

Vispārējs priekšstats par auga uzbūvi un funkcijām. Auga strukturālā un funkcionālā vienotība.

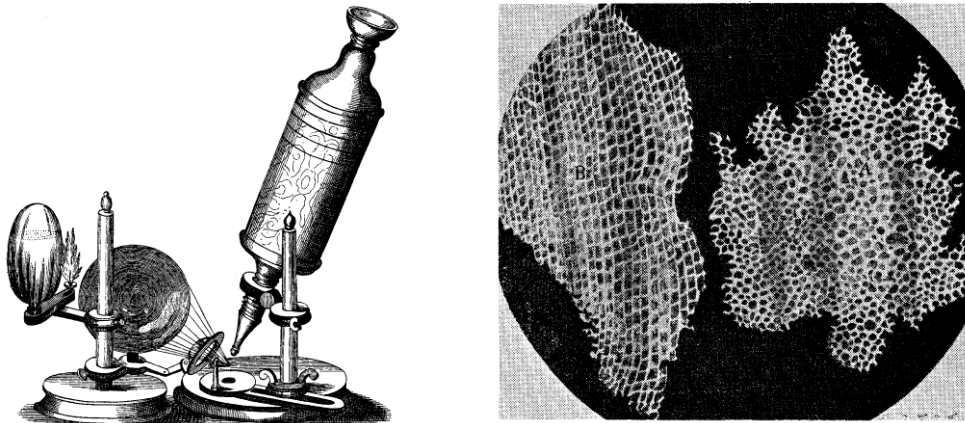
1. Botānikas attīstības vēsture

Botānika ir zinātne par augiem - par to uzbūvi, augu orgānu funkcijām, individuālo un vēsturisko attīstību, augu valsts sastāvu, par augu un vides savstarpējām attiecībām.

Pirmās zināšanas par augiem cilvēks ieguva, izmantojot tos pārtikā, ārstniecībā, saimniecībā un citām praktiskām vajadzībām. Tādējādi no paaudzes paaudzē uzkrājās pieredze par augu izmantošanu un audzēšanu. Līdztekus praktiskajai pieredzei radās arī bioloģiskie novērojumi par augu dzīves īpatnībām - augšanu, attīstību, vairošanos, slimībām u.c.

Pirmie mēģinājumi apkopot uzkrātās zināšanas par augiem saglabājušies līdz mūsu dienām senās Ēģiptes rakstos ap 3000. gadu pirms mūsu ēras. Apmēram 2200 gadu pirms mūsu ēras ķīniešu rakstos aprakstīti vairāki kultūraugi, savukārt grieķu zinātnieks Teofrasts IV - III gs. pirms mūsu ēras darbā "Augu vēsture" aprakstīja ap 500 augu sugu, šo augu vairošanos ar sēklām un veģetatīvi, kā arī šo augu praktisko izmantošanu. Viņš augiem izšķīra sakni, lapas, pumpurus, ziedus un augļus, kā arī atzīmēja vairākas augu dzīvības formas - kokus, krūmus, viengadīgus un daudzgadīgus lakstaugus. Var uzskatīt, ka no šī laika sākusi attīstīties botānikas apakšnozare, kas pēta augu ārējo uzbūvi - **augu morfoloģija**.

Krass pavērsiens augu iekšējās uzbūves pētīšanā sākās 16. un 17. gs. mijā līdz ar mikroskopa izgudrošanu. Šo instrumentu pirmais konstruēja un ar to acīmredzot šūnu ieraudzīja holandiešu zinātnieks Antonijs Lēvenhuks (1632.-1723.), savukārt angļu fiziķis Roberts Huks (1635. - 1703.) ar paša konstruētu mikroskopu (1.1. attēls) atklāja dažādos augu orgānos noteiktā kārtībā sargrupētus veidojumus, ko viņš nosauca par **šūnām**. Ar 1665. gadu, kad tika publicēts Huka darbs "Mikrogrāfija", arī sākās šūnas pētīšanas vēsture un līdz ar to **augu anatomijas** kā botānikas apakšnozares attīstības vēsture.



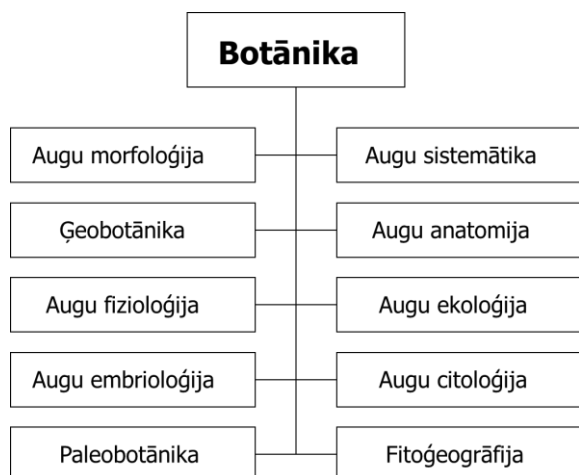
1.1.attēls. Roberta Huka 1660. gadā konstruētais mikroskops un ar tā palīdzību iegūtais korķa šūnu attēls.

Augu citoloģijas kā botānikas apakšnozares attīstību sekmēja elektronu mikroskopijas tehnikas atklāšana. XX gadsimta 40.-50.-jos gados botānikas objektu pētīšanai sāka lietot elektronu mikroskopus un šajā pat laikā tika konstruētas ierīces ultraplānu griezumam (5 nm) izgatavošanai - ultramikrotomi. Apvienojot abus tehnikas sasniegumus, kļuva iespējams pētīt

augu šūnas ultrastukturūru - citoplazmas, hloroplastu, hromosomu - submikroskopisko uzbūvi, ko nav iespējams veikt, izmantojot gaismas mikroskopiju.

2. Botānikas apakšnozares

Mūsdienās botānika jau izaugusi par tik plašu zinātnes nozari, ka tās atsevišķas apakšnozares izveidojušās par patstāvīgām zinātnēm (2.1. attēls).



2.1. attēls. Botānikas apakšnozares.

Augu morfoloģija - pēta augu orgānu uzbūvi un formu, kā arī uzbūves un formasizmaiņas augu attīstības gaitā.

Augu sistematika - zinātne par augu klasificēšanu.

Ģeobotānika jeb **fitocenoloģija** - noskaidro augu kopu jeb fitocenožu rašanos, attīstību, pārmaiņas un izmantošanu.

Augu anatomija - pēta augu iekšējo uzbūvi.

Augu fizioloģija - zinātne par augu organismu dzīvības procesu vispārējām likumsakarībām un to izmaiņām atkarībā no ārējās vides apstākļiem.

Augu ekoloģija - noskaidro augu un ārējās vides savstarpējās attiecības un ietekmi.

Augu embrioloģija - mācība par augu vairošanos, apaugļošanu, dīgļa un sēklas attīstību.

Augu citoloģija - zinātne, kas pēta augu šūnas uzbūvi un tajā notiekošos dzīvības procesus.

Paleobotānika - zinātne par izmirušajām augu sugām.

Fitoģeogrāfija - zinātne, kas pēta augu un to sabiedrību (fitocenožu) izplatību un sadalījumu uz planētas.

Turklāt botānikai izšķir apakšnozares, kas pēta kādu noteiktu augu taksonu, piemēram, algoloģija pēta aļģes, lihenoloģija - ķērpjus, dendroloģija - kokaugus utt.

Mūsdienās botānikas starpdisciplinārā saistība ar citām zinātnes (ne tikai bioloģijas) nozarēm norāda uz tās augsto attīstības pakāpi. Tā, augu anatomi un citologi savos pētījumos nespēj iztikt bez mikroskopiem, kuru konstrukcijas attīstībā galvenie nopelni ir fiziķiem, augu fiziologiem jāpārzina dažādas ķīmijas metodes, bet paleobotāniķi un fitoģeogrāfi savos pētījumos nevar iztikt bez ģeogrāfijas zināšanām.

3. Augu organisma evolucionārā attīstība

Ja mēs gribētu iztēloties, kāda izskatītos Zeme bez augiem, tad ieraudzītu Mēness ainavu. Tiesa, tieši tāda Zeme izskatījās pirmos 90 % laika, kopš tā pastāv, un tā pastāv jau ~4,5 miljardus gadu. Arī tas ir savdabīgs skaistums, tomēr tieši augi ir tās dzīvās būtnes, kas Zemi ir padarījuši tādu, kāda tā izskatās pašlaik. Paleobiologi ir atklājuši *zilaļģu* fosilijas, kas ir dzīvojušas augsnē pirms 1.2 miljardiem gadu, tomēr komplikētāku organismu parādīšanās nav notikusi agrāk nekā pirms 460 miljoniem gadu. Tieši ar augiem aizsākās tas evolūcijas ceļš, pa kuru tālāk sekoja dzīvnieki. Augu izveidotās sauszemes biocenozes transformēja biosfēru, radot priekšnoteikumus dzīvnieku valsts attīstībai.

Augu valsts evolucionārā vēsture faktiski ir stāsts par to pielāgošanos dzīvei uz sauszemes.

3.1. Auga organisma vispārīgs raksturojums

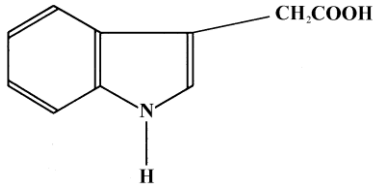
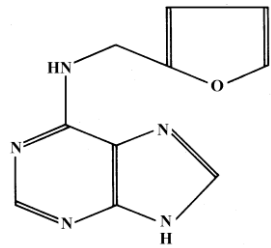
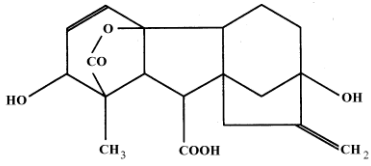
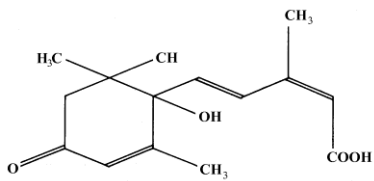
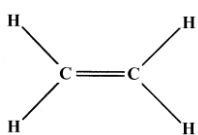
Augus var definēt kā fotoautotrofus daudzšūnu eikariotus, kuru šūnas apņem šūnāpvalks. Jāatceras gan, ka ne visi organismi, kas atbilst šai definīcijai, ir augi - piemēram, tai atbilst arī dažas aļģes, kā giganstiskās brūnaļģes, kas mūsdienās tiek pieskaitītas protistiem.

Vairums augu, kādus mēs tos definējam, ir sauszemes augi, kaut arī daļa augu evolūcijas gaitā ir atgriezies savā sākotnējā dzīves vidē - ūdenī. Augu dzīve uz sauszemes stipri atšķiras no to dzīves ūdenī, līdz ar to atšķiras arī šo augu uzbūves īpatnības un funkcijas (4.1.attēls). Sauszemes augiem vasa ir klāta ar kutikulu - vaskveida apsarmi, kas pasargā tos no izžūšanas. Gāzu maiņa elpošanas un fotosintēzes procesos nevar notikt caur šo vaska kārtiņu, tāpēc sauszemes augiem epidermā ir attīstījušies īpaši veidojumi - atvārsnītes, caur kuriem notiek šī gāzu maiņa un caur kurām notiek arī transpirācija. Ūdens augiem kutikulas nav - gāzu maiņa notiek caur visu auga virsmu. Lai sauszemes augi pretotos gravitācijas spēkam, tiem attīstījušies mehāniskie audi, kas palīdz tiem noturēt smagās virszemes daļas. Ūdens augiem šāda pielāgojuma nav, toties to orgānos ir lieli dobumi (aerenhīma jeb vēdinātājaudi), kas tiem nodrošina gāzu maiņu, kā arī ūdenī tos notur vertikālā stāvoklī.

Augu saknes ar to lielo virsmu nostiprinājušās augsnē, no kurienes uzņem ūdeni ar tajā izšķīdušajām minerālvielām, un šie šķīdumi tālāk pa koksnes vadaudiem tiek transportēti uz patēriņa vietām. Lapās savukārt izvietojušies asimilētājaudi, kuros notiek fotosintēze - lapās sintezēto oglekļa dioksīdu šķīdumi pa lūksnes vadaudiem tiek transportēti pa visu augu uz patēriņa un uzkrāšanās vietām.

Visas funkcijas augā koordinē īpaši kontroles mehānismi, kuros galvenā nozīme ir fitohormoniem - augšanas inhibitoriem un augšanas stimulatoriem (3.1.tabula).

3.1. tabula. Svarīgākie fitohormoni, to veidošanās vietas augā un galvenās funkcijas.

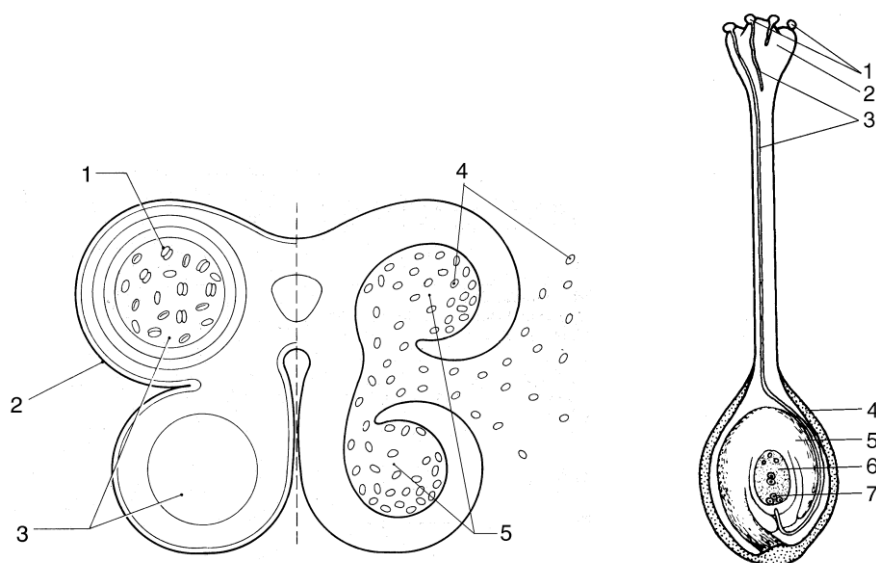
Fitohormons	Sintēzes vai atrašanās vieta augā	Galvenās funkcijas
<p>Auksīni (heteroauksīns)</p> 	Sēklas dīgļis, apikālās meristēmas, jaunas lapas	Stimulē vasas stiepšanos, sakņu augšanu, diferenciāciju, zarošanos, augļu attīstību. Regulē apikālo dominēšanu, fototropismu un gravitropismu.
<p>Citokinīni (kinetīns)</p> 	Sintezējas saknēs un tiek transportēti uz citām auga daļām	Ietekmē sakņu augšanu un diferenciāciju; stimulē šūnu dalīšanos un augšanu, sēklu dīgšanu, augu ziedēšanu, kavē augu novecošanu
<p>Giberelīni (giberelskābe GA₃)</p> 	Sakņu un vasas apikālās meristēmas, jaunas lapas, dīgļis	Veicina sēklu un pumpuru dīgšanu, vasas stiepšanos garumā, lapu augšanu; stimulē ziedēšanu un augļu attīstību; regulē sakņu augšanu un diferenciāciju.
<p>Abscizkābe</p> 	Lapās, stumbros, negatavos augļos	Kavē augšanu; ūdens stresa laikā aizver atvārsnītes; nodrošina miera periodu.
<p>Etilēns</p> 	Augļos to nogatavošanās laikā, stumbru mezglos, vecās lapās un ziedos	Veicina augļu nogatavošanos; darbojas pretim dažām auksīnu darbības izpausmēm, atkarībā no sugas veicina vai kavē sakņu, lapu, ziedu augšanu un attīstību.

Augu dzīvē nozīme ir ne tikai augšanas stimulatoriem, bet arī inhibitoriem, kuru kavējošā darbība dažkārt ir nepieciešama, piemēram, lai nodrošinātu sēklu miera periodu to dīgšanai nepiemērotā gadalaikā, lai izvairītos no pārmērīgas transpirācijas sausā laikā aizverot atvārsnītes u.c.

3.2. Augu pielāgošanās dzīvei uz sauszemes

Augiem pārvietojoties dzīvei uz sauszemes, tiem izveidojās cits vairošanās modelis. Atšķirībā no aļģēm sauszemes augu vairošanās notiek bezūdens vidē - gametām liegta pārvietošanās pa ūdeni. Arī dīgļiem jābūt pasargātiem no izžūšanas, un tāpēc tie ir ietverti sēklās, kuras galvenās funkcijas, tātad ir - aizsargāt dīgli un nodrošināt to dīgšanas laikā ar nepieciešamajām barības vielām.

Sauszemes augu dzimumšūnas - gametas - nobriest dzimumvairošanās orgānos, kur tās ir pasargātas no izžūšanas, sievišķās gametas apaugļojas sievišķajos dzimumorgānos, kur no zigotas veidojas dīgļis, kas zināmu laiku attīstās pasargāts - sēklā (3.1., 3.2. attēli). Savukārt aļģu attīstībai nav raksturīga dīgļa attīstīšanās vecākaugā. Šī atšķirība ir tik būtiska, ka, lai to



3.1. attēls. Putekšņicas šķērs griezums (Green et al., 1990)

1 - putekšņu mātsūna, 2 - epiderma, 3 - putekšņu ligzdas pirms pārplīšanas, 4 - putekšņi, 5 - pārplīsušas putekšņu ligzdas

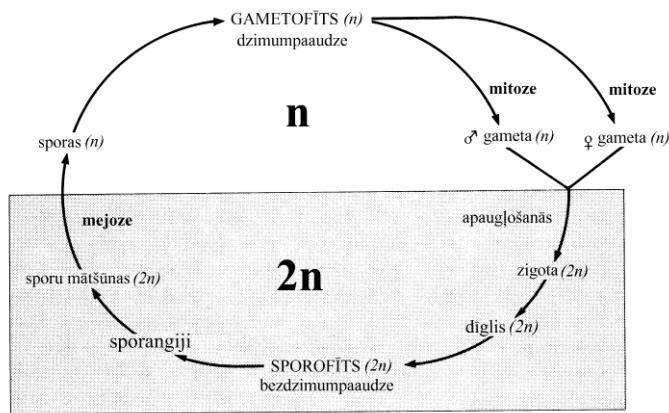
3.2. attēls. Auglenīcas gargriezums

1 - putekšņi, 2 - drīksna, 3 - dīgstobri, 4 - sēklotne, 5 - sēklaizmetnis, 6 - dīgļsoma, 7 - olšūna

uzsvērtu, augi dažkārt tiek dēvēti par *embriofītiem*, un šis termins atspoguļo augu pielāgotību dzīvei uz sauszemes.

3.3. Paaudžu maiņa

Visu augu dzīves ciklam raksturīga paaudžu maiņa, kurā haploidāls gametofīts un diploidāls sporofīts pastāvīgi nomaina viens otru (3.3.attēls). Divas paaudzes pastāvīgi nomaina viena

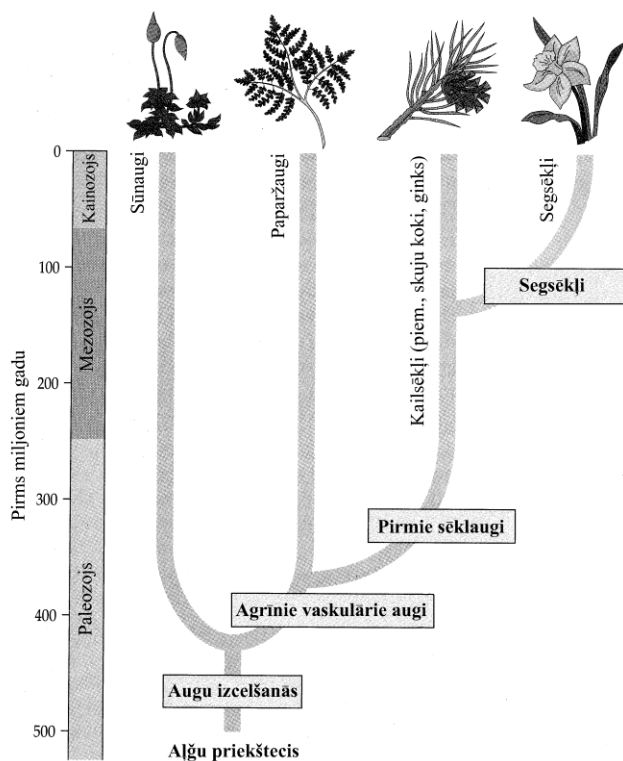


3.3. attēls. Paaudžu maiņa: vispārināta shēma.

otru. Abas augu formas tiek nosauktas atkarībā no reprodūktīvajām šūnām, ko tās veido: gametofītiem mitozes ceļā veidojas gametas, bet sporofītiem mejozes ceļā - sporas. Sporas attīstās tieši organisma iekšienē. Visu augu dzīves ciklā sporofīta un gametofīta paaudzes morfoloģiski atšķiras viena no otras - t.i. tās ir heteromorfās. Visiem augiem, izņemot sūnaugus, diploidālie sporofīti ir lielāki un labāk pamanāmi - tie ir augi, kādus tos parasti saprot - ar saknēm, stumbru, lapām, ziediem utt. Savukārt dīgstošu putekšņu un dīgļstobru saturs atbilst vīrišķajam gametofītam, bet dīgļsoma - sievišķajam (3.2.attēls).

3.4. Augu evolucionārā attīstība

Augu fosīliju pētījumi, ko veikuši paleobotāniķi, pierāda, ka augu evolūcijā pastāvējuši 4 galvenie etapi, kas skaidri atspoguļojas arī mūsdienās eksistējošo augu bioloģiskajā daudzveidībā (3.4.attēls).



3.4. attēls. Augu evolūcijas galvenie etapi.

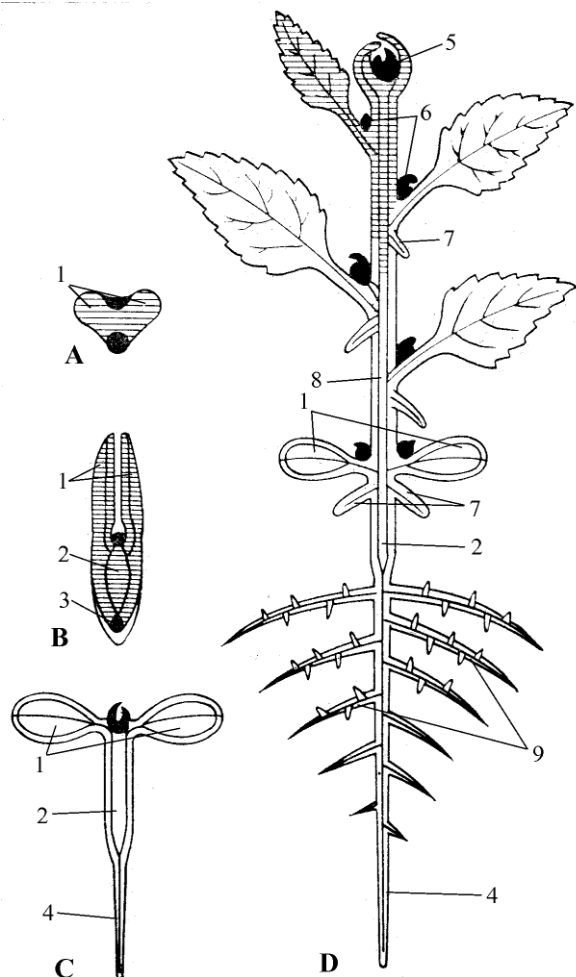
4 svarīgākie augu valsts evolucionārās attīstības etapi ir: augu izcelšanās no zaļajūgu priekštečiem, agrīno vaskulāro augu adaptīvā nodalīšanās, sēklaugu parādīšanās un ziedaugu (segsēkļu) izcelšanās un attīstīšanās.

Evolucionārā koka virsotnē attēloti svarīgāko augu grupu mūsdienu pārstāvji.

1. Evolūcijas pirmais etaps saistīts ar augu izcelšanos no ūdenī dzīvojošajām zaļajūgēm apmēram pirms 460 miljoniem gadu. Pirmie pielāgojumi augu dzīvei uz sauszemes bija kutikula un gametangiji, kas aizsargā gametas un dīgļus. Augu vēsturē salīdzinoši sen parādījās arī vadaudi, pa kuriem augā tiek transportēti vielu šķīdumi ūdenī. Vairumam sūnu vadaudu nav, tādēļ tās dažkārt sauc arī par nevaskulārajiem augiem, tomēr arī dažām sūnām raksturīgi vadaudiem līdzīgi veidojumi.
2. Otrais etaps sācies ar agrīno vaskulāro augu (augi, kam raksturīgi vadaudi) atdalīšanos evolūcijas kokā pirms 400 miljoniem gadu. Agrīnajiem vaskulārajiem augiem nebija sēklu, un šī pazīme, joprojām raksturīga mūsdienās eksistējošajām papardēm un citiem bezsēklu vaskulārajiem augiem (kosām).
3. Trešajā etapā parādījās sēklas kā augu veidojums, kas veicināja augu izplatīšanos sauszemē, vienlaikus pasargājot sēklās apslēptos dīgļus no izžūšanas un citiem nelabvēlīgiem faktoriem. Sēklu veido dīgļis, kuru apņem barības vielām bagāti audi (endosperma), ko savukārt sedz sēklapvalks. Pirmie sēklaugi parādījās pirms 360 miljoniem gadu, un to sēklas neapņēma specializēti sedzošie audi - tie bija kailsēkļi (*gr. gymnos - kails un sperma - sēkla*), ieskaitot skuju kokus, kā priedes un egles. Kailsēkļi kopā ar papardēm un citiem bezsēklu augiem dominēja ainavā, kas bija raksturīga pirms vairāk nekā 200 miljoniem gadu.
4. Pēdējais augu evolūcijas etaps sākās apmēram pirms 130 miljoniem gadu, kad parādījās pirmie ziedaugi. Zieds ir komplekss vairošanās orgāns, kurā sēklas attīstās īpašos sedzošajos audos - sēklotnē, kas tādējādi sedz un pasargā sēklas. No tā arī cēlies nosaukums segsēkļi atšķirībā no kailsēkļiem, kuru sēklas ir kailas. Vairums mūsdienās eksistējošo augu ir ziedaugi jeb segsēkļi (*gr. angion - apvalks (attiecas uz sēklotni) un sperma - sēkla*).

4. Augu strukturālā un funkcionālā organizācija

Augi ir galvenokārt fotoautotrofi organismi, tāpēc tiem nepieciešama liela gaismu absorbējoša virsma. Šī virsma augiem izveidojusies, pateicoties lapām, to sakārtojuma, vasas sazarojumam. Lapas un to žāklēs esošie sēnumpuri attīstās vasas galotnes meristēmā; plaukstot sēnumpuriem, sāk zaroties vasa (4.1. attēls). Tādējādi lapas ir novietojušās tā, ka



4.1. attēls. Divdīgļlapja attīstības shēma

A - dīgļa attīstības sākums, B - nobriedis dīgļlis, C - dīgsts, D - jauns augs.

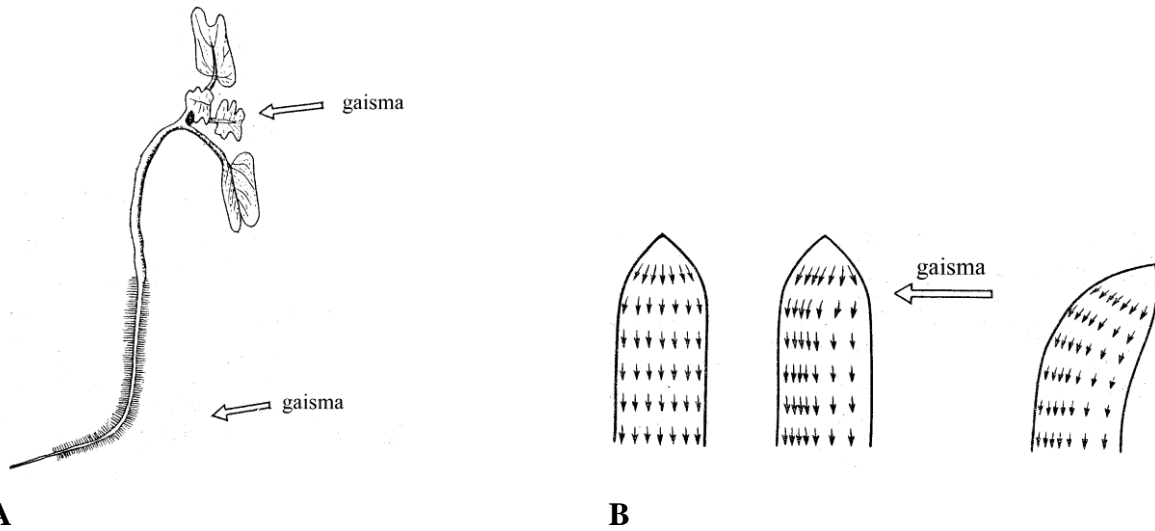
1 - dīgļlapas, 2 - hipokotils, 3 - dīgļsakne, 4 - galvenā sakne, 5 - galotnes pumpurs, 6 - sēnumpuri, 7 - piesaknes (adventīvās saknes), 8 - vadaudu kūlītis, 9 - sānsaknes.

gandrīz neaizēno cita citu; dzinuma noliekšanās gaismas virzienā (fototropisms) (4.2. attēls), kā arī fotosintezējošo audu (mezofila) izvietojums lapā palielina gaismas absorbciju (4.3. attēls). Arī hloroplastu stāvoklis mainās atkarībā no apgaismojuma.

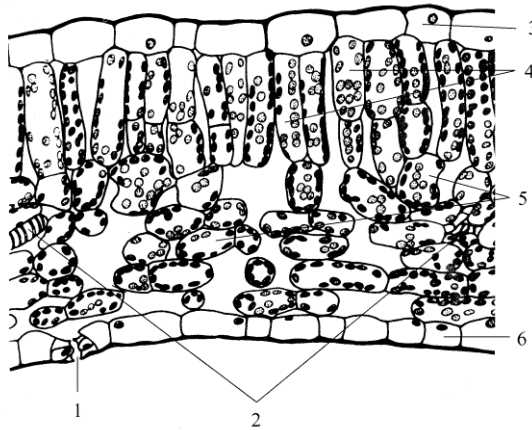
Ļoti uzskatāmi auga strukturālo un funkcionālo organizāciju demonstrē augu lapās sastopamā mezofila tipi atkarībā no šo augu izturēšanās ziemā. Tā, skuju kokiem, kas ziemā lapas nenomet, maksimāli jāsamazina transpirācija. Transpirāciju samazina bieza kutikula, iegrimušas atvārsnītes, kā arī neliela lapu virsma. Tam sekojošā problēma - asimilējošās virsmas palielināšana, kas tiek panākta, izveidojoties īpašam asimilētājaudu tipam - krokainajai parenhīmai (4.4. attēls). Auga orgāni (vasa, saknes, lapas, ziedi, augļi) savu darbību koordinē ar fitohormonu palīdzību, kas nodrošina visa organisma koordinētu augšanu.

Tā kā sauszemes augiem salīdzinājumā ar dzīvniekiem ir stipri palielināta ārējā virsma, tie transpirācijas rezultātā caur atvārsnītēm (4.3., 4.4. attēli) zaudē daudz ūdens. Šos zudumus augs kompensē, no augsnes uzņemot ūdeni, kurš līdz lapām nokļūst pa stumbra vadaudiem.

Ūdens un tajā izšķīdušo minerālvielu transports augā notiek pa koksnes jeb ksilēmas vadaudiem - trahejām un traheīdām (4.5.attēls).

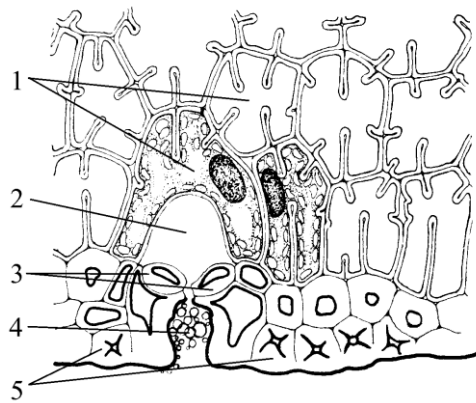


4.2. attēls. Fototropisms. A - tīrumu sinepes dzinuma ass pozitīvais fototropisms, dīģlsaknes negatīvais fototropisms un lapu perpendikulārais fototropisms. B - auksīna pārvietošanās (melnās bultiņas) un tam sekojoša auzu koleoptiles izliekšanās.



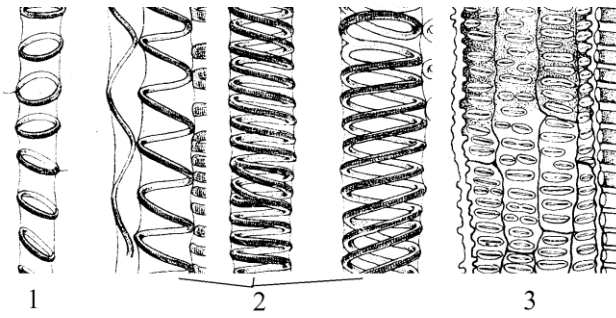
4.3. attēls. Pilsētas bitenes (*Geum urbanum*) lapas šķērs griezumā:

- 1 - atvārsnīte, 2 - vadaudu kūlīši,
- 3 - virsējā epiderma, 4 - zedeņu parenhīma,
- 5 - čauganā parenhīma, 6 - apakšējā epiderma



4.4. attēls. Melnās priedes (*Pinus nigra*) lapas (skujas) anatomiskie pielāgojumi:

- 1 - krokainā parenhīma, 2 - iekšējais elpošanas dobums,
- 3 - atvārsnītes slēdzējšūnas, 4 - ārējais elpošanas dobums, 5 - epidermas šūnas.

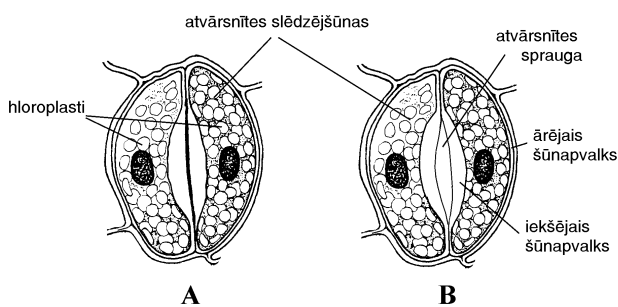


4.5. attēls. Ķirbja stumbra koksnes vadaudu elementu šūnapvalku uzbiezējumi:

1 - gredzenveida, 2 - spirāliskie, 3 - porveida

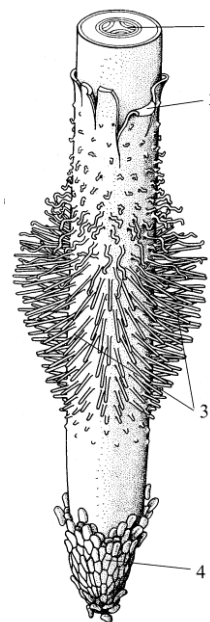
Sūcējspēks, ko nosaka transpirācija (augšējais terminālais dzinējspēks), vadaudos rada negatīvu spiedienu, un ūdens sāk celties pa vadaudiem augšup (transpirācijas plūsma). Arī sakne ūdeni ar tajā izšķīdušajām minerālvielām aktīvi iespiež vadaudos (apakšējais terminālais dzinējspēks). Ūdens plūsma augu vadaudos nepārtrūkst pateicoties ūdens molekulu savstarpējās pievilkšanās spēkiem (kohēzija).

Oglekli CO₂ veidā augi uzņem no gaisa caur atvārsnītēm (4.3., 4.4., 4.6. attēli), savukārt citas barības vielas (minerālvielas) - jonu veidā no augsnes. Lai nodrošinātu šo jonu un ūdens uzņemšanu, sakņu sistēma ir stipri sazarota, turklāt sakņu uzsūcējzonā attīstījušies saknes epidermas (rizodermas) viensūnas izaugumi - spurgaliņas¹, kas stipri palielina sakņu uzsūcējvirsmu (4.7.attēls).



4.6. attēls. Atvārsnītes uzbūve

A - atvārsnīte aizvērusies, B - atvārsnīte



4.7. attēls. Saknes uzsūcējzona

1 - saknes centrālais cilindrs, 2 - rizoderma,

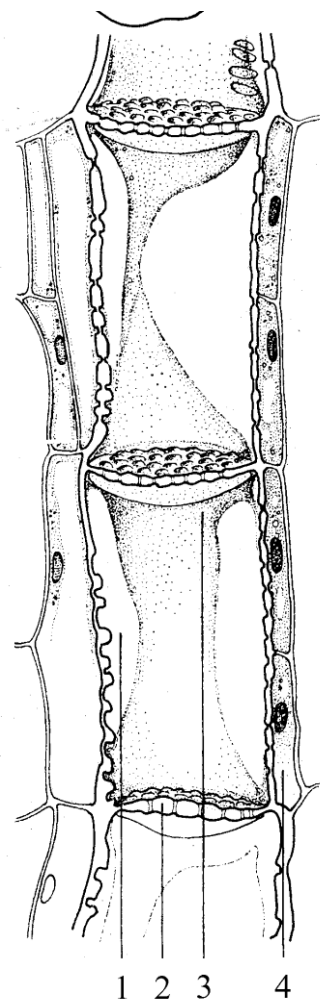
¹ Spurgaliņu nozīmi sakņu uzsūcošās virsmas palielināšanā apstiprina arī fakts, ka 4 mēnešus vecam labi sacerojušam rudzu augam, kas audzēts optimālos apstākļos, sakņu kopskaits ir 13800000 ar kopējo virsmu 232 m², savukārt spurgaliņu kopskaits - ~ 14 miljardi ar kopējo virsmu 399 m². Tādējādi kopējais sakņu un spurgaliņu laukums bijis 631 m² un tās augušas 0.05 m³ augsnes.

atvērusies

3 - spurgaliņas, 4 - saknes uzmava

Saknes šūnas jonus uzņem aktīvi, patērējot enerģiju (atšķirībā no ūdens, kuru uzņemšanu nosaka ūdens potenciāla gradients). Koksnes vadaudos jonus uztver un tālāk pārvieto transpirācijas plūsma.

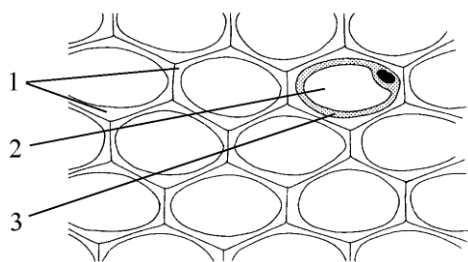
Citas vadaudu sistēmas daļas - lūksnes jeb floēmas vadaudu elementus veido sietstobri (4.8. attēls), kuru anatomiskā uzbūve piemērota, lai transportētu fotosintēzes procesā izveidojušos asimilātus - oglekļahidrātus. Šie asimilāti (galvenokārt saharoze) aktīvi, patērējot enerģiju, lapā iekļūst lūksnes vadaudos - sietstobros, kur palielinās šo asimilātu koncentrācija, līdz ar to samazinoties osmotiskajam potenciālam. Līdz ar to šajā virzienā plūst ūdens un pateicoties spiedienu starpībai tas tālāk asimilātus transportē uz to patēriņa un uzkrāšanās vietām.



4.8. attēls. Sietstobra uzbūve

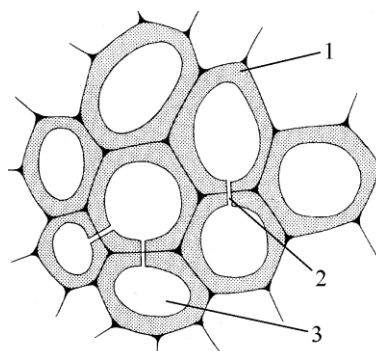
1 - sietstobra posms, 2 - sietplātnīte, 3 - citoplazma,
4 - pavadītājšūna

Lai vasa varētu zaroties, tās asij jābūt mehāniski ļoti izturīgai. Šo izturību nodrošina mehāniskie audi, kas var būt gan dzīvi (kolenhīma) (4.9. attēls), gan arī nedzīvi (sklerenhīma) (4.10. attēls).



4.9. attēls. Stūru kolenhīma

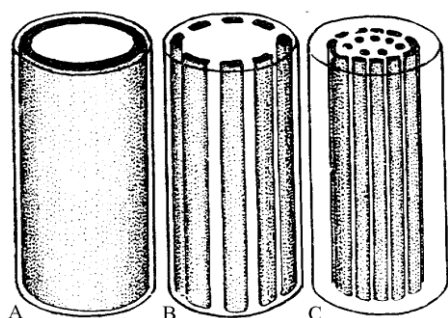
1 - šūnu stūros uzbiezināti šūnapvalki, 2 - vakuola, 3 - citoplazma



4.10. attēls. Sklerenhīma

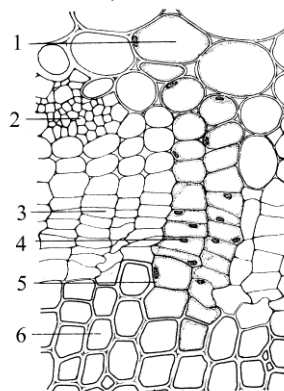
1 - vienmērīgi uzbiezināts sekundārais šūnapvalks, 2 - vienkāršā pora, 3 - tukšs šūnas dobums

Mehāniskie audi stumbros parasti attīstās nepārtrauktu vai pārtrauktu gredzenu veidā, tādējādi nodrošinot tiem milzīgu mehānisko izturību (4.11. attēls). Īpašu mehānisko izturību augu audiem piešķir sklerenhīma, jo tās šūnapvalki ir pārkoksnējušies, ļoti cieti (4.10. attēls). Neatkarīgi no sklerenhīmas šūnu lielās dažādības tām visām ir ļoti izturīgs šūnapvalks - tā stiepes izturība ir līdzīga labāko tērauda stieņu izturībai, bet lieces izturība - vairākas reizes lielāka par tērauda izturību.



4.11. attēls. Mehānisko audu izvietojums stumbrā.

A - gredzenveida nepārtraukts, B - gredzenveida pārtraukts, C - izklaidus.



4.12. attēls. Kalanhojas stumbra šķērs griezumā:

1 - primārās mizas parenhīma, 2 - lūksne, 3 - kambijs, 4 - kodols, 5 - citoplazma, 6 - koksne.

Vecākiem stumbriem un saknēm raksturīga sekundārā augšana resnumā, ko nodrošina sekundārie veidotājauidi - kambijs. Kambija šūnām daloties virzienā uz stumbra perifēriju, veidojas lūksne, bet virzienā uz centru - koksne (4.12. attēls). Tādējādi stumbra uzbūvē izveidojas nepārtraukts vadaudu gredzens, kas nodrošina vielu transportu gan augšupejošā, gan arī lejupejošā plūsmā. Vielu transportu pa stumbru radiālā virzienā nodrošina serdes stari.

Augu uzbūve un funkcijas. 01. Augu uzbūves un funkciju vienotība.

Stumbram un saknēm augot resnumā, primāros segaudus epidermu nomaina sekundārie segaudi - periderma un vēlāk - terciārie segaudi - kreve. Arī sekundārie un terciārie sagaudi veidojas, daloties sekundārās meristēmas - korķa kambija - šūnām.