jeb ailēs. Starpšūnu telpas var veidoties kā *lizogēni*, šūnām izšķīstot, tā arī *šizogēni*, šūnām atbīdoties citai no citas.

Daļa augu atdalīto sekrētu izdala uz āru, bet citi uzkrāj auga iekšienē. Pie ārējās izdalītājsistēmas pieder dziedzeršūnas un dziedzermatiņi, bet pie iekšējās izdalītājsistēmas — sekrētšūnas un sekrētaudi.

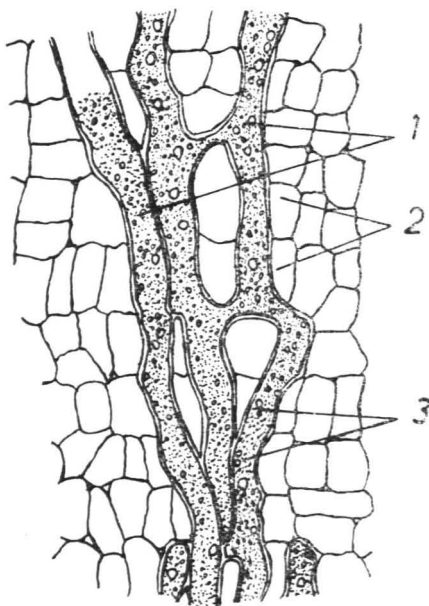
PIENEJAS CŪKPIENES (*TARAXACUM OFFICINALE* WEB.) SAKNĒS

Cūkpienu sakņu pienejas pieskaitāmas pie iekšējās izdalītājsistēmas. Lai iepazītos ar pieneju uzbūvi, pagatavo plānu cūkpienes saknes gargriezumu galvenokārt caur lūksni — saknes mizu. Preparāta pagatavošanai izmanto spirtā fiksētas cūkpienes saknes. Plāno gargriezuma preparātu apskata ūdens pilienā mikroskopā.

Cūkpienēm pienejas veidojas saknes sekundārajā lūksnē, kur tās izvietotas starp regulārām parenhīmas šūnām. Mikroskopa mazajā palielinājumā gargriezuma preparātā pienejas izskatās kā tumši, sazarotī kanāli, kas sastāv no atsevišķām šūnām (segmentiem), kuras ir tikpat garas kā apkārtējās lūksnes parenhīmas šūnas (77. att.). Šūnu šķērssienu ir sairusas, un tāpēc pienejas redzamas kā garas nepārtrauktas caurulītes.

Mikroskopa lielajā palielinājumā redzams, ka pienejām ir biezs, graudains iekšējais saturs (piensula) ar kaučuka globulām, bet dažreiz arī spožiem eļļas pilieniem. Dažkārt, gatavojot saknes griezumā, kaučuka kamoliņi izstiepjas pavedienos, kas paliek uz griezuma. Šos kaučuka pavedienus nedrīkst ņaukt ar pienejām.

Apskatot cūkpienes saknes gargriezuma preparātu mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā, iepazīstas ar pieneju uzbūvi un izvietojumu un uz zīmē daļu no cūkpienes saknes sekundārās lūksnes. Atzīmē pienejas, lūksnes parenhīmas šūnas un pieneju saturu — piensulu.



77. att. Cūkpienes (*Taraxacum officinale* Web.) sakņu pienejas:

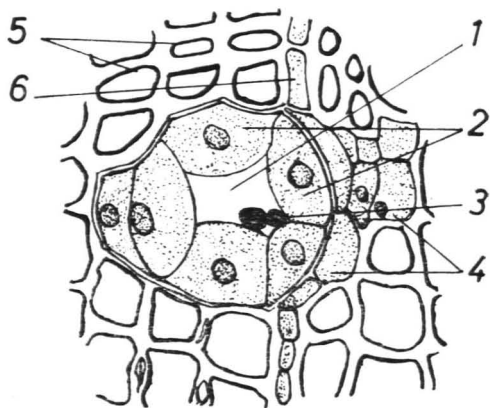
1 — pienejas; 2 — lūksnes parenhīmas šūnas; 3 — latekss.

Priedes koksnes sveķu ailes pieder pie iekšējās izdalītājsistēmas. Lai iepazītos ar sveķu ailes anatomisko uzbūvi, pagatavo plānus priedes koksnes šķērs griezumus, krāso tos ar floroglucīnu un koncentrētu sālskābi, ieliek glicerīnā uz priekšmetstikla, apsedz ar segstiklu un veic mikroskopisko izpēti. Griezumus pagatavo no spirta un glicerīna maisījumā (1:1) turētiem priedes stumbra (zaru) gabaliņiem.

Aplūkojot mikroskopa mazajā palielinājumā priedes koksnes šķērs griezuma preparātu, redzams, ka starp sarkani krāsotajām regulārajām traheīdu rindām atrodas nekrāsotu šūnu grupas. Tās ir sveķu ailes un ap tām esošās dzīvās parenhīmas šūnas. Sveķu ailes vidū atrodas liela starpšūnu telpa — sveķu ailes dobums, kurā uzkrājas sveķu pilieni (78. att.).

Pēc tam, aplūkojot sveķu ailes mikroskopa lielajā palielinājumā, redzams, ka tās veido dzīvas šūnas, kas pildītas ar biezu citoplazmu un labi saskatāmu kodolu. Priedes koksnes sveķu ailes ir izveidojušās šizogēni, šūnām atbīdoties citai no citas un tādējādi radot sveķu ailes dobumu, kur uzkrājas dziedzeršūnu izdalītie sveķi. *Dziedzeršūnas* jeb *epiteliālās šūnas* izklāj sveķu aili no iekšpuses. Parasti sveķu aili veido četras šūnas, atbīdoties cita no citas. Ja šādas dziedzeršūnu grupas ar starpšūnu dobumu vidū atrodas cita virs citas, tad izveidojas gara eja jeb kanāls. Priedes koksne sveķu ailes izvietotas gan vertikālā, gan horizontālā virzienā un, savstarpēji savienojoties, rada vienotu sveķu aiļu sistēmu, kas arī nodrošina sveķu iegūšanu no priedēm atsveķošanas procesā. Epiteliālajām šūnām daloties, sveķu aile kļūst lielāka.

Priedes stumbra koksnes šķērs griezuma preparāta mikroskopiskā izpētē iepazīstas ar sveķu ailes anatomisko uzbūvi, uzzīmē sveķu aili un atzīmē sveķu ailes dobumu, dziedzeršūnas, sveķu pilienus, parenhīmas šūnas, traheīdas un serdes starus.



78. att. Sveķu ailes priedes (*Pinus sylvestris* L.) stumbra koksne:

1 — sveķu ailes dobums; 2 — epitheliālās šūnas; 3 — sveķu pilieni; 4 — parenhīmas šūnas; 5 — traheīdas; 6 — serdes stars.

preparātu krāso ar krāsvielu sudānu III. Uzmanīgi paceļ segstiklu, ar filtrpapīru atsūc lieko ūdeni, tā vietā uzliek pilienu krāsvielas, preparātu apsedz ar segstiklu un turpina apskati mikroskopā. Sudāns III, šķīstot ēteriskajā eļļā, nokrāso eļļu un arī kutikulu. Rūpīgi apskatot krāsotos matiņus, var izsekot pakāpeniskam ēteriskās eļļas uzkrāšanās procesam. Sākumā ēteriskā eļļa redzama sīku pilienu veidā, tad pakāpeniski tā uzkrājas, līdz izveido dziedzermatiņa galā jau minēto ēteriskās eļļas pūslīti. Nevienā dziedzermatiņu šūnā neizdodas konstatēt ēterisko eļļu protoplasta iekšienē. Tas norāda, ka visa ēteriskā eļļa, ko izdala galotnes šūna, submikroskopisku pilienu veidā uzkrājas tikai zem kutikulas.

Pēc tam kad kutikula saplīst un ēteriskā eļļa izplūst ārā, sākas jaunu ēteriskās eļļas pilienu veidošana utt.

Pagatavoto pelargonijas lapas šķērsriezuma preparātu apskata mikroskopā, iepazīstas ar dziedzermatiņu uzbūvi un uzzīmē vienu dziedzermatiņu. Atzīmē dziedzermatiņa kātiņa šūnas, dziedzermatiņa galviņu, šūnapvalku, citoplazmu, kodolu, vakuolu, kutikulu un ēteriskās eļļas pilienu dziedzermatiņa galā.

III. AUGU ORGĀNI

Augstāko augu daudzšūnu organisms ir ilgstošas specializācijas rezultāts evolūcijas procesā. Šīs specializācijas rezultātā radās morfoloģiskas un fizioloģiskas atšķirības starp atsevišķām augu organisma daļām — izveidojās augu orgāni. Sākumā botāniķi uzskatīja, ka augam ir daudz orgānu, bet vēlākā laikā to skaitu reducēja līdz trim — stumbram, saknēm un lapām.

Stumbra, lapu un sakņu savstarpējās attiecības, kā arī to attiecības ar augu kopumā līdz pat mūsdienām ir aktuālākā problēma augu morfoloģijā. Ja augstākie augi ilgstoša evolūcijas procesa rezultātā izveidojušies no uzbūves ziņā ļoti primitīviem sauszemes augiem, tad filoģenētiski lapai, stumbram un saknei jābūt tuvu radniecīgiem. Arī ontoģenētiski visiem šiem trim augu orgāniem ir kopīga izcelšanās. Tie attīstās no vienas zigotas. Bez tam apikālajā vasas meristēmā lapas un stumbrs attīstās savstarpēji atkarīgi viens no otra kā vienota struktūra. Arī pēc izveidošanās tie veido vienotu veselu kā ārējās, tā arī iekšējās uzbūves ziņā. Saknes un stumbrs arī veido vienotu struktūru, un tiem ir daudz kopīgu iezīmju kā formas, anatomiskās uzbūves, tā arī funkciju un augšanas rakstura ziņā.

Ikviens augstākais augs sāk savu eksistenci no morfoloģiski vienkāršas viensūnas zigotas. No zigotas tālāk attīstās dīgļis, bet galarezultātā — sporofīts. Šajā attīstībā ietilpst šūnu dalīšanās, augšana un diferencēšanās, kā arī vairāk vai mazāk sarežģītu komplekso audu vai audu sistēmu izveidošanās. Sēkļaugu dīgļa uzbūve salīdzinājumā ar pieauguša auga uzbūvi ir samērā vienkārša. Tam ir tikai dažas sastāvdaļas — dīgļa ass un viena vai divas dīgļlapas, kas pie tās atrodas. Gandrīz visas dīgļa šūnas un audi ir maz diferencēti. Taču dīgļis spēj augt, jo tam abos ass galos atrodas apikālā (galotnes) meristēma, no kuras vēlāk attīstās sakne un vasa. Pēc sēklas dīgšanas, attīstoties saknei un vasai, parādās jaunas apikālās meristēmas, kas var izraisīt šo orgānu atkārtotu zarošanos. Pēc noteikta veģetatīvās augšanas perioda augs nonāk reprodūktīvajā stadijā un līdz ar to viens augšanas un attīstības cikls nobeidzas.

Augu orgāni, kas izveidojušies no apikālās meristēmas, no teiktu laiku aug garumā un platumā, t. i., palielinās. Šādu sakņu, kā arī veģetatīvo un reprodūktīvo vasu augšanu sauc par *primāro augšanu*. Augs, kas izveidojies primārās augšanas rezultātā, sastāv no *primārajiem audiem*. Vairumam kriptogāmo augu (kriptogāmajiem augiem neparādās ziedi, bet sīkie apaugļošanās orgāni ir apslēpti) un viendīgļlapjiem viss sporofīta dzīves cikls noslēdzas ar primāro uzbūvi. Kailsēkļiem, vairumam divdīgļlapju un dažiem viendīgļlapjiem stumbrs un sakne spēj pārsniegties *sekundārās augšanas* rezultātā. Sekundārā augšana var būt *difūza*, saistīta ar pamataudiem (palmām), un *kambiāla*. Kambiālo sekundāro augšanu nodrošina sekundārie veidotāji — *kambijs*, kas veido sekundāros vadaudus. Augošās auga ass perifērijas zonā attīstās korķa kambiji — *fellogēns*, kas veido sekundāros segaudus — *peridermu*. Audi, kuri rodas no kambija un korķa kambija, ir *sekundārie audi*. Šie audi atšķirīgi no primārajiem audiem. Audus, kas radušies difūzās sekundārās augšanas rezultātā, grūti atšķirt no primārajiem audiem.

Augiem ir veģetatīvie un ģeneratīvie orgāni. Veģetatīvie orgāni nodrošina auga individuālo pastāvēšanu. Ar tiem augs uzņem barību, nostiprinās substrātā, uzkrāj barības vielas. Augstāko augu veģetatīvie orgāni ir stumbrs, sakne un lapas, kā arī to pārveidnes — sakneņi, sīpoli, bumbuļi, ērkšķi u. c. Ar veģetatīvajiem orgāniem augs var arī vairoties.

Ģeneratīvie orgāni nodrošina auga sugas turpināšanu, t. i., auga vairošanos. Augstāko augu ģeneratīvie orgāni ir putekšņlapas un auglenicas, kur attīstās vīrišķās un sievišķās dzimumšūnas. Tie sakopoti morfoloģiskajā veidojumā — ziedā.

Stumbrs

Tipisks stumbrs ir auga virszemes veģetatīvais orgāns, kas anatomiski un fizioloģiski saista auga uzsūcējsistēmu — saknes un asimilācijas sistēmu — lapas. Pa stumbru no saknēm uz lapām pārvietojas ūdens un tajā izšķīdušās minerālvielas, bet no lapām uz patēriņa un uzkrāšanās vietām — organiskās vielas, kas radušās lapās fotosintēzes procesā.

Augstāko augu stumbram raksturīgas vairākas kopīgas iezīmes: stumbrs ar galotnes meristēmu, kas atrodas augšanas konusā, ilgstoši aug garumā; uz tā atrodas lapas; stumbrs var sazartoties; tam ir aktinomorfa uzbūve un vairākas simetrijas plaknes.

Ne visiem augu stumbriem piemīt iepriekš minētās pazīmes. Horizontāli augošiem stumbriem ir novirzes no aktinomorfās uzbūves. Dažiem stumbru tipiēm (ziedu asi) galotnes meristēma agrāk vai vēlāk pārtrauc savu darbību un pārvēršas par pastāvīgiem audiem u. c.

Ikviena auga stumbrs izpilda divas galvenās funkcijas: 1) vielu (organisko un neorganisko) pārvadīšanas funkciju un 2) mehānisko funkciju. Sakarā ar šo funkciju izpildi auga stumbrā ir ļoti labi attīstīta vadaudu sistēma un mehānisko audu sistēma. Mehānisko audu sistēma nodrošina stumbra stāvokli telpā, kā arī izturību pret dažādu ārējās vides faktoru iedarbību — vēju, lietu, sniegu utt. Mehānisko izturību stumbram piedod ne vien koksnes elementi, bet arī specializētie mehāniskie audi.

Stumbrs balsta lapotni, ziedus, augļus. Tajā uzkrājas rezerves barības vielas un vielu maiņas galaprodukti. Ar stumbru vai stumbra daļām augs spēj veģetatīvi vairoties. Viengadīgo lakstaugu stumbrs piedalās fotosintēzes procesā, jo tā stumbra ārējo daļu šūnās atrodas hloroplasti, kas piedod stumbram zaļo krāsu. Labi attīstītie stumbra segaudi — epiderma, periderma un kreve pasargā augu no pārliecīgas transpirācijas un fiziskiem bojājumiem.

Uz augu stumbra atšķirībā no saknes attīstās lapas, kas ir piestiprinātas pie mezgliem un posmiem, kuri atrodas starp mezgliem. Pētot stumbra anatomisko uzbūvi, laboratorijas darbos galvenokārt izmanto stumbru posmus.

Stumbrs aug un attīstās ciešā sakarībā ar lapām un kopā ar tām veido vasu. Tas attīstās no veidotājaudiem — galotnes meristēmas, kas atrodas augšanas konusā.

Stumbra augšana garumā notiek galotnes augšanas rezultātā. Stumbra galotnē esošās šūnas dalās un stiepjas garumā. Tādējādi visjaunākās stumbra šūnas atrodas pašā galotnē, bet visvecākās

šūnas — pie tā pamata. Pētot stumbra uzbūvi vairākos šķērsgriezumos, sākot no stumbra galotnes un beidzot ar tā pamatu, var gūt pilnīgu priekšstatu par stumbra pamataudu attīstības procesu.

Stumbra galotnē zem pumpura segzviņām un lapu aizmetņiem atrodas *augšanas konuss* jeb *apekss* — konusam līdzīgs veidojums ar noapaļotu galotni. Mazliet zemāk — tā vecākajā daļā — saskatāmi nelieli pauguriņi, kas virzienā uz leju kļūst arvien lielāki. Tie ir lapu aizmetņi. Starp šiem pauguriņiem ietverti stumbra nākamie posmi.

Augšanas konusa augšējā daļā atrodas galotnes jeb apikālā meristēma, kas sastāv no sīkām parenhimatiskām šūnām, kurām ir plāns apvalks un bieza citoplazma. Šūnas dalās, un to skaits palielinās. Parasti pašā augšanas konusa galā atrodas iniciālšūnu grupa. Iniciālšūnām daloties, rodas jaunas šūnas, no kurām daļa saglabā iniciālšūnu īpašības, bet pārējās šūnas pārvēršas par promeristēmu un pēc tam par primāro meristēmu.

Netālu no augšanas konusa galotnes orgāna perifērijā parādās gredzens jeb cilindrs, ko veido meristematiskās šūnas. Šī meristēmas gredzena atsevišķās daļās, šūnām daloties gareniskā virzienā, rodas šauri pavedieni, kas sastāv no pagarinātām šūnām. Šauros pavedienus sauc par *prokambiālajiem kūlišiem*. Skuju kokiem un divdīgļlapjiem prokambija pavedieni izvietojas vienā aplī. To šūnas vēlāk diferencējas par vadaudu kūlišiem.

Prokambija šūnu diferencēšanās pastāvīgajos audos notiek tādējādi, ka prokambija pavediena ārējās šūnas pārvēršas pirmajos lūksnes elementos. Vēlākie lūksnes elementi attīstās, diferencējoties prokambija šūnām, kas atrodas tuvāk kūliša centram. Tādējādi lūksne rodas *eksarhi* — kūliša ārējās daļās un attīstās centra virzienā.

Mazliet vēlāk prokambija pavediena centrālās daļas šūnas pārvēršas par koksnes elementiem, kas redzami stumbra zemāko daļu šķērsgriezumos. Pēc tam par koksnes elementiem pārvēršas arī šūnas tālāk uz perifēriju. Tādējādi koksne attīstās *endarhi* — prokambiālo kūlišu centrā un pēc tam virzienā uz perifēriju.

Paši pirmie floēmas elementi — *protofloēma*, kas rodas, diferencējoties prokambija pavedieniem, sastāv no pagarinātām šūnām ar plānu apvalku. Tipiski sietstobri — *metafloēma* rodas vēlāk no dziļākiem prokambija pavediena slāņiem. *Protoksilēma*, kas rodas pirmā, sastāv no trahejām un traheidām ar gredzenveida vai spirāliskiem uzbiezījumiem. Vēlāk rodas kāpņveida un porainās trahejas — *metaksilēma*. Šie abi diferencēšanās procesi virzās viens otram pretī (lūksne — no kūliša perifērijas uz centru, koksne — no centra uz perifēriju).

Pirmajās diferencēšanās stadijās starp lūksni un koksni atrodas prokambija slānis, kas arvien vairāk sašaurinās, līdz paliek tikai šaura meristēmas josla. Līdz ar to arī beidzas primārās diferencēšanās process, kura rezultātā izveidojas primārā lūksne un primārā koksne. Saurajā prokambija joslā, kas atrodas starp primāro lūksni un primāro koksni, šūnas sāk dalīties pārsvarā tangenciālā virzienā un pakāpeniski pārvēršas par sekundārajiem veidotājiem — kambiju. Kambija šūnām daloties, uz centra pusi diferencējas sekundārās koksnes elementi. Šūnas, ko kambijs izdala uz orgāna perifēriju, diferencējas par sekundārās lūksnes šūnām. Tādējādi sekundārie lūksnes koksnes elementi it kā iebīdās starp primārajiem elementiem un atbīda tos vienu no otra. Daudzgadīgajiem augiem sekundārās pāresnināšanās process ilgst daudzus gadus un tā rezultātā izveidojas ļoti biezs sekundāro audu slānis. Dažiem lakstaugiem šajā procesā izveidojas ne sevišķi daudz sekundāro elementu.

Vienlaikus ar kambija šūnu diferencēšanos arī meristematiskā gredzena ārējos slāņos notiek šūnu diferencēšanās, kuras rezultātā rodas pastāvīgie audi. Daži meristematiskā gredzena šūnu slāņi, kas atrodas tieši virs primārās lūksnes, veido *periciklu*. Vieniem augiem daļa pericikla šūnu izstiepjas orgāna ass virzienā, to gali nosmailojas, bet šūnapvalks kļūst biežāks un dažreiz pat pārkoksnējas. Tādējādi rodas mehāniskie audi (šķiedras). Citiem augiem, it īpaši kokaugiem, labi izteikta pericikla nemaz nav. Šķiedras tiem var izveidoties no prokambija šūnām, un tādēļ tās pieskaitāmas pie primārās lūksnes.

Parenhimatisko šūnu pavediens, kas atrodas orgāna centrā, būtiski neizmainās. Tā šūnas arī paliek par parenhimatiskām šūnām, un tikai ļoti retos gadījumos pabiezinās to šūnapvalks. Tā ir stumbra serde. Nereti, augot orgāna perifērijas daļām, serde daļēji vai arī pilnīgi sabrūk, izveidojot visā stumbra garumā dobumu, piemēram, čemurziežu dzimtas augiem.

Stumbra iekšējo daļu, kas ietver periciklu, vadaudus, kuri izveidojušies no meristematiskā gredzena, un serdi sauc par stumbra *centrālo cilindru*, *ass cilindru* jeb *steli*.

Augšanas konusa ārējais šūnu slānis — *dermatogēns* jeb *protoderma* kādu laiku dalās vienā plaknē, pēc tam uzbiežina savu ārējās sienīgas šūnapvalku, kas pārklājas ar kutikulu. Šajā šūnu slānī rodas īpaši veidojumi — atvārsnītes. Šī slāņa atsevišķas šūnas izstiepjas, dažkārt arī dalās un izveido izaugumus — vieni šūnas vai daudzšūnu matiņus. Tāds ir primāro segaudu — epidermas attīstības process. Šūnu slāni, kas atrodas starp epidermu un periciklu, sauc par *primāro mizu*. Primārās mizas iekšējo slāni sauc par *endodermu*. Tā sastāv no vienas šūnu kārtas, kuras

šūnās atšķirībā no apkārtējām ir daudz cietes graudu, tāpēc augu anatomijā nereti to sauc arī par *cietes maksti*. Dažreiz endodermas šūnām ir uzbiezināts radiālo sieniņu apvalks, ko sauc par Kaspari svītrām.

Pārējo primārās mizas daļu veido lielas parenhimatiskas šūnas ar dzīvu iekšējo saturu. Ārējos primārās mizas slāņos, kas robežojas ar epidermu, divdīgļlapjiem atrodas mehāniskie audi — kolenhīma. Tā var atrasties vai nu nepārtrauktā slānī, vai arī grupās.

Ziedaugu stumbram, tāpat kā saknei, izšķir primāro un sekundāro anatomisko uzbūvi. Stumbra primārā uzbūve tāpat veidojas no augšanas konusa meristēmas, un stumbra anatomiskās uzbūves elementus, kas radušies no prokambija, sauc par primārajiem elementiem.

Līdz ar kambija darbību sākas pāreja no primārās uzbūves uz sekundāro uzbūvi.

VIENDĪGĻLAPJU STUMBRA UZBŪVE

Viendīgļlapju stumbram raksturīga primārā uzbūve. Kā izņēmumus var minēt tikai dažas liliju dzimtas kokaugu sugas. Tomēr arī viendīgļlapju stumbrs sekundāri pāresnīnās, taču šī pāresnīšanās notiek citādi nekā divdīgļlapjiem.

Tipiska viendīgļlapju stumbra anatomiskajai uzbūvei raksturīgas vairākas īpatnības.

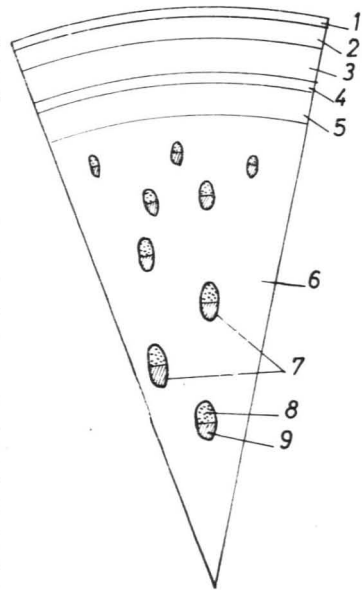
1. Viendīgļlapjiem ir slēgtie vadaudu kūliši bez kambija. Visiem vadaudu kūlišiem ir primāra izcelšanās. Tie rodas, prokambija pavedienu šūnām diferencējoties. Arī pārējās stumbra daļas sastāv no primārajiem audiem.

2. Vadaudu kūliši viendīgļlapju stumbrā izvietojušies izklaidus pa visu stumbru. Daudzie prokambija pavedieni augšanas konusā neatrodas vertikāli gar stumbru, pie tam tie nav arī vienādā attālumā no stumbra centra, kā tas ir divdīgļlapjiem. Viendīgļlapju stumbrā vadaudu kūliši ir lokveidīgi — posmu vidusdaļā tie atrodas gandrīz stumbra centrā, bet mezglu vietās tuvojas stumbra perifērijai un ieiet lapās. Tādējādi viendīgļlapjiem visi vadaudu kūliši ir lapu pēdas.

3. Viendīgļlapju stumbrā nav izteiktas pārejas robežas starp primāro mizu un centrālo cilindru, grūti atšķirama arī serde un serdes stari. Tipiska serde veidojas tikai nedaudzu viendīgļlapju dzimtu augiem.

Tipiskam viendīgļlapju stumbram ir primāra uzbūve. Tas sastāv no epidermas, primārās mizas un centrālā cilindra, kurā atrodas daudzi slēgtie vadaudu kūliši.

80. att. Viendīgļlapju stumbra uzbūves shēma:
 1 — epiderma; 2 — mehāniskie audi; 3 — primārās mizas parenhīma; 4 — endoderma; 2...4 — primārā miza; 5 — pericikls; 6 — pamataudu parenhīma (serde); 7 — vadaudu kūliši; 8 — lūksne; 9 — koksne.



Epiderma sastāv no vienas iega-
 renu šūnu kārtas. To sedz kutikula,
 dažreiz vaska kārtā un matiņi. Stum-
 bra epidermā atrodas arī atvārsnītes,
 bet to ir mazāk nekā lapas epi-
 dermā.

Primārā miza ir stumbra vidējā
 daļa. Tā atrodas starp epidermu un
 centrālo cilindru. Primārajā mizā
 atrodas 1) *mehāniskie audi* — skle-
 renhīma vai kolenhīma, 2) *primārās*
mizas parenhīma, kas aizņem lielāko
 primārās mizas daļu, un 3) *endo-*
derma — pēdējā primārās mizas
 šūnu kārtā, kas robežojas ar centrālo
 cilindru. Tipiskā endoderumā šūnu radiālo sienīņu apvalks ir uz-
 biezināts, pārkoksņējies un uzbiezinātās vietas redzamas kā Kas-
 pari svītras. Vairumam ziedaugu endoderma satur cieti, un tādēļ
 to sauc arī par *cietes maksti* (80. att.).

Centrālais cilindrs atrodas zem primārās mizas. Centrālā ci-
 lindra ārējo daļu sauc par *periciklu*. Tas sastāv no vienas vai
 vairākām šūnu kārtām. Pericikla šūnas var būt kā parenhimatis-
 kas, tā arī prozenhimatiskas. Parenhimatiskās šūnas daloties veido
 radiālos starus, adventīvos pumpurus un piesaknes. No pericikla
 var veidoties arī sekundārā meristēma — korķa kambiji jeb fel-
 logēns. No prozenhimatiskajām pericikla šūnām veidojas skleren-
 hīma — pericikliskās šķiedras.

Ja pericikls sastāv no parenhimatiskām šūnām, bet primārajā
 mizā nav izteiktas endodermas, tad stumbrā nav krasas pārejas
 no primārās mizas uz centrālo cilindru un tad šķiet, ka stumbrs
 sastāv no epidermas un parenhīmas vien.

Centrālā cilindra galvenā un svarīgākā sastāvdaļa ir *vadaudu*
kūliši, kas izvietojušies centrālā cilindra pamataudu parenhīmā.
 Centrālā cilindra centrālo daļu sauc par *serdi*. Ja serdes šūnas
 atmirst, bet stumbrs turpina augt, tad izveidojas dobs stumbrs
 (graudzālēm). Serdi ar primāro mizu savieno *primārie serdes*
stari, kas sastāv no parenhimatiskām šūnām.

Viendīgļlapju stumbrā vadaudu kūliši ir lapu pēdas. Tā kā prokambijs viendīgļlapju stumbrā pilnīgi diferencējas par primāro koksni un lūksni, vadaudu kūliši ir slēgti. To izmēri palielinās virzienā no perifērijas uz stumbra centru, bet vadaudu kūlišu daudzums palielinās virzienā no centra uz perifēriju. Kolaterālie vadaudu kūliši viendīgļlapju stumbrā ir ļoti raksturīgi. Tajos ir divas lielas trahejas, kas atrodas tuvu lūksnei. Zemāk atrodas vēl divas mazākas trahejas, kurām parasti piekļaujas gaisa dobums.

Lai iepazītos ar tipisku viendīgļlapju stumbra uzbūvi, praktiskajos darbos var izmantot liliju dzimtas un skalbju dzimtas pārstāvjus, kā arī graudzāļu dzimtas pārstāvjus — kukurūzu un rudzus.

Vairumam viendīgļlapju stumbram raksturīga primārā uzbūve. Tas nozīmē, ka stumbrs sekundāri neparesninas. Tikai nedaudziem liliju dzimtas un agavu dzimtas kokaugiem stumbrs ievērojami aug resnumā, jo tajā attīstās sekundārie audi. Tādi augi ir jukas, pūkkoki (dracēnas) un alvejas. Taču, tā kā kambija viendīgļlapju stumbrā nav, tad nav arī tipiskas sekundārās uzbūves, kāda ir divdīgļlapjiem un kailsēkļiem. Viendīgļlapju kokaugiem veidojas sekundārā meristēma no pericikla vai primārās mizas pamataudiem. Sekundārās meristēmas darbība šajos augos atšķiras no kambija darbības. Kambijs, kā zināms, uz ārpusi veido sekundāro lūksni, bet uz iekšpusi sekundāro koksni. Taču viendīgļlapju kokaugiem, kuri aug resnumā, sekundārā meristēma uz ārpusi veido nedaudz parenhīmas, bet uz iekšpusi izklaidus novietotus koncentriskus vadaudu kūlišus un starp tiem pamataudu parenhīmu.

Līdzīgi stumbram sekundāri resnumā aug arī viendīgļlapju gumi un sakneņi.

CILDOTĀ IRISA (*IRIS GERMANICA* L.) STUMBRA UZBŪVE

Viendīgļlapju stumbra uzbūves izpētei sākumā vēlams izmantot tādu augu stumbru, kuram nav dobs vidus, piemēram, īrisu, asparāgu, mugureņu, kukurūzas stumbru u. c.

Lai iepazītos ar īrisa stumbra anatomisko uzbūvi, no spirtā fiksēta īrisa stumbra gabaliņa pagatavo divus plānu šķērsgriezumu preparātus. Viena preparāta šķērsgriezumus krāso ar sērskābo anilīnu vai floroglucīnu un sālsskābi, bet otru preparāta griezumus krāso ar joda šķīdumu kālija jodīda šķīdumā.

Apskatot mikroskopa mazajā palielinājumā ar sērskābo anilīnu vai floroglucīnu krāsoto preparātu, redzams, ka uz pārējo stumbra šūnu fona krasi izdalās sarkani krāsotais sklerenhīmas gredzens,

Visa centrālā cilindra daļa, kas atrodas pericikla iekšienē, pildīta ar pamataudu parenhīmu, kurā pa visu stumbru izklaidus izvietojušies *slēgtie kolateriālie vadaudu kūliši*. Vienīgā sakarība, kas novērojama vadaudu kūlišu izvietojumā, ir tā, ka centrālā cilindra vidū vadaudu kūliši ir lielāki un to ir mazāk, bet centrālā cilindra perifērijas virzienā vadaudu kūliši samazinās un to skaits palielinās.

Sīkāk preparātu izpēta mikroskopa lielajā palielinājumā. Apskatot šajā palielinājumā vadaudu kūlišus, redzams, ka tie sastāv tikai no lūksnes un koksnes; tajos nav kambija, tāpat tie ir slēgtie kūliši. Ja preparāti pagatavoti no vecāka īrisa stumbra, tad ap katru vadaudu kūlīti redzama sklerenhīmas maksts, ko florogluceīns nokrāsojis sarkanā krāsā. Jaunos īrisa stumbros šādas sklerenhīmas maksts nav. Virs vadaudu kūlišiem redzamas vienīgi sklerenhīmas grupas.

Apskatot mikroskopā otru preparātu, kas krāsots ar joda šķīdumu kālija jodīda šķīdumā, redzams, ka vadaudu kūlišu koksne un sklerenhīma nokrāsojusies tumši zeltainā krāsā. Virs pericikla — sklerenhīmas redzama šūnu kārtā, kuru iekšienē atrodas tumši, gandrīz melni graudi. Tā ir cietes maksts — endoderma. Endodermas šūnās uzkrājušies cietes graudi, kurus jods nokrāsojis tumšā krāsā. Preparātos, kas krāsoti ar florogluceīnu, cietes graudi nav redzami, jo koncentrētās sāļsskābes ietekmē ciete hidrolizējas un izšķīst. Ciete labāk saskatāma preparātos, kas gatavoti no jaunākiem stumbriem.

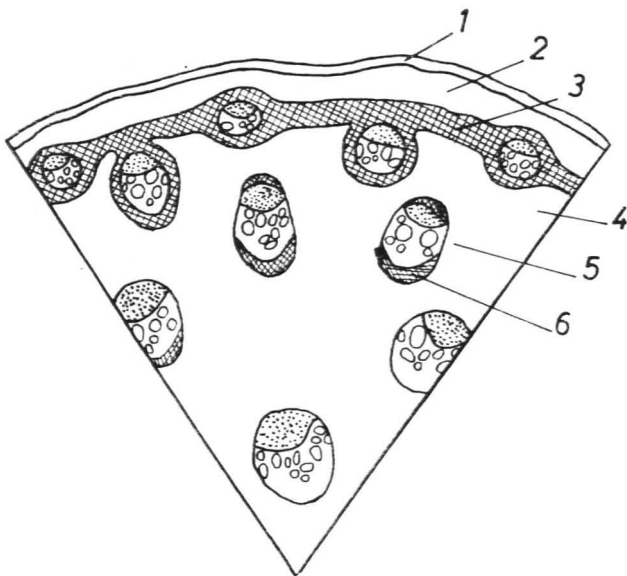
Pētot preparātus mikroskopā, uzmanība jāpievērš tam, ka viendīgļlapju stumbra lielāko daļu aizņem centrālais cilindrs. Epiderma kopā ar primāro mizu sastāda samērā nelielu stumbra daļu. Saknē šo daļu attiecība ir pretēja.

Pēc īrisa stumbra šķērsgriezumu preparātu izpētes mikroskopā uzzīmē viendīgļlapju stumbra uzbūves shēmu un īrisa stumbra šķērsgriezuma sektoru ar dažiem vadaudu kūlišiem. Atzīmē epidermu, primāro mizu, periciklu, vadaudu kūlišus, sklerenhīmas grupas virs tiem un pamataudu parenhīmu.

MUGUREŅU (*POLYGONATUM SP.*) STUMBRA UZBŪVE

Viendīgļlapju stumbra izpētei var izmantot arī liliju dzimtas augus, piemēram, mugurenes. Tāpat kā īrisiem, arī mugurenēm ir pildīts stumbrs bez dobuma vidū. Mikroskopiskajai izpētei pagatavo spirtā fiksētu mugureņu stumbra šķērsgriezumu preparātu, kas krāsots ar florogluceīnu vai sērskābo anilīnu.

Mikroskopa mazajā palielinājumā labi saskatāmas visas trīs galvenās stumbra sastāvdaļas — epiderma, primārā miza un



82. att. Mugureņu (*Polygonatum sp.*) stumbra uzbūves shēma:

1 — epiderma; 2 — primārā miza; 3 — pericikls; 4 — pamataudu parenhīma; 5 — slēgtais kolaterālais vadaudu kūlītis; 6 — sklerenhīma.

centrālais cilindrs (82. att.). Epidermas šūnām ir tipiska uzbūve. Vienīgi, ja preparāts pagatavots no veca stumbra, redzams, ka epidermas šūnām ir pārkoksnējies šūnapvalks.

Mugureņu stumbra primārā miza sastāv no izodiametriskām parenhimatiskām šūnām ar plānu šūnapvalku. Tāpat kā vairumam viendīgļlapju, arī mugureņu stumbra primārajā mizā kolenhīmas nav. Arī endoderma nav izteikta.

Centrālais cilindrs sākas ar *periciklu*, ko veido plata sklerenhīmas šķiedru josla. Visa pārējā centrālā cilindra daļa pildīta ar parenhimatiskām šūnām — pamataudu parenhīmu, kurai ir plāni šūnapvalki. Pamataudu parenhīmā izklaidus izvietoti daudzi vadaudu kūliši. Centrālā cilindra vidū vadaudu kūliši ir lieli, bet perifērijā tie ir sīkāki un to skaits lielāks. Tie ir *slēgtie kolaterālie vadaudu kūliši*, jo tajos nav kambija. Vadaudu kūliša koksnes daļa, kas sastāv no dažāda lieluma trahejām, bieži vien izvietojas V veidā un šī izvietojuma ielokā atrodas lūksne — sietstobri un pavadītājšūnas.

Daļa vadaudu kūlišu atrodas arī periciklā starp sklerenhīmas šūnām un pat primārajā mizā. Pie tam, ja vadaudu kūlītis atrodas

tieši sklerenhīmas joslas tuvumā, tad to apņem mehāniskie audi. Tādējādi pericikls veido it kā izaugumus gan uz primārās mizas, gan centrālā cilindra pusi, un tāpēc kā iekšējā, tā ārējā pericikla mala nav līdzena.

Vadaudu kūlišiem, kuri atrodas tālāk no pericikla — dziļāk stumbra centrālajā daļā, mehānisko audu — sklerenhīmas nav.

Pēc krāsotā mugureņu stumbra šķērsriezumu preparāta izpētes mikroskopā uzzīmē mugureņu stumbra uzbūves shēmu, atzīmē epidermu, primāro mizu, periciklu, pamataudu parenhīmu, slēgtos kolaterālos vadaudu kūlišus un mehāniskos audus ap tiem (pericikla tuvumā).

KUKURŪZAS (*ZEA MAYS L.*) STUMBRA UZBOVE

Kukurūza ir labs un viegli pieejams objekts viendīgļlapju stumbra uzbūves izpētei. Kukurūzai, tāpat kā visiem viendīgļlapjiem, nav kambija ne stumbrā, ne saknēs. Visi pastāvīgie audi veidojas augšanas konusā un pēc tam, kad stumbrs galīgi noformējies, tas vairs resnumā neaug.

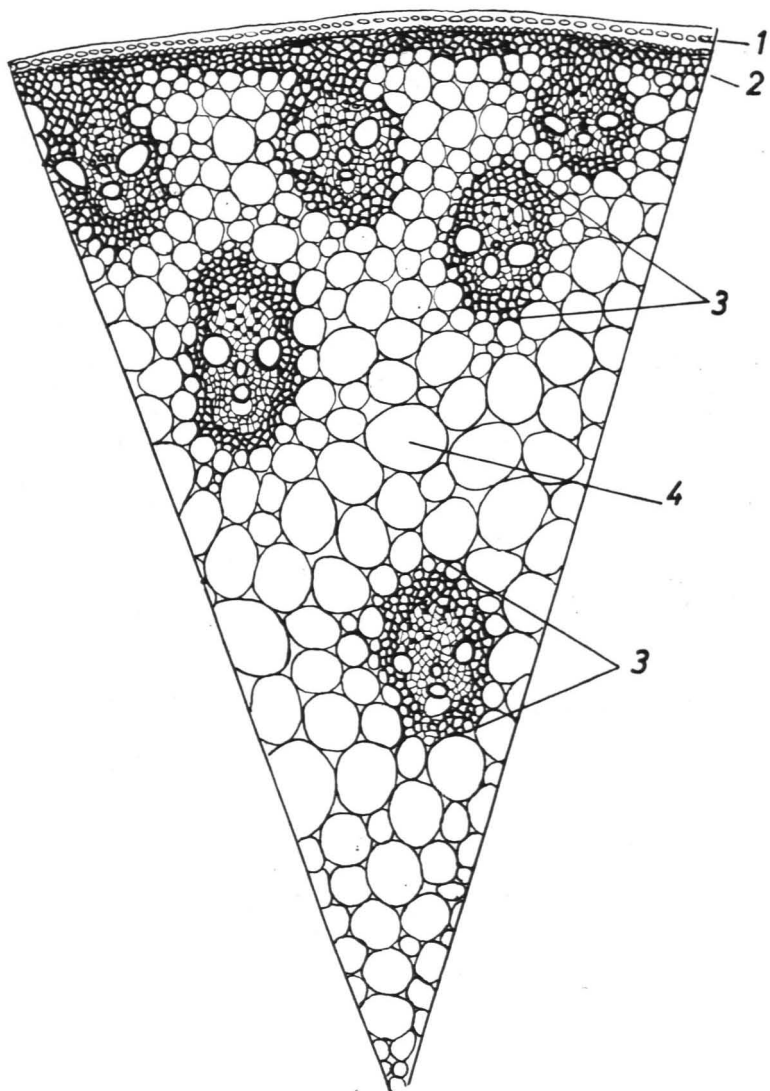
Ar kukurūzas stumbra anatomisko uzbūvi var iepazīties šķērsriezumu preparātos, kas krāsoti ar floroglucīnu vai sērskābo anilīnu. Šķērsriezumu preparāta pagatavošanai izvēlas apmēram 1...2 cm diametrā kukurūzas stumbra gabaliņu, kas fiksēts spirtā.

Kukurūzas stumbram atšķirībā no citu viendīgļlapju stumbra nav primārās mizas (83. att.).

Apskatot pagatavoto preparātu mikroskopa mazajā palielinājumā, redzams, ka kukurūzas stumbru no ārpuses klāj *epiderma*. Tūlīt zem tās sākas *centrālais cilindrs ar pericikla slāni*, kas sastāv no sklerenhimatiskām šūnām ar pārkoksnētu šūnapvalku. Kukurūzai *primāro mizu* var redzēt tikai pašiem apakšējiem stumbra posmiem. Taču arī tur primārā miza sastāv tikai no dažām kārtām parenhimatisku šūnu. Tātad primārā miza kukurūzas stumbrā ir reducēta.

Centrālais cilindrs aiz pericikla joslas pildīts ar lielām parenhimatiskām šūnām, kurās izkaisīti *slēgtie kolaterālie vadaudu kūliši*. Raksturīgi, ka stumbra centrālajā daļā vadaudu kūliši ir lieli, bet tuvāk periciklam to ir vairāk un tie kļūst sīkāki — to radiālais izmērs samazinās. Visus vadaudu kūlišus apņem sklerenhīmas maksts, ko veido pārkoksnējušies mehāniskie audi. Sevišķi labi šie mehāniskie audi izveidoti ap lūksni, ap koksni kūliša iekšējā malā un ap lielajām trahejām kūliša sānos.

Atkarībā no izvietojuma dziļuma stumbrā vadaudu kūlišiem ir nedaudz atšķirīga konfigurācija un apkārtesošo mehānisko audu



83. att. Kukurūzas (*Zea mays* L.) stumbra uzbūve:
 1 — epiderma; 2 — pericikls; 3 — kolaterālie vadaudu kūliši; 4 — pamataudu parenhīma.

daudzums. Vadaudu kūliši, kas atrodas stumbra centrālajā daļā, ir izstiepti radiālā virzienā. Izstiepts ir arī gaisa dobums, kas atrodas vadaudu kūlītī pie protoksilēmas. Sklerenhīmas maksts attīstīta samērā vāji, un to veido tikai nelielas šūnu grupas ar biezu šūnapvalku. Sklerenhīmas grupas atrodas virs lūksnes, zem koksnes un kūliša sānos. Tuvāk stumbra perifērijai kūliši radiālā virzienā samazinās, gaisa dobums kļūst mazāks, un vismazākajiem vadaudu kūlišiem, kas atrodas pašā perifērijā, gaisa dobuma nemaz nav. Tuvāk periciklam mehānisko audu slānis ap vadaudu kūlišiem kļūst aizvien biežāks, sasniedzot maksimumu ap pašiem malējiem kūlišiem. Ap vadaudu kūlišiem esošo parenhīmatisko šūnu apvalks pārkoksnējas un saplūst kopā ar periciklu. Tas saistīts ar to, ka liecoties stumbra centrālajai daļai ir vismazākais spriegums, bet stumbra perifērijā šis spriegums ir vislielākais. Spiedes spriegums vislielākais ir tajā pusē, uz kuru stumbru liec, bet stiepes spriegums vislielākais ir tajā pusē, no kuras liec.

Kukurūzas stumbra vadaudu kūlišiem ir ļoti raksturīga uzbūve. Lūksnes daļa tiem vērsta uz stumbra perifēriju, bet koksne — uz stumbra centru. Katram vadaudu kūlītim apmēram vidusdaļā viena otrai pretī atrodas divas lielas porainās trahejas, bet starp tām mazliet zemāk — 1...3 trahejas, kas izvietojušās radiālā rindā. Tās ir gredzenveida un spirāliskās protoksilēmas trahejas. Abas lielās trahejas pieder pie metaksilēmas. Starp tām atrodas traheidšķiedras ar pārkoksnētu šūnapvalku. Ap gaisa dobumu, kas atrodas pie protoksilēmas trahejām, atrodas koksnes parenhīmas šūnas.

Lūksne sastāv tikai no sietstobriem un pavadītājšūnām.

Sīkāk ar kukurūzas vadaudu kūliša uzbūvi jau iepazīnāties, pētot vadaudus (sk. 165. lpp.).

Pēc krāsoto kukurūzas šķērsriezumu preparātu izpēti mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē kukurūzas stumbra sektoru ar dažiem vadaudu kūlišiem. Atzīmē epidermu, periciklu, pamataudu parenhīmu centrālajā cilindrā, slēgtos kolaterālos vadaudu kūlišus. Var zīmēt arī tikai kukurūzas stumbra uzbūves shēmu un vienu detalizētu vadaudu kūlīti.

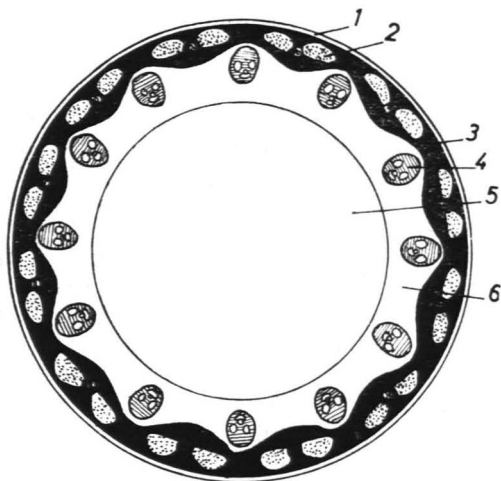
RUDZU (*SECALE CEREALE* L.) STUMBRA UZBŪVE

Atšķirībā no īrisu, kukurūzas un mugureņu stumbra rudzu stumbra (stiebra) centrālajā daļā atrodas liels dobums, kas pildīts ar gaisu. Visi audi ir izvietojušies stumbra perifērijā.

Šķērsriezuma preparātu pagatavo no jauna (zaļa) stumbra. To ieliek pāršķeltā plūškoka serdes gabaliņā, saspiež un ar bār-

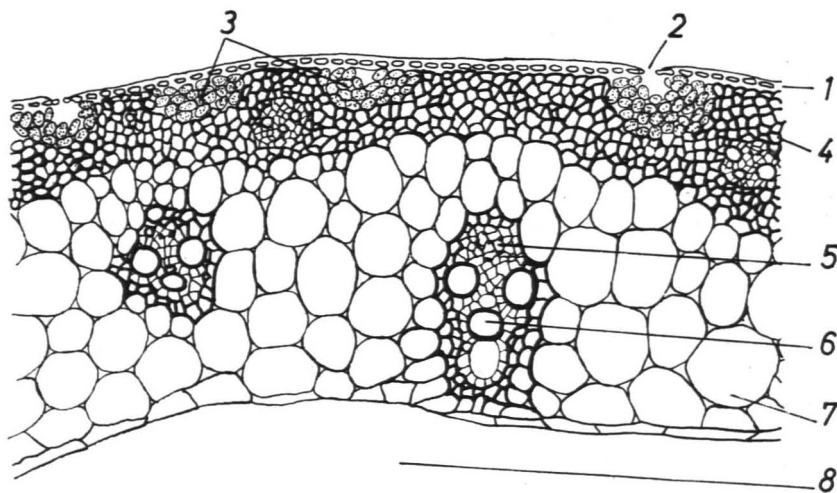
84. att. Rudzu (*Secale cereale* L.) stumbra uzbūves shēma:

1 — epiderma; 2 — asimilācijas audi; 3 — sklerenhīmas gredzens; 4 — vadaudu kūlītis; 5 — stumbra dobums; 6 — pamataudu parenhīma.



85. att. Rudzu (*Secale cereale* L.) stumbra uzbūve:

1 — epiderma; 2 — atvārsnīte; 3 — asimilācijas audi; 4 — sklerenhīmas gredzens; 5 — lūksne; 6 — koksne; 7 — pamataudu parenhīma; 8 — stumbra dobums.



das nazi nogriež vairākus plānus griezumus, kurus krāso ar flo-roglucīnu. Pagatavoto preparātu apskata vispirms mikroskopa mazajā, bet pēc tam lielajā palielinājumā (84., 85. att.).

No ārpusē rudzu stumbru klāj *epiderma*, kurā var redzēt arī *atvārsnītes*. Rudziem epidermas šūnapvalks parasti pārkoksņējis un tāpat kā sklerenhīma nokrāsojas sarkanā krāsā. Zem epidermas atrodas nepārtraukts *sklerenhīmas gredzens*, ko veido blīvi

sakārtotas šūnas ar biezu, pārkoksnētu šūnapvalku. Mikroskopa lielajā palielinājumā labi saskatāms primārais šūnapvalks un poru kanāli caur sekundārā šūnapvalka slāņiem.

Sklerenhīmas gredzenā, kas apņem visu rudzu stumbru, regulārā kārtībā izvietojušās parenhimatisku šūnu grupas. Tie ir asimilācijas audi — *hlorenhīma*, kas robežojas tieši ar epidermu. Hlorenhīmas grupas sakārtotas pa pāriem, un starp tām atrodas nelieli *slēgtie kolaterālie vadaudu kūliši*. Virs hlorenhīmas grupām atrodas arī atvārsnītes. Vecos rudzu stumbros hlorenhīmu grūti pamanīt, jo tās šūnapvalks pakāpeniski pārkoksnējas tāpat kā epidermas šūnām. Mazos vadaudu kūlišus, kas atrodas starp hlorenhīmas grupām, no visām pusēm apņem sklerenhīma. Asimilācijas audu un sklerenhīmas daudzums rudzu stumbra perifērijā dažādos posmos ir dažāds. Augšējos stumbra posmos, kur pietiekami labs apgaismojums, hlorenhīmas ir diezgan daudz. Zemākajos stumbra posmos, it īpaši to apakšējā daļā, ko apņem lapas maksts un kur apgaismojums ir daudz sliktāks, hlorenhīmas ir stipri mazāk, bet pie paša mezgla var nebūt nemaz. Tās vietā attīstās sklerenhīma.

Zem sklerenhīmas gredzena diezgan plašu joslu līdz pat gaisa dobumam aizņem *parenhīma*, kuru veido šūnas ar plānu apvalku. Veģetācijas perioda beigās arī šo šūnu apvalks pārkoksnējas. Parenhimatisko šūnu joslā atrodas vadaudu kūliši ar graudzālēm tipisku uzbūvi. Vadaudu kūliši te izvietojušies nevis aplī, bet mazliet pamišus. Tiem vadaudu kūlišiem, kas atrodas tuvu sklerenhīmas gredzenam, mehāniskie audu pavedieni virs vadaudu kūlišu lūksnes saplūst ar sklerenhīmas gredzenu. Tiem vadaudu kūlišiem, kas atrodas tuvāk stumbra vidū esošajam gaisa dobumam, arī galos ir mehānisko audu — sklerenhīmas pavedieni.

Rudzu stumbra vadaudu kūlišiem ir tāda pati uzbūve kā kukurūzas stumbra vadaudu kūlišiem. Kūliša vidū atrodas divas lielas metaksilēmas trahejas, bet starp tām un zemāk radiālā rindā izvietojušās 1...3 protoksilēmas trahejas ar mazāku diametru. Zem apakšējās trahejas var būt arī gaisa dobums. Starp trahejām atrodas koksnes parenhīmas šūnas. Lūksne ir vadaudu kūliša perifērijas daļā un sastāv tikai no sietstobriem un pavadītājšūnām.

Rudzu stumbrā serde nav saglabājusies. Stumbram augot garumā un resnumā, serdes šūnas tiek sarautas un izveidojas liels dobums, kas raksturīgs vairumam graudzāļu stumbru.

Sāda rudzu stumbra uzbūve ir ļoti izturīga un ekonomiska, jo sklerenhīmas gredzens, kas atrodas stumbra perifērijā, izveido ļoti pilnīgu mehānisko konstrukciju, kas ir izturīga pret lieci un lūšanu.

Pēc rudzu stumbra šķērsriezuma preparāta anatomiskās uzbūves izpētes uzzīmē daļu no griezuma, kurā redzama epiderma, sklerenhīmas gredzens, hlorenhīmas grupas, vadaudu kūlītis starp tām un viens vai divi vadaudu kūliši, kas atrodas parenhīmā.

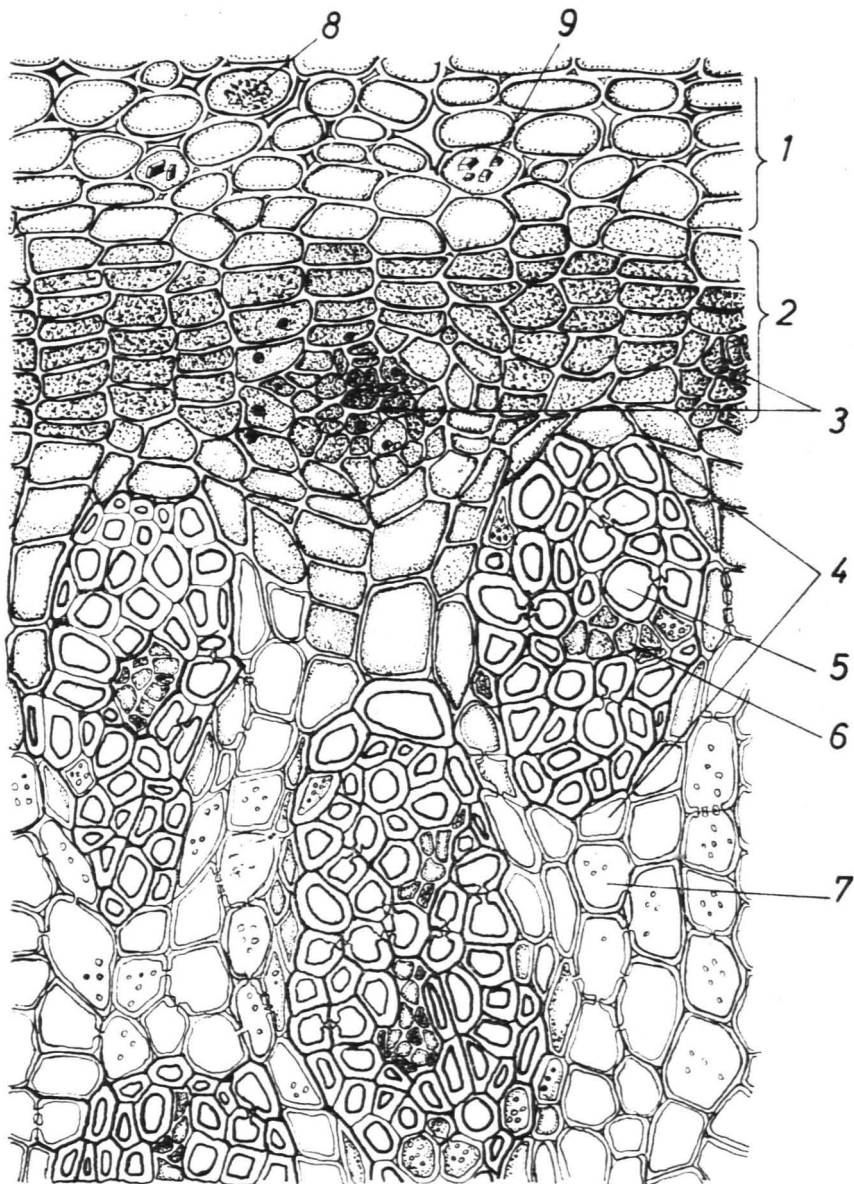
PŪĶKOKU (*DRACAENA SP.*) STUMBRA UZBŪVE

Pūķkoki ir agavu dzimtas viendīgļlapji, kuru stumbrs sekundāri pāresnīnās. Lai iepazītos ar stumbra pāresnīnāšanos, pagatavo ar floroglucīnu krāsotu stumbra šķērsriezumu preparātu, ko apskata mikroskopā. Preparāta izpēti vēlams sākt no stumbra centrālās daļas, jo tad labāk var izsekot sekundārajām izmaiņām stumbkā.

Apskatot pūķkoku stumbra šķērsriezumu preparātu mikroskopa mazajā palielinājumā, redzams, ka tā centrālajā daļā starp parenhīmas šūnām izklaidus izvietoti *slēgtie kolaterālie vadaudu kūliši*. Šis stumbra daļas uzbūve ir līdzīga tipisko viendīgļlapju stumbra uzbūvei, piemēram, mugurenes stumbra centrālā cilindra uzbūvei. Tā veidojusies primāri, diferencējoties centrālā cilindra meristēmām, un tādēļ tai ir primārā izcelšanās. Vadaudu kūlišus, kas tajā izvietoti, no visām pusēm aptver mehānisko audu — sklerenhīmas šūnas. Sklerenhīmas šūnām ir liels dobums, pārkoksnēts šūnapvalks, tādēļ tās izskatās pēc koksnē elementiem un slēgtie kolaterālie vadaudu kūliši šķērsgriezumā ārēji līdzīgi koncentriskajiem vadaudu kūlišiem.

Virzienā no stumbra centrālās daļas uz perifēriju atrodas vairāk vai mazāk plata parenhimatisku šūnu zona. Šīm šūnām uzbiezīnāts un pārkoksnējies apvalks. Parenhimatisko šūnu zonā izvietojušies *koncentriskie vadaudu kūliši*. Kūliša centrālajā daļā atrodas lūksne, kas sastāv no sietstobriem un pavadītājšūnām. Kūlišu ārējā daļā atrodas traheīdas, kas diezgan platā joslā apņem lūksni. Šī zona, kas sastāv no koncentriskajiem vadaudu kūlišiem un parenhīmas ar pabiezīnātiem un pārkoksnētiem šūnapvalkiem, izveidojusies sekundārās meristēmas darbības rezultātā. Sekundārā meristēma veidojas pericikla parenhīmas šūnu kārtā vai arī primārās mizas iekšējos slāņos. Meristēmas šūnas dalās galvenokārt tangenciālā virzienā un izveido sekundārās pāresnīnāšanās zonu. Atsevišķās vietās tajās izdalās šūnu pavedieni, kas diferencējas par vadaudu kūliša elementiem. Vadaudu kūlišu diferencēšanās etapus var redzēt sekundārās pāresnīnāšanās zonas ārējā daļā (86. att.).

Aiz aprakstītās zonas tālāk uz perifēriju izvietojas *primārās mizas parenhīma* un aiz tās — *periderma* — sekundārie segaudi.



86. att. Pūkkoku (*Dracaena sp.*) stumbra uzbūve sekundārā paresninājuma zonā:

1 — priņārās mizas parenhima; 2 — sekundārās meristēmas zona; 3 — vadaudu kūlīšu veidošanās; 4 — koncentriskais vadaudu kūlītis; 5 — koksne; 6 — lūksne; 7 — parenhima ar pārkoksņētiem šūnapvalkiem; 8 — raīdās; 9 — kristāli.

Periderma pūķkoku stumbram veidojas nevis zem epidermas, bet gan dziļākos primārās mizas slāņos. Pēc tam kad periderma ir izveidojusies, primārās mizas un epidermas šūnas, kas atrodas peridermas ārpusē, atmirst. Pūķkoku stumbra peridermas ārpusē redzamas šo atmirušo šūnu atliekas.

Pēc pūķkoka stumbra krāsotā šķērsriezuma preparāta izpētes mikroskopā uzzīmē stumbra sekundārās pāresnināšanās zonu, atzīmējot primārās mizas parenhīmu, sekundārās meristēmas zonu, vadaudu kūlīti, kas sāk veidoties, koncentrisko vadaudu kūlīti, koksni, lūksni un parenhīmu ar pārkoksnētiem šūnapvalkiem.

DIVDĪGĻLAPJU STUMBRA UZBŪVE

Divdīgļlapju stumbra uzbūvei ir dažas īpatnības, ar ko tā atšķiras no viendīgļlapju stumbra anatomiskās uzbūves. Vairumam divdīgļlapju raksturīgs nepārtraukts kambiālais gredzens, kas veido sekundāros audus un līdz ar to nodrošina stumbra augšanu resnumā. Kambiālā slāņa izcelšanās var būt dažāda: vieniem augiem tas rodas ļoti agri no nepārtrauktā prokambija slāņa tūlīt pēc lūksnes un koksnes primāro elementu izveidošanās (stumbriem bez vadaudu kūlīšiem), citiem augiem kambijs rodas no parenhīmas starp atsevišķajiem prokambija pavedieniem vai vadaudu kūlīšiem (stumbriem ar vadaudu kūlīšiem). Tikai nedaudziem divdīgļlapjiem ir pārtraukts kambija gredzens. Šiem augiem kambijs atrodas tikai vāji attīstītajos vadaudu kūlīšos, starp kuriem izvietojusies serdes parenhīma, un stumbrs nespēj pāresnināties (gundegām).

Divdīgļlapju stumbra uzbūvē ir vairākas īpatnības.

1. Stumbriem ir vai arī nav vadaudu kūlīšu.
2. Vadaudu kūlīši sakārtoti gredzenos.
3. Vadaudu kūlīši ir vaļēji, bet, ja stumbūrā nav vadaudu kūlīšu, tad starp lūksni un koksni ir kambijs.

Divdīgļlapju stumbri diferencējušies epidermā, primārajā mizā un centrālajā cilindrā, kurā redzama serde un serdes stari.

Epidermas šūnas divdīgļlapju stumbros ir iegarenas, izstieptas stumbra gareniskās ass virzienā. Tās ir nedaudz izlocītas. Divdīgļlapju stumbra epidermā atvārsnišu ir maz.

Primārā miza ir divdīgļlapju stumbra vidējā daļa, un tā atrodas starp epidermu un centrālo cilindru. Primārā miza sastāv no 1) mehāniskajiem audiem (sklerenhīmas un kolenhīmas), 2) primārās mizas parenhīmas un 3) endodermas. *Kolenhīma* kā mehāniskie audi divdīgļlapju stumbūrā parasti izvietojas zem epidermas gredzenveida slānī (ķirbjiem), stumbra šķautnēs vai

veido ribas (čemurziežu dzimtas augiem), bet *sklerenhīma* parasti atrodas vadaudu kūlišos (asteru dzimtas augiem). *Primārās mizas parenhīmu* visbiežāk veido *hlorenhīma* jeb asimilācijas parenhīma. Dziļākos slāņos esošā parenhīma parasti ir bezkrāsaina, bez hloroplastiem. Ūdensaugiem primārajā mizā ir arī *aerenhīma* — gaisa parenhīma, kuras starpšūnu telpās uzkrājas gaiss. Primārajā mizā var būt ēterisko eļļu tvertnes, sveķu ailes, pienejas u. c.

Ja stumbrā veidojas *endoderma*, tās šūnu radiālo sienīņu apvalks ir uzbiezināts un redzamas Kaspari svītras. Vairumam augu primārās mizas pēdējais slānis — endoderma uzkrāj cieti un veido *cietes maksti*. Cietes maksti parasti uzkrājas neaizskaramā ciete, kura veic līdzsvara funkciju. Cietes maksts atrodas tikai stumbra augošajās daļās.

Caur primāro mizu no lapām uz stumbru stieejas vadaudu kūliši — lapu pēdas.

Divdīgļlapju **centrālajā cilindrā** atrodas vadaudi, mehāniskie audi, veidotājadi (kambijs) un pamataudi. Atkarībā no vadaudu un mehānisko audu izvietojuma izšķir *stumbrus ar vadaudu kūlišiem* un *stumbrus bez vadaudu kūlišiem*. Mehānisko audu un vadaudu izkārtojums divdīgļlapju stumbra centrālajā cilindrā ir atkarīgs no prokambija darbības.

Stumbri bez vadaudu kūlišiem. Šo stumbru centrālajā cilindrā primārās koksnes un primārās lūksnes kārtas veidojas no nepārtraukta prokambija gredzena. Bez koksnes un lūksnes prokambijs veido arī sekundāros veidotājus — kambiju. Stumbra primārā uzhūve (bez vadaudu kūlišiem) ir vairumam kokaugu, kā arī dažiem lakstaugiem (liniem, pelašķiem). Dažkārt no primārās koksnes uz iekšpusi no prokambija vietām veidojās lūksne, piemēram, kapmirtēm un tīteņiem.

Stumbri ar vadaudu kūlišiem veidojas dažādi — gan atkarībā no prokambija veida, gan arī no tā darbības. Vadaudu kūliši stumbrā veidojas trejādi.

1. Vadaudu kūliši veidojas no prokambija, kas atrodas atsevišķu pavedienu veidā. Prokambijs diferencējas primārajā koksnē, primārajā lūksnē un kambijā. Tā rezultātā izveidojas atklātie kolaterālie vadaudu kūliši. Starp šiem kūlišiem atrodas plati primārie serdes stari, kas sastāv no pamataudu parenhīmas, kuras šūnas vēl saglabājušas savu meristemātisko raksturu. No šīm šūnām veidots starpkūlišu kambijs, kura darbības rezultātā rodas tikai parenhīma, bet ne koksne un lūksne. Tāds stumbra tips ir raksturīgs kodīgajai gundegai (*Ranunculus acer* L.).

2. Vadaudu kūliši veidojas no prokambija gredzena. Starp vadaudu kūlišiem izveidojas parenhimatiskās šūnas, kas spēj da-

lities un veidot starpkūlišu kambiju. Starpkūlišu kambijs darbojas tāpat kā kūlišu kambijs, piemēram, saulgriezēm (*Helianthus annuus* L.), tīrumu usnei (*Cirsium arvense* (L.) Scop.).

3. Vadaudu kūliši veidojas no prokambija gredzena, bet starpkūlišiem rodas mehāniskie audi — kolenhīma (tīrumu āboliņam) vai arī sklerenhīma (dillēm).

Vadaudu kūliši divdīgļlapju stumbrā izvietojas vienā gredzenā. Dažiem augiem, piemēram, magonēm, ir vairāki vadaudu kūlišu gredzeni. Retos gadījumos vadaudu kūliši izvietojušies izklaidus.

Divdīgļlapju stumbri aug sekundāri resnumā. Tiem ir sekundārā anatomiskā uzbūve, kas ir divdīgļlapju stumbra galvenais uzbūves veids, jo primārā uzbūve sastopama tikai jaunākajās stumbra daļās.

Pāreja no primārās anatomiskās uzbūves uz sekundāro notiek stumbra centrālajā cilindrā, kur sāk darboties kambijs. Visus stumbra uzbūves elementus, kas veidojušies no kambija, sauc par *sekundārajiem uzbūves elementiem*.

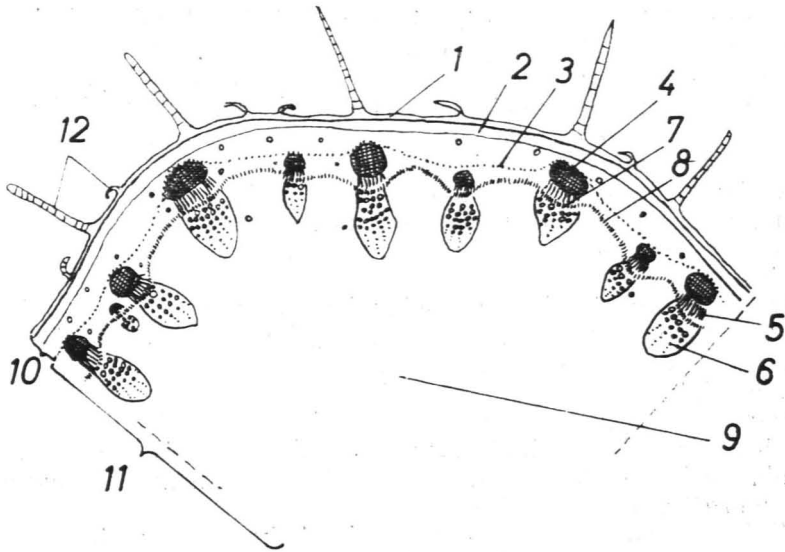
Kūlišu kambijs atrodas vadaudu kūlišos starp lūksni un koksni. *Starpkūlišu kambijs* veidojas no primārās parenhīmas, kas atrodas starp vadaudu kūlišiem un saglabā spēju dalīties. Šīs parenhimatiskās šūnas atšķirībā no pārējām šūnām ir sīkākas. Vairumā gadījumu divdīgļlapju stumbros starpkūlišu kambijs darbojas tāpat kā kūlišu kambijs. No kambija šūnām veidojas galvenokārt sekundārā koksne. Uz katrām 2...4 koksnes šūnām veidojas tikai viena sekundārās lūksnes šūna.

Stumbram pieaugot resnumā, paplašinās arī kambija gredzens. Tas notiek, kambija šūnām radiāli daloties. Tā kā kambija šūnas dalās ar taisnām, radiālām, gareniskām sienām, kambija gredzenā šūnas sakārtotas radiālās, regulārās kārtās.

SAULGRIEZES (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) STUMBRA UZBŪVE

Lai iepazītos ar divdīgļlapju stumbra anatomisko uzbūvi, par vienu no objektiem izmanto saulgriezi. No spirtā fiksēta saulgriezes stumbra nogriež plānus šķērsgriezumus, nokrāso tos ar sērskābo anilīnu vai floriglucīnu un sālsskābi un preparātu apskata mikroskopā.

Mikroskopa mazajā palielinājumā var atšķirt galvenās saulgriezes stumbra sastāvdaļas (87. att.). No ārpuses stumbru klāj epiderma. Zem tās atrodas samērā šaura primārās mizas josla, aiz kuras seko vadaudu kūliši, kas izvietojušies gredzenveidā. Visi vadaudu kūliši nav vienādi. Starp lielajiem vadaudu kūlišiem



87. att. Saulgriezies (*Helianthus annuus* L.) stumbra uzbūves shēma:

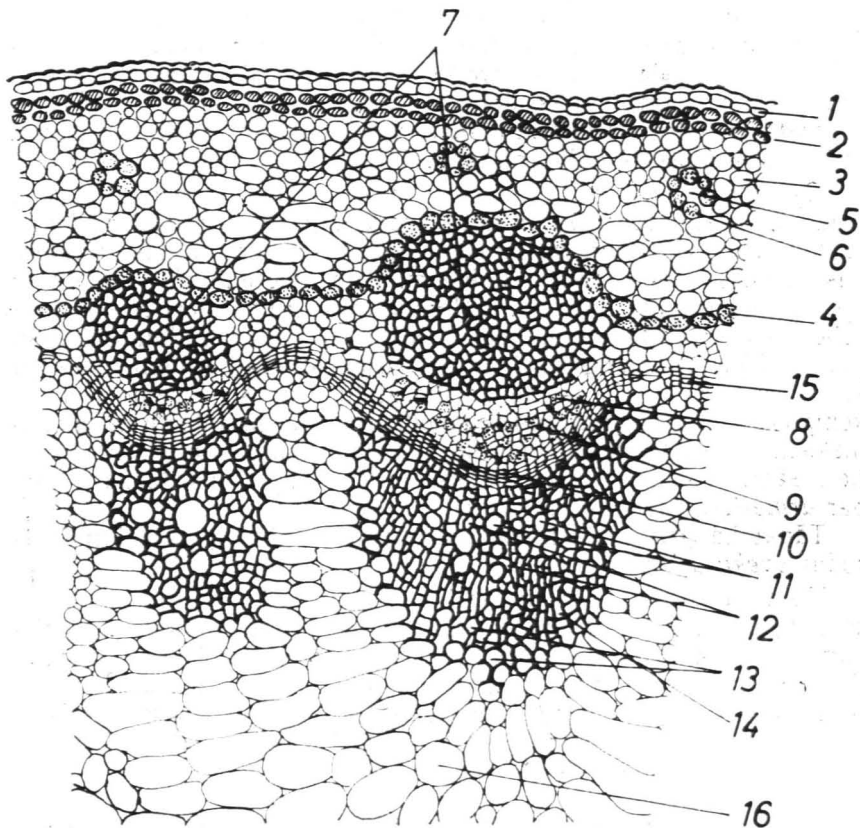
1 – epiderma, 2 – kolenhīma; 3 – endoderma; 4 – pericikls; 5 – lūksne; 6 – koksne; 7 – kūlišu kambijs; 8 – starpkūlišu kambijs; 9 – serde; 10 – primārā miza; 11 – centrālais cilindrs; 12 – matiņi.

atrodas arī sīkāki vadaudu kūliši, kurus no visām pusēm ietver sīku šūnu parenhīma. Virs katra vadaudu kūliša atrodas mehānisko audu grupas, kas ar sērskābo anilīnu krāsojas zeltaini dzeltenā krāsā, bet ar floroglucīnu — aveņsarkanā krāsā. Labi redzams, ka visus vadaudu kūlišus savstarpēji saista viļņota šūnu josla — starpkūlišu kambijs, kas katrā vadaudu kūlītī savienojas ar kūlišu kambiju, tādējādi izveidojot slēgtu sekundāro veidotājaudu gredzenu. Stumbra centrālo daļu aizņem serde, kas sastāv no parenhimatiskām šūnām ar plānu apvalku.

Sīkāk preparātu izpēta mikroskopa lielajā palielinājumā (88. att.). Epiderma sastāv no vienas sīku, tipisku šūnu kārtas. Tai ir izaugumi — viensūnas un daudzšūnu matiņi. Lielāko — taisno matiņu šūnām ir uzbiezināts apvalks. To gali ir smaili un piedod saulgriezies stumbriem raksturīgo raupjumu. Sīkākie matiņi ir salikti, tie sastāv no nelielām ieapaļām šūnām, kurām plāns šūnapvalks.

Zem epidermas atrodas samērā plāns primārās mizas slānis. Primārā miza saulgriezei sastāv no mehānisko audu slāņa, primārās mizas parenhīmas un endodermas. Mehāniskos audus

veido *plātņu kolenhīma*, kuras šūnu tangenciālo sienīņu apvalks ir uzbiezināts. Preparātā kolenhīmas šūnas ir sudrabaini spožas. Šīs šūnas ir dzīvas, tajās atrodas protoplasts ar kodolu un hloroplastiem. Ja preparātu krāso ar joda šķīdumu kālija jodīda šķīdumā, tad hloroplasti nokrāsojas dzeltenā krāsā, bet cietes graudi — zilā vai gandrīz melnā krāsā. Cietes graudi atrodas arī dziļāko primārās mizas parenhīmas slāņu šūnās. Sevišķi daudz cietes graudu ir primārās mizas pēdējā šūnu kārtā — *endodermā*



88. att. Saulgriezies (*Helianthus annuus* L.) stumbra anatomiskā uzbūve:

1 — epiderma; 2 — plātņu kolenhīma; 3 — primārās mizas parenhīma; 4 — endoderma; 5 — sveķu ailes dobums; 6 — epiteliālās šūnas; 7 — sklerenhīmas grupas — pericikls; 8 — sietstobri; 9 — pavadītājšūnas; 10 — kulišu kambiji; 11 — trahejas; 12 — koksnes parenhīma; 13 — traheīdas; 14 — koksnes parenhīma; 15 — starpkulišu kambiji; 16 — pamataudu parenhīma — serde; 2...4 — primārā miza; 5...6 — sveķu aile; 8...9 — lūksne; 11...12 — sekundārā koksne; 13...14 — primārā koksne; 8...14 — atklātais kolaterālais vadaudu kūlītis; 7...16 — centrālais cilindrs.

(cietes maksti). Ja preparāts pagatavots no vecākām stumbra daļām, tad var saskatīt, ka endodermas šūnu radiālo sienīņu apvalks ir uzbiezināts un nokrāsojies sarkanā krāsā. Šūnapvalka pabiezīnājumi preparātā redzami kā Kaspari svītras.

Saulgriezies stumbra primārajā mizā atrodas *sveķu ailes*. Sveķu aili veido sīkas *epiteliālās šūnas*, kas izdala sveķus. Sveķi uzkrājas sveķu ailes dobumā. Ja preparāts pagatavots no spirtā fiksēta materiāla, tad sveķveida vielas sveķu ailē nav redzamas, jo ir izšķīdušas. Saulgriezies stumbrā sveķu ailes veidojas šizogēni, šūnām atbīdoties citai no citas. Ja preparāts pagatavots no jaunākām stumbra daļām, tad sveķu ailes var redzēt to attīstībā — epitheliālās šūnas atrodas cieši cita pie citas un sveķu ailei vēl nav izveidojies dobums. Sveķu ailes starp mizas un centrālā cilindra parenhimatiskajām šūnām labi saskatāmas pat mikroskopa mazajā palielinājumā.

Centrālais cilindrs parasti sākas ar *periciklu*, kas veido gredzenu centrālā cilindra ārējā daļā. Saulgriezei pericikls sastāv no atsevišķām mehānisko audu — sklerenhīmas grupām, kas atrodas virs vadaudu kūlīšiem. Šīm sklerenhīmas šūnām ir biezs, pārkoksnēts apvalks. Sklerenhīmas grupa perifērijas daļā robežojas ar endodermu, bet uz iekšpusi — ar vadaudu kūlīša lūksni. Tādējādi saulgriezei un arī citiem divdīgļlapjiem vadaudu kūlīši un to pericikls — mehānisko audu grupas — veido vienotu kompleksu. Šie sklerenhīmas pavedieni pasargā lūksni no mehāniskiem bojājumiem, piemēram, deformēšanās, stumbriem liecoties. Šādus vadaudu un mehānisko audu kompleksus dažkārt sauc par *armētiem vadaudu kūlīšiem*.

Tāpat kā primārajā mizā, arī centrālā cilindra parenhīmā atrodas *sveķu ailes*.

Vadaudu kūlīši ir atklātie kolaterālie — to lūksni un koksni atdala kambija slānis (kūlīšu kambijs). Kūlīša šķērsriezumā redzams, ka vadaudu kūlīša lūksne sastāv no dažāda lieluma daudzstūrainām šūnām. Lielākās no tām ir sietstobri. Atsevišķiem sietstobriem redzamas arī sietplātnes. Ja griezumā ir sietstobra vidū, sietstobrs šķiet tukšs. Blakus sietstobriem redzamas pavadītājšūnas — daudz sīkākas šūnas ar biezu iekšējo saturu.

Vadaudu kūlīša koksnes daļā tuvāk stumbra centram redzamas protoksilēmas grupas. Tās šūnas ir neliela diametra, ar gredzenveida un spirāliskiem uzbiezinājumiem.

Sekundāro koksni, kas atrodas tuvāk kambijam, veido tīklveida un porainās trahejas, koksnes šķiedras (libriforma) un parenhimatiskās šūnas. Trahejām ir lielākais diametrs no visiem šiem elementiem. To šūnapvalkā redzamas poras. Koksnes šķied-

ras šķērsgriezumā ir četrstūrainas vai daudzstūrainas. Tām ir biezs, pārkoksnēts šūnapvalks un nav dzīva iekšējā saturs. Parenhīmas šūnās redzams dzīvs iekšējais saturs.

Kā kūlišu, tā arī starpkūlišu kambijālā zona sastāv no samērā platas joslas, ko veido kambija šūnas ar plānu apvalku un biezu, graudainu citoplazmu. Kambija šūnas sakārtotas radiālās rindās, jo visas šūnas, kas atrodas vienā radiālā rindā, ir veidojušās no vienas kambijālās šūnas. Vēlāk kambijālajā zonā vienas šūnas diferencējas par lūksni (uz ārpusi), bet citas — par koksni (uz iekšpusi).

Kambijālā zona kā vadaudu kūlīti, tā arī starp kūlišiem ir samērā plata. Tas norāda, ka kambija šūnas enerģiski dalās, bet stumbrs līdz ar to strauji aug resnumā. Saulgriezies stumbrs divu līdz trīs mēnešu laikā pārsniedz desmitkārtīgi.

Viena no saulgriezies stumbra raksturīgākajām pazīmēm ir tā, ka vadaudu kūliši nav vienādi. Vieni kūliši ir lieli, tos veido daudzie sekundārās lūksnes un sekundārās koksnes elementi. Citi kūliši turpretī ir mazi, bet dažiem — lūksne un koksne sastāv tikai no atsevišķiem elementiem. Tas ir tādēļ, ka kambijālajā gredzenā vadaudu kūlišu diferencēšanās nenotiek vienlaicīgi un tāpēc redzami vadaudu kūliši dažādās attīstības stadijās.

Saulgriezies stumbra centrālo daļu veido serde, kas sastāv no lielām parenhīmas šūnām un starpšūnu telpām. Attīstības sākumā parenhīmas šūnām apvalks ir plāns, nepārkoksnējies. Šūnas ir caurspīdīgas, kaut arī satur dzīvu protoplastu. Serdes perifērijā šūnas ir mazākas nekā centrālajā daļā. Stumbram augot resnumā, arī serde palielinās, jo šūnas palielina izmērus.

Pagatavoto saulgriezies stumbra šķērsgriezumu preparātu izpēta mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā. Uzņēmē stumbra sektoru ar attiecīgiem pierakstiem.

LOŽŅU GUNDEGAS (*RANUNCULUS REPENS* L.) STUMBRA UZBŪVE

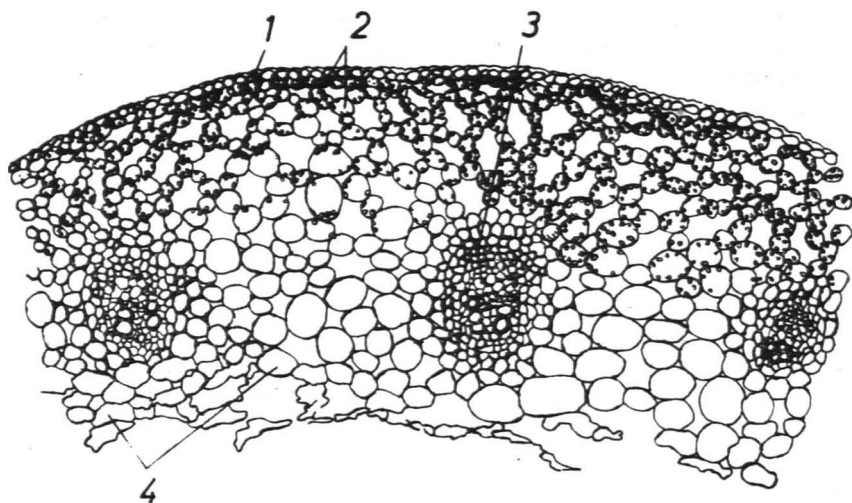
Lai iepazītos ar ložņu gundegas stumbra uzbūvi, pagatavo spirtā fiksēta gundegas stumbra šķērsgriezumu preparātu, ko krāso ar floroglucīnu un sālsskābi. Ložņu gundegas stumbrs attīstās samērā ātri, tāpēc tas nav sevišķi resns. Mehānisko audu sistēma tam nav spēcīgi izveidota un arī sekundārā pārsniedzšanās samērā vāji izteikta, jo stumbrs ir ložņājošs — tas neaug vertikāli. Ložņu gundegas stumbra uzbūve ir vienkārša.

Nokrāsoto preparātu apskata vispirms mikroskopa mazajā palielinājumā, bet sīkaku izpēti veic mikroskopa lielajā palielinājumā. Mikroskopā redzams, ka ložņu gundegas stumbra

vadaudu sistēmu veido atklātie kolaterālie vadaudu kūlīši, kas izvietojušies parenhīmā koncentriskā apļa veidā. Parenhīmas šūnām ir plāns apvalks. Tās platas joslas veidā aptver stumbra iekšējo dobumu. Stumbra iekšējais dobums rodas sakarā ar to, ka sairst lielākā daļa serdes, jo ložņu gundegas stumbrs izaug ļoti strauji.

Stumbru no ārpuses klāj tipiska epiderma, kas sastāv no šaurām šūnām ar mazliet uzbiezinātu ārējās sienīgas apvalku un ļoti plānu kutikulas slāni. Epidermas šūnas ir izstieptas stumbra gareniskās ass virzienā (89. att.).

Primāro mizu veido irdeni izvietotas parenhīmas šūnas ar plānu apvalku. Tās satur hloroplastus. Primārajā mizā ir daudz starpsūnu telpu. Sakarā ar ložņu gundegas stumbra attīstību palielināta augsnes un gaisa mitruma apstākļos primārajā mizā ir daudz starpsūnu telpu. Atšķirībā no vertikāli augošajiem divdīgļlapju stumbriem ložņu gundegas stumbra primārajā mizā nav mehānisko audu. Krasi izteiktas robežas starp primāro mizu un centrālo cilindru nav. Primārās mizas pēdējā šūnu kārtā — *endoderma* neizdalās uz apkārtējo šūnu fona. Primārās mizas parenhīma pakāpeniski pāriet centrālajā cilindrā. Tikai *pericikla* mehānisko audu pavedieni, kas atrodas virs katra kūlīša lūksnes daļas, iezīmē robežu starp primāro mizu un centrālo cilindru.



89. att. Ložņu gundegas (*Ranunculus repens* L.) stumbra uzbūve:

1 — epiderma; 2 — aerenhīma ar hloroplastiem; 3 — vadaudu kūlītis; 4 — pamataudu parenhīma.

Atklātajā kolaterālajā vadaudu kūlītī atrodas visas tipiskās sastāvdaļas. Kūlišā iekšējā daļā redzamas dažas sīkas primārās koksnes trahejas, kurām apkārt atrodas parenhimatiskas šūnas ar plānu šūnapvalku. Virzienā uz stumbra ārpusi tūlīt aiz primārās koksnes atrodas sekundārā koksne, ko veido samērā lielas trahejas, mehāniskās šķiedras un parenhimatiskas šūnas ar pārkoksnētu šūnapvalku. Aiz sekundārās koksnes seko kūlišā kambiālā zona, ko veido šūnas ar plānu apvalku. Kambiālā zona atrodas starp koksni un lūksni. Kambijs labi saskatāms tikai pirmajās attīstības stadijās. Vēlāk, kambijs darbībai izbeidzoties, kambiālā zona grūti saskatāma. Lūksne sastāv tikai no sietstobriem un pavadītājšūnām. Katru vadaudu kūlīti no ārpusē aptver mehāniskie audi — sklerenhīma. Tie ir vienīgie mehāniskie audi, kas sastopami ložņu gundegas stumbūrā.

Pēc ložņu gundegas stumbra šķērsriezumu preparāta izpētes mikroskopā uzzīmē daļu ložņu gundegas stumbra un pieraksta attiecīgos apzīmējumus.

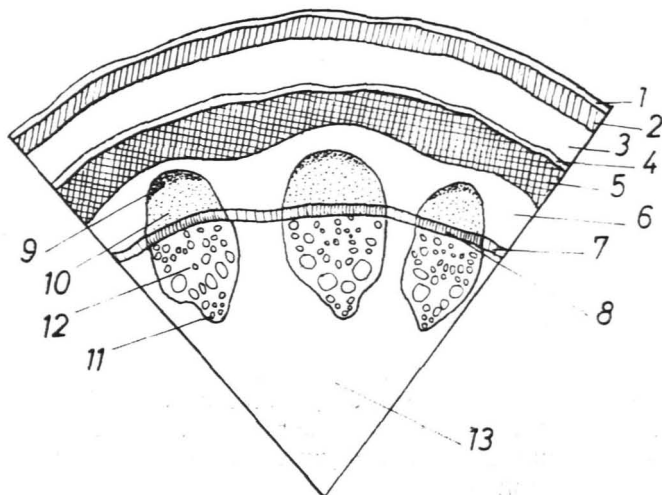
ARISTOLOHIJU (*ARISTOLOCHIA SP.*) STUMBRA UZBŪVE

Aristolohiju stumbrs ir viens no labākajiem objektiem divdīgļlapju stumbra (ar vadaudu kūlišiem) uzbūves izpētei. Darbam izmanto kārtējā gada dzinumus, kuri fiksēti spirtā veģetācijas perioda beigās.

Lai iepazītos ar aristolohijas stumbra uzbūvi, pagatavo spirtā fiksēta viengadīga stumbra šķērsriezumu preparātu, apstrādā to ar floroglucīnu un sālsskābi un apskata mikroskopā. Šķērsriezumā nav obligāti jāietver viss stumbrs, bet gan stumbra daļa no epidermas līdz serdei.

Atkarībā no vecuma aristolohiju stumbra anatomiskā uzbūve var būt dažāda. Vispiemērotākā ir vidēji veca aristolohiju stumbra daļa, kur vadaudu kūlišu primārā diferencēšanās pilnīgi pabeigta, bet sekundārā pāresnīšanās tikai sākusies.

Mikroskopa mazajā palielinājumā preparātā var redzēt *epidermu*, kas klāj stumbru no ārpusē un sastāv no vienas šūnu kārtas, *primāro mizu*, kas sastāv no vairākām šūnu kārtām, un *centrālo cilindru*, kas sākas ar platu mehānisko audu joslu (90. att.). Tās šūnām ir pārkoksnēts apvalks, kas nokrāsojas sarkanā krāsā. Šīs joslas ārējā robeža veido apli, bet iekšējā robeža ir viļņveidīgi izlocīta, t. i., veido iedobumus, kuri atrodas virs vadaudu kūlišu lūksnes daļas. Starp mehānisko audu joslu un vadaudu kūlišu lūksni atrodas parenhīmas šūnu slānis. Šis parenhimatisko šūnu slānis kopā ar mehānisko audu —



90. att. Aristoloģitju (*Aristolochia sp.*) stumbra uzbūves shēma:

1 — epiderma; 2 — kolēnhīma; 3 — primārās mizas parenhīma; 4 — endoderma; 5 — pericikla sklerēnhīma; 6 — pericikla parenhīma; 7 — starpkūlišu kambijs; 8 — kūlišu kambijs; 9 — primārā lūksne; 10 — sekundārā lūksne; 11 — primārā koksne; 12 — sekundārā koksne; 13 — serde.

sklerēnhīmas slāni veido stumbra centrālā cilindra ārējo kārtu — *periciklu*. Tuvāk centram gredzenveidīgi izvietojušies *vadaudu kūliši*. Vadaudu kūlišu koksnes daļa floroglucīna ietekmē nokrāsojusies sarkanā krāsā. Arī lūksne labi izdalās uz apkārtējo parenhimatisko šūnu fona. Starp vadaudu kūlišiem atrodas parenhīma, kas veido *primāros serdes starus*. Stumbra centrālo daļu aizņem serde, kas sastāv no lielām parenhimatiskām šūnām ar plānu apvalku.

Sīkāku preparāta izpēti veic mikroskopa lielajā palielinājumā. Tajā redzams, ka epiderma sastāv gandrīz no taisnstūrainām, blīvi sakārtotām šūnām. To ārējās sienīgas šūnapvalks ir daudz biezāks par iekšējo un sānu sienīgu šūnapvalku. No ārpuses epiderma klāta ar plānu kutikulāras slāni. Epidermas ārējo sienīgu šūnapvalks ir iedzeltens, jo tas piesātināts ar kutīnu. Šūnapvalkam ir slāņaina uzbūve, ko veido kutikulārie slāņi. Kutinizēšanās pastiprina epidermas aizsarglomu.

Zem epidermas sākas primārā miza. Tās pirmos slāņus veido šūnas ar uzbiezīnātu tangenciālo sienīgu apvalku. Parasti tā ir *plātņu kolēnhīma*, retāk tā var būt arī *stūru kolēnhīma*. Kolēnhīmas šūnu kārtā ir primārās mizas mehāniskie audi. Zem kolēnhīmas tuvāk stumbra centram atrodas lielas parenhimatiskas

šūnas ar plānu apvalku. Tā ir primārās mizas parenhīma, kas nobeidzas ar *endodermu*. Endoderma robežojas ar pericikla sklerenhīmas gredzenu. Endodermas šūnas ir sīkākas par primārās mizas parenhīmas šūnām. Visas primārās mizas šūnas ir dzīvas, tajās ir hloroplasti, kas piedod stumbram zaļo krāsu. Bez tam atsevišķās šūnās redzami kalcija oksalāta kristāli, drūzas, taču, ja preparāts apstrādāts ar floroglucīnu un sālsskābi, drūzas izšķīst. Ja pirms preparātu apstrādes ar floroglucīnu un sālsskābi griezumam iepriekš krāsoti ar joda šķīdumu kālija jodida šķīdumā, tad primārās mizas šūnās var saskatīt daudz cietes graudus. Tas norāda, ka primārajā mizā norisinās daudzi fizioloģiski procesi — fotosintēze, elpošana, rezerves vielu uzkrāšana utt.

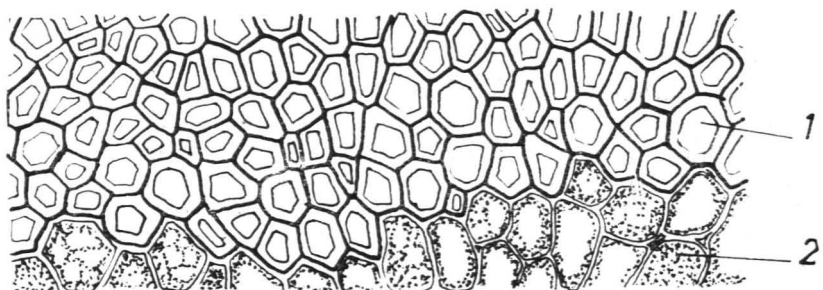
Centrālais cilindrs sākas ar *pericikla sklerenhīmas gredzenu*. To veido daudzstūrainas šūnas. Gargriezumā redzams, ka tās ir šķiedras, kas stiepjas stumbra gareniskās ass virzienā. Šo sklerenhīmas šūnu apvalks ir stipri uzbiezināts un pārkoksņējies, par ko liecina intensīvi sarkanais krāsojums ar floroglucīnu. Sevišķi intensīvi nokrāsojas primārais šūnapvalks, jo tas ātrāk un stiprāk pārkoksņējas nekā sekundārais šūnapvalks.

Vadaudu kūlīša perifērijas daļā, uz centra pusi no tās atrodas *kambijs*, bet aiz tā — *koksne* (91. att.).

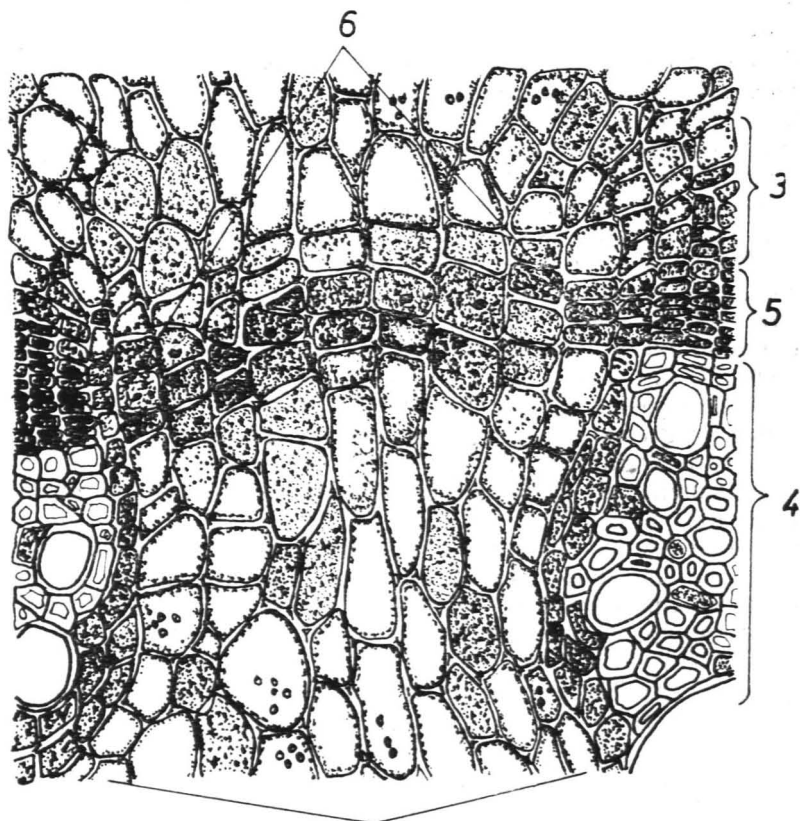
Vadaudu kūlīšu apakšējā daļā koksne sastāv no sīkiem elementiem, bet aiz tiem atrodas parenhimatiskas šūnas. Tie ir visagrāk izveidojušies primārās koksnes elementi — trahejas vai traheīdas ar gredzenveida vai spirāliskiem šūnapvalka uzbiezinājumiem (protoksilēma). Pie primārās koksnes pieskaitāmas arī lielākas trahejas ar porainu šūnapvalku. Šīs trahejas atrodas tuvāk perifērijai (metaksilēma).

Sekundārā koksne, ko veido kambiji, sastāv no lielām trahejām ar porainu, uzbiezinātu šūnapvalku, samērā daudzām koksnes šķiedras šūnām, kurām ir biezs apvalks (libriforma), un parenhīmas šūnām ar pārkoksnetu apvalku. Dažkārt līdzās kambijam var redzēt šūnas ar lielu dobumu, plānu šūnapvalku un iekšējā satura paliekām. Tās ir nākamās trahejas, kas atrodas formēšanās stadijā un kurām vēl ir dzīvs iekšējais saturs un neuzbiezināts šūnapvalks.

Vadaudu kūlīša lūksne sastāv no pavadītājšūnām, sietstobriem un parenhīmas šūnām ar plānu apvalku. Sietstobru šūnas ir pēc diametra lielākas, tām blakus atrodas sīkas, ar biezu iekšējo saturu pildītas pavadītājšūnas. Tā ir sekundārā lūksne, ko veido kambiji. Primārā lūksne atrodas pašā vadaudu kūlīša galā un sastāv no saspīestām, deformētām šūnām.



A



B

7

91. att. Aristolohiju (*Aristolochia* sp.) stumbra uzbūve pie vadaudu kūlīšiem:
 A, 1 — pericikla sklerenhīma, 2 — pericikla parenhīma; B, 3 — sekundārā lūksne, 4 —
 sekundārā koksne, 5 — kūlīšu kambījs, 6 — starpkūlīšu kambījs, 7 — serdes stars.

Kambijs resp. kambiālā zona sastāv no vairākām kārtām četrstūrīgu šūnu, kas sakārtotas radiālās rindās. Pašam kambijam ir tikai viena šūnu kārtā, pārējās kārtas izveidojušās no kambija un to šūnas vēl ir līdzīgas pēc sava izskata kambija šūnām. Vadaudu kūliša robežās atrodas kūlišu kambiji.

Bez kūlišu kambija aristolohiju stumbra attīstības vēlākās fāzēs izveidojas arī starpkūlišu kambiji, kas it kā sasaista vadaudu kūlišus. Starpkūlišu kambiji veidojas no parenhīmas šūnām, kas atrodas starp vadaudu kūlišiem. Šīm parenhīmas šūnām ir plāns apvalks. Tās daļās tangenciālā virzienā ar šķērssienu. Starpkūlišu kambiji, savienojoties ar kūlišu kambiju, izveido slēgtu kambiālo gredzenu. Taču atšķirībā no saulgriezies starpkūlišu kambija aristolohiju stumbra starpkūlišu kambiji veido tikai parenhimatiskās serdes staru šūnas, kas atrodas starp vadaudu kūlišiem.

Aristolohiju stumbra serde sastāv no lielām parenhīmas šūnām, starp kurām ir lielas starpšūnu telpas. Atsevišķās serdes šūnās var būt arī kalcija oksalāta kristāli — drūzas.

Ja preparātu gatavo no aristolohiju stumbra agrākās attīstības stadijās, tad vadaudu kūlītī sekundārā lūksne un koksne ir vāji attīstītas vai arī to nemaz nav. Pericikla sklerenhīmas šūnu apvalks ir mazāk uzbiezīnāts un pēc apstrādes ar floroglucīnu un sālsskābi intensīvi krāsojas tikai primārais šūnapvalks, bet sekundārais šūnapvalks krāsojas vāji rožainā krāsā vai arī nekrāsojas nemaz. Šādā jauna aristolohijas stumbra preparātā nav starpkūlišu kambija vai arī parenhīmā, kas atrodas starp kūlišiem, var redzēt tikai dažas pārdalījušās šūnas.

Vecākos stumbros vadaudu kūliši ir lieli, sevišķi to koksnes daļa. Ievērojamu koksnes daļu veido mehāniskie audi — koksnes šķiedras — libriforma. Starp vadaudu kūlišiem regulārās rindās atrodas parenhīmas šūnas, kas izveidojušās starpkūlišu kambija darbības rezultātā. Pericikla sklerenhīmas šūnu apvalks krāsojas intensīvi sarkanā krāsā, liecinot par tā pārkoksnēšanos.

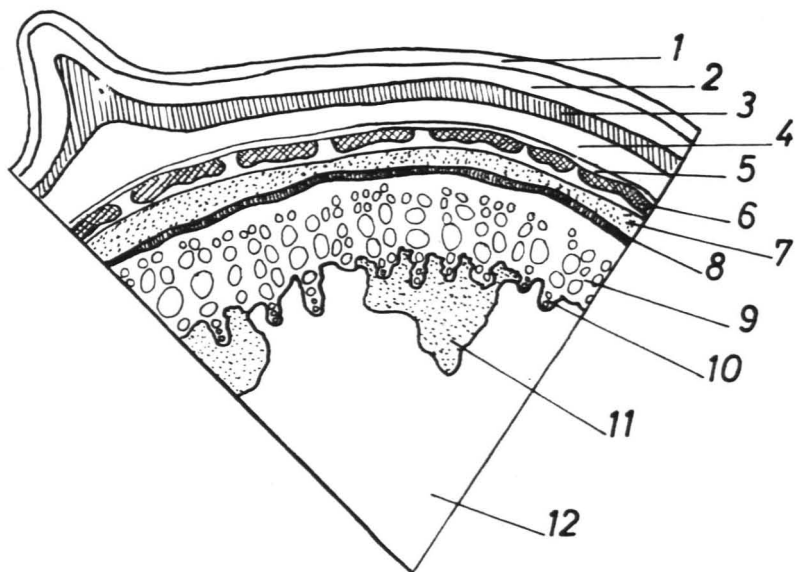
Spiritā fiksēta viengadīga aristolohiju stumbra šķērsgriezumu preparātu krāso ar floroglucīnu un sālsskābi un izpēta vispirms mikroskopa mazajā, bet pēc tam lielajā palielinājumā. Pēc preparāta izpētes mikroskopa mazajā palielinājumā uzzīmē stumbra uzbūves shēmu, kurā atzīmē visus redzamos stumbra audus. Pēc tam uzzīmē detalizētu pericikla sklerenhīmas gredzena daļu, kā arī daļu kūlišu un starpkūlišu kambija un pieraksta vajadzīgos apzīmējumus.

TIRUMA TĪTEŅA (*CONVOLVULUS ARVENSIS* L.) STUMBRA UZBŪVE

Saulgriezes, ložņu gundegas un aristolohiju stumbra vadaudu sistēma sakopota kūlīšos. Daļai divdīgļlapju stumbrā nav vadaudu kūlīšu, bet vadaudi — lūksne un koksne — izvietojušies nepārtraukta gredzena veidā, un starp lūksni un koksni atrodas kambija slānis. Šāda divdīgļlapju stumbra uzbūves tipa izpētei var izmantot tīruma tīteni (*Convolvulus arvensis* L.), mazo kapmirti (*Vinca minor* L.), parasto vējmietiņu (*Lythrum salicaria* L.), madaras (*Galium* sp.).

Tīruma tīteņa stumbra uzbūves izpētei pagatavo spirtā fiksēta stumbra šķērsgriezumu preparātu, ko apstrādā ar floriglucīnu un sālsskābi.

Mikroskopa mazajā palielinājumā redzams, ka tīruma tīteņa stumbrs šķērsgriezumā ir apaļš, ar nelieliem ribveidīgiem izvīrzījumiem. Tajā var izšķirt visas trīs divdīgļlapju stumbram raksturīgās daļas — *epidermu*, *primāro mizu* un *centrālo cilindru* (92. att.). Tīruma tīteņa stumbru no ārpusē klāj tipiska epiderma. Primārajai mizai ir mazliet citāda anatomiskā uzbūve, kas nedaudz atšķiras no vispārīgās shēmas. Zem epider-



92. att. Tīruma tīteņa (*Convolvulus arvensis* L.) stumbra uzbūves shēma:

- 1 — epiderma; 2 — parenhīma; 3 — plātņu kolēnhīma; 4 — parenhīma; 5 — endoderma; 6 — sklerenhīmas grupas; 7 — sekundārā lūksne; 8 — kambijs; 9 — sekundārā koksne; 10 — primārā koksne; 11 — primārā lūksne; 12 — serde.

mas atrodas 1 vai 2 kārtas parenhīmas šūnu, kurām ir plāns šūnapvalks, bet citoplazma satur hloroplastus. Aiz šī parenhīmatisko šūnu slāņa seko 2 vai 3 kārtas plātņu kolenhīmas. Zem kolenhīmas atrodas dažas kārtas parenhīmas šūnu ar plānu šūnapvalku. Primārās mizas pēdējā šūnu kārtā ir *endoderma*. Ja preparāts pirms apstrādes ar floriglucīnu un sālsskābi krāsots ar joda šķīdumu kālija jodīda šķīdumā, tad redzams, ka endoderma satur daudz cietes graudu (cietes maksts).

Aiz primārās mizas seko centrālais cilindrs, kuram nav pericikla. Tā vietā atrodas atsevišķas sklerenhīmas grupas ar nedaudz uzbiezīnātiem, nepārkoksnētiem šūnapvalkiem. Starp sklerenhīmas grupām atrodas parenhīmas šūnu grupas. Visi šie elementi veidojušies no prokambija perifēriskās zonas un pieder pie primārās lūksnes. Tīruma tīteņa stumbra centrālajā cilindrā lūksne, kambijs un koksne veido nepārtrauktu gredzenu.

Lūksne sastāv no sietstobriem, pavadītājšūnām un lūksnes parenhīmas. Taču šie elementi ir ļoti sīki un tāpēc grūti saskatāmi. Kambijs arī tikpat kā nav redzams, jo parasti, kad ievāc materiālu, tas beidzis savu darbību.

Sekundāro koksni veido galvenokārt neliela diametra trahejas un koksnes šķiedras — libriforma. Aiz sekundārās koksnes nelielās grupās izvietojusies primārā koksne, kuru veido neliela diametra elementi. No stumbra centrālās daļas cauri koksnei un lūksnei līdz pat endodermai stiepjas šauri serdes stari, kurus veido parenhīmas šūnas.

Tīruma tīteņa stumbram raksturīgs sekundārās lūksnes grupu novietojums aiz primārās koksnes. Lūksne kopā ar to aptverošajām parenhīmas šūnām izciļņu veidā iespiežas serdē. Šai iekšējai lūksnei ir primāra izcelšanās. Tā izveidojas primārās diferencēšanās procesā no prokambija pavedienu iekšējās daļas.

Tīruma tīteņa stumbram sakarā ar augšanas apstākļiem ļoti vāji attīstīti mehāniskie audi. Pēc būtības tīruma tītenis ir vīteņaugis, kas balstam izmanto citus augus. Ja balstaugu tuvumā nav, tad tītenis aug un stiepjas pa augsnes virskārtu, sasniedzot ievērojamu garumu.

Pēc tīruma tīteņa stumbra šķērsriezumu preparāta apskates mikroskopā uzzīmē stumbra uzbūves shēmu ar attiecīgiem piezīmēm.

SAKNEŅA UZBOVE

Sakneņis (zemesstumbrs, arī rizoms) ir vasas daļa, kas aug un attīstās augsnē. Tikai atsevišķiem augiem tas ložņā pa zemes virspusi, piemēram, skalbēm. Daudzi lakstaugi ar

sakneņiem veģetatīvi virojas. Parasti sakneņi maz atšķiras no stumbra. Dažiem augiem tas atgādina sakni, taču no saknes atšķiras ar to, ka augšanas konusam nav uzmaņas un spurgaliņu, bet ir rudimentāras lapas siku, bezkrāsainu zvīņu veidā. Šo lapu žāklēs atrodas pumpuri, no kuriem izaug virszemes vasas. Augi ar horizontālajiem sakneņiem stipri zarojas, tiem daudz virszemes vasu, kas ātri aizņem lielas platības. Daudziem augiem sakneņos lielos daudzumos uzkrājas rezerves barības vielas, galvenokārt ogļhidrāti.

Sakneņi veidojas daudzgadīgajiem lakstaugiem — kā viendīgļlapjiem, tā arī divdīgļlapjiem. Visbiežāk tie attīstās graudzāļu (*Poaceae*), skalbju (*Iridaceae*), liliju (*Liliaceae*), gundegu (*Ranunculaceae*), sūreņu (*Polygonaceae*), asteru (*Asteraceae*) un dažu citu dzimtu augiem.

Tā kā sakneņi ir vasas pārveidne, to anatomiskā uzbūve ir ļoti līdzīga virszemes stumbra anatomiskajai uzbūvei. Dažas atšķirības to anatomiskajā uzbūvē ir saistītas ar veicamo funkciju un augšanas apstākļiem.

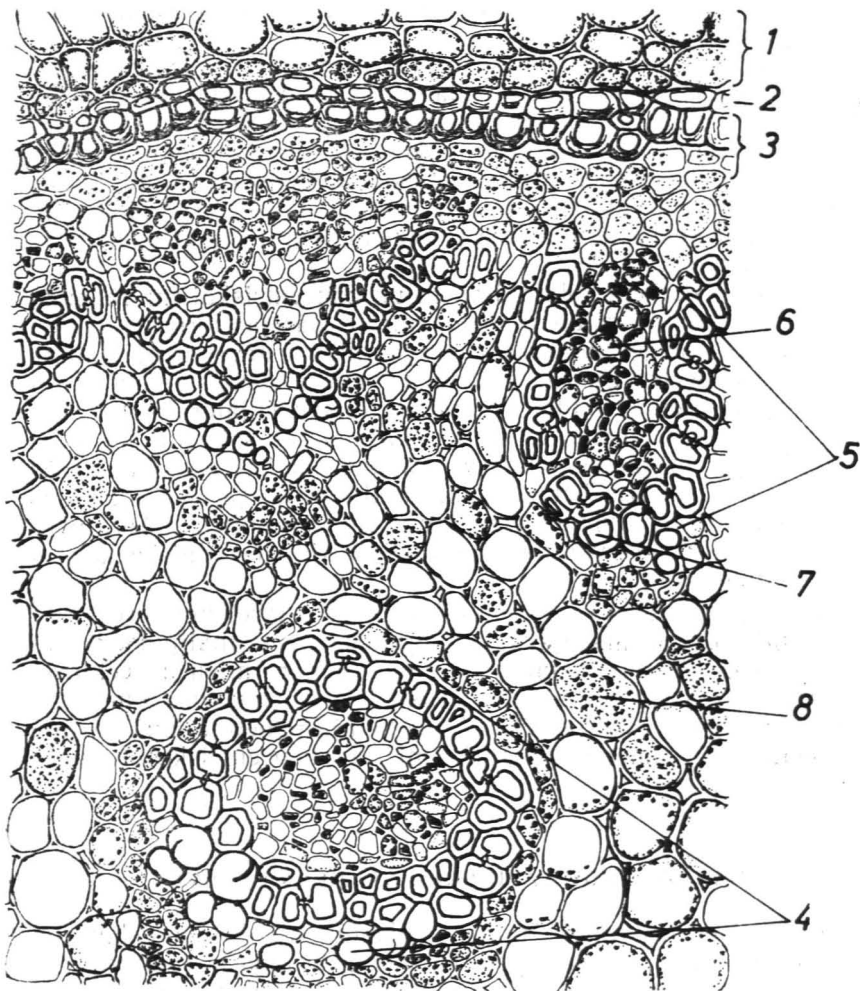
Ar sakneņu anatomisko uzbūvi var iepazīties, izpētot maijpuķītes (*Convallaria majalis* L.) vai arī ložņu vārpatas (*Agropyron repens* P. B.) sakneņu uzbūvi.

MAIJPUĶĪTES (*CONVALLARIA MAJALIS* L.) SAKNEŅA UZBŪVE

Lai iepazītos ar maijpuķītes sakneņa anatomisko uzbūvi, pagatavo spirtā fiksēta sakneņa šķērsriezumu preparātu, apstrādā to ar floroglucīnu, koncentrētu sālsskābi un apskata mikroskopā. Mikroskopa mazajā palielinājumā labi var redzēt visas trīs galvenās sakneņa daļas — epidermu, primāro mizu un centrālo cilindru.

Sakneņi no ārpuses klāj tipiska epiderma. Atsevišķās vietās starp epidermas šūnām var būt arī *atvārsnītes*. Atšķirībā no virszemes stumbra sakneņim ļoti labi attīstīta primārā miza, toties centrālais cilindrs un tanī esošā vadaudu sistēma attīstīti vāji (93. att.).

Labi attīstītā primārā miza sastāv no parenhimatiskām šūnām ar plānu apvalku un labi izteiktām starpšūnu telpām. Ja materiāls ievākts veģetācijas perioda beigās, tad primārās mizas parenhīmas šūnas satur diezgan daudz cietes. Aiz primārās mizas parenhīmas atrodas 3 vai 4 slāņi šūnu, kurām ir uzbiezināts radiālo un iekšējo sienīņu šūnapvalks. Uz ārpusi vērstais šūnu apvalks nav uzbiezināts. Šūnapvalki ir pārkoksņējušies. Šo īpatnēji veidoto šūnu ārējo slāni var uzskatīt par *endodermu*, bet pārējos — 1...3 mehānisko šūnu slāņus un aiz tiem esošās



93. att. Maijpuķīšu (*Convallaria majalis* L.) sakneņa uzbūve:

1 — primārās mizas parenhīma; 2 — endoderma; 3 — pericikls; 4 — koncentriskais vadaudu kūlītis; 5 — kolaterālais vadaudu kūlītis; 6 — lūksne; 7 — koksne; 8 — parenhīma.

dažas kārtas parenhīmas šūnu ar plānu šūnapvalku — par *periciklu*.

Centrālā cilindra iekšējā daļā atrodas vadaudu kūlīši un parenhīmas šūnas ar plānu šūnapvalku. Saknēnī vadaudu

kūliši izkaisīti pa visu centrālo cilindru tāpat kā vairumā viendīgļlapju stumbru.

V a d a u d u kūlīši, kas atrodas centrālā cilindra perifērijā un centrālajā daļā, ir dažādi. Vadaudu kūliši, kas atrodas centrālā cilindra perifērijā un piekļaujas pericikla parenhīmai, ir tipiski *kolaterāli vadaudu kūliši*, kuros koksne izvietojusies V veidā. Lūksne atrodas koksnes grupas ieliekumā. Centrālā cilindra vidū esošajos vadaudu kūlišos koksne apņem lūksni, izveidojot ap lūksni slēgtu koksnes elementu gredzenu. Tie ir *amfivazālie koncentriskie vadaudu kūliši*.

Līdzās tipiskajiem kolaterālajiem un koncentriskajiem vadaudu kūlišiem maijpuķīšu saknēni sastopami arī pārejas formu vadaudu kūliši, kuros, piemēram, koksne aptver lūksni nevis nepārtraukta gredzena veidā, bet gan ar pārtraukumiem. Koksne var būt izvietojusies pakavveidā, veidojot gandrīz tipisku kolaterālo vadaudu kūlīti. Tas izskaidrojams ar to, ka maijpuķītes saknēni, tāpat kā viendīgļlapju virszemes stumburā, vadaudu kūliši sākumā virzās līdz stumbra centram, bet pēc tam atkal tuvojas perifērijai. Viens un tas pats kūlītis stumbra centrā var būt koncentrisks, bet, tuvojoties perifērijai, tas var pārmainīties un kļūt par tipisku kolaterālo vadaudu kūlīti.

Pēc pagatavotā maijpuķīšu sakneņa šķērsgriezumu preparāta izpētes mikroskopa mazajā palielinājumā uzzīmē maijpuķīšu sakneņa uzbūves shēmu. Atzīmē epidermu, primāro mizu un centrālo cilindru ar tajā esošo vadaudu kūlišu izvietojumu un formu.

Pēc preparāta izpētes mikroskopa lielajā palielinājumā uzzīmē fragmentu no sakneņa šķērsgriezuma ar koncentrisko vadaudu kūlīti.

DAUDZGADĪGU LAPU KOKU STUMBRA UZBŪVE

Atšķirībā no lakstaugu stumbra kokaugu stumbrs aug daudzus gadus un ir stipri pārkoksnējies. Tā šķērsgriezumā ar neapbruņotu aci var saskatīt serdi, kas ir ļoti vāji attīstīta, koksni, kas atrodas ap serdi un aizņem lielāko daļu stumbra, un mizu, kas aptver stumbru no ārpusēs. Starp mizu un koksni atrodas šaura kambijālā zona, ko ar neapbruņotu aci nevar saskatīt. Koksne sastāv no koncentriskiem vai ekscentriskiem pieauguma gredzeniem. Katrs gredzens veidojas no kambija viena veģetācijas perioda laikā, un tos sauc par *gadakārtām*. Koksni un mizu radiālā virzienā šķērso radiālie jeb serdes stari.

Tā kā kokaugu stumbrs aug daudzus gadus, tam raksturīga sekundārā uzbūve. Pāreja no primārās uz sekundāro uzbūvi notiek

tūlīt pēc prokambija diferencēšanās, kad sākas kambija darbība. Kokaugu stumbrā primārā uzbūve pastāv īsu laiku; tā novērojama tikai nelielā attālumā no stumbra augšanas konusa. Visam kokaugu stumbram ir sekundārā uzbūve.

Kokaugu stumbra sekundāro uzbūvi veido sekundārie segaudi, primārā miza, sekundārā miza, kambijs, primārā koksne, sekundārā koksne un serde.

LIEPAS (*TILIA CORDATA* MILL.) STUMBRA UZBŪVE

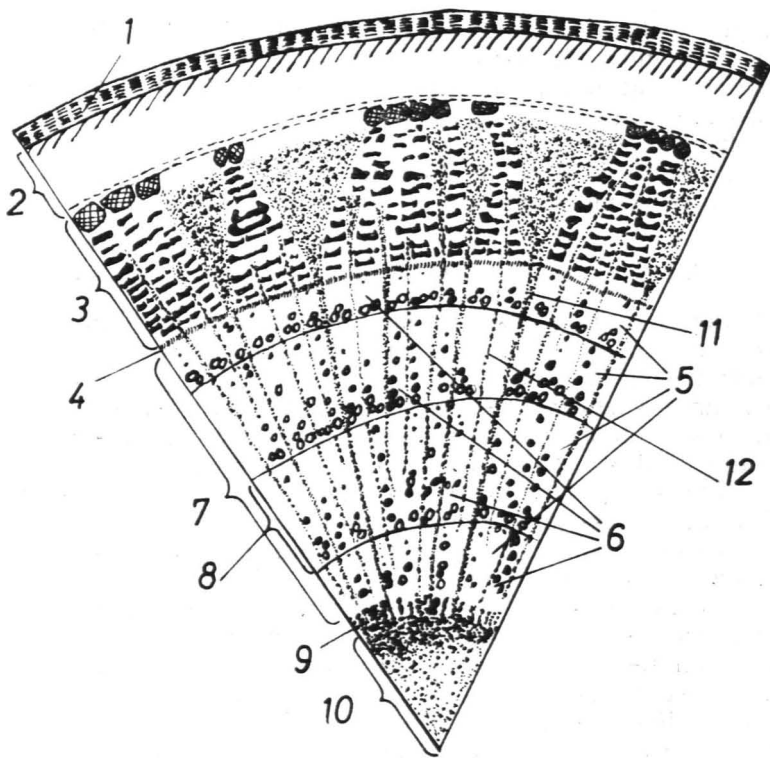
Ar liepas stumbra anatomisko uzbūvi iepazīstas stumbra šķēsgriezumu preparātā, kas krāsots ar floroglucīnu un sālsskābi. Preparātu pagatavo no divgadīga līdz četrgadīga liepas stumbra (zara) un apskata mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā.

Liepas stumbra šķēsgriezumu preparātā saskatāmas visas kokaugu stumbra galvenās daļas — periderma, primārā miza, sekundārā miza, kambijs un centrālais cilindrs (94. att.).

Pirmajā dzīves gadā liepas stumbru no ārpusē sedz primārie segaudi — *epiderma*, bet jau otrajā gadā to pakāpeniski nomaina sekundārie segaudi — *periderma* (95., 96. att.). Peridermu veido sekundārie veidotājsaudi — *fellogēns* (korķa kambijs), kas liepām attīstās no primārās mizas parenhīmas šūnām. Fellogēna šūnas, daloties tangenciālā virzienā, uz ārpusi izdala *fellēmu* (korķi), bet uz iekšpusi — *fellodermu* (korķa parenhīmu). Tātad periderma liepas stumbrā sastāv no 3 slāņiem, kuros visas šūnas izvietotas precīzās radiālās rindās. Fellogēns veido galvenokārt *fellēmu* un tikai nedaudzas (1 vai 2) *fellodermas* šūnu kārtas. *Fellēmas* šūnu apvalkā uzkrājas suberīns, tādēļ šūnapvalks kļūst necaurļaidīgs un šūnu iekšējais saturs ātri atmirst. *Fellēmas* šūnās atrodas gaiss, miecvielas, sveķi u. c.

Tūlīt zem peridermas sākas primārā miza, kas sastāv no *plātņu kolenhīmas*, *primārās mizas parenhīmas* un *endodermas*. Plātņu kolenhīma preparātā labi saskatāma, jo tangenciālo sienīņu uzbiezinātais šūnapvalks mikroskopa redzeslaukā šķiet sudrabaini pelēks. Plātņu kolenhīmu veido vairākas šūnu kārtas. Zem tās atrodas izodiametriskas primārās mizas parenhīmas šūnas, kurās vietām redzamas kalcija oksalāta drūzas. Primārās mizas pēdējā šūnu kārtā ir endoderma.

Tūlīt zem endodermas sākas sekundārā miza, kas sastāv no parenhimatiskām šūnām primāro serdes staru paplašinājumos un no lūksnes. *Serdes staru paplašinājumi* preparātā redzami kā nekrāsoti trīsstūri, kuru pamatne vērsta uz stumbra perifēriju, bet galotne uz centru. *Lūksne* izvietota trapecveidā un atrodas starp serdes staru paplašinājumiem. Lūksnē mijas krā-



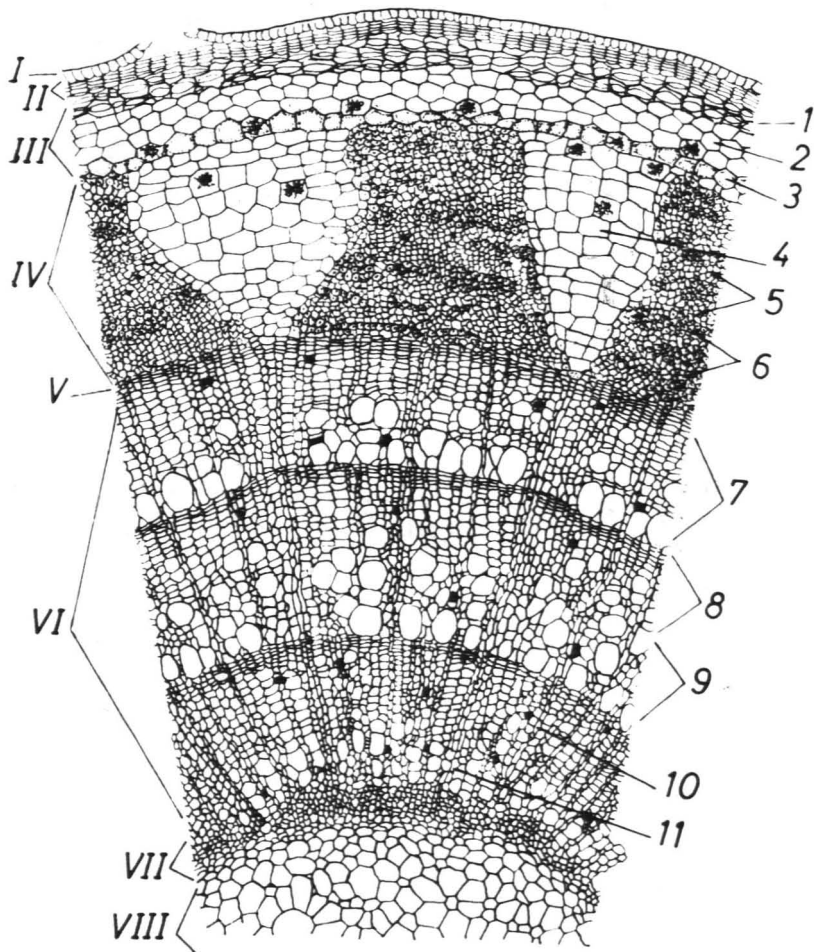
94. att. Liepas (*Tilia cordata* Mill.) stumbra uzbūves shēma:

1 — periderma; 2 — primārā miza; 3 — sekundārā miza; 4 — kambijs; 5 — vēlā (rudens) koksne; 6 — agrā (pavasara) koksne; 7 — sekundārā koksne; 8 — gadakarņa; 9 — primārā koksne; 10 — serde; 11 — primārais serdes stars; 12 — sekundārais serdes stars.

sotu un nekrāsošu šūnu kārtas. Krāsotā lūksne — *cietā lūksne* ir lūksnes šķiedras, t. i., mehāniskie audi — sklerenhīma lūksnē. Pēc liepu mizas mērcēšanas mērkos iegūst cieto lūksni, ko tautā dēvē par liepu lūkiem. Starp cietās lūksnes kārtām atrodas *mikstās lūksnes* kārtas, kas sastāv no sietstobriem, pavadītājšūnām un lūksnes parenhīmas. Lūksnes parenhīmas šūnas izvietojušās pie cietās lūksnes, tādējādi no abām pusēm aptverot mīksto lūksni. Cietās un mīkstās lūksnes kārtu skaits parasti ir divas reizes lielāks par stumbra vecumu gados. Sekundārā miza veidojas kambija darbības rezultātā.

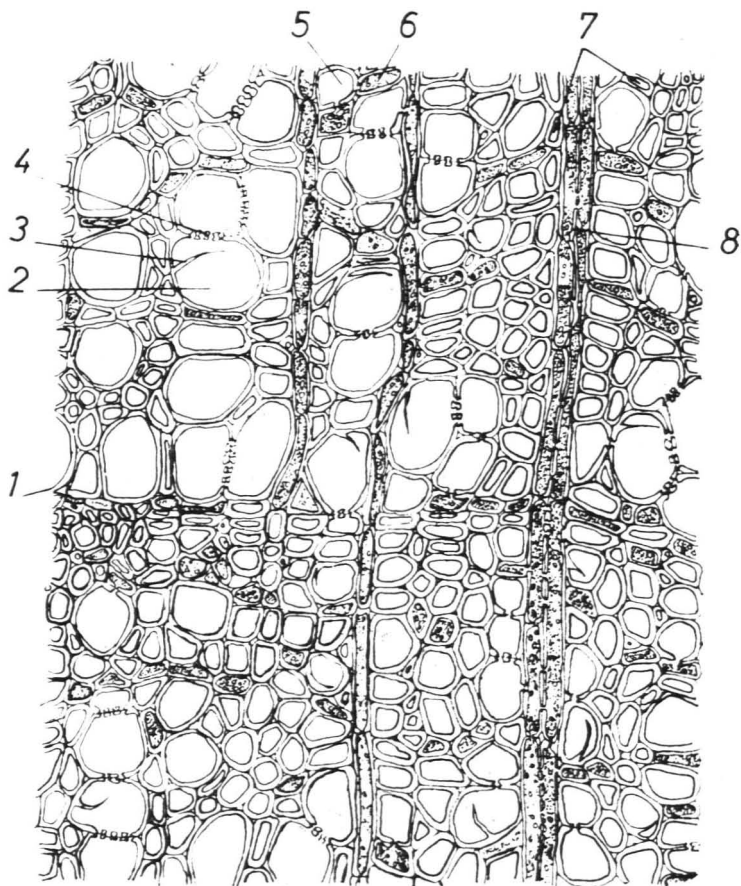
Zem sekundārās mizas uz stumbra centra pusi atrodas kambija gredzens, kas uz ārpusi veido lūksni (sekundāro

mizu), bet uz iekšpusi — sekundāro koksni. Kambija šūnas preparātā ir tumšākas, nekrāsotas, sakārtotas radiālās rindās, jo dalās tangenciālā virzienā. Viena no abām meitsūnām paliek par kambija šūnu, bet otra diferencējas par sekundārās koksnes vai



95. att. Liepas (*Tilia cordata* Mill.) stumbra uzbūve (šķērsgriezums):

1 — plātņu kelenhīma; 2 — primārās mizas parenhīma; 3 — endoderma; 4 — primārā serdes stara paplašinājums; 5 — mīkstā lūksne; 6 — lūksnes šķiedras — cietā lūksne; 7 — viena gadakārta; 8 — vēlā (rudens) koksne; 9 — agrā (pavasara) koksne; 10 — sekundārās serdes stars; 11 — primārās serdes stars; I — epiderma; II — periderma; III — primārā miza; IV — sekundārā miza; V — kambijs; VI — sekundārā koksne; VII — primārā koksne; VIII — serde.



96. att. Fragments no liepas (*Tilia cordata* Mill.) stumbra šķērs griezuma:
 1 — gadakārtu robeža; 2 — spirāliski porainā traheja; 3 — trahejas spirāliskā uzbiezī-
 nājuma fragments; 4 — dobumpora; 5 — traheida; 6 — koksnes parenhīmas šūna;
 7 — libriforma; 8 — serdes stars.

sekundārās lūksnes elementiem. Ja ārējā meitšūna paliek par kambija šūnu, tad iekšējā veido jaunus sekundārās koksnes elementus, turpretī, ja iekšējā meitšūna paliek kambija šūna, tad ārējā veido sekundārās lūksnes elementus. Koksnes elementu veidojas vairāk nekā lūksnes elementu, tādēļ arī kokaugu stumbros koksnes ir daudzreiz vairāk nekā lūksnes.

Kambija šūnām daloties, meitšūnas nekļūst tūlīt par koksnes un lūksnes elementiem, bet dalās vēl vienreiz vai divreiz un tikai

pēc tam sākas to diferencēšanās. Sakarā ar to kambija mātšūnas un meitšūnas izveido kambijālo zonu.

Aiz kambijālās zonas atrodas stumbra centrālais cilindrs, kas sastāv no *sekundārās koksnes*, *primārās koksnes*, *serdes*, *primārajiem* un *sekundārajiem serdes stariem*. Centrālajā cilindrā atrodas 4 audu grupas — vadaudi, mehāniskie audi, pamataudi un izdalītājadi.

Apskatot centrālo cilindru mikroskopa mazajā palielinājumā, labi redzamas gadakārtas, kuras izveidojas sakarā ar klimatiskajiem (vasaras un ziemas maiņas) un citiem augšanas apstākļiem. Katrā gadakārtā saskatāmi sīki elementi, bet pēc tam tie kļūst lielāki, tad seko nākamā gadakārta utt. Sīkie elementi ir sekundārās koksnes traheīdas, libriforma un koksnes parenhīma. Tie veidojas vasaras otrajā pusē un rudenī, un tādēļ to sauc par *vēlo* jeb *rudens koksni*. Gadakārtas lielākie elementi ir trahejas, libriforma un koksnes parenhīma, kas veidojusies kambija darbības rezultātā veģetācijas perioda sākumā, tādēļ šo koksni sauc par *agro* jeb *pavasara koksni*. Visa koksne, ko veido kambijs, neatkarīgi no liepas stumbra vecuma ir *sekundārā koksne*. Visi tās elementi izvietojušies vairāk vai mazāk radiālās rindās.

Aiz sekundārās koksnes stumbra centrā virzienā ap serdi mikroskopa mazajā palielinājumā labi saskatāma samērā sīku krāsotu elementu josla. Tās ir traheīdas, no kurām sastāv *primārā koksne*. Traheīdas izveidojušās no prokambija, un tās izvietotas izklaidus, bez noteiktas sistēmas.

Liepas stumbrā koksne aizņem 70...93% no visa stumbra. Koksne piešķir stumbram mehānisko izturību, pa to pārvietojas ūdens un minerālvielas no auga saknēm uz lapām. Pavasaros pumpuru plaukšanas laikā pa koksni pārvietojas arī organiskās vielas, galvenokārt cukuri, un tādēļ daudzu koku, piemēram, kļavu un bērzu, sula ir salda. Koksne uzkrājas arī rezerves vielas un dažādi sekrēti. Visiem koksnes audiem raksturīga šūnapvalka pārkoksnēšanās. Tajā uzkrājas lignīns, kas izmaina šūnapvalka fizikālās un ķīmiskās īpašības. Koksne kļūst blīvāka, cietāka, trauslāka, izturīgāka pret pūšanu. Lapu koku koksne satur 19...26% lignīna un 43...45% celulozes. Lignīns un celuloze šūnapvalkā nav ķīmiski saistīti. Koksnes šūnu uzbiezinātajā apvalkā ir viekāršās poras un dobumporas, pa kurām pārvietojas vielas no šūnas šūnā.

Koksnes parenhīma pēc būtības ir uzkrājējaudi koksnei. To šūnapvalki nav pārkoksnējušies, un tajos ir poras, tādēļ šūnas ilgi saglabājas dzīvas. Šūnu leikoplastos uzkrājas rezerves ciete, bet citoplazmā — eļļa. Pavasaros pumpuru plaukšanas laikā ciete

hidrolizējas un izveidojušies vienkāršākie ogļhidrāti pārvietojas uz kambiju un plaukstošajiem pumpuriem. Koksnes parenhīma koksne parasti izvietota izklaidus.

Serde atrodas liepas stumbra centrā, un to veido lielas, parenhimatiskas šūnas ar plānu šūnapvalku. Serdē redzamas arī šūnas ar tumšāku iekšējo saturu. Tajās parasti atrodas vai nu miecvielas, vai arī gļotas.

Primārie serdes stari stiepjas no serdes cauri visam centrālajam cilindram, sekundārajai mizai līdz pat primārās mizas iekšējam slānim — *endodermai*, kas kokaugiem tik labi neizdalās kā lakstaugiem. Daļa primāro serdes staru sekundārajā mizā veido trīsstūrveida paplašinājumus. Tie sastāv no lielām, trīsstūrainām, parenhimatiskām šūnām, kas izstieptas radiālā virzienā. Primāro serdes staru paplašinājumi veic uzkrājējaudu un izdalītājaudu funkciju, tajos veidojas kalcija oksalāta drūzas. Bez tam primāro serdes staru paplašinājumi nodrošina mizas augšanu tangenciālā virzienā.

Sekundārie serdes stari atrodas sekundārajā lūksnē un sekundārajā koksnē. Tie veidojas kambija darbības rezultātā; to šūnas ir viegli izstieptas radiālā virzienā. Serdes starus vislabāk var izpētīt radiālajos griezumos. Liepas stumbra serdes stari sastāv no morfoloģiski vienādām šūnām, un tādēļ tos sauc par *homogēnajiem serdes stariem*. Serdes stari nodrošina vielu pārvadīšanu radiālā virzienā, kā arī veic uzkrājējaudu funkciju.

Pēc daudzgadīga liepas stumbra šķērsriezumu preparāta apskates mikroskopa mazajā palielinājumā uzzīmē liepas stumbra uzbūves shēmu, atzīmē segaudus — peridermu, primāro mizu, ko veido mehāniskie audi — plātņu kolenhīma, kā arī primārās mizas parenhīma un endoderma, sekundāro mizu ar cieto un mīksto lūksni un primāro serdes staru paplašinājumiem, kambiju, sekundāro koksni ar gadakārtām, primāro koksni, primāros un sekundāros serdes starus un serdi.

Pēc preparāta izpētes mikroskopa lielajā palielinājumā uzzīmē liepas stumbra šķērsriezuma sektoru, sīkāk izzīmējot atsevišķas stumbra uzbūves anatomiskās detaļas.

Lai sīkāk iepazītos ar sekundārās lūksnes uzbūvi, mikroskopa lielajā palielinājumā izpēta stumbra radiālo gargriezumu, pievēršot uzmanību sietstobru un pavadītājšūnu, kā arī lūksnes šķiedru un lūksnes parenhīmas anatomiskajai uzbūvei.

Liepas stumbra radiālajā gargriezumā izpēta arī sekundārās koksnes anatomisko uzbūvi, pievēršot uzmanību spirāliski porainajām trahejām ar vienkāršajām porām, spirāliskajām traheidām, libriformai ar spraugveida un krustveida porām, koksnes parenhīmas pavedieniem un serdes staru uzbūvei.

DAUDZGADĪGU SKUJU KOKU STUMBRA KOKSNES UZBŪVE

Skuju koku koksnes anatomiskā uzbūve salīdzinājumā ar lapu koku koksnes anatomisko uzbūvi ir daudz vienkāršāka, primitīvāka. To veido vadaudi, pamataudi un izdalītājadi. Skuju koku koksnes galvenais struktūrelements ir vadaudi — traheīdas.

Traheīdas parasti ir līdz 3 mm garas, sakārtotas rindās. Traheīdas ir nedzīvas, to šūnapvalks uzbiezīnāts un pārkoksņējis, ar daudzām dobumporām, it īpaši agrajā jeb pavasara koksnē. Pavasara koksnes traheīdu šūnapvalks ir plāns, un šīs traheīdas izpilda galvenokārt vadaudu funkcijas. Vēlās jeb rudens koksnes traheīdu šūnapvalks ir biezs un šūnu radiālais izmērs ir daudz mazāks nekā tangenciālais izmērs. Rudens koksnes traheīdas veic galvenokārt mehānisko funkciju.

Pamataudu parenhīmas skuju koku koksnē ir maz. Tā atrodas galvenokārt serdes staros ap sveķu ailēm. Dažiem skuju kokiem (cipresēm) tā izkaisīta izklaidus pa visu koksni.

Izdalītājadi jeb sekrētaudi skuju koku koksnē ir *sveķu ailes*, kas stumbrā izvietojušās kā horizontālā, tā arī vertikālā virzienā. Horizontālās un vertikālās sveķu ailes ir savstarpēji saistītas un veido vienotu sveķu ailu sistēmu. Šāda vienota sveķu ailu sistēma nodrošina sekmīgu priežu koku atsveķošanu. Sveķu ailes ir gari kanāli, ko no iekšpuses izklāj izdalītājšūnas jeb *dziedzerepītēļi*. Sveķu ailes apņem koksnes parenhīma. Parenhīmas šūnu apvalks ir nedaudz uzbiezīnājis un pārkoksņējis. Dažiem skuju kokiem (īvēm, cipresēm) sveķu ailu nav.

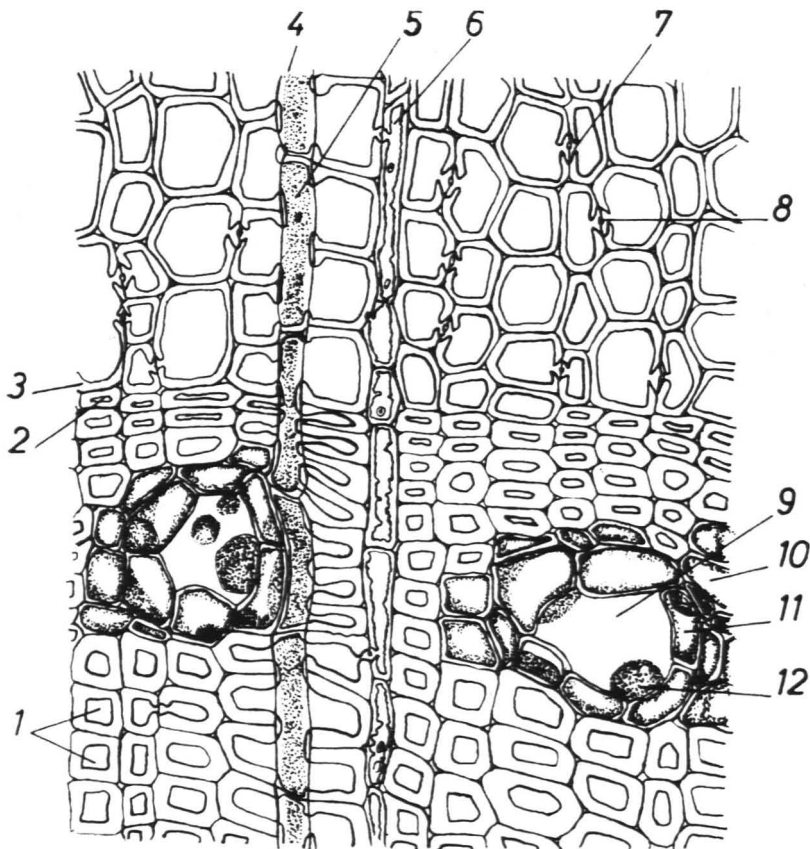
Serdes stari skuju kokiem ir heterogēni — nevienmērīgi. To vidusdaļā atrodas dzīvas parenhimatiskās šūnas ar nedaudz pārkoksņētu apvalku. Šīs šūnas satur rezerves ciēti. Pa serdes staru parenhimatiskajām šūnām horizontālā virzienā stumbrā pārvietojas organisko vielu šķīdums. Serdes staru dzīvās parenhimatiskās šūnas no abām pusēm (augšas un apakšas) aptver nedzīvas *traheidālās šūnas*, ko dažkārt arī sauc par serdes staru horizontālajām traheidām. Šīm šūnām uz iekšpusi ir nevienmērīgi uzbiezīnāts, pārkoksņējis šūnapvalks. Pa traheidālo šūnu kārtām radiālā virzienā skuju koku stumbrā pārvietojas ūdens un tajā izšķīdušās minerālvielas. Traheidālās šūnas veic arī mehānisko funkciju. To šūnapvalkā redzamas daudzas dobumporas.

PRIEDES (*PINUS SYLVESTRIS* L.) STUMBRA KOKSNES UZBŪVE

Lai iepazītos ar skuju koku koksnes anatomisko uzbūvi, pagatavo tipiska skuju koku pārstāvja — priedes stumbra šķērsgriezumu, kā arī radiālo un tangenciālo gargriezumu preparātus.

Gargriezums krāso ar floroglucīnu un koncentrētu sālsskābi un pēc tam veic mikroskopisko izpēti vispirms mikroskopa mazajā, bet pēc tam lielajā palielinājumā.

Priedes stumbra šķērsgriezumā labi redzamas gadakārtas, jo ļoti atšķirīga ir iepriekšējā gada vēlā jeb rudens koksne un nākamā gada agrā jeb pavasara koksne (97. att.). Stumbra centrā atrodas serde, no kuras uz perifēriju radiālās rindās sakārtoti galvenie priedes koksnes elementi — tr a h e ī d a s. Mikroskopa mazajā palielinājumā labi redzams, ka priedes stumbra koksne



97. att. Priedes (*Pinus sylvestris* L.) stumbra šķērsgriezums:

1 — pavasara traheīdas; 2 — rudens traheīdas; 3 — gadakārtu robeža; 4 — serdes stars; 5 — serdes staru parenhīmatiskās šūnas; 6 — serdes staru traheīdālās šūnas; 7 — dobumpora; 8 — toruss; 9 — sveķu aile; 10 — parenhīma; 11 — sveķu ailes epiteliālās šūnas; 12 — sveķu piliens.

sastāv gandrīz vienīgi no traheīdām. Atsevišķās vietās starp radiālajām traheīdu rindām ķīļveidā iestarpinās jaunas traheīdu rindas, kas turpinās līdz pat stumbra perifērijai. Šāda jaunu traheīdu rindu iestarpināšanās nodrošina priedes stumbra normālu augšanu resnumā.

Priedes stumbra šķērsriezuma rūpīgā apskatē redzams, ka vienā radiālajā rindā esošās traheīdas nav vienādas. To uzbūve atkarīga no kambija darbības īpatnībām viena veģētācijas perioda laikā.

Pavasārī, sākoties kārtējam veģētācijas periodam, atjaunojas sulu pārvietošanās, kambijs veido traheīdas ar plānu šūnapvalku un lielu dobumu. To tangenciālais izmērs ir mazāks par radiālo. Agrās jeb pavasara traheīdas izpilda galvenokārt vielu pārvadīšanas funkciju, tādēļ arī to šūnapvalkā ir daudz dobumporu. Šķērsgriezumā priedes koksnes traheīdas ir taisnstūrveida. Pēc tam kad kambijs veģētācijas perioda pirmajā pusē ir izveidojis vairākas kārtas pavasara traheīdu, tas sāk veidot traheīdas ar mazāku dobumu un biežāku šūnapvalku. Vasaras otrajā pusē un rudenī kambija darbības rezultātā veidojas rudens jeb vēlās traheīdas, kurām ir biezs šūnapvalks un mazs iekšējais dobums. To radiālais izmērs ir daudz mazāks par tangenciālo izmēru. Rudens traheīdas izpilda galvenokārt mehānisko funkciju. Veģētācijas periodam beidzoties, arī kambija darbība izbeidzas. Nākamā gada pavasarī tā atkal atjaunojas un kambijs no jauna veido lielas traheīdas, bet rudenī — arvien mazākas. Tādējādi vienā veģētācijas periodā izveidojas divējādas traheīdas — pavasara jeb agrās traheīdas un rudens jeb vēlās traheīdas, kas kopā sastāda vienu gadakārtu. Pāreja no pavasara traheīdām uz rudens traheīdām ir ļoti pakāpeniska un vienmērīga. Robeža starp gadakārtām priedes koksneī labi redzama.

Dobumporas ir tikai koksnes vadaudu elementiem. Priedes koksnes dobumporas raksturīgas ar to, ka uz slēdzējmembra vidusdaļas atrodas lēcveidīgs uzbiezīnājums, ko sauc par *torusu*. Toruss atrodas tikai skuju koku vadaudu elementu dobumporās. Piespiežoties pie vienas vai otras poras atveres, tas neļauj pārvietoties šķīdumiem, tātad darbojas kā vārsts.

Priedes koksnes šķērsriezuma preparātā redzams, ka starp traheīdu radiālajām rindām stiepjas *serdes starri*, kas pārvada organisko un neorganisko vielu šķīdumus horizontālā virzienā. Šķērsgriezumā redzama tikai viena šūnu rinda, pie tam, ja griezumā skārīs traheidālo šūnu kārtas, tad preparātā redzams, ka arī serdes staru šūnu apvalks ir krāsots sarkanā krāsā, tāpat kā pārējās koksnes traheīdas. Ja turpretī griezumā atrodas dzīvo šūnu kārtas, tad to šūnapvalks nav krāsots.

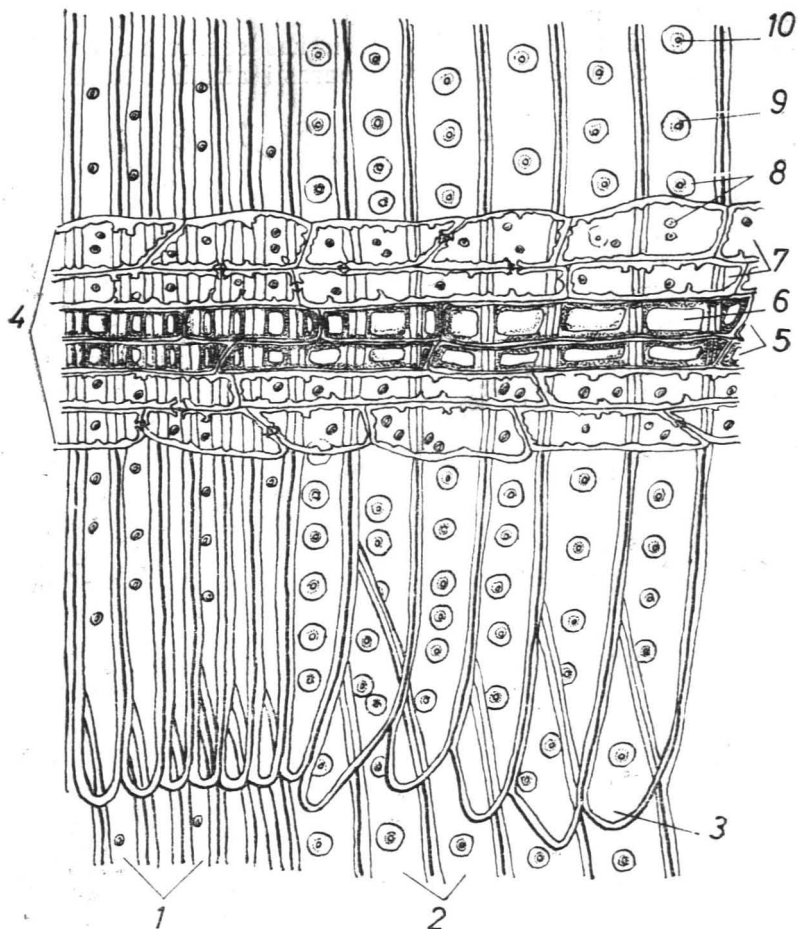
Priedes koksnes šķērsgriezumā starp sarkani krāsotajām traheīdu rindām lielā daudzumā redzamas nekrāsotas sveķu ailes, kuras veido *sveķu ailes dobums* un *epiteliālās šūnas*. Ap sveķu aili izvietojušās koksnes parenhīmas šūnas, kas arī nav krāsotas. Priedes koksnē sveķu ailes izveidojušās šizogēni, šūnām atbīdoties. Priedes stumbra šķērsgriezumā redzamas galvenokārt vertikālās sveķu ailes, kas vairāk izvietotas rudens koksnē. Dažkārt priedes koksnes šķērsgriezumu preparātā platu, nekrāsotu joslu veidā redzamas arī horizontālās sveķu ailes.

Priedes stumbra radiālajā gargriezumā var labi izpētīt serdes staru un traheīdu anatomisko uzbūvi. Priedes koksnes traheīdas ir ļoti garas, vertikālā virzienā izstieptas prozenhimatiskas šūnas ar viegli sašaurinātiem un noapaļotiem galiem (98. att.). Parasti vienā redzeslaukā redzama tikai daļa no traheīdas. Tāpat kā koksnes šķērsgriezumu preparātā, arī radiālo gargriezumu preparātā labi redzamas atšķirības starp rudens un pavasara traheīdām. Uz traheīdu radiālo sienīņu šūnapvalka ļoti labi saskatāmas dobumporas (pretskatā), kas sakārtotas vienā rindā. Dobumporas pretskatā veido it kā trīs koncentriski apli: iekšējais aplis atbilst dobumporas kanāla atverei, vidējais aplis — torusa apveidam un ārējais aplis — dobumporas ārējam izmēram.

Perpendikulāri traheīdu gareniskajai asij stiepjas serdes stari, kas izskatās kā platākas vai šaurākas lentas, kuras veido vairāku šūnu kārtas. Preparātā labi saskatāms, ka priedes serdes starā ir divējāda veida šūnas, kas atšķirīgas gan pēc formas, gan arī pēc izpildāmajām funkcijām. Serdes stara vidusdaļā atrodas viena vai vairākas kārtas dzīvu parenhimatisku šūnu, kuras horizontālā virzienā pārvada organiskās vielas un kurās uzkrājas rezerves ciete un tauki pilienu veidā. To sānos labi redzamas lielas, taisnstūrainas, logveida vienkāršās poras, kas atrodas iepretī vertikālā virzienā esošās traheīdas dobumam. Vienkāršo poru daudzums vienā serdes stara parenhīmas šūnā ir atkarīgs no šķērsoto vertikālo traheīdu daudzuma. Vecajā koksnē, kas atrodas dziļāk priedes stumbra iekšienē, serdes staru parenhīmas šūnās protoplasti atmirst. Serdes staru parenhīmas šūnas parasti nedaudz izstieptas radiālā virzienā. Serdes stara augšā un apakšā atrodas viena vai vairākas kārtas traheīdālo šūnu. Tās ir nedzīvas, ar pārkoksnētu, uz iekšpusi nevienmērīgi uzbiezinātu šūnapvalku, kurā ir daudz dobumporu.

Tā kā priedes koksnē serdes starus veido morfoloģiski un funkcionāli dažādas šūnas, tos sauc par *heterogēnajiem serdes stariem*.

Priedes stumbra tangenciālajā gargriezumā redzamas priedes koksnes traheīdas ar griezumu pa radiālajām sienīņām (99. att.).

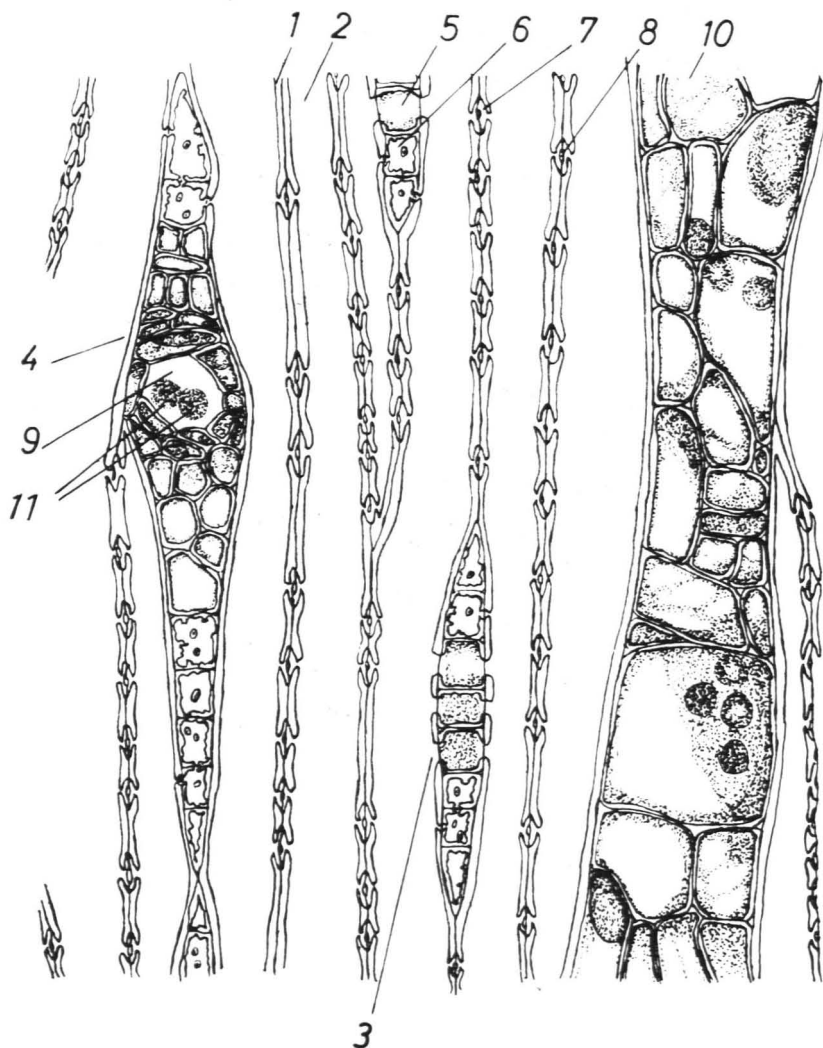


98. att. Priedes (*Pinus sylvestris* L.) koksnes radiālais gargriezums:

1 — rudens traheīdas; 2 — pavasara traheīdas; 3 — traheīdas gals; 4 — serdes stars; 5 — serdes stara parenhimatiskās šūnas; 6 — vienkāršā pora; 7 — serdes stara traheidālās šūnas; 8 — dobumporas; 9 — toruss; 10 — poras kanāls.

Traheīdu gali ir nosmailoti, to radiālo sienu šūnapvalkā redzamas dobumporas griezumā. Preparātā labi redzami arī serdes stari šķēsgriezumā, kur tajos saskatāmas dzīvās un traheidālās serdes staru šūnas. Priedes koksne serdes stari parasti ir šauri, taču tie var sastāvēt arī no 12 šūnu kārtām. Serdes stara vidū esošās šūnas ir taisnstūrainas, bet traheidālās šūnas, ar kurām nobeidzas serdes stars, ir ķīļveidīgas. Līdzās šaurajiem serdes

stariem dažkārt tangenciālā gargriezuma preparātā redzami plati, salikti, vārpstveida serdes stari, kas sastāv no vairākām šūnu rindām. Šo serdes staru vidū parasti atrodas horizontālās



99. att. Priedes (*Pinus sylvestris* L.) koksnes tangenciālais gargriezums:
 1 — traheidas šūnarpvalks; 2 — traheidas dobums; 3 — vienkāršais serdes stars; 4 — saliktais serdes stars; 5 — serdes stara parenhimatiskā šūna; 6 — serdes stara traheidālā šūna; 7 — dobumpora; 8 — toruss; 9 — horizontālā sveķu aile; 10 — vertikālā sveķu aile; 11 — sveķu pilieni.

sveķu ailes. Tangenciālo gargriezumu preparātā platu, nekrāsošu joslu veidā redzamas arī vertikālās sveķu ailes, kas sastāv vai nu no epiteliālajām šūnām, vai arī no parenhīmas šūnām, kuras apņem sveķu aili. Ja tangenciālais gargriezums visā preparāta garumā griezts tieši pa sveķu ailes dobumu, tad preparāts sadalās divās daļās.

Pēc visu trīs preparātu izpētes mikroskopā uzzīmē fragmentus no priedes stumbra šķērsriezuma, kā arī no radiālā un tangenciālā gargriezuma. Priedes stumbra šķērsriezuma fragmentā parāda vienu gadakārtu, atšķirību starp rudens un pavasara traheidām, sveķu aili, serdes starus, poras traheīdu radiālo sienīņu šūnapvalkā.

Radiālā gargriezuma zīmējumā parāda vertikālo traheīdu anatomiskās uzbūves īpatnības, dobumporu izvietojumu, serdes staru ar dzīvajām parenhimatiskajām un traheidālajām šūnām.

Tangenciālā gargriezuma zīmējumā parāda vertikālo traheīdu dobumporas, traheīdas galu, šauro un vēlams arī salikto serdes staru, sveķu aili.

Zīmējumiem dod attiecīgos pierakstus.

Ar skuju koku koksnes uzbūvi anatomijas praktiskajos darbos var iepazīties, apskatot arī citu skuju koku koksni, kuras anatomiskā uzbūve ir citāda nekā priedes koksnei. Tā, piemēram, Korejas un Sibīrijas ciedru priedei serdes staru saskares vietā ar vertikālajām traheidām serdes staru parenhīmas šūnās veidojas 2 vai 3 vienkāršās poras, cipreses un paegļa koksne — sīkas dobumporas, eglēm — vairākas dobumporas, kuru atveres ir šauras spraugas.

Lapegļu koksnes radiālajā gargriezumā redzams, ka traheīdu radiālo sienīņu šūnapvalkā dobumporas izvietojušās kā vienā, tā arī divās rindās. Ives koksne traheidām ir ne vien dobumporas, bet arī spirālveidīgi uzbiezējumi, kas rodas no sekundārā šūnapvalka terciārā slāņa.

Lapegļu, paegļu un īves koksne starp vertikālajām traheidām var būt arī koksnes parenhīmas šūnas, kas, atrazdamās cita virs citas, veido garas ķēdes, kuras labi redzamas gargriezumu preparātā.

Serdes stari paegliem, cipresēm un īvēm sastāv no vienvēidīgām šūnām, tāpēc tos sauc par *homogēnajiem serdes stariem*. Sveķu aili šo skuju koku koksne nav.

Sakne

Augu saknes anatomiskā uzbūve atbilst divām galvenajām funkcijām, ko tā veic: 1) stabilai auga nostiprināšanai augsnē, 2) auga apgādei ar ūdeni un tajā izšķīdušajām minerālvielām. Saknes centrālajā daļā atrodas mehāniskie audi, kas padara sakni stiepes izturīgu. Uzsūcējfunkciju auga sakne pilda ar *epiblēmu* — spurgaliņu nesošu slāni. Saknei ir radiāla simetrija, kas skaidri izteikta saknes primārajā uzbūvē. Sakne, līdzīgi stumbram, spēj augt garumā un zaroties, tā nodrošinot funkciju labāku izpildi.

No augsnes uzsūktais ūdens un tajā izšķīdušās minerālvielas pārvietojas pa saknes koksnes elementiem uz augstākesošajiem auga orgāniem. Augu saknēs sākas barības vielu augšupejošā plūsma pa koksni un beidzas lejupejošā plūsma, kas pa lūksnes elementiem pievada sakņu normālai funkcionēšanai nepieciešamās organiskās vielas.

Bez minētajām divām galvenajām funkcijām saknes veic arī vairākas papildfunkcijas, piemēram, dažādu barības vielu uzkrāšanu, dažu specifisku vielu, piemēram, alkaloidu, aminoskābju, hormonu un citu vielu sintēzi. Dažiem augiem saknēs uzkrājas ļoti daudz barības vielu, tādēļ tiem attīstās resnas sulīgās saknes.

Dažiem augiem sakarā ar dzīvi īpašos ekoloģiskos apstākļos saknes neattīstās augsnē, bet gan gaisā un ūdenī (gaisa saknes, ūdens un purva augu pneimatodes u. c.). Šiem augiem saknes saglabā raksturīgo anatomisko uzbūvi, uzrādot tikai nelielas atšķirīgas novirzes.

Sakne, tāpat kā virszemes vasa, aug garumā ar galotni, kur atrodas galotnes (apikālā) meristēma, kurai ir konusa veids un kura no ārpuses segta ar īpašu aizsargveidojumu — *saknes uzmavu*.

Saknes uzbūve un funkcijas visā tās garumā nav vienādas, tādēļ tajā izšķir šādas joslas: 1) *saknes dalīšanās joslu* jeb *augšanas konusu*, kuru no ārpuses sedz saknes uzmava, 2) *stiepšanās* jeb *visstraujākās augšanas joslu*, 3) *uzsūcēju* jeb *spurgaliņu joslu* un 4) *pārējo sakni*, ko parasti no ārpuses sedz pārkorķojušos šūnu kārtā.

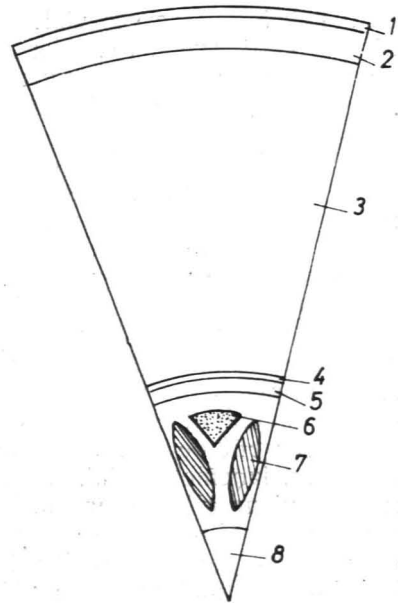
SAKNES PRIMĀRĀ UZBŪVE

Saknes primārā uzbūve raksturīga viendīgļlapjiem un paparžu-augiem. Tās galvenās daļas ir vienkārtaina *epiblēma* jeb *rizoderma*, *primārā miza* un *centrālais cilindrs* (100. att.).

Epiblēma jeb rizoderma sastāv no vienas šūnu kārtas. Tās šūnas ir iegareni prizmatiskas, ar labu ūdens un tajā izšķīdušo minerālvielu caurlaidību.

100. att. Augu saknes primārās uzbūves shēma:

1 — epiblēma; 2 — eksoderma; 3 — primārās mizas parenhīma; 4 — endoderma; 5 — periciklis; 6 — lūksne; 7 — koksne; 8 — serde.



Dažus milimetrus no saknes gala apmēram 1...2 cm garā joslā epiblēmā veidojas viensūnas izaugumi — *spurgaliņas*. Spurgaliņu veidošanās sākumā epiblēmas šūnās parādās tikko manāmi pauguriņi, kas tālāk izaug un pārvēršas garās, pavedienveida cilindriskās šūnās ar noapaļotiem galiem.

Daļai augu katra epiblēmas šūna izaug par spurgaliņu, turpretī citiem augiem spurgaliņas veidojas no noteiktām šūnām, kuras sauc par *trihoblastiem*. Šīs šūnas salīdzinājumā ar citām epiblēmas šūnām ir mazākas, ar viskozāku citoplazmu. Daudziem augiem trihoblasti atrodas grupās. Tikai retos gadījumos (dažiem kāpostu dzimtas augiem) spurgaliņas zarojas.

Spurgaliņas ir 0,15...8 mm garas. Lakstaugiem tās ir garākas nekā kokaugiem. Graudzālēm spurgaliņas ir 0,75...2 mm garas. Uz 1 mm² atrodas 100...200 spurgaliņu. Ūdensaugiem un purvu augiem spurgaliņas vāji attīstītas vai pat reducējušās. To dzīves laiks ir īss, jo pēc 10...20 dienām tās atmirst un nokrīt.

Saknes primārā miza sastāv no *eksodermas*, *mezodermas* un *endodermas*. Primārās mizas ārējais slānis — eksoderma — cieši piekļaujas epiblēmai. Eksodermas šūnas salīdzinājumā ar pārējām primārās mizas šūnām ir lielākas, daudzstūrainas, cieši piekļaujas cita citai un neveido starpšūnu telpas. Eksodermas šūnu apvalks pārkorķojas, taču šūnas paliek dzīvas. Viendīgļlapjiem eksodermas šūnu apvalks vēlāk stipri pabiezīnās. Ja epiblēma tiek bojāta vai atmirst, tad eksoderma izpilda segaudu un mehānisko audu funkciju. Daudzu augu eksodermā ir dzīvas šūnas ar neuzbiezinātu un nepārkorķotu šūnapvalku, kuras sauc par *caurlaidīgajām šūnām*.

Primārās mizas lielāko daļu aizņem mezoderma jeb primārās mizas parenhīma. Mezodermas šūnas virzienā uz centru palielinās, bet pēc tam līdz endodermai atkal samazinās. Tajās

bieži uzkrājas rezerves vielas, visbiežāk cieta, kā arī neorganisko sāļu kristāli, sveķi. Mezoderkā starp parenhīmas šūnām atrodas pientvertnes, akmensšūnu grupas, sklerenhīmas šūnas. Sakņu mezodermai raksturīgas lielas starpšūnu telpas, kas izveidojušās šizogēni.

Primārās mizas iekšējo daļu veido *endoderma*. Endoderma ir pēdējā primārās mizas šūnu kārtā, kas krasi nodala primāro mizu no centrālā cilindra. Tā sevišķi labi izteikta viendīgļlapjiem.

Saknēs, kurās nenotiek sekundārā augšana, endodermai ir vairākas diferencēšanās pakāpes. Pirmā no tām ir Kaspari svītras veidošanās. Kaspari svītras ir endodermas šūnu radiālo sienīņu apvalka pabiezīšanās un pārkoksnēšanās rezultāts. Otrajā diferencēšanās pakāpē šūnapvalks no iekšpuses pārklājas ar plānu suberīna plēvīti un atdala Kaspari svītras no citoplazmas. Trešajā pakāpē endodermas šūnu apvalks stipri pabiezīnās. Šī pabiezīšanās var būt nevienmērīga. Ja apvalks pabiezīnāts visām šūnas sienīnām, izņemot ārējai, tad izveidojas U veida endoderma. Vairumam viendīgļlapju un dažiem divdīgļlapjiem raksturīga trešā endodermas diferencēšanās pakāpe. Pabiezīnātais, pārkoksnējies un pārkorķojies šūnapvalks ir necaurļaidīgs. Ūdens netraucētu iekļūšanu radiālā vadaudu kūlīša koksne nodrošina caurlaidīgās šūnas, kas atrodas iepretī koksnes stariem.

Centrālais cilindrs aizņem tikai $\frac{1}{4} \dots \frac{1}{7}$ no saknes diametra. Centrālā cilindra ārējā daļa ir *pericikls*, bet pārējo daļu aizņem *radiālais vadaudu kūlītis* un *serde*.

Pericikls jeb perikambijs ir viena šūnu kārtā zem endodermas. Tā šūnas ir dzīvas, parenhimatiskas, ar plānu celulozes apvalku. Ziedaugiem no pericikla veidojas sānsaknes.

Centrālā cilindra lielāko daļu aizņem *radiālais vadaudu kūlītis* ar vairākām koksnes un lūksnes grupām. Vairuma kailsēkļu un divdīgļlapju saknēs koksnes staru skaits nepārsniedz 5.

CILDOTĀ IRISA (*IRIS GERMANICA* L.) SAKNES UZBOVE

Lai iepazītos ar saknes primāro uzbūvi, laboratorijas darbos var izmantot kā cildotā, tā arī Sibīrijas īrisa saknes. Tā kā īrisu saknēm nav sekundārās pāresnīšanās, primārā uzbūve tām saglabājas visā dzīves laikā.

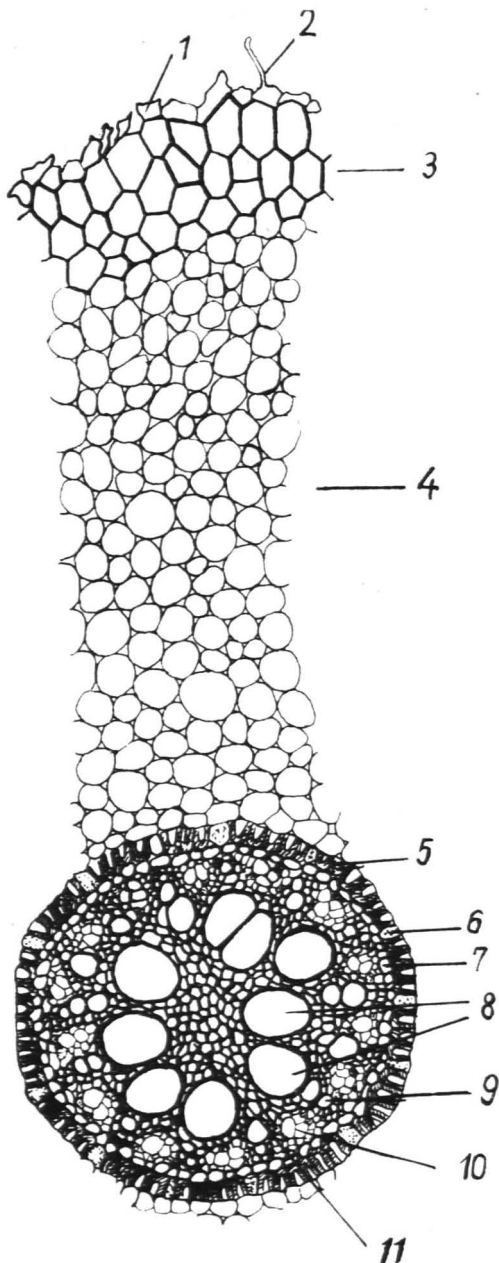
No spirtā fiksētām īrisu saknēm pagatavo plānus šķērsgriezumus un apstrādā tos vispirms ar joda šķīdumu kālija jodīda šķīdumā, bet pēc tam ar floroglucīnu un koncentrētu sālsskābi. Dažus griezumus vēlams apstrādāt arī ar sudāna III vai sudāna IV

šķidumu spirtā. Pārkorķojušos šūnapvalkus sudāns nokrāso rozainā krāsā. Pēc tam šādi apstrādātus griezumus uzliek uz priekšmetstikla glicerīna pilienā, apsedz ar segstiklu un apskata mikroskopa mazajā, bet pēc tam lielajā palielinājumā.

Mikroskopa mazajā palielinājumā redzama ārējā šūnu kārtā — epiblēma ar spurgaliņām, plata primārās mizas josla un samērā neliels centrālais cilindrs (101. att.). Atšķirībā no saknes primārās uzbūves stumbra primārajā uzbūvē centrālais cilindrs ir liels un to aptver samērā plāns primārās mizas slānis.

Īrisa saknei epiblēmu veido samērā sīku šūnu slānis ar spurgaliņām. Sevišķi labi tās redzamas, ja griezumšūna griezta netālu no uzsūkšanas joslas.

Zem epiblēmas atrodas primārā miza, kas sastāv no eksodermas, primārās mizas parenhīmas un endodermas.



101. att. Cildotā īrisa (*Iris germanica* L.) saknes uzbūve:

1 — epiblēma; 2 — spurgalina; 3 — eksoderma; 4 — primārās mizas parenhīma; 5 — endoderma; 6 — caurlaidīgā šūna; 7 — pericikls (parenhīma); 8 — trahejas (metaksilēma); 9 — traheidas (protoksilēma); 10 — lūksne; 11 — serde.

Irisa saknēs *eksodermu* veido 3 kārtas sešstūrains šūnu ar pārkorķotu šūnapvalku. Pēc epiblēmas atmiršanas eksodermas šūnu apvalks pārkorķojas, kļūst necaurļaidīgs ūdenim un gāzēm, un primārās mizas ārējais slānis sāk pildīt segaudu funkciju. Sudāns pārkorķoto eksodermas šūnu apvalku krāso rožainā krāsā. Šādas izmaiņas eksodermas šūnu apvalkā saistītas ar to funkcijām. Pēc būtības eksoderma ir viendīgļlapju saknes segaudi, un to var pielīdzināt peridermas korķa slānim, taču tai ir primāra izcelšanās.

Primārās mizas galveno masu veido *parenhīma* ar lielām starpšūnu telpām, kam šķērsriezuma preparātos ir trīsstūra forma. Primārās mizas parenhīmas šūnas ir dzīvas, ar celulozes apvalku. Visas primārās mizas šūnas izvietojušās vairāk vai mazāk regulāros koncentriskos slāņos, un tajās uzkrājas daudz cietes graudu, kas labi redzami preparātos, kuri apstrādāti ar joda šķīdumu kālija jodīda šķīdumā. Primārās mizas parenhīmas šūnas tūlīt aiz eksodermas ir samērā sīkas, centra virzienā tās palielinās, bet pie centrālā cilindra atkal kļūst mazākas.

Primārā miza beidzas ar vienu blīvi guļošu šūnu slāni — *endodermu*. Irisa saknei ir U veida endoderma. Iepretī radiālā vadaudu kūliša koksnes grupām endodermā atrodas dzīvas šūnas ar plānu apvalku, kas nodrošina nepārtrauktu ūdens iekļūšanu trahejās un traheidās, pa kurām tas pārvietojas tālāk uz stumbru.

Centrālais cilindrs sākas ar *periciklu* jeb perikambiju. Irisa saknē pericikls sastāv no vienas kārtas sīku, dzīvu šūnu, kurās daudz citoplazmas. Pericikla parenhimatiskās šūnas ilgi saglabā savu meristematisko raksturu un no tām veidojas sānsaknes. Dažu augu parenhimatiskajā periciklā veidojas adventīvie pumpuri.

Tūlīt aiz pericikla izvietojies *radiālais vadaudu kūlītis*, kurā radiāli sakārtotas koksnes grupas mijas ar lūksnes grupām. Koksnes grupas vadaudu kūlīti atgādina trīsstūrus, kuru virsotne atrodas pie pericikla. Virsotnes šūnas ir sīkas. Tās ir protoksilēmas spirāliskās un gredzenveida traheidas. Tālāk vadaudu kūlītis atīstās centra virzienā (eksahri) un aiz traheidām centra virzienā veidojas trahejas. Tuvāk centram atrodas lielāka diametra porainās trahejas (metaksilēma).

Lūksne atrodas starp koksnes grupām, un tās atdala viena kārtā dzīvu šūnu.

Centrālā cilindra vidū atrodas *serde*, ko veido sklerenhīma ar pārkoksnetu šūnapvalku. Serdes sklerenhīmas šūnas ir prozenhimatiskas. To šūnapvalkā ir daudz vienkāršu, krustveidīgu poru. Tādas pašas sklerenhīmas šķiedras izvietojušās starp traheidām un trahejām, veidojot vienotu mehānisko audu centrālo pavedienu.

Citiem augiem, piemēram, sīpolam, šādi mehāniskie audi neatīstās. Sīpola saknes centrālo daļu aizņem vadaudi. Pašā vidū atrodas viena vai vairākas lielas metaksilēmas trahejas. Vispār serde nav raksturīga saknes anatomiskajai uzbūvei, un parasti tā ir vājāk attīstīta nekā stumbrā. Viendīgļlapjiem saknes primārā uzbūve saglabājas bez ievērojamām izmaiņām visā auga dzīves laikā.

Pēc pagatavoto un ar krāsvielām apstrādāto preparātu apskates mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē īrisa saknes anatomiskās uzbūves shēmu, kurā atzīmē visas saknes galvenās sastāvdaļas. Pēc tam uzzīmē sektoru no saknes šķērsgrīzuma ar visu centrālo cilindru un dod attiecīgus pierakstus.

DIVDĪGĻLAPJU SAKNES SEKUNDĀRĀ UZBŪVE

Saknes primārā uzbūve visu dzīves laiku saglabājas tikai viendīgļlapjiem (ar dažiem izņēmumiem) un dažiem divdīgļlapjiem. Kailsēkļiem un divdīgļlapjiem saknes primārā uzbūve saskatāma tikai pašā saknes galā. Aiz spurgaliņu joslas saknē sākas sekundārās izmaiņas. Šīs izmaiņas skar vispirms centrālo cilindru. Radiālajā vadaudu kūlītī parenhimatiskās šūnas starp primāro lūksni un koksni sāk dalīties un izveidojas veidotājaudi — *kūlišu kambiji*. Kambija šūnām tangenciāli daloties, uz iekšpusi un ārpusi veidojas jaunas šūnas. Uz perifēriju veidojas sekundārā lūksne, bet uz centru sekundārā koksne. Šajā laikā pretī koksnes stāru galiem sāk dalīties pericikla šūnas un izveidojas *starpkūlišu kambiji*. Kūlišu un starpkūlišu kambijam savienojoties, izveidojas nepārtraukta kambija kārtā starp lūksni un koksni. Sākumā kambija kārtā ir izlocīta, bet, tā kā koksnes elementi veidojas daudz straujāk par lūksnes elementiem, tad ar laiku kambija kārtā kļūst gredzenveidīga. Kambijs darbojas nepārtraukti visu veģetācijas periodu.

Ja starpkūlišu kambijs darbojas tāpat kā kūlišu kambijs un uz ārpusi veido lūksni, bet uz iekšpusi koksni, tad saknē rodas slēgts koksnes cilindrs vidū un nepārtraukts lūksnes gredzens tam apkārt. Dažiem augiem, piemēram, ķirbjiem, no starpkūlišu kambija veidojas tikai parenhimatiskās šūnas. Tādā gadījumā pretī primārās koksnes stariem izveidojas parenhimatisku šūnu joslas, ko sauc par *serdes stariem*. Šīs parenhimatisko šūnu joslas atvieglina vielu maiņu starp saknes ārējiem un iekšējiem audiem.

Daudzgadīgiem augiem kambija darbība rudenī izbeidzas, bet pavasarī atjaunojas, tādēļ šo augu saknēs, tāpat kā stumbros,

redzamas gadakārtas. Anatomiski sakni no stumbra var atšķirt pēc tā, ka saknē primārā koksne saglabājas radiālu staru veidā.

Saknes sekundārajā koksnē ietilpst *trahejas, traheidas*, nedaudz *libriformas, koksnes parenhīmas* un *serdes staru parenhīmas*. Traheju un traheīdu saknēs ir daudz vairāk nekā stumbrā, un to šūnapvalks ir plānāks. Libriformas saknēs ir mazāk nekā stumbrā. Koksnes parenhīma dažkārt koksnē attīstās daudz labāk par pārējiem koksnes elementiem. Parasti tā aptver vadaudu elementus. Sakņu koksnes parenhīmā uzkrājas rezerves barības vielas, piemēram, redisiem, rutkiem, cigoriņiem, mārrutkiem.

Saknes sekundārajā lūksnē ietilpst *sietstobri, pavadi-tājšūnas, lūksnes šķiedras* un *lūksnes parenhīma*. Lūksnes parenhīma saknē ir ļoti labi attīstīta, un tajā uzkrājas rezerves barības vielas — ciete, inulīns, olbaltumvielas, vitamīni, alkaloīdi, glikozīdi, kazeīns, gutaperča u. c. Uzkrātās rezerves barības vielas augi izmanto, augot sakņu atvasēm.

Līdz ar sekundārajām izmaiņām saknē veidojas arī periderma — sekundārie segaudi. Korķa kambiji veidojas kā no primārās mizas, tā arī no pericikla. Korķa kārta, kas nodalās uz ārpusi no korķa kambija, sastāv no nedzīvām šūnām ar pārkoksnētu šūnapvalku, kas ir ūdens un gaisa necaurļaidīgs. Korķa kārta pārtrauc barības vielu piegādi primārās mizas šūnām, tās atmirst un atdalās no saknes. Saknei tālāk sekundāri pāresnīnīties, visas dzīvības norises notiek tikai centrālajā cilindrā. Saknes periderma ir līdzīga stumbra peridermai. Tajā nav lenticeļu.

ĶIRBJA (*CUCURBITA PEPO* L.) SAKNES UZBŪVE

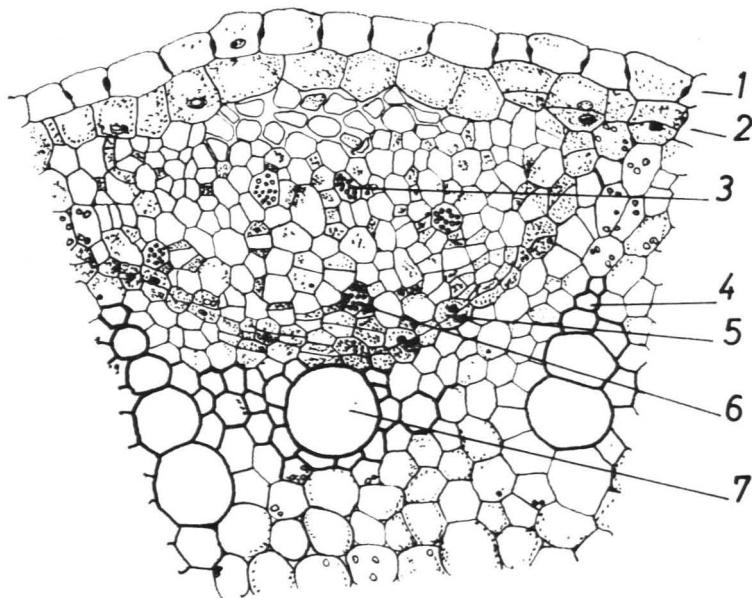
Lai iepazītos ar sekundārajām izmaiņām ķirbja saknē, pagatavo divus saknes šķērsriezuma preparātus: vienu no jauna ķirbja dīgsta saknes (lai labāk varētu pagatavot griezumus, saknes fiksē spirta un glicerīna maisījumā), bet otru preparātu — no 2,5...5 mm diametra ķirbja saknēm.

Griezumus apstrādā ar floriglucīnu, sālsskābi un apskata glicerīna pilienā.

Jauna ķirbju dīgsta saknes šķērsriezuma preparātā, kas griezts apmēram 1,5...2 cm attālumā no saknes gala, var iepazīties ar ķirbja saknes primāro uzbūvi, kas ir ļoti līdzīga īrisa saknes uzbūvei, un kambija darbības sākumu. Atšķirībā no īrisa saknes primārās mizas pēdējais slānis — endoderma sastāv no šūnām ar plānu šūnapvalku. Radiālo sienuņu šūnapvalks ir uzbiezināts un ar floriglucīnu nokrāsojas aveņsarkanā krāsā. Tās ir Kaspari svītras. Aiz endodermas uz iekšpusi atrodas vienkārtains pericikls

(102. att.). Saskares vietās ar vadaudu kūliša trahejām periciklam ir 2...4 šūnu kārtas. Primāro koksni parasti veido 4, retāk 3...5 grupas. Saknes centrālo daļu aizņem šūnas ar plānu apvalku. Vēlākās attīstības stadijās saknes centrā izveidojas liela metasilēmas traheja.

Sekundārās izmaiņas sākas centrālajā cilindrā. Šīs izmaiņas ir saistītas ar kambija parādīšanos, kas rodas kā sekundārs veidojums. Centrālajā cilindrā starp primārās koksnes grupām zem katras primārās lūksnes grupas ir dzīvu šūnu kārtas, kas saglabā spēju dalīties (tās ir meristematiskas). Mikroskopa lielajā palielinājumā var saskatīt, ka šīs šūnas ir nedaudz izstieptas radiālā virzienā, sakārtotas cieši cita pie citas un starp tām nav starpšūnu telpu. Šīs meristematiskās šūnas pildītas ar biezu citoplazmu, un tām ir liels kodols; šūnas dalās tangenciālā virzienā. Daloties starp radiālā vadaudu kūliša koksnes un lūksnes grupām, tās izveido ieliektus *kūlišu kambija* lokus, kuru gali atrodas pie pericikla. Kambija loku skaits atbilst primārās koksnes grupu skaitam. Drīz vien meristematiskas kļūst arī tās



102. att. Kambija veidošanās ķirbja (*Cucurbita pepo* L.) dīgsta saknes centrālajā cilindrā:

1 — endoderma; 2 — pericikls; 3 — primārā lūksne; 4 — primārā koksne; 5 — kambijs; 6 — sekundārā lūksne; 7 — sekundārā koksne.

pericikla šūnas, kas atrodas koksnes grupu galos. Šīm šūnām daļoties tangenciālā virzienā, izveidojas *starpkūlišu kambiji*. Ar laiku kūlišu kambija loki savienojas ar starpkūlišu kambiju, izveidojot nepārtrauktu, izlocītu kambija joslu. Kūlišu kambijs uz saknes centra pusi veido lielas sekundārās koksnes trahejas, bet uz ārpusi — sekundāro lūksni. Centrālajā cilindrā, veidojoties arvien jauniem un jauniem sekundārās lūksnes un koksnes elementiem, parasti izveidojas četri, bet dažkārt trīs vai pieci lieli atklātie kolaterālie vadaudu kūliši. Primāro lūksni sekundārie audi nobīda pašā kūliša perifērijā un tos dažkārt pat grūti saskatīt.

Kambija joslas, kas veidojušās no pericikla primārās koksnes grupu galā, veido tikai parenhimatiskās šūnas, kas sastāda primāros serdes starus. Tie atrodas starp sekundārajiem vadaudu kūlišiem.

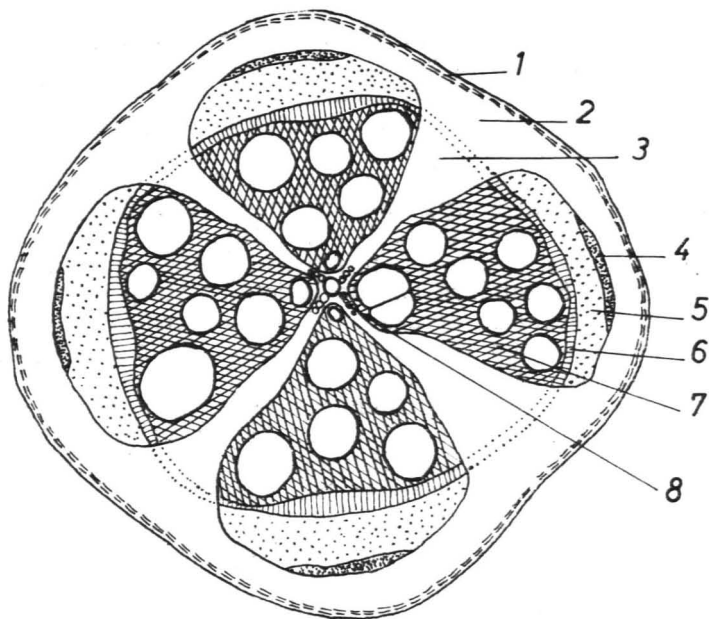
Sekundāro elementu veidošanās rezultātā saknes stipri pāresninas un saknes primārā miza saplīst. Šajā laikā pericikla šūnas enerģiski dalās visapkārt visam centrālajam cilindram un izveido platu parenhimatisko šūnu zonu. Šīs zonas ārmaļā veidojas felloģēna gredzens, kas sāk izdalīt korķi un platu korķa mizu. Korķis galīgi nošķir primārās mizas parenhīmu no saknes vadaudiem. Primārās mizas šūnas atmirst un nokrīt. Korķa mizas lielās šūnas ar plānu šūnapvalku izveido parenhimatiskus audus, kas atrodas saknes perifērijā un atgādina nokritušo primāro mizu.

Tādējādi sekundāri pāresninātā saknē paliek tikai stipri izmaiņītie centrālā cilindra audi. Centrālā cilindra sekundārajās izmaiņās liela loma ir periciklam. No tā rodas starpkūlišu kambijs, kas izveido primāros serdes starus un felloģēnu, kas savukārt veido saknes segaudus — peridermu.

Pēc ķirbja dīgsta saknes anatomiskās uzbūves izpētes mikroskopa lielajā palielinājumā uzzīmē fragmentu no centrālā cilindra un parāda kambija loku veidošanos starp primāro lūksni un koksni.

Vecas ķirbja saknes šķērsriezuma preparātā iepazīstas ar saknes sekundāro uzbūvi. Preparātu pagatavo tāpat kā no jaunas saknes un apskata mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā. Vispirms saknes centrā atrod primāro koksni. To veido četras, retāk trīs vai piecas koksnes grupas, kas izvietotas radiāli no vienas lielas trahejas, kura atrodas saknes centrā (103. att.).

Preparātā redzams, ka starp primārās koksnes stariem atrodas atklātie vadaudu kūliši. Katrs kūlītis sastāv no $\frac{3}{4}$ sekundārās koksnes un $\frac{1}{4}$ sekundārās lūksnes. Sekundārajā koksnē ietilpst lielas tīklveida un porainās trahejas, koksnes šķiedras un sīka koksnes parenhīma. Ja materiāls ievākts veģetācijas perioda beigās, tad lielajās trahejās var saskatīt pušļveidīgus izaugumus, kas



103. att Sekundāri pāresnīnātās ķirbja (*Cucurbita pepo* L.) saknes anatomiskās uzbūves shēma:

1 — ieliēma; 2 — sekundārās mizas parenhīma; 3 — primārais serdes stars; 4 — primārā lūksne; 5 — sekundārā lūksne; 6 — kambijs; 7 — sekundārā koksne; 8 — primārā koksne.

daļēji jeb pilnīgi piepilda trahejas. Tās ir *tillas* — koksnes parenhīmas šūnu ieaugumi trahejās. Ar tillām aizsprostotas trahejas vairs nespēj veikt vielu pārvadīšanas funkcijas.

Sekundārās koksnes elementus no ārpusē aptver kambijālā zona. Tas ir plats slānis, ko veido sīkas šūnas, kas atrodas cita virs citas radiālās rindās. Uz ārpusi no kambija atrodas sekundārā lūksne, ko veido sietstobri, pavadītājšūnas un lūksnes parenhīma. Primārā lūksne ir atspiesta pašā kūlīša perifērijā, deformēta un to pat grūti saskatīt.

No protoksilēmas elementiem starp vadaudu kūlīšiem izlocīti uz perifēriju stiepjas primārie serdes stari. Tie sastāv no lielām, radiālā virzienā izstieptām dzīvām parenhimatiskām šūnām. Šos starus veido starpkūlīšu kambijs. Pats starpkūlīšu kambijs preparātā grūti saskatāms.

No ārpusē sakni klāj periderma ar visām tai raksturīgām sastāvdaļām — korķi, korķa kambiju un korķa mizu. Korķa miza

kopā ar pericikla veidotajām šūnām saknes perifērijā veido labi izteiktu parenhīmas šūnu zonu.

Sekundāro pārmaiņu rezultātā saknē izveidojas sekundārā koksne, sekundārā lūksne, staru un korķa mizas parenhīma, korķa kambiji un korķis.

Sakne, kurai ir sekundārā uzbūve, līdzīga stumbram. Taču tai nav lapu, posmu un starpposmu. Saknes šķērs griezumu vienmēr viegli var atšķirt no stumbra šķērs griezuma pēc vairākām pazīmēm. Saknes centrā atrodas primārās koksnes grupas un nav tipiskas serdes. Sekundārā koksne izvietojas starp primārās koksnes grupām. Primārie serdes stari saknes centrā atrodas pret primārās koksnes grupām, bet ne pret serdi. Saknei nav primārās mizas. No ārpuses sakni klāj periderma.

Ķirbjiem bieži vien sastopamas saknes, kuru centrā atrodas parenhīma ar plānu šūnapvalku. Šo sakņu uzbūvei ir zināma līdzība ar stumbra uzbūvi. Šādām saknēm izveidojas nevis 3...5 vadaudu kūliši, bet to skaits ir >7 . Uzmanīgāk izpētot šādus preparātus, redzams, ka pie primāro serdes staru pamatnes ir arī attiecīgs primārās koksnes grupu skaits.

Pēc saknes šķērs griezuma preparāta izpētes mikroskopa mazajā palielinājumā uzzīmē ķirbja saknes sekundārās uzbūves shēmu, atzīmējot tajā primāro koksni, sekundāro koksni, kūlišu kambiju, sekundāro lūksni, primārās lūksnes paliekas, parenhīmatisko zonu perifērijā un korķi.

SULĪGO SAKŅU UZBŪVE

Līdzās uzsūkšanas un organisko vielu pārvadīšanas funkcijām augu saknes veic arī rezerves vielu uzkrāšanas un uzglabāšanas funkciju. Daudziem augiem saknes sekundārās pāresnīšanās rezultātā stipri palielinās, kļūst resnas un sulīgas. Šādas augu saknes augu anatomijā sauc par *sulīgajām saknēm*. Sulīgās saknes ir burkāniem, redīsiem, bietēm, rutkiem un citiem divgadīgiem augiem, kuriem pirmajā dzīves gadā tajās uzkrājas rezerves barības vielas — ciete, cukurs, tauki. Nākamajā gadā augs tās izmanto ziedkopu, sēklu un augļu veidošanai. Morfoloģiski sulīgā sakne ir sarežģīts veidojums. Tā var sastāvēt ne tikai no saknes, bet arī no hipokotila un stumbra apakšējās daļas. Dažādiem augiem šīs dažādās sastāvdaļas attīstās dažādi. Tā, piemēram, burkāniem, pētersīļiem, dažām rutku un cukurbiešu šķirnēm sulīgā sakne veidojas no auga saknes, bet rāceņiem, galda bietēm — no stumbra apakšējās daļas un no hipokotila.

Sakarā ar to, ka sulīgo sakņu galvenā funkcija ir barības vielu uzkrāšana un uzglabāšana, tajās ir notikušas arī attiecīgas anatomiskās izmaiņas. Rezerves barības vielas uzkrājas dzīvajās, parenhimatiskajās šūnās, tādēļ sulīgajās saknēs tās ir labi attīstītas. Taču šai parenhīmai var būt dažāda izcelšanās, un tādēļ izdala trīs sulīgo sakņu uzbūves tipus.

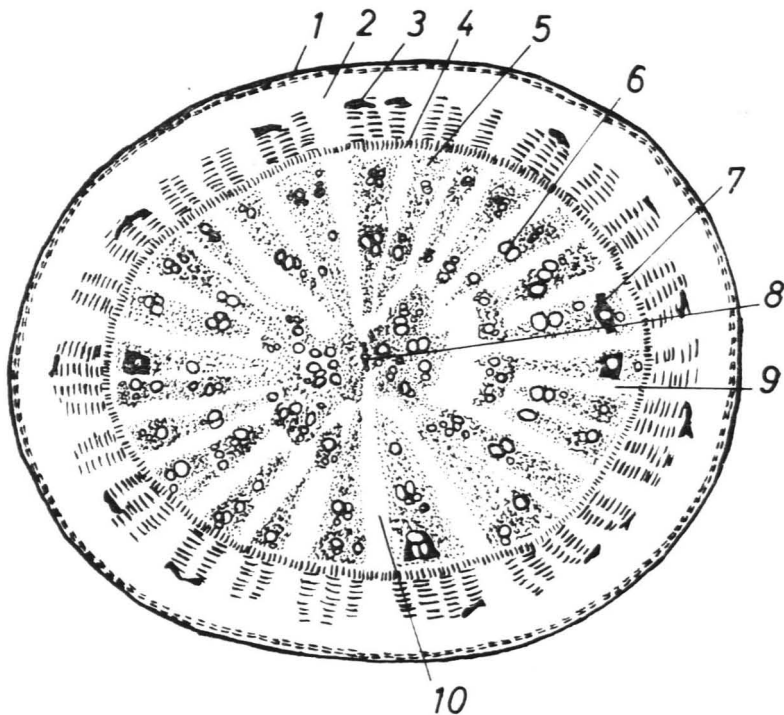
Pirmais sulīgo sakņu uzbūves tips — rutku saknes tips raksturīgs ar to, ka lielākā daļa rezerves barības vielu uzkrājas koksnes parenhīmā, kuras šūnām ir plāns celulozes apvalks (rutki, redīsi, kāļi). Otrajam sulīgo sakņu uzbūves tipam — burkānu saknes tipam raksturīgs ir tas, ka rezerves barības vielas uzkrājas kā koksne, tā arī lūksnes parenhīmā (burkāni, pētersīļi). Trešajam sulīgo sakņu uzbūves tipam — bietes saknes tipam rezerves barības vielas uzkrājas parenhīmā, ko veido vienlaikus vairāki kambija gredzeni (bietes).

Lai iepazītos ar visiem trim sulīgo sakņu uzbūves tiptiem, no 0,2...0,5 cm resnām sulīgām saknēm pagatavo plānus šķērsgriezumus un secīgi apstrādā tos ar joda šķīdumu kālija jodīda šķīdumā, floroglucīnu un sālsskābi, ieliek glicerīna pilienā un apskata mikroskopā mazajā un pēc tam lielajā palielinājumā.

RUTKU (*RAPHANUS SATIVUS* L.) SAKNES UZBŪVE

Rutku sulīgās saknes tipa augiem, piemēram, redīsiem, rutkiem, kāļiem, rāceņiem, saknes lielāko daļu aizņem sekundārā koksne ar daudziem radiālajiem serdes stariem. Vadaudu elementu koksne ir maz. Tā sastāv galvenokārt no parenhīmas šūnām, kurās uzkrājas rezerves barības vielas. Sekundārā lūksne aizņem tikai nelielu joslu saknes perifērijā. Arī kambijālā zona ir atvērta saknes perifērijā. Rutku saknes izpēti vislabāk sākt no centra, pārmaiņus izmantojot kā mikroskopa mazo, tā lielo palielinājumu (104., 105. att.).

Saknes centrā atrodas diarha primārā koksne, kas sastāv no vārpstveidīgas sīku traheju ķēdītes. Iepretī primārās koksnes grupām atrodas pa vienam platum primārajam parenhīmas staram. Starp tiem no primārās koksnes radiālā virzienā uz perifēriju atiet sekundārās koksnes platu tiklveida traheju rindas. Sekundārās koksnes trahejas mijas ar koksnes parenhīmu, kas sastāv no sīkām šūnām ar plānu apvalku. Trahejas izvietojas pa 2...6 blīvās grupās. Mijoties ar koksnes grupām, rutka saknē izveidojas plati sekundāro serdes staru pavedieni, kas sastāv no parenhimatiskām šūnām. To dzīvajā protoplastā uzkrājas rezerves cietes graudi. Kā koksnes parenhīmas, tā arī lūksnes parenhīmas šūnu plānais



104. att. Rutka (*Raphanus sativus* L.) saknes uzbūves shēma:

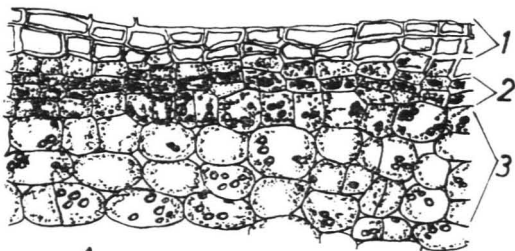
1 — periderma; 2 — mizas parenhīma; 3 — lūksnes šķiedras; 4 — kambiji; 5 — koksnes parenhīma; 6 — trahejas; 7 — koksnes šķiedras; 8 — primārā koksne; 9 — sekundārais serdes stars; 10 — primārais serdes stars.

šūnapvalks nepārkoksnējas. Tikai kambija tuvumā ap trahejām rodas nedaudz mehānisko elementu, kuriem ir mazliet uzbiezināts un dažreiz pārkoksnēties šūnapvalks. Tādējādi preparātā skaidri redzams, ka galveno sekundārās koksnes masu, kas atrodas rutka saknē, veido plats serdes stars un koksnes parenhīmas šūnas, kurām ir plāns, nepārkoksnējies šūnapvalks un kurās arī uzkrājas rezerves barības vielas. Tie ir rutka sulīgās saknes uzkrājējaudi.

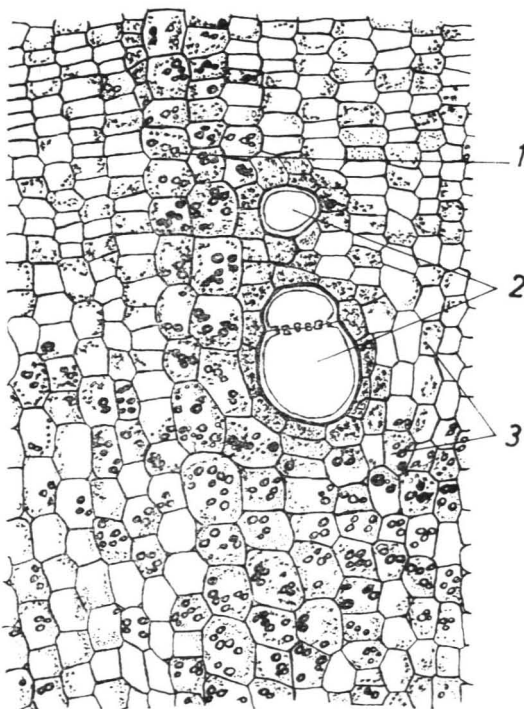
Sekundārajai koksnei ārpusē atrodas kambija slānis. Tā šūnas ir sīkas, ar biezu citoplazmu, sakārtotas radiālās stabiņveida rindās.

Aiz kambija slāņa atrodas šaurs sekundārās lūksnes gredzens, kas sastāv galvenokārt no lūksnes un serdes staru parenhīmas. Parenhīmas šūnu vidū nelielu radiālu josliņu veidā izvietojusies

sietstobri ar pavadītājšūnām. Veģetācijas perioda beigās sekundārajā lūksnē parādās īsu šķiedru grupas ar mazliet pabiezinātu pārkoksnētu šūnapvalku, kurā saskatāmas vienkāršās poras. Lūksne pakāpeniski pāriet plānā parenhimatisku šūnu slānī, kas veidojas no pericikla. Saknes ārpusē atrodas periderma ar brūnu korķa slāni virspusē.



A



B

105. att. Rutka (*Raphanus sativus* L.) saknes uzbūve:

A — saknes periderma, 1 — korķis, 2 — korķa kambijs, 3 — korķa miza; B — saknes sekundārā koksne, 1 — sekundārais serdes stars, 2 — trahejas, 3 — koksnes parenhīma.

Pēc preparāta izpētes mikroskopa mazajā palielinājumā uzzīmē rutku saknes šķērsriezuma shēmu. Pēc tā izpētes mikroskopa lielajā palielinājumā uzzīmē sekundārās koksnes un peridermas fragmentu.

BURKĀNU (*DAUCUS CAROTA* L.) SAKNES UZBŪVE

Burkāniem saknes primāro uzbūvi raksturo diarhs radiālais vadaudu kūlītis. Kambijam daloties, uz ārpusi izveidojas oranžsarkana lūksne, kuras lielāko daļu veido parenhīma. Lielajās parenhīmas šūnās uzkrājas rezerves barības vielas. Rezerves barības vielas uzkrājas arī koksnes parenhīmas šūnās, kas burkāniem ir labi attīstītas.

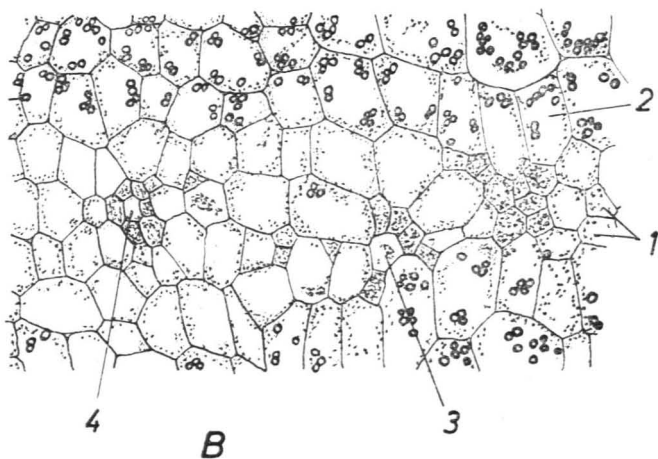
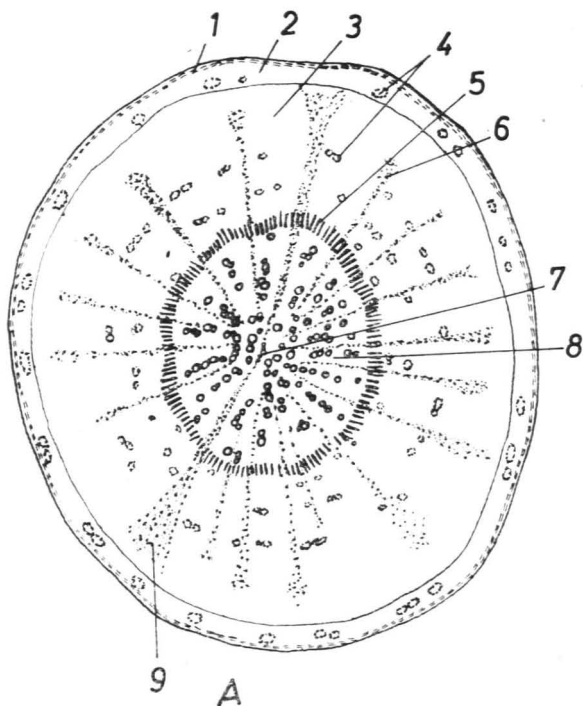
Plāna burkānu saknes šķērsriezumā preparātā redzamas divas zonas — šaurāka iekšējā zona, kas parasti ir dzeltenā krāsā, un ārējā platā zona, kas aizņem burkānu saknes šķērsriezuma lielāko daļu un ir oranžā krāsā. Abas minētās zonas viegli atdalāmas viena no otras, jo starp tām atrodas kambiālā zona. No kambija uz iekšpusi atrodas sekundārā koksne, bet uz ārpusi — sekundārā lūksne. Lūksnes daļa burkāna saknē ir sulīgāka un saldāka par sekundārās koksnes daļu un tajā koncentrēts vairums karotinoīdu, cietes, cukuru un citu barības vielu.

Pēc burkāna saknes šķērsriezuma vispārīgās apskates to apstrādā ar floroglucīnu un sālsskābi. Pagatavotā preparāta izpēti sāk no saknes centra mikroskopa mazajā palielinājumā. Saknes centrā atrodas divas primārās koksnes elementu grupas (no diarhā radiālā vadaudu kūlīša), kas nokrāsojušās sarkanā krāsā. No katras grupas galotnes uz perifēriju stiepjas primārie serdes stari, ko veido lielas šūnas (106. att.). Uz abām pusēm no primārās koksnes starp primārajiem serdes stariem atrodas sekundārā koksne, ko caurauž daudzie sekundārie koksnes stari. Sekundārās koksnes galvenā masa sastāv no koksnes parenhīmas. Starp parenhīmas šūnām šaurās radiāli izvietotās ķēdītēs atrodas nedaudz traheju. Šajās ķēdītēs trahejas atrodas vai nu pa vienai, vai arī veido nelielas grupas, kas sastāv no 3...7 trahejām. Trahejas ar uzbiezināto un pārkoksnēto šūnapvalku krasi izdalās starp parenhimatiskajām šūnām, kurām ir plāns celulozes apvalks. Koksnes parenhīmas šūnas laiku pa laikam neregulāri dalās un līdz ar to izjauc vadaudu elementu radiālo izvietojumu. Resnajās saknēs visi koksnes elementi stipri novirzīti, trahejas citu no citas atdala platās parenhīmas joslas.

Sekundāro koksni no ārpusē aptver sīkas, plakanas, radiālās rindās sakārtotas šūnas. Tās ir kambiālās zonas šūnas, no kurām uz ārpusi atrodas oranži krāsotā sekundārā lūksne. Lūksnē ietilpst

106. att. Burkāna
(*Daucus carota* L.)
sulīgās saknes uzbūve:

A — saknes uzbūves
shēma, 1 — periderma,
2 — mizas parenhīma,
3 — sekundārā lūksne,
4 — ēteriskās eļļas ka-
nāli, 5 — kambiji, 6 —
sekundārais serdes
stars, 7 — primārā
koksne, 8 — sekundārā
koksne, 9 — primārais
serdes stars; B — burkāna
saknes sekundārās lūksnes
fragments, 1 — lūksnes
parenhīma, 2 — sekundā-
rais serdes stars, 3 —
sietstobri, 4 — ēterisko
eļļu kanāls.



lūksnes parenhīma, kurā izkaisīti ēterisko eļļu kanāli, nelielas sietstobru grupas ar pavadītājšūnām un lielas staru parenhīmas šūnas. Tā kā sekundārajā lūksnē ir daudz parenhīmas ar plānu šūnapvalku un tajā nav pārkoksnējušos elementu, tā ir sulīgākā un barības vielām bagātākā saknes daļa. Sekundārajai lūksnei oranži sarkano krāsu piedod hromoplasti un karotīna kristāli.

Sekundāro lūksni no ārpuses aptver 6 vai 7 kārtas parenhimatisko šūnu, starp kurām atrodas daudzi ēterisko eļļu kanāli. Pašā saknes perifērijā atrodas periderma.

Primārās mizas burkāna saknei nav, jo, sākoties sekundārās pāresnīšanās procesam, tā nokrīt.

Pēc preparāta izpētes mikroskopa mazajā palielinājumā uzzīmē burkāna sulīgās saknes uzbūves shēmu, kurā parāda primāro un sekundāro koksni, kambiju, sekundāro lūksni, lielo parenhimatisko šūnu slāni un peridermu.

Pēc preparāta izpētes mikroskopa lielajā palielinājumā uzzīmē fragmentu no sekundārās lūksnes un izdara attiecīgos pierakstus.

BIESU (*BETA VULGARIS* L.) SAKNES UZBŪVE

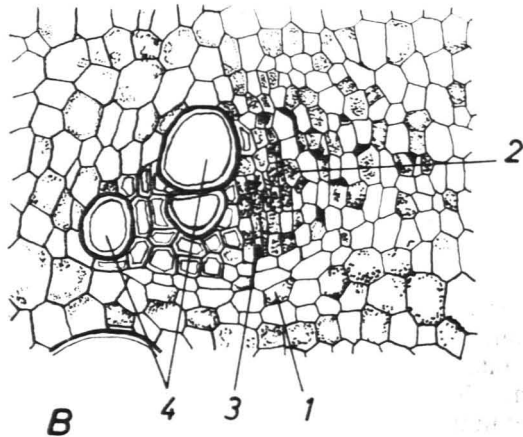
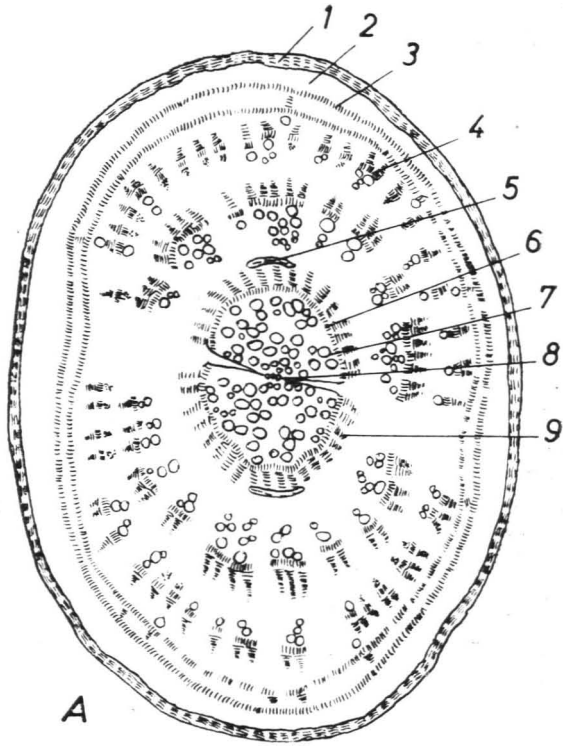
Primārajā uzbūvē bietēm raksturīga diarha koksne ar spirāliskajām un gredzenveida trahejām protoksilēmā un tiklainajām un potainajām trahejām metaksilēmā. Kad bietes dīgstam parādās pirmās istās lapas, saknē un hipokotilā sākas sekundārās izmaiņas, kas saistītas ar kambija gredzenu veidošanos.

Apskatot bietes saknes šķērsgriezumu, redzams, ka saknē atrodas vairāki koncentriski audu gredzeni ar dažādas intensitātes krāsojumu.

Biešu saknes sākuma attīstības stadijas ir tādas pašas kā burkāniem un rutkiem. Saknes centrā atrodas diarhs radiālais vadaudu kūlītis, ko no ārpuses aptver vienkārtains parenhimatisks pericikls. Sākoties sekundārajām izmaiņām, starp primāro koksni un lūksni izveidojas kūlišu kambiji, kas uz ārpusi veido sekundāro lūksni, bet uz iekšpusi sekundāro koksni. Starpkūlišu kambiji veido parenhīmas starus. Taču šī kambija darbība nav ilga. Pēc tam kad kambiji izveidojis nedaudz sekundārās koksnes un lūksnes elementu, tas pārtrauc darbību. Saknes tālākā pāresnīšanās notiek ar tiešu pericikla līdzdalību. Pericikla šūnām daloties tangenciālā virzienā, veidojas meristematisko audu gredzens (107. att.). Vēlāk šī gredzena perifērijas slānī veidojas korķis, bet no iekšējās gredzena daļas veidojas jaunais kambija gredzens. Savas darbības sākumā šis kambija gredzens izveido meristematiski aktīvu šūnu zonu, kuras izstieptas vertikālā virzienā. Šajā

107. att. Bietes (*Beta vulgaris* L.) sulīgās saknes uzbūve:

A — saknes uzbūves shēma, 1 — korķis, 2 — mizas parenhīma, 3 — meristemātiskais gredzens, 4 — vadaudu kūlītis, 5 — primārā lūksne, 6 — kambijs, 7 — sekundārā koksne, 8 — primārā lūksne, 9 — sekundārā lūksne; B — koncentriska gredzena uzbūve (mikroskopā lielajā palielinājumā), 1 — parenhīma, 2 — lūksne, 3 — kambijs, 4 — trahejas.



zonā ārējo šūnu kārtas darbojas kā jauns kambija gredzens. Meristematiski aktīvo šūnu zonas iekšējās šūnas dalās un veido pastāvīgos audus, uz ārpusi veidojot plānsienu parenhīmu ar nelielām sekundārās lūksnes grupām, uz iekšpusi — lielšūnu parenhīmu, bet zem lūksnes grupām — koksnes elementus. Tādējādi pirmā kambija gredzena darbības rezultātā rodas plats parenhimatisko audu gredzens, kurā ieslēgti atklātie kolaterālie vadaudu kūliši. Vadaudu kūliša lūksnes daļa sastāv no dažiem sietstobriem ar pavadītājšūnām un lūksnes parenhīmas. Vadaudu kūliša koksni veido tīklveida trahejas, ap kurām atrodas nedaudz mehānisko elementu un sīkās koksnes parenhīmas šūnas.

Pēc kāda laika sāk dalīties arī otrā kambija gredzena šūnas, veidojot jaunu meristematisko šūnu (kambiālo) zonu. Šīs zonas ārējās šūnas diferencējas par trešā kambija gredzena šūnām, bet iekšējās šūnas, līdzīgi pirmajam kambija gredzenam, veido jaunu vadaudu kūlišu un pamataudu parenhīmas gredzenu. Trešais kambija gredzens uz ārpusi savukārt veido ceturto kambija gredzenu, un sekundāro elementu veidošanās process atkārtojas.

Tā daudzo kambija gredzenu darbības rezultātā bietes sulīgajā saknē izveidojas skaidri izteikti, plati, koncentriski gredzeni, kas sastāv no sīkiem, atklātiem kolaterālajiem vadaudu kūlišiem un parenhīmas. Parenhīma atrodas ap vadaudu kūlišiem, un tās šūnās uzkrājas saharoze un citas rezerves vielas.

Biešu sulīgo sakņu pārsūtināšanās saistīta ar lapu aparāta attīstību. Konstatēts, ka koncentrisko slāņu skaits bietes saknē ir korelatīvs lapas skaitam rozetē.

Kambija meristematiskā gredzenu aktivitāte tālāk no sulīgās saknes centra kļūst arvien mazāka, tāpēc arī koncentriskie gredzeni saknes perifērijā ir šaurāki, vadaudu kūlišu ir mazāk un tie ir sīkāki. Paši pēdējie gredzeni ir maz diferencēti vai nav nemaz diferencēti un sastāv tikai no meristematiskām šūnām.

Aiz koncentriskajiem gredzeniem atrodas plāns parenhīmas šūnu slānis, ko veido sīkas šūnas, bet saknes pašā ārpusē atrodas periderma (korķis).

Pēc bietes saknes šķēsgriezuma preparāta apskates mikroskopa mazajā palielinājumā uzzīmē saknes uzbūves shēmu un atzīmē primāro koksni, sekundāro koksni, sekundāro lūksni, primāro lūksni, parenhimatisko audu gredzenu ar tajā izvietotajiem vadaudu kūlišiem, perifērijas gredzena nediferencētās šūnas, korķi. Pēc preparāta izpēti mikroskopa lielajā palielinājumā uzzīmē daļu parenhimatiskā gredzena ar vadaudu kūlīti.

Lapa

Tipiska augu lapa ir stumbra sānu izaugums un sastāv no lapas plātnes un lapas kāta. Atšķirībā no stumbra un saknes, kuru uzbūvē raksturīga radiālā simetrija, tipiskai lapai ir divpusējā jeb bilaterālā simetrija. Lapai ir virspuse un apakšpuse. Fizioloģiskajā ziņā lapa ir fotosintēzes un transpirācijas orgāns. Tās audos norisinās fotosintēzes process, t. i., organisko vielu sintēze no neorganiskajām vielām — ogļskābās gāzes un ūdens. Ogļhidrātu sintēze notiek obligāti gaismas enerģijas klātbūtnē. Lapa veic arī ūdens iztvaikošanu — transpirāciju un gāzu maiņu ar apkārtējo vidi. Fotosintēzes produkti parasti neuzkrājas lapā, bet pārvietojas uz citiem auga orgāniem. Sakarā ar veicamajām funkcijām lapā attīstījušies arī attiecīgie audi — asimilācijas audi, kuros norisinās fotosintēzes process, segaudi, kas regulē ūdens iztvaikošanu un gāzu maiņu ar apkārtējo vidi, vadaudi, kuri piegādā lapām ūdeni ar tajā izšķīdušajām minerālvielām un aizvada prom asimilātus, un mehāniskie audi, kas piedod lapai mehānisko izturību. No meristematiskajiem audiem vispirms izveidojas lapas vadaudi, bet pēc tam veidojas pārējie lapas audi.

Bez minētajiem četriem tipisko augu veidiem lapā ir atsevišķas šūnas vai šūnu grupas — sklereīdas, pientvertnes, vielu maiņas procesā radušās atkritumvielu vai specifisku vielu (ēterisko eļļu, sveķu, miecvielu u. c.) uzkrāšanās vietas.

Segaudi — epiderma sastāv no vienas blīvas šūnu kārtas. Epidermas šūnām parasti ir kutikula. Bez tam dažkārt uz lapas epidermas ir vaskveida apsarme un matiņi. Lapas epidermai raksturīgas atvārsnītes. Vairumam lapu atvārsnītes izvietotas lapu apakšpusē, bet ir arī tādas lapas, kurām atvārsnītes izvietojušās abās pusēs vai arī tikai virspusē (ūdensaugiem ar peldošām lapām). Bez parastajām atvārsnītēm epidermā ir arī ūdens atvārsnītes — *hidatodes*, kas izdala ūdeni pilienu veidā.

Lapas asimilācijas audi — mezofils atrodas lapā starp virsējo un apakšējo epidermu. Mezofilu veido galvenokārt asimilācijas parenhīma jeb *hlorenhīma*. Asimilācijas parenhīmas šūnās atrodas daudz hloroplastu — augu zaļās plastīdas, kas satur zaļo pigmentu hlorofilu. Mezofila šūnas ir izodiametriskas, ar plānu šūnapvalku. Vairumam divdīgļlapju, dažiem viendīgļlapjiem, kailsēkļiem un paparžaugiem asimilācijas parenhīma nav vienāda. Tajā izšķir 1) *zedeņu* jeb *stabveida parenhīmu* un 2) *irdeno* jeb *čaugano parenhīmu*.

Zedeņu parenhīma atrodas zem lapas virsējās epidermas. Tās šūnas ir cilindriskas, ar plānu šūnapvalku un daudziem hloroplastiem. *Zedeņu parenhīmas* šūnas izvietotas

perpendikulāri lapas virsmai. Tās sakārtotas cieši cita pie citas vienā vai vairākās kārtās.

Irdenā parenhīma atrodas zem zedeņu parenhīmas, galvenokārt lapas apakšpusē un sastāv no 2...7 šūnu kārtām. Irdenās parenhīmas šūnas ir izodiametriskas, nekārtīgi parenhimatiskas, un to sakārtojums ir nekārtīgs. Starp tām ir lielas starpšūnu telpas. Irdenā parenhīma parasti ir biežāka par zedeņu parenhīmu un hloroplastu tajā ir mazāk.

Lapas vadaudi — vadaudu kūlīši veido lapas dzīslas. Augiem, kuru stumbrā ir kolaterālie vadaudu kūlīši, arī lapās ir kolaterālie vadaudu kūlīši, pie tam to koksnes daļa vērsta uz lapas virspusi, bet lūksnes daļa — uz lapas apakšpusi. Augiem, kuru stumbrā ir bikolaterālie vadaudu kūlīši, kā bikolaterālie vadaudu kūlīši tie saglabājas tikai lielākajās dzīslās, bet tālāk pārveidojas par kolaterālajiem vadaudu kūlīšiem. Lapās parasti ir saliktie vadaudu kūlīši, kas pakāpeniski pāriet vienkāršajos kūlīšos un izbeidzas ar vienu vienīgu traheīdu. Jāpiezīmē, ka, saliktajam vadaudu kūlītim reducējoties, vispirms pazūd mehāniskie audi, kas aptver vadaudu kūlīti, tad reducējas kūlīša lūksnes daļa un beigās paliek tikai koksnes daļa.

Lapas mehāniskie audi sastāv kā no *kolenhīmas*, tā arī no *sklarenhīmas*. Viendīgļlapjiem parasti ir tikai sklarenhīma. Lapu vadaudu kūlīši tieši nesaskaras ar mezofila šūnām. Tos apņem vai nu sklarenhīmas, vai arī parenhīmas šūnas, kas parasti nesatur hloroplastus. Sklarenhīma ietver vadaudu kūlīti vai nu no visām pusēm, vai arī tikai no virspuses un apakšpusēs. Kolenhīma divdīgļlapju lapās parasti atrodas zem epidermas iepretī vadaudu kūlīšiem. Ap sīkajiem vadaudu kūlīšiem mehānisko audu parasti nav.

Sklerenhīmas šūnām parasti ir pārkoksnēts šūnapvalks, kas padara izturīgākus vadaudu kūlīšus. Mehānisko audu funkciju veic arī *hipoderma*, kas sastāv no parenhimatiskām šūnām, kurām ir ļoti biezs šūnapvalks. Tā raksturīga skuju koku lapām (skujām) un mūžzaļo augu lapām. Hipoderma var veidoties visapkārt lapai (zem epidermas) vai arī atsevišķos laukumīņos iepretī atvārsniēm un sveķu ailēm.

DIVDĪGĻLAPJU LAPAS UZBŪVE

Divdīgļlapju lapu virspuse atšķiras no lapu apakšpusēs. Virsējai lapas epidermai ārējās sieniņas šūnapvalks ir biežāks par iekšējo sieniņu šūnapvalku, un no ārpuses to klāj kutikula. Virsējā epidermā atvārsnišu parasti nav, bet, ja ir, tad to ir ļoti maz.

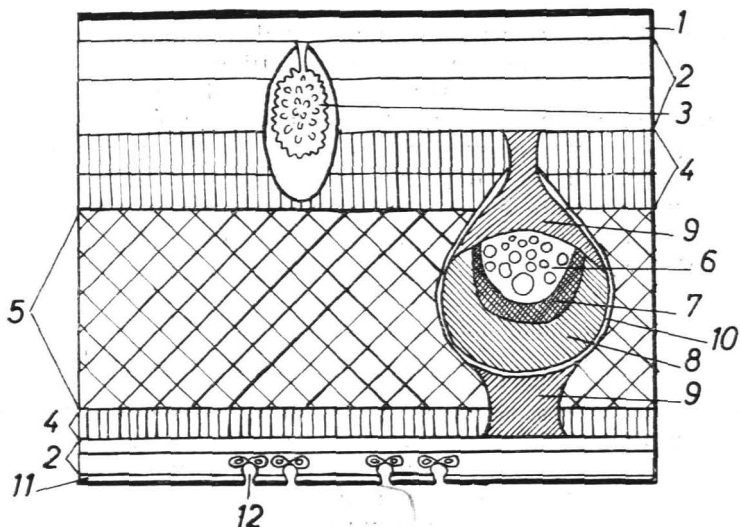
Lapas apakšējās epidermas šūnām apvalks ir daudz plānāks; uz šūnas ārējās sienīņas apvalka nav kutikulas. Lapas apakšējā epidermā ir daudz atvārsnīšu. Lapas mezofils sastāv no zedeņu un irdenās parenhīmas. Irdenās parenhīmas šūnās ir mazāk hloroplastu nekā zedeņu parenhīmas šūnās. Lielajās starpšūnu telpās atrodas daudz gaisa, tādēļ lapu apakšpuse parasti ir bālāka par lapu virspusi. Šādas lapas, kuru virspuse anatomiskā ziņā atšķiras no apakšpuses, sauc par *dorsiventrālām lapām*. Tipiskās dorsiventrālās lapas ir mezofītiem.

GUMIJKOKA (*FICUS ELASTICA* ROXB.) LAPAS UZBŪVE

Divdīgļlapju lapas uzbūves izpētei var izmantot gumijkoka lapas. Gumijkoks ir mūžzaļš augs, ko plaši audzē kā istabas augu, tādēļ kā objekts anatomiskajiem pētījumiem tas ir viegli pieejams. Bez tam tā biezs, ādainās lapas labi var griezt ar bārdas nazi. Lai pagatavotu gumijkoka lapas plātnes šķērsriezumu, ņem 0,5...1 cm platas lapas sloksnītes paralēli kādai no sānu dzīslām (sloksnītē jābūt vienai dzīslai). Pēc tam šo lapas plātnes sloksnīti ieliek plūškoka serdē un ar bārdas nazi pagatavo plānus griezumus perpendikulāri sānu dzīslai. Plānākos griezumus uzliek uz priekšmetstikla ūdens pilienā, apsedz ar segstiklu un apskata mikroskopā.

Mikroskopa mazajā palielinājumā redzams, ka lapu no virspuses un apakšpuses klāj segaudi — *epiderma*. Starp augšējo un apakšējo epidermu atrodas lapas *mezofils* — asimilācijas audi, kuru šūnās ir daudz hloroplastu, kas piedod lapām zaļo krāsu. Atsevišķās vietās redzami vadaudu kūliši un ap tiem esošie mehāniskie audi (108. att.).

Mikroskopa lielajā palielinājumā labi redzams, ka lapu kā no virspuses, tā arī no apakšpuses sedz trīs šūnu kārtas, kas nesatur hloroplastus. Pirmā — ārējā šūnu kārta ir *epiderma*, bet zem tās esošās divas šūnu kārtas ir *hipoderma*. (109. att.). Epidermas šūnas ir samērā sīkas, to ārējās sienīņas šūnapvalks ir biežāks par pārējo sienīņu šūnapvalku, un no ārpuses to klāj kutikula. Lapas virspusē atvārsnīšu nav. Zem epidermas esošās hipodermas šūnas ir daudz lielākas par epidermas šūnām (vienai hipodermas šūnai atbilst 2...4 epidermas šūnas). Otrā hipodermas slāņa šūnas ir vēl lielākas, un tās novietojušās perpendikulāri lapas virsmai. Hipodermas šūnām ir plāns apvalks, kurā var redzēt lielas poras. Kā epidermas, tā arī hipodermas šūnas satur daudz šūnsulas, un, tā kā tajā nav krāsvielu, šūnas ir bezkrāsainas. Hipoderma tiek uzskatīta zināmā mērā par filtru, kas aiztur



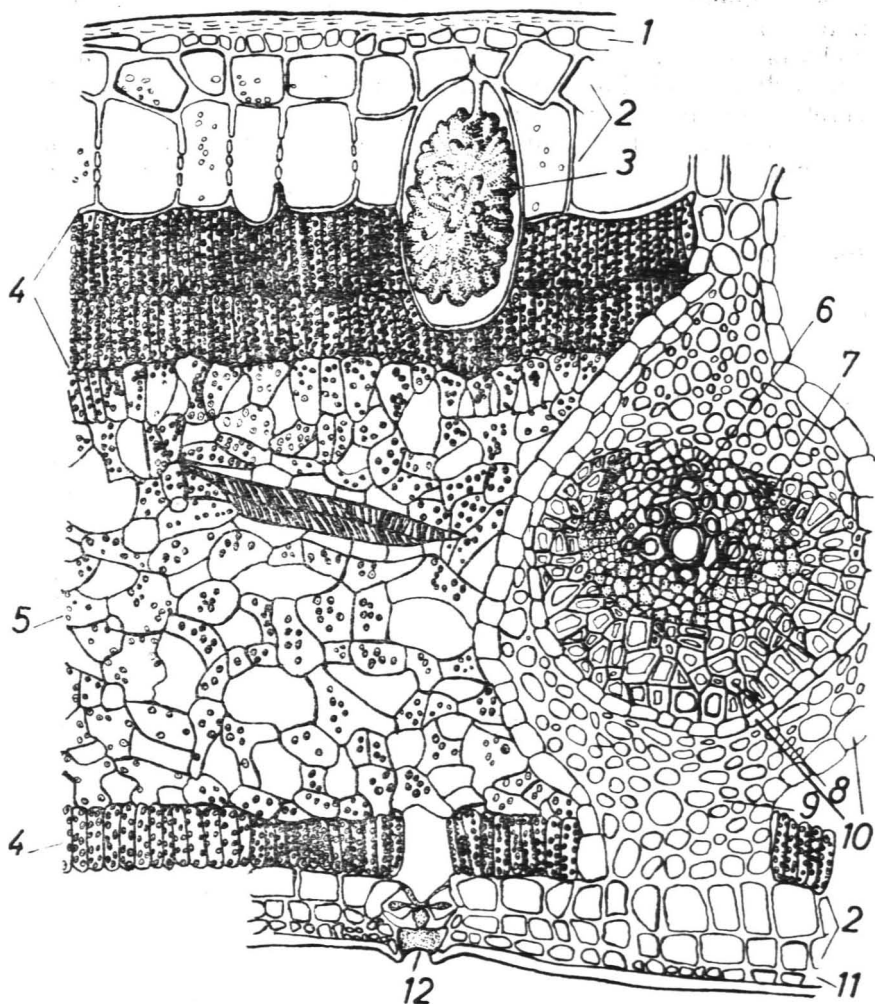
108. att. Gumijkoka (*Ficus elastica* Roxb.) lapas šķērs griezuma uzbūves shēma: 1 — virsējā epiderma; 2 — hipoderma; 3 — cistolīts; 4 — zedeņu parenhīma; 5 — irdenā parenhīma; 6 — koksne; 7 — lūksne; 8 — sklerenhīma; 9 — kolenhīma; 10 — parenhīmas maksts; 11 — apakšējā epiderma; 12 — atvārsnīte.

siltuma starus, pasargājot asimilācijas audus no pārkaršanas. Bez tam hipodermu var uzskatīt arī par uzkrājejadiem, jo tajā uzkrājas ūdens. Hipodermas ārējā slānī atsevišķās vietās atrodas lielas šūnas — *litocisti*, kuru iekšienē veidojas ķekarveida *cistolīti*. Cistolīts izveidojas no šūnapvalka ieauguma šūnā, un tajā uzkrājas kalcijs karbonāts.

Ja griezumus apstrādā ar floroglucīnu un koncentrētu sālsskābi, tad sālsskābe, iedarbojoties uz kalcijs karbonātu, izveido ūdenī šķīstošo kalcijs hlorīdu. Cistolīta apvalks atgādina saburzītu caurspīdīgu ķermeni, kas sastāv no celulozes.

Lapas vidusdaļa sastāv no asimilācijas audiem — mezofila. Gumijkoka lapas mezofils sastāv no divējāda tipa parenhīmatiskām šūnām — *zedeņu* un *irdenās parenhīmas*. Tā kā lapas mezofila parenhīmatiskās šūnas satur daudz hloroplastu, tās sauc arī par lapas *hlorenhīmu*. Zedeņu parenhīmu gumijkoka lapā veido divas kārtas šauru, izstieptu, cilindrisku šūnu, kas novietotas perpendikulāri lapas virsmai. Zedeņu parenhīmas cilindriskās šūnas sakārtotas ļoti blīvi, taču starp tām vienmēr atrodas šauras starpšūnu telpas. Šūnu cilindriskā forma palielina šo šūnu iekšējo virsmu un nodrošina vienmērīgu izgaismojumu hloroplastiem, kuri atrodas citoplazmā gar šūnapvalku. Fotosintēzes process lapā norisinās galvenokārt zedeņu parenhīmā.

Zem zedeņu parenhīmas atrodas irdenā parenhīma. Tās šūnas ir parenhimatiskas, neregulāras formas, un starp tām izveidojas lielu starpšūnu telpu sistēma, pildīta ar gaisu. Irdenās parenhīmas šūnās ir daudz mazāk hloroplastu nekā zedeņu parenhīmā.



109. att. Gumijkoka (*Ficus elastica* Roxb.) lapas uzbūve:

1 — virsējā epiderma; 2 — hipoderma; 3 — cistolīts; 4 — zedeņu parenhīma; 5 — irdenā parenhīma; 6 — koksne; 7 — lūksne; 8 — sklerenhīma; 9 — kolenhīma; 10 — parenhīmas maksts; 11 — apakšējā epiderma; 12 — atvārsnīte.

Tālāk uz lapas apakšpusi aiz irdenās parenhīmas atkal seko zedeņu parenhīma, ko veido viena šūnu kārtā. Apakšējās zedeņu parenhīmas šūnas ir īsākas nekā augšējās zedeņu parenhīmas šūnas. Zedeņu parenhīma lapas apakšpusē augiem sastopama reti.

Aiz minētās vienkārtainās zedeņu parenhīmas atrodas divas hipodermas šūnu kārtas. Tajās nav cistolītu. Pašā apakšā ir lapas apakšējā epiderma, kurā izkaisītas atvārsnītes. Tās izvietojušās kausveidīgos padziļinājumos, un atvārsnīšu slēdzējšūnas atrodas iepretī abām hipodermas šūnu kārtām.

Gumijkoka lapas plātni caurauž stipri sazarota vadaudu kūlišu sistēma. Vadaudu kūliši ir kolaterāli, slēgti. Atkarībā no sazarojuma pakāpes tie var būt dažāda lieluma. Tā, piemēram, vadaudu kūliši, kas sākas tieši no lapas vidusdzīslas, sastāv no labi attīstītas koksnes, lūksnes un mehāniskajiem audiem. Šie vadaudu kūliši var būt pat visas lapas biezumā no augšējās līdz apakšējai epidermai. Tālākās pakāpes vadaudu kūliši ir sīkāki un var zartoties dažādos virzienos. Zarojoties tie kļūst arvien mazāki un mazāki, zaudē vispirms sklerenhīmu, pēc tam lūksni, parenhimatiskās šūnas, kas ir ap kūlīti, un nobeidzas ar atsevišķām traheīdām. Vadaudu kūlišu koksne sastāv galvenokārt no spirāliskajām traheīdām, kas vienmēr salīdzinājumā ar lūksni vērsta uz lapas virspusi. Lūksne, ko veido sietstobri un pavadītājšūnas, vadaudu kūlīti vienmēr vērsta uz lapas apakšpusi. Tas ir tādēļ, ka stumbrā koksne atrodas iekšpusē, bet lūksne ārpusē. Vadaudu kūlišiem pārejot no stumbra lapā, koksne vērsta uz lapas augšpusi, bet lūksne uz apakšpusi. Pēc šāda vadaudu izvietojuma lapas vadaudu kūlišos var nekļūdīgi noteikt lapas virspusi un apakšpusi.

Sklerenhīma izvietojas pusloka veidā zem vadaudu kūliša lūksnes daļas. Lapas šķērsgriezumā tā ir pakavveidīga un sastāv no šūnām ar pabiezinātu un pārkoksnētu šūnapvalku. Vadaudu kūliša augšpusē un apakšpusē līdz pat hipodermai izvietotas nelielas šūnu grupas, kurām ir nevienmērīgi uzbiezināts, nepārkoksnējies šūnapvalks (kolenhīma).

Gumijkoka lapā vadaudu kūlīti kopā ar tam apkārt esošo sklerenhīmu aptver plāna parenhimatisku šūnu maksts.

Kambija parasti vadaudu kūlišos nav. Dažkārt tas sastopams daudzgadīgo lapu lielākajos vadaudu kūlišos, kur var novērot arī sekundāro pāresnīšanās.

Pēc gumijkoka lapas šķērsriezuma preparāta izpētes mikroskopā mazajā palielinājumā uzzīmē lapas uzbūves shēmu, bet pēc preparāta izpētes lielajā palielinājumā uzzīmē arī daļu no lapas šķērsriezuma.

Gumijkoka lapas uzbūves shēmā atzīmē augšējo epidermu, hipodermu, cistolitu, divkārtaino zedeņu parenhīmu, īrdeno parenhīmu, vienkārtaino zedeņu parenhīmu lapas apakšpusē, hipodermu un lapas apakšējo epidermu ar atvārsnītēm. Bez tam shēmā jāparāda slēgtais kolaterālais vadaudu kūlītis, kura virspusē ir koksne, bet apakšpusē lūksne, sklerenhīma, kas atrodas pakavveidā zem lūksnes, kolenhīma virs un zem vadaudu kūlīša, kā arī kūlīti aptverošā parenhimatisko šūnu maksts.

MONŠTERAS (*MONSTERA DELICIOSA* LIEBM.) LAPAS UZBŪVE

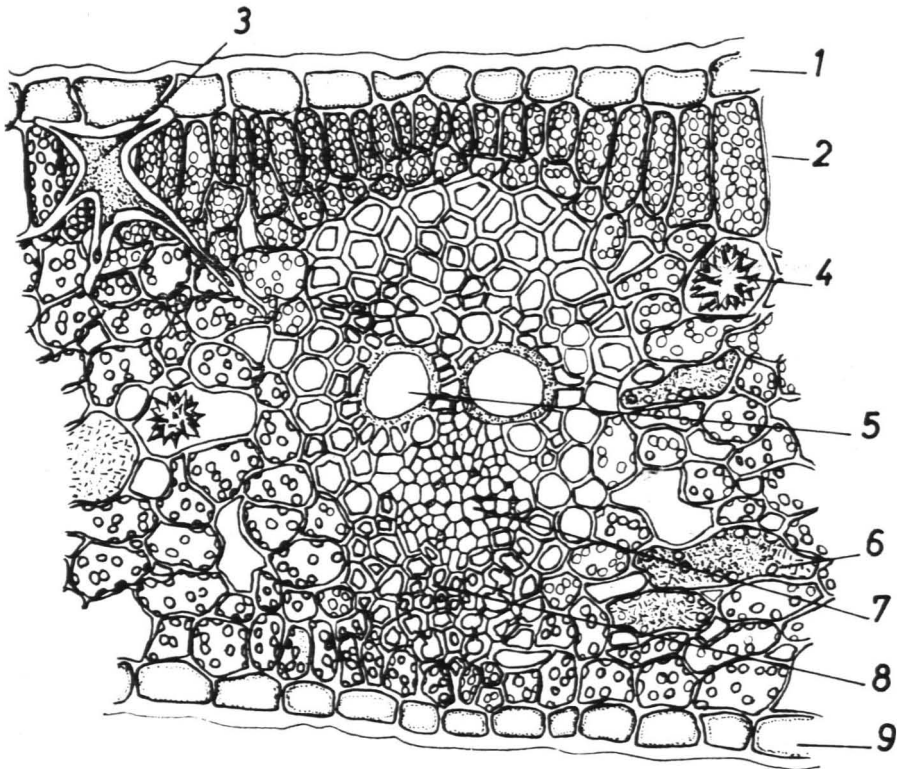
Piemērots objekts divdīgļlapju lapas anatomiskās uzbūves izpētei ir arī istabas augs — monstera. Lai iepazītos ar monstera lapas uzbūvi, pagatavo plānus svaigas lapas šķersgriezumus tā, lai griezums būtu perpendikulārs vadaudu kūlīša gareniskajai asij. No griezumiem pagatavo preparātus: vienu — ūdens pilienā, bet citus apstrādā ar floroglučīnu un sālsskābi un ievieto glicerīna pilienā. Viena preparāta apskate ūdenī nepieciešama tādēļ, lai saskatītu kalcija oksalāta drūzas, kas atrodas lapas mezofilā.

Pagatavotos preparātus izpēta vispirms mikroskopa mazajā, bet pēc tam lielajā palielinājumā.

Mikroskopā labi saskatāms, ka lapu no augšas un apakšas sedz vienkārtaina, bezkrāsaina *epiderma*, kas sastāv no dzīvām šūnām, kurām ir liela vakuola. Citoplazma izvietojusies gar šūn-apvalku. Epidermas šūnu ārējās sienīņas apvalks ir biežāks par iekšējo sienīņu apvalku un no ārpuses klāts ar kutikulu. Lapas apakšējā epidermā izvietotas atvārsnītes (110. att.).

Zem augšējās epidermas atrodas 2 vai 3 *zedeņu parenhīmas* šūnu kārtas. Šūnas ir izstieptas, sakārtotas cieši cita pie citas perpendikulāri lapas virsmai. Zedeņu parenhīmas šūnām ir celulozes apvalks. Citoplazmā atrodas ļoti daudz hloroplastu, kas piedod zedeņu parenhīmas slānim intensīvi zaļu krāsu. Aiz zedeņu parenhīmas līdz pat apakšējai epidermai atrodas *irdenā* jeb *čauganā parenhīma*. Irdenās parenhīmas šūnas ir neregulāras, tajās ir daudz mazāk hloroplastu nekā zedeņu parenhīmas šūnās. Starp tām atrodas lielas starpšūnu telpas, kas pildītas ar gaisu, tādēļ arī lapas apakšpuse ir gaišāka nekā lapas virspuse. Galvenā irdenās parenhīmas funkcija ir nodrošināt transpirāciju un gāzu maiņu augā.

Lapas mezofilā vietām redzamas zarotas sklereīdas jeb *astro-sklereīdas*, kas piedod lapām stingrumu. Viens astroklereīdas gals piestiprināts augšējai vai apakšējai epidermai, bet atzarojumi iestiepjas starpšūnu telpās. Astroklereīdu šūnapvalks ir stipri



110. att. Monstera (*Monstera deliciosa* Liebm.) lapas uzbūve:
 1 — epiderma; 2 — zedeņu parenhīma; 3 — astrosklereīda; 4 — drūza; 5 — koksne;
 6 — sīkās rafīdas; 7 — lūksne; 8 — sklerenhīma; 9 — apakšējā epiderma.

pabiezināts, taču nav pārkoksnējies. Bez sklereidām lapas mezofilā atsevišķās vietās redzamas arī kalcija oksalāta drūzas un dažās šūnās arī sīkas rafīdas. Preparātos, kuri apstrādāti ar sālskābi, ne drūzas, ne arī rafīdas nav redzamas, jo tās ir izšķīdušas.

Vadaudu kūlītī galvenā sastāvdaļa ir lūksne un koksne. Koksni veido dažas trahejas, traheīdas un koksnes parenhīma. Visiem šiem elementiem ir pārkoksnēts šūnapvalks. Floroglucīna un sālskābes iedarbībā tas krāsojas sarkans. Vadaudu kūlītī koksne izvietota tuvāk lapas virspusei. Koksnei cieši pieguļ lūksne, kura izvietota tuvāk lapas apakšējai epidermai. Lūksni veido sietstobri un pavadītājšūnas. Šūnapvalks lūksnes elementiem ir spoži balts un sastāv no celulozes. Vadaudu kūlītim augšā un apakšā vai arī

ap visu kūlīti atrodas daudzstūrainas šūnas ar vienmērīgi uzbiezīnātu šūnapvalku, kas, apstrādāts ar floroglucīnu un sālskābi, krāsojas sarkanā krāsā. Tie ir mehāniskie audi — *sklerenhīma*.

Apakšējā epidermā redzamas atvārsnītes ar divām slēdzējšūnām, atvārsnītes spraugu un elpošanas dobumu zem tās.

Pēc svaigas vai arī spirtā konservētas lapas šķērsriezumu preparātu izpēti mikroskopa mazajā palielinājumā uzzīmē daļu no lapas šķērsriezuma ar vadaudu kūlīti tajā un atzīmē vajadzīgos pierakstus.

VIENDĪĢĻAPJU LAPAS UZBŪVE

Viendīgļlapju lapas atšķirībā no divdīgļlapju lapām ir izolaterālas, to plātnes virspuse anatomiski daudz neatšķiras no apakšpuses. Epidermas šūnu lielums kā lapu virspusē, tā arī apakšpusē ir vienāds. Tāpat arī atvārsnīšu daudzums un novietojums abās lapas pusēs aptuveni ir vienāds. Viendīgļlapju lapām mezofils nav diferencēts zedeņu un irdenajā parenhīmā.

Gr audzāju lapas parasti sastāv no lapas maksts un lapas plātnes. Lapas plātnes epidermā ir dažāda lieluma šūnas. Vairums no tām ir garas, taisnstūrveida, ar mazliet viļņainām sānu sienām. Šūnu ārējās sienīgas apvalks ir stipri kutinizēts un satur silīcija dioksīdu. Tās epidermas šūnas, kas atrodas virs mehāniskajiem audiem, ir mazākas par taisnstūrveida šūnām. Bez tam bieži epidermā vai epidermā un mezofila augšējo šūnu kārtās ir *kustību šūnas*. Kustību šūnas parasti ir lielākas par epidermas šūnām, tām ir plāns šūnapvalks un lielas vakuolas. Sausā laikā šīs šūnas zaudē ūdeni un saplok, tāpēc lapas sausā laikā saritinās, piemēram, stepju līgai. Atvārsnītes atrodas lapas virspusē, un, lapām ieritinoties, stipri samazinās transpirācija. Mitrā laikā kustību šūnas uzsūc ūdeni un lapa iztaisnojas. Šajā procesā aktīvi piedalās arī sklerenhīma, kuras šūnapvalki sausumā zaudē ūdeni, bet pietiekamā mitrumā uzbriest.

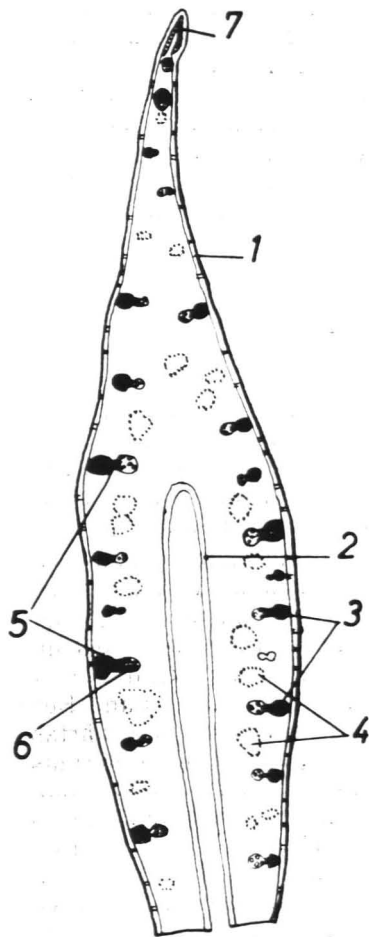
Asimilācijas parenhīma viendīgļlapju lapās parasti ir viendabīga visā mezofilā.

CILDOTĀ IRISA (*IRIS GERMANICA* L.) LAPAS UZBŪVE

Irisa lapai ir zobenveida forma. Tā salocīta vidū gareniskā virzienā, un tādēļ morfoloģiski lapas virspuse vērsta uz iekšpusi, bet apakšpuse uz ārpusi. Lapas augšējā daļā lapas malas saaug kopā. Lai iepazītos ar irisa lapas anatomisko uzbūvi, jāņem lapas

111. att. Cildotā īrisa (*Iris germanica* L.)
lapas uzbūves shēma:

- 1 — apakšējā epiderma ar atvārsnītēm;
2 — augšējā epiderma; 3 — sklerenhīma;
4 — gaisa dobumi; 5 — lūksne; 6 — koksne;
7 — kolenhīma.



apakšējā daļa vai vidusdaļa un no tās jāpagatavo plāni šķērsgriezumi. Pagatavotos griezumus apstrādā ar joda šķīdumu kālija jodīda šķīdumā. Epidermas sīkākai izpētei noplēš gabaliņu epidermas no lapas apakšpusēs. Līdz ar to epidermu var izpētīt kā šķērsgriezumā, tā arī pretskatā. Tā kā īrisa lapas epiderma sīkāk tiek apskatīta nodaļā par segaudiem, šajā darbā sīkāk apskatīsim citus īrisa lapas anatomiskos elementus.

Īrisa lapas mezofils nav diferencēts zedeņu un irdenajā parenhīmā. Visas hlorenhīmas šūnas formas ziņā ir vairāk vai mazāk vienādas. Tās ir ieapaļas, ar plānu šūnapvalku un veido vienkāršo mezofilu. Tajā atrodas daudz starpšūnu telpu, kas pildītas ar gaisu (111. att.). Mezofila šūnas, kas piekļaujas tuvāk apakšējai epidermai, ir mazākas un satur vairāk hloroplastu nekā tās šūnas, kas atrodas tuvāk augšējai epidermai. Īrisa lapas mezofilā atrodas slēgtie kolaterālie vadaudu kūlīši.

Vadaudu kūlīša lūksne ir aizsargāta ar sklerenhīmu. Lapas apakšējā daļā starp vadaudu kūlīšiem atrodas gaisa dobumi. Lapas galā izvietojusies kolenhīma.

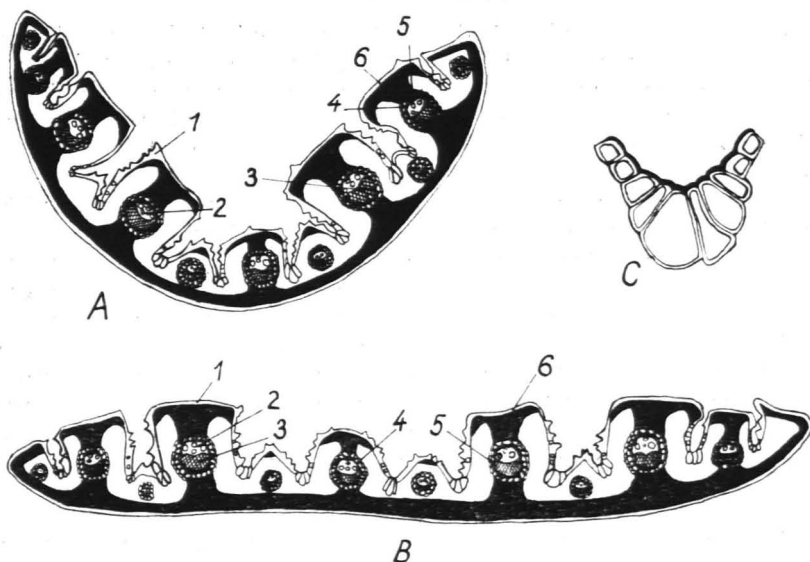
Pēc īrisa lapas anatomiskās uzbūves izpētes mikroskopa mazajā un lielajā palielinājumā uzzīmē lapas anatomiskās uzbūves shēmu un atzīmē apakšējo (ārējo) epidermu ar atvārsnītēm, vienkāršo (nediferencēto) mezofilu, vadaudu kūlīšus un sklerenhīmu ap lūksnes daļu, augšējo (iekšējo) epidermu un gaisa dobūmu.

STEPJU LIGAS (*STIPA PENNATA* L.) LAPAS UZBOVE

Stepju līga ir augs, kas aug sausās stepēs, pustuksnešos un tuksnešos un attīstās nepietiekamos mitruma apstākļos. Tātad stepju līga ir kserofītu pārstāvis.

Lai iepazītos ar šī auga lapas īpatnējo anatomisko uzbūvi, darbam izmanto spirtā fiksētu materiālu. Pagatavo stepju līgas lapas šķēsgriezumus, griežot to gabaliņus plūškoka serdē, vai arī mazu lapu saišķīti — pa 10...15 lapām reizē. Iegūtos šķēsgriezumus apstrādā ar floriglucīnu un sālskābi, ieliek glicerīna pilienā un apskata mikroskopā. Preparātu izpēta vispirms mikroskopa mazajā, bet pēc tam lielajā palielinājumā.

Stepju līgas lapas plātnes virspusē ir daudz valnīšu — ribu, kas stiepjas visā lapas garumā. Dažas no šīm ribām ir lielas, tās ir galvenās ribas, bet starp tām atrodas sikākas — sekundārās ribas. Starp ribām atrodas padziļinājumi. Lapas apakšpuse ir gluda. Lapu no ārpuses sedz epiderma ar kutikulu (112. att.). Virsējai epidermai kā uz ribām, tā arī padziļinājumos ir vienkāršie matiņi. Virsējā epidermā ribu sānos atrodas atvārsnītes.



112. att. Stepju līgas (*Stipa pennata* L.) lapas uzbūve:

A — lapas šķēsgriezuma shēma, ja augā ir ūdens deficīts; B — lapas šķēsgriezuma shēma, ja augs aug pietiekama mitruma apstākļos; C — pūšļveida šūnas; 1 — augšējā epiderma ar vienkāršajiem matiņiem, atvārsnītēm un pūšļveida šūnām; 2 — koksne; 3 — lūksne; 4 — parenhīmas maksts; 5 — endoderma; 6 — sklerenhīma.

Slēdzējšūnas iegremdētas iedobumos, ko epidermas izaugumi — matiņi aizsargā no tiešajiem saules stariem. Iedobuma dibenā starp parastajām epidermas šūnām redzamas šūnu grupas, kuru šūnām iekšējo un sānu sieniņu apvalks ir plāns, bet ārējās sienīgas apvalks ir uzbiezīnāts un klāts ar kutikulu. Tās ir *pūšļveida šūnas*. Šo šūnu šaurākie gali vērsti uz ārpusi, bet platākie uz iekšpusi. Pūšļveida šūnu rindas pavedienveidīgi stiepjas visā lapas garumā iedobumu dibenā. Šis pavediens platumā parasti sastāv no 3...5 šūnām. Apakšējai epidermai visā lapas platumā un garumā seko hipoderma, ko veido sklerenhīma.

Mehāniskie audi ietilpst galvenajās un sekundārajās ribās. Galvenajās ribās tie sasniedz lapas augšpusi, kur veido paplašinājumus zem epidermas. Šķērsgriezumā šie sklerenhīmas pavedieni atgādina dubultas T veida sijas. Sklerenhīmas pavedienu vidū atrodas slēgtie kolaterālie vadaudu kūliši, kas raksturīgi graudzālēm. Vadaudu kūlišus aptver divkārsa maksts — iekšējā un ārējā. Iekšējās maksts šūnas robežojas tieši ar vadaudu kūliša šūnām, un tām raksturīgs pabiezīnāts šūnapvalks. Dažreiz iekšējās maksts šūnas ir pakavveida. Ārējā maksts sastāv no parenhimatiskām šūnām, kurām plāns šūnapvalks.

Līdzīgi, tikai daudz vājāk attīstīti vadaudu kūliši atrodas arī sekundārajās ribās. Tajā lapas daļā, kas nav apņemta ar mehāniskajiem audiem, t. i., starp virsējo epidermu un hipodermu, atrodas vienkāršais mezofils, kas sastāv no viendabīgām parenhimatiskām šūnām un izveido it kā burtus V vai W.

Ūdens deficīta gadījumā lapa saritinās gareniskajā virzienā. Šis darbības mehānismu dažādi autori izskaidro dažādi. Vieni uzskata, ka lapa saritinās tādēļ, ka šūnās ar plāno šūnapvalku samazinās turgors. Citi autori uzskata, ka, palielinoties transpirācijai, samazinās mezofila šūnu tilpums. Šajā gadījumā mehāniskie audi paliek bez izmaiņām vecajā vietā, bet, saspiežoties mezofila un pūšļveida šūnām, lapas plātne salokās uz iekšpusi. Daži autori uzskata, ka pūšļveida šūnu rindas tikai atvieglina un regulē lapu plātnes saritināšanos. Šajā procesā galvenā nozīme tiek piešķirta sklerenhīmas pavedieniem, kas darbojas atkarībā no ūdens satura šūnapvalkā. Pastāv arī uzskats, ka pūšļveida šūnas darbojas kā īpaši rezervuāri, kuros auga lapas uzkrāj ūdeni.

Pēc stepju ligas lapas anatomiskās uzbūves izpētes mikroskopa mazajā palielinājumā uzzīmē lapas uzbūves shēmu, atzīmējot apakšējo epidermu ar kutikulu, sklerenhimatisko hipodermu, vadaudu kūlišus, augšējo epidermu ar atvārsnītēm, matiņiem un pūšļveida šūnām. Pēc preparāta izpētes mikroskopa lielajā palielinājumā uzzīmē pūšļveida šūnu grupu.

KAILSEKĻU LAPAS UZBOVE

Kailsēkļu lapas anatomiskā uzbūve atšķiras no divdīgļlapju tipiskās lapas anatomiskās uzbūves. Raksturīgas kailsēkļu lapas ir skuju koku skujas. Skuju koku adatveidīgajām lapām — skujām ir kseromorfas pazīmes. Tās dzīvo vairākus gadus un ir daudz izturīgākas par segsēkļu lapām, kas parasti dzīvo tikai vienu veģetācijas periodu. Ziemā, kad saknes nespēj uzskūt pietiekami daudz ūdens, skujās samazinās transpirācija. Līdz ar to skujas anatomiskajā uzbūvē ir dažas īpatnības, kādu nav citām lapām.

Skujas centrālajā daļā atrodas viens vai divi vadaudu kūliši. Tos aptver īpaši vadaudi, kurus sauc par *transfūzajiem audiem*, un endoderma ar pabiezinātu šūnapvalku. No endodermas uz ārpusi atrodas mezofils, bet skujas perifērijā — hipoderma un epiderma.

Skujas *epidermai* ir stipri uzbiezināti šūnapvalki, ko uz ārpusi klāj bieza kutikula. Dažkārt skujas epidermas šūnapvalki ir tik daudz uzbiezināti, ka pat pilnīgi izzūd šūnas dobums. Arī *hipodermas* šūnām, kas atrodas zem epidermas, ir ļoti biezs šūnapvalks. Dažiem skuju kokiem skujā hipodermas nav. Epidermā ir daudz atvārsnīšu, kas atrodas vai nu vienā skujas pusē, vai arī visapkārt tai.

Mezofila šūnām raksturīgas iekšējās krokas, tādēļ to arī sauc par *krokaino parenhīmu*. Priedēm un dažiem citiem skuju kokiem mezofils nav diferencēts, bet sastāv tikai no vienvēidīgām šūnām.

Kailsēkļu lapu mezofilā atrodas *sveķu ailes*. To skaits skujā var būt ļoti dažāds atkarībā no auga sugas.

Skujas centrālajā daļā parasti ir divi *kolaterālie vadaudu kūliši*, kuriem koksnes daļa vērsta uz skujaš virspusi (plakano pusi), bet lūksne uz pretējo pusi. Kā koksnes, tā arī lūksnes elementi vadaudu kūlišos sakārtoti radiālās rindās, kuru starpās atrodas atsevišķas parenhimatiskas šūnas. Lūksnes parenhīma vadaudu kūlišos ir labāk attīstīta nekā koksnes parenhīma.

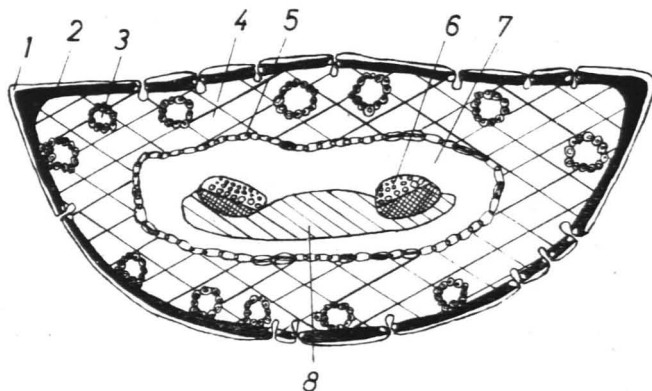
Transfūzie audi, kas aptver vadaudu kūlišus, sastāv no divējādām šūnām — dzīvām parenhimatiskajām šūnām, kurām ir plāns nepārkoksnējies šūnapvalks, un nedzīvām traheidālām šūnām, kurām ir plāns pārkoksnējies šūnapvalks ar dobumporām. Transfūzie audi sastopami visu kailsēkļu lapās.

Endoderma, kas aptver transfūzos audus, priedes skujā sastāv no šūnām ar samērā biezu šūnapvalku. Endodermas šūnas bieži vien satur cieti. Citām augu grupām endoderma nav tik labi izteikta.

Parastās priedes lapa — skuja dzīvo vairākus gadus. Gada-laiku maiņas, apgāde ar ūdeni nosaka arī priedes skujas anatomi-sko uzbūvi. Priedes skujas ir pielāgojušās dzīvei nepietiekamas ūdens apgādes apstākļos, it sevišķi ziemā. Tās ir adatveidīgas, ar mazu transpirējošo virsmu. Parastajai priedei un citiem divskuju kokiem skujas atrodas pa pāriem saīsinātu vasu galos.

Priedes skujas anatomiskās uzbūves mikroskopiskajai izpētei izmanto spirtā fiksētu materiālu. Lai pagatavotu plānus skujas šķērs griezumus, vairākus apmēram 1...2 cm garus skuju gaba-liņus ieliek starp plūškoka serdi un griež ar bārdas nazi. Paga-tavotos griezumus apstrādā ar floroglucīnu un sālskābi, ieliek glicerīna pilienā un apskata mikroskopā.

Priedes skuju no ārpuses sedz *epiderma*, kurai savukārt ārpusē ir bieza kutikula (113., 114. att.). Epidermas šūnas šķērs griezumā ir gandrīz kvadrātveida. To šūnapvalks ir stipri uzbiezināts. Šūnu centrā atrodas neliels dobums, no kura uz visiem četriem šūnas stūriem stiepjas šauri, spraugveidīgi poru kanāli. Epidermas šūnu apvalks nav pārkoksnējies, un tikai retos gadījumos vecās skujs tas var būt viegli pārkoksnējies. Priedes skuajā zem epidermas atrodas *hipoderma*, kas sastāv no vienas, bet skujas stūros — no divām vai trim sklerenhimatisko šūnu kārtām. Sklerenhimatisko šūnu apvalks ir nedaudz plānāks par epidermas šūnu apvalku un pārkoksnējies. Hipodermā uzkrājas ūdens, bez tam hipoderma padara priedes skuju izturīgāku. Skujai visapkārt padziļinājumos



113. att. Parastās priedes (*Pinus sylvestris* L.) lapas uzbūves shēma:

1 — epiderma ar atvārsnītēm; 2 — hipoderma; 3 — sveķu aile; 4 — krokainais mezofīls; 5 — endoderma; 6 — vadaudu kūlītis; 7 — parenhimatiskie audi; 8 — sklerenhīma.

vienā līmenī ar hipodermu atrodas *atvārsnītes*. Slēdzējšūnām uzbiezinātās šūnapvalka daļas pārkoksņējas. Zem atvārsnītēm atrodas lieli elpošanas dobumi.



114. att. Parastās priedes (*Pinus sylvestris* L.) lapas uzbūve:

1 — kutikula; 2 — epiderma; 3 — slēdzējšūnas; 4 — atvārsnītes sprauga; 5 — elpošanas dobums; 6 — hipoderma; 7 — krokainais mezofils; 8 — sveķu ailes dobums; 9 — epiteliālās šūnas; 10 — sklerenhimas maksts; 11 — endoderma; 12 — Kaspari svītras.

Zem hipodermas tuvāk skujas centram atrodas vienveidīgs *mezofīls*, kas sastāv no vairākiem parenhimatisku šūnu slāņiem. Mezofila šūnām apvalks ieaug šūnas dobumā, veidojot krokas, tāpēc to sauc par *krokaino mezofīlu* jeb *krokaino asimilācijas parenhīmu*. Šāds šūnapvalka krokojums uz iekšpusi stipri palielina mezofila šūnu iekšējo virsmu, kur izvietojas citoplazma ar hloroplastiem. Līdz ar to mezofila anatomiskā uzbūve nodrošina šūnu maksimālu asimilācijas virsmu.

Priedes skujas mezofīlā tieši zem hipodermas vai mazliet dziļāk atrodas *sveķu ailes*. Katra sveķu aile ir šizogēni izveidojies starpšūnu kanāls, kas stiepjas visā lapas garumā un nobeidzas netālu no tās galotnes. Sveķu aili no iekšpuses izklāj dzīvās *epiteliālās šūnas*, kas izdala sveķus. No ārpuses to aptver nepārkoksnētu sklerenhimatisku šūnu maksts. Epiteliālo šūnu izdalītie sveķi uzkrājas sveķu ailes dobumā. Sveķu aili daudzums un izvietojums katrai skuju koku skujai ir dažāds un raksturīgs.

Skujas vidū atrodas centrālā daļa, ko aptver *endoderma*. Endodermas šūnas ir parenhimatiskas, bezkrāsainas, bagātas ar cieti. To radiālo sienīņu šūnapvalks ir pabiezināts, pārkoksnējies un pārkorķojies, veidojot Kaspari svītras.

Skujas centrālajā daļā atrodas tās vadaudu sistēma. To pārstāv divi *kolaterālie vadaudu kūliši*, kas vērsti simetriski viens pret otru. Vadaudu kūlišu koksnes daļa, kas sastāv no traheidām, vērsta uz prieku skujas plakanu pusi, bet lūksnes daļa — uz skujas izliekto pusi. Tādējādi skujas plakanā puse morfoloģiskā ziņā ir lapas virspuse, bet izliektā puse — lapas apakšpuse.

Starp vadaudu kūlišiem skujas centrā atrodas *sklerenhīma* ar pabiezinātiem šūnapvalkiem. Šī sklerenhīma dakšveidīgi apņem abus vadaudu kūlišus. Pārējo priedes lapas centrālo daļu aizņem dzīvās parenhimatiskās šūnas ar dzīvu iekšējo saturu, citoplazmu, kodolu un cietes graudiem, kā arī nedzīvās traheidālās šūnas ar pārkoksnētu šūnapvalku un dobumporām. Šīm šūnām nav iekšējā satura. Traheidālās šūnas novada ūdeni un minerālvielas līdz lapas mezofilam. Dzīvās parenhimatiskās šūnas no lapas mezofila aizvada līdz vadaudu kūliša lūksnes daļai asimilātus, kas radušies fotosintēzes procesā.

Pēc priedes skujas anatomiskās uzbūves izpētes mikroskopa mazajā palielinājumā uzzīmē skujas anatomiskās uzbūves shēmu, atzīmējot lapas epidermu ar atvārsnītēm, hipodermu, krokaino mezofīlu, sveķu ailes, endodermu, vadaudu kūlišus un mehāniskos audus skujas centrā. Pēc izpētes mikroskopa lielajā palielinājumā detalizēti uzzīmē priedes skujas šķērsriezumu, dodot attiecīgos pierakstus.

PIELIKUMI

1. pielikums

Augu anatomijas praktiskajiem darbiem izmantojamie augi

Tēma	Augu iatīniskais nosaukums	Augu latviskais nosaukums	Izmantojamā daļa
I. Augu šūna			
Šūnas uzbūve			
Citoplazma	<i>Allium cepa</i> L.	Sīpols	Zviņlapas epiderma
Kodols	<i>Tradescantia virginiana</i> L. <i>Cucurbita pepo</i> L.	Virdžīnijas tradescancija Ķirbis	Putekšņlapu kātiņa matiņi Lapu kāta matiņi
Citoplazmas kustība	<i>Elodea canadensis</i> Rich. <i>Elodea densa</i> Casp. <i>Urtica dioica</i> L. <i>Tradescantia</i> sp.	Kanādas elodeja Blīvā elodeja Lielā nātre Tradescancijas	Lapas Dzelmatīņi Putekšņlapu kātiņa matiņi
Šūnas kodola dalīšanās	<i>Allium cepa</i> L. <i>Aloe</i> sp. <i>Eremurus</i> sp.	Sīpols Alvejas Eremuri	Jauno sakņu gali Sakņu gali Mikrosporu mātšūnas
Plastīdas			
Hloroplasti	<i>Elodea canadensis</i> Rich. <i>Spinacia oleracea</i> L. <i>Aspidistra</i> sp. <i>Zea mays</i> L. <i>Hedera helix</i> L. <i>Sorbus aucuparia</i> L.	Kanādas elodeja Spināti Aspidistras Kukurūza Vijīgā efeja Parastais pīlādzis	Lapas Lapas Lapas Lapas Augļa mikstums
Hromoplasti	<i>Rosa</i> sp. <i>Convallaria majalis</i> L. <i>Daucus carota</i> L.	Rozes Maijpuķītes Burkāni	Paaugļa mikstums Augļa mikstums Sulīgās saknes mikstums

1. pielikuma turpinājums

Tēma	Augu latīniskais nosaukums	Augu latviskais nosaukums	Izmantojamā daļa
Leikoplasti	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. <i>Tradescantia</i> sp. <i>Zebrina pendula</i> Schnizl.	Tomāti Tradescancijas Nokarenā zeb-rina	Augļa mikstums Lapas epiderma Lapas epiderma
Vakuolas ar krāsainu šūnsulu	<i>Cyclamen persicum</i> Mill. <i>Brassica oleracea</i> L.	Persijas ciklamēnas Kāposti (sarkanie)	Lapas epiderma Lapas epiderma
Rezerves vielas šūnā Ciete	<i>Solanum tuberosum</i> L. <i>Avena sativa</i> L. <i>Secale cereale</i> L. <i>Triticum aestivum</i> L. <i>Zea mays</i> L. <i>Pisum sativum</i> L. <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Kartupeļi Auzas Rudzi Kvieši Kukurūza Zirņi Parastās pupiņas	Bumbuļi Graudi Graudi Graudi Graudi Graudi Graudi
Inulīns	<i>Helianthus tuberosus</i> L. <i>Dahlia</i> sp.	Topinambūrs Dālijas	Gumi Gumi
Aleirona graudi	<i>Ricinus communis</i> L. <i>Pisum sativum</i> L. <i>Triticum aestivum</i> L.	Ricīns Zirņi Kvieši	Sēklas Graudi Graudi
Kristāliskie ieslēgumi šūnā Vienkāršie kristāli	<i>Allium cepa</i> L.	Sīpols	Sausās zvīņlapas
Drūzas Rafīdu kūliši un stiloīdi	<i>Begonia</i> sp. <i>Polygonatum</i> sp. <i>Vitis</i> sp. <i>Agave</i> sp.	Begonijas Mugurenes Vinkoki Agaves	Lapu kāti Sakneņi Lapu kāti Lapas
Šūnapvalks	<i>Impatiens parviflora</i> DC. <i>Sambucus racemosa</i> L. <i>Aspidistra</i> sp. <i>Ruscus</i> sp.	Sikziedu sprigane Sarkanais plūškoks Aspidistras Ruski	Lapas Serde Lapas epiderma Stumbrs
II. Augu audi Segaudi Epiderma	<i>Iris</i> sp. <i>Zea mays</i> L. <i>Geranium</i> sp. <i>Fuchsia</i> sp.	Īrisi Kukurūza Gandrenes Fuksijas	Lapas Lapas Lapas Lapas

Tēma	Augu latīniskais nosaukums	Augu latviskais nosaukums	Izmantojamā daļa
Epidermas izaugumi			
Vienšūnas matiņi	<i>Malus domestica</i> Borkh.	Mājas ābele	Lapas
Vienkāršie daudzšūnu matiņi	<i>Solanum tuberosum</i> L.	Kartupeļi	Lapas
Zaroti daudzšūnu matiņi	<i>Verbascum thapsus</i> L.	Parastais deviņvīruspēks	Lapas
Zvaigžņmatiņi	<i>Elaeagnus commutata</i> Bernh. ex Rydb.	Sudraba eleagns	Lapas
Dzelmatiņi	<i>Urtica dioica</i> L.	Lielā nātre	Lapas, lapu kāti
Dziedzermatiņi	<i>Urtica urens</i> L. <i>Nicotiana tabacum</i> L.	Sikā nātre Tabaka	Lapas, lapu kāti Lapas
Periderma	<i>Malus domestica</i> Borkh. <i>Rubus idaeus</i> L. <i>Crataegus sp.</i>	Mājas ābele Avenes Vilkābeles	Divgadīgs, trīsgadīgs stumbrs Stumbrs Divgadīgs, trīsgadīgs stumbrs
	<i>Sambucus racemosa</i> L. <i>Chamaenerion angustifolium</i> Scop. <i>Vitis amurensis</i> Rupr. <i>Lonicera caprifolium</i> L.	Sarkanais plūškoks Saurlapu ugunspuķe Amūras vīnkoks	Divgadīgs stumbrs Stumbrs Stumbrs
Gludā kreve	<i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Pl. <i>Vitis sp.</i> <i>Lonicera sp.</i> <i>Quercus robur</i> L.	Pieclapu mežvīns Vīnkoki Sausserži Ozols	Vecs stumbrs Vecs stumbrs Vecs stumbrs Vecs stumbrs
Plēkšņu kreve			
Mehāniskie audi			
Sklerenhīma	<i>Linum usitatissimum</i> L. <i>Nerium oleander</i> L. <i>Geranium pratense</i> L. <i>Begonia rex</i> Putz.	Lini Oleandrs Pļavas gandrene Karaliskā begonija	Stumbrs Stumbrs Stumbrs Lapu kāti
Kolenhīma			
Stūru kolenhīma	<i>Beta vulgaris</i> L. <i>Begonia rex</i> Putz. <i>Aegopodium podagraria</i> L.	Bietes Karaliskā begonija Parastā gārša	Lapu kāti Lapu kāti Lapu kāti

1. pielikuma turpinājums

Tēma	Augu latīniskais nosaukums	Augu latviskais nosaukums	Izmantojamā daļa
Plātņu hima	<i>Cucurbita pepo</i> L.	Ķirbis	Stumbrs
	<i>Sambucus racemosa</i> L.	Sarkanais plūškoks	Jauns, zaļš stumbrs
Irdenā hima	<i>Sambucus nigra</i> L.	Melnais plūškoks	Jauns stumbrs
	<i>Tilia cordata</i> Mill.	Liepa	Stumbrs
	<i>Syringa vulgaris</i> L.	Ceriņi	Jaunie dzinumi
	<i>Petasites hybridus</i> (L.) G. M. Sch.	Bastarda tūsklape	Lapu kāti
Sklereīdas	<i>Petasites spurius</i> L.	Neistā tūsklape	Lapu kāti
	<i>Nicotiana tabacum</i> L.	Tabaka	Stumbrs
	<i>Lactuca sativa</i> L.	Salāti	Stumbrs
	<i>Chenopodium sp.</i>	Balandas	Stumbrs
	<i>Pyrus communis</i> L.	Parastā bumbiere	Augļi
	<i>Corylus avellana</i> L.	Parastā lazda	Rieksta čaula
	<i>Peonia sp.</i>	Peonijas	Gumi
	<i>Sorbus aucuparia</i> L.	Pilādzis	Augļi
	<i>Cydonia oblonga</i> Mill.	Istā cidonija	Augļi
	<i>Cerasus vulgaris</i> Mill.	Ķirsis	Kauliņi
Vadaudi	<i>Juglans sp.</i>	Valrieksti	Rieksta čaula
	<i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.	Aprikozes	Kauliņi
	<i>Prunus domestica</i> L.	Mājas plūme	Kauliņi
	<i>Prunus domestica</i> L.	Mājas plūme	Lapas
	<i>Zea mays</i> L.	Kukurūza	Stumbrs
	<i>Avena sativa</i> L.	Auzas	Stumbrs
	<i>Tulipa gesneriana</i> L.	Dārza tulpes	Stumbrs (zieda kāts)
	<i>Funkia ovata</i> Spr.	Ovālā funkija	Ziednesis
	<i>Ranunculus repens</i> L.	Ložņu gundega	Stumbrs
	<i>Beta vulgaris</i> L.	Bietes	Lapu kāti
Atklātais kolaterālais vadaudu kūlītis	<i>Juglans cinerea</i> L.	Pelēkais valrieksts	Lapu kāti
	<i>Vicia faba</i> L.	Lauka pupas	Jauns stumbrs
	<i>Helianthus annuus</i> L.	Saulgrieze	Jauns stumbrs
	<i>Chelidonium majus</i> L.	Lielā strutene	Stumbrs
	<i>Petasites hybridus</i> (L.) G. M. Sch.	Bastarda tūsklape	Lapu kāti
	<i>Dahlia variabilis</i> (Willd.) Mneh.	Klājā dālija	Jauns stumbrs

1. pielikuma turpinājums

Tēma	Augu latīniskais nosaukums	Augu latviskais nosaukums	Izmantojamā daļa
Leptocentriskais koncentriskais vadaudu kūlītis Hadrocentriskais koncentriskais vadaudu kūlītis Atklātais bikolāterālais vadaudu kūlītis Radiālais vadaudu kūlītis	<i>Geranium pratense</i> L.	Pļavas gandrene	Stumbrs
	<i>Aquilegia vulgaris</i> L.	Parastais ozoliņš	Stumbrs
	<i>Rumex confertus</i> Willd.	Blīvā skābene	Stumbrs
	<i>Peonia chinensis</i> hort.	Ķīnas peonija	Stumbrs
	<i>Pisum sativum</i> L.	Zirņi	Stumbrs
	<i>Convallaria majalis</i> L.	Maijpuķīte	Saknenis
	<i>Iris germanica</i> L.	Cildotais īriss	Saknenis
	<i>Acorus calamus</i> L.	Kalmes	Saknenis
	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Ērgļpaparde	Saknenis
	Vēdinātājauði (aerenhīma)	<i>Cucurbita pepo</i> L.	Ķirbis
<i>Cucumis sativus</i> L.		Gurķi	Stumbrs
<i>Iris germanica</i> L.		Dārza īriss	Saknes
<i>Ranunculus acer</i> L.		Kodiģā gundega	Saknes
<i>Ranunculus repens</i> L.		Ložņu gundega	Saknes
<i>Caltha palustris</i> L.		Parastā purene	Saknes
<i>Allium cepa</i> L.		Sīpols	Saknes
<i>Acorus calamus</i> L.		Kalmes	Saknes
<i>Vicia faba</i> L.		Lauka pupas	Saknes
<i>Juncus effusus</i> L.		Izplestais donis	Stumbrs
Uzkrājējauði	<i>Potamogeton nodosus</i> L.	Peldošā glīvene	Stumbrs
	<i>Elodea canadensis</i> Rich.	Kanādas elodeja	Stumbrs
	<i>Acorus calamus</i> L.	Kalmes	Sakneņi
	<i>Nymphaea alba</i> L.	Baltā ūdensroze	Stumbrs
	<i>Nuphar luteum</i> L.	Dzeltenā lēpe	Lapu kāti
	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	Eihornija	Lapu kāta pāresnīnājumi
	<i>Solanum tuberosum</i> L.	Kartupeļi	Bumbuļi
	<i>Taraxacum officinale</i> Web.	Cūkpienes	Saknes
	<i>Pinus sylvestris</i> L.	Priede	Stumbrs (sveķu ailes)
	<i>Pelargonium</i> sp.	Pelargonijas	Lapu dziedzermaņi
III. Augu orgāni Viendīgļlapju stumbrs	<i>Zea mays</i> L.	Kukurūza	Stumbrs
	<i>Polygonatum</i> sp.	Mugurenes	Stumbrs

1. pielikuma turpinājums

Tēma	Augu latīniskais nosaukums	Augu latviskais nosaukums	Izmantojamā daļa
Divdīgļlapju stumbrs	<i>Secale cereale</i> L.	Rudzi	Stumbrs
	<i>Iris germanica</i> L.	Dārza īrisi	Stumbrs
	<i>Asparagus officinalis</i> L.	Ārstniecības spargelis	Stumbrs
	<i>Dracaena</i> sp.	Pūkkoki	Stumbrs
	<i>Aquilegia vulgaris</i> L.	Parastais ozoliņš	Stumbrs
	<i>Helianthus annuus</i> L.	Saulgrieze	Stumbrs
	<i>Papaver somniferum</i> L.	Miega magone	Stumbrs
	<i>Ranunculus repens</i> L.	Ložņu gundega	Stumbrs
	<i>Aristolochia siphon</i> L' Herit.	Liellapu aristolohija	Stumbrs
	<i>Geranium pratense</i> L.	Pļavas gandrene	Stumbrs
Divdīgļlapju stumbrs (bez vadaudu kūliša)	<i>Linum usitatissimum</i> L.	Lini	Stumbrs
	<i>Chelidonium majus</i> L.	Lielā strutene	Stumbrs
	<i>Vinca minor</i> L.	Mazās kapirmirtes	Stumbrs
Sakneņis	<i>Galium</i> sp.	Madaras	Stumbrs
	<i>Lythrum salicaria</i> L.	Vītolu vējmitiņš	Stumbrs
	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Tiruma titenis	Stumbrs
Daudzgadīgu lapu koku stumbrs	<i>Convallaria majalis</i> L.	Maijpuķīte	Sakneņis
	<i>Agropyron repens</i> (L.) P. B.	Ložņu vārpata	Sakneņis
Daudzgadīgu skuju koku stumbrs	<i>Tilia cordata</i> Mill.	Liepa	Stumbrs
Sakne	<i>Pinus sylvestris</i> L.	Priede	Stumbrs
Saknes augšanas konuss	<i>Secale cereale</i> L.	Rudzi	Jauno dīgstu saknes
	<i>Triticum aestivum</i> L.	Kvieši	Jauno dīgstu saknes
	<i>Avena sativa</i> L.	Auzas	Jauno dīgstu saknes
Saknes primārā uzbūve	<i>Iris germanica</i> L.	Cildotais īriss	Saknes
	<i>Iris sibirica</i> L.	Sibīrijas īriss	Saknes
	<i>Allium cepa</i> L.	Sīpols	Saknes
	<i>Polygonatum</i> sp.	Mugurenes	Saknes
	<i>Zea mays</i> L.	Kukurūza	Saknes
	<i>Asparagus officinalis</i> L.	Ārstniecības spargelis	Saknes

Tēma	Augu latīniskais nosaukums	Augu latviskais nosaukums	Izmantojamā daļa
Saknes sekundārā uzbūve	<i>Cucurbita pepo</i> L. <i>Vicia faba</i> L. <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Ķirbis Lauka pupas Parastās pupiņas	Saknes Saknes Saknes
Sulīgās saknes Burkānu tips	<i>Daucus carota</i> L. <i>Petroselinum sativum</i> Hfm.	Burkāns Pētersīļi	Sulīgā sakne Sulīgā sakne
Rutku tips	<i>Raphanus sativus</i> L. <i>Brassica napus</i> L.	Rutki Kāļi	Sulīgā sakne Sulīgā sakne
Biešu tips	<i>Beta vulgaris</i>	Bietes	Sulīgā sakne
Lapa Divdīgļlapju lapa	<i>Ficus elastica</i> Roxb. <i>Monstera deliciosa</i> Liebm. <i>Camelia japonica</i> L.	Gumijkoks Monstēra Japānas kamēlija	Lapas Lapas Lapas
	<i>Rhododendron catawbiense</i> Michx. <i>Hoya carnosa</i> (L.) R. Br.	Katavbas rododendrs Vaskapuķe	Lapas Lapas
Viendīgļlapju lapa	<i>Iris germanica</i> L. <i>Stipa pennata</i> L. <i>Avena sativa</i> L. <i>Zea mays</i> L.	Cildotais īriiss Stepju līga Auzas Kukurūza	Lapas Lapas Lapas Lapas
Kailsēkļu lapa	<i>Pinus sylvestris</i> L.	Priede	Skujas

2. pielikums

Augu anatomijas laboratorijas darbiem nepieciešamie reaktīvi un palīgmateriāli

Benzīnu izmanto mikroskopa objektīvu un okulāru notīrīšanai no eļļainiem netīrumiem un imersijas eļļas paliekām.

Cinka hlorīdu izmanto hlorcīnkjoda gatavošanai.

Destilēto ūdeni izmanto reaktīvu, krāsvielu un pagaidu preparātu gatavošanai.

Etilspirtu (96%) izmanto augu materiāla fiksēšanai un uzglabāšanai, kā arī absolūtā spirta pagatavošanai.

Etilspirtu, absolūto, izmanto materiāla fiksēšanai un griezumtu atūdeņošanai pastāvīgo preparātu gatavošanā. To iegūst, 96% etilspirtu atūdeņojot ar izkarsētu un atūdeņotu vara sulfātu (vara vitriolu).

Etilspirtu, tehnisko, izmanto spirta lampiņās, kā arī augu materiāla fiksēšanai un uzglabāšanai.

Ēteri izmanto griezumu tauku šķīdināšanai, pētot saliktos aleirona graudus. **Filtrpapīru** lieto šķīdumu filtrēšanai, kā arī preparātu liekā ūdens un reaktīvu atsūkšanai.

Floroglucīnu (trioksibenzols $C_6H_6O_3 \cdot 2H_2O$) izmanto kopā ar koncentrētu (kūpošu) sālsskābi pārkoksnešanās konstatēšanai. Pagatavo 0,5...1% floroglucīna šķīdumu spirtā. Griezumam uzpilda vienu pilienu floroglucīna šķīduma, bet pēc apmēram 5 sekundēm vienu pilienu koncentrētas sālsskābes. Floroglucīns, reaģējot ar lignīnu skābā vidē, nokrāso pārkoksnejušos šūnapvalkus ķiršu sarkanā vai sarkani violetā krāsā. Krāsojuma intensitāte ir atkarīga no šūnapvalka pārkoksnešanās pakāpes. Pēc tam kad notikusi reakcija un šūnapvalks nokrāsojies, lieko sālsskābi un floroglucīnu noslauka, griezumam uzpilda vienu pilienu glicerīna, apsedz ar segstiklu un apskata mikroskopā.

Formalīns. Pārdošanā esošais formalīns ir 40%. Izmanto fiksējošos šķīdumus, kā arī materiāla saglabāšanai. Materiāla saglabāšanai lieto 4% formalīna šķīdumu.

Fuksīns, bāziskais, krāso kodolu un hromosomas sarkanā krāsā, bet pārējās šūnas struktūras paliek bezkrāsainas. Bāziskā fuksīna šķīdumu pagatavo no 80 ml 96% spirta, 20 ml destilēta ūdens, 1 ml koncentrētas HCl un 0,5 g bāziskā fuksīna.

Fuksīns, skābais, krāso nepārkoksnejušos šūnapvalkus un citoplazmu sarkanā krāsā. Lieto 1% šķīdumu ūdenī vai spirtā.

Glicerīnu [$C_3H_5(OH)_3$] izmanto, lai padarītu gaišākus pagaidu preparātus (2 daļas glicerīna + 1 daļa ūdens), glicerīnželatīna pagatavošanai, kā arī ūdens atvietošanai, pētot ar floroglucīnu un HCl krāsotos preparātus.

Glicerīnželatīnu izmanto kā vidi pastāvīgo preparātu pagatavošanai, ja tie nav jāuzglabā ilgāk par 2...3 gadiem. Glicerīnželatīna pagatavošanai iesver 10 g labas kvalitātes želatīna, ieber koniskajā kolbā un uzlej 60 ml destilēta ūdens. Ļauj uzbriest 10...12 stundas, bet pēc tam uzsilda ūdens vannā un pielej 70 g koncentrēta glicerīna, 0,2...0,5 g fenola un visu labi sajauc ar stikla spieķīti. Pēc tam kolbu aiztaisa ar aizbāzni, kuram cauri iet stikla spieķītis. Pirms lietošanas glicerīnželatīnu uzsilda uz ūdens vannas.

Hlorcinkjods ir svarīgākais reaktīvs celulozes konstatēšanai. Šūnapvalks, kas sastāv no celulozes, reaktīva ietekmē kļūst zils vai zili violets. Cinka hlorīds pārveido celulozi amiloīdos, bet jods tos nokrāso zilā vai zili violetā krāsā. Reaktīva pagatavošanas metodes ir vairākas:

1) 20 g cinka hlorīda karsējot izšķīdina 8,5 ml ūdens. Šķīdumu atdzesē, bet pēc tam pa pilienam piepilina joda šķīdumu kālija jodīda šķīdumā (3 g kālija jodīda un 1,5 g metāliskā joda šķīdina 60 ml ūdens) tik ilgi, kamēr parādās nogulsnes, kuras sakratot neizzūd. Parasti pietiek ar apmēram 1,5 ml joda šķīduma.

2) 30 g cinka hlorīda šķīdina 14 ml ūdens, kas satur 5 g kālija jodīda un 1 g joda.

Hlorkaļķus izmanto hlorūdens pagatavošanai.

Hlorālhidrāts [$\text{CCl}_3 \cdot \text{CH}(\text{OH})_2$] ir viens no vislabākajiem balinātājiem. Izmanto dažādas koncentrācijas šķīdumus ūdenī.

Hlorūdeni izmanto augu materiāla griezumam balināšanai (izšķīdina citoplazmu pirms krāsošanas). 20 g svaīgu hlorkaļķu saskalo ar 100 ml ūdenš. Otrā traukā 100 ml ūdens izšķīdina 15 g potaša. Potaša šķīdumu ielej traukā ar hlorkaļķiem un rūpīgi sajauc. Tad vairākas dienas maisījumam pudelē ļauj nostāvēties (pudeli aiztaisa ar korķa aizbāzni), pēc tam filtrē un izmanto pēc vajadzības. Hlorūdeni uzglabā tumšā pudelē.

Hromskābi izmanto koncentrēta vai 50% šķīduma veidā dažu fiksējošo šķīdumu pagatavošanai, kā arī materiālu macerācijai.

Imersijas eļļa ir attīrīta un sabiezināta ciedru eļļa (gaismas laušanas koeficients 1,515). Izmanto mikroskopijā, strādājot ar objektīvu 90×. Imersijas eļļas pilienu uzliek uz segstikla un eļļas imersijas objektīva galu iemērc eļļā. Rodas viendabīga vide, labāk tiek koncentrēti gaismas stari, un attēla kvalitāte uzlabojas.

Joda šķīdums kālija jodīda šķīdumā ir labākais reaktīvs cietes krāsošanai. To var izmantot arī olbaltumvielu krāsošanai. Visbiežāk to pagatavo pēc Grama metodes: 2 g kālija jodīda karsējot izšķīdina 5 ml destilēta ūdens, bet pēc tam šajā šķīdumā izšķīdina 1 g metāliskā joda. Pēc tam šķīdumu uzpilda līdz 300 ml tilpumam un uzglabā tumšā pudelē ar pieslipētu aizbāzni. Reaktīva ietekmē cietes graudi krāsojas zilā, tumši zilā vai violetā krāsā, bet olbaltumvielas (aleirona graudi, citoplazma) dzeltenā krāsā. Olbaltumvielu konstatēšanai izmanto šķīdumu, kura sastāvā ir 1 g joda, 3 g kālija jodīda un 100 ml ūdens.

Jodu, metālisko, izmanto reaktīvu — joda šķīduma kālija jodīda šķīdumā un hlorcinkjoda pagatavošanai.

Kālija nitrātu izmanto kā 5...10% šķīdumu ūdenī šūnu plazmolizēšanai.

Kālija hidroksīdu (KOH) izmanto šūnu macerācijai. Sevišķi labi macerē vārošs šķīdums.

Kālija karbonātu (potašu) izmanto hlorūdens pagatavošanai.

Kanādas balzams ir dažu balteģļu sugu, piemēram, *Abies balsamea*, *Abies canadensis* sveķu šķīdums ksilolā, kam ir svaīga medus konsistence. Tā ir labākā vide, kurā ieslēdz objektus, pagatavojot pastāvīgos preparātus.

Ciedru priedes (*Abies sibirica*) sveķu balzams pilnīgi atvieto Kanādas balzamu.

Karbolskābi (fenolu, $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$) izmanto kā antiseptisku vielu glicerīnželatīna pagatavošanai, kā arī atūdeņošanai un balināšanai.

Karbolksilolu izmanto griezumam balināšanai un pilnīgai atūdeņošanai pastāvīgo preparātu gatavošanā. Karbolksilola pagatavošanai 5...30 g sausu fenola kristālu izšķīdina 100 ml ksilola.

Ksilolu (C_8H_{10}) izmanto pastāvīgo preparātu pagatavošanai, kā arī Kanādas balzama šķīdināšanai.

Ledus etiķskābe ietilpst daudzu fiksējošo šķīdumu sastāvā.

Metilspirtu izmanto hematoksilīna (pēc Delafilda) pagatavošanai. Metilspirts ir ļoti indīgs.

Nātrija hlorīdu (vārāmo sāli, NaCl) izmanto kālija nitrāta vietā plazmolīzes pētīšanai.

Plūškoka serdi lieto kā palīgmateriālu, lai iegūtu plānu griezumumu no tāda augu materiāla, ko nevar saturēt rokās. Rudenī vai ziemā no viengadīgiem spēcīgi augošiem dzinumiem uzmanīgi noņem koksni un iegūst pārkorkušos serdi. 2...3 cm garus un 7...10 mm diametra plūškoka serdes gabaliņus liek kolbā ar ūdeni un vāra dažas stundas. Pēc tam tos pārnes platkakla pudelē ar pieslīpētu aizbāzni, ielej $\frac{1}{3}$ pudeles šķīduma (kurā vārīta serde) un pielej klāt tik daudz spirta, lai apsegtu visu materiālu. Galarezultātā spirtam jābūt 60...80%. Sādi sagatavotu serdi var uzglabāt ļoti ilgi. Plūškoka serdi var uzglabāt arī sausā veidā.

Sālsskābi (HCl) izmanto kopā ar floroglucīnu, lai noteiktu šūnapvalka pārkoksnēšanās pakāpi.

Sērskābo anilīnu [(C₆H₅NH₂)₂·H₂SO₄] izmanto reaktīva pagatavošanai, ar kuru mikroķīmiski nosaka lignīnu pārkoksnētā šūnapvalkā. Reaktīva iedarbībā pārkoksnētais šūnapvalks nokrāsojas citrondzeltenā krāsā. Reaktīva pagatavošanai ņem 1 g sērskābā anilīna, 70 ml ūdens, 30 ml etilspirta un 3 ml sērskābes. Griezumiem uzliek 1 pilienu reaktīva, apsedz ar segstiklu un apskata mikroskopā.

Sērskābi (H₂SO₄) izmanto sērskābā anilīna reaktīva pagatavošanai.

Sudānu III izmanto kā reaktīvu tauku, sveķu, kutīna un suberīna konstatēšanai. Parasti lieto 0,5% šķīdumu spirtā. 0,1 g sudāna III šķīdina 20 ml 96% spirta. Šķīdumam pielej 10 ml glicerīna. Griezumam uzliek vienu pilienu sudāna III šķīduma, un tauki, sveķi, kutīns, kā arī suberīns nokrāsojas oranžsarkanā krāsā. Sudānu III var atvietot ar sudānu IV.

Timolu (C₁₀H₁₄O) izmanto kā antiseptiķi fenola vietā.

Zelatinu, attīrītu, izmanto glicerīnželatīna pagatavošanai.

Vara sulfātu (vara vitriolu, CuSO₄) izmanto absolūtā spirta iegūšanai.

LITERATURA

1. Augu morfologija un anatomija. R., 1967. 508 lpp.
2. Braune W., Leman A., Taubert H. Pflanzenanatomisches Praktikum. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 1971. 332 S.
3. Kaussmann B. Pflanzenanatomie. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 1963. 624 S.
4. Molisch N., Hafler K. Anatomie der Pflanze. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 1975. 202 S.
5. Ботаника. Анатомия и морфология растений. В 2-х т. Т. I. М., 1966. 424 с.
6. Джапаридзе Л. И. Практикум по микроскопической химии растений. М., 1953. 151 с.
7. Практический курс ботаники. Под ред. проф. В. Т. Хржановского. М., 1960. 248 с.
8. Практикум по анатомии растений. Под общей ред. Д. А. Транковского. Изд. МГУ, 1971. 192 с.
9. Прозина М. Н. Ботаническая микротехника. М., 1960. 106 с.
10. Эсау К. Анатомия растений. М., 1969. 564 с.

Priekšvārds	3
Ievads	5
VISPĀRIGĀ DAĻA	
I. Mikroskops	7
Mikroskopa uzbūve	7
Mikroskopa optiskā daļa	7
Apgaismošanas ierīce	7
Objektīvs	8
Okulārs	10
Tubuss	10
Mikroskopa mehāniskā daļa	11
Mikroskopa darbības princips	13
Mikroskopa palielinājums	15
Mikroskopa mērierīces	17
II. Darbs ar mikroskopu	19
Apgaismojuma ieregulēšana	20
Objekta izpēte	20
Zīmēšanas aparāts un tā lietošana	21
Mikroskopa glabāšana un kopšana	24
III. Mikroskopēšanas tehnika	25
Mikroskopēšanai nepieciešamie tehniskie palīg līdzekļi un materiāli	25
Bārdas naži	26
Mikrotomi	28
Mikroskopijā plašāk lietojamo krāsvielu pagatavošana un krāsošana	29
Anatomisko preparātu veidi un to pagatavošana	34
Pagaidu preparāti	35
Pastāvīgie preparāti	37
Materiāla fiksēšana	38
Fiksētā materiāla mazgāšana	41
Materiāla atūdeņošana un ieslēgšana parafinā	42
Parafinētā materiāla montēšana griešanai ar mikrotomu	44
Griešana ar mikrotomu	46
Priekšmetstiklu sagatavošana lentas uzlīmēšanai	47
Preparātu montēšana	48
Griezumu atbrīvošana no parafina, kodināšana, krāsošana un ieslēgšana Kanādas balzamā	49

Metodes citoloģisko preparātu paātrinātai pagatavošanai	53
Preparātu aprakstīšana un uzglabāšana	54
IV. Mikrofotogrāfija	54
Mikrofotogrāfijas nozīme augu anatomijas pētījumos	54
Mikrofotografēšanas tehnika	55
Apgaismojuma ieregulešana	55
Mikrofotografēšanas paņēmieni	56
Mikrofotografēšanas pirmais paņēmiens	57
Mikrofotografēšanas otrais paņēmiens	58
Istā palielinājuma noteikšana	59
Uzņēmumu izvērtēšana un uzglabāšana	60

SPECIĀLĀ DAĻA

I. Augu šūna	61
Augu šūnas uzbūve	62
Sīpola (<i>Allium cepa</i> L.) zvīņlapas epidermas šūnas uzbūve	65
Virdžīnijas tradeskancijas (<i>Tradescantia virginiana</i> L.) pu-	
tekšņlapu matiņu šūnu uzbūve	66
Plazmolīze sīpola (<i>Allium cepa</i> L.) zvīņlapas epidermas	
šūnās	67
Plazmolīze elodejas (<i>Elodea canadensis</i> Rich.) lapas šūnās	68
Augu šūnas un kodola dalīšanās	69
Mitoze	70
Mitoze sīpola (<i>Allium cepa</i> L.) sakņu šūnās	72
Mitoze kokveida alvejas (<i>Aloe arborescens</i> Mill.) sakņu	
šūnās	74
Mejoze	74
Mejoze eremuru (<i>Eremurus sp.</i>) mikrosporu mātšūnās	78
Plastidas	79
Hloroplasti	79
Hloroplasti elodejas (<i>Elodea canadensis</i> Rich.) lapas šūnās	80
Hromoplasti	84
Hromoplasti pīlādža (<i>Sorbus aucuparia</i> L.) augļa mīkstuma	
šūnās	84
Hromoplasti suņu rozes (<i>Rosa canina</i> L.) paaugļa mīkstuma	
šūnās	85
Hromoplasti majļpuķītes (<i>Convallaria majalis</i> L.) augļa	
mīkstuma šūnās	85
Leikoplasti	86
Leikoplasti Virdžīnijas tradeskancijas (<i>Tradescantia virgi-</i>	
niana L.) lapas epidermas šūnās	87
Rezerves vielas šūnā	89
Ogļhidrāti	89
Rezerves ciete kartupeļu (<i>Solanum tuberosum</i> L.) bumbuļos	91
Rezerves ciete auzu (<i>Avena sativa</i> L.) graudos	92
Rezerves ciete rudzu (<i>Secale cereale</i> L.) un kviešu (<i>Triticum</i>	
aestivum L.) graudos	93
Inulīns topinambūra (<i>Helianthus tuberosus</i> L.) un dāliju	
(<i>Dahlia sp.</i>) gumos	94
Olbaltumvielas	95
Saliktie aleirona graudi rīcina (<i>Ricinus communis</i> L.) sēklās	96
Rezerves olbaltumvielas zirņu (<i>Pisum sativum</i> L.) sēklās	97

	Rezerves olbaltumvielas kviešu (<i>Triticum aestivum</i> L.) graudu endospermā	98
Kristāliskie ieslēgumi šūnā		99
	Vienkāršie kristāli sīpola (<i>Allium cepa</i> L.) sauso zviņlapu šūnās	100
	Drūzas karaliskās begonijas (<i>Begonia rex</i> Putz.) lapu kāta šūnās	101
	Rafīdu kultiņi mugureņu (<i>Polygonatum sp.</i>) sakneņa šūnās	102
Augu šūnapvalks		103
	Sarkanā plūškoka (<i>Sambucus racemosa</i> L.) serdes parenhī- mas šūnapvalka uzbūve	104
	Aspidīstru (<i>Aspidistra sp.</i>) lapas epidermas šūnapvalka uz- būve	106
II. Augu audi		107
Segaudi		108
Epiderma un tās izaugumi		109
	Sībirijas īrisa (<i>Iris sibirica</i> L.) lapas epiderma un atvārsnītes	112
	Kukurūzas (<i>Zea mays</i> L.) lapas apakšējā epiderma	115
	Ābeles (<i>Malus domestica</i> Borkh.) lapu vienšūnas matiņi	117
	Kartupeļu (<i>Solanum tuberosum</i> L.) lapu vienkāršie daudz- šūnu matiņi	117
	Parastā deviņvīruspēka (<i>Verbascum thapsus</i> L.) lapu za- rainie daudzšūnu matiņi	119
	Sudraba eleagna (<i>Elaeagnus commutata</i> Bernh. ex Rydb.) lapu zvaigžņmatiņi	119
	Tabakas (<i>Nicotiana tabacum</i> L.) stumbra dziedzermatiņi	120
	Lielās nātres (<i>Urtica dioica</i> L.) lapu dzelmatiņi	120
Periderma un lenticeles		121
	Sarkanā plūškoka (<i>Sambucus racemosa</i> L.) stumbra peri- derma un lenticeles	123
Kreve		126
	Pieclapu mežvīna (<i>Partenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch.) stumbra gludā kreve	126
	Ozola (<i>Quercus robur</i> L.) stumbra plēkšņu kreve	128
Mehāniskie audi		130
Sklerenhīma		131
	Sklerenhīma sējas līnu (<i>Linum usitatissimum</i> L.) stumbrā	132
	Sklerenhīma oleandra (<i>Nerium oleander</i> L.) stumbrā	135
Kolenhīma		135
	Stūru kolenhīma biešu (<i>Beta vulgaris</i> L.) lapu kātā	136
	Stūru kolenhīma un sklerenhīma ķirbja (<i>Cucurbita pepo</i> L.) stumbrā	138
	Plātņu kolenhīma sarkanā plūškoka (<i>Sambucus racemosa</i> L.) stumbrā	141
	Irdenā kolenhīma bastardās tūsklapes (<i>Petasites hybrida</i> Gaertn.) lapas kātā	142
Sklereīdas		143
	Sklereīdas bumbieres (<i>Pyrus communis</i> L.) augļa mikstumā	144
	Sklereīdas parastās lazdas (<i>Corylus avellana</i> L.) rieksta čaulā	146
Vadaudi		148
	Koksne	149
	Lūksne	151

Koksnes un lūksnes elementi ķirbja (<i>Cucurbita pepo</i> L.) stumbā	154
Koksnes elementi saulgriezes (<i>Helianthus annuus</i> L.) stumbā	160
Vadaudu kūliši	162
Vienkāršais vadaudu kūlītis mājas plūmes (<i>Prunus domes-</i> <i>tica</i> L.) lapā	165
Slēgtais kolaterālais vadaudu kūlītis kukurūzas (<i>Zea mays</i> L.) stumbā	165
Atklātais kolaterālais vadaudu kūlītis ložņu gundegas (<i>Ra-</i> <i>nunculus repens</i> L.) stumbā	167
Koncentriskais leptocentriskais vadaudu kūlītis maijpuķītes (<i>Convallaria majalis</i> L.) saknē	169
Koncentriskais hadrocentriskais vadaudu kūlītis parastās ērgļpapardes (<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn) saknē	170
Vēdinātājaudi jeb aerenhīma	171
Aerenhīma izplestā doņa (<i>Juncus effusus</i> L.) stumbā	172
Aerenhīma peldošās glivenes (<i>Potamogeton natans</i> L.) stumbā	173
Uzkrājējaudi	174
Uzkrājējaudi kartupeļu (<i>Solanum tuberosum</i> L.) bumbuļos	175
Izdalītājaudi un pientvertnes	176
Pienesas cūkpienes (<i>Taraxacum officinale</i> Web.) saknēs	178
Sveķu ailes priedes (<i>Pinus sylvestris</i> L.) stumbra koksnē	179
Pelargoniju (<i>Pelargonium sp.</i>) lapu dziedermatiņi	180
III. Augu orgāni	181
Stumbrs	183
Viendīgļlapju stumbra uzbūve	186
Cildotā irisa (<i>Iris germanica</i> L.) stumbra uzbūve	188
Mugureņu (<i>Polygonatum sp.</i>) stumbra uzbūve	190
Kukurūzas (<i>Zea mays</i> L.) stumbra uzbūve	192
Rudzu (<i>Secale cereale</i> L.) stumbra uzbūve	194
Pūkkoku (<i>Dracaena sp.</i>) stumbra uzbūve	197
Divdīgļlapju stumbra uzbūve	199
Saulgriezes (<i>Helianthus annuus</i> L.) stumbra uzbūve	201
Ložņu gundegas (<i>Ranunculus repens</i> L.) stumbra uzbūve	205
Aristolohiju (<i>Aristolochia sp.</i>) stumbra uzbūve	207
Tiruma titeņa (<i>Convolvulus arvensis</i> L.) stumbra uzbūve	212
Sakneņa uzbūve	213
Maijpuķītes (<i>Convallaria majalis</i> L.) sakneņa uzbūve	214
Daudzgadīgu lapu koku stumbra uzbūve	216
Liepas (<i>Tilia cordata</i> Mill.) stumbra uzbūve	217
Daudzgadīgu skuju koku stumbra koksnes uzbūve	223
Priedes (<i>Pinus sylvestris</i> L.) stumbra koksnes uzbūve	223
Sakne	230
Saknes primārā uzbūve	230
Cildotā irisa (<i>Iris germanica</i> L.) saknes uzbūve	232
Divdīgļlapju saknes sekundārā uzbūve	235
Ķirbja (<i>Cucurbita pepo</i> L.) saknes uzbūve	236
Sulīgo sakņu uzbūve	240
Rutku (<i>Raphanus sativus</i> L.) saknes uzbūve	241
Burkānu (<i>Daucus carota</i> L.) saknes uzbūve	244
Biešu (<i>Beta vulgaris</i> L.) saknes uzbūve	246

Lapa	249
Divdīgļlapju lapas uzbūve	250
Gumijkoka (<i>Ficus elastica</i> Roxb.) lapas uzbūve	251
Monsteras (<i>Monstera deliciosa</i> Liebm.) lapas uzbūve	255
Vienīgļlapju lapas uzbūve	257
Cildotā irisa (<i>Iris germanica</i> L.) lapas uzbūve	257
Stepju līgas (<i>Stipa pennata</i> L.) lapas uzbūve	259
Kailsēkļu lapas uzbūve	261
Priedes (<i>Pinus sylvestris</i> L.) lapas uzbūve	262
Pielikumi	265
Literatūra	275

Р. Я. Кондратович
 ПРАКТИКУМ
 ПО АНАТОМИИ РАСТЕНИЙ
 Издательство «Звайгзне»
 Рига 1976
 На латышском языке

Rihards Kondratovičs
 AUGU ANATOMIJAS PRAKTIKUMS

Vāku zīm. A. Ozoliņa
 Redaktore Sk. Kondratoviča
 Māksl. redaktore A. Meiere
 Tehn. redaktore V. Irbe
 Korektore S. Ergle

Nodota salikšanai 1976. g. 27. janvārī. Parakstīta iespiešanai 1976. g. 29. jūlijā. Papīra formāts 60×84/16. Tipogr. papīra Nr. 1, 17,5 fiz. iespiedl.; 16,28 uzsk. iespiedl.; 18,27 izdevn. l. Metiens 3000 eks. Maksā 77 kap. Izdevniecība «Zvaigzne» Rīgā, Gorkija ielā 105. Izdevn. Nr. 3595/HD-153. Iespiesta Latvijas PSR Ministru Padomes Valsts izdevniecību, poligrāfijas un grāmatu tirdzniecības lietu komitejas tipogrāfijā «Cīņa» Rīgā, Blaumaņa ielā 38/40. Pasūt. Nr. 309.