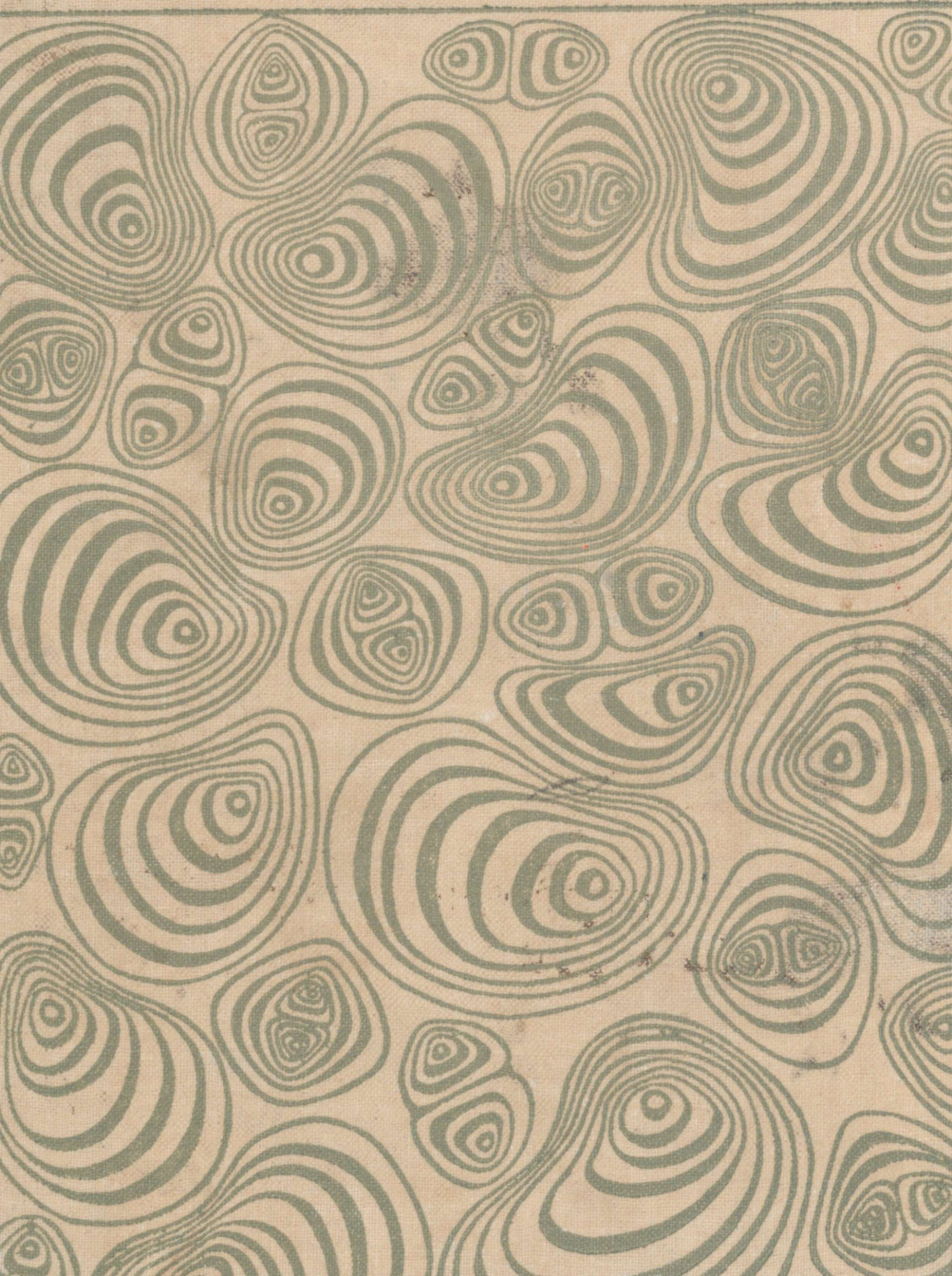
V. ISSAIN

V. JURTSEV

BOTAANIKA



V. ISSAIN, V. JURTSEV

BOTAANIKA

A-29804

V. ISSAIN, V. JURTSEV

BOTAANIKA

KIRJASTUS «VALGUS» · TALLINN 1969

58
I—82

58(075.3)

Kaane kujundanud E. Tali
Originaali tiitel:
В. Н. Исаин, В. Н. Юрцев
БОТАНИКА
(Теоретический и практический курс)
Девятое, переработанное и дополненное издание
Издательство «Колос» Москва — 1966
Допущено Главным управлением высшего и среднего сельскохозяйственного образования Министерства сельского хозяйства СССР в качестве учебника для сельскохозяйственных техникумов.

Raamat erineb teistest botaanika õpikutest selle poolest, et selles käsitletakse põllumajanduslikult tähtsaid taimi. Õpik annab ülevaate botaanika ülesannetest, taimede anatoomiast, morfoloogiast, süstemaatikast, taimegeograafiast ning füsioloogiast. Õpikus on antud ka botaanika laboratoorsete tööde kirjeldus.

Õpik põllumajandustehnikumide agronoomia, aianduse, agrokeemia ja taimekaitse eriala õpilastele.

Vene keelest tõlkinud A. Arak, A. Tääger ja E. Kattai.

2
Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
74252

2—10—5
34—68

ÜHEKSANDA TRÜKI EESSÕNA

Põllumajanduse praegusel arenemistasemel ei ole võimalik mitmesuguste kasulike ja kahjulike taimede bioloogia tundmiseta püsivalt suuri saake saada. Keemiatööstuse kiire arenemine võimaldab üha täielikumalt rahuldada põllumajanduse väetise-, herbitsiidide, insektitsiidide ja fungitsiidide vajadust ja võimaldab põllumajanduslikku tootmist teaduslikule alusele rajada. Molekulaarbioloogia uusimad saavutused taimede mutageneesi, hübridisatsiooni jne. uurimise valdkonnas võimaldavad selektsionääridel muuta taimede omadusi ja saada lähtematerjali uute väärtuslike põllumajandustaimede sortide aretamiseks. Botaanika (eeskätt taimefüsioloogia) on sissejuhatavaks kursuseks ja vajalikuks teaduslikuks aluseks enamiku põllumajanduslike distsipliinide õppimisel.

Käesoleva õpiku üheksandas trükis antakse peale vajalike botaanika-alaste teadmiste ka paralleelselt teoreetilise kursuse omandamisega sooritatavate laboratoorsete tööde lühikesed kirjeldused. Kaheksanda trükiga võrreldes on õpikus mõnevõrra lühendatud sissejuhatust ja taimegeograafia peatükki, on püütud vältida materjali kordamist taimede paljunemise alal ja mõnevõrra vähendatud jooniste arvu. Selle asemel on uuendatud ja täiendatud mitmeid taimeanatoomia ja -füsioloogia peatükke.

Osa õpikust on kirjutanud bioloogiakandidaat V. Jurtsev (mikroskoop ja selle kasutamine; meioos; taimede arenemine; organogenees; tolmlemise, viljastamise ja seemneidu arenemise füsioloogia; mullata taimekultuurid; osa laboratoorseid töid jne.). Samuti on ta teinud täiendusi taimeanatoomia ja -füsioloogia peatükkides (DNH ja RNH tähtsus; taimede keemiline koostis, märgitud aatomite meetod; fermendid jne.), vastavalt uusimatele saavutustele selles valdkonnas.

Autorid peavad oma meeldivaks kohuseks avaldada tänu Vene NFSV Pedagoogikateaduste Akadeemia korrespondentliikmele bioloogiadoktor professor P. A. Genkelile ja Kokinski põllu-

majandustehnikumi õpetajale A. V. Serebrjannikovale põhjalike retsensioonide eest, millest oli õpiku redigeerimisel palju kasu.

Kõik märkused, mis aitavad raamatut edaspidigi parandada, võetakse tänuga vastu.

Arvamused palutakse saata aadressil:
Москва, К-31, ул. Дзержинского, д. 1/19, издательство «Колос», редакция учебной литературы по растениеводству.

SISSEJUHATUS

TAIMEDE TÄHTSUS LOODUSES JA INIMESE ELUS

Botaanika tutvustab meid kasulike ja kahjulike taimedega, nende välis- ja siseehitusega ning arenemisseadustega. Botaanika-alased teadmised aitavad inimesel taimi paremini kasutada.

Taim saab ümbritsevast keskkonnast gaase, mineraalaineid ja vett — kõike seda, millest ta ehitab oma keha; taim ja keskkond moodustavad ühtse terviku. Pigmendiga, klorofülliga värvunud rohelistel taimedel on eriline omadus — nad muudavad anorgaanilised ained eluks vajalikeks orgaanilisteks aineteks. Päeval neelavad rohelised taimed õhust süsihappegaasi ja eritavad hapnikku. See gaasivahetus ja valguskiirte püüdmine toimub suure lehepinna abil, vee ja mineraalainete võtmine mullast aga tugevasti hargnenud juurestiku kaudu.

Roheliste taimede tähtsus looduses seisab eelkõige selles, et nad koguvad elutegevuse protsessides tohutu tagavara väärtuslikku orgaanilist (süsinikku sisaldavat) ainet, puhastavad õhku süsihappegaasist ja rikastavad seda hapnikuga. Orgaanilisi aineid kasutavad kõik elusolendid toiduks, õhuhapnikku aga hingamiseks.

Eriti suur on põllumajanduses kasvatatavate taimede tähtsus. Tänu päikeseenergiat kasutavatele rohelistele taimedele saab inimene looduses laialt levinud ainetest (vesi, süsihappegaas ja mineraalsoolad) väärtuslikke orgaanilisi aineid: valke, süsivesikuid, rasvu, vitamiine jne. Loomade vahendusel töödeldakse need taimsed ained veelgi väärtuslikumateks saadusteks: lihaks, rasvaks, võiks, piimaks, munadeks, villaks, nahaks, s. t. kõigeks selleks, mida inimene vajab.

Taimed annavad inimesele toitu, samuti ehitusmaterjali ja tööstustoorainet (valkusid, õlisid, kautšukit, gutapertši, parkaineid, alkoholi jne.). Taimedest saab ka mitmesuguseid ravimeid.

Niisiis on mõistetav, miks inimene oli juba muinasajal taimedest huvitatud, kogus neid, uuris ja kasvatas.

Tuleb lisada, et ka niisugused ained nagu kivisüsi ja nafta pärinevad taimedest, mis asustasid maakera iidsetel aegadel. Päikeseenergia, mille need taimed kunagi talletasid, vabaneb põlemisel ja toob inimesele kasu. Ka turvas, mida tarvitatakse kütteks ja väetiseks, pärineb taimedest, mis kasvasid soodes.

Aga mitte kõik taimed ei ole rohelised. Seentel, bakteritel ja mõnedel kõrgematel taimedel puudub klorofüll ja nad ei ole seepärast võimelised ise anorgaanilistest ainetest vajalikku orgaanilist ainet tootma. Niisugused taimed (saprofüüdid), mida sageli palja silmaga ei näegi, elavad orgaanilisel ainel, mis jääb järele surnud taimedest ja loomadest. Lagundades ja mineraliseerides surnud orgaanilist ainet kasutavad nad seda oma toiduks ja muudavad sel teel rohelistele taimedele kättesaadavaks. Selles seisab klorofüllita taimede tähtsus.

Inimene uurib taimi ja nende omadusi veel sellepärast, et paljud neist on väga kahjulikud, näiteks arvukad umbrohud (raihein, orashein, piimohakad jt.), mis lämmatavad põllul kultuurtaimi, või paljud klorofüllita taimed, nende hulgas parasiitseened (roostelised, nõgilised, tungaltera jt.), mis kahjustavad kultuurtaimi. Väikseimad klorofüllita taimed — bakterid — põhjustavad inimese või looma organismi tungides mitmeid nakkushaigusi. Kõikide taimede vastu, mis on põllumajandusele kahjulikud, peab inimene süstemaatilist võitlust.

BOTAANIKA — TAIMETEADUS

BOTAANIKA HARUD

Taimi põhjalikult tundmata ei saa põllumajandustaimede saagikuse suurendamiseks midagi plaanipärast ette võtta. Botaanikaalaseid teadmisi on vaja taimede tootmisväärtuse selgitamiseks ja kasulikumate taimede omaduste parandamiseks ning valikuks (selektsiooniks). Botaanika areng on tihedalt seotud teiste teaduste arenguga. Taimede tundmaõppimist on alati stimuleerinud tootmise huvid; botaanika edusammud on seotud tähtsate leiutiste ja avastustega (raamatute trükkimine, täppiskaalud, mikroskoop, maadeavastused, füüsika ja keemia arenemine jne.).

Hoolimata suurest mitmekesisusest on taimedel palju ühesuguseid omadusi ja nende elu ning arenemine allub mitmetele üldistele põhilistele seaduspärasustele. Taimede elu seaduspärasuste, nende ehituse, sarnasuse ja erinevuse, samuti taimede mitmekesisuse tundmaõppimisega tegelebki botaanika. Botaanika on vana teadus. Sõna «botaanika» pärineb kreekakeelsest sõnast «botane», mis tähendab köögivilja, rohelust, rohtu.

Kaasajal teatakse taimedest juba väga palju. Seepärast on botaanika jagunenud mitmeks haruks, millest tähtsamad on taimemorfoloogia, -süstemaatika, -anatoomia ja -füsioloogia.

Taimemorfoloogia. Taimemorfoloogia käsitleb taime kuju ja tema osade vastastikust asendit ning seost. Taimeorganite kuju ja nende muudendeid on tähtis teada, sest see võimaldab taimi kirjeldada ja määrata. Väliskuju peegeldab antud isendi iseärasusi, mis on kas vanemailt päritud või on tekkinud väliskeskkonna ja inimese mõju tagajärjel. Taimede väliskuju on väga erinev.

Taimesüstemaatika. Taimesüstemaatika ülesandeks on maakeral leiduvate taimede kirjeldamine ja liigitamine. Kõik taimed liigitatakse hõimkondadesse (laialdasemad rühmad), klassidesse, seltsidesse, sugukondadesse, perekondadesse, liikidesse ja teisenditesse. Taimesüstemaatika tundmisel on väga suur teaduslik ja praktiline tähtsus. Taimekasvataja peab oskama täpselt määrata taime kuuluvust ühte või teise sugukonda, perekonda ja liiki. Praktiline taimesüstemaatika põhineb eelkõige taimede morfoloogilisel kirjeldamisel.

Taimesüstemaatika kursuses kirjeldatakse taimi, tuuakse nende joonised ja paigutatakse taimed tunnuste järgi loomulikku süsteemi, mis aitab taimi eristada ja selgitab ühtlasi taimeriigi fülogeneesi küsimust, s. t. seda, kuidas toimus maakeral taimede evolutsiooniprotsess, kuidas see evolutsioon kulgeb ja missugused taimed on omavahel sugulased.

Taimeanatoomia. Taimeanatoomia käsitleb taimerakkusid ja -kudesid, millest taimeorganid koosnevad, teiste sõnadega taime mikroskoopilist ehitust. Taimeanatoomia tekkis alles pärast mikroskoobi leiutamist. Mikroskoop on aparaat, mis võimaldab näha esemeid, mida on võimatu näha palja silmaga või luubi abil. Mikroskoobid annavad 100-, 200-, 300- ja enamakordset (kuni 2000-kordset) suurendust. Taime osade vaatlemiseks mikroskoobis tuleb valmistada õhuke preparaat. Muidu ei ole taime ehitus nähtav, sest koed ja rakud ei ole paksu kihina kuigi läbipaistvad.

Mikroskoop avab meie ees loomade ja taimede nähtamatu maailma. Mikroskoobi abil uuritakse loom- ja taimorganismide detailset ehitust. Peale selle võimaldab mikroskoop leida sarnaste taimede eritunnuseid sellistel juhtudel, kus taimemorfoloogia pole suuteline neid avastama. Mikroskoopiline uurimine tungib ikka sügavamale elava organismi ehituse nähtamatuisse «salakambreisse», taime- ja loomarakku, mis on ülikeeruka ehitusega. Taimeanatoomia on tihedalt seotud taimefüsioloogiaga, sest ainult detailne uurimine võimaldab ühtesid või teisi füsioloogilisi nähtusi seletada. Tervikut tundma õppida ja elu funktsioone uurida on võimalik ainult organismi koostisosade tundmaõppimise teel nende vastastikustes suhetes. Hulkrakne taim koosneb

keeruka ehitusega kudedest ja organitest, mis kujutavad endast mitmesuguse struktuuri ja funktsioonidega rakkude süsteemi.

Taimeanatoomiast on iseseisvaks distsipliiniks hargnenud tsütoloogia, mis uurib raku ehitust; suguta ja sugulise paljunemise organite tekkimist, seemne ja idu arenemist uurib aga embrüoloogia.

Taimefüsioloogia ja teised botaanika harud. Taimefüsioloogia uurib taimedes toimuvaid eluprotsesse, nagu toitumine, ainevahetus, hingamine, kasvamine ja arenemine. See on kõige olulisem botaanika haru, mida peab tundma iga taimekasvataja. Taimorganismid (nagu loomorganismidki) ei allu üksnes füüsikalis-keemilistele, vaid ka keerukatele füsioloogilistele seaduspärasustele, mille uurimine annab võtme taimede olemuse mõistmiseks ja järelikult ka nende otstarbekamaks kasutamiseks.

Taimefüsioloogia ülesannetesse kuulub peale taimede eluprotsessi seletamise ka nende omaduste ja arenemiskäigu muutmine meile kasulikus suunas.

Taimefüsioloogia on taimekasvatuse alus. Taimede elu uurimiseks kasutab füsioloogia vaatlusi ja katseid, mille kaudu ta avastab elu seadusi.

Suure vene õpetlase ja taimefüsioloogide vene koolkonna rajaja K. A. Timirjazevi sõnade järgi ei või taimefüsioloog rahulduda passiivse vaatleja osaga; eksperimentaatorina ta mõjutab ja valitseb loodust.

Et taimeorganite ehituse ja nende funktsioonide vahel on kindel sõltuvus, on taimefüsioloogia tihedalt seotud taimeanatoomia ja -morfoloogiaga.

Peale ülaltoodud nelja põhiharu on botaanikal veel teisigi harusid: paleobotaanika, taimegeograafia, -ökoloogia, geobotaanika.

Paleobotaanika uurib varasematel geoloogilistel ajastutel esinenud väljasurnud taimi. Uurimine toimub fossiilide abil. Kivistunud taimejäänused või terved taimed on säilitanud oma struktuuri, nii et seda on võimalik isegi mikroskoobi abil uurida. Mõnikord leidub kivimikihtidel, näiteks kivisöel, miljonite aastate eest kasvanud taimede peenimaid jäljendeid. Fossiilide järgi saab taastada mineviku taimestiku pilti. Paleobotaanika andmed tõestavad, et kaasaegsetele katteseemnetaimedele ehk õistaimedele eelnesid mitmed väljasurnud paljasseemnetaimed ja teised arhegoniaalsed taimed, mis arenesid eriti jõudsalt kivisöeajastul (neist moodustusid ka kivisöelademed). Sellele ajastule eelnesid miljoneid aastaid tagasi teised ajastud, millal taime- ja loomariik koosnes organismidest, mis veelgi enam erinevad praegustest. Paleobotaanika ei ütle aga meile, missugused olid esimesed taimorganismid, sest nende jäljed on maakoore muutumistega hävinenud.

Taimegeograafia käsitleb taimede levimist maakeral tsoonide ja vööndite kaupa. Uuritakse taimede levimise põhjusi ja määratakse kindlaks areaalid ehk levilad, s. t. üksikute taimeliikide levimise piirkonnad. Suurt edu kultuurtaimede leviku selgitamisel on saavutatud tänu Üleliidulise Taimekasvatuse Instituudi rohketele ekspeditsioonidele. Taimegeograafiale, samuti -füsioloogiale on lähedane taimeökoloogia, mis käsitleb taimede ja keskkonna vastastikust sõltuvust, samuti taimede ehituse tüüpe ja taimede elu iseärasusi eri tingimustes.

Koos taimeökoloogiaga on arenenud geobotaanika, mis tegeleb taimekoosluste, s. t. taimede looduslike rühmituste uurimisega. Taimeliigid ei esine looduses (rohumaal, metsas, stepis) isoleeritult, tavaliselt koonduvad nad paljudest liikidest koosnevatesse keerukatesse rühmitustesse.

Seoses ülesandega suurendada kultuurtaimede fotosünteesi produktiivsust põllu või istanduse pinnaühiku kohta, on viimastel aastatel hakanud arenema uus geobotaanikaharu, mis uurib kultuurtaimekoosluste — agrotsönooside — oleluse ja arenemise seaduspärasusi.

Viimase viiekümne aasta jooksul on teadmisi taimedest kogunenud nii ohtralt, et botaanika iga põhiharu koosneb omakorda mitmest harust. Näiteks fütopatoloogia käsitleb parasiittaimede elu ja arenemist ning nende vastu võitlemist, mikrobioloogia mikroorganisme, nende poolt põhjustatud kasu ja kahju ning nende kultiveerimise viise, geneetika aga organismide põhiomadusi — pärilikkust ja selle muutlikkust. Geneetika on tihedalt seotud sordiaretuse ülesannetega; geneetika kasutab taimetsütoloogia, biokeemia ja taimefüsioloogia meetodeid.

Praegused teadmised taimedest on taimede elust kogutud tohutu hulga faktide ja taimede arenemise kohta tehtud tähelepanekute teoreetilised üldistused, samuti teadusmeeste poolt kogu inimkonna ajaloo vältel tehtud uurimuste ja katsete tulemused. Eriti tähtsat osa botaanika-alaste teadmiste kogumisel on etendanud tootmise huvid.

TAIMERIIGI ARENEMINE

CH. DARWINI ÕPETUSE PÕHITEESID JA TÄHTSUS LOODUSTEADUSE ARENEMISES

Botaanika õppimisel veendume, et taimeriiki iseloomustab väga suur vormide mitmekesisus. Taimede ehitus on keerukas, ja see on vastavuses keskkonnaga. Iga taim on terviklik organism, mis koosneb organitest, viimased aga koosnevad kudedest ja rakkudest. Paljudel alamatel taimedel ei ole kudesid, mõnedel neist puudub rakuline ehitus.

Taimede uurimisel tekib küsimus, kuidas seletada taimorganismi osade harmoonilisust ja taimede mitmekesisust, nende tekkimist ja orgaanilise maailma arenguteid.

XIX sajandi keskpaigani toetas enamik teadlasi osalt teadmiste puudulikkuse tõttu, osalt religiooni ja valitsevate klasside huvides primitiivseid vaateid ja rääkis «jumalikust elujõust», mis juhib kõiki eluprotsesse. Isegi niisugune silmapaistev XVIII saj. teadlane nagu Karl Linné, kes rajas taime- (ja looma-) süstemaatika alused, määras esimesena kindlaks taimeperekonna, -liigi, -sugukonna ja -seltsi mõiste ning andis paljudele tuhandetele taimedele (ja loomadele) teadusliku nimetuse, tunnustas liikide püsivust ja muutumatust.

Taimede uurimise ja määramise hõlbustamiseks töötas Linné välja taimede klassifikatsiooni. Linné klassifikatsioon hõlbustas küll taimede määramist, kuid ei püüdnudki selgitada taimede tekkimise ning põlvnemise probleemi ja sellepärast loetakse seda klassifikatsiooni kunstlikuks klassifikatsiooniks. XVIII ja XIX saj. vahetuseks lõi liikide püsivuse õpetus kõikuma. Orgaanilise maailma evolutsiooni ideeni jõudsid vene teadlased M. V. Lomonossov, M. M. Terehhovski ja filosoof A. V. Radištšev, hiljem Lääne-Euroopas C. Buffon, Erasmus Darwin, kuulsa Charles Darwini vanaisa, J. Lamarck, E. Geoffrey Saint-Hillaire jt.

1809. a. ilmus J. Lamarckilt oma aja kohta tähelepandav teos «Zooloogia filosoofia», milles Lamarck esitas hulgaliselt tõendeid looma- ja taimeliikide muutlikkuse kohta ja avaldas seisukoha, et kõik loomaliigid on kujunenud maakeral kunagi tekkinud lihtsamate organismide täiustumise tulemusena.

Liikide mitmekesisust seletas Lamarck iga liigi ja selle järglaste muutumisega, s. t. elutingimuste mõjul omandatud tunnuste olemasolu ja päriliku edasiandmisega.

Lamarcki teaduslikke teeneid hindasid tema eluajal ainult vähesed teadlased, nende hulgas Charles Darwin.

Suur teadlane Charles Darwin avaldas 1859. a. teaduses uue ajajärgu avanud töö «Liikide tekkimine», milles ta tohutule faktide hulgale tuginedes väitis, et kaasaegsed taimed ja loomad on tekkinud loomulikul teel eelnevatel geoloogilistel ajastutel Maad asustanud organismide järkjärgulise arenemise (evolutsiooni) protsessis. Darwini õpetus purustas kõik vanad, sajandite jooksul väljakujunenud vaated elule, loodusele ja maailmas toimuvatele nähtustele kui millelegi kunagi loodule, kõikumatule ja muutumatule. Darwin ei piirdunud konstateeringuga, et elu maakeral muutub ja areneb, vaid ta selgitas ka organismide täiustumise, keskkonnaga kohastumise ja organismide ehituse suhtelise otstarbekuse põhjusi.

Darwini evolutsiooniteooria põhjustas inimkonna arenemises ja bioloogiateaduses murrangu. V. I. Lenin kirjutas selle kohta, et «...Darwin tegi lõpu vaatele, et looma- ja taimeliigid ei ole

omavahel millegagi seotud, on juhuslikud, «jumala poolt loodud» ja muutumatud, ning asetas esimesena bioloogia täiesti teaduslikule pinnale, tehes kindlaks liikide muutlikkuse ja järjekestvuse nende vahel».[1] Niisiis andis Darwini õpetus hävitava löögi vanadele vaadetele liikide muutumatusest ja ettemääratud otstarbekohasusest elusas looduses.

Oma teooria tõestamiseks kasutas Darwin arvukaid tähelepanekuid, mida ta tegi viis aastat kestnud ümbermaailmareisil purjekal «Beagle», samuti kasutas ta selleks oma suuri loodusteaduslikke kollektsioone.

Darwini teooria liikide põlvnemisest on üldjoontes järgmine. Algul tekkisid lihtsa ehitusega organismid. Nendest arenesid keerukamad taimed ja loomad, mis muutudes ja täiustudes paljunesid vees ja maismaal. Aastatuhandete vältel, maakoore pealispinna ja kliima muutumisega, asendusid ühed organismid teistega. Praegu maakera asustavad taimed ja loomad on saavutanud suurema täiuslikkuse, võrreldes nendega, kellest nad põlvnevad.

Loomatõugude ja taimesortide mitmekesisuse põhjust tundma õppides ja selgitades tõendas Darwin nende põlvnemist metsikutest eellastest. Hobuste, lehmade, lammaste, sigade, koerte ja tuvide tõugude, samuti nisu, odra, kaera ja teiste põllumajandustaimede sortide tekkimist seletas Darwin kunstliku valikuga, mille tulemusena inimene jätab suguloomaks või seemneks isendid, kelle individuaalsed omadused on inimesele kasulikud ja soovitavad. Kunstliku valiku teel parandab inimene põllumajandusloomi ja -taimi. Kunstlikku valikut kasutades on selektsionäärid loonud palju majanduslikult väärtuslikke sorte.

Darwini õpetuse kohaselt toimub looduses looduslik valik, mille tõttu taime- ja loomariik pidevalt, olgugi et väga aeglaselt täiustub. Taimedest ja loomadest jäävad ellu ainult need, mis keskkonnatingimustega paremini kohanevad ja on seepärast vastupidavamad. Looduses tuleb organismidel ebasoodsate välistingimustega lakkamatut võitlust pidada. Keskkonnatingimustele vastavamad organismid jäävad ellu, ristuvad omavahel ja pärandavad oma tunnused uutele põlvkondadele, mis eelmiste põlvkondadega võrreldes on olelusvõitluses vastupidavamad. Niimoodi toimib looduses peale valiku ka pärilikkus, see tähendab organismide võime oma tunnuseid järglastele edasi anda, mis järglastes teatavais välistingimustes arenevad ja kinnistuvad.

Darwini õpetus andis kultuurtaimede (ja koduloomade) metsikutest eellastest põlvnemise küsimusele, samuti kogu maakera

---

[1] V. I. Lenin. Teosed, 1. köide. Tln. 1948, lk. 121—122.

levinud arvukate organismide tekkele ja arenemisele loomuliku seletuse.

Edumeelsed teadlased võtsid Ch. Darwini evolutsiooniõpetuse otsekohe omaks, liikide püsivuse, «saladusliku elujõu» kaitsjad, idealistliku õpetuse esindajad suhtusid sellesse aga vaenulikult. Darwini õpetus purustas lõplikult idealistide legendi liikide muutumatusest ja jumalikust päritolust. Kunstliku ja loodusliku valiku teooria selgitas elusa looduse «otstarbekohasuse» põhjused, millele idealistidest bioloogid olid toetunud kui tõendile organismide «ettemääratud» täiuslikkusest. Peale selle tõendas Darwini teooria, et orgaanilisel maailmal on oma minevik, olevik ja tulevik ja et ta areneb loodusseaduste alusel. Darwini õpetuse võtsid omaks ja arendasid edasi paljud vene teaduse korüfeed: V. O. Kovalevski, I. I. Metšnikov, I. M. Setšenov, A. N. Severtsev, K. A. Timirjazev, I. V. Mitšurin jt.

Suur vene teadlane K. A. Timirjazev tõendas ilmekate näidete varal taimede muutlikkuse ja loodusliku valiku kõikvõimast jõudu. Peale selle, et ta kinnitas Darwini õpetuse paikapidavust, arendas ta seda materialistlikku õpetust ka edasi, rääkides vajadusest luua organismide sihiteadliku arendamise meetodid. Darwini järglaseks Inglismaal oli T. Huxley, Saksamaal E. Haeckel, Ameerikas Luther Burbank, kes praktiliselt rakendas darvinismi kunstliku ja loodusliku valiku põhiseadusi vanade sortide parandamiseks ja uute kasulike taimede aretamiseks. Venemaal töötas I. V. Mitšurin välja ja kasutas ka praktiliselt viljapuu-, marjapõõsa- ja teiste kasulike taimede väärtuslike sortide aretamise ja taimorganismide pärilikkuse juhtimise uusi meetodeid. Laialdase tunnustuse osaliseks on Ch. Darwini õpetus saanud Nõukogude Liidus.

Taimeteadus peab olema praktikaga seotud, peab lähtuma praktika nõuetest. Põllumajanduse praktika ja taimeteadus ei saa olla muutumatus seisundis, nad täiustuvad pidevalt. «Tunnetusteoorias, nagu kõigil teistelgi teadusaladel, tuleb arutleda dialektiliselt, s. o. meie tunnetust ei tule pidada mitte valmiks ja muutumatuks, vaid tuleb eritleda, mil viisil *mitteteadmisest* kujuneb *teadmine*, mil viisil ebatäielik ja ebatäpne teadmine muutub täielikumaks ja täpsemaks.»[1]

[1] V. I. Lenin. Teosed, 14. köide. Tln. 1952, lk. 88.

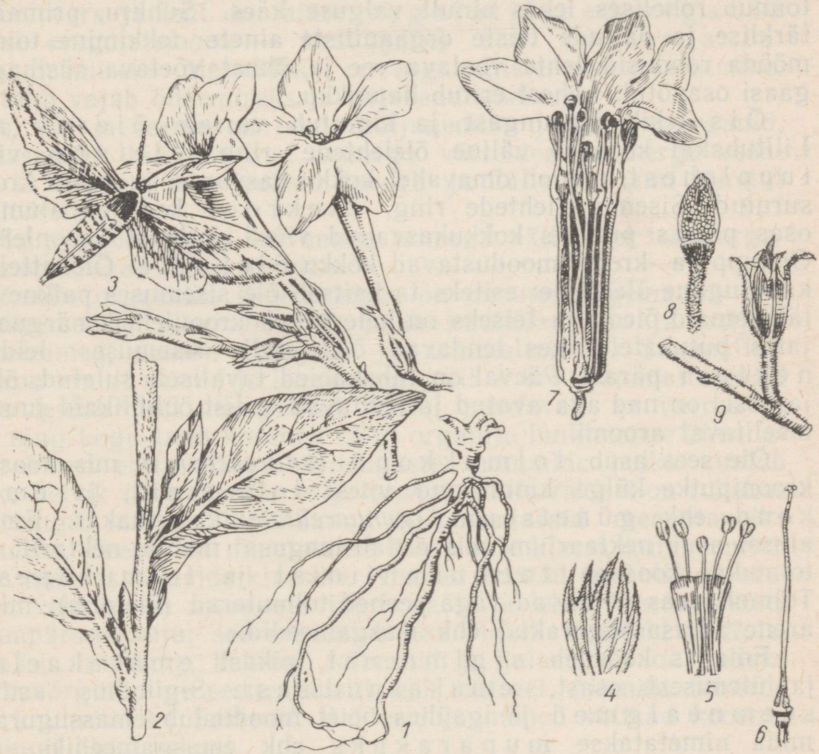
TAIMEORGANITE, KÕRGEMATE JA ALAMATE TAIMEDE MÕISTE

Mullast väljakaevatud ja puhtaks pestud rohtset õistaime vaadeldes märkame, et taim koosneb juurest, varrest, lehtedest, viljadest ja õitest. Kõiki neid osi nimetatakse taimeorganiteks, see tähendab organismi osadeks, millel on oma kindel ülesanne vastava organismi elus.

Võtame näiteks lilltubaka (*Nicotiana affinis*), mis õitseb hilissügisel ja on suurte õitega (joonis 1).

Vaatleme tema välisehitust.

Tubaka peajuur on sammasjuur, millel on külgjuured. Tervena juurt välja kaevata ei õnnestu, sest tema sügavale maasse ulatuv peen osa katkeb. Külgjuured hargnevad ja lõpevad juurekarvadega, peenikeste väljakasvetega, mille



Joonis 1. Lilltubakas:

1 — juur; *2* — osa varrest kahe lehe ja pungadega; *3* — õied, mida tolmeldavad ööliblikad; *4* — liitlehine tupp; *5* — õiekrooniputke külge kinnitunud tolmukad; *6* — emakas; *7* — (avatud) õiekroon; *8* — vili (avatud kupar); *9* — vilja väliskuju tupega.

külge kleepuvad mullaosakesed. Juurte kaudu saab taim vett ja selles lahustunud mineraalsoolasid, mida taim vajab kasvamiseks ja arenemiseks. Peale selle kinnitavad taimed end juurtega mulda.

Juurte ja varre üleminekukoht on jämenenud. See jämenenud koht asub allpool maapinda ja seda nimetatakse juurekaelaks.

Vars on toitainete juhtijaks ja kannab lehti. Lehtede kinnituskohti varrel nimetatakse sõlmedeks, sõlmede vahesid aga sõlmevahedeks ehk varrelülideks.

Leht koosneb leherootsust ja lehelabast. Leherootsu ja varre vahelist nurka nimetatakse lehekaenlaks. Lehekaenlas areneb pung. Ülemised lehed on alumistest väiksemad. Tubaka lehelaba on piklik, teritunud ja terveservaline. Lehelabal võib tänu rohelisele ainele, lehtedele värvust andvale klorofüllile näha nurga all sulgjalt hargnevaid roodusid. Fotosüntees toimub rohelises lehes ainult valguse käes. Suhkru, primaarse tärklise ja paljude teiste orgaaniliste ainete tekkimine toimub mööda roodusid lehte voolava vee ja õhust võetava süsihappegaasi osavõtul. Lehest eritub hapnikku.

Õis tekib õiepungast ja kinnitub varrele õierao abil. Lilltubakal koosneb väline õielehtede ring, õietupp viiest tupplehest, mis on omavahel kokku kasvanud ja vastu krooni surutud. Sisemine lehtede ring, õiekroon koosneb alumises osas pikaks putkeks kokkukasvanud viiest valgest kroonlehest. Õietupp ja -kroon moodustavad kokku õiekatte. Õiekattel on kahesugune ülesanne: esiteks ta kaitseb õie sisemuses paiknevaid tähtsamaid õieosi ja teiseks on helevalged kroonlehed märguandjaiks putukatele, kes lendavad õiele selle sisemuses leiduva nektari pärast. Päeval on tubakaõied tavaliselt suletud, õhtul ja öösel on nad aga avatud ja levitavad erilist ööliblikaid juurdemeelitavat aroomi.

Õie sees asub tolmukkond (*androeceum*)[1], mis koosneb krooniputke külge kinnitunud viiest tolmukast, ja emakkond ehk günetseum (*gynaeceum*)[2], ka emakas. Emaka alusel asub nektaarium, mis eritab magusat mahla, nektarit. Iga tolmukas koosneb tolmukaniidist ja tolmukapeast. Tolmukapeas valmivad väga peened tolmuterad (õietolm), milles arenevad isassugurakud ehk isasgameedid.

Emakas koosneb sigimikust, pikast emakakaelast ja ülemisest osast, emakasuudmest. Sigimikus asuvad seemnealgmed ja igaühes neist moodustub emassugurakk, mida nimetatakse munarakuks ehk emasgameediks. Õie

---

[1] *Androeceum* — mehe («andros») elamu («oikos»).
[2] *Gynaeceum* — naise («güne») elamu («oikos»).
Paljud botaanilised terminid tulenevad kreeka keelest.

emakas, nimelt sigimik, muundub viljaks. See muundumine toimub tavaliselt sel juhul, kui õietolm satub emakasuudmele ja toimub viljastamine.

Tubaka õietolmu kannavad edasi putukad öösel. Õietolmu ülekandmist tolmukailt emakasuudmeile nimetatakse tolmlemiseks, millele järgneb viljastamine, s. t. isassugurakkude liitumine emassugurakkudega. Õied on viljade ja seemnete moodustamiseks.

Tubakavilja nimetatakse kupraks. Ta areneb sigimikust. Kupras valmib hulk seemnekandjale kinnitunud seemneid. Seemnete abil toimub taimede paljunemine ja levimine. Vili kinnitub varrele viljarao abil.

Tubakas on üheaastane taim, ta teeb oma arenemistsükli läbi ühe vegetatsiooniperioodi jooksul.

Sellest ülevaatest võime järeldada, et taimeorganitel on mitmesugused funktsioonid.

Juur, vars ja leht on taime vegetatiivsed organid (sõnast «vegetatsioon» — kasvamine) ehk põhiorganid. Nende peamiseks ülesandeks on orgaaniliste ainete tootmine, mida taim vajab õitsemiseks ja viljakandmiseks.

Õis, vili ja seeme on taime paljunemis- ja levimisorganid. Tubakaseemet täiskasvanud taimega võrreldes on kerge veenduda, et arenemisaja jooksul toodab ja talletab taim tohutul hulgal toitaineid.

Juba pealiskaudnegi tutvumine taimega näitab, et taimeorganid moodustavad ühtse terviku.

Taimede organeiks liigendumine on omane kõrgematele ehk tüvendtaimedele (*Cormophyta*), kuhu kuuluvad õis- ja paljasseemnetaimed, samuti sõnajalg- ja sammaltaimed. Sammaltaimedel on ainult varred ja lehed, juuri neil ei ole. Sammaltaimede hulgas leidub veel niisuguseid, millel puuduvad ka varred ja lehed ning kogu taim koosneb kõigi organite funktsioone ühendavast rakisest ehk tallusest. Niisuguste sammalde hulka kuulub näiteks helvik (*Marchantia polymorpha*), mille rakisel on rohelise plaadi kuju, mis on liigendunud maksasagaraid meenutavaiks hõlmadeks. Seepärast nimetatakse sammalde klassi, kuhu kuulub helvik, maksasammalde klassiks. Alamad taimed, samblikud, seened ja vetikad, ei moodusta juuri, varsi ja lehti. Nende rakisel on omapärane kuju: see meenutab kas plaati, üksikuid niidiotsi või sassis niidikera, koosneb kübarast ja jalast või on selleks ämblikuvõrgutaoline seeneniidistik ehk mütseel. Alamate taimede hulka kuuluvad ka bakterid. Bakterid ja mõned vetikad koosnevad ainult ühest rakust.

Alamaid taimi nimetatakse botaanikas rakistaimedeks ehk tallofüütideks (*Thallophyta*). Neid me õpime tundma süstemaatikakursuses.

1. TAIMEANATOOMIA JA -MORFOLOOGIA

I PEATÜKK

TAIMEDE RAKULINE EHITUS

RAKUD JA NENDE OSAD

Ammu on teada, et *kõik taimeorganid koosnevad* r a k k u d e s t, *s. t. üliväikestest keeruka ehitusega kambritest.* Taimede rakulise ehituse avastas inglise füüsik Robert Hooke täiustatud mikroskoobi abil juba 1665. a. Mõne aja pärast kirjeldasid taimeorganite rakulist ehitust itaalia teadlane Marcello Malpighi (1675) ja inglise teadlane Nehemiah Grew (1682), kes pöörasid tähelepanu peamiselt raku kujule ja kestale, kuid ka soontele, mida nad nimetasid sarnasuse tõttu putukate hingamistorudega trahheedeks. Neil aegadel ei kasutatud mikroskoopi uurimistöös kuigi ulatuslikult. Alles XIX sajandi esimesel poolel avastati rakus algul t u u m ja seejärel p r o t o p l a s m a.

Taime rakulise ehituse õpetuse loomisest võtsid XIX sajandil osa paljude maade teadlased. Tuntuks said Robert Brown, M. Schleiden ja T. Schwann, J. Purkyne, I. D. Tšistjanov, V. I. Beljajev, I. I. Gerassimov, S. G. Navašin jt.

Raku uurimisega tegeleb ka praegu palju teaduslikke asutusi ja teadlasi. Rakkudest moodustuvad koed ja organid nii taimedel kui ka loomadel ja inimestel. Rakkude elust, nende ainevahetusest oleneb kogu taimorganismi elu. Sellepärast ongi vaja taimede rakulist ehitust tundma õppida.

Rakkude suurus ja kuju on mitmesugune. Palja silmaga, veel parem aga luubi abil me võime näha üliväikeste läikivate põiekeste kujulisi rakke küpse õuna või arbuusi murdekohal. Juurekarvad, üherakulised moodustised, on vahel 2—8 mm pikkused. Linavarre kiud, väljavenitatud rakud, on vahel 4 cm pikkused ja pikemad, mõnede vetikate (*Chara, Nitella*) rakud on kuni 10 cm pikkused. Niisuguseid suuri rakke esineb aga harva. Raku tavaline suurus (ümmarguse raku läbimõõt ja pikliku raku pikkus)

kõigub õistaimedel 10—60 mikromeetri[1] piires. Kõige väiksemad, tavaliselt 0,5—10 μm, on üherakuliste taimede, näiteks bakterite rakud. Taimede rakulises ehituses võib veenduda 60—80-kordse suurenduse juures, raku ehituse uurimiseks tuleb kasutada 400—600-kordset ja vahel isegi üle 1000-kordset suurendust.[2]

Taimerakkudel on kindel kuju, mis sõltub raku sisu katvast kestast. Rakke on kerakujulisi, neljatahulisi, paljutahulisi, tähekujulisi, hargnevaid jne. Pikaks veninud ja teritunud otstega rakke nimetatakse prosenhüümseteks rakkudeks, vastandina parenhüümsetele rakkudele, mis kasvavad kõigis suundades enam-vähem ühesuguselt.

Raku koostisse kuuluvad elusad ja eluta osad. Raku elusosaks on protoplast, mis koosneb protoplasmast, rakutuumast, plastiididest, kondriosoomidest ehk mitokondritest ja mikrosoomidest (ribosoomidest). Peamise orgaanilise ainena kuulub raku elusossa valk, mis sisaldab keerulistes ühendites lämmastikku (N), süsinikku (C), vesinikku (H), hapnikku (O), väävlit (S), fosforit (P) ja rauda (Fe). Raku eluta ossa kuuluvad kest, rakumahl, varuained (tärklis, varuvalgud, kristallid, mineraalained ja paljud teised ained).

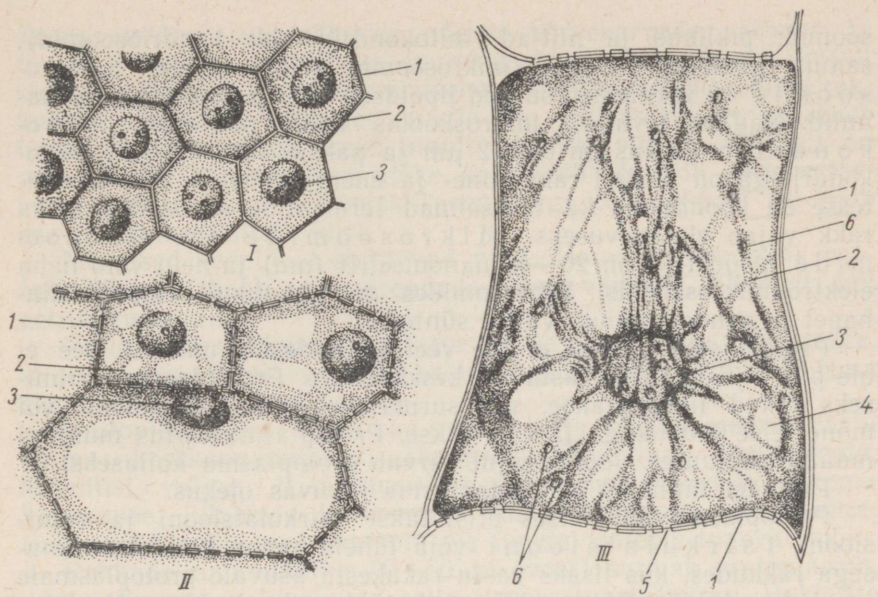
Peatume üksikasjalisemalt raku koostisosade juures.

PROTOPLASMA

Protoplasmaks (tsütoplasmaks) nimetatakse poolvedelat läbipaistvat, värvitut ainet, mis täidab noores rakus kogu õõnt, vanemas rakus on aga surutud vastu rakukesta. Keskmise vanusega rakus asetseb protoplasma vastu rakukesta, täidab aga peale selle peenikeste protoplasmaväätidena kogu rakuõõnt (joonis 2). Protoplasmal on erakordselt keerukas ja mitmekesine keemiline koostis ning füüsikaline struktuur. Protoplasma peamisteks koostisosadeks on valgud. Protoplasma on hüdrofiilne kolloid. Peale valkude on protoplasmas veel raku elutegevuse produkte: rasvu, rasvalaadseid aineid — lipoide, süsivesikuid, alkaloide, glükosiide, valkude laguprodukte — aminohappeid ja mit-

[1] Üks mikromeeter (μm) on 0,001 mm; üks nanomeeter (nm) on 0,001 μm.

[2] Kaasaegseid optilisi mikroskoope näete joonisel 11. Algul olid nad märgatavalt lihtsamad. Taimede ja loomade uurimisel kasutavad teadlased optilist mikroskoopi juba umbes 300 aastat, ajast, kus võeti tarvitusele uus suurendusvahend, elektronmikroskoop, on aga möödunud ainult kaks ja pool aastakümmet. Elektronmikroskoobis ei kasutata valguskiiri, vaid kiiresti liikuvaid elektrone. Elektronmikroskoobi abil õnnestub saada kümne ja isegi saja tuhande kordseid suurendusi. Kui optilises mikroskoobis on 0,2 μm-st väiksemad bakterid vaevalt märgatavad, siis elektronmikroskoobis on ka haigusi tekitavad filtreeruvad viirused ja isegi mõnede ainete molekulid vaadeldavad ja fotografeeritavad.



Joonis 2. Mitmesuguse vanusega taimerakud:
I — noored rakud. *II* — rakud kasvufaasis. *III* — tugevasti suurendatud kõrvitsakarvarakk. Kõikidel joonistel: *1* — rakukest; *2* — protoplasma; *3* — tuum tuumakestega; *4* — vakuoolid (rakumahl); *5* — poorid kestas; *6* — kloroplastid.

mesuguseid mineraalaineid. Nende ainetega tutvume lähemalt taimefüsioloogia osas.

Protoplasma keemiline reaktsioon on leelisene: ta värvib punase lakmuse siniseks. Kasvavate taimede rakkude protoplasmas on ligi 70—80% vett, mistõttu protoplasmal on vedel limane konsistents ja ta on võimeline liikuma. Puhkeperioodis (kuivades seemnetes, samblike kuivas rakises jne.) olevate rakkude protoplasmas on vähe vett (10—15%) ja protoplasma on sel juhul tihe veniv mass. Lähemal vaatlusel märkame protoplasmas kolme kihti: väline, pindmine kiht — plasmalemma, keskmine kiht — mesoplasma ja sisemine kiht — tonoplast.

Plasmalemma on väga õhuke kile, mis peale valkude sisaldab veel palju rasvataolisi aineid, lipoide. Ta on poolläbilaskev, s. t. tal on võime mitmesuguseid aineid ebaühtlaselt läbi lasta. Rakkudes, milles on rakumahl, koosneb sellega kokkupuutuv protoplasmakiht, tonoplast, samuti lipoididerikkast kilest. See kiht reguleerib ainevahetust rakumahla ja keskmise kihi vahel. Poolläbilaskvus on omane ainult elusale protoplasmale.

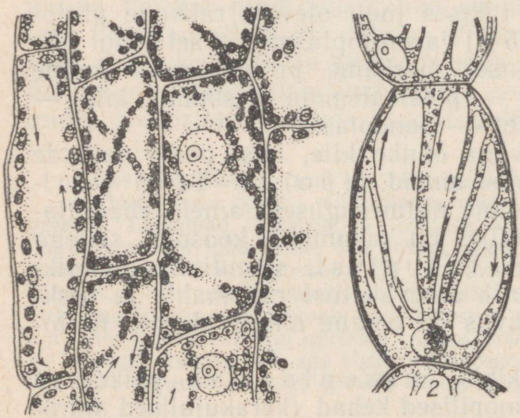
Protoplasma keskmises kihis, mesoplasmas paiknevad mitmesuguse kujuga mikroskoopilised kehad (kerakujulised sfäro-

soomid; piklikud ja niitjad mitokondrid ehk kondriosoomid), samuti pisimad osakesed, mikrosoomid (ribosoomid). Sfärosoomid on võrdlemisi suured lipoidsed või lipoproteiidsed graanulid. Nad on tavalises mikroskoobis hästi nähtavad. Mitokondrite pikkus on 0,2—2 μm ja paksus 0,6—0,8 μm. Mitokondritega on seotud raku aine- ja energiavahetus. Mitokondritesse on koondunud ka tähtsaimad fermentide süsteemid, mida rakk vajab elutegevuseks. Mikrosoomide ehk ribosoomide mõõdeteks on 20—40 nanomeetrit (nm) ja neid võib näha elektronmikroskoobis. Ribosoomides on rikkalikult ribonukleiinhapet ja nendes toimub valgu süntees.

Protoplasma ehitust ei ole veel küllaldaselt uuritud, see ei ole püsiv ja muutub vastavalt keskkonnale. Protoplasma uurimiseks rakud fikseeritakse, s. t. surmatakse kange alkoholi või mõne teise vedelikuga ja värvitakse. Protoplasma ehitus muidugi muutub seejuures. Joodi mõjul värvub protoplasma kollaseks.

Paljudel taimedel on protoplasma liikuvas olekus.

Protoplasma liikumises eristatakse tsirkulatsiooni ja rotatsiooni. Tsirkulatsiooni võib tähele panna keskmise vanusega rakkudes, kus lisaks vastu rakukesta asuvale protoplasmale on veel palju protoplasmavääte, mis täidavad rakuõõnt või ulatuvad rakutuuma ümbritseva protoplasmani. Nendes väätides võib tähele panna protoplasmavoolusid tuuma suunas või vastupidises suunas, mis on mikroskoobis nähtavad sfärosoomide ja kloroplastide ümberpaigutumise järgi (joonis 3). Protoplasma rotatsiooni võib vaadelda vanemates rakkudes, s. t. niisugustes rakkudes, kus protoplasma asetseb ainult rakuseinte lähedases kihis. Nendes rakkudes liigub protoplasma piki rakuseinu. Liikumise teevad märgatavaks protoplasmavoolust kaasaviidud rakutuum ja plastiidid. Protoplasma tsirkulatsiooni võime näha kõrvitsa- ja



Joonis 3. Protoplasma liikumine:

1 — vesikatkulehe rakus; *2* — *Tradescantia virginica* karva rakus.

Tradescantia karva rakkudes, nõgese kõrvekarvades, arbuusi ja tomati viljalihas ja kilbuka juurekarvades. Protoplasma rotatsiooni on hästi näha vallisneerialehe pikilõigus, vesikatkulehe rakkudes (joonis 3), vetikates *Nitella* jne. Liikumiskiirus suureneb temperatuuri tõusuga, kuid ainult teatava piirini. Üldiselt on protoplasma liikumiskiirus väike, seda võib võrrelda näiteks taskukella minutiosuti liikumiskiirusega, aga mikroskoobi all näib see liikumine küllalt kiire.

Mürgised vedelikud surmavad protoplasma ja liikumine peatub, liikumist saab aga kiirendada väga väikeste alkoholi- või eetrikogustega.

Protoplasma liikumise otstarve ei ole siiani selge; oletatakse, et see soodustab ainevahetust rakkude vahel, eriti taime või tema osade vigastuste korral.

Protoplasma on ärritatav, s. t. ta on võimeline vastu võtma keskkonnamõjutusi (temperatuurimuutust, elektrivoolu, keemilisi, valgus- jt. ärritusi) ja reageerima nendele liikuma hakkamise, liikumise kiirenemise või katkemisega. Keskkonnatingimused avaldavad protoplasma funktsioonidele tugevat mõju.

Rakkude kuumutamine 50—60°-ni (vees) surmab protoplasma, sest valkained kalgastuvad selle temperatuuri juures. Bakterite spoorid hävivad 100° või sellest kõrgema temperatuuri juures. Mõned vetikad ja bakterid elavad aga kuumaveeallikate vees 50—70° ning kõrgema temperatuuri juures ja paljude taimede kuivad seemned taluvad —70°, —80°-st, bakterite spoorid isegi kuni —250°-st temperatuuri.

RAKUTUUM

Rakutuum asub alati protoplasmas (joonis 2). Tuum on kõikide rakkude tähtsaim koostisosa, bakteritel ja sinirohevetikatel ei ole teda aga näha, sest neil on tuumaaine jaotunud üle kogu protoplasma. Igas taimerakus on harilikult üks tuum, ainult mõnede seente ja vetikate rakkudes leidub neid kaks või rohkem. Mitmetuumalised on ka taimede piimasooned ja sigimike seemnealgmetes asetsevad lootekotid. Rakutuum on harilikult kerajas või ellipsikujuline, prosenhüümsetes rakkudes aga piklik.

Rakutuum on nagu protoplasmagi kolloidse ehitusega, kuid tihedama konsistentsiga ja murrab tugevamini valguskiiri. Elusas rakus näib tuum olevat struktuuritu (homogeenne) ja koosneb ühtlasest ning mõnikord peeneteralisest tuumaainest (karüplasmast). Tuumal on üks või mitu värvusetut tuumakest ja sageli tihe kest. Elektronmikroskoobi abil on näha, et tuumakest koosneb kahest kihist, mille vahel asub rasva sisaldav vahekiht. Tuum ja eriti tuumakesed värvuvad mõnede värvainete mõjul intensiivselt ja muutuvad seetõttu protoplasma foonil paremini

nähtavaks. Tuuma ja üldse raku uurimisel kasutatakse tavaliselt fikseerimismeetodit kange alkoholi või teiste mürgiste vedelikega, mille järel tuum hästi värvub. Surmatud tuumas valgud kalgastuvad ja pärast värvimist ilmub nähtavale tuumavõrk, mis koosneb kergesti värvuvast ainest (kromatiinist). Oletatakse, et tuumavõrgu silmustes paikneb tuumamahl (karüolümf).

Rakutuuma keemiline koostis erineb protoplasma keemilisest koostisest selle poolest, et rakutuum sisaldab erilisi valke (nukleoproteiide), s. t. nukleiinhapete keerukaid ühendeid valkudega, mille koostisse kuulub peale C, H, O, N, S veel P (fosfor). Rakutuum sisaldab desoksüribonukleiinhapet (DNH), tuumake aga ribonukleiinhapet (RNH). Rakuprotoplasmas DNH-d ei leidu, nukleiinhapetest esineb seal ainult RNH. Reaktiivide mõju tõttu valkudele värvub tuum nagu protoplasmagi, ainult intensiivsemalt (näiteks joodi mõjul tumekollaseks, protoplasma aga helekollaseks).

Tuumal on raku elus määrav tähtsus, temaga on seotud kõige olulisemad raku funktsioonid.

Suurte rakkude poolitamisel arenevad edasi ainult need pooled, mille protoplasmas on tuum. Sel puhul tõmbub rakukest ümber protoplasma, tuumata protoplasmaosakesed aga surevad. Niisuguseid katseid tegi möödunud sajandi 90-ndail aastail vene teadlane Gerassimov keermikvetika (*Spirogyra*) rakkudega. Ta sai tuumatuid, ühe- ja kahetuumalisi rakke ning täheldas, et tuumatud rakud pole eluvõimelised, kahetuumalised rakud aga arenevad ja jagunevad ühetuumalistest rakkudest hoogsamalt. Rakutuumades esinevad rakkude toitumist soodustavad fermendid. Rakutuumata on mõeldamatu rakkude paljunemine ja pärilike omaduste edasiandmine. Pärilikke omadusi annab edasi desoksüribonukleiinhape. Rakutuum tekib teistest tuumadest jagunemise teel (vt. lk. 51 «Rakkude paljunemine»).

PLASTIIDID

Peale protoplasma, tuuma ja kondriosoomide kuuluvad taimeraku protoplasti koostisse p l a s t i i d i d.

Plastiidid on protoplasmas paiknevad mitmesuguse kujuga elusad kehad. Rohelisi plastiide nimetatakse kloroplastideks, värvilisi (punaseid, kollaseid, oranže) kromoplastideks, värvituid leukoplastideks.

K l o r o p l a s t i d esinevad peamiselt kõrgematel taimedel. Nad on kujult ümmargused, ovaalsed, mõnikord mitmetahulised rohelised kehad. Põldude, aasade ja metsade taimestiku roheline värvus tuleneb kloroplastidest. Kloroplastid täidavad lehtede ja roheliste varte rakke ja vahel võib neid leida isegi juurtes, kui viimastele mõjub päikesevalgus, näiteks maisi lisajuurtes, mis

kasvavad välja maapealsetest varresõlmedest. Mikroskoobi all võib kloroplaste vaadelda sambla- (näiteks tähtsambla-) lehe läbipaistvates rakkudes. Samblarakkudes võib näha hulgaliselt küllalt suuri, ümmargusi, veidi laperguse kujuga rohelisi kehi. Need kehad koosnevad valgulisest värvusetust põhimassist, stroomast, mis on läbi imbunud värvainetega — rohelise klorofülliga, kollase ksantofülliga ja oranži karotiiniga. Klorofüll tekib valguse käes, pimedas kasvavad valged või kollased taimed.

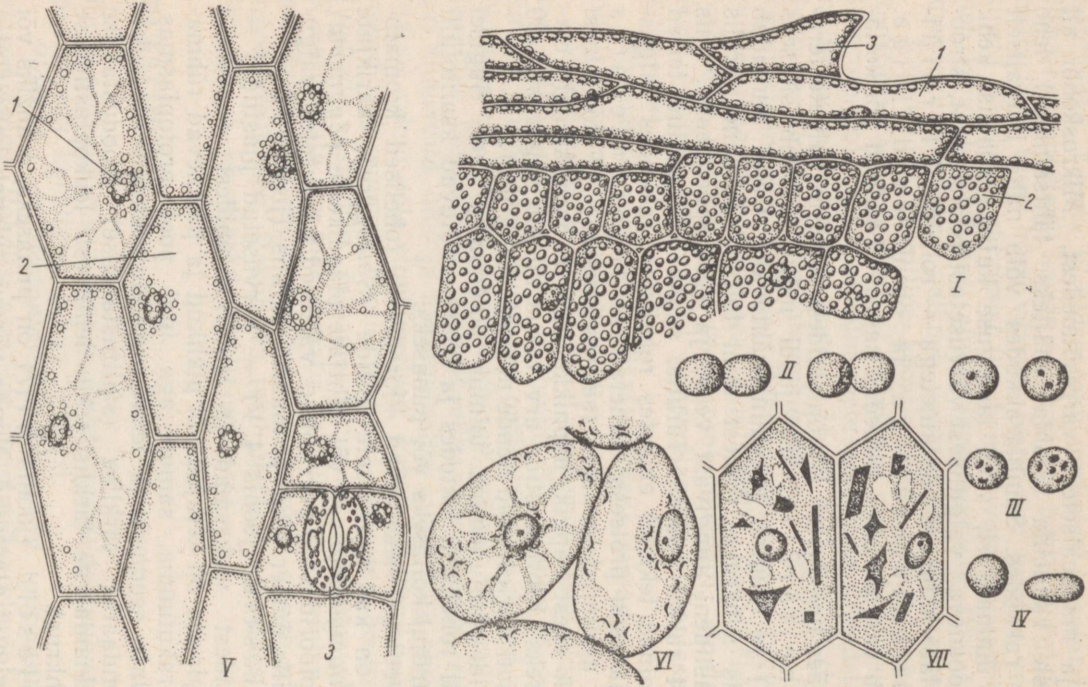
Valguse käes moodustub kloroplastides väikeste valgete teradena esmane tärklis, mis joodi mõjul värvub siniseks (tumesiniseks) ja muutub paremini nähtavaks. Öösel muundub esmane tärklis suhkruks, millest taim toitub. Esmane tärklis tekib kloroplastideni tungivast veest ja süsihappegaasist, mis samuti vabalt rakku pääseb. Tärklis, suhkur ja paljud teised orgaanilised ained tekivad elusates rohelistes rakkudes valguskiirte mõjul ja seda protsessi nimetatakse fotosünteesiks ehk süsiniku assimilatsiooniks (sarnastamiseks). Fotosünteesi juures eraldub veest hapnik, hapnikku aga on vaja kõigele elavale hingamiseks. Kloroplastide arv rakus kõigub tugevasti (20 kuni 50), samuti varieeruvad nende mõõted (2—6 μm).

Kloroplastide paljunemine toimub pooldumise teel. Sügisel hävib klorofüll rohelistes lehtedes ja lehed muutuvad ksantofülli või karotiini mõjul kollaseks või punaseks.

Paljudel vetikatel asendavad kloroplaste rohelised kromatofoorid, millel on kas spiraalsete lintide (*Spirogyra*), karikjate kehakeste (*Chlamydomonas*) või tähtjate plaadikeste (*Zygnema*) kuju. Kromatofoorides on pürenoidid, väikesed värvusetud valgukehakesed, mille ümber tekib primaarne tärklis (joonis 94).

Leukoplastid (joonis 4, *V*) — värvusetud plastiidid — on kloroplastidest väiksemad ja kondriosoomidest suuremad kehad. Leukoplastid on kerajad või piklikud ja paiknevad rühmadena ümber rakutuuma, samuti aga igal pool protoplasmas. Juurte, mugulate, seemnete ja teiste organite rakkudes on leukoplastid sekundaarse tärklise (säilitustärklise) moodustamise keskuseks. Sekundaarne tärklis tekib lehtedest leukoplastidesse kandunud suhkrust.

Kromoplastid (joonis 4, *VII*) on punaseks, oranžiks või kollaseks värvunud plastiidid. Nende värvus tuleneb kahest pigmendist: oranžist karotiinist ja kollasest ksantofüllist. Kromoplastid paiknevad tavaliselt ühtlaselt protoplasmas, mõnikord aga koonduvad nad ümber rakutuuma. Väliselt erinevad kromoplastid nii kloro- kui ka leukoplastidest; neil on korrapäratute sagarate, kolmnurksete plaadikeste, kepitaoliste või teraliste moodustiste kuju. Kromoplaste leidub punaste, oranžide või kollaste õiekroonide rakkudes, näiteks mungalillel, päevalillel ja kollasel lupiinil; nad annavad vastava värvuse ka kibuvitsa-, paprika- ja



Joonis 4. Rakukuju ja plastiidid rakus:

I — kloroplastid tähtsamblaleherakkudes; *1* — teritunud otstega pikenenud (prosenhüümsed) rakud; *2* — ühtlaselt arenenud (parenhüümsed) rakud; *3* — lehehambake. *II* — kloroplastid pooldumisprotsessis. *III* — primaarse tärklise terad kloroplastides. *IV* — kloroplastid. *V* — leukoplastid *Tradescantia virginica* lehe epidermirakkudes: *1* — leukoplastide koondumine ümber tuuma (protoplasmas); *2* — vakuoolid; *3* — õhulõhed. *VI* — kromoplastid pihlakavilja rakkudes. *VII* — kromoplastid porgandirakkudes.

pihlakaviljadele. Esimesel juhul nad meelitavad juurde putukaid, õite tolmeldajaid, teisel juhul aga loomi (linde jne.), kes aitavad vilju ja seemneid levitada. Kromoplastid annavad porgandi peajuurele oranži ja sügisestele lehtedele kollase, vahel ka punase värvuse.

Plastiidid muutuvad sageli: leukoplastid muutuvad kloroplastideks, kloroplastid kromoplastideks. Näiteks võib igal sügisel tähele panna, kuidas rohelised viljad (tomatid, pihlakad) muutuvad küpsedes punaseks. Plastiidid tekivad proplastiididest, mõnel taimel paljunevad nad pooldumise teel.

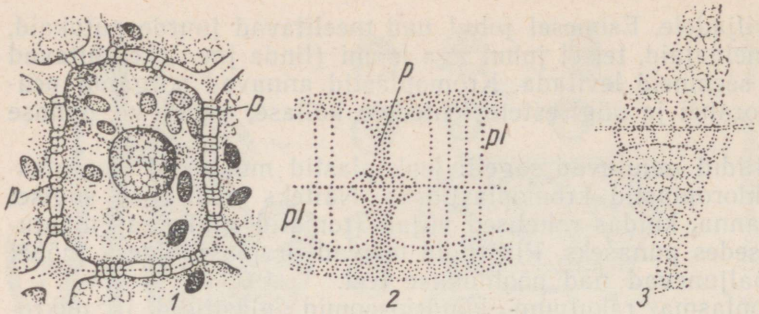
Protoplasma, rakutuum, kondriosoomid, plastiidid ja mikrosoomid on oma väiksusest hoolimata nendeks keskusteks, kus toimuvad kõige olulisemad eluprotsessid. Eespool oli juba juttu fotosünteesist, kus tähtsat osa etendavad kloroplastid, kuid sellest võtavad osa ka kõik teised raku elusad osad. Raku elusates osades toimub niisugune tähtis protsess nagu sarnastamine, s. t. toitainete muundamine taime elusateks osadeks, samuti fotosünteesile vastupidine protsess — hingamine, mis annab taime eluks vajalikku energiat. Rakkude eluks on vajalikud nii ainevahetus kui ka kindlad keskkonnatingimused, millega nad on pidevas vastastikuses seoses. Kui rakud väliskeskkonnast isoleerida, kärbuvad nad.

Kaasajal võimaldavad elektronmikroskoobid teadlastel uurida elusa raku molekulaarset struktuuri ja nende ainete molekulide ehitust, millest taim- ja loomorganismid koosnevad. Hoolika uurimise alla on võetud näiteks kondriosoomid (mitokondrid), milles toodetakse redoksreaktsioonil energiat ja muundatakse seda fosforiühendite keemiliseks energiaks, mida kasutatakse elutegevuseks. Mõned teadlased käsitavad kondriosoome kui väikesi «elektrijaamu», mis varustavad rakku energiaga. Mikrosoomides (üliväikestes osades mõõdetega 20—40 nm) on rikkalikult ribonukleiinhapet ja need osakesed on tähtsad valkude sünteesil.

RAKUKEST

Taimeraku protoplasti ümbritseb kindel kest. Aga raku sisu ei ole umbselt kinni «müüritud», õhuke kest laseb vedelaid ja gaasitaolisi aineid läbi, vastasel korral ei oleks ainevahetus võimalik.

Noore raku kest on nii õhuke, et raku sisaldis puutub tihedalt kokku naaberrakkude sisaldisega. Seda tänu pooridele, mida läbivad väga peened protoplasmaväädid, mis tungivad läbi naaberrakkude kesta. Neid vääte nimetatakse plasmodesmideks (joonis 5). Plasmodesme täheldatakse ka vanemates rakkudes ja *sellepärast ei tule taimorganismi käsitada kui eraldi paiknevate rakkude kolooniat, vaid kui ühtset tervikut, millel on nagu üks ühine protoplasma.*



Joonis 5. Poorid ja plasmodesmid rakukestas:
1 — poor *p* rakukestas; *2* — poor ja plasmodesmid *pl* esmases ja sekundaarses rakukestas; *3* — poorkanal ja plasmodesmid esmases rakukestas.

Kest on protoplasma ja tuuma elutegevuse produkt. Protoplasma kattub kestaga ainult sel juhul, kui tal on tuum. Rakukest kasvab uute kestaaineosakeste ladestumise teel olemasolevate osakeste vahele või peale. Tuuma lähedal pakseneb rakukest kiiremini. Õhukesele primaarsele kestale ladestuvad sekundaarse kesta kihid ja kest pakseneb seestpoolt. Harukordadel pakseneb kest üleni ja siis kärbub raku sisu. Tavaliselt pakseneb kest osaliselt. Eristatakse rakukesta poorilist, rõngalist, spiraalset, võrgulist jne. paksenemist (joonis 19). Poorilise paksenemise puhul kujutavad paksenemata kohad kestas endast poore, mis soodustavad ainevahetust rakkude vahel. Poorid võivad olla liht- ja koobaspoorid.

Poorid tekivad naaberrakkudes alati kohakuti ja kesta ristlõikes on neil kahe kanali kuju, mis on kord vaevalt märgatavad, kord jälle pikad ja vastu õhukest sulgkilet surutud. Sulgkile koosneb kahest primaarsest rakukestast, mis on omavahel eriliste ainetega kokku kleepunud (joonis 5). Kui poori pinnalt vaadelda, on ta väikese ketta kujuline või ovaalne ja mikroskoobis vaevalt nähtav isegi tõhusa suurenduse juures.

Koobaspooridest ja teistest rakukesta paksenemistest, mis annavad rakule tugevust, räägime edaspidi (joonis 19, 20).

Harva esineb rakukesta välispidist paksenemist. Seda täheldatakse tolmuterade tekkel tolmukapeas ja spooride tekkel sporangiumis, kus nende pealispind kattub valmimisel ogade, harjaste ja naastudega (joonis 66).

Rakukest koosneb süsivesikutest, s. t. orgaanilistest ainetest, mis sisaldavad süsinikku (C), vesinikku (H) ja hapnikku (O). «Süsivesikuteks» hakati neid nimetama sellepärast, et enamasti on nende ainete molekulides vesinikuaatomeid samas vahekorras nagu vees (H_2O), s. t. neid on kaks korda rohkem kui hapnikuaatomeid. Rakukesta ainet nimetatakse tselluloosiks ehk

kiudaineks ja selle keemiline valem on $(C_6H_{10}O_5)_n$. Puhas tselluloos on näiteks harilik puuvillavatt või filterpaber. Kloortsink-joodi lahusega mõjutamisel värvub tselluloos violettsiniseks. See reaktsioon on tselluloosile iseloomulik. Peale tselluloosi esineb rakukestas veel pektiinainet — protopektiini, mis kleebib naaberrakkude kestad kokku. Ferment protopektinaasi mõjul muundub protopektiin lahustuvaks pektiiniks, mida esineb ülevalminud viljade rakkudes (tomat, õun, arbuus, aprikoos). Rakkude lahutumist üksteisest rakuvahelise aine lahustumisel nimetatakse matseratsiooniks. Mõnede kartulisortide mugulad lagunevad keevas vees üksikuteks rakkudeks. Isegi tugevasti ühendatud puitunud rakke võib allutada matseratsioonile, keetes neid lämmastikhappe ja bertolee soola segus või kroomhappes.

Rakukest võib puituda, korgistuda, ränistuda ja limastuda.

Puituvad näiteks puu puidurakkude kestad. Ka rohttaimede varred puituvad vananedes. Puitumisel imbub tselluloos läbi erilise aine, ligniiniga, mis annab taimele tugevust ja mädanemiskindlust. Puitunud rakud kas kärbuvad, nagu näiteks puidusooned, või jäävad veel kauaks ellu, nagu protoplasma ja varuainetega täidetud puiduparenhüümirakud. Floroglutsiini $(C_6H_3(OH)_3)$ ja kontsentreeritud soolhappe (HCl) mõjul värvub puit kirsipunaseks. Aniliinsulfaadi mõjul muutuvad puitunud kestad kollaseks. Nimetatud reaktiivide abil tehakse puitunud taimerakukestad nähtavaks. Puitunud kestad looma seedeorganeis ei seedu.

Ligniini eemaldamiseks töödeldakse kesti naatriumvesiniksulfaadi või väävlishappega. Sel teel saadakse puidust tselluloosi, millest valmistatakse paberit, kunstsiidi ja lõhkeainet (püroksüliini). Tselluloos lahustub kanges väävelhappes. Tselluloosist võib saada ka suhkrut.

Ligniini loomulikku hävimist võib tähele panna näiteks pirni- ja küdooniaviljade kivisrakkude kestades viljade valmimisel.

Tselluloossete kestade korgistumisel imbuvad need läbi rasvataolise korkaine, suberiiniga.

Korgistunud kestad ei lase vett ega gaase läbi. Niisuguse kestaga rakud kärbuvad. Suberiiniga sarnaneb kutiin, mis ladestub lehtede ja rohttaimede varte pinnal asuvate rakkude väliskestale. Mõnede taimede pinda üleni katvat õhukest kutiinikihti (kilet) nimetatakse kutiikulaks. Mõnikord muutub kutiikula üsna paksuks ja siis ta ei lase üldse vett ja veeauru läbi (näit. okaspuudel, palmidel, pohlal jt. taimedel).

Korgistumine ja kutineerumine on taimedele kaitsevahendiks vee aurumise ja mikroorganismide sissetungimise vastu. Värv sudaan III värvib korgi ja kutiikula punaseks. Happed ja leelised korgistunud kesti peaaegu ei lahusta.

Kõrreliste, osjade ja tarnade rakukestad on räniga läbi

imbunud. Nende taimede varte karedus kaitseb neid tigude ja nälkjate vastu. Räni alandab märgatavalt nende söödaväärtust.

Rakukestade limastumist võib tähele panna näiteks lina- ja sinepiseemnetel, valminud kõrvitsavilja sisemuses jne. Kestad absorbeerivad suurel hulgal vett, paisuvad ja limastuvad. Seda liiki normaalne limastumine aitab paisunud seemnetel ja viljadel vett säilitada ja mullapinnale kleepuda, mis omakorda soodustab seemnete idanemist.

Ka «kirsivaik» tekib rakukestade limastumise tagajärjel. Niisugust limastumist nimetatakse luuviljaliste puude puhul gummoosiks ja seda loetakse patoloogiliseks (haiguslikuks) nähtuseks.

Rakukesta füüsikaline struktuur on hakanud selguma alles hiljaaegu, kui selleks otstarbeks võeti kasutusele elektronmikroskoop, röntgenikiired ja polarisatsioonioptika. Nüüd on teada, et pisimad niitjad tselluloosiosad, mitsellid, on omavahel mitmes suunas läbi põimunud (nagu niidid vildis). Mitsellide vahemikes leidub vett ja teisi aineid, mis on läbi kesta tunginud. Erinevalt parenhüümsetest rakkudest on mitsellid prosenhüümsetes rakkudes, näiteks kiutaimede niinekiududes, raku pikkuse suunas välja venitatud; nad on ainult mõnevõrra kaldu selle pikitelje suhtes. See kaldus annab lina- või puuvillakiududele veidi spiraalse ehituse või keeru, mistõttu nendest on hea niiti kedrata.

Pikuti paiknevate mitsellide vahel on prosenhüümsetes rakkudes vesiniku-põiksidemed, mis seovad mitselle omavahel. Peale selle esinevad rakukestas, nagu eespool nägime, protoplasmaväädid (plasmodesmid), mis ühendavad rakkude protoplasma ühiseks massiks.

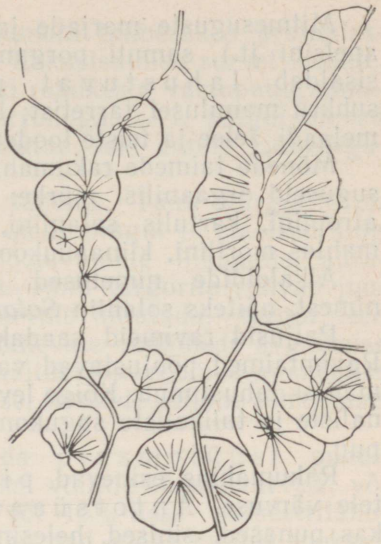
VAKUOOLID

Noores taimerakus täidab protoplasma kogu rakku. Niisuguses rakus on suhteliselt suurel rakutuumal keskne koht. Raku kasvamisel tekib protoplasmas pikkamööda hulk vakuoole, rakumahlaga täidetud õõsi (joonis 2, *III*), mis järjest suurenevad, ja paljud peened protoplasmaväädid ulatuvad rakuseinaäärsest protoplasmakihist keskkohani, kus asub tuuma sisaldav protoplasma. Lõpuks liituvad vakuoolid üheks ühiseks vakuooliks, mis hõivab suurema osa rakust. Rakutuum tõmbub vastu rakuseina ja peatub, ümbritsetuna protoplasmast, või siis liigub protoplasma rotatsiooni korral vooluga kaasa.

Ka rakukestaga toimub olulisi muutusi — kest kasvab teatava piirini, siis aga diferentseerub (sellesse ladestub ligniini, suberiini või tselluloosi).

Kärbuvad rakud täituvad õhu või veega.

Rakumahl koosneb veest, milles on lahustunud mitmesu-



Joonis 6. Inuliini sfärokristallid daalia juuremugularakkudes.

gused soolad, orgaanilised happed, pigmendid, suhkrud, lahustuvad valgud, parkained, glükosiidid, alkaloidid, inuliin ja paljud teised lahustuvad ained. Sooladest esinevad rakumahlas kaaliumkloriid, kaltsiumnitraat, magneesiumsulfaat, kaaliumvesinikfosfaat, raudkloriid ja paljud teised; orgaanilistest hapetest esinevad rakumahlas sidrun-, õun-, oblik-, viin-, merivaikhape jt. Rakumahla reaktsioon on happeline. Anorgaanilisi happeid ehedal kujul rakumahlas ei esine.

Rakumahlas lahustunud süsivesikutest on sagedasemad lihtsuhkrud: g l ü k o o s ehk viinamarjasuhkur ja f r u k t o o s, mis esinevad viinamarjades, ploomides, kirssides, õuntes, pirnides ja mujal.

Glükoosi ja fruktoosi valem on $C_6H_{12}O_6$ ja nad kuuluvad m o n o s a h h a r i i d i d e rühma. Rakumahlas esineb ka d i s a h h a r i i d e, sellesse rühma kuulub teine süsivesik, roosuhkur, mille valem on $C_{12}H_{22}O_{11}$. Roosuhkrut toodetakse suhkruroovartest, samasugust suhkrut saab ka suhkrupeedijuurtest, kus tema sisaldus on keskmiselt 15—20% (kuivainekaalust).

Maapirnimugulates, vaagi (*Inula*) ja teiste korvõieliste juurte rakumahlas esineb süsivesik, mille koostis meenutab tärklist ja mida nimetatakse i n u l i i n i k s. Kui daalia- või maapirnimugulatükikest alkoholis hoida, kristalliseerub inuliin hästi vaadeldavate sfärokristallidena (joonis 6). Inuliin on tärklist asendav toitaine.

Põhireaktiiviks monosahhariididele (glükoosile jt.) on F e h l i n g i l a h u s, mis annab monosahhariididega soojendamisel tellispunase värvusega vask(I)oksiidisademe (lk. 50).

Mitmesuguste marjade ja puuviljade (karusmarja, sõstarde, apelsini jt.), samuti porgandi, peedi jt. juurviljade rakumahl sisaldab lahustuvat pektiini, mis annab hapete ja suhkru manulusel tarretist; lahustuvat pektiini kasutatakse marmelaadi, želee ja teiste toodete valmistamisel.

Mõnede taimede rakumahl sisaldab alkaloide, s. t. mitmesuguseid orgaanilisi mürke: lupiinis on lupiniini, karumustikas atropiini, kartulis solaniini, tubakas nikotiini, maguna piimmahlas morfiini, kiinapuukoores hiniini jne.

Alkaloidide nimetused tulenevad taimede ladinakeelsest nimest, näiteks solaniin *Solanum*'ist, nikotiin *Nicotiana*'st jne.

Paljusid ravimeid saadakse just ravimtaimede alkaloididest. Ravimtaimed põhjustavad vahel mürgitusi. Alkaloidid on rakumahlas lahustunud. Kõige levinumad on nad maavitsaliste, magunaliste ja tulikaliste sugukonnas. Okaspuudest on mürgine jugapuu.

Rakumahlas esinevad pigmendid annavad taimeorganitele värvuse. Antotsüaani rühma kuuluvad pigmendid on kas punased, sinised, helesinised või violetsed; antokloori rühma pigmendid on aga kollased (näiteks käokannuse, kollase daalia ja nõiahamba kroonlehed).

Antotsüaan (*anthos* — õis, *küaneos* — sinine) annab värvuse lõosilmade, kannikeste, rooside, magunate ja kellukeste õiekroonidele, samuti punase või sinise kapsa ja paljude ilu- ning metsikute taimede lehtedele. Rukkilidandid omandavad antotsüaani toimel, eriti külma ilmaga, lilla või punaka värvuse. See pigmendirühm on looduses laialt levinud. Rakumahla happesuse muutumisel omandab antotsüaan mitmesuguse värvuse. Kopsurohul (*Pulmonaria*), lõosilmal (*Myosotis*) ja kurgirohul (*Borago*) võib õiekroonide värvus kevadel muutuda helesinisest punaseks ja lillaks. Rakumahl on väga tähtis rakuturgori tekkimisel.

RAKUTURGOR JA PLASMOLÜÜS

Mineraalsoolad, samuti vees lahustuvad orgaanilised ühendid (suhkrud jne.) annavad rakumahlale teatava kindla kontsentratsiooni. Protoplasma laseb kergesti vett läbi, kuid ei lase läbi vakuoolides paiknevaid sooli. Selle tõttu tuleb rakku vett juurde, sest vesi tungib läbi poolläbilaskva rakukesta ja protoplasma pindkihi suurema kontsentratsiooniga lahuse poole. Rakus tekib teatav osmootne rõhk. Osmootseks rõhuks nimetatakse rõhku, mis takistab vee tungimist lahusesse läbi poolläbilaskva membraani. Pinguletõmbunud elastse rakukesta vastusurvet osmootsele rõhule nimetatakse turgorrõhuks. Vee rakku pääsemine oleneb osmootse ja turgorrõhu vahest, s. t. raku imemisjõust.

Osmootse rõhu mõjul surub rakumahl taimerakus protoplasmale, protoplasma aga rakukestale. Rakusisaldise survet kestale, mida tasakaalustab pinguletõmmatud rakukesta vastupanu, nimetatakse rakuturgoriks. Turgorrõhuga, s. t. pingul olevad rakud on tihedalt üksteise vastu surutud, mis annab taimeorganitele elastsuse.

Turgoril on taimede elus suur tähtsus. Tänu turgorile on rohtsed taimeosad (lehed, varred ja õied) pingul ja elastsed ning kõik eluprotsessid, nagu assimilatsioon, ainete liikumine, auramine ja kasv, toimuvad normaalselt. Tänu turgorile saavad juured kasvamise ajal mullaosakesi kõrvale nihutada; turgor teeb võimalikuks lehtedel ning vartel paiknevate õhulõhede avanemise ja mitmesugused muud liigutused, näiteks õiekroonide avanemise ja sulgumise, lehtede kokkutõmbumise, lihakate viljade lõhkemise, tolmukate liikumise jne.

Turgori nõrgenemist võib jälgida plasmolüüsi puhul. Kui noored rohtsed varred (näiteks võilille õisikuvarvad või lehed) 30%-lisse suhkrulahusesse või 10%-lisse salpeetrilahusesse asetada, närtsivad ja lühenevad nad mõne minuti jooksul.

Mikroskoobis on näha, kuidas protoplasma hakkab plasmolüüsil järk-järgult rakuseintest eralduma (joonis 13). Nõrgal plasmolüüsil eraldub protoplasma ainult osaliselt (nõgus plasmolüüs), tugeval plasmolüüsil (kangetes lahustes) eraldub protoplasma aga täielikult ja võtab tombu kuju (kumer plasmolüüs). Protoplasti jääb tuum, protoplasma, plastiidid ja mõõtmetelt vähenenud vakuoolid. Kui rakumahlas leidub pigmenti (näiteks antotsüaani punase peakapsa rakkudes), muutub selle värvus plasmolüüsil eredamaks.

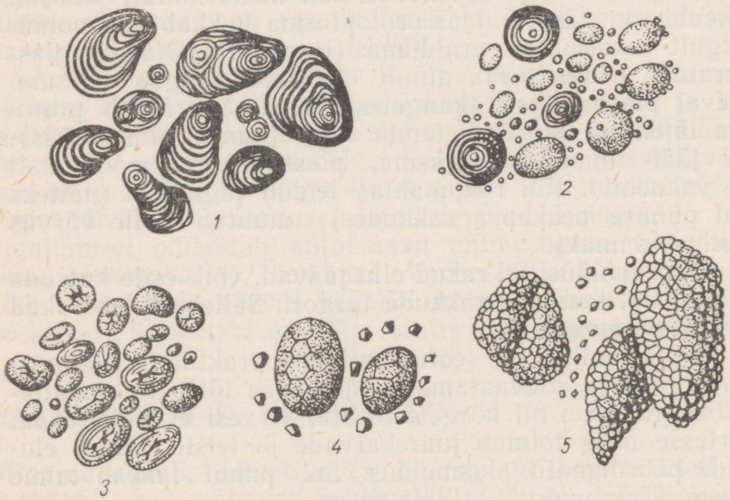
Juhul kui plasmolüüsitud rakud ellu jäävad, võib esile kutsuda deplasmolüüsi, s. t. taastada rakkude turgori. Selleks tuleb rakud puhtasse vette paigutada.

Turgor ja plasmolüüs on seotud mitmete praktiliste küsimustega. Liiga tugeva ja ettevaatamatu väetamise tõttu võib mullalahuse kontsentratsioon nii kõrgele tõusta, et vesi ei pääse enam vabalt juurtesse ning toimub juurekarvade ja teiste juure elusate rakkude pöördumatu plasmolüüs. Sel puhul lakkab taime kasv ja tõusmed hävivad või ei ilmu üldse.

Taimerakud kannatavad sageli veepuuduse all. Pärast turgori täielikku kadumist ei eraldu protoplasma rakukestast. Protoplasti maht väheneb, rakukest aga tiheneb ja deformeerub. See ei ole plasmolüüs, vaid rakkude kuivamine üleliigse auramise tagajärjel.

Tärklis. Tärklis ladestub tavaliselt mugulatesse, seemnetesse, koorde, varrepuitu ja -säsisse ning juurtesse.

Keemilise koostise poolest kuulub tärklis süsivesikute rühma, mida nimetatakse polüsahhariidideks, ja tema üldvalem on nagu tselluloosilgi $(C_6H_{10}O_5)_n$. Erinevalt tselluloosist värvub tärklis joodilahuse toimel siniseks ja violetseks. Vees tärklis ei lahustu, keeva vee mõjul muutub kliistriks. Inimese (ja loomade) süljes leiduva fermendi ptüaliini toimel, samuti taimedes leiduva fermendi diastaasi toimel muundub tärklis suhkruks. Niisugune muundumine toimub pidevalt lehtedes, kus fotosünteesiprotsessis kloroplastides tekkinud primaarne ehk assimilatsioonitärklis muundub suhkruks ja kantakse teistesse organitesse. Säilitusorganeisse kandunud suhkrust tekib sekundaarne ehk säilitustärklis. Me juba rääkisime (lk. 27), et sekundaarne tärklis moodustub leukoplastides.



Joonis 7. Tärklisterad:
1 — kartulil; *2* — nisul; *3* — aedoal; *4* — kaeral (liitterad); *5* — tatral.

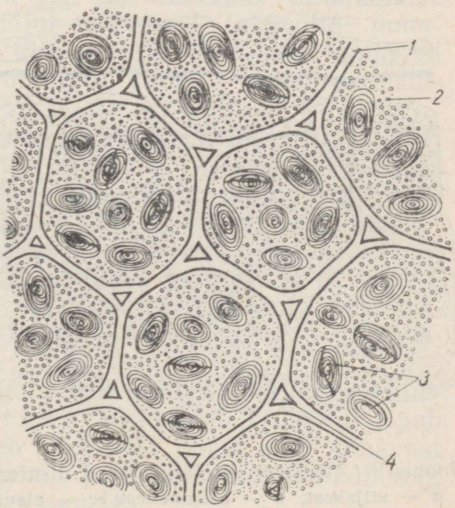
Tärklisterade kuju on igal taimeliigil erinev; see sõltub leukoplastide kujust ja kohast, kus tärklis neis tekib. Tärklisterad on kujult õige mitmesugused (joonis 7). Kõige sagedamini esineb liht-tärklisteri.

Liblikõieliste taimede (herne, aedoa jt.) tärklisterad on ovaalsed, keskel asuva tekkekeskuse ja kontsentrilise kihistusega; nisu ja odra tärklisterad on ümmargused, läätsjad, samuti kontsentrilise kihistusega; kar-

tuli tärklisterad on mitmesuguse kujuga, sagedamini aga munajad ja *ekstsentrilise kihistusega*; mõned kartuli tärklisterad on mitme tekkekeskusega *liitterad*; kui liittera osi ümbritseb ühine kiht, nimetatakse neid poolliitteradeks. Kartulitärklise liit- ja poolliitterad esinevad mikroskoobi vaateväljas lihtterade seas ühekaupa. Paljudel tärklisteradel on radiaalsed praod, mis on tekkinud muljumisel või tärklise suhkruks muundumisel. Pragude radiaalne suund viitab tärklisterade sfärokristalsele ehitusele, tärklisterad koosnevad radiaalselt paiknevaist peenikestest kristalsetest nõeltest. Polariseeritud valguses annavad kartuli tärklisterad musta risti kuju. See annabki põhjust neid sfärokristallideks pidada, mis koosnevad väga väikestest nõeljatest kristallidest, trihhiitidest. Tärklisterade kihistus ei ole alati hästi nähtav. Seda põhjustab osalt kobedam, osalt aga tihedam aineehitus, mis sõltub suhkru ebaühtlasest juurdevoolust päeval ja öösel. Tumedamad, veerikkamad ja kobedamad kihid tekivad öösel, heledamad, laiemad ja tihedamad kihid aga päeval. Keerulise ehitusega, ümmargused või ovaalsed ja peenevõrgulise pinnaga on kaera tärklisterad. Nad koosnevad mitmest terast, mis on omavahel kokku kasvanud ja lagunevad vajutamisel kergesti hulktahukaiks. Tatral on kogu rakk nagu ühest suurest tärklisterast täidetud, mis koosneb paljudest väikestest, koost lagunevatest lihtteradest.

Tärklis on kõva (tahke) toitaine, mis on tekkinud glükoosist ja võib jälle kergesti lahustuvaks suhkruks muutuda. *Primaarne tärklis* tekib kloroplastides fotosünteesi tulemusena (joonis 4, *III*). Soodsates tingimustes täidab primaarne tärklis kiiresti kloroplastid ja muundub fermentide mõjul glükoosiks. Lehefloeemis tekib glükoosist sahharoos, mis juhtkudede kaudu teistesse organitesse (varde, juurtesse, viljadesse) liigub, kus ta osaliselt säilitustärkliseks muundub; muundumine toimub leukoplastides.

Aleuroonterad ja taimeõlid. Varuaine-valkude hulka kuuluvad aleuroon- ehk proteiinterad. Nende poolest on eriti rikkad liblikõieliste taimede seemned (hernes, aeduba, põlduba jt.). Lib-



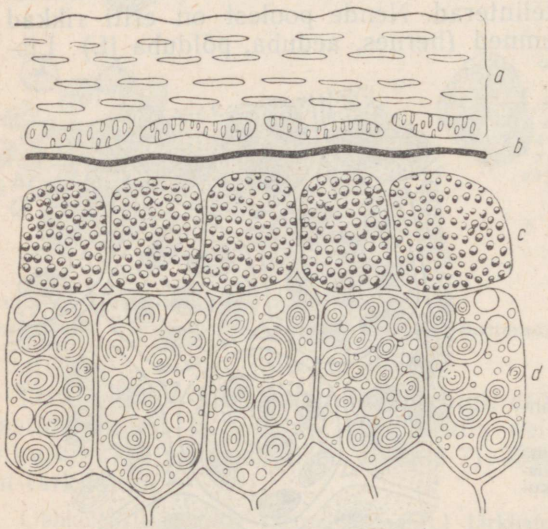
Joonis 8. Tärklis- ja aleuroonterad herneidulehes (lõikes):
1 — rakukest; *2* — protoplasma ja aleuroonterad; *3* — tärklisterad; *4* — õhuga täidetud rakuvaheruumid.

likõieliste seemneis paiknevad väikesed aleuroonterad suuremate tärklisterade vahel ühes ja samas rakus (joonis 8). Nad on ümmargused, läikivad ja tavaliselt kergesti eristatavad preparaadi joodilahusega töötlemisel, mille mõjul nad värvuvad kuldkollaseks. Kõrreliste teristes on aleuroonteradega täidetud otse seemnekesta all olevad rakud. Seda rakkude kihti nimetatakse aleuroonkihiks (joonis 9). Odral koosneb aleuroonkiht mitmest, nisul ja rukkil ühest rakkude reast. Terise ristlõike joodiga töötlemisel värvuvad aleuroonterad kollaseks, sügavamal asuvad ja tärklisega täidetud rakud värvuvad aga tumesiniseks või violetseks.

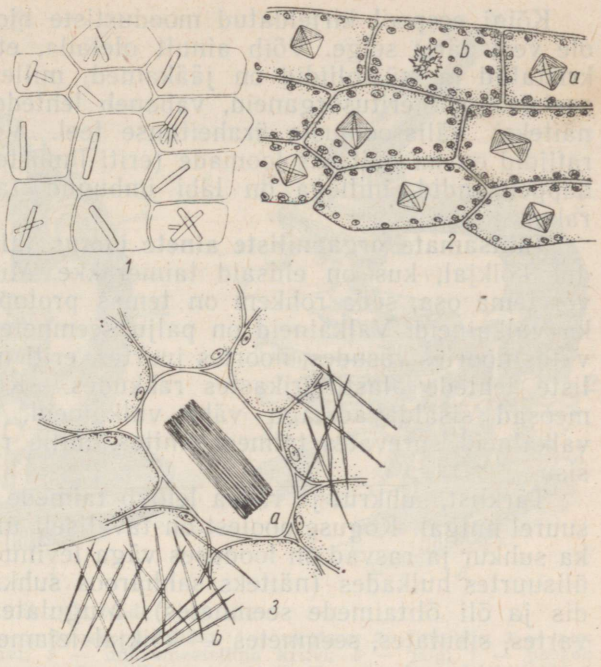
Päritolult peetakse aleurooni protoplasma põhiainesse tekkinud väikeste vakuoolide tihenenud sisuks. Aleuroonkiht eritab fermente, mis soodustavad orgaaniliste ainete lahustumist.

Riitsinuse (*Ricinus*) seemne endospermi ristlõikel võib näha keerukaid ovaalseid aleuroonteri, mis sisaldavad fosforhappest ja magneesiumist koosnevaid kehakesi, globoide. Ülejäänud osas on näha valgukristalle, ühe- või mitmekaupa igas teras. Riitsinuseseemnete protoplasmas on ka palju õlitilku.

Taimeõli esineb laialt levinud rikkaliku varuainena õlitaimede (lina, kanepi, sinepi, päevalille jt.) seemnetes, millest seda toodetakse. Ka nendest taimedest tehtud õlikoogid on õli- ja valgurikkad ning neid loetakse jõusöötadeks. Maisiseemnetes on õli koondunud idusse, olles sellele väärtuslikuks toiduaineks, mis on eriti vajalik kasvu algul. Taimeõlid asetsevad väikeste



Joonis 9. Aleuroon- ja tärklisterad nisuterise ristlõikes:
a — viljakest; *b* — seemnekest; *c* — aleuroonkiht; *d* — tärklisteradega rakud.



Joonis 10. Kristallid rakkudes:
1 — kuivas sibulasoomuses; *2* — begoonialeherootsus: *a* — oktaeedriga rakk; *b* — druusiga rakk; *3* — rafiidid kuutõverohurisoomis: *a* — rafiidiga rakk; *b* — lagunev rafiid.

tilkadena protoplasmas. Sudaan III või alkanna (lõunamaise taime) juurte alkoholileotise mõjul värvuvad taimeõlid punaseks, osmiumhappe mõjul aga mustaks. Ühed taimed annavad kuivavaid õlisid (tungpuu, magun, lina, kanep), teised mittekuivavaid õlisid (maapähkel, riitsinus).

Kristallid ja tsüstoliidid. Taimerakkudes sageli esinevad kaltsiumoksalaadikristallid on kuubi-, oktaeedri-, prisma- või kobarakujulised (kobarakujulisi kristalle nimetatakse druusideks). Huvitavad on ka nõeljad kristallid, rafiidid, mis on mõlemast otsast teritunud ja paiknevad rakus kimbukaupa (joonis 10).

Kauneid kristalle võime leida spinati-, bergeenia- ja fuksialehtedes, kuutõverohu risoomis, pärnakoores, begoonia leherootsus, kibuvitsaviljade viljalihas ning kuivades sibula- ja küüslaugusoomustes.

Kanepi-, nõgese- ja kummipuulehtede epidermirakkudes esinevad kühmudega kaetud kotjad tsüstoliidid. Tsüstoliit ripub suurenenud rakuõõnes ja koosneb lühikesest jalast ning vohavast tselluloossest kestast, mida katavad kaltsiumkarbonaadikühmud; need lahustuvad kergesti lahjades hapetes.

Kõigi eespool kirjeldatud moodustiste bioloogiline tähtsus ei ole veel päris selge. Võib ainult oletada, et kaltsiumoksalaadikristallid ja tsüstoliidid on jääkained, millest taim, millel pole spetsiaalseid eritusorganeid, vabaneb lehtede, koore ja (sibulas näiteks) välissoomuste äraheitmise teel. Võimalik, et nõeljad rafiidid on ka kaitseks loomade (eriti limuste) vastu, nagu ränihappeühendid, millega on läbi imbunud tarnade ja kõrreliste rakukestad.

Tähtsamate orgaaniliste ainete jaotus taimes. Valkaineid leidub kõikjal, kus on elusaid taimerakke. Mida noorem on taim või tema osa, seda rohkem on temas protoplasmat ja järelikult ka valkaineid. Valkaineid on palju seemnetes, pungades, kasvavates noortes võsudes, noortes juurtes, eriti nende otstes, ja roheliste lehtede plastiidirikastes rakkudes. Kasvu lõpetanud taimeosad sisaldavad aga vähe valkaineid, ja veel vähem on valkaineid surevates taimeorganites, mille rakud kaotavad oma sisu.

Tärklist, suhkrut ja rasva leidub taimede säilitusorganeis alati suurel hulgal. Koguse poolest on tavaliselt ülekaalus tärklis, kuid ka suhkur ja rasvad on looduses väga levinud ja talletuvad vahel ülisuurtes hulkades (näiteks sahharoos suhkruroos ja suhkrupeedis ja õli õlitaimede seemnetes). Mugulates, lihakates juurtes, vartes, sibulates, seemnetes — kõikjal leiame toitainevarusid.

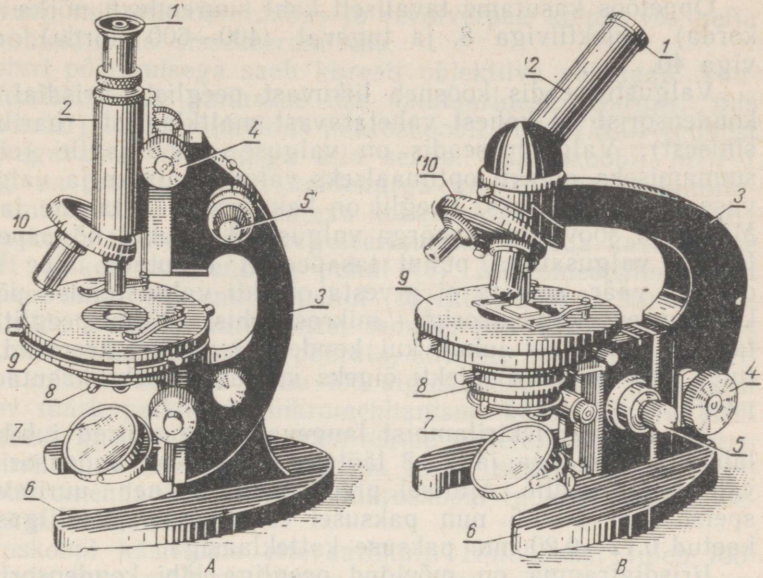
LABORATOORSED TÖÖD (RAKK)

Mikroskoobi ehitus ja käsitsemine. Kõige tavalisemad mikroskoobid on õppelaboratooriumides bioloogilised mikroskoobid МБР-1 (МБИ-1) ja М-11 (М-9), mida näeme joonisel 11. Need annavad 50—1350-kordse suurenduse.

Igas mikroskoobis, olenemata tema konstruktsioonist, eristatakse optilist ja mehhaanilist osa.

Mikroskoobi peamine, optiline osa koosneb objektiivist, vahetatavatest okulaaridest ja valgustusseadisest. Objektiivi abil, mis koosneb 5—7 läätsest moodustatud süsteemist, saadakse uuritavast objektist (või selle osast) tugevasti suurendatud tõeline ümberpööratud kujutis ja okulaari abil vaadeldakse seda kujutist nagu läbi luubi. Okulaar koosneb 2—3 läätsest ja suurendab objekti kujutist, sellele detaile lisamata. Harilikult on mikroskoobil 3 objektiivi, mis annavad 8-, 40- ja 90-kordse suurenduse.

Vastavalt sellele on objektiivil number 8, 40 või 90. Samamoodi on ka okulaaridele nende suurendus märgitud. Kõige sagedamini kasutatakse okulaare suurendusega 7, 10 ja 15 korda (vastavalt sellele on neil tähistis 7x, 10x või 15x). Mikroskoobi ligikaudset suurendust võib määrata, korrutades objektiivi suurenduse okulaari suurendusega. Näiteks kui okulaar on 10x ja objektiivid



Joonis 11. Bioloogiliste mikroskoopide üldvaade:
A — mikroskoop M-11; *B* — mikroskoop МБР-1; *1* — okulaar; *2* — tuubus; *3* — tala; *4* — makromeetriline kruvi; *5* — mikromeetriline kruvi; *6* — jalg; *7* — peegel; *8* — kondensor ja iirisdiafragma; *9* — liikuv esemelaud; *10* — revolver objektiividega.

8 ja 40, saame me mikroskoobis suurenduse $8 \times 10 = 80$ korda ja $40 \times 10 = 400$ korda, kui aga okulaar on 15x ja objektiivid 8 ja 40, saame vastavalt 120- ja 600-kordse suurenduse. Mikroskoobi vaatevälja mõõtmed on piiratud spetsiaalse diafragmaga, mis paikneb okulaari sees läätsede vahel. Selle tõttu me näeme mikroskoobi väikesel suurendusel objekti üldpilti, suurel suurendusel aga vaadeldava objekti tsentraalset osa. Objektiivile on peale suurendust näitavate numbrite märgitud ka veel numbrid, mis tähistavad objektiivi apertuuri arvulist (numbrilist) väärtust (0,20, 0,65, 1,25)[1]. Mida suurem on objektiivi apertuuri arvuline väärtus, seda suurem on tema lahutusvõime ja seda väiksemaid detaile võib uuritavas objektis näha. Vahel on objektiivile märgitud ka veel kolmas arv, mis tähistab katteklaasi paksust, mille jaoks objektiiv on arvestatud.

[1] Objektiivi apertuuri arvuline väärtus (NA) on suurus, mis iseloomustab objektiivi valguse koondamise võimet. Mikroskoobi objektiivi lahutusvõime (d) määrab väikseima osakese diameeter, mida on võimalik mikroskoobis näha: $d = \frac{\lambda}{2NA}$, kus λ on valguskiire lainepikkus ja NA objektiivi apertuuri arvuline väärtus.

Õppetöös kasutame tavaliselt kaht suurendust: nõrka (56—80 korda), objektiiviga 8, ja tugevat (400—600 korda), objektiiviga 40.

Valgustusseadis koosneb liikuvast peeglist, iirisdiafragmast, kondensorist ja kahest vahetatavast mattklaasist (harilikust ja sinisest). Valgustusseadis on valguse preparaadile (objektile) suunamiseks, objekti optimaalseks valgustamiseks ja valgustugevuse reguleerimiseks. Peeglil on kaks poolt — tasane ja nõgus. Mõnikord soovitatakse nõrga valgusallika puhul nõguspeeglit ja tugeva valgusallika puhul tasapeeglit kasutada. See soovitus on aga väär, sest ta ei arvesta objekti valgustamise põhimõtet kaasaegses kondensoriga mikroskoobis. Nõguspeeglit kasutatakse ainult sel juhul, kui kondensor on ära keeratud, muidu tuleb aga uuritava objekti õigeks valgustamiseks kasutada tasapeeglit.

Aknast või elektrilambist langevad valguskiired juhib peegel läbi diafragmaava ja 2—3 läätsest koosneva kondensori uuritavale preparaadile. Ajutisel preparaadil paikneb uuritav objekt spetsiaalsel 1—1,5 mm paksusel esemeklaasil veetilgas ja on kaetud 0,12—0,20 mm paksuse katteklaasiga.

Iirisdiafragma on mõeldud peegliga läbi kondensori preparaadile juhitava valgusvoo laiuse muutmiseks vastavalt objektiivi eesmise läätse diameetrile. Selleks võetakse preparaati vaatlema asudes okulaar välja ja vähendatakse mikroskoobi tuubusesse vaadates kondensori diafragmaava kuni diafragma servad ilmuvad objektiivi eesmise läätse heledale foonile. Seejuures muutub diafragmat läbiv valgusvihk ligikaudu võrdseks selle valgusvihuga, mis võib läbida objektiivi eesmist läätse. Muuks otstarbeks ei soovitata diafragmat kasutada, sest see võib objekti kujutise kvaliteeti kahjustada.

Kondensorit saab liigutada spetsiaalse makromeetrilise kruvi abil, mis võimaldab preparaati esemeklaasi mitmesuguse paksuse juures optimaalselt valgustada (see tähendab valgusvihk objektile fokuseerida). Tavaliselt on kondensor kõige ülemises asendis ja objekti valgustustugevuse reguleerimiseks ei tule seda alumisse asendisse paigutada.

Valgustustugevust reguleeritakse valge või sinise mattklaasiga, mis asetatakse kondensori iirisdiafragma all paiknevasse spetsiaalsesse tagasikäänatavasse raami.

Mikroskoobi mehhaaniliste osade hulka kuuluvad mikroskoobi jalg (statiiv); šarniir (puudub mikroskoopidel МБР-1 ja МБИ-1); kaarekujuline tala; makromeetriline kruvi (koos hammaslati ehk kremaljeeriga) kondensori ja diafragma nihutamiseks; liikumatu esemelaud, millel on keskel ava, kaks vedruklambrit (klemmi), kaks kruvi laua nihutamiseks ja stoppkruvi; makromeetriline kruvi mikroskoobi tuubuse nihutamiseks (jäme reguleerimiskruvi); mikromehhanismi karp ja sellega seoses olev mikromeet-

riline kruvi; mikroskoobi tuubus ja revolverpea kolme või nelja pesaga objektiivide sissekeeramiseks.

Revolvri pööramisega saab kiiresti objektiive vahetada. Tuubuse ülemisse ossa pannakse üks okulaaridest. Šarniir, mis ühendab tala jalaga, võimaldab mikroskoobil M-11 (M-9) tuubust kõige mugavama kaldenurga alla seada. Mikroskoobil МБР-1 (МБИ-1) on tuubus püsiva kaldenurga all. Preparaat kinnitatakse klambrite abil esemelaua ava kohale. Makromeetriline kruvi on mikroskoobi tuubuse jämereguleerimiseks ja seda kasutatakse harilikult väikese suurenduse puhul (8). Mikromeetrilist kruvi kasutatakse suure suurenduse puhul (objektiivid 40 ja 90) objekti kõigi kihtide paksuse uurimiseks; seda ei tohi ühes ega teises suunas rohkem kui üks pööre pöörata, et mitte õrna mikromeetrilist mehhanismi rikkuda. Enne töö algust peab tala liikumatul osal olev märk paiknema mikromehhanismi karbi liikuval osal oleva kahe kriipsu vahel (märk on tehtud küljele) ja mikromeetrilisel kruvil olev märk peab asuma kruvi skaalal oleva nulli kohal. Mikromehhanism nihutab mikroskoobi tuubust koos jämereguleerimismehhanismiga.

Mikroskoopi käsitseme ettevaatlikult. Hoiukohast tuleb töökohale teda tuua mõlema käega: üks käsi hoiab tuubust, teine alust. Revolvri või kruvide käsitsemisel ei tohi jõudu kasutada. Kõik mikroskoobi osad tuleb puhtad hoida ja kaitsta neid kokkupuutumise eest keemiliselt aktiivsete vedelikega (happed, alused, orgaanilised lahustid). Objektiivi, okulaari ja kondensorit ei tohi sõrmedega puudutada. Nende määrdumisel tuleb neid puhastada puuvillase lapiga (kuiva või siis vee, bensiini või piirituse ja eetri seguga niisutatud lapiga). Töö lõpetamisel tuleb mikroskoop polüetüleenist või tihedast materjalist tolmukindla kattega katta. Mikroskoopi võib parandada, puhastada ja õlitada ainult vilunud meister.

Sibulasoomuse epidermirakkude uurimine mikroskoobiga. Sibulasoomuse epidermirakkude põhiosade uurimisel kasutame värvitud mikroskoopilist püsipreparaati. Preparaat koosneb esemeklaasist, mille keskel paikneb õhukese katteklaasi all väike värvitud sibulasoomuse epidermitükike glütseriin-želatiini või kanada palsami tilgas. Esemeklaasi ühte otsa on kinnitatud paberist lipik preparaadi nimetusega.

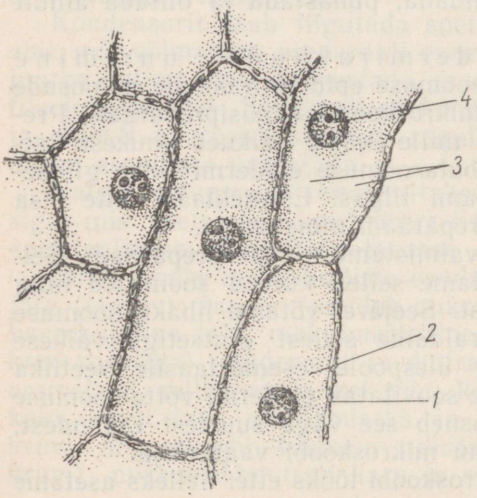
Kui püsipreparaati ei ole, valmistame ajutise preparaadi. Selleks võtame sibula ja eemaldame sellelt kuivad soomused ning üks kuni kaks lihakat soomust. Seejärel võtame lihaka soomuse kumeralt küljelt epidermi, eraldame sellest pintsetiga väikese tüki, asetame selle, väliskülg ülespoole, esemeklaasile veetilka ja katame katteklaasiga. Ei ole soovitatav epidermi võtta soomuse nõgusalt küljelt, sest siin koosneb see väga suurtest rakkudest, mis suurel suurendusel ei mahu mikroskoobi vaatevälja.

Kõigepealt valmistame mikroskoobi tööks ette. Selleks asetame

mikroskoobi tuubusega enda poole (mikroskoopidel M-11 ja M-9 kallutame tuubust, nii et okulaar on silma tasapinnal). Siis tõstame mikroskoobi kondensorit, nii et selle ülemine lääts asuks esemelaua tasapinnal, ja avame täielikult kondensori diafragma. Juhul kui laua liikuv osa on keskasendist ära nihkunud, tsentreerime selle kahe kruvi abil. Revolvrit pöörates seame väikese suurenduse (8) objektiivi esemelaua keskava kohale ja makromeetrilise kruvi abil asetame objektiivi umbes 1 cm kõrgusele esemelauast. Peegli tasase poole seame tööasendisse ja ühe silmaga vaadates (teist silma ei tule kinni pigistada!) pöörame peeglit nii, et peegelduv valguskiir satuks silma, läbides enne diafragmaava, kondensori, esemelauaava, objektiivi ja okulaari. Seejuures peab vaatevälja sõõr olema selge ja ühtlaselt valgustatud.

Preparaadi asetame esemelauale, nii et sibula epidermi tükike asuks parajasti väikese suurenduse objektiivi all, ja kinnitame ühe klambriga. Küljelt vaadates langetame makromeetrilise kruvi abil ettevaatlikult tuubust, nii et objektiivi ja preparaadi vahe oleks 3—4 mm. Siis tõstame okulaari vaadates sama kruvi abil tuubust niikaua, kuni vaateväljale ilmub väikestest rakkudest koosneva epidermi kujutis. Preparaati sõrmede abil nihutades leiame objektil vajaliku koha ja asetame selle vaatevälja keskele. Nüüd kinnitame preparaadi teise klambriga, seame kondensori diafragmale vajaliku diameetri ja uurime rakke väikesel suurendusel.

Sibula epidermirakkude uurimiseks suurel suurendusel vahetame revolvrit pöörates väikese suurenduse (8) objektiivi suure suurenduse objektiiviga (40). Heades mikroskoopides peaks rakkude kujutis otsekohe küllalt terav olema, ebaselget kujutist tera-



Joonis 12. Sibulasoomuserakud:
1 — rakukest; *2* — protoplasma; *3* — vakuoolid; *4* — tuum ja tuumakesed.

vustame mikromeetrilist kruvi keerates. Seejärel võtame okulaari välja ja reguleerime suure suurenduse objektiivi jaoks kondensori-diafragmat (kuni diafragmaservade kujutis mikroskoobi vaateväljа ilmub). Siis nihutame esemelauakruvide abil preparaati ja leiame koha, kus sibulasoomuse epidermirakud on hästi nähtavad, ja uurime neid.

Hästi ettevalmistatud ja värvitud preparaadis on näha õhukesi rakukesti, mis eraldavad üht rakku teisest, protoplasmat, tuuma, tuumakesi ja vakuoole (joonis 12). Vanemates rakkudes paikneb protoplasma vastu rakukesta, moodustades seinaäärse kihi. Vanematel rakkudel on üks suur keskvakuool. Noortes rakkudes täidab protoplasma kogu rakku, tuum paikneb keskel ja vakuoole ei ole. Keskmise vanusega rakkudes on peale seinaäärse protoplasmakihi veel protoplasmaväädid, mis kulgevad seinte äärest keskossa, kus asetseb protoplasmast ümbritsetud tuum. Niisugustes rakkudes on mitu vakuooli.

Joonistame töövihikusse terava pliiatsiga kolme tüüpi rakke, mis moodustavad kattekoe fragmendi. Joonise varustame pealkirjadega.

Pärast töö lõppu vahetame suure suurenduse objektiivi revolvrit pöörates väikese suurenduse objektiiviga. Preparaadi võtame esemelaualt ära alles väikese suurenduse juures. Pühime mikroskoobi kuiva õhukese lapiga puhtaks ja katame kupliga.

Kloroplastid tähtsambla (*Mnium*) lehe rakkudes. Parenhüümsed rakud, primaarne tärklis kloroplastides (joonis 4, *I—III*). Võtame klaaspulgaga klaasist tilga keedetud ja jahutatud vett ning asetame keset esemeklaasi. Siis rebime pintsetiga tähtsamblalt lehe ja paneme veetilka. Katame veetilga ja lehe katteklaasiga. Seejuures tuleb jälgida, et lehele ei satuks õhumulli; vastasel korral peame kogu protseduuri otsast peale läbi tegema. Kui selgub, et vett on vähe, lisame seda katteklaasi serva juurde; kui aga katteklaasi alt pressib vett välja, imeme selle filterpaberiribaga ära. Valmis preparaati vaatleme algul väikesel suurendusel. Näeme lehekuju ja palju väikesi rakke. Preparaati nihutades ja makromeetrilist kruvi keerates teeme kindlaks, kas leht on terveservaline või hambulise servaga ja mitu rakkude rida on leht paks. Me näeme pikenenud rakke lehe servas ja pikenenud rakke, mis moodustavad lehe keskosas roo; neid nimetatakse prosenhüümseteks rakkudeks, ülejäänuid aga parenhüümseteks rakkudeks. Siis vaatleme suurel suurendusel raku ehitust ja otsime üles kloroplastid, mis annavad lehele rohelise värvuse. Preparaadi seame nii, et hambuline leheserv oleks mikroskoobi vaateväljas hästi näha. Suurel suurendusel joonistame detailselt mõned prosenhüümsed ja parenhüümsed rakud, samuti kloroplaste rakus (joonis 4, *I*).

Kui tähtsammal on enne vaatlust valguse käes olnud, siis

näeme suurel suurendusel kloroplastides ka primaarse tärklise teri.

Kromoplastid kibuvitsa (*Rosa*) vilja rakkudes. Kibuvitsa või pihlaka eredavärvilistes viljades leidub hulgaliselt kromoplaste. Kaabime nõelaga veidi viljaliha esemeklaasile veetilka, katame katteklaasiga ja vaatleme rakke väikesel ja suurel suurendusel. Näeme värvilisi plastiide, kromoplaste, mida leidub kõikjal protoplasmas, eriti rohkesti aga rakutuuma ümber. Joonistame mõned rakud ja plastiidid. Eri taimede ja erinevas valmimisastmes viljade rakkudes on kromoplastidel erinev kuju: kibuvitsal on nad punased ja kerajad, pihlakal kõverate pulkade kujulised, porgandil plaadikeste, kolmnurkade ja oranžide pulkade kujulised.

Leukoplastid ja antotsüaan seebralille (*Tradescantia discolor*) lehe epidermirakkudes. Pöörame värskel lillaks värvunud seebralillelehel alumise poole üles ja keerame lehe ümber vasaku käe nimetissõrme, hoides teda kinni sama käe keskmise sõrme ja pöidlaga. Rebime terava pintseti abil tüki epidermi koos keskrooga, asetame esemeklaasile veetilka ja katame katteklaasiga. Epidermitükike peab olema väike, õhuke ja violetne. Vaatleme preparaati algul väikesel ja siis suurel suurendusel. Väikesel suurendusel näeme värvunud ja värvumata rakke. Värvunud rakke uurime ja joonistame suurel suurendusel (joonis 4, *V*). Pöörame tähelepanu violetseks värvunud rakkude kujule, rakutuumale ja tuuma ümber koondunud värvitutele plastiididele, leukoplastidele. Leukoplaste leidub ka teistes rakuosades, kindlasti aga protoplasmas. Et vakuoolid on nendes rakkudes hästi arenenud ja pigment antotsüaan värvib rakumahla violetseks, siis on protoplasma neis rakkudes peaaegu märkamatu.

Katsed pigment antotsüaaniga[1]. Keedame punase kapsa lehti kolvis ja valame violetse vee katseklaasi. Lehed omandavad kolvis roheka värvuse. Järelikult oli klorofüll lehtedes antotsüaaniga maskeeritud. Lisades katseklaasi valatud violetsele antotsüaanilahusele mõned tilgad nõrka hapet (näiteks äädik- või sidrunhapet), näeme, et lahuse violetne värvus muutub roosaks või punaseks. Kui me (violetsele) antotsüaanile lisame tilkhaaval alust (näiteks ammoniaagi vesilahust), näeme värvuse muutumist algul helesiniseks, seejärel roheliseks ja kollaseks.

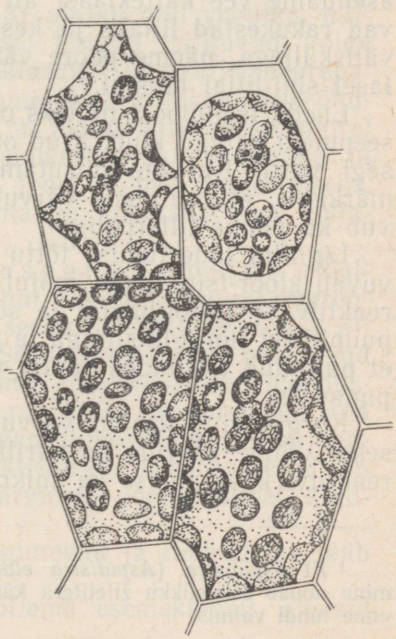
Asetame punaste õitega priimulavõsu veeklaasi ja katame klaaskupliga. Kergitame veidi kuplit ja asetame selle alla klaasi ammoniaagilahust. Punased kroonlehed muutuvad algul roheliseks ja siis kollaseks. Looduslikes tingimustes niisugust värvuse muutust ei esine, sest taime rakumahl ei saavuta kunagi nii tugevat leelisust.

---

[1] Katseid võib demonstreerida ka teoreetilises tunnis.

Protoplasma liikumine vesikatku (*Elodea*) lehe rakkudes. Asetame 15—20 minutit enne töö algust varrelt rebitud vesikatkulehed uuriklaasile vette. Hoiame neid 20—25° temperatuuril tugeva elektrilambi valguses või päikesest valgustatud aknal. Asetame niimoodi ettevalmistatud lehe esemeklaasile, katame katteklaasiga ja vaatleme mikroskoobis algul väikesel ja siis suurel suurendusel. Protoplasma liikumine algab kõigepealt pikenenud rakkudes, mis paiknevad lehe aluse juures selle keskosas. Paneme tähele, kuidas seinaäärse kihi protoplasma liigub (pöörleb), viies kaasa kloroplaste ja rakutuuma (joonis 3). Joonistame töövihikusse mõned rakud, tähistame joonisel paaris kõrvuti asetsevas rakus protoplasma liikumise suuna. Sageli laieneb liikumine peaaegu kõikidele leherakkudele.

Turgor, plasmolüüs ja deplasmolüüs tähtsambla (*Mnium*) lehe rakkudes. Tähtsambla leherakkudes on protoplasma koos kloroplastidega tihedalt vastu rakukesta surutud ja rakud on turgoriseisundis. Vaatleme leherakke ja joonistame mõned parenhüümsed rakud. Seejärel võtame preparaadi mikroskoobi esemelaualt, asetame lauale ja paneme klaaspulgaga vastu katteklaasi serva tilga 5%-list kaaliumnitraadilahust. Asetame preparaadi uuesti mikroskoobi objektiivi alla ja vaatleme leherakke suurel suurendusel. Et salpeetrilahus katteklaasi all kiiremini lehe juurde liiguks, asetame vastu katteklaasi vastas-



Joonis 13. Plasmolüüs tähtsambla-leherakkudes.

äärt filterpabeririba, et imada kaaliumnitraati katteklaasi alla. Tähelepanelikult leherakke vaadeldes näeme rakkude plasmolüüsi algust. Rakusisaldis (protoplasma koos kloroplastidega) eraldub rakukestast algul ainult mõnes kohas, siis ikka ulatuslikumalt ning tõmbub lõpuks tompu — toimub täielik raku plasmolüüs (joonis 13). Joonistame mõned rakud ja tekitame seejärel deplasmolüüsi, see tähendab turgori taastumise. Selleks võtame preparaadi mikroskoobi esemelaualt ära, tõstame katteklaasi üles, eemaldame filterpaberiga kaaliumnitraadi, asetame lehe puhta vee tilka ja vaatleme teda uuesti suurel suurendusel. Märkame, et turgor taastub, s. t. toimub deplasmolüüs.

Kasulik on vaadelda kurereha-, peedi- ja teiste taimede lehti, samuti õhukesi porgandiviile, mis on enne tundi vette asetatud, turgoriseisundis. Või samu lehti, mis on asetatud 5%-lisse nitraadi- või 30%-lisse suhkrulahusesse, plasmolüüsiseisundis.

Rakukest, poorid ja kesta erikujud[1]. Võtame veeklaasist pintsetiga õhukese lõigu aspidistralehe pealispinda, asetame esemeklaasile veetilka, katame katteklaasiga ja vaatleme algul väikesel ja siis suurel suurendusel. Leiame lõigul õhukese läbipaistva koha, kus poorid raku külgseintel on hästi näha. Näeme rakukestal tumeda joonena sulgkilet ja sekundaarseid paksendeid, mis kohati katkevad, moodustades poori. Viimased kujutavad endast õhenenud kohti tsellulooskestas (joonis 5). Kui asendame vee katteklaasi all kloor-tsink-joodi lahusega, värvuvad rakukestad lillaks ja kestadel, mis on pööratud meie poole välisküljega, näeme poore väikeste värvumata kettakestena ühtlasel sini-lillal taustal.

Eheda tselluloosi näiteks on puuvilla (*Gossypium herbaceum*) seemneid katvad kiud. Kiud on pikad rakud, millest valmistatakse ka vatti. Kui me niisutame vatti kloor-tsink-joodi lahusega, märkame, et tselluloos värvub violett-siniseks. Samamoodi värvub ka puhas filterpaber.

Ligniini ladestumise tõttu puitunud taimerakkude kestad värvuvad kloor-tsink-joodi mõjul kollaseks. Selle jaoks on ka teine reaktiiv — floroglutsiin ja soolhape. Kui me töötleme harilikku puupilbast floroglutsiiniga ja seejärel kange soolhappega, näeme, et puitunud tselluloos (puit) värvub nende reaktiivide toimel erepunaseks.

Korgistunud kestad värvuvad sudaan III mõjul oranžpunaseks. Võime värvida ka harilikku pudelikorki. Eespool nimetatud reaktiivi kasutatakse ka mikroskoopimispraktikas.

---

[1] Et aspidistra (*Aspidistra elatior*) lehe epidermi pinnalõikude valmistamine nõuab oskuslikku žiletitera käsitsemist, teeb õpetaja või laborant lõigud enne tundi valmis.

Sekundaarne tärklis mitmesugustes taimedes. Kastame värskelt lõigatud kartulimugula tükki mõned korrad esemeklaasil olevasse veetilka. Vee sogaseks muutumine näitab, et purustatud rakkudest eralduvad tärklisterad. Katame veetilga katteklaasiga ja vaatleme tärklisteri selles preparaadiosas, kus neid on vähem. Suurel suurendusel näeme ovaalseid ja ka teistsuguse kujuga tärklisteri, nende ekstsentrilist kihistust ja tekkekeskust.

Paljude liht-tärklisterade hulgas esineb aeg-ajalt liit- ja poolliitteri. Otsime ka need üles ja joonistame töövihikusse (joonis 7).

Vaatleme ka kontsentrilise kihistusega nisu- ja herne-lihttärklisteri, samuti kaera ja tatra liitteri. Tatral võib näha suurt hulka peeni mitmenurkseid tärklisteri, mis täidavad kogu rakku (joonis 7). Kõik need preparaadid valmistame vastavate taimede terise ristlõike sisu kaapimise teel nõela või skalpelliga. Kaera liit-tärklisteri on parem vaadelda glütseriinitilgas, mitte vees, kus nad lagunevad.

Tärklisele on iseloomulikuks reaktiiviks joodilahus. Reaktsiooni kutsume esile makroskoopiliselt nõrga tärkliskliistri lahusega, mis on kallatud kolme katseklaasi. Ühte katseklaasi lisame 1—2 tilka reaktiivi, teise 5—6 ja kolmandasse 10—12 tilka. Näeme, et esimeses katseklaasis muutub tärklis helesiniseks, teises tumesiniseks, kolmandas aga mustaks.

Orgaaniliste ainete jaotumine herne (*Pisum sativum*) seemne põhikoes. Asetame ettevalmistatud õhukesed kuivad herneidulehelõigud (2—3) pintsli abil veetilka, millele on lisatud reaktiivina joodilahust. Lõigud sirguvad kõige paremini vees. Katame veetilga katteklaasiga ja vaatleme preparaati algul väikesel suurendusel. Leiame lõigu põhikoe väga õhukese ja läbipaistva piiri. Vaatleme ja joonistame rakke suurel suurendusel (joonis 8). Vaatleme rakukesti, rakuvaheruume ja rakusisaldist. Tärklisterad värvuvad joodi toimel tumesiniseks, valkained (aleuroonterad, protoplasma ja tuumad) aga kollaseks.

Nisu (*Triticum*) terise endospermi ehitus. Valmistame preparaadi nagu eelmisel juhul, vaatleme suurel suurendusel ja joonistame terise vilja- ja seemnekesta ning nende all paiknevat endospermi (joonis 9). Seemnekesta all paiknevad endospermirakud muutuvad joodi toimel kollaseks; need moodustavad terise aleuroonkihi; järgmised rakukihid moodustavad aga peamise endospermimassi ja muutuvad tumesiniseks, sest nendesse rakkudesse on koondunud tärklisterad. Aleuroonterad on väikesed, valgulise koostisega ja värvuvad joodi toimel kuldkollaseks.

Veetilgas nad mõne aja pärast lagunevad ja rakkudesse jääb ainult protoplasma ja tuum.

Taimeõlid seemnetes. Töötleme esemeklaasil olevaid

kuivi päevalille- või linaseemnelõike värviga sudaan III, lisame tilga vett, katame katteklaasiga ja vaatleme. Protoplasmasse ilmuvad punased õlitilgatäpid. Eriti märgatavad on suuremad õlitilgad.

Võrdluseks kutsume sama reaktsiooni esile katseklaasis, kuhu valame esiteks päevalille- või mõnda teist taimeõli ja lisame siis mõne tilga värvi sudaan III. Veel parema reaktsiooni annab alkannajuurtest saadav alkannatinktuur.

Monosahhariidid ja parkained. Taimerakkudes esineb alati monosahhariide (koostisega $C_6H_{12}O_6$). Nende olemasolu teeme nähtavaks Fehlingi lahuse abil.[1] Monosahhariidid (glükoos, fruktoos) võivad vask(II)oksiidi taandada vask(I)oksiidiks. Asetame õuna- või viinamarjatükikese katseklaasi ja valame peale Fehlingi lahust. Pärast keemiseni soojendamist ilmub katseklaasi vask(I)oksiidi tellispunane sade. Sama reaktsiooni kutsume esile ka puhta glükoosiga (viinamarjasuhkruga).

Sahharoos ($C_{12}H_{22}O_{11}$) ei taanda vask(II)oksiidi.

Taimedes (tammekoores, teelehtedes, bergeenias) esinevate parkainete olemasolu teeme nähtavaks raud(III)kloriidi abil.

Inuliin korvõieliste taimede rakkudes. Hoiame uuritavat materjali (daalia-, maapirni-, siguri-, vaagimugulatükke) alkoholis, kus rakumahlast sadestuvad inuliini sfärokristallid, mida mikroskoobi all on õhukeses preparaadis kerge leida (joonis 6). Vees lahustuvad inuliinikristallid mõne aja pärast.

Kaltsiumoksalaadikristallid. Hoiame kuiva sibula (või küüslaugu) välissoomusetükikest ööpäeva vees, millele on lisatud (10—15%-list) glütseriini. Glütseriin muudab preparaadi selgemaks. Niimoodi ettevalmistatud preparaadis on mikroskoobi all suurel suurendusel hästi näha üksikuid kepikujulisi kaltsiumoksalaadikristalle või nende ristikujulisi kogumikke. Begoonialeherootsu- või -varretükikesest valmistatud lõikude parenhüümsetes rakkudes on kohati näha üksikuid oktaeedrilisi kristalle, samuti kristallikogumikke (druuse). Uurimisobjektiks võivad olla ka hapuoblika-, riitsinuse-, maltsa-, põdrakanepi- ja bergeeniavarred ja -leherootsud.

Alkoholis hoitud kuutõverohu (*Polygonatum*) risoomi pikilõigu pehme osa suuremates rakkudes on hästi näha rafiidide, nõeljate kristallide rühmi, mis lõigu valmistamisel rakust üksikute nõeltena kergelt varisevad ja esinevad mikroskoobi vaateväljas laialipillatult. Ülesandeks on joonistada mitmesuguseid kaltsiumoksalaadikristalle (joonis 10).

---

[1] Fehlingi lahuse valmistame katseklaasis, segades võrdses koguses 3%-lise vasksulfaadi ($CuSO_4$), 17%-lise Seignette'i soola ja 12%-lise NaOH vesilahust.

II PEATÜKK

TAIMEKOED

Taimeorganid koosnevad kudedest. *Taimekoeks nimetatakse niisuguste rakkude kogumikku, millel on ühesugune ehitus ja päritolu ja mis täidavad üht ning sama funktsiooni.* Eriti arenenud on kõrgemate maismaataimede koed. Taimedes eristatakse järgmisi kudesid: algkoed, kattekoed, tugikoed (ehk mehhaanilised koed), juhtkoed, põhikoed ja erituskoed.

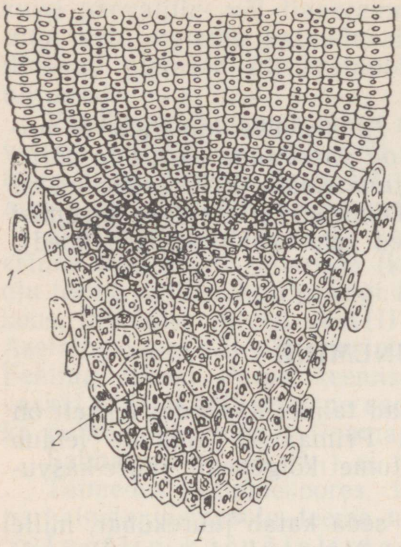
ALGKOED JA RAKKUDE PALJUNEMINE

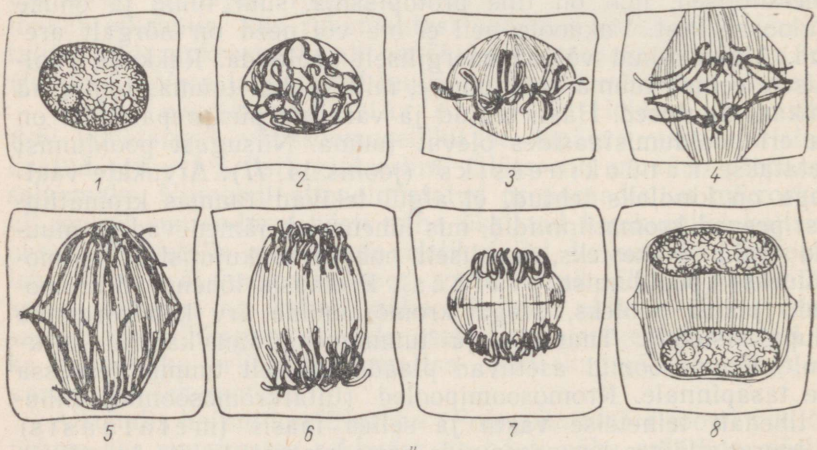
Algkoed ehk meristeemid võimaldavad taimel kasvada; tekkelt on nad primaarsed või sekundaarsed. Primaarset algkude leidub juure- ja varre-kasvukuhikus. Peatume kõigepealt juure-kasvukuhikul (joonis 14, *I*).

Juuretipp on koonusekujuline ja seda katab juurekübar, mille all paikneb ka primaarne algkude. Algkoerakud on nelja- või mitmetahulised, neil on tihe protoplasma, suur tuum ja õhuke tselluloosne kest. Vakuoole neil ei ole või need on nõrgalt arenenud. Algkoerakud võivad energiliselt poolduda. Rakkude pooldumisele eelneb tuuma pooldumine, mille puhul tuumas toimuvad keerukad muutused. Hästi tehtud ja värvitud püsipreparaadis on näha eri pooldumisfaasides olevat tuuma. Niisugust pooldumist nimetatakse karüokineesiks[1] (joonis 14, *II*). Arvukate vaatlustega on kindlaks tehtud, et algul tekivad tuumas kromatiinainest peened kromatiinniidid, mis lühenevad, jämenevad ja muutuvad eraldi osakesteks, tavaliselt hobuserauakujulisteks kromosoomideks[2] (pooldumise profaas). Profaasis lõhenevad kromosoomid pikuti pooleks, seega kromosoomide arv kahekordistub (reduplikatsioon). Tuumake ja tuumamembraan kaovad järkjärgult. Kromosoomid asetuvad plaadikujuliselt tuuma keskossa ühele tasapinnale. Kromosoomipooled (tütarkromosoomid) liibuvad tihedalt teineteise vastu ja selles faasis (metafaasis) võib juureristlõikes kromosoomide arvu kergesti kokku lugeda ja nende kuju vaadelda. Tuumapoolusele ilmub (juba enne tuumamembraani kadumist) peente (mittevärvuvate) akromatiinniitide kahe kupli kujuline süsteem. Niidid pikenevad ja võtavad käävi kuju. Seejärel algab kromosoomipoolte (tütarkromosoomide) lahkuminek kahele vastasasuvale raku poolusele (anafaas), mis lõpeb sellega, et rakupoolustele koondunud tütarkromosoomid

TRÜ Raamatukogu

[1] «Karüon» — tuum, «kinesis» — liikumine.
[2] «Kromo» — värv, «soma» — keha.





Joonis 14. Primaarne algkude juurekasvukuhikus:

I — juure-kasvukuhik: *1* — algkoerakud; *2* — juurekübararakud. *II* — tuuma ja raku pooldumisfaasid (karüokinees ehk mitoos): *1* — interfaas; *2* — profaas; *3* — metafaas; *4, 5* — anafaas; *6, 7* — telofaas; *8* — tsütokinees.

põimuvad omavahel ja muutuvad kaheks keraks (telofaas). Samal ajal ilmuvad akromatiinniitidele raku keskosas pektiinainest paksendid — moodustub fragmoplast, s. t. kahte rakku eraldava kesta alge. Lõpuks ümbritsevad tuumi membraanid, tekivad tuumakesed (üks või mitu) ja protoplasma jaotub ristvaheseinaga kaheks (tsütokinees) — tekib kaks uut rakku.

Tuumade ja rakkude pooldumine toimub tavaliselt öösel ja selle kiirus oleneb temperatuurist ja niiskusest. Pooldumine kes-

tab keskmiselt 75—120 minutit, vahel ka mitu tundi, kusjuures kõige rohkem aega kulub esimesele faasile (profaasile). Rakukest tekib raku pooldumisel protoplasma ja tuuma elutegevuse produktina. Algul tekib kesklamell. See koosneb intertsellulaarsest ainest, mis on kahele rakule kuuluvad primaarsed tselluloossed kestad kokku kleepinud.

Kromosoomide eemaldumise rakupooluste suunas, samuti teised tuuma ja raku pooldumise üksikasjad avastas 1875. aastal Moskva Ülikooli professor I. D. Tšistjakov.

Tuuma ja raku keeruka pooldumise olemus — seda protsessi nimetatakse ka mitoosiks[1] — seisab nähtavasti selles, et kromosoomide pooldumisel saavad tütarrakud enam-vähem võrdse hulga emaraku kromatiinainet (desoksüribonukleiinhapet — DNH), mis annab emaraku pärilikkuse edasi tütarrakkudele. Kromosoomide kuju ja arv on taimeliikide spetsiifiliseks tunnuseks (pehme nisu 2n = 42 kromosoomi, kõva nisu 2n = 28, oder 2n = 14 jne.). On aga täheldatud ka kromosoomide arvu kõikumist ja ühes organismis võib leida erineva kromosoomide arvuga rakke.

Peale mitoosi (karüokineesi) esineb taimedel veel rakutuuma otsest pooldumist (amitoosi), lihtsat tuuma soondumist; mõnikord aga jaguneb kogu rakk pooleks.

Mitoosi kõrval on taimedel levinud ka tuuma redutsioonjagunemine, meioos, mille puhul uutes rakkudes on kaks korda vähem kromosoome kui oli emarakus. Niisugune jagunemine toimub taimedel spooride moodustumisel, mille järel tekivad ja arenevad isas- ja emassugurakud (gameedid) (joonis 68). Viimastel on tuumades pool kromosoomide arvust ja niisuguseid tuumasid nimetatakse haploidseteks tuumadeks, vegetatiivsete rakkude tuumasid nimetatakse aga diploidseteks tuumadeks; vegetatiivsetest rakkudest koosnevad taimede vegetatiivsed organid. Taimede suguline protsess seisneb kahe gameedi (isas- ja emasgameedi) ühinemises. Kui ei toimuks kromatiinaine reduktsiooni, see tähendab selle massi vähenemist kaks korda, siis suureneks igas uues sugupõlves kromatiinaine mass ja järelikult ka kromosoomide arv. Sugurakkude (gameetide) tuum on haploidne ja alles pärast viljastumist muutub rakutuum uuesti diploidseks.

Reduktsioonjagunemise avastas V. I. Beljajev, S. G. Navašin avastas aga õistaimede kaheliviljastamise ja oli aluserajajaks tervele teadlaste koolkonnale, kes tegelevad tuuma ja raku pooldumise uurimisega.

Primaarsest algkoest saavad alguse teised koed, sest tema rakud muutuvad, diferentseeruvad. Kaheiduleheliste taimede vartes ja juurtes säilib rakkude hoogsalt jagunemise võime kogu elu

[1] «Mitos» — niit. Harilikult öeldakse, et mitoos=karüokinees+tsütokinees.

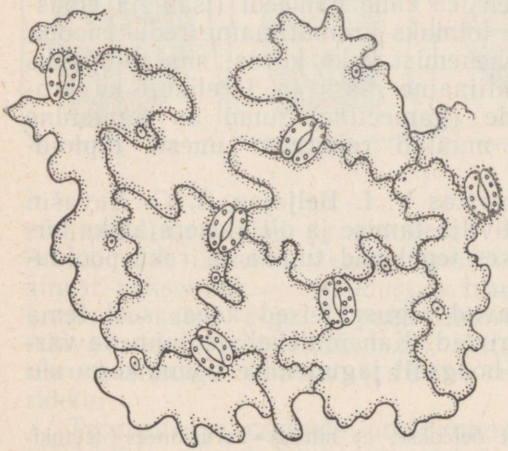
vältel meristemaatilistes rakkudes, nn. kambiumis. Tänu meristemaatilistele rakkudele toimub varre ja juure paksenemine. Sekundaarsed algkoed on need koed, mis tekivad teistest kudedest. Näiteks fellogeen, mis sageli tekib põhikoest. Sekundaarsetest algkudedest räägime edaspidi.

KATTEKOED

Kattekudede hulka kuuluvad epiderm, korkkude ja korp. Need koed on pindmise päritoluga; nad kaitsevad taime kuivamise, samuti mehhaaniliste vigastuste, kahjurite ja infektsiooni vastu. Epiderm areneb juure ja varre kasvukuhiku väliskihi rakkudest; ta katab kõiki taimorganeid, kuni need on noored. Põõsaste ja puude vartele ja juurtele ilmub epidermi asemele korkkude, mõnikord korp.

Läbilõikes on näha, et epiderm koosneb ühest (harva mitmest) täisnurksete või hulknurksete rakkude kihist (joonis 23, *III*). Elusatel rakkudel on läbipaistev protoplast, vahel värvunud rakumahla või plastiididega. Epidermirakud on omavahel tihedalt, vaheruumideta liitunud. Epidermirakkude väliskest on harilikult paksenenud ja õhema või paksema kilega, kutiikulaga kattunud, mis peaaegu ei lase läbi vedelikke ja gaase. Epidermirakkude siseseinad on õhukesed, kudedega nõrgalt kokku kasvanud ja seepärast on epidermi kerge lehtedelt, vartelt või mahlakatelt viljadelt ära rebida.

Lehepinnalt ärarebitud epidermi vaadeldes võib näha, et pikkade lehtede epidermirakud on piklikud, laiadel lehtedel aga korrapäratud, täisnurksed või hulknurksed. Epidermirakkudel võib



Joonis 15. Herneepidermirakud veetilgas mikroskoobi all.

sageli näha lainelisi kesti, mis ühendavad rakke omavahel (joonis 15). Epidermirakud on läbipaistvad, neis esinevad vakuoolid. Roheliste varte ja lehtede epiderm laseb hästi läbi fotosünteesiks vajalikke valguskiiri. Lehtedel on epidermiga kaetud nii pealmine kui ka alumine pind.

Taimede epidermis on õhulõhed, mille kaudu aurub liigne vesi ja toimub gaasidevahetus (joonis 23). Õhulõhe kujutab endast pilutaolist ava (õhupilu) kahe epidermiraku vahel; need rakud on poolkuukujulised ja neid nimetatakse sulgrakkudeks. Õhupilu kaudu pääseb õhk lehe sisemusse. Sulgrakud sisaldavad peale protoplasma, tuuma ja rakumahlaga vakuoolide alati ka rohelisi kloroplaste.

Õhulõhe ristlõikes on näha, et sulgrakkude kest on õhupilupoolsetes nurkades tugevasti paksenenud, külgseinad aga õhukesed. Seejuures on õhupilu poole pööratud külgsein õhuke ainult keskmises (kumeras) osas, vastasküljel asuv kest on aga üleni õhuke. Kesta ebaühtlane paksenemine võimaldab sulgrakkudel turgori suurenemisel kuju muuta ja tingib õhupilu avanemist, turgori vähenemisel aga õhupilu sulgumist.

Õhupilu avanemine ja sulgumine on seotud tärklise suhkruks muutumisega ja suhkru tärkliseks muutumisega sulgrakkude kloroplastides. Tärklise suhkruks muutumisel tõuseb osmootne rõhk, sulgrakud imevad endasse vett, nende turgor suureneb. Turgori suurenemisel venivad sulgrakud välja risti lehe pinnaga, mistõttu vastu pilu olevad rakukestad tõmbuvad lamedaks ja õhupilu avaneb. Suhkru tärkliseks muutumisel langeb osmootne rõhk, sulgrakkudest kaob vesi ja turgor väheneb. Turgori vähenemisel sulgrakud kitsenevad, tõmbuvad lamedaks ja vastu õhupilu olevad rakuseinad muutuvad jälle kumeraks, mistõttu õhupilu sulgub.

Iga õhulõhe all on õhukamber, mis on ühendatud leherakuvaheruumidega. Õhulõhed on päeval küllaldase niiskuse puhul harilikult avatud, öösel aga suletud. Seda võib seletada nii, et päeval koguneb õhulõhe sulgrakkudesse, tänu kloroplastidele, suhkur, mis suurendab imavat jõudu ja järelikult ka rakuturgorit, öösel aga kulutatakse suhkur ära, rakuturgor väheneb ja õhulõhed sulguvad.

Hästi palaval päikesepaistelisel päeval, kui auramine on väga tugev, eriti tuule käes on õhulõhed harilikult suletud; sügisel on nad aga kogu ööpäeva suletud.

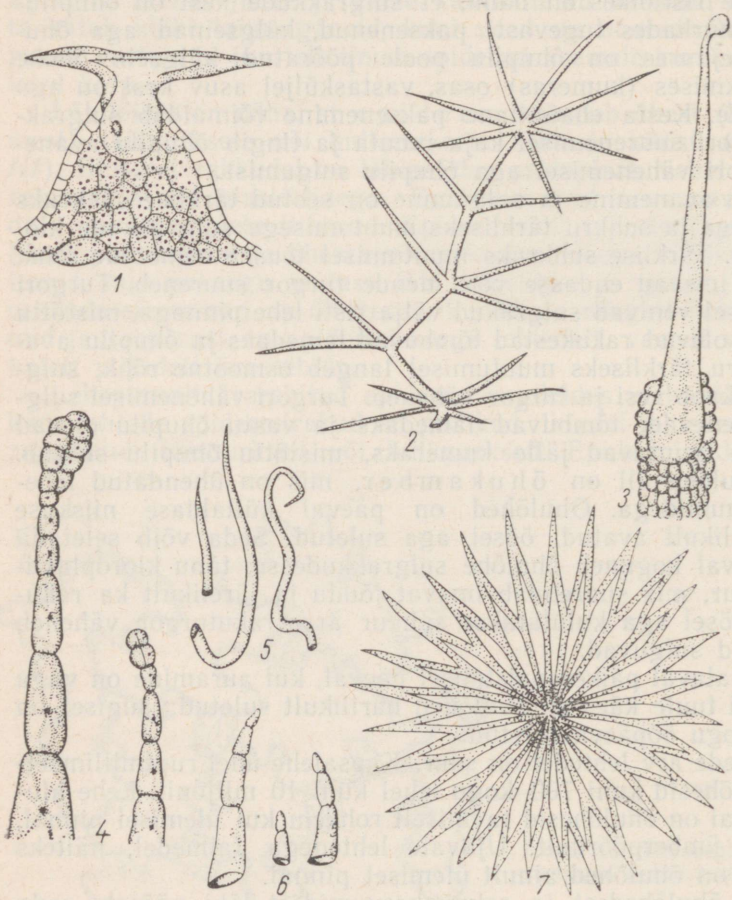
Õhulõhede arv lehtedel on suur. Kapsalehe ühel ruutmillimeetril on õhulõhesid kuni 700, kogu lehel kuni 10 miljonit. Lehe alumisel pinnal on õhulõhesid tavaliselt rohkem kui ülemisel pinnal, kõrrelistel ümberpöördult. Ujuvate lehtedega taimedel, näiteks vesiroosil, on õhulõhed ainult ülemisel pinnal.

Et õhk õhulõhedest ja rakuvaheruumidest läbi pääseb, seda näeme, kui puhume õhku läbi leherootsu: õhumullid tulevad välja vette vajutatud lehelaba kaudu.

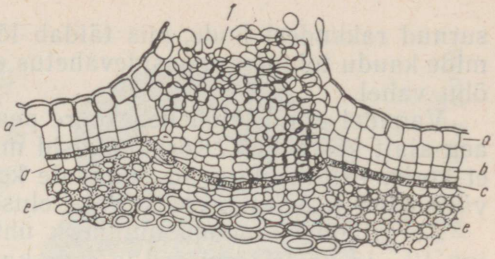
Õhulõhed on taimedel tõhusaks regulaatoriks gaaside vahetusel ja aurustunud vee eemaldamisel.

Veekadu läbi epidermi väheneb nii kutiikula tõttu (paks kile igihaljastel taimedel, kaktustel jt. kuivalembestel taimedel) kui ka tänu vahakihile epidermipinnal. Vahakihi olemasolu saab nähtavaks, kui pühime sõrmega rukkikõrt või kapsalehte: sõrmest jääb vahakihi mahahõõrumise tõttu jälg järele.

Eriti arenenud on epidermil karvad, millel on samuti kaitsefunktsioon. Karvad on epidermirakkude väljakasved, mis kaitsevad taime ereda valguse vastu, liigse soojenemise vastu päeval ja liigse jahtumise vastu öösel, samuti liigse auramise vastu. Kagupoolsetes kuivades steppides annavad karvad taimedele hõbedase



Joonis 16. Epidermikarvad:
1 — humalal; *2* — vägiheinal; *3* — nõgesel; *4* — tubakal; *5* — õunapuul; *6* — kartulil; *7* — hõbepuul.



Joonis 17. Leedripuulõve läbilõige:
a — epiderm; *b* — korkkude; *c* — algkude (fellogeen); *d* — elusate rakkude kiht; *e* — tugikude (kollenhüüm); *f* — lõve täiterakud.

värvuse. Mõnikord kaitsevad karvad taime loomade vastu: karedad karvad teevad paljud taimed, näiteks humala, vägiheina jt. mittesöödavaks. Nõgese kõrvekarvad koosnevad ühest suurest rakust, mis paikneb hulkrakulisel alusel. Karvas on tsirkuleeriv protoplasma, samuti tuum ja vakuoolid. Kest on ränistunud ja karva otsas on kerake, mis vähemagi puudutuse puhul kergesti murdub. Terav karvatipp tungib nahasse ja kõrvevedelik pritsib haava. Näärmekarvu esineb paljudel taimedel (tubakal, mündil, salveil). Karvad on ühe- või hulgarakulised ja mitmesuguse kujuga (joonis 16).

Korkkude ilmub vartele, juurtele, juurikatele ja mugulatele siis, kui epiderm ei suuda enam oma põhiülesannet täita ja taime kaitsta. Korkkude tekib ka lehtede ja mahlakate viljade vigastatud kohtadele.

Korkkude on sekundaarse päritoluga: ta tekib mitmeaastaste taimede pinnale põhikoe jagunevatest rakkudest, vahel ka epidermist. Nende kudede rakud hakkavad jagunema paralleelselt organi pealispinnaga ja muutuvad algkoekihiks — korgikambiumiks (fellogeeniks), mis ladestab sissepoole elusaid rakke, väljapoole aga rakke, mis varsti surevad kesta läbiimbumise tõttu rasvataolise vett ja õhku läbilaskmatu korkainega (suberiiniga).

Surnud korkkoerakud asetsevad kitsastes sirgetes rakuvaheruumideta ridades ja kaitsevad sügavamal asetsevaid elusaid rakke kuivamise, temperatuurikõikumise ja vigastuste vastu. Kork on pruun kork- ja parkainetesisalduse tõttu. Et korkkoerakud ei lase gaase ega vett läbi, tekivad korkkoesse mitmerakulised moodustised, õhuavad, mida nimetatakse lõvedeks (joonis 17).

Lõved tekivad õhulõhede alla, nad on palja silmaga nähtavad, keskosas lõhenenud ja kühmjad. Okstel paiknevaid pikenenud lõvesid võib näha leedripuul, sõstardel ja õunapuul. Kasel on nad ristisuunas laienenud. Läbi lõve tehtud õhukesel lõikel on hästi näha lõve kohal rebenenud epiderm ja kobedalt asuvatest

surnud rakkudest kude, mis täidab lõve. Nende rakkude vaheruumide kaudu toimubki gaasidevahetus elusate koorekudede ja välisõhu vahel.

Vanadel puudel lõheneb koore pealispind ja tekib k o r p, mis aeg-ajalt kestendab. Korbalõikusid mikroskoobis vaadates näeme, et korkkoekihid ulatuvad sügavale koorde, mistõttu surevad kõik väljaspool korgikihte paiknevad elusad koorekoed.

Korgitammel moodustub kork ühtlase kihina, see lõigatakse iga 10—15 aasta järel ära ja seda kasutatakse väärtusliku isolatsioonimaterjalina, mis ei lase gaase läbi. Õhuke korgikiht tekib ka amuuri korgipuu (*Phellodendron amurense*) koorele.

TUGIKOED

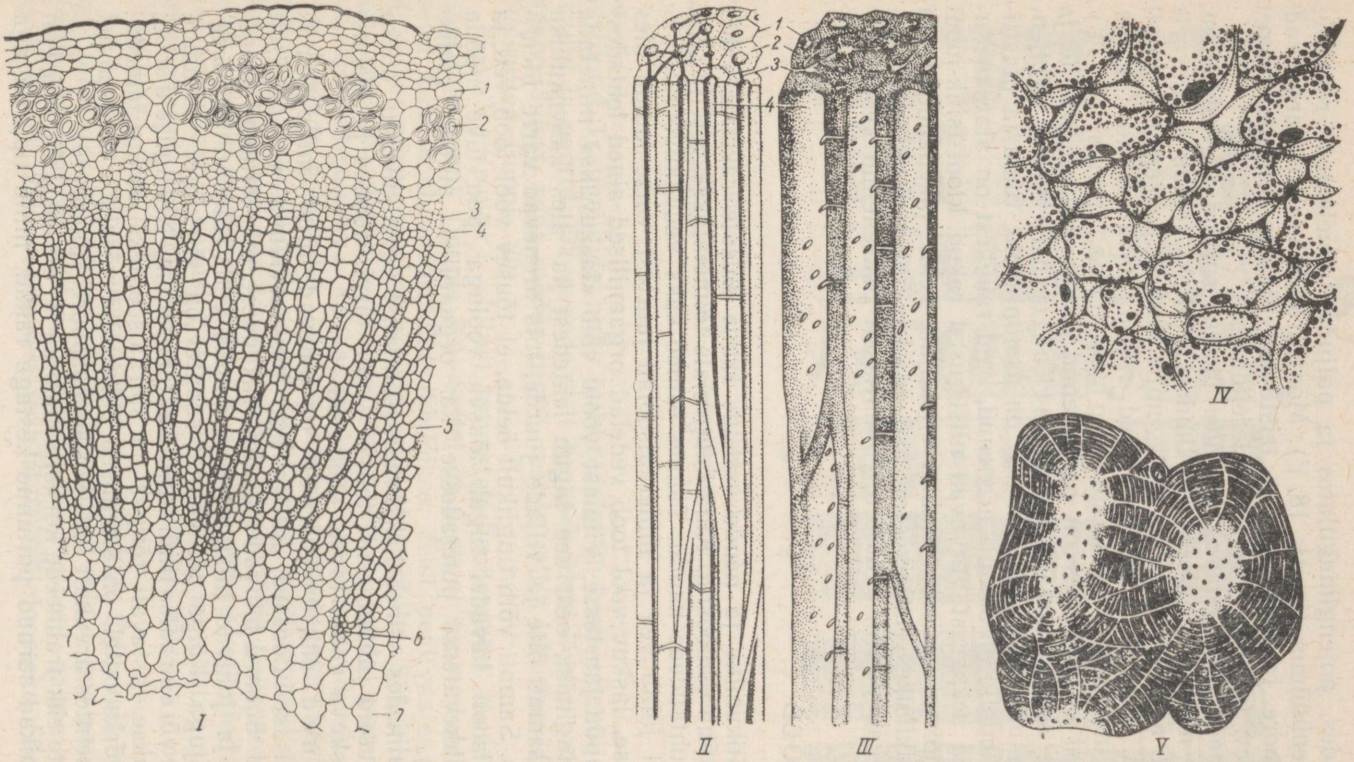
Tugikoed annavad tänu rakukestade paksenemisele taimele vastupidavust. Pikkusesse kasvavate organite (varte, juurte) tugikoerakud on välja veninud, prosenhüümsed, ühtlaselt kasvavatel organitel aga tavaliselt parenhüümsed. Tuntakse järgmisi tugikoetüüpe: sklerenhüüm (niinekiud ja puidukiud), kivisrakud (sklereiidid) ja kollenhüüm (nurk- ja plaatkollenhüüm).

Tugikoed paiknevad peamiselt rohttaimevarte väliskihtides, ümmargustes vartes pideva rõngana, kandilistes vartes nurkades. Niisuguse asetuse korral on varred kõige vastupidavamad. Puutüvedes paiknevad tugikoed kogu tüves, sest tüvi peab tuule survele vastu pidama ja tohutut raskust taluma (oksad ja lehed). Juurtes on tugikoed sagedamini keskossa koondunud, sest niisugune asetus annab suurima tõmbetugevuse.

Tugikoed koosnevad eeskätt surnud rakkudest. Vartes (juurtes) on levinud n i i n e k i u d. Paljudel taimedel on need tugevasti paksenenud tselluloosse kestaga ja seega väga väärtuslikud (lina, kanep, ramjee). Kiudude pikkus on linal ja kanepil 2—5 cm, ramjeel 20 cm ja üle selle. Üksikud kiud on omavahel pektiinainetega kokku kleepunud ja moodustavad kimpe (tehniline kiud), mis ulatuvad piki kogu tüve juurtesse. Mikroskoobis võime neid kimpe näha linavarre ristlõike välimises osas. Lina niinekiud («linakiud») on tähtis tööstustooraine. Puittaimede, samuti paljude rohttaimede niinekiud puituvad (joonis 18).

P u i d u k i u d (libriform), mis annavad puidule vastupidavust, puituvad alati ja seepärast ei ole neil niisugust elastsust ega venivust nagu niinekiududel, nad on kõvad ja rabedad.

K i v i s r a k u d on, erinevalt kiududest, paksu puitunud kestaga parenhüümrakud, mida läbivad poorkanalid ristisuunas. Naaberrakkude kanalid on kohakuti, mistõttu ainevahetus läbi õhukese kesklamelli püsib kaua. Lõpuks rakud surevad ja neil ei ole üldse sisu, nagu eespool kirjeldatud kiududeski, või säilib see pruuni surnud massina. Kivisrakke esineb pirni- ja küdoo-



Joonis 18. Tugikoed:

I — osa linavarre ristlõikest: *1* — tärklistupp; *2* — niinekiud; *3* — floeem; *4* — kambium; *5* — teispuit; *6* — esipuit; *7* — säsi. *II* — linavarre niinekiudude kimp piki- ja ristlõikes: *1* — vahelamell; *2* — teiskest; *3* — poor; *4* — kiuõõs. *III* — puituv kiud (tähistused samad). *IV* — rakukesta nurkpaksenemine. *V* — poorkanaleist läbistatud kivisrakud.

niaviljades, pojengimugulates ja paljude taimelehtede rohelises põhiparenhüümis (joonis 18, *V*). Mõnikord kivisrakud hargnevad. Pähklikoore ja ploomi ning teiste luuviljaliste viljade seemet ümbritsev luukest koosneb sklereiididest.

Taimede vastupidavus ei sõltu üksnes surnud tugirakkudest, vaid ka mõnedest elusatest rakkudest. Näiteks leidub taimevarte epidermi all sageli elusaid rakke, mille kest on paksenenud ainult osaliselt, näiteks nurkades. Need rakud moodustavad tugikoe, mida nimetatakse nurkkollenhüümiks (joonis 18, *IV*). Niisugust kude, milles on paksenenud ainult rakkude väline ja sisemine sein, nimetatakse plaatkollenhüümiks. Kollenhüümirakud on elusad, sest neil on protoplasma, tuum ja plastiidid. Vakuoolid on samuti arenenud, kuid rakukest on alati tselluloosne ja seepärast värvuvad niisugused rakud kloor-tsink-joodi lahuse toimel siniseks. Rakud on kujult veidi pikenenud, mida näeme pikilõikes, ristlõikes on nad aga kas hulknurksed, paksenenud nurkadega või ovaalsed, ebaühtlaselt paksenenud kestaga.

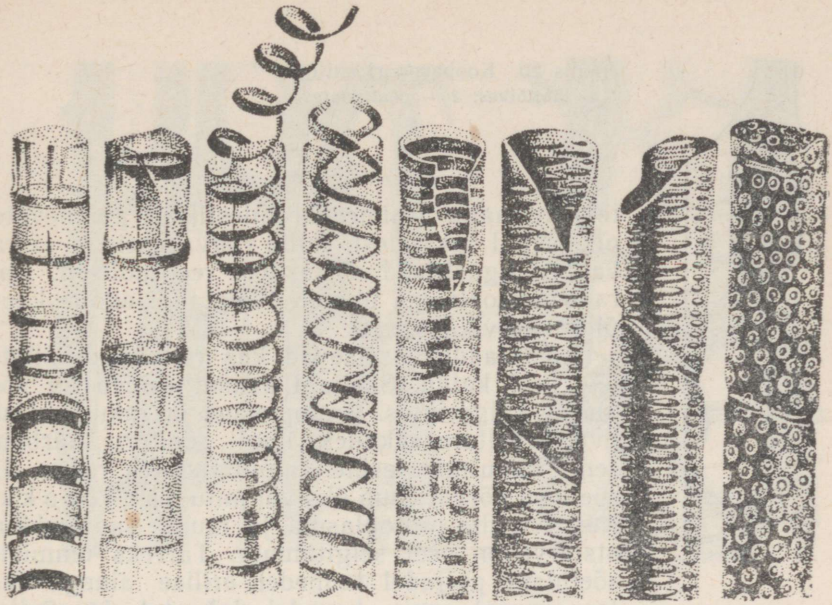
JUHTKOED

Ainete liikumine ja nende vahetus taime elusate rakkude vahel toimub tänu osmoosile. Kuid kaugemale toimetatakse vett ja teisi aineid juhtkudede kaudu. Taimes esineb kaks vedelikuvoolu: tõusev vool juhib vee ja mineraalsoolad juurtest varte kaudu üles lehtedesse, laskuv vool toob vedelad orgaanilised ained lehtedest varte kaudu juurtesse. Viimast voolu võib «laskuvaks» nimetada ainult tingimisi, sest see liigub lehtedest ka üles kasvukuhiku juurde, samuti õite ja viljade juurde, mis arenevad varre ülemises osas. Samuti võib tinglikult öelda, et tõusev vool toob vett ja mineraalsooli, kevadel liigub tõusva vooluga puu tüve mööda üles, puhkevatesse pungadesse ka orgaanilisi aineid (suhkrut jne.).

Et taimedes esineb kaks vastassuunalist vedelikuvoolu, on ka kahesuguseid juhtkudesid: tõusva voolu tarvis sooned ja trahheiidid, laskuva voolu tarvis sõeltorud.

Sooned ehk trahheed on pidevad torud, mille seinad on algul tselluloossed, hiljem aga kas tervikuna või osaliselt puitunud. Sooned tekivad elusatest rakkudest, mis täituvad veega, surevad ja juhivad niisuguses seisundis vett. Nad on mitmesuguse kujuga. Kõige peenematel soontel on siseküljel puitunud rõngaste või spiraalse lindi kujulised paksendid. Niisuguseid sooni nimetatakse vastavalt rõngas- ja spiraalsoonteks. Kõige jämedamatel, võrksoontel, on sisemised paksendid võrkjad, poorsoontel aga on seintes arvukalt liht- või koobaspoore (joonis 19).

Soonte ehk trahheede kõrval esineb ka trahheiide. Need on samuti pikad surnud puitunud kestaga rakud, mille tipp on aga

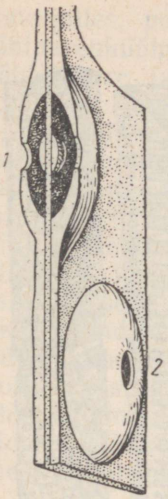


Joonis 19. Taime juhtkudede soonte (trahheede) kuju:
1 ja *2* — rõngastrahheed; *3*, *4* ja *5* — spiraaltrahheed; *6* — võrktrahhee; *7* — astriktrahhee; *8* — poortrahhee.

teritunud. Trahheiididel nagu trahheedelgi on kesta siseküljel paksendid ja poorid. Okaspuude puit koosneb üleni koobaspooridega trahheiididest, mida mööda liigub vesi ja selles lahustunud mineraalsoolad (joonis 29).

Koobaspoori ehitust tutvustab koobaspoori mudeli skemaatiline joonis (joonis 20). Sellel on tugeval suurendusel kujutatud kaht koobaspoori, üht läbilõikes, teist pealtvaates. Poori läbilõikes näeme naaberrakkude vahelist sulgkilet. Sulgkile keskosas on paksenenud koht, toor, mis võib sulgeda parem- või vasakpoolse pooriava. Koobaspoori õõne moodustavad sekundaarsete kestade paksendid. Joonisel näeme sekundaarset kesta väljastpoolt, pealispinnalt, samuti kaht ringi, millest väiksem on pooriava, suurem aga koopa piirjoon. Toor toimib kahepoolse klapina: ta võib sulgeda vasaku või parema ava ja katkestada vedelike voolu antud rakust naaberrakku. Talvel on poorid suletud, suvel avatud. Koobaspoore on väga palju. Eriti hästi on neid näha okaspuudel (joonis 29).

Sõeltorud on orgaaniliste ainete juhad. Erinevalt trahheedest on nad veidi pikenenud kujuga elusad rakud, mis paiknevad koores ja juhivad lehtede poolt toodetud aineid taime mööda laiali (joonis 28). Nende kest jääb alati tselluloosseks. Sõeltorud



Joonis 20. Koobaspoori ehitus:
1 — läbilõikes; *2* — pealtvaates.

tekivad nagu trahheedki ülestikku paiknevatest pikenenud rakkudest, mille ristvaheseinad ei kao, vaid mulgustuvad sõela- või restitaoliselt. Kahe raku protoplasma ühineb sõelplaadi avade kaudu üheks tervikuks.

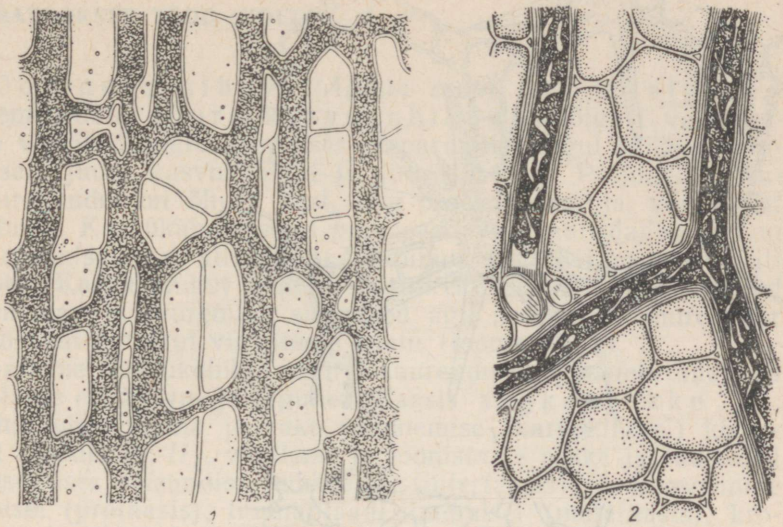
Sõelplaadid asetsevad kas risti raku pikiteljega või kaldu. Sõeljaid avasid esineb ka sõeltorude külgseintes. Protoplasma ja rakumahl säilivad sõeltorurakkudes kuni sõeltoru kärbumiseni. Rakutuum esineb ainult noores rakus. Iga sõeltoru kõrval asub üks või mitu *saaterakku*. Neil on tihe protoplasma ja tuum. Saaterakkude otstarve on veel selgitamata. Talveks ummistub sõelplaat paljudel taimedel erilise ainega (kalloosainega), mis kevadel lahustub ja sõeltoru hakkab kas uuesti funktsioneerima või kärbub ja asendatakse kambiumi tegevuse tulemusena tekkiva uue sõeltoruga.

Puudel ja põõsastel kuuluvad vett juhtivad sooned puidu koosseisu, mis täidab varre ja juure seesmist osa, sõeltorud paiknevad aga väljaspool, koores. Rohttaimedel kuulub juhtkude mitmesuguse ehitusega juhtkimpude koosseisu. Nende koosseisu kuuluvad ka põhi-, säilitus- ja tihti ka tugi- ja algkude, kambium.

Juhtkudede hulka võib lugeda ka *piimasooni*, torujaid kanaleid, mis esinevad piimmahla eritavatel taimedel, näiteks võilillel, piimohakal, magunal, vereurmarohul, piimalillel, askleepiasel jt. Mitmeid piimmahla eritavaid taimi kasvatati (alles hiljaaegu) tööstuslikuks otstarbeks, näiteks kasvatati kautšukitaimi kautšuki saamiseks (tausagõss, koksagõss, kautšukipuu hevea jt.). Nende tähtsus on nüüd aga märgatavalt vähenenud, sest seda väärtuslikku ainet saadakse praegu sünteetiliselt.

Piimasooned läbivad kogu taime ja moodustavad paljudest rakkudest koosneva keerulise süsteemi. Nende rakkude ristvaheseinad lahustuvad ja rakkudest tekivad lülilised piimasooned. Piimalilleliste, nõgeseliste ja mõne teise sugukonna taimedel tekivad piimasooned üksikute rakkude pikenemise ja hargnemise teel. Need nn. lülitud piimasooned moodustavad samuti keerulise kanalite süsteemi (joonis 21).

Piimmahl on valge, punane või oranž vedelik, mis sisaldab suhkrut, tärklist, valke, kautšukit, vaiku ja alkaloide. Piimmahl tekib pikaks kasvanud rakkude keskvakuoolis: protoplasma koos paljude tuumadega paikneb piimasoonte seina ääres. Vahel tähel-



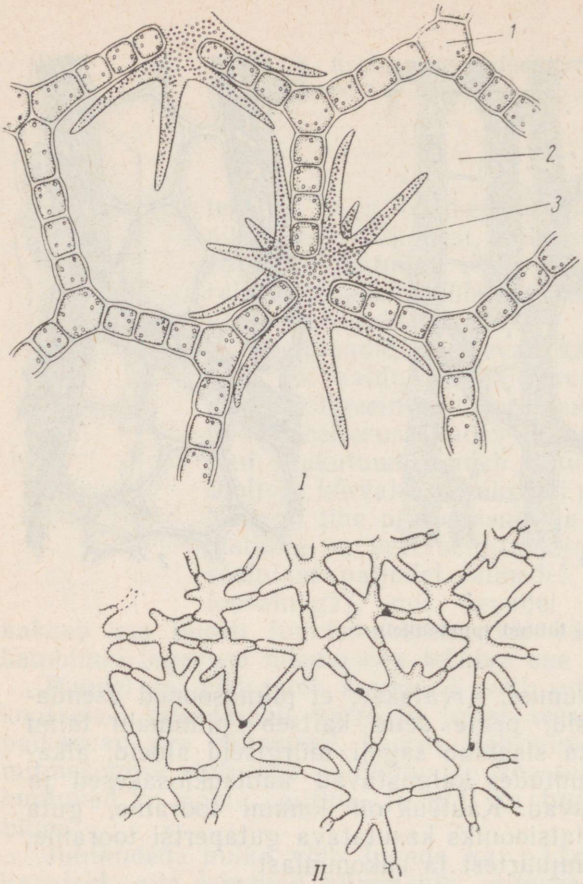
Joonis 21. Piimasooned:
1 — lülilised (piimohakal); *2* — lülitud (piimalillel).

datakse piimmahla liikumist. Arvatakse, et piimasooned asendavad osaliselt sõeltorusid; peale selle kaitseb piimmahl taimi kahjurite vastu, sest ta sisaldab sageli mürgiseid aineid, alkaloide. Õhuga kokku puutudes kalgastuvad kautšukiosakesed ja sulevad juhuslikud haavad. Kautšuk on kummi tooraine, guta aga elektrijuhtmete isolatsiooniks kasutatava gutapertši tooraine, gutat saadakse kikkapuujuurtest ja eukommiast.

PÕHIKOED

Põhikoed on taimeorganites kõige levinumad, millest tuleneb ka nende nimetus. Neis toimuvad tähtsad orgaaniliste ainete tekkimise ja kogunemise protsessid. Põhikoest koosneb näiteks varresäsi (joonis 49), seemnete sisemus (joonis 89), lehtede mesofüll (joonis 57) ja mahlakate viljade viljaliha (joonis 86).

Põhikoed arenevad primaarsest algkoest ehk kambiumist. Põhikoerakud on harilikult elusad, neil on protoplasma, tuum, rakumahl ja plastiidid; kujult on nad ümmargused või mitmetahulised, nad on kobedalt ühendatud. Rakkude vahel on õhuga täidetud rakuvaheruumid. Sellest õhust saavad rakud hingamiseks hapnikku, ja kui rakkudes tekivad kloroplastid, siis fotosünteesiks süsihappegaasi. Viimasel juhul nimetatakse põhikude a s s i m i l a t s i o o n i k o e k s, mis on eriti arenenud rohelistes lehtedes. Kui põhikoesse koguneb varuaineid, näiteks seemnetesse tärklist



Joonis 22. Aerenhüüm:
I — kollase vesiroosi leherootsu ristlõige: *1* — põhikoerakud; *2* — õhukäik; *3* — hargnenud karv. *II* — aerenhüüm loavarres: tähekujuliste rakkude vahel on suured rakuvaheruumid.

ja aleuroonteri (joonis 8 ja 9), kartulimugulatesse tärklist, peedijuuresse suhkrut, nimetatakse teda säilituskoeks. Vee- ja sootaimede põhikoes on hästi arenenud rakuvaheruumid ning õhukäigud ja niisugust põhikude nimetatakse aerenhüümiks (joonis 22).

Paljude taimede (kõrreliste, sarikaliste) vartesäsis surevad vahel põhikoerakud ja nii tekivad õõnsad varred.

Paljude eeterlikku õli sisaldavate taimede põhikoes leidub sekreedi (eritiste) mahuteid, millesse koguneb eeterlikke õlisid ja vaikusid. Need mahutid tekivad kas rakkude üksteisest eemaldumise ja rakuvaheruumide suurenemise teel, näiteks okaspuude vaigukäigud (joonis 29), või rakurühmade lahustumise teel, näiteks apelsini- või mandariinikoores.

Karüokineesis sibula (*Allium cepa*) juure algkoes. Vaatleme sibula juure kasvukuhiku pikilõigust valmistatud ja värvitud mikroskoopilises preparaadis (algul väikesel suurendusel) juure kasvukuhikut ja juurekübarat. Paljudel kasvukuhikurakkudel on õhuke kest, tihe protoplasma ja võrdlemisi suur tuum. Kasvukuhikurakud paiknevad vertikaalridades, mis on juure sisemises osas allapoole kääandunud, sest seal on rakud eriti väikesed. Kasvukuhikut ümbritseb juurekübar, mille välisrakud on vanemad ja suuremad, sisemised aga nooremad. Juurekübar kaitseb kasvukuhikut vigastuste vastu (joonis 14, *I*).

Vaatleme kasvukuhikut suurel suurendusel, paneme tähele ja joonistame eri kasvu- ja jagunemisfaasis algkoerakke.

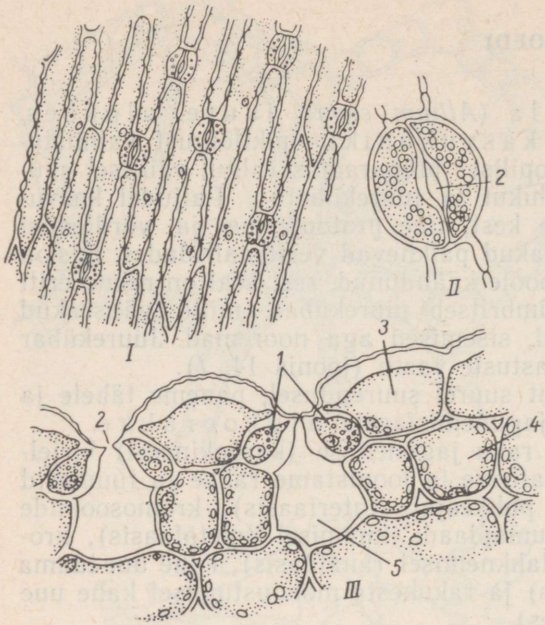
Juhindudes tuuma ja raku jagunemise (karüokineesi) kirjeldusest (joonis 14, *II*), vaatleme ja joonistame rakke ja tuumasid mitmesuguses seisundis: puhkeajal (interfaasis), kromosoomide ilmumisel (profaasis), tuumaplaadi ilmumisel (metafaasis), kromosoomide pikipoolmete lahknemisel (anafaasis), kahe uue tuuma moodustumisel (telofaasis) ja rakukesta moodustumisel kahe uue tuuma vahele (tsütokinees).

Herne (*Pisum satuvum*) lehe epiderm (pinnalt). Võtame hernelehe alumiselt pinnalt epidermi. Vaatleme preparaadis rakke algul väikesel, siis suurel suurendusel ja joonistame loogelisi rakukesti, samuti suuremate rakkude vahel asuvaid õhulõhesid (joonis 15).

Hüatsindi (*Hyacinthus*) lehe epiderm. Võtame hüatsindilehe alumiselt pinnalt epidermi ja valmistame sellest preparaadi, mida vaatleme algul väikesel, siis suurel suurendusel. Joonistame pikenenud rakke ja nende vahel olevaid õhulõhesid. Õhulõhed koosnevad pilutaolisest avast ja seda ümbritsevast kahest sulgrakust. Õhulõhed paiknevad rakkudega ühes suunas. Sulgrakkudes on hästi näha kloroplaste.

Hüatsindi (*Hyacinthus*) lehe epiderm ja õhulõhed. Hüatsindilehes näeme ristlõikes (püsipreparaadis) suurel suurendusel väliseid täisnurkseid leherakke. Näeme, et rakkude väliskest on märgatavalt paksem kui sisekest. Sisekest puutub kokku assimilatsioonikoerakkudega. Pöörame tähelepanu õhulõhe sulgrakkudele ja rakuseinte ebaühtlasele paksenemisele. Joonistame õhulõhe; märgime joonisel ära õhupilu ja õhukambri, samuti assimilatsioonikoega külgnevad kloroplastidega varustatud rakud.

Võhumõõga (*Iris*) epidermirakud. Epidermi ja õhulõhesid õpime tundma võhumõõgalehe preparaatides. Epidermi on kerge eemaldada teravate pintsettidega. Epidermirakud on nagu hüatsindilgi pikenenud ja õhulõhed küllalt suured. Püsipreparaadis näeme, et võhumõõga epidermi ehitus ja õhulõhed erine-



Joonis 23. Võhumõõga (*Iris*) lehe epiderm:
I — pealtvaade. *II* — õhulõhe. *III* — lehepind ristlõikes: *1* — sulgrakud; *2* — õhupilu; *3* — epidermirakud; *4* — põhikoerakk; *5* — õhukamber.

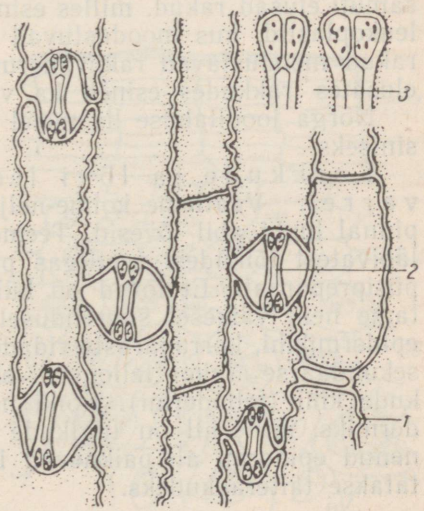
vad pisut hüatsindi epidermi ehitusest ja õhulõhedest (joonis 23). Võhumõõgal on paksenenud epidermirakud kaetud õhukese läbipaistva kilega, kutiikulaga. Õhulõhed on võrreldes teiste epidermirakkudega veidi lehelabasse vajunud, sulgrakud on väiksemad ja nende õhupilu poole pööratud külg on üleni paksenenud, õhuke kest on aga teiste epidermirakkude poole pööratud.

Maisi (*Zea mays*) lehe epiderm ja õhulõhed. Asetame valmistatud tasased epidermilõigud esemeklaasile veetilka ja katame katteklaasiga. Maisi ja teiste kõrreliste epidermirakud on veidi piklikud, kestad loogelised. Õhulõhed erinevad varem tundmaõpitutest nii asetuse (sirged read) kui ka ehituse poolest. Mõlemal sulgrakul on otstes põisjad laiendid, mille protoplasmas on kloroplastid. Laienenud rakuõõned on ühendatud peene keskosaga, paksuseinalise teljega, mille keskel on kanal. Mõlemad sulgrakud puutuvad kokku põisjate laiendite kaudu. Rakkude turgori suurenemisel suurenevad ka põisjate laiendite mõõtmed, teljed nihkuvad eemale ja õhulõhed avanevad. Turgori vähenemisel tõmbuvad põisjad laiendid lamedaks, tänu millele lähenevad õhulõhe teljeosad ja õhulõhed sulguvad. Sulgrakkude väliskülg puutub kokku kaasrakkudega. Joonistame mõned maisi epidermirakud (joonis 24).

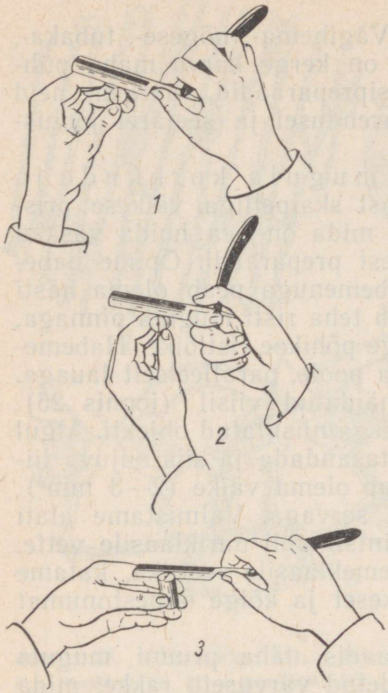
K a r v a d t a i m e e p i d e r m i l. Vägiheina-, nõgese-, tubaka-, õunapuu-, kartuli- ja sibulalehtedelt on kerge karvu maha pühkida. Valmistame neist taimedest vesipreparaadid, vaatleme neid mikroskoobis väikesel ja suurel suurendusel ja seejärel joonistame.

K a r t u l i (*Solanum tuberosum*) m u g u l a k o r k k u d e j a p õ h i k u d e. Lõikame kartulimugulast skalpelliga väikese prismakujulise tükikese (koos kestaga), mida on hea hoida vasaku käe sõrmede vahel. Valmistame sellest preparaadi. Õpime habemenoaga õhukesi lõike lõikama. Habemenuga peab olema hästi teritatud ja rihmal ihutud. Lõige tuleb teha risti mugula pinnaga, nii et saame kesta ja väikese osa valge põhikoe ristlõike. Habemenuga hoiame paremas käes, tera enda poole, paralleelselt lauaga. Habemenuga tuleb hoida joonisel näidatud viisil (joonis 25). Habemenoaga lõigatakse harilikult veega niisutatud objekti. Algul tuleb kartulitüki pind habemenoaga tasandada ja siis sujuva liigutusega õhuke lõik lõigata; lõik peab olema väike (2—3 mm²). Lõigud lõikame tingimata risti tüki servaga. Valmistame alati mitu lõiku ja asetame need niiske pintsli abil uuriklaasile vette. 2—3 õnnestunumat lõiku paneme esemeklaasile veetilka, katame katteklaasiga ja vaatleme algul väikesel ja kõige õnnestunumat lõiku suurel suurendusel.

Väikesel suurendusel on preparaadis näha pruuni mugula kesta ja tärklisteradega tihedalt täidetud värvuseta rakke; mida kaugemal kestast rakk on, seda rohkem on temas tärklisteri. Valime kartulilõigul kõige õhema koha ja asetame selle vaatevälja tsentrisse. Suurel suurendusel näeme, et kestarakud paik-



Joonis 24. Maisilehe epiderm ja õhulõhed:
1 — epidermirakkude loogelised kestad; *2* — õhulõhed; *3* — kõrrelise taime õhulõhe osa skemaatiline kujutis; vasakul suletud, paremal avatud.



Joonis 25. Habemenoa hoid lõike tegemisel:
1 ja *2* — pealtvaade; *3* — külgvaade.

nevad korrapärastes radiaalsetes ridades (joonis 26). Need on omavahel tihedalt ühendatud surevad korkkoerakud, mis ei lase vett läbi. Nende all paiknevad elusad fellogeeni (korgikambiumi) rakud, mis moodustavad korgistuvaid rakke. Sügavamal asuvad samuti elusad rakud, milles esinevad peale protoplasma ja tuuma leukoplastid, kus moodustuvad tärklisterad. Tärklist sisaldavad rakud moodustavad rakuvaheruumidega säilituspõhikoe. Välistes elusates rakkudes esineb ka väikesi valgukristalle.

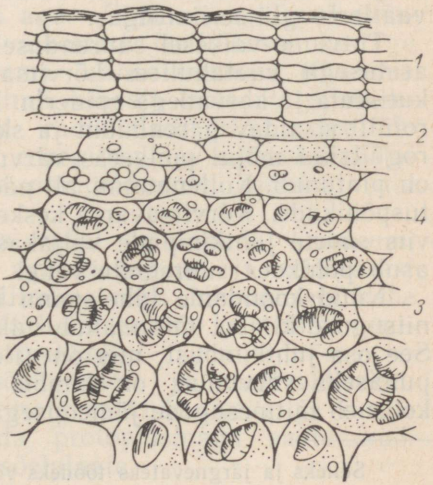
Nõrga joodilahuse lisamisel värvuvad preparaadi tärklisterad siniseks.

K o r k k u d e j a l õ v i l e e d r i p u u (*Sambucus racemosa*) v a r r e l. Vaatleme kolme-nelja-aastase leedripuu varre pealispinnal luubi abil lõvesid. Teeme valmislõigatud õhukestest, lõve läbivatest lõikudest veetilgas preparaadi või kasutame värvitud püsipreparaati. Et lõved on küllalt suured, vaatleme ja joonistame neid väikesel suurendusel. Joonisel märgime ära sureva epidermikihi, korrapäraste ridadena paiknevad korgistuvad rakud, sekundaarse algkoe fellogeeni ehk korgikambiumi ja elusate rakkude kihi (fellodermi). Kõiki neid kihte nimetatakse koos peridermiks, mille all on tugikude (kollenhüüm) (joonis 17). Rebenenud epidermi all paiknevad lõverakud kobedalt ja neid nimetatakse täiterakkudeks.

Kõiki korkkoe (peridermi) kihte on lõvede vahel või nende naabruses suurel suurendusel hästi näha.

Niinekiud lina (*Linum usitatissimum*) varres. Surume tüki linavart pikuti poolitatud leedripuusäsitükkide vahele. Soovitatav on linavarsi ja leedripuusäsi enne alkoholis hoida. Lõikame linavarrest ja leedripuusäsist terava habemenoaga vasaku käe kahe sõrmega objekti tugevasti kokku surudes õhukesed ristlõigud. Tõstame õnnestunumad varrelõigud niiske pintsliga habemenoalt esemeklaasil olevasse veetilka ja katame katteklaasiga. Ühte tilka võib panna mitu lõiku. Valime väikesel suurendusel kõige õnnestunuma lõigu, nii et keskosas oleks näha varre põhikoest koosnevat säsi ja pidevat puidukihti, mida koorest eraldab õhuke kambiumivahekiht. Koores paistavad silma rühmiti paiknevad tugevasti paksenenud kestaga valged rakud; see on niinekiududest koosnev tugikude, mida kasutatakse ketruskiu saamiseks (joonis 18). Eemaldame katteklaasi kergitades filterpaberi abil vee ja lisame preparaadile kloor-tsink-joodilahust. Tselluloossed kestad värvuvad sinivioletseks, puit aga kollaseks. Suurel suurendusel näeme, et niinekiudude kimp koosneb paljudest rakkudest (elementaarsetest kiududest), mis on omavahel tihedalt kokku kleepunud. Rakkudel on paksenenud kest ja keskel väike õõs, mille sisu on surnud. Niinekiudude kimpu ümbritsevad õhukeseseinalised kooreparenhüümirakud.

Kivisrakud (sklereiidid) pirni (*Pyrus communis*) viljalihas. Lõikame alkoholis hoitud pirniviljatükikesest õhukesi lõikusid, mida töötleme esemeklaasil algul floroglutsiiniga ja paari minuti pärast kange soolhappega. Kivisrakud muutuvad punaseks. Seejärel eemaldame filterpaberi abil reaktiivi, lisame



Joonis 26. Kartulimugula välisosa ristlõikes:
1 — korkkoerakud; *2* — fellogeen; *3* — tärklisega täidetud põhikoerakud; *4* — valgukristall.

tilga glütseriini, katame katteklaasiga ja vaatleme lõigu kõige õhemat kohta suurel suurendusel. Vaatleme põhikoerakkudest ümbritsetud kivisrakkude rühma. Joonistame mõned paksenenud rakukesti läbivate poorkanalitega rakud. Näeme ka rakuõõnt ja kesta kihilisust (joonis 18).

Kollenhüüm peedi (*Beta vulgaris*) leherootsus. Lõikame peedi leherootsust terava habemenoaga väga õhukese ristlõigu (preparaat veetilgas). Kui lõik on tehtud täpselt risti leherootsu pikiteljega, näeme servas selgesti valgete nurkpaksenditega tugikude, nurkkollenhüümi. Kollenhüümiraku elusat sisu ei ole ristlõikes näha. Rakkude pikenenud kuju ja sisu näeme ainult pikilõikes.

Sooned ja sõeltorud kõrvitsa (*Cucurbita pepo*) varres. Vaatleme orgaanilisi aineid juhtivaid sõeltorusid alkoholis hoitud kõrvitsavarre õhukeses pikilõigus. Lõigud teeme läbi suure juhtkimbu pikuti läbilõigatud varrest. Soovitatav on valmistada palju lõike, töödelda neid floroglutsiini ja kontsentreeritud soolhappega, valida neist paar-kolm välja ja vaadelda glütseriinitilgas. Näeme kõige suuremaid punaseks värvunud, võrkpoorsooni, samuti võrk-, poor-, spiraal- ja kõige väiksemaid, rõngassooni. Rõngassoontel on punaseks värvunud ainult rõngasjad paksendid, primaarne kest ei värvu.

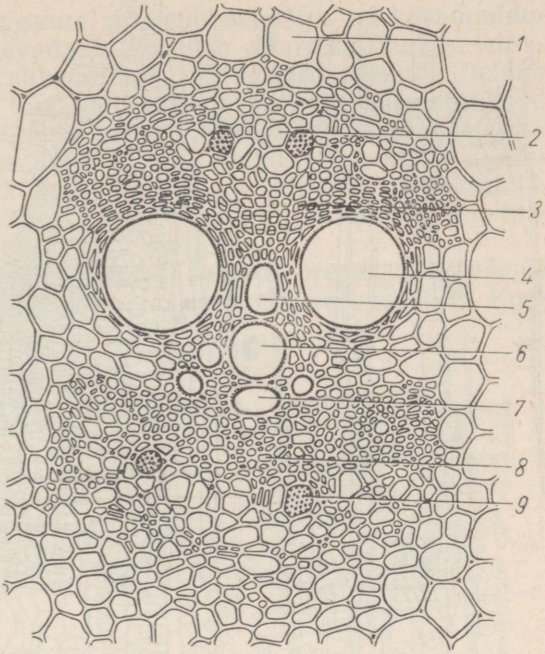
Värvitud, ainult nõrgalt kollased on ka sõeltorud, mille protoplasma on väätjas ja keskosas rakukestast eraldatud. Näeme ka sõelplaate, mille avade kaudu tungivad protoplasmaniidid ühest sõeltorust teise, samuti protoplasma ja pikliku tuumaga saaterakke (joonis 28).[1]

Kõrvitsavarre ristlõik selles paiknevate juhtkimpudega. Valime mitmest kõrvitsavarre ristlõigust kõige õhema, töötleme seda floroglutsiini ja soolhappega ning vaatleme glütseriinitilgas.

Tutvume väikesel suurendusel ja preparaati nihutades kudede asetusega viietahulises kõrvitsavarres. Väljastpoolt katab vart kutiikula ja karvadega epiderm. Epidermi all on kollenhüüm, klorofülli sisaldav parenhüüm ja sklerenhüüm. Sklerenhüüm on floroglutsiini mõjul punaseks värvunud, mis näitab, et rakukestad on puitunud. Kollenhüümi all näeme juhtkimpe ümbritsevat säilituspõhikude. Kõrvitsavarre keskel näeme õhuruumi, kuhu ulatub viis suurte juhtkimpude väljakasvet. Viis väiksemat juhtkimpu asub põhikoes suuremate vahel.

Nüüd koondame tähelepanu ühele juhtkimbule, valime välja niisuguse kimbu, mis mahub mikroskoobi vaatevälja (joonis 27). See osa juhtkimbust, mis on (floroglutsiini ja soolhappe mõjul) punaseks värvunud, on kimbu puiduosa (ksüleem). Puiduosa koosneb mitmesuguse jämedusega ja (ristlõikes) üsna korrapära-

[1] Selleks ja järgnevateks töödeks võib kasutada püsipreparaate.



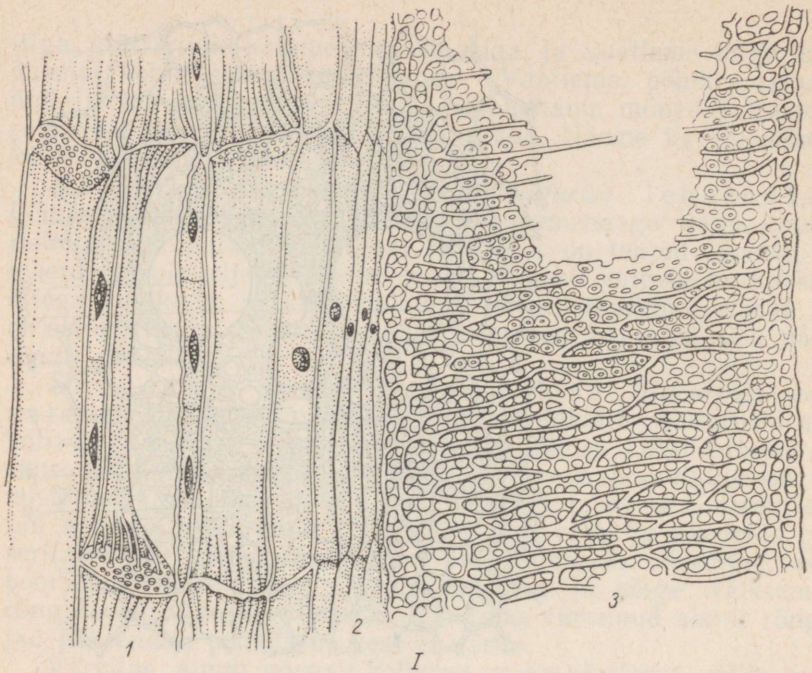
Joonis 27. Kõrvitsa juhtkimp:
1 — põhikude; *2* — niineosa (floeem); *3* — kambium; *4, 5, 6, 7* — sooned (trahheed); *8, 9* — sisemine niineosa (floeem).

selt ümmarguse kujuga soontest (trahheedest). Suurte võrk-poorja võrksoonte kõrval, mille arv kimbus kõigub (2—4), näeme väiksemaid, spiraal- ja rõngassooni. Sooni (trahheesid) ümbritsevad väikesed puiduparenhüümirakud.

Kimbu puiduosa sisemise, eriti aga välimise osa kõrval (kõrvitsal mõlemal küljel) paikneb väikestest tselluloosse kestaga rakkudest koosnev niineosa (floeem). Välise niineosa (floeemi) ja puiduosa (ksüleemi) piiril on hulk elusate lamedate õhukeseseinaliste rakkude korrapäraseid radikaalseid ridu. See on kambium, mille rakud poolduvad energiliselt ja annavad väljapoole niineelemente ja sissepoole puiduelemente moodustavaid rakke.

Sisemise niineosa ja puiduosa vahel on samuti kambiumi meenutavaid rakke. Need rakud aga ei jagune ja sellepärast kasvab kimp suuremaks ainult välimises osas. Niisuguseid kahe niineosaga juhtkimpe nagu kõrvitsalistel esineb ka teiste sugukondade taimedel (näiteks maavitsalistel).

Juhtkimbu niineosa koosneb sõeltorudest ja saaterakkudest. Sõeltorudel on ristlõikes hulknurksete rakkude kuju ja nende vahel paiknevad väikesed tiheda protoplasmaga saaterakud. Kohati esineb väikeste avadega sõelplaate.



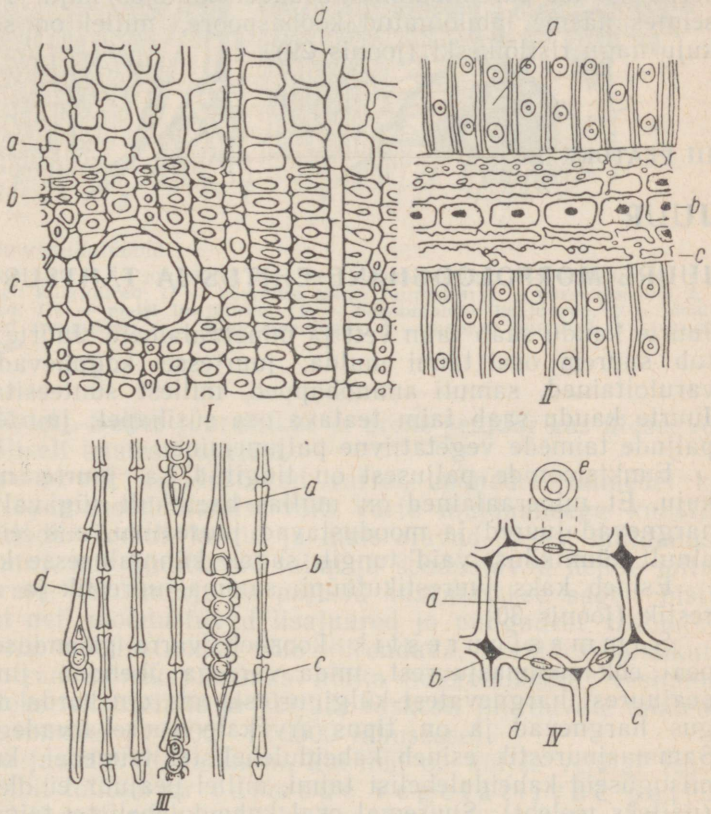
Joonis 28. Kõrvitsa juhtkoed:
I — pikilõikes: *1* — saaterakkudega sõeltorud; *2* — kambium; *3* — võrk-poorsoon (Z. D. Prjanišnikova joonis). *II* — varresooned (trahheed): *1* — võrktrahhee; *2, 3, 4* — spiraaltrahhee; *5* — rõngastrahhee.

Joonistame (skemaatiliselt) kõrvitsa juhtkimbu piki- ja ristlõike (vt. joonis 28).

Vett juhtivad trahheiidid männi (*Pinus silvestris*) tüve puidus. Vaatleme valmislõigatud ja värvitud männipuidu rist-, radiaal- ja tangentsiaallõikude preparaadis koobaspooridega trahheiide ja leiame vaigukäigud. Leiame puidu rist-

lõikes algul väikesel, siis suurel suurendusel sügis- ja kevadpuiduvahelise terava piiri. Kevadpuit koosneb suurtest õhukeseseinalistest täisnurksetest trahheiididest, mille radiaalseintel leidub läbilõikes koobaspoore. Sügispuit koosneb tugevasti paksenenud kestaga trahheiididest. Neis leidub vaigukäike, (ristlõikes) ümmargusi kanaleid, mis juhivad vaikaineid (tärpentini). Vaikaineid toodavad vaigukäike ümbritsevad elusad epiteelrakud. Peale selle näeme ristlõikes radiaalselt kulgevaid säsikiiri, mis erinevad trahheiididest elusa sisu poolest.

Männipuidu r a d i a a l l õ i k e s tehtud preparaadis näeme trahheiidide prosenhüümset kuju ja arvukalt koobaspoore. Koo-



Joonis 29. Männi trahheiidid, koobaspoorid, vaigukäigud ja säsikiired:
I — männipuit ristlõikes: *a* — kevadised trahheiidid; *b* — suvised trahheiidid; *c* — vaigukäik; *d* — säsikiir. *II* — puidu radiaallõige: *a* — koobaspooridega trahheiidid; *b* — elusad säsikiirerakud; *c* — surnud säsikiirerakud. *III* — puit tangentsiaallõikes: *a* — koobaspooridega trahheiidid; *b* — elusad säsikiirerakud; *c* — surnud säsikiirerakud; *d* — trahheiidi lõpp. *IV* — trahheiid ristlõikes (suur suurendus): *a* — trahheiidi õõs; *b* — kest; *c* — koobaspoor; *d* — toor; *e* — koobaspoori ümbermõõt, võrreldуna tema ristlõikega.

baspoori pinnal näeme selgesti kaht ringi (joonis 20). Tähelepanelikul vaatlemisel näeme ka keskmist ringi, see on läbi kesta paistev toor, mis asetseb koobaspoori koopas. Radiaallõikes näeme säsikiiri, mis koosnevad mitmest rakureast. Keskmistes ridades on rakud elusad ja sisuga täidetud; äärmistes ridades on rakud surnud ja veega täidetud. Vaigukäigud paistavad pikilõikes sirgete kanalitena.

Trahheiididest ja männipuidust täielikuma kujutluse saamiseks vaatleme tangentsiaallõiget, s. t. aastarõngastega paralleelselt tehtud lõiget. Ka tangentsiaallõikes näeme trahheiide, pikki teritunud otstega rakke. Säsikiired on läbi lõigatud ja seepärast on parenhüümirakuridadel läätsjas kuju. Trahheiidide seintes näeme läbilõigatud koobaspoore, millel on samasugune kuju nagu ristlõikeski (joonis 29).

III PEATÜKK

JUUR

JUURE MORFOLOOGILINE EHITUS JA TÄHTSUS

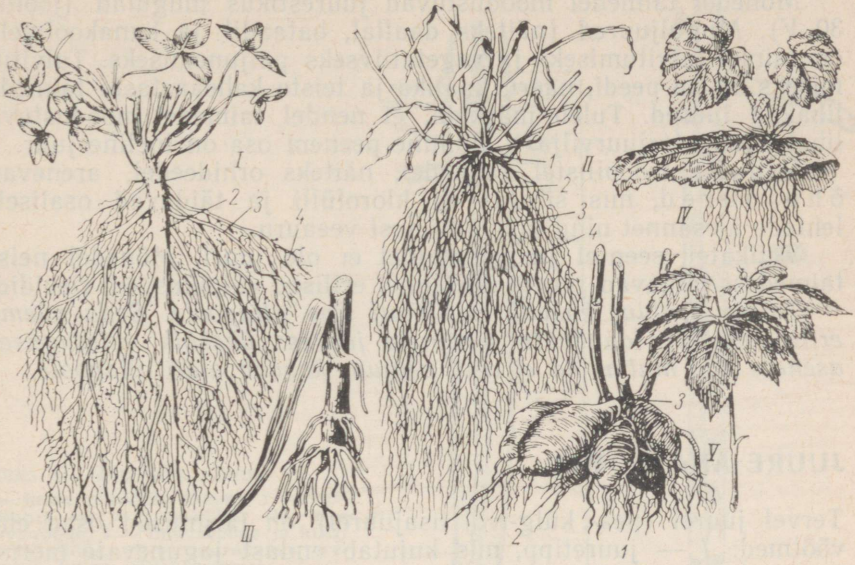
Juurte kaudu saab taim vett ja mineraalaineid. Juurte abil kinnitub suurem osa taimi mulda; juurtesse kogunevad harilikult varutoitained, samuti aminohapped, millest sünteesitakse valke. Juurte kaudu saab taim teatava osa süsihapet; juurtega toimub paljude taimede vegetatiivne paljunemine.

Funktsioonide paljusest on tingitud ka juurte mitmekesine kuju. Et mineraalained on mullas harilikult sügaval ja hajali, hargnevad juured ja moodustavad juurestiku, mis ei levi mitte ainult künnikihis, vaid tungib sageli künnialusesse kihti.

Esineb kaks juurestikutüüpi: sammasjuurestik ja narmasjuurestik (joonis 30).

Sammasjuurestik koosneb varre pikenduseks olevast pea- ehk sammasjuurest, mida varrega ühendab juurekael, ja peajuurest hargnevatest külgjuurtest, mis omakorda mitmes järgus hargnevad ja on tipus arvukate juurekarvadega kaetud. Sammasjuurestik esineb kaheidulehelistel taimedel, kuigi on ka niisuguseid kaheidulehelisi taimi, millel peajuur ei ole märgatav (näiteks teeleht). Suuremal osal kaheidulehelistel taimedel (redisel, lutsernil, hernel jt.) on tugev peajuur, mis hakkab arenema juba seemnete idanemise ajal ja tungib sügavale mulda. Lutsernijuured ulatuvad kuni 10 m sügavusse ja sügavamale. Eriti pikad on mõnede kõrbetaimede sammasjuured (kuni 15 m ja isegi üle selle).

Narmasjuurestik esineb üheidulehelistel taimedel (näi-



Joonis 30. Juurestikutüübid:

I — ristikujuurestik: *1* — juurekael; *2* — pea-(sammas-)juur; *3* — külgjuured; *4* — teise jne. järgu külgjuured. *II* — kõrrelise taime juurestik: *1* — võrsumissõlm; *2*, *3*, *4* — lisajuured. *III* — maisi lisajuured. *IV* — begoonialehe lisajuured. *V* — daalia lihakad juured (mugulad): *1* — vana emamugul; *2* — noored mugulad; *3* — juurekael pungadega.

teks kõrrelistel). Selles juurestikus ei arene peajuur kas üldse, või ei erine väliselt teistest juurtest.

L i s a j u u r e d moodustuvad varrel, mõnedel taimedel ka lehtedel. Nende moodustumist võib varte muldamisega kunstlikult kiirendada. Tomat, kartul ja mais ajavad pärast muldamist palju lisajuuri, mis kinnitavad taimi ja soodustavad nende toitumist. Sõstraid, karusmarju ja pajusid kasvatatakse sageli pistikutest, sest neil moodustuvad lisajuured ja pungadest võsud.

Lisajuurte moodustumist võib kiirendada, asetades pistikute alumised otsad mõneks tunniks nõrka heteroauksiini[1] vesilahusesse (näiteks tsitruseliste ja paljude raskesti juurduvate taimede istikud 24 tunniks 1 : 5000—1 : 2500 lahusesse).

Pistikud juurduvad paremini, kui neil on küljes veidigi lehti.

Juurte abil toimub ka t a i m e d e v e g e t a t i i v n e p a l j u n e m i n e. Nii paljunevad näiteks kassitapp, piimohakas ja ohakas. Nendel taimedel on kas kogu juurestikul või kindlatel külgjuurtel lisapungad, millest areneb rikkalikult juurevõsusid. Ka pappel, haab ja valge akaatsia annavad juurevõsusid.

---

[1] H e t e r o a u k s i i n — kasvuaine, mida nimetatakse ka β-indolüüläädikhappeks ($C_{10}H_9O_2N$); seda saadakse taimedest või keemilise sünteesi teel.

Mõnedel taimedel moodustuvad juurestikus mugulad (joonis 30, *V*). Muguljuured (näiteks daalial, bataadil ja kanakoolmel) on taimel talvitumiseks ja vegetatiivseks paljunemiseks. Talvitumiseks on ka peedi, naeri, kaalika ja teiste kaheaastaste taimede lihakad juured. Tuleb märkida, et nendel taimedel moodustuva lihaka juure («juurvilja») alumine peenem osa on tõeline juur.

Paljudel troopilistel taimedel, näiteks orhideedel, arenevad õhujuured, mis sisaldavad klorofülli ja täidavad osaliselt lehtede ülesannet ning imavad õhust veeauru.

Vetikatel, seentel ja sammaldel ei ole juuri. Mõnedel neist taimedest täidavad juurte ülesannet erilised väljakasved, risoidid.

Taime peajuur kasvab harilikult tipp allapoole. Seda näeme eriti ilmekalt idanevate seemnete juures: ükskõik missuguses asendis nad mullas ka ei asu, peajuur kasvab alati allapoole.

JUURE ANATOOMIA

Tervel juurel (pea-, külg- või lisajuurel) on järgmised osad ehk vöötmed: *1* — juuretipp, mis kujutab endast jagunevate meristemaatiliste rakkude vöödet ja mida katab juurekübar; *2* — pikenemis- ehk kasvuvööde; *3* — imav vööde ja *4* — korgistumisvööde ehk külgjuurte vööde (joonis 31).

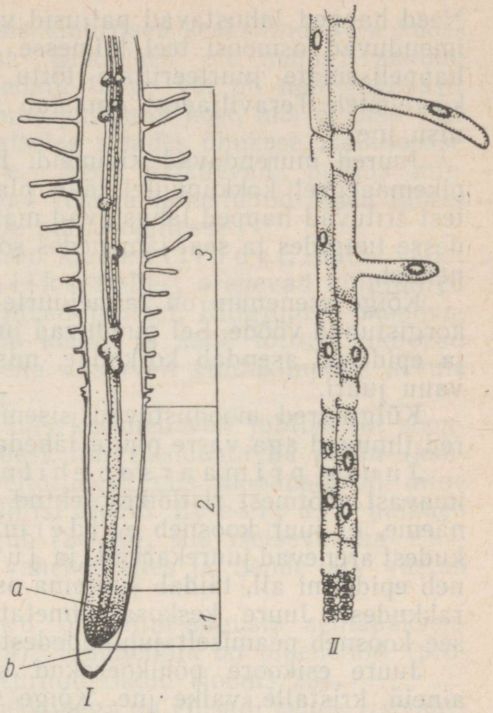
Juurekübar ümbritseb kasvukuhikut ja kaitseb seda mehhaaniliste vigastuste vastu, mis võivad tekkida kasvamise ajal esineva tugeva surve tõttu. Juurekübar on koonusekujuline. Juurekübara välised rakud on vanemad, vakuoolidega, suurenenud turgoriga ja kõige suurema surve all, mis tekib hõõrdumisel vastu teravaid mullaosakesi. Need rakud rebenevad hulgaliselt maha, limastuvad, kärbuvad ja nende kohale asuvad uued rakud.

Juurekübara all paiknevat juureosa nimetatakse kasvukuhikuks. Kasvukuhikus toimub pidevalt primaarse algkoe rakkude pooldumine: osa rakke muutub juure püsikudedeks, teine osa aga juurekübara rakkudeks. Primaarse algkoe välised rakuread muutuvad epidermiks, mis koosneb ühest tihedalt ühendatud rakureast.[1]

Kasvukuhikule järgnevat juureosa nimetatakse kasvuvöötmeks. Kasvuvööde algab juuretipust 2—3 mm kaugusel ja ulatub 10 millimeetrini. Kasvuvööde pikeneb kiiresti kasvukuhiku rakkude pooldumise ja kasvuvöötmerakkude pikenemise tõttu.

Kasvuvöötmele järgneb imav vööde, mis eri taimedel on eri pikkusega, olenevalt juurekasvu kiirusest. Juurekarvad on lühiealised, saavutanud täieliku suuruse, kärbuvad nad ja nende asemele moodustuvad (juuretipu lähedusse) uued. Sel teel pai-

[1] Et noore juure epiderm ei ole kutiikulaga kaetud ja on kohanenud ainete imamiseks mullast, nimetatakse teda sageli epibleemiks.



Joonis 31. Juuretipu ehitus:
I — juure pikilõike skeem: *1* — kasvukuhik (a) ja juurekübar (b); *2* — kasvuvööde; *3* — imav vööde ja külgjuurte vööde. *II* — juurekarva arenemine juure väliskoerakust.

gutub imav vööde tänu juurekasvule kogu aeg ümber ja kasutab uusi toitainevarusid.

Juurekarvad on mitmesuguse pikkusega. Vees nad ei arene; ja taim imab toitaineid epidermi kaudu. Niiskes õhus võib juurekarvu näha palja silmaga, nende pikkus on 2—8 mm. Juurekarvad on pindmise tekkega: nad moodustuvad epidermirakkudest (viimaste kasvamise teel). Iga karv on väljaveninud rakk, millel on õhuke kest, protoplasma, tuum ja vakuool. Juurekarvad põimuvad tihedalt ümber mullaosakeste ja imavad vett ning mineraalaineid. Peale selle toetavad nad kasvavaid juuri. Vaatamata juurte võrdlemisi väikesele mahule imab juurestik mullast tänu liigendumisele narmasjuurteks ja juurekarvadeks suurel hulgal vett ja teisi vajalikke aineid. Narmasjuurte üldpikkus on näiteks rukkil vähemalt 600 km, kõikide eluajal tekkivate juurekarvade pikkus 10 000 km, juurekarvade arv aga ligi 15 miljardit. Toitained imenduvad osmoosi teel, tungivad juurekarvadest naaberrakkudesse, kuni jõuavad juure keskkohas olevate juhtsoonteni ning liiguvad üles varde ja lehtedesse.

Juurestiku võimet mullast toitaineid imada suurendab asjaolu, et juurekarvad eritavad happeid (õunhapet, süsihapet jt.).

Need happed lahustavad paljusid vees lahustumatuid aineid, mis imenduvad osmoosi teel taimesse. Näiteks lupiinil ja tatral on happelisemate juurteeritiste tõttu suurem omastamisvõime kui kõrrelistel. Teraviljadest omastab rukis toitaineid paremini kui nisu jne.

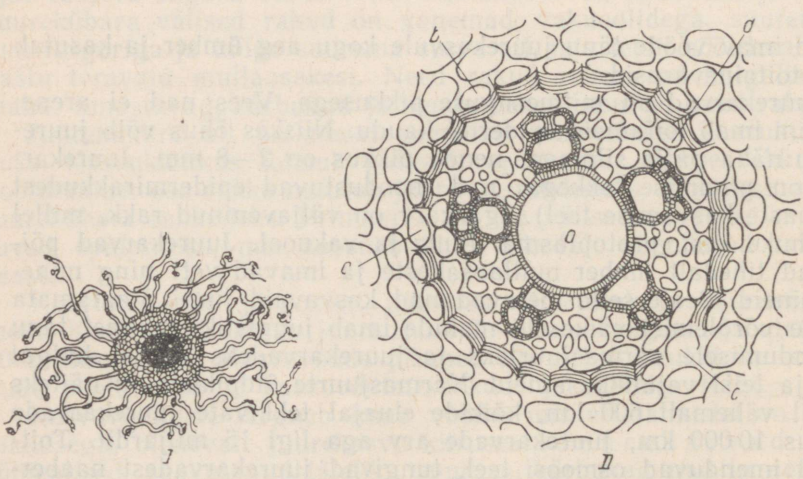
Juured murendavad kivimeid. Isegi marmorplaadi ja juurte pikemaaegsel kokkupuutel jääb plaadile juurte jälgi, sest juurtest erituvad happed lahustavad marmorit. Kivide ja kaljude lõhedesse tungides ja seal jämenedes soodustavad juured nende purunemist.

Kõige arenenum on taimejuurtel imava vöötme järel paiknev korgistunud vööde. Sel puuduvad juurekarvad, on aga külgjuured ja epidermi asendab korkkude, mis katab rohttaimede ja puude vanu juuri.

Külgjuured moodustuvad sisemistest juurekudedest, lisajuured ilmuvad aga varre pinna lähedalt.

Juure primaarset ehitust õpime tundma noore juure imavast vöötmest ristlõikes tehtud preparaadi abil. Mikroskoobis näeme, et juur koosneb epidermist (epibleemist), mille rakkudest arenevad juurekarvad, ja juure esikoorest, mis paikneb epidermi all, täidab suurema osa juurest ja koosneb põhikoerakkudest. Juure keskosa nimetatakse kesksilindriks ja see koosneb peamiselt juhtkudedest (joonis 32).

Juure esikoore põhikoerakud sisaldavad protoplaste, varuaineid, kristalle, vaike jne. Kõige sisemine esikoorerakkude kiht



Joonis 32. Juur ristlõikes:

I — ristlõige on tehtud imavast vöötmest, näeme arvukate juurekarvadega epidermi, koore põhikude ja kesksilindrit. *II* — kesksilinder: *a* — suur soon, mille ümber viis väiksemat soont, nende vahel niine (floeemi) osad; *b* — endodermirakud; *c* — läbilaskerakk; *d* — peritsükkel (külgjuuri moodustav kiht).

moodustab endodermi, mis ümbritseb kesksilindrit ja koosneb veidi piklikest rakkudest. Ristlõikes on nende rakkude radiaalsetel seintel näha tumedaid täppe või on neil tugevasti paksenenud sisemine ja külgmine puitunud kest, mis ei lase vett läbi. Nende vahel on vertikaalsetes ridades õhukese tselluloosse kestaga läbilaskerakke. Need paiknevad puidusoonte vastas ja nende kaudu pääsevad vesi ja lahustunud ained juurekarvadest läbi esikoore rakkude puidusoontesse.

Endodermist seespool asetseb kesksilinder, mille välist kihti nimetatakse peritsükliks. Sellest arenevad külgjuured kasvavad läbi esikoore ja väljuvad juurest. Külgjuured moodustuvad harilikult puidukimpude kohal ja selle tõttu paiknevad nad juurel korrapäraste ridadena vastavalt puidukimpude arvule või nende kahekordsele arvule.

Kesksilindris on juhtkude, mis koosneb vett juhtivatest soontest, trahheedest ja trahheiididest, mis moodustavad puidu (ksüleemi), ja saaterakkudega sõeltorudest, mis moodustavad niine (floeemi) ning juhivad orgaanilisi aineid. Et esipuit paikneb juures kiirtena, mille arv kõigub (2—20), siis asetsevad ka esiniineosad esipuidukiirte vahekohtades ja nende arv vastab esipuidukiirte arvule.

Trahheed ehk sooned on mitmesuguste seinapaksenditega õõnsad torud (joonis 19). Trahheiidid on pikenenud (prosenhüümsed) teravaotsalised surnud rakud (joonis 29).

Sõeltorud koos saaterakkudega on elusad, nende ristvaheseinad on mulgustunud (sõelataolised) (lk. 61).

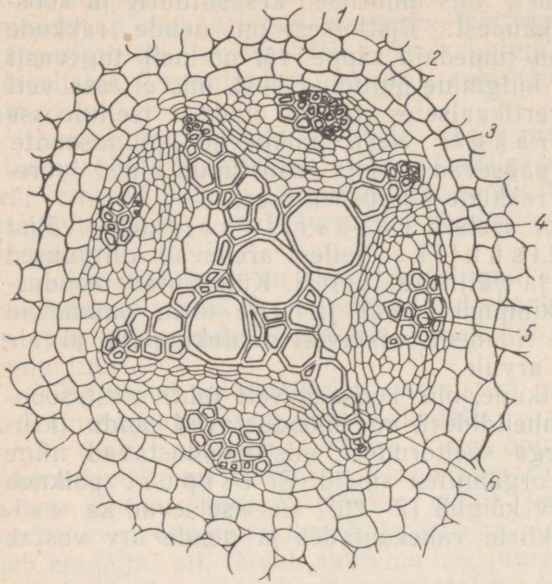
Trahheesid ja trahheiide mööda tõusevad vesi ja lahustunud soolad juurtest varde, mööda niine sõeltorusid laskuvad aga orgaanilised ained (suhkur, valgud jne.) varrest juurde ja selle harudesse.

Niinekiud ja puidukiud paiknevad juhtkudede rakkude vahel. Kesksilindris esineb ka elusaid parenhüümseid rakke.

Üheidulehelistе taimede juurtes on eluea jooksul toimuvateks muudatusteks ainult juurekarvade kärbumine, esikoorerakkude korgistumine ja tugikoe ilmumine. Ainult puukujulistel üheidulehelistel taimedel, mille juured ja varred jämenevad (draakonipuu, palm), tekib kambium ja toimub teiskasv.

Kaheidulehelistel taimedel toimub juure primaarses ehituses juba esimese eluaasta jooksul eespool kirjeldatud sekundaarseid muutusi (teiskasv), mis seisnevad selles, et esipuidu (ksüleemi) ja esiniine (floeemi) vahele ilmub kambiumikiht; kui kambiumi toodetud rakud ladestuvad sissepoole, muutuvad nad teispuiduks (ksüleemiks), väljapoole ladestumisel aga teisniineks (floeemiks). Kambiumirakud tekivad parenhüümirakkudest, mis asetsevad esipuidu ja niine vahel. Nad jagunevad tangentsiaalsete vaheseinte abil (joonis 33).

Peritsüklirakud, mis asetsevad puidukiirte kohal,



Joonis 33. Kaheidulehelise taime (*põldoa*) juure teiskasv:
1 — esikoore põhikude; *2* — endoderm; *3* — külgjuuri moodustav kiht (peritsükkel); *4* — kambium; *5* — niineosa (floeem); *6* — esipuit.

jagunevad ja moodustavad parenhüümkoe, mis muutub säsikiirteks. Teised peritsüklirakud, mis on kesksilindri väliseks kihiks, hakkavad samuti kogu ulatuses jagunema ning nendest tekib korkkude, mis lahutab juure sisemist osa esikoorest. Viimane kärbub pikkamööda ja heidetakse ära.

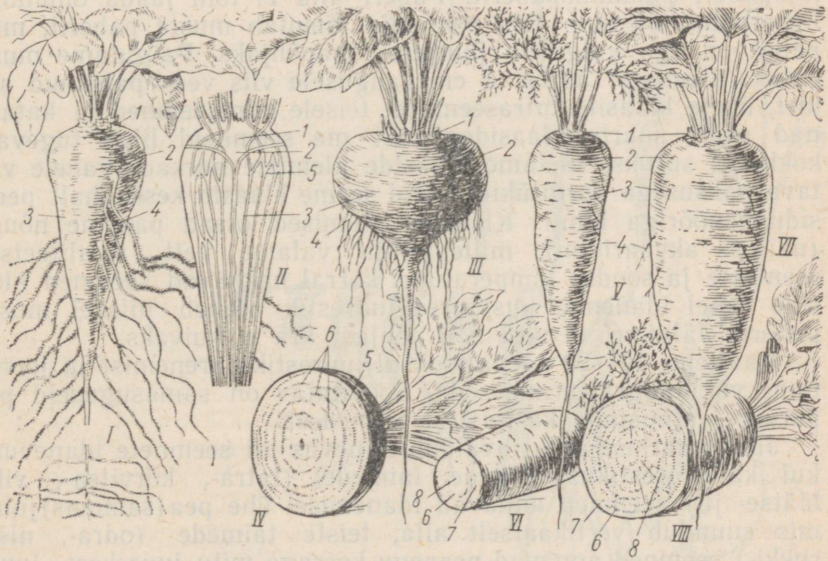
Kambiumikiht asetseb ümber kesksilindri esipuidu ja tema rakkude jagunemise tulemusena kasvab sissepoole teispuit, väljapoole aga moodustub pidev niineosa, mis nihkub esipuidust järjest kaugemale. Kambium on algul lainjas, hiljem õgveneb ja omandab rõnga kuju.

Sügisel ja talvel kambiumirakud ei jagune, kevadel aga algab jagunemine uuesti. Selle tõttu moodustuvad mitmeaastastes juurtes puidukihid ja juur muutub ehituselt varresarnaseks. *Juurt võib varrest eristada esipuidu järgi, mis on jäänud radiaalsete kiirte näol juuretsentrisse* (joonis 32). Juures toetuvad säsikiired esipuidule, varres aga alati säsile.

Puidusooned ja niine sõeltorud ulatuvad juurest varde, kus nad ei paikne aga mitte radiaalsete kiirtena, nagu juure primaarse ehituse puhul, vaid *tavaliste (üheidulehelistel) kinniste või (kaheidulehelistel) avatud juhtkimpudena. Puidu ja niine ümberrühmitumine toimub juurekaelas ja hüpokotüülis.*

Juurviljade — peedi, porgandi, naeri ja kaalika — l i h a k a d j u u r e d erinevad normaalsest juurest selle poolest, et nendesse ladestuvad varuained (joonis 34). Porgandi- ja petersellijuurel on tugevasti arenenud teisniin (floeem), kuhu ladestuvad varuained nagu teispuitugi. Naeri-, söödanaeri- ja kaalikajuurtes areneb suureks paisunud teispuit, peedil näeme aga kontsentrilisi kihte, mis koosnevad juhtkimpe ümbritsevast põhikoest, parenhüümist. Peedijuur pakseneb mitme üksteist järk-järgult asendava kambiumisilindri tekkimise ja aktiivse jagunemise teel. Sisemiste kihtide juhtkimbud suunduvad läbi paksenenud hüpokotüüli kõige vanematesse välimistesse lehtedesse, välimiste kihtide kimbud suunduvad noortesse tekkivatesse sisemistesse lehtedesse.

Juurvilja moodustamisest ei võta osa ainult juur, vaid ka varre alumine osa hüpokotüül, mis pakseneb; sellest väljub kimp lehti, nn. lehekodarik. Juurvilja hüpokotüülil olevate lehtede kaenlas tekivad pungad, mis muutuvad järgmisel aastal viljakandvateks võsudeks. Vahetult hüpokotüüli all asetseb juurvilja juurekael, millele järgneb lihakas külgjuurtega peajuur, mis peeneneb sügavamale mulda tungides.



Joonis 34. Säilitusjuured:

I — suhkrupeet. *II* — peedi säilitusjuure pikilõike skeem. *III* — söögipeet. *IV* — peet ristlõikes. *V* — porgand. *VI* — porgand pikilõikes. *VII* — söödanaeris. *VIII* — söödanaeris ristlõikes. Kogu joonisel: *1* ja *2* — hüpokotüül; *3* — hüpokotüüli ülemine juureks — juurekael; *4* — külgjuured ja sammasjuure ülemine osa; *5* — säilituspõhikoe vahekiht ja juhtkimbud; *6* — kambium; *7* — koor (niineosa); *8* — puiduosa.

Peatüki kokkuvõtteks märgime, et *juur on enamasti tüüpiline maa-alune organ. Ta sarnaneb maa-aluse varrega, risoomiga, erinevuseks on aga lehealgmete puudumine — maa-alusel varrel on harilikult lehearmid näha. Peale selle kasvavad juured allapoole (positiivne geotropism), varred aga harilikult ülespoole (negatiivne geotropism).*

LABORATOORSED TÖÖD (JUUR)

Juurestiku kuju. Vaatleme mitmesuguseid juurestiku kujusid, kasutades valmis kollektsioone ja püsipreparaate, samuti elusaid ja kuivatatud juuri. Paremaks meelespidamiseks joonistame vihikusse (ristiku- või võilille-, riitsinuspuu- või põldrõika) juurestiku koos pea- ja külgjuurtega; (teelehe, nurmiku) narmasjuurestiku; (maisi varresõlmede, begoonialehtede või sõstrapistiku) lisajuured; (daalia või bataadi) lihakad mugulad (joonis 30, *V*).

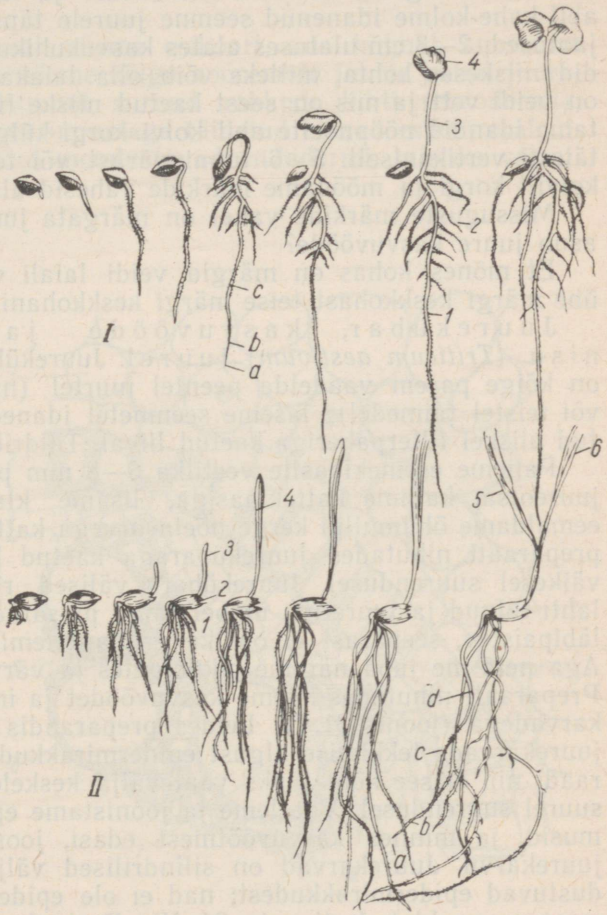
Juurestiku arenemise vaatlemine. Paneme klaasile (13×18 cm) sama suure filterpaberi, niisutame seda ohtralt veega ja asetame filterpaberile veidi väiksema tüki musta fotopaberi pakkimispaberit. Paberi alla ei tohi jääda õhumulle. Filterpaber etendab tahi osa, mis niisutab musta paberit, must paber on aga valgetele juurtele tagapõhjaks. Paigutame musta paberi ülemisest äärest 2 cm kaugusele viis vees paisunud seemet, ühele klaasile tatraseemned, teisele odraseemned ja katame nad sama suurte klaasidega. Et me seemneid liiga tugevasti kokku ei suruks, asetame klaaside ülemiste nurkade vahele vastava paksusega korgitükid. Nüüd seome klaasid keskkohalt peene sidumisnööriga kinni. Klaaside alumised otsad paneme nõusse (näiteks akvaariumi), mille põhja valame vett. Kvaliteetsete seemnete ja soodsa temperatuuri korral hakkavad seemned klaaside vahel idanema, kusjuures juurestik areneb niiskel mustal paberil. Jälgime, et vesi nõu põhjast ära ei kuivaks.

Vaatleme 10—20 päeva jooksul juurestiku arenemist ja joonistame või fotografeerime seda. Soovitatav on samasuguseid preparaate valmistada ka teistest taimedest.

Juba vaatluse algul avaldub erinevus nii seemnete idanevuses kui ka juurestikus. Ühtede taimede (tatra-, kõrvitsa-, viki-, läätse- jt.) seemned annavad idanemisel ühe pea(sammas)juure, mis suundub vertikaalselt alla, teiste taimede (odra-, nisu-, rukki-) seemned annavad peaaegu korraga mitu juurekest. Juurte kasvu vaadeldes võime tähele panna, et juuretipp, mida piirab juurekübar, jääb juurekarvadeta ja on õrna sileda pinnaga. See juureosa, mis iga päev märgatavalt pikeneb, on kasvuvööde. Edasi näeme imavat vöödet, mis on kaetud juurekarvadega; need on üsna lühikesed (1—2 mm), kuid mustal foonil on neid

hästi näha, eriti luubi abil. Juure kasvades nihkuvad kasvuvööde ja imav vööde edasi. Sedamööda, kuidas peajuur areneb, täheldame külgjuurte ilmumist (5.—10. päeval). Külgjuured on samuti väga peened juured ja erinevalt juurekarvadest on nad paljurakulised moodustised. Külgjuured ilmuvad järk-järgult, kusjuures noored juured moodustuvad imava vöötme ülaosas, ja mida ülespoole, seda pikemad on külgjuured.

Üheiduleheliste taimede juurestikku vaadeldes näeme, et nisul ja kaeral ilmub idanemise algul kolm esmast juurekest, rukkil neli, odral viis. Igal esmasel juurel on samuti juureküba, kasvu-



Joonis 35. Idandite moodustamise faasid:

I — tatar: *1* — sammasjuur; *2* — külgjuured; *3* — idulehealune varreosa — hüpokotüül; *4* — idulehed. *II* — oder: *1* — nairmasjuured; *2* — teris; *3* — koleoptiil; *4*, *5*, *6* — rohelised lehed. Juurtel (*I* ja *II*): *a* — kasvukuhik ja juureküba; *b* — kasvuvööde; *c* — imav vööde; *d* — korgistumisvööde.

vööde, juurekarvade (imav) vööde ja külgjuured, mis ilmuvad umbes 10.—15. päeval pärast terise idanemist (joonis 35).

Kui jälgime niisugustes preparaatides maisi, hirsi, tšumiisi jt. teriste idanemist, näeme, et nendel kõrrelistel ilmub algul üks esmane juur ja edaspidi arenevad alumisest sõlmest lisajuured, mis jõuavad kasvus kiiresti peajuurele järele. Lõpuks areneb ka narmasjuurestik.

Juure kasvuvööde. Laseme niiskel saepurul idaneda põldoa-, aedoa- või herneseemnetel. Kui seemnetel on 3—5 cm pikkused juured, valime välja kõige sobivamad, sirgete juurtega idandid. Märgime teritatud tiku, tuši ja millimeetripabeririba abil kahe-kolme idanenud seemne juurele täpselt iga 2 mm järel jaotused, 2—3 cm ulatuses alates kasvukuhikust, ja asetame idandid niiskesse kohta, milleks võib olla laiakaelaline kolb, milles on veidi vett ja mis on seest kaetud niiske filterpaberiga. Kinnitame idandid nööpnõelte abil kolvi korgi külge, et juured oleksid täiesti vertikaalselt. 5—6 tunni pärast või teisel päeval võtame kolvilt korgi ja mõõdame märkide vahesid alates juureotsast.

Missuguste märkide vahel on märgata juure kasvamist? Kus asub juure kasvuvööde?

Et mõnes kohas on märgid veidi laiali valgunud, mõõdame ühe märgi keskkohast teise märgi keskkohani.

Juurekübar, kasvuvööde ja juurekarvad nisu (*Triticum aestivum*) juurel. Juurekübarat ja juurekarvu on kõige parem vaadelda peentel juurtel (nisul, tatral, kanepil või teistel taimedel); laseme seemnetel idaneda taldrikule asetatud niiskel filterpaberiga kaetud liival. Taldriku katame klaasiga.

Paneme esemeklaasile veetilka 6—8 mm pikkuse vigastamata juureotsa, katame katteklaasiga, lisame klaaspulgaga vett ja eemaldame õhumullid kerge nõelasurvega katteklaasile. Vaatleme preparaati nihutades juurekübaraga kaetud kasvukuhikut algul väikesel suurendusel. Juurekübara välised rakud on enamikus lahti tulnud ja juuretipu ümber laiali paisatud, kasvukuhik ei ole läbipaistev, seepärast ei ole ka eri jagunemisfaasis rakke näha. Aga neid me juba nägime pikilõigetes ja värvitud preparaatides. Preparaati nihutades näeme kasvuvöödet ja imavat vöödet juurekarvadega (joonis 31, *I*). Leides preparaadis koha, kus on näha juurekarvade tekkimise algust epidermirakkudest, asetame preparaadi nii, et see koht jääks vaatevälja keskele, ja vaatleme seda suurel suurendusel. Vaatleme ja joonistame epidermirakkude kühmusid, ja minnes kasvuvöötmest edasi, joonistame pikenevaid juurekarvu. Juurekarvad on silindrilised väljakasved, mis moodustuvad epidermirakkudest; nad ei ole epidermirakkudest vaheseintega eraldatud (joonis 31, *II*). Protoplasma paikneb juurekarvades piki seinu, kogu keskmine osa on täidetud rakumahlaga. Rakutuum asetseb juurekarva tipu läheduses.

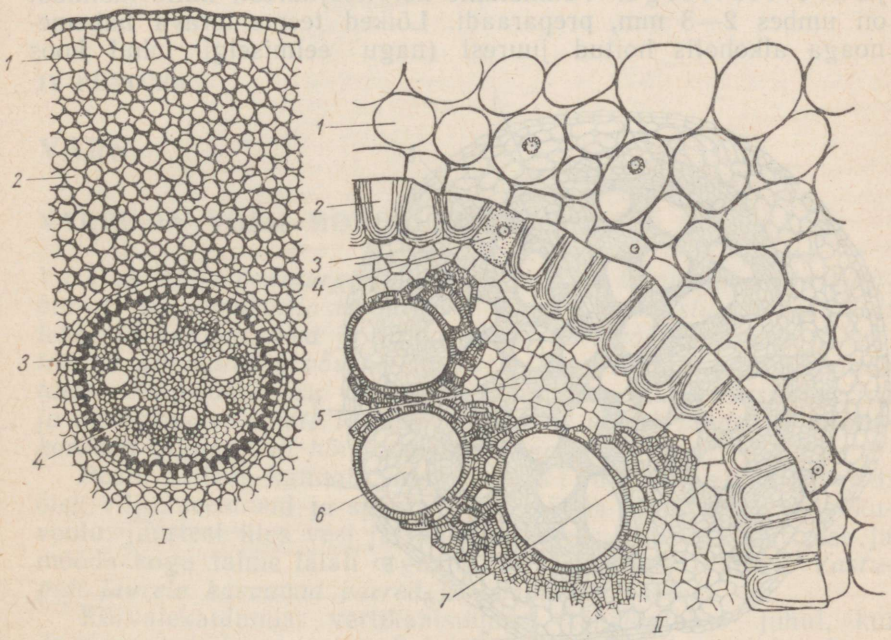
Joodi mõjul värvuvad protoplasma ja tuum kollaseks.

Juurekübaras näeme joodi mõjul siniseks värvuvaid tärklisteri.

Üheidulehelise taime, võhumõõga (*Iris*) juure ristlõige. Hoiame võhumõõgarisoomi lisajuuri alkoholis, et nad tiheneksid. Lõikame habemenoaga peenest juurest ristlõikusid, asetades juure leedripuusäsi poolte vahele ja lõigates nad korraga läbi. Lõigata tuleb risti juure pikiteljega. 3—4 kõige õhemat lõiku viime pintsliga floroglutsiinitilka ja sealt soolhappetilka.

Valmistame pärast puitunud elementide värvumist preparaadi glütseriinitilgas ja vaatleme seda algul väikesel, siis suurel suurendusel.

Väikesel suurendusel näeme esikoort, mis hõlmab suuremat osa lõigust. Välisosal näeme kõige nooremate juurte puhul juurekarvu või siis korgistunud surnud rakkude kihti (eksodermi), mille taga asetsevad varuainetega täidetud elusad esikoorerakud. Sisemised esikoorerakud moodustavad endodermi, mis on värvu-



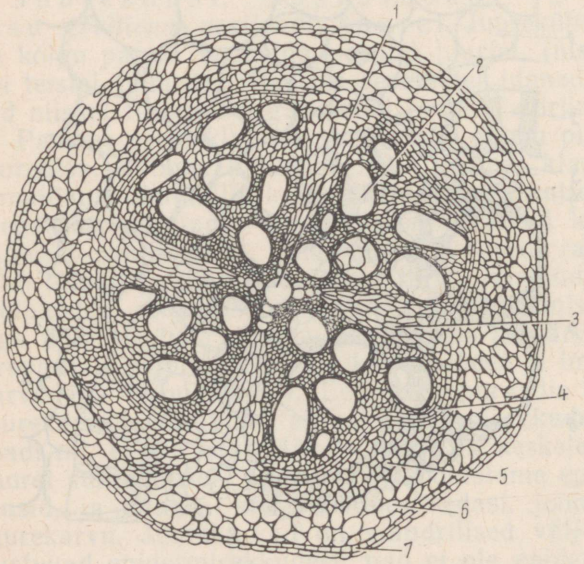
Joonis 36. Üheidulehelise taime — võhumõõga (iirise) — juure ehitus:
I — ehituse skeem: *1* — juure korgistunud osa; *2* — esikoor; *3* — endoderm; *4* — kesksilinder. *II* — osa koort ja kesksilinder: *1* — esikoor; *2* — endodermirakud; *3* — peritsükkel; *4* — läbilaskerakk; *5* — niineosa (floeem); *6* — suured puidusooned; *7* — väikesed sooned (vanemad).

nud punaseks. Endodermi all näeme sooni ja teisi kesksilindrielemente (joonis 36).

Juure keskosa vaatleme suurel suurendusel. Alustame elusatest esikoorerakkudest ja endodermist, mis kuulub samuti esikoore juurde (joonis 36). Endodermirakud on puitunud ja rakuseinad kolmelt küljelt paksenenud. Vaatleme elusaid läbilaskerakke. Pöörame tähelepanu endodermi all paiknevale elusate peritsüklirakkude kihile, mis järgnevad endodermirakkudele. Peritsükkel on kesksilindri väline kiht. Vahel on läbilõikes näha külgjuurealget, mis algab peritsüklist. Pöörame tähelepanu esipuidu (ksüleemi) ja esiniine (floeemi) kimpude asetusele. Nende asetus on radiaalne, tähekujuline, kiired on kolmnurksed, tipud asetsevad läbilaskerakkude vastas, suurtest soontest koosnevad alused on aga juuretsentri poole pööratud. Kimpude vahel näeme tugikoerakke. Vahel on juuretsentris näha ka säsirakke.

Puidusoonte kiiri on umbes seitse. Puidukiirte vahel paiknevad esiniineosad. Puidu ja niine vahel paiknevad elusad parenhüümirakud.

Kaheidulehelise taime — kõrvitsa (*Cucurbita pepo*) juure ristlõige. Valmistame kõrvitsajuurest, mille läbimõõt on umbes 2—3 mm, preparaadi. Lõiked teeme terava habemenoaga alkoholis hoitud juurest (nagu eelmiselgi juhul koos



Joonis 37. Kaheidulehelise taime — kõrvitsa — juur ristlõikes pärast teiskasvu:

1 — esipuit (primaarne ksüleem); *2* — teispuit (sekundaarne ksüleem); *3* — säsikiir; *4* — kambium; *5* — teisniin (floeem); *6* — koore parenhüüm; *7* — korgistunud kooreosa.

leedripuusäsiga ja risti juure pikiteljega). Värvime preparaadi floroglutsiini ja soolhappega ning vaatleme glütseriinitilgas. Võime kasutada ka püsipreparaate (joonis 37).

Vaatleme preparaati väikesel suurendusel. Tsentris näeme nelja esipuidukiirt. Vastu neid on surutud neli säsikiirt. Nende vahel paikneb teispuit, mida ümbritseb kambiumirõngas, — selle abil juur jämeneb. Teispuidu vastas paikneb neli teisniineala. Kõik juureosad, mis on väljaspool kambiumi, moodustavad pärast teiskasvu tekkinud koore. Esikoor puudub ja seepärast kaitseb juure välist osa korkkude.

Peedi (*Beta vulgaris*), porgandi (*Daucus carota*) ja naeri (*Brassica rapa*) juurikate (lihakate juurte) ehitus. Vaatleme suhkru- ja söödapeedi, porgandi, peterselli ja naeri lihakaid juuri, joonistame nende kuju ja märgime ära hüpokotüüli, juurekaela, külgjuurte ja peajuure asukoha. Vaatleme rist- ja pikilõikes peedi kihilisust, kambiumikihti ja juhtkimpe. Näitame ära porgandikoore, kambiumi ja puidu asukoha. Paneme tähele ja joonistame söödanaeri tugevasti arenenud puitu, kambiumikihti ja nõrgalt arenenud koort (niint).

IV PEATÜKK

VARS

VARRE JA VÕSU MORFOLOOGIA

Vars on nagu peajuurgi telgorgan, millest kasvavad välja külgharud, mis omakorda hargnevad. Varrel moodustuvad harilikult lehed ja pungad, õied ja viljad. Noort vart koos pungade ja lehtedega nimetatakse võsuks. Varre ja tema harude abil liigendub taime maapealne osa ja moodustab tohutu suure assimileeriva ja aurustava roheliste lehtede pinna, mis ületab pindalalt mitmekordselt taime poolt hõivatud maapinna osa.

Peale lehtede kannab vars veel paljunemisorganeid: õisi, vilju, seemneid ja spoore. Vart mööda liigub kaks vedelikuvoolu: juurtest üles vesi ja mineraalained, lehtedest juurtesse ja mööda kogu taime laiali orgaanilised (plastilised) ained. *Vastupidi juurele kasvavad varred ja võsud ülespoole.*

Kõrvalekaldumist vertikaalsuunast täheldatakse juhul, kui domineerib külgvalgustus. Sel juhul kõverduvad varred valguse suunas, näiteks metsaserval kasvavatel taimedel.

Taimevars võib olla rohtne (rohttaimedel) ja puitunud (puudel ja põõsastel). Lehtede kinnituskohti varrel nimetatakse varresõlmedeks. Teravnurka varre ja lehe vahel

nimetatakse lehekaenlaks. Lehekaenlas arenevad harilikult kaenla(külg)pungad, millest arenevad külgharud (oksad). Kõrrelistel, lemmaltsalistel ja tatralistel on varresõlmed paksenenud, kuid enamasti nad ei ole paksenenud ja on vähe märgatavad.

Sõlmed erinevad sõlmevahedest sisemise ehituse poolest: nad on tihedad ja osa juhtkimpe läheb nende kaudu lehtedesse. Sõlmede vahel asuvad varre sõlmevahed ehk varrelülid. Noores paplivõsas on nende pikkus kuni 1 m, sagedamini on sõlmevahede pikkus aga mõni sentimeeter. Sõlmevahed on pungades tugevasti lühenenud. Vahel jäävad nad lühikesteks ka võsudel (näiteks õunapuu viljaokstel ja okaspuude võsudel). Ka võililel ja teelehel on nad lühenenud, sellepärast nimetatakse neid taimi varretuteks. Nende taimede lehekodarikust areneb õisikuvarb, lehtedeta vars, mis koosneb õieti ühest väljaveninud sõlmevahest ja kannab õisikut.

Varre mõõtmed kõiguvad väga suurtes piirides. Mõnel taimel on vars ainult mõne sentimeetri pikkune (varasel kevadikul jt.), puude hulgas esineb aga ka hiiglasi, mille kõrgus ulatub 120—140 meetrini ja läbimõõt 10—12 meetrini (eukalüptid, sekvoiad jt.). Männi ja tamme kõrgus on 40—50 m.

Ka taimede eluiga on mitmesugune. Paljud kevadised taimed jõuavad areneda kahe-kolme nädalaga ja annavad suve jooksul mitu põlvkonda (murunurmikas, ristirohi ja kevadik). Suurem osa põllumajandustaimi kuulub üheaastaste taimede hulka (nisu, hernes jt.). Kaheaastaste taimede hulka kuuluvad peet, porgand, kapsas jt.; mitmeaastaste taimede hulka kartul, maapirn, puuvill, niidutaimed, puud jne. Talveks mahajäetud kartul ja puuvill hävivad meil harilikult, kuid soojades maades kasvavad nad nagu tüüpilised mitmeaastased taimed.

Külvatavad rohumaa-heintaimed elavad 3—5 aastast 10—12 aastani, pärast seda kaovad paljud neist lõplikult taimikust. Puud elavad kümneid, sadu ja isegi tuhandeid aastaid (õunapuu 200, mänd ja pärn 500 ja enamgi, tamm 1200, kastan kuni 2000, küpress ja jugapuu kuni 3000, sekvoia aga kuni 5000 aastat).

Mitmeaastaste taimede hulgas on palju sibul- ja risoomtaimi, mis kevadel kiiresti ära õitsevad (lumikelluke, tulp, ülane jt.).

Botaanikas on tavaks märkida taimede iga leppemärkidega: üheaastased ☉, kaheaastased ☉, mitmeaastased ♃, puud ja põõsad ♄.

Varrekuju. Taimede sisemised iseärasused ja välistingimused määravad varre ja võsude ehituse ja kuju.

Kasvamissuuna järgi on varred püstised, tõusvad, vänduvad, haakuvad, roomavad või lamavad (joonis 38), ristlõike järgi kõrrelistel ümmargused, liaanidel lapikud, tarnadel kolmekandilised, huulõielistel neljakandilised, palderjanil paljukandilised. Varred on rohttaimedel rohtsed, puudel ja



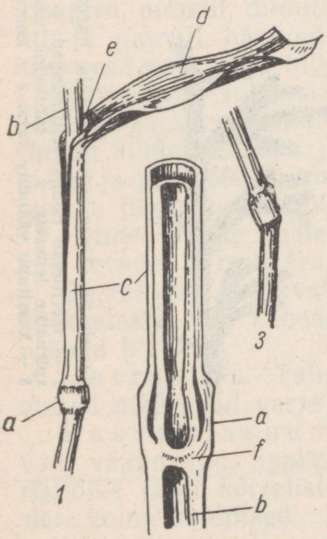
Joonis 38. Varrekuju, leheseis, hargnemine:
1 — talvituvad hobukastanipungad; *2* — pung läbilõikes; *3* — võsu arenemine; *4* — õunapuuvõsu vahelduv ehk spiraalne leheseis; *5* — tähtheina vastak leheseis; *6* — ussilaka männaseline leheseis; *7* — kolla roomav vars; *8* — kassitapu väänduv vars; *9* — koeranaeri haakuv vars.

põõsastel puitunud, leedripuul säsiga, kõrrelistel õõnsad ja kapsal, nuikapsal lihakad.

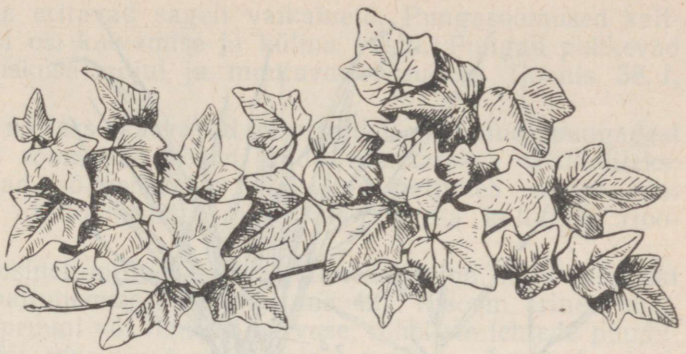
Eriliselt on ehitatud *kõrreliste kõrs*. See koosneb õõnsatest sõlmevahedest, mida eraldavad vaheseinad, kõrresõlmed. Igale kõrresõlmele kinnitub lehealus, mis moodustab kõrresõlme ümber paksendi, lehesõlme. Kõige õrnemad lüliosad paiknevad otse sõlmede peal; neis kohtades on algkude, mis soodustab kõrrekasvu. Kõrrelülisid ümbritsevad lehetuped. Kõrreliste lamandumisel võivad kõrred üles tõusta tänu sõlmevahe (kõrrelüli) alusel asetseva algkoe omadusele säilitada kaua aega kasvamisvõimet; põlvjad kõrrekõverdused sõlmede kohal tekivad sõlmede ülemise ja alumise poole ebaühtlase kasvu tõttu (joonis 39).

Leheseis — lehtede asetus varrel — on mitmesugune. Kui lehed ja pungad asetsevad üksikult, on leheseis *spiraalne* ehk *vahelduv* (õunapuul, paplil). Juhul kui üks leht asetseb teise vastas, on leheseis *vastak* (huulõielistel, nelgilistel). Kui ühele sõlmele kinnitub kolm ja enam lehte, on leheseis *männaseline* (madaratel, osjadel, ussilakal) (joonis 38, *6*).

Lehtede korrapärase asetuse puhul kasutab taim valgust kõige täiuslikumalt ja raskus jaotub ning toitained liiguvad ühtlaselt. Ühekülgne valgusesuund põhjustab ka lehelabade vastavat muutumist. Metsaservas, samuti tihedates põllumajanduskultuuride külvides võime näha lehelabade paigutust, kus leherootsud on vastavalt kõverdunud ja lehelabad asuvad lehtede vahekohtades, mitte üksteise all, moodustades nn. lehemosaiigi (joonis 40).



Joonis 39. Kõrre ehitus:
1 — sõlm, kõrrelüli ja leht; *2* — sõlm lõikes; *3* — sõlmest kõverdunud kõrs: *a* — lehesõlm; *b* — kõrrelüli; *c* — lehetupp; *d* — osa lehelabast; *e* — keeleke; *f* — kõrresõlm.



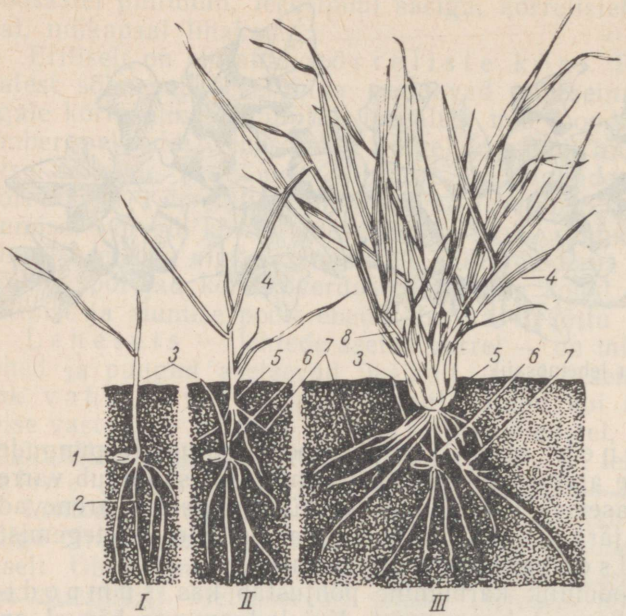
Joonis 40. Luuderohu lehemosaiik.

Vars hargneb samuti mitut moodi, sõltuvalt pungade asetusest ja nende arenemisviisist. Kui pung, millest jätkub varre (peatelje) kasv, asetseb varreladvas ja külgpungadest arenevad külgvõsud (teise järgu teljed) ei kasva varrest üle, on tegemist monopodiaalse hargnemisega (kuusk).

Ladvapunga loomulik kärbumine põhjustab kas sümpodiaalset või dihhaasset hargnemist. Kui ladvapunga kõrval on üksainus pung, areneb viimasest võsu, mis peavarre pikenduseks muutudes jätkab selle kasvu. Selle võsu ladvapung kärbub omakorda ja allpool asetsevast pungast tekib uus «peavõsu» jne. Sümpodiaalse hargnemise puhul koosneb kogu vars nagu üksikutest lülidest, mis on tegelikult külgvõsud (pärnal, pajul, õunapuul jt.).

Dihhaasiumi ehk ebasarikaga on tegemist sel juhul, kui kärbuva ladvapunga kõrval ei ole üks, vaid kaks külgpunga (nagu sirelil). Siis muunduvad mõlemad pungad võsudeks ja tekib dihhaasne hargnemine. Rohttaimedest hargnevad sel viisil nelgilised. Esineb ka veel dihhotoomset hargnemist, mille puhul ladva kasvukuhik jaguneb kaheks. Sel viisil hargnevad vetikate ja mõnede sammalde (maksasambla) rakised ning kollad.

Enamikul taimedel hargneb vars maapealses osas; teistsugune hargnemine esineb kõrrelistel ja mõnedel teistel taimedel. Kõrreliste vars, kõrs, ei hargne (välja arvatud bambustel, pööriskõrrelistel ja maisil), kuid maa all moodustub neil nn. võrsumissõlm; selles sõlmes toimubki maa-alune võrsumine (joonis 41). Võrsumissõlmel on kõrreliste elus suur tähtsus; kui üksikute maapealsete varte vigastamine ei hävita veel taime (taim võib alati uusi võsusid moodustada), siis võrsumissõlme vigastamine (külma või kahjurite poolt) hävitab taime täielikult. Sellest näeme, et agrotehnikas tuleb silmas pidada kõrreliste teraviljade võrsumissõlme sügavust.



Joonis 41. Nisu võrsumissõlme moodustumine:
I — noor idand. *II* — võrsumissõlme ilmumine. *III* — võrsuv nisutaim. Kõikidel joonistel: *1* — teris; *2* — esmased juured; *3* — koleoptiil; *4* — lehed; *5* — võrsumissõlm; *6* — mullasisene varrelüli; *7* — lisajuured; *8* — võsud.

Võsumuudendid. Võsumuudendite hulka kuuluvad köitraod, risoomid, mugulad, sibulad, astlad jne.

Algul tutvume pungadega, millest võsud ja nende muudendid tekivad.

Võsud arenevad p u n g a d e s t. Kui pungad moodustuvad lehekaenlas, nimetatakse neid kaenla- ehk külgpungadeks, kui nad moodustuvad varreladvas, siis ladvapungadeks, kui aga pungadest arenevad õied, on tegemist õiepungadega.

Kaenlapungad võivad areneda võsuks kas samal aastal, millal nad tekkisid (rohttaimedel), või pärast talvitumist (puudel). Mitmeaastaste taimede külgpungad kattuvad sageli koorega ja muutuvad uinuvateks pungadeks. Neist arenevad võsud. Uinuvate pungadega sarnanevad lisapungad, millest samuti arenevad võsud. Uued lisapungad võivad tekkida mistahes vegetatiivsel organil. Seepärast võibki taimi paljundada juurte, risoomide ja isegi lehtede abil.

Iga pung koosneb lühenenud teljest (varrest), millel paiknevad lehealgmed. Lühenenud vars lõpeb kasvukuhikuga. Sisemised pungalehed on kollakad, välised aga soomusjad, pruunid,

korgistunud ja eritavad sageli vaikaineid. Pungasoomused kaitsevad sisemisi osi kuivamise ja külma vastu. Pungad puhkevad soojuse ja niiskuse mõjul ja muutuvad võsudeks (joonis 38, *1*, *2*, *3*).

Maasikal näiteks kasvavad risoomidel arenenud pungadest pikad peened roomavad võsud, mida nimetatakse võsunditeks; need juurduvad sõlmedest ja maasikas paljuneb nende abil vegetatiivselt nii looduslikus olukorras kui ka kultuuris (joonis 42, *1*).

R i s o o m esineb mitmeaastastel taimedel ja on nagu võsundki vegetatiivse paljunemise organ (joonis 42). Risoom erineb harilikust võsust pruuni või tumeda värvuse, roheliste lehtede puudumise ja eeskätt maa-aluse paiknemise poolest. Juurtest erineb risoom pruunide kuivanud soomuste või armidena esinevate lehtede jäänuste, samuti ladva- ja külgpungade esinemise poolest. Ta kasvab tipust ja tema morfoloogiliselt alumine ots kärbub aegamööda. Risoomisõlmedest kasvavad lisajuured ja uued võsud.

Seemnest arenevad mitmeaastased rohttaimed talvituvad, kusjuures varre maapealne osa kärbub, maa-alune osa ja juured jäävad aga ellu; kevadel arenevad varre maa-alustest pungadest rohelised võsud. Samuti jätkub arenemine ka järgmisel aastal. Peajuur kärbub pikkamööda ja maa-alune vars muutub risoomiks, mis on orasheinal roomav, maasikal lühenenud, võhumõõgal lihakas ja kannal muguljas. Risoomi koguneb rikkalikult toitaineid ja sellepärast on risoomidega taimed alati mitmeaastased, talvituvad hästi ja paljunevad vegetatiivselt.

Paljude taimede risoomid on äärmiselt elujõulised ja võivad mullas igasse suunda kasvada, vahel isegi mitme meetri kaugusele. 5—10 cm pikkusteks tükkideks lõigatud orasheinarisoomist kasvavad uued taimed. Nende teravad, plinkide lehetuppede ja tugeva turgoriga rakkudega kaitstud tipud tungivad nõeltena läbi kõvade mullapankade ja vahel isegi läbi kartulimugulate.

Orashein, lõunas ka hargnev orashein ja sõrmrohi on põldudel väga kahjulikud umbrohud, mille vastu tuleb energiliselt võidelda. Niitudel tihendavad orasheinarisoomid mulda sedavõrd, et hukkuvad ise õhupuudusest. Roomavaid risoome on paljudel niidukõrrelistel: aasnurmikal, ohtetul lustel ja punasel aruheinal, samuti tarnadel. Teiste kõrreliste risoomidel on lühikesed sõlmevahed ja võsud, mis kasvavad alati sõlmedest ja moodustavad tiheda või hõreda puhmiku.

Tihedapuhmikuliste kõrreliste hulka kuuluvad näiteks lambaaruhein, harilik kerahein ja maarjahein, hõredapuhmikuliste hulka mitmeaastane raihein, rebasesaba, timut ja žitnjakk. Ühtlases ja rikkalikus niidutaimikus on soovitatavad nii puhmikulised kui ka roomavate risoomidega kõrrelised; viimaste pikad risoomid puhmikuliste kõrreliste vahele kasvades moodustavad tiheda kamara.



Joonis 42. Võsumuudendid (metamorfoosid):

I — lühenenud maasikarisoom ja juurduvad võsundid. *II* — orasheinarisoom. *III* — lihakas kuutõverohurisoom ja võsu. *IV* — võhumõõgarisoom. *V* — sibula kestasibul. *VI* — gladiooli mugulsibul. *VII* — liilia soomussibul. *VIII* — kartulimugulad maa-alustel vartel, stoolonitel: *1* — emamugul; *2* — noored mugulad; *3* — stoolonid.

Puhmikuliste kõrreliste hulka kuuluvad ka üheaastased kõrrelised: murunurmikas, pehme luste ja rukki-kastehein, samuti kõrrelised teraviljad.

K a r t u l i - j a m a a p i r n i m u g u l a d on samuti maasisese võsu muudendid. Mugulad kasvavad maa-aluse varre, stooloni tippu, tänu selle paisumisele ja toitainete talletumisele sinna (joonis 42, *VIII*). Kartulimugula pealispind on kaetud korkkoega, sügavamal aga paikneb säilituspõhikude (joonis 26). Mugulas esineb ka juhtkude. Mugulapinnal on silmad, kus asetsevad pungad. Silmade asetus on mugulal spiraalne nagu lehtedelgi varrel. Igas silmas esineb mitu punga, nendest võib areneda mitu võsu. Kõige tugevamad võsud arenevad pungadest, mis asetsevad mugula tipus. Nad hakkavad esimesena kasvama, kuna aluse ligidal asetsevatest silmadest moodustuvate võsude arenemine on takistatud ja nad on kõige nõrgemad.

S i b u l (joonis 42, *V*, *VII*) koosneb lühenenud varrest, sibulakannast, millel asetsevad valged lihakad sibulasoomused (-lehed), mis sisaldavad toitaineid, peamiselt suhkru kujul. Väljastpoolt on sibul kaetud kuivade lehtedega, mis kaitsevad sisemisi mahlakaid osi kuivamise ja kõdunemise vastu. Sibula toitainete varal toimub ka võsude arenemine. Noored (tütar)sibulad moodustuvad lehekaenlas ja on vegetatiivse paljunemise organid.



Joonis 43. Ruskusevõsu muudend:
1 — kladoodid; *2* — õis; *3* — leht.



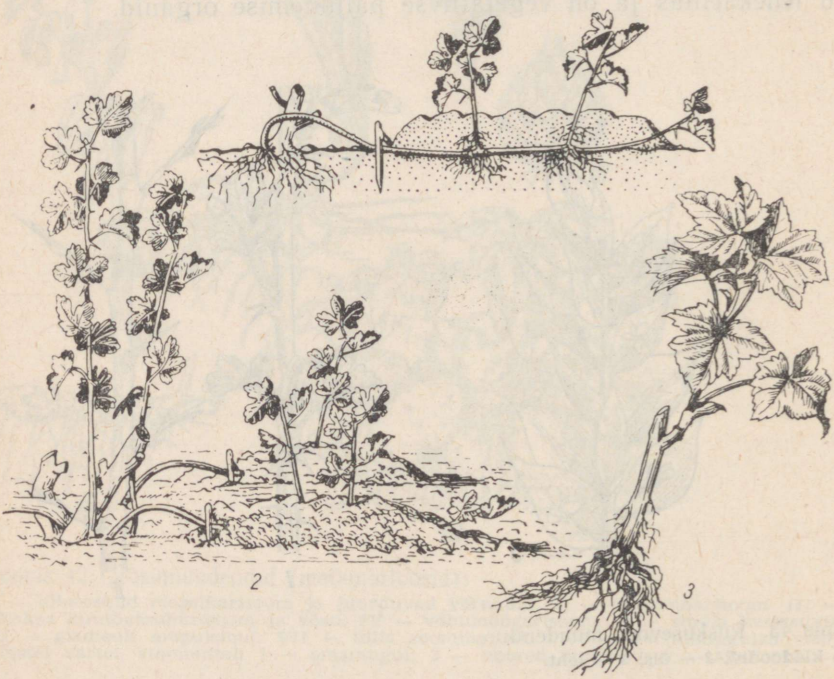
Joonis 44. Ogad karusmarjavarrel (*I*) ja astlad metspirnipuuvarrel (*II*). O g a on väliskoore väljakasve. A s t e l on muundunud oks.

Võsumuudendite hulka kuuluvad ka kladoodid, mis kasvavad kas nõeljate roheliste okste kujul, näiteks asparil (joonis 189, *II*) või siis roheliste, lehti meenutavate plaatjate moodustiste kujul, näiteks ruskusel (joonis 43).

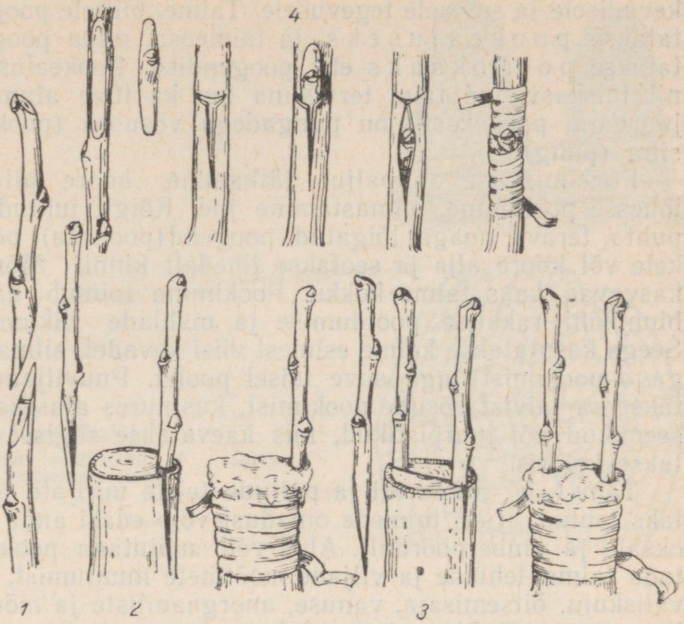
Viirpuu- ja pirnipuu astlad, mis kaitsevad taime loomade vastu, on samuti võsumuudendid. Nad arenevad varre hargnemise ja tipu teritumise teel. Mõnel taimel, näiteks kukerpuul, ohakal ja karuohakal, tekivad astlad lehtedest. Astlaid ei tohi ära segada karusmarja ja kibuvitsa ogadega (joonis 44); astlaid saab eemaldada koos puiduosaga, oga on aga varre pinnamoodustis, õigemini muundunud karv, mida saab eemaldada ainult koos varre väliskoorega.

Taimede paljundamine varreosade abil. Looduses on laialdaselt levinud vegetatiivne paljunemine varreosade ja muundunud võsude abil. Maasikas, hanijalg ja valge ristik paljunevad lühenenud roomavate võsude, orashein ja maikelluke risoomide, küüslauk, sibul ja liilia sibulate, kartul ja maapirn varrest tekkinud mugulate abil.

Sõstraid, karusmarju ja viinapuud kultiveeritakse pistikokste ja võrsikute abil, millel pärast mahaistutamist moodustuvad lisa-



Joonis 45. Vegetatiivne paljundamine:
1 ja *2* — karusmarja paljundamine võrsikute abil; *3* — juurdunud sõstrapistoks.



Joonis 46. Taimede pookimine:
1 — jätkamine; *2* — koore alla pookimine; *3* — lõhesse pookimine; *4* — silmastamine.

juured ja uued võsud (joonis 45). Tuiskliivasid ja ovraage kinnitatakse paju pistokste istutamisega. Isegi maasse löödud pajuteivas kasvatab lisajuuri.

Hea sordi omaduste kinnitamiseks kasutatakse sageli vegetatiivset paljundamist pistokste ja pookimise abil.

Taimede paljundamisel pistokste abil on tähele pandud, et pistoksad juurduvad, kui neil on lehti. Raskesti juurduvate taimede paljundamisel asetatakse pistoksad alumiste otstega 24 tunniks juurte moodustamist ja kasvu stimuleeriva aine (β-indolüüläädikhappe või indolüülvõihappe) vesilahusesse, mille kontsentratsioon on 1 : 2500 või 1 : 5000.

Roheliste võsude, pistokste hea juurdumine tuleneb emapuude ja -põõsaste organite intensiivsest ainevahetusest, mis langeb kokku võsude intensiivse juurdekasvu perioodiga. Kasvu lõpetanud võsudelt lõigatud pistoksad ei taha hästi juurduda.

Taimede pookimine ehk transplantatsioon, mida kasutatakse iluaianduses ja puuviljanduses sordi iseärasuse säilitamiseks või sordi parandamiseks, on samuti vegetatiivne paljundamine (joonis 46). Pookimisel istutatakse ühe taime pung või pookoks teisele, omajuursele taimele ja kasvatatakse kokku selle kudedega. Pookimine põhineb võsude võimel kokku kasvada, tänu kambiumi

kevadisele ja suvisele tegevusele. Taime, millele poogitakse, nimetatakse pookealuseks, ja taimeosa, mida poogitakse, nimetatakse pookoksaks ehk poogendiks. Pookealuseks võib olla nii täiskasvanud taim tervikuna kui ka tüve alumine osa koos juurtega; pookoksaks on pungadega võsuosa (pookoks) või üks silm (pung).

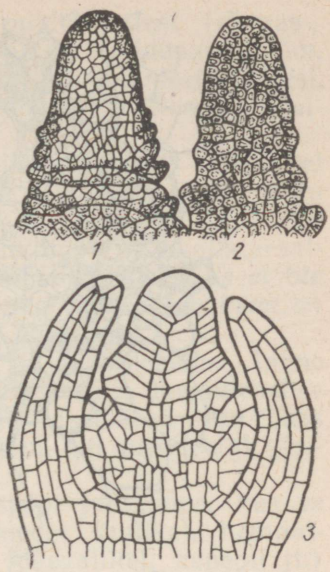
Pookimisviise on palju: jätkamine, koore alla pookimine, lõhesse pookimine, silmastamine jne. Kõigil juhtudel asetatakse puhta terava noaga lõigatud poogend (pookoks) pookealuse lõikele või koore alla ja seotakse tihedalt kinni. Mõne aja pärast kasvavad kaks taime kokku. Pookimine toimub harilikult kambiumikihi rakkude pooldumise ja mahlade liikumise perioodil. Seega kasutatakse kolme esimest viisi kevadel, silmastamist (pungaga pookimist) aga suve teisel poolel. Puuviljanduses kasutatakse ka talvist võsude pookimist, kusjuures aluseks on aastased seemikud või juurpistikud, mis kaevatakse sügisel välja ja hoitakse keldris.

Tänu I. V. Mitšurini ja paljude teiste uurijate tööle on kindlaks tehtud, et eri taimede omadusi võib edasi anda aluselt pookoksale ja ümberpöördult. Alus võib mõjutada pookoksa, põhjustada taime, lehtede ja viljade mõõtmete muutumist, samuti taime väliskuju, õitsemisaja, vanuse, anorgaaniliste ja mõnede orgaaniliste ainete sisalduse, haigustele vastupanu jne. muutumist. Pookoksa mõju alusele on vähem märgatav.

VARRE ANATOOMIA

Kasvukuhik, kasvuvööde ja varrekoed. Varrepungades paikneb kasvukuhik, mis koosneb primaarsest algkoest, millest arenevad teised varrekoed. Paljudel alamatel taimedel moodustuvad kasvukuhikus ühest tipmisest rakust, kiirdrakust, kõik ülejäänud rakud, kõrgematel taimedel koosneb kasvukuhik paljudest ühesugustest rakkudest (joonis 47). Kasvukuhikurakud jagunevad hoogsalt ja paljunevad mitoosi teel. Kasvukuhiku alusel esinevad kühmud, need on tulevaste lehtede algmed. Need kühmud pikenevad järk-järgult ja muutuvad teataval kaugusel kasvukuhiku tipust lehtedeks. Noorte lehtede kaenlasse ilmuvad tulevaste pungade algmed. Järk-järgult muunduvatest kasvukuhikurakkudest moodustuvad varrekoed. Pindmistest rakkudest tekivad epidermirakud, nende all on esikoore põhikoerakud; kasvukuhiku kõige sisemised rakud muunduvad varresäsi põhikoerakkudeks. Hästi on näha ka prokambiumikimpude tekkimist.

Prokambiumikimburakud on naaberrakkudest väiksema läbimõõduga, kuid pikemad; nad jagunevad peamiselt piki-



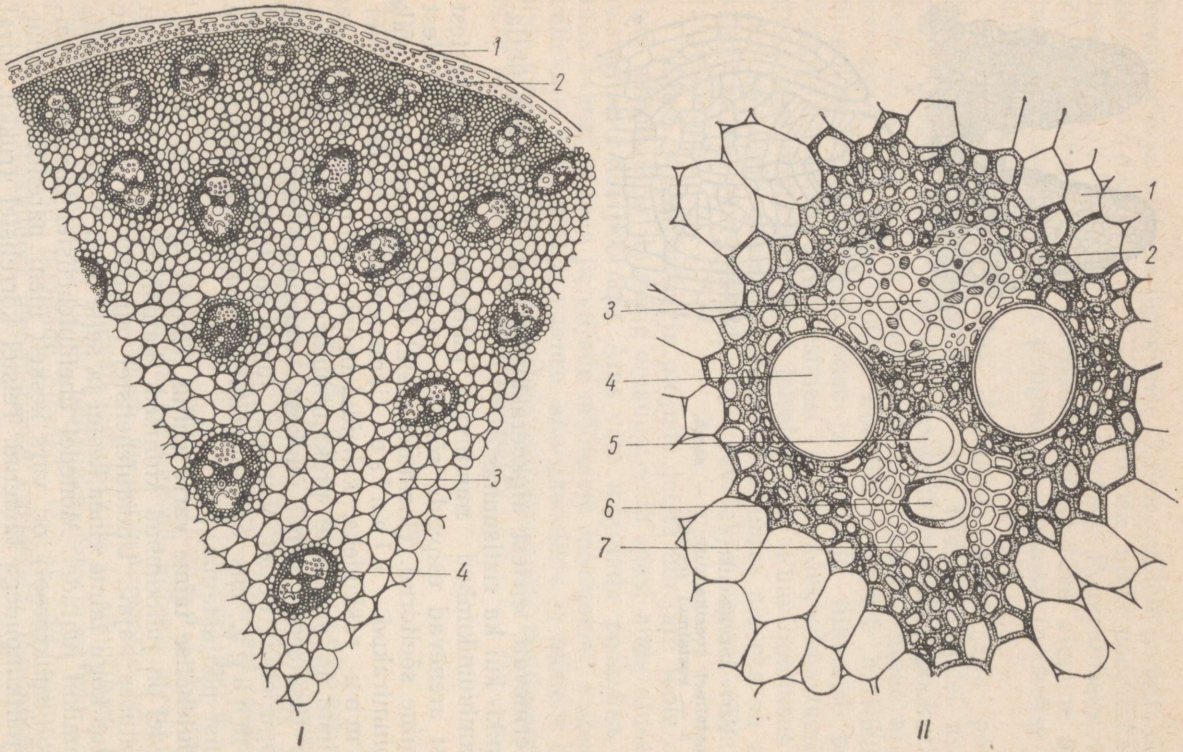
Joonis 47. Varre-kasvukuhik:
1 — seemnetaimel (vesikatkul); *2* — sama, pikilõikes; *3* — eostaimel (osjal).

suunas, erinevalt teistest algkoerakkudest, mis jagunevad ühtlaselt nii piki- kui ka ristisuunas.

Prokambiumikimbud muutuvad juhtkimpudeks; sisemistest rakkudest arenevad esipuidu rõngas- ja spiraalsooned, välistest aga esiniine sõeltorud. Üheidulehelistel taimedel muutuvad kõik prokambiumirakud kinnise (jämenemiseks mittevõimelise) juhtkimbu rakkudeks, kaheidulehelistel taimedel säilib osa neist väliste ja sisemiste prokambiumirakkude, niine (floeemi) ja puidu (ksüleemi) vahel õhukese kambiumikihina, mis püsib taime kogu eluea kestel. Viimasel juhul on tegemist avatud juhtkimbuga, mis on võimeline kasvama ja seega varre jämenemist põhjustama.

Üheidulehelise taime varre ehitus (joonis 48). Üheidulehelistel taimedel on juhtkimbud kinnised (kambiumita); nad on kogu varre ulatuses hajali. Üheidulehelistel taimedel säilib primaarne varreehitus kogu taime eluea kestel ja selle tõttu ei jämene nende vars enamikul juhtudel. Mõnedel üheidulehelistel taimedel (maisil, sorgol, suhkrurool) on vars keskelt üleni parenhüümirakkudega ja juhtkimpudega täidetud. Teistel kõrrelistel (rukkil, odral jt.), paiknevad need koed pealispinna lähedal ja vars on keskelt õõnes.

Maisivarre ristlõikes paistavad väikesel suurendusel silma eelkõige juhtkimbud, mis on kogu varre ulatuses hajali. Kimpude vahekohti täidab põhikude, väljastpoolt on näha epidermi ja selle all tugikoe (sklerenhüümi) rõngast, mis annab varrele



Joonis 48. Üheidulehelise taime (maisi) vars ristlõikes.

I — osa varrest: *1* — epiderm; *2* — tugikude (skleren hüüm); *3* — põhikude; *4* — juhtkimp (skeem). *II* — kinnine juhtkimp: *1* — põhikude; *2* — tugikude (skleren hüüm); *3* — niine (floeemi) saaterakkudega sõeltorud; *4* — suure juhtsoone õõs, mida ümbritsevad puitunud rakud; *5* — spiraalsoon; *6* — rõngassoon; *7* — õhuruum.

vastupidavust. Juhtkimbud koosnevad puidusoontest (rõngas-, spiraal- ja poorsoontest), mida ümbritseb puiduparenhüüm, niineosast (floeemist) ja sklerenhüümikiududest. Maisi, samuti kõrvitsa juhtkimpudes sisaldab niineosa (floeem) sõeltorusid ja saaterakke.

Kõrvitsast erinevalt paikneb maisil niineosa ainult välisküljel (kõrvitsal me nägime seda nii välis- kui siseküljel). Selle tõttu nimetatakse kõrvitsa juhtkimpe bikollateraalseiks, maisil, nagu enamikul teistel taimedel, nimetatakse juhtkimpe aga kollateraalseiks. Peale selle *on maisi juhtkimbud kinnised, sest neis ei ole kambiumi, kuna kõrvitsal ja enamikul teistel kaheidulehelistel on juhtkimbud avatud, see tähendab neis on kambium.*

Kaheidulehelise taime varre ehitus. Kaheidulehelise taime varre anatoomiline ehitus erineb juba varases eas üheidulehelise varre ehitusest (joonis 49). Juhtkimbud asetsevad siin ühes ringis. Nende vahel paikneb põhiparenhüüm, mis moodustab säsikiiri.

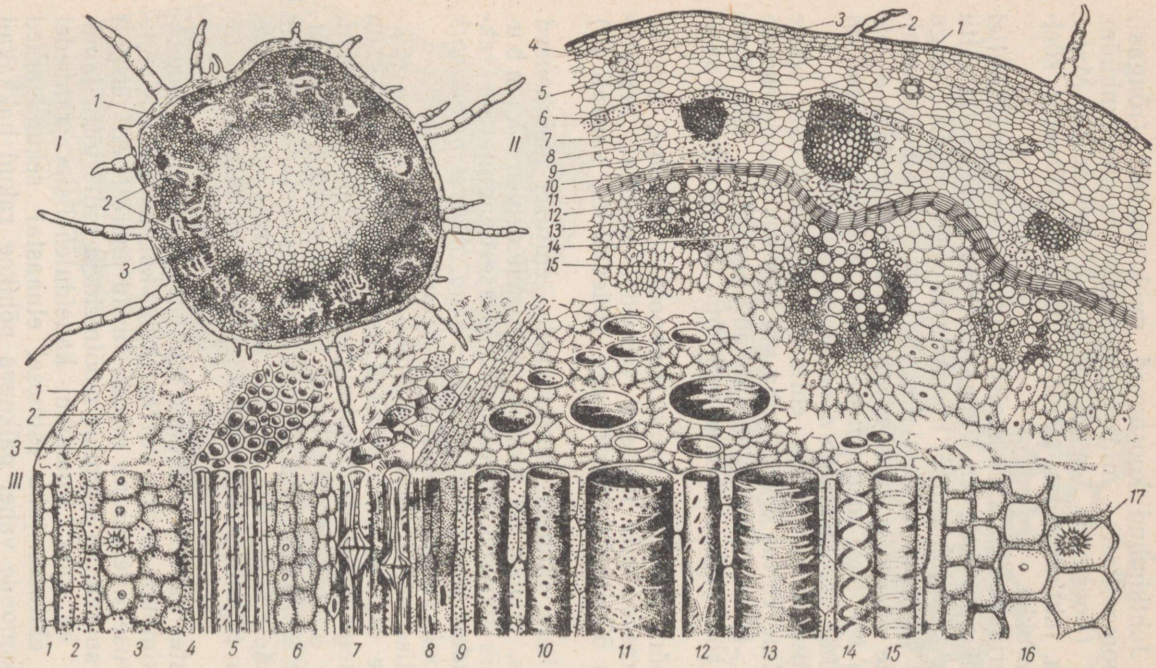
Põhiparenhüüm paikneb samuti seespool juhtkimpe, kus ta moodustab varresäsi, mis mõnedel taimedel (tulikal, heinputkel jt.) muutub õõnsuseks, teistel aga (päevalillel, kanepil jt.) hästi säilib.

Kaheiduleheliste taimede juhtkimpude ehituse iseärasused seisnevad selles, et nad on avatud, s. t. neil esineb kimbukambium, mis koosneb mõnest korrapärasest jagunevate rakkude reast: *nendest sissepoole tekivad rakud, millest moodustub teispuit, väljapoole rakud, millest tekib teisniin (floeem).*

Kaheidulehelise taime varre juhtkimbu ristlõikes näeme mikroskoobis kimpe ümbritsevaid põhikoe parenhüümirakke, mis on sageli varuainetega täidetud, mitmesuguseid vett juhtivaid sooni, kambiumirakke, millest tekivad uued kimbuelemendid, orgaanilisi aineid juhtivaid sõeltorusid ja tugirakke (niinekiududsid), mis annavad kimpudele tugevust. *Surnud elementideks on vett juhtivad sooned ja tugikoerakud, kõik ülejäänud on elusad, protoplastiga rakud.*

Ainult vähestel kaheidulehelistel taimedel (tulikal, kanakoolmel jt.) säilib kimpude ehitus varres taime kärbumiseni. Kimbukambiumi tegevuse tulemusena moodustuvad energiliselt teispuit ja teisniin, mis suurendab kimpude mõõtmeid ja mille tõttu jämeneb mõnevõrra ka vars. Enamikul kaheidulehelistel taimedel toimuvad varre ehituses juba esimesel eluaastal sekundaarsed muutused. Juhtkimpude vahel paikneva põhikoe rakud hakkavad jagunema ja muutuvad kimbuvaheliseks kambiumiks, millest tekivad uued avatud juhtkimbud; kimbuvahelise kambiumi servad ühinevad lõpuks kimbukambiumiga. Tekib pidev kambiumirõngas, kusjuures sissepoole ladestub teispuit, väljapoole aga teisniin (joonis 49, *II*).

Kui kambiumirakud jagunevad radiaalsuunas (s. t. risti varre-



Joonis 49. Päevalillevars rist- ja pikilõikes.

I — üldvaade: *1* — epiderm; *2* — juhtkimbud; *3* — säsi. *II* — osa lõigust tugevamal suurendusel teiskasvu algul: *1* — epiderm; *2* — karvad; *3* — esikoore tugikude; *4* — vaigukanal; *5* — esikoore põhikude; *6* — tärklistupp (endoderm); *7* — peritsükkel; *8* — kimbu tugikude (sklerenhüüm); *9* — kimbu niineosa (floeem); *10* — kimbukambium; *11* — kimbuvaheline kambium; *12* — teispuit; *13* — esipuit; *14* — säsikiir; *15* — säsi põhikude. *III* — kaheidulehelise taime varre piki- ja ristlõike skeem: *1* — epiderm; *2* — kollenhüüm; *3* — kooreparenhüüm; *4* — tärklistupp; *5* — sklerenhüüm; *6* — teiskoore parenhüüm; *7* — floeemi sõeltorud; *8* — kambium; *9* — ksüleemi parenhüüm; *10, 11, 12, 13, 14, 15* — juhtsooned; *16* — säsi; *17* — druusid rakus.

pinnaga), siis laieneb kambiumirõngas, kui aga tangentsiaalsuunas (s. t. paralleelselt varrepinnaga), siis jämeneb vars.

Puidu poole ladestub 10—20 korda rohkem rakke kui niine poole, mistõttu puit kasvab märksa kiiremini kui niin.

Kambiumirakkude jagunemise tulemusena moodustub üksikute juhtkimpude asemel juba esimese suve jooksul kambiumist väljapoole pidev niin ja sissepoole pidev puit. Tänu sellele pakseneb vars (näiteks päevalillel) esimesel eluaastal tugevasti, puudel ja põõsastel aga toimub järgmistel aastatel varre edasine paksenemine.

Joonisel 49, *III* näeme kaheidulehelise rohttaime vart pikilõikes juhtkimbu kohalt.

Juhtkimpude kulg taimes on väga mitmesugune ja keerukas. Juhtkimbud ühendavad omavahel juuri, vart ja lehti. Üheidulehelistel taimedel on juhtkimbud ühised, s. t. nad on ühtlasi nii varre- kui ka lehekimbud. Ühe- või mitmekaupa lehest väljudes suunduvad kimbud mööda vart allapoole, lähenedes seejuures algul peaaegu varre südamikuni, pöörduvad aga seejärel ja lähenevad aeglaselt varrepinnale ja tunduvalt allpool ühineb kimp mõne teise, allpool paikneva kimbuga. Kaheidulehelistе taimede varres on kaht liiki kimpe: ühed on varre juhtkimbud, mis ulatuvad varreladvani, teised on lehtede juhtkimbud, mis lähevad lehest varde ja ühinevad varre juhtkimpudega.

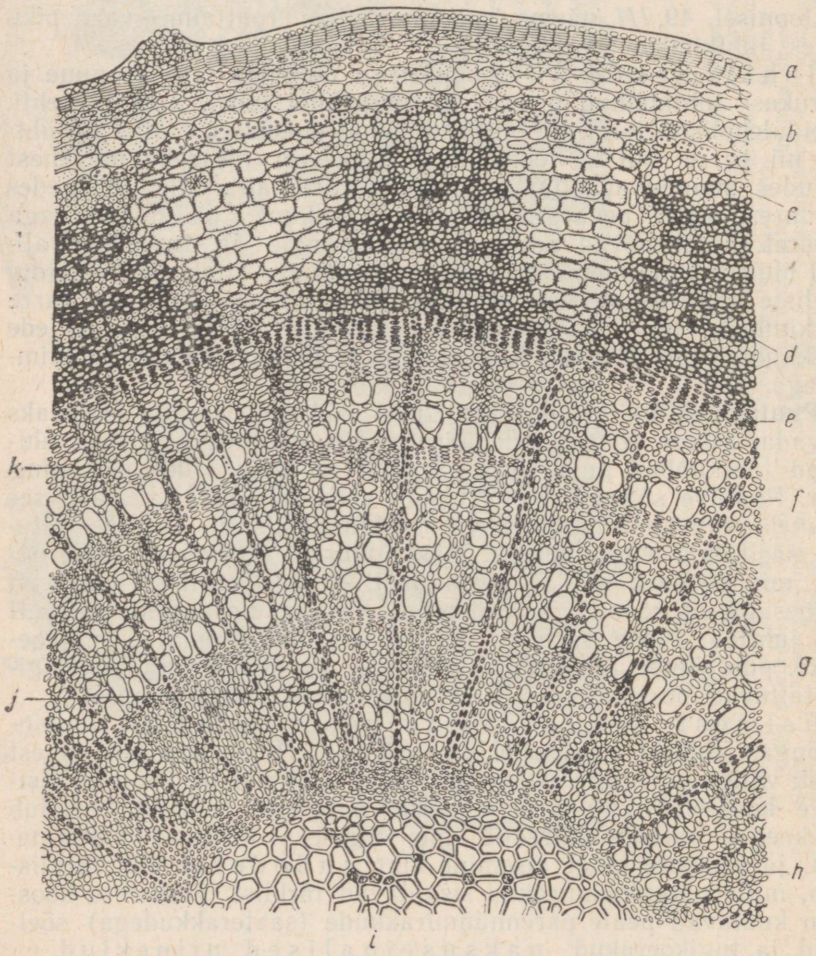
Puutüve ehitus. Puude vars (tüvi) võib sageli väga jämedaks kasvada. Puude (õunapuude, pirnipuude, pärnade jt.) tüves ühinevad juhtkimbud juba väga varakult ja tekib pidev puit ning koor. Puutüve südamiku moodustab esimesel eluaastal säsi; see koosneb rakuvaheruumidega varustatud põhikoest. Talveks täituvad säsirakud varuainetega. Säsi ümbritseb esimene aastarõngas, mis koosneb esi- ja teispuidust. Puidu koostisse kuuluvad mitmesugused sooned ja trahheiidid, mille ülesandeks on vett üles juhtida. Peale selle on puidus veel paksuseinalisi tugikoerakke, puidukiude ja puiduparenhüümi- ja säsikiirterakke. Sügisel täituvad parenhüümi- ja säsikiirterakud varuainetega.

Esimest puidu-aastarõngast ümbritseb kambiumirõngas, millest väljaspool paikneb koor. Koor koosneb kahest osast: välist osa nimetatakse esikooreks, sisemist teiskooreks. Esikoore koosseisu kuuluvad epiderm, mis aga peatselt asendub korkkoega, parenhüümirakud, mis sügiseks täituvad varuainetega, ja esikoore kõige sisemine kiht, endoderm ehk tärklistupp, mille parenhüümirakud sisaldavad tärklist. Teiskoore koosseisu kuuluvad peale parenhüümirakkude (saaterakkudega) sõeltorud ja tugikoerakud, paksuseinalised niinekiud.

Kambiumirakud ei pooldu sügisel ja talvel, nende energiline pooldumine algab kevadel. Kambiumist sissepoole ladestunud rakud muutuvad suurte valendikkudega õhukeseseinalisteks soon-

teks. Suvel moodustab kambium kitsamaid paksuseinalisi puidurakke.

Teine puidu-aastarõngas, mis ümbritseb esimest, eristub viimasest selgelt, sest kevadel ladestab kambium suurte valendikkudega õhukeseseinalisi sooni; järgmisel aastal eristub kolmas aastarõngas selgelt teisest jne. Nii tekivad puu tüvele iseloomulikud aastarõngad, mille järgi võib mistahes siledalt lõiga-



Joonis 50. Pärnatüve ehitus.

Kolmeaastase pärna tüvi: *a* — korkkude ja epiderm; *b* — esikoorerakud; *c* — niinekiud; *d* — sõeltorud; *e* — kambium; *f*, *g*, *h* — *1.*, *2.* ja *3.* puidu-aastarõngas; *i* — säsi; *j* — esisäsikiir; *k* — teissäsikiir.

tud puu kännult puu vanust lugeda. Laiad rõngad vastavad soodsatele aastatele, kitsad aga ebasoodsatele.

Puidu-aastarõngaid on näha igal oksal. Neid on hea mikroskoobis vaadelda (joonis 50).

Teiskoore poole ladestuvad kambiumirakud muutuvad mitmesugusteks teisniineelementideks. Need kasvavad aga aeglasemalt ja neil ei ole märgata piiri sügiseste ja kevadiste rakkude vahel. Koor ei paksene üleliia ka veel sellepärast, et vanadel puudel kestendab see ikka uute ja uute korkkoekihtide tekkimise tõttu kogu aeg väljastpoolt, mille tulemusena tekib koorepinnalt eralduv korp.

Puutüve ristlõikes näeme, et nii puitu kui ka koort läbistavad ümberringi piki raadiust säsikiired, milles sügisel võib leida varuaineid. Ainete horisontaalsuunas liikumine toimub säsikiirte kaudu. Esisäsikiired algavad otse säsist, teissäsikiired aga järgmistest aastarõngastest. Säsikiired moodustuvad samuti kambiumist.

Vanade puude tüves tekib sageli *tüveõõs*. Viimast ei tohi ära segada *lülipuiduga*, mis tekib tammel, saarel ja mõnedel viljapuudel. Lülipuit koosneb surnud rakkudest ja on tumedam, eriti hinnatud on see tisleritöödel. Mahlad mööda lülipuitu ei liigu, sest sooni ummistavad *tüllid*, soontega külgnevate rakkude väljakasved, mis ulatuvad soonte õõnsusse. Tõusev vedelikuvool liigub puudes mööda *maltspuitu*, s. t. mööda lülipuidu ja kambiumi vahelist heledamat ja nooremat puitu.

Okaspuude tüve ehituse iseärasuseks on soonte puudumine, puit koosneb neil peamiselt suurte koobaspooridega trahheiididest. Männitüve ehitus rist-, radiaal- ja tangentsiaallõikes selgub joonise 21 vaatlemisel, samuti kirjeldusest.

LABORATOORSED TÖÖD (VÕSU JA VARS)

Varrekuju. Võsu ehitust ja kuju õpime tundma sügisel kogutud morfoloogilise herbaariumi järgi, samuti mõnede elusate taimede järgi, mis kasvavad kasvuhoones või botaanikakabinetis. Vihikusse joonistame püstise, tõusva, vänduva, haakuva, roomava ja lühenenud võsu. Sobivateks elusateks objektideks on võsude vaatlemisel (talvel) kummipuu, oleander, luuderohi, seebralill, priimula, kaktus, pelargoonium, filodendron (monstera) jt.

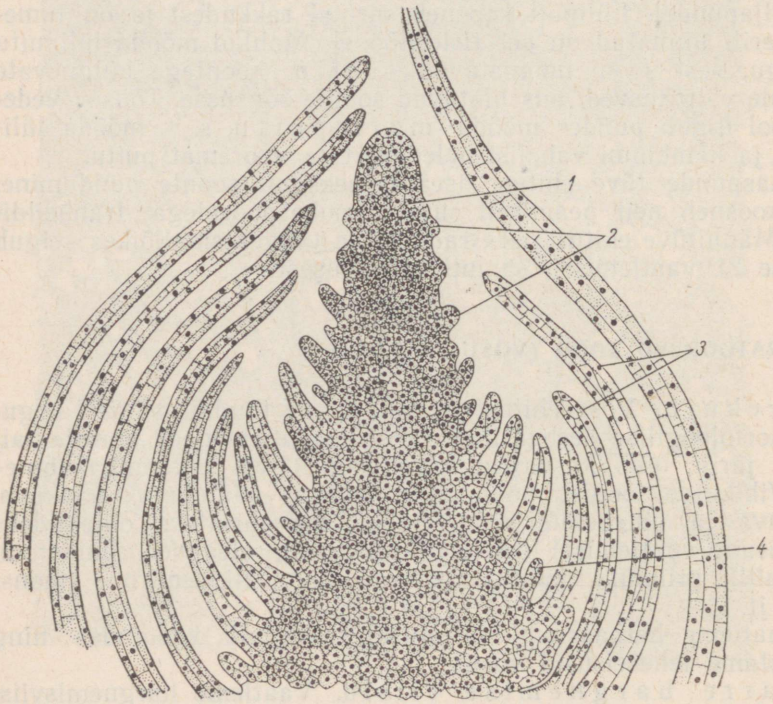
Vaatleme herbaariumi ja elusat materjali kasutades ning joonistame leheseisusid võsul.

Varre hargnemise viisid. Vaatleme hargnemisviisi kuuse-, õunapuu-, sireli-, vahtra-, oleandri- jt. võsudel, samuti helvikurakist ja kollavõsusid. Joonistame monopodiaalse, sümpodiaalse, dihhaasse ja dihhotoomse hargnemise skeemi.

P u n g a e h i t u s. Punga tundmaõppimiseks kasutame hobukastani- või sirelipunga, samuti vesikatkupungast pikilõikes tehtud preparaati. Vaatleme hobukastani- või sirelipunga vaikainetega kaetud pungasoomuseid, samuti sisemisi kollakaid soomuseid, mis varjavad kasvukuhikut. Paneme tähele armi punga alusel ja juhtkimpude jälgi (täpikujulised). Lõikame punga terava skalpelli või sulenoaga pikuti pooleks (joonis 38, *2*).

Vesikatkupunga pikilõiku vaatleme mikroskoobis algul väikesel suurendusel, kasutades värvitud püsipreparaati. Joonistame varre kasvukuhiku, mida igast küljest ümbritsevad lehed; lehed tekivad järk-järgult pikenevatest ja kasvukuhikut igast küljest ümbritsevatest kühmukestest. Kasvukuhik koosneb primaarsest algkoest. Teataval kaugusel tipust näeme rakkude diferentseerumist, lehekaenaldes aga pungi, külgharude algmeid, mis samuti koosnevad esimeristeemirakkudest. Joonistame punga läbilõike (joonis 51).

V õ s u m u u d e n d i d. Vaatleme herbariseeritud maasika (*Fragaria vesca*) eksemplaril või kasvuhoones kasvatatud elusal



Joonis 51. Vesikatkupung pikilõikes:
1 — kasvukuhik; *2* — lehealgmed; *3* — kasvukuhikut ümbritsevad lehed; *4* — külgpungade algmed.

taimel lühenenud risoomi ja roomavaid võsusid, nn. võsundeid, mille abil neid harilikult ka paljundatakse.

Vaatleme ka roomavate risoomidega hariliku orasheina (*Agropyron repens*, joonis 42) herbariseeritud eksemplari, mitmeõielise kuutõverohu (*Polygonatum multiflorum*) ja aedvõhumõõga (*Iris germanica*) lihakat risoomi.

Lõikame sibula pikuti pooleks ja vaatleme selle lühenenud võsu — sibulakanda, lisajuuri, lihakaid ja kuivi lehti (sibulasoomuseid) ja pungi. Vaatleme veel liilia (*Lilium*) soomussibulat.

Pöörame tähelepanu pikliku kartulimugula silmade spiraalsele asetusele; mugula läbilõikes näeme epidermi, lihakat mugulaosa ja väikeste täppidena juhtkimpe silmade vahel.

Kapsapea pikilõikes näeme keskel lihakat vart, millest väljuvad valged mahlakad kokkurullunud lehed. Lehekaenaldes on pungad, millest järgmisel aastal arenevad õisi kandvad võsud. Kapsapead ümbritsevad igast küljest rohelised lehed, assimilatsiooniorganid (joonis 142, *II*).

V a r r e k a s v u v ö ö d e. Kanname noorele (lillepotis kasvatatud) hariliku põldoa varrele tušiga jaotused 1 või 2 mm kaugusele üksteisest ja paneme varre pimedasse kasti (heliotroopilisse kambrisse) või pimedasse tuppa. Mõõdame 24 tunni pärast uuesti kõikide jaotuste vahekaugust: seal, kus jaotused on üksteisest kõige kaugemale nihkunud, on juurdekasv kõige suurem.

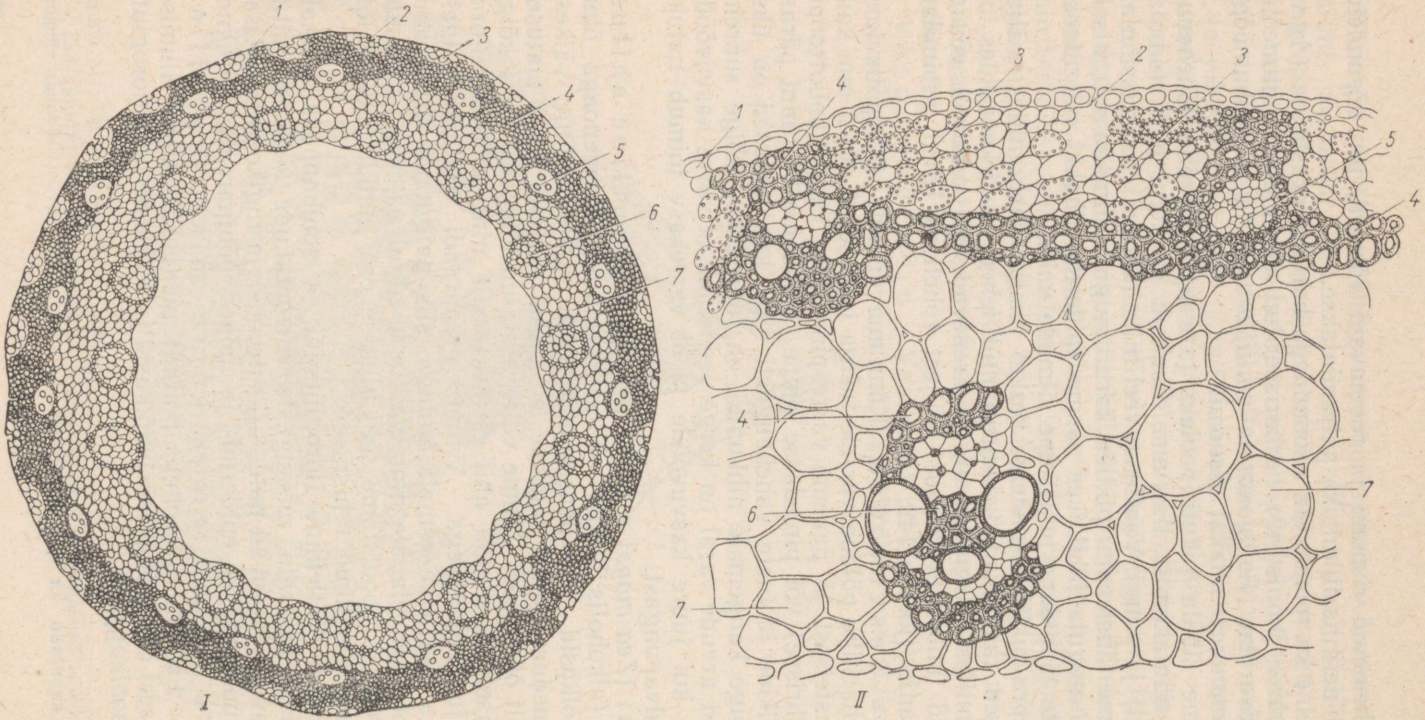
Saadud arvude varal on kerge veenduda, et varre kasvuvööde on pikem kui juure kasvuvööde ja et varrekasv toimub natuke eemal ladvapungast.

M a i s i (*Zea mays*) v a r r e m i k r o s k o o p i l i n e e h i t u s. Lõikame (alkoholis hoitud) maisi-varrelülist habemenoaga õhukesi ristlõikusid. Et õnnestunud lõiku saada, valime väikese sõrme jämeduse varre. Jälgime, et lõigud tuleksid kogu ulatuses võimalikult õhukesed. Valime vette asetatud lõikudest kaks kõige õhemat, asetame pintsli abil esemeklaasile ning töötleme floroglutsiini ja soolhappega. Valmis preparaadi asetame valgele paberile ja vaatleme esmalt luubiga, siis paigutame preparaadi mikroskoobi esemelauale ning vaatleme algul väikesel, siis suurel suurendusel. Joonistame töövihikusse osa juhtkimpudega lõigust. Teeme vajalikud tähistused.

Preparaadi töötlemine floroglutsiini ja soolhappega võimaldab kindlaks määrata, missuguste varrerakkude kest on puitunud. Punaseks värvuvad puidu- (ksüleemi-) ja tugikoerakud. Osaliselt on puitunud ka epidermi- ja mõned põhiparenhüümirakud.

R u k k i (*Secale cereale*) k õ r r e m i k r o s k o o p i l i n e e h i t u s. Lõikame (alkoholis hoitud) noore rukkikõrre alumise lüli ülemisest osast õhukesi ristlõikusid ja töötleme neid floroglutsiini ja soolhappega.[1]

[1] Võib kasutada ka püsipreparaati.



Joonis 52. Rukkikõrs ristlõikes:

I — skeem: *1* — epiderm; *2* — õhulõhe; *3* — klorofülli sisaldava parenhüümi osad; *4* — tugikude (sklerenhüüm); *5*, *6* — juhtkimbud; *7* — põhikude. *II* — osa vart suurel suurendusel (tähistused samad).

Rukkikõrre (samuti nagu nisu- ja paljude teiste kõrreliste kõrre) iseloomustavaks omaduseks on sisemine õõs, mille tõttu kõrreseinad on õhukesed. Kõrs on aga siiski küllalt vastupidav, sest üsna epidermi all asetsevad piki kogu kõrt tugikoekiud (sklerenhüüm). Ristlõikes on sklerenhüüm rõngakujuline ja puutub mõnes kohas kitsaste sidemete kaudu vahetult kokku epidermirakkudega. Nende sidemete vahel asetsevad elusate klorofülli sisaldavate põhikoerakkude kihid. Nende kihtide vastas paiknevad epidermi-õhulõhed, millel on oluline osa gaaside vahetuses. Tugikoerõnga all paikneb põhikude, milles asetsevad maisi-juhtkimpudega sarnanevad kinnised juhtkimbud (joonis 52). Joonistame rukkikõrre ehituse skeemi.

Päevalille (*Helianthus annuus*) varre mikroskoopiline ehitus. Lõikame alkoholis hoitud noorest päevalillevarrest õhukesi ristlõikusid ja värvime osa neist joodilahuse ja osa floroglutsiini ja soolhappega. Joodiga värvimine võimaldab hästi näha tärklist sisaldavaid rakke, endodermi, mis lahutab esi- ja teiskoort, samuti teisi tärklist sisaldavaid rakke. Floroglutsiin ja soolhape värvivad punaseks kõik puitunud elemendid. Joonistame osa maisivarrest kahe-kolme juhtkimbuga. Teeme vajalikud tähistused. Võime kasutada ka värvitud püsipreparaati.

Pärna (*Tilia cordata*) oksa mikroskoopiline ehitus. Vaatleme pärnaoksast ristlõikes tehtud värvitud püsipreparaati. Joonistame töövihikusse pärnavarre ehituse skeemi ja varustame joonise pealkirjadega (joonis 50).

Männi (*Pinus silvestris*) tüve ehitus. Vaatleme neljaaastase männitüve rist-, radiaal- ja tangentsiaallõiku. Lõigud peavad olema siledad, hästi lihvitud ja poleeritud.

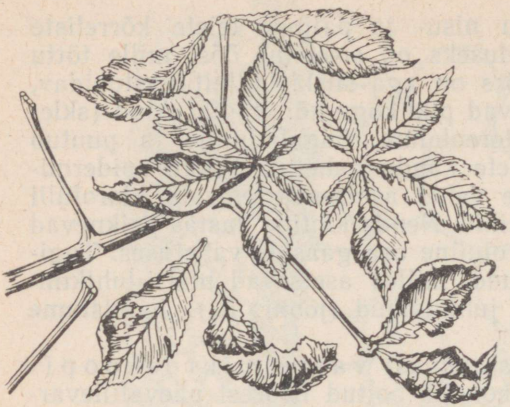
V PEATÜKK

LEHT

LEHE MORFOLOOGIA

Lehtede tekkimine. Taimelehed arenevad pungas paikneva varrekasvukuhiku kühmudest, lehealgmetest (joonis 61). Algul kasvab leht tipust, kuid varsti hakkab ta kasvama kas ainult alusest (üheidulehelistel) või siis kogu pinna ulatuses (kaheidulehelistel). Sõnajalgade lehed kasvavad ainult tipust. Niikaua kui lehed on pungas, on nad kahvatud (kollakad), pungade puhkemisel muutuvad aga roheliseks.

Nagu juba öeldud, koosneb leht lehelabast ja leherootsust, vahel esinevad ka abilehed. Teravat nurka lehe ja varre vahel nimetatakse lehekaenlaks, kus arenevad pungad.



Joonis 53. Hobukastani liitlehed.

Lehtede eluiga on taimel harilikult ühe vegetatsiooniperioodi pikkune; lehtpuud heidavad meie kliimas igal aastal lehed maha (lehtede varisemine). Lehtede varisemise eel moodustub leherootsu alusel korkkoest kaitsekiht, mis lahutab leherootsu varrest. Ülalpool seda eralduvad rakud üksteisest, juhtkimbud katkevad ja leht variseb; võsule jääb juhtkimpude jälgedega arm.

Igihaljastel taimedel (okaspuudel, samuti lume all talvituvatel taimedel) toimub lehtede vahetus järk-järgult ja märkamatult. Nende taimede lehed elavad mitu aastat: männil 3 aastat, kuusel ja jugapuul ligi 10 aastat. Edela-Aafrika kõrbetes kasvab velvitšia, mille kaks pikka lehte elavad kuni 100 aastat.

Liht- ja liitlehed, lehelabakuju. Lehelabade arvu järgi jagunevad lehed liht- ja liitlehtedeks. L i h t l e h t koosneb ühest leherootsust ja ühest lehelabast, mis on vahel tugevasti lõhestunud. Lehtede langemisel variseb lihtleht tervikuna. L i i t l e h t koosneb pearootsust ja üksikutest labadest, mis on lühikeste rootsudega pearootsu külge kinnitunud. Liitlehelabad on kujult sarnased ja neil on ühisele rootsule kinnitumise kohal liigendid. Mõnikord tõmbuvad liitlehelehekesed ööseks või puudutamisel kokku. Lehtede langemisel varisevad liitlehed mõnedel taimedel liigendite kohalt lehekeste kaupa (joonis 53).

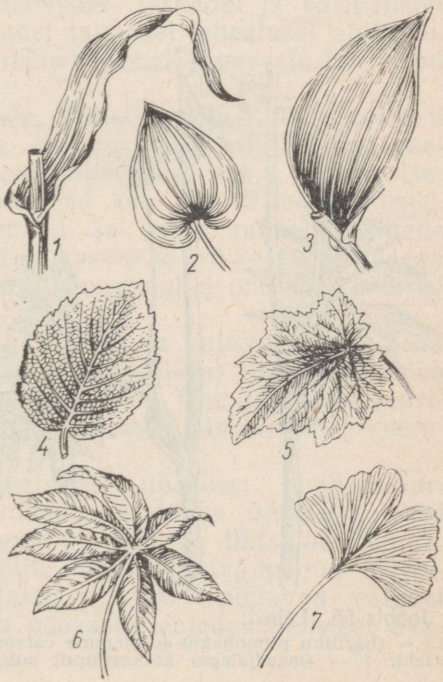
Lihtlehed võivad olla: terved, sel juhul ei ole labal mingeid väljalõikeid, mis ületaksid leheserva ebatasasusi; hõlmised, kui väljalõiked ulatuvad $^1/_2$ või $^1/_3$-ni leheserva ja keskroo vahelisest kaugusest; lõhised, sel juhul ulatuvad väljalõiked sügavamale kui eelmisel juhul, kuid labaosad on aluse juures veel ühenduses; või jagused, kui väljalõiked ulatuvad keskrooni ja muudavad laba üksikuteks segmentideks. Hõlmiste, lõhiste ja jaguste lehtede lehelaba hõlmad, osad ja segmendid, samuti liitlehtede lehekesed võivad asetseda kas sulgjalt keskroo külgedel või sõrmjalt rootsu

otsas, meenutades labakäe väljasirutatud sõrmi. Esimesel juhul on lehed sulghõlmised, sulglõhised ja sulgjagused, teisel juhul aga sõrmhõlmised, sõrmlõhised ja sõrmjagused. Ka liitlehed võivad olla sulgjad ja sõrmjad (joonis 58).

Lehtede roodumine. Lehelaba ehitust vaadeldes näeme, et seda läbistab terve roodude võrk. Need on leherootsu ja varde minevad juhtkimbud. Leheroodude erinev paigutus põhjustab erinevat roodumist. Üheiduleheliste taimede väljaveninud lehed on enamikus rööp- või kaarroodsed, olenevalt lehe pikkusest ja laiusest (joonis 54, *1*, *2*, *3*). Kaar- ja rööproodsed lehed on harilikult terveservalised. Kaheiduleheliste taimede lehed on sageli võrkroodsed. Roodude paigutuselt jaguneb see tüüp sulgroodseks (*4*), sõrmroodseks (*5*) ja kiirroodseks (*6*).

Mööda leheroodu toimub mahlade liikumine lehes, rood on vartes kulgevate juhtkimpude vahetuks jätkuks. Vedelike liikumine neis toimub kahes suunas: üks vool (vesi ja lahustunud soolad) suundub leherakkude juurde, teine aga (plastilised ained) liigub kogu aeg vastassuunas.

Jämedaid leheroodusid ümbritseb tihe tugikude. Nad on tugevad ja ühtlasi toeks leherootsule ja lehelabale. Paljudel suurtel lehtedel näeme, kuidas nende servad on rebenemise vastu roodudega kindlustatud, näiteks mädarõikal ja päevalillel.



Joonis 54. Lehtede roodumine (seletused tekstis).

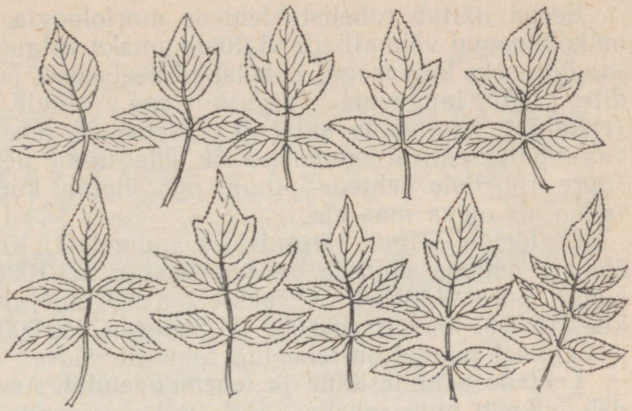
Peenimad rood koosnevad ainult trahheiididest, lõpevad suletud otstega ja on omavahel ühendatud peenikeste kaartega, mida nimetatakse anastomoosideks. Kui lehe pearood (näiteks tammel) läbi lõigata, siis ei lakka lehe toitumine, sest ainete liikumine toimub siis anastomooside kaudu külgroodusid mööda. Anastomoose ei ole sõnajalgadel, okaspuudel ja väljasureval ginkgol. Ginkgol esineb dihhotoomne roodumine (joonis 54, 7).

Taimesüstemaatikas on lehtede roodumisel suur tähtsus. Niisama tähtis on roodumine ka taimefüsioloogias. On alust arvata, et kõige vanemaks roodumistüübiks on dihhotoomne roodumine, millest arenes sõrmjas roodumine sel teel, et kaks dihhotoomset pearoodu liitusid. Sõrmroodsetest lehtedest põlvnevad enamasti üheidulehelistel taimedel esinevad kaar- ja rööproodsed lehed. Enamikul kaheidulehelistel on algelisemaist sõrmroodsetest lehtedest arenenud täiuslikumat tüüpi sulgroodsed lehed, mille keskrood ja selle külgharud on hästi välja arenenud ja millel moodustub kõige tihedam anastomooside võrk.

Lehtede kinnitumisviisid. Rootsuga lehte nimetatakse rootsuliseks leheks. Leherootsudel on võime kasvamise ajal kõverduda ja lehtedele valgustuse suhtes soodsaim asend anda. Rootsuta lehte nimetatakse rootsutuks leheks. Mõnikord ümbritsevad rootsutud lehed varrealust, siis nimetatakse neid varreümbriseks. Rootsutud ja lühirootsulised lehed on sageli pika labaga (linal,



Joonis 55. Lehed:
1 — (hariliku piimohaka) sulgjagune varreümbrine leht; 2 — (naadi) kahelisulglõhine leht; 3 — (maarjalepa) katkestunult sulglõhine abilehtedega leht.



Joonis 56. Leedripuu lehelaba järkjärguline keerukamaks muutumine (N. P. Krenke järgi).

pajul, äiakal), ja vastupidi, laia labaga lehed on tavaliselt rootsulised. Väga sageli on taimel ülemised lehed rootsutud, alumised aga rootsulised, sel juhul ei varja ülemised lehed alumisi. Mõnedel taimedel laieneb leherootsu alus või kogu roots ja muundub lehetupeks. Lehetupp esineb kõrrelistel, tarnadel ja sarikalistel (joonis 55). Peale selle on paljudel taimedel lehealusel abilehed, väikesed lehekesed, mis ainult mõnel taimel tugevasti laienevad ja siis lehtede osa täidavad.

Välistingimuste mõju lehtedele. Välistingimuste mõjul võivad taimelehtede mõõtmed muutuda. Nii kasvavad võililleleheed veeauruga küllastunud õhus 60 cm pikkuseks, kuna normaalsetes tingimustes kasvanud võililleleheed on 10—12 cm pikkused. Samasugust nähtust kohtame maisi- ja teiste taimede lehtede juures, puuduliku niiskuse juures kasvavad väikeste lehtedega kidurad taimed, kuna küllaldase niiskuse puhul on lehed suured ja laiad.

Sageli on ühel ja samal taimel erineva kujuga lehed. Seda nähtust nimetatakse erilehisuseks (heterofüllia) ja seda esineb näiteks mooruspuul, murakal ja leedripuul. Ühe ja sama leedripuuisendi lehtedel võime täheldada lehelaba järkjärgulist keerukamaks muutumist (joonis 56).

Lehelabakuju on seotud valguse, niiskuse, temperatuuri jt. keskkonnatingimustega. Tavaliselt on taime ülemised lehed väiksemad kui alumised ja sageli on nad ka lihtsama kujuga. Metsatihniku varjus leiame palju tugevasti jagunenud lehelabaga taimi (sarikalised, sõnajalad jt.), mis püüavad valgust nende kohal kasvavate puude ja põõsaste lehtedevahelistest avadest.

Seega näitab roheliste lehtede morfoloogia, et lehtede ehitus on kohanenud võimalikult ulatuslikumaks valguskiirte püüdmiseks ja võitluseks kuivusega. Lehelabad asetsevad, peale väheste erandite, risti langevate valguskiirtega, ainult kompasstaimedel (eukalüpt, noollehine salat jt.) asetsevad lehed keskpäeval servaga päikesekiirte suunas. Kõik ühe taime lehed moodustavad suure roheliste lehtede pinna, mis ületab kümneid kordi selle taime all oleva maa-ala.

Ülalöeldu selgub järgmistest andmetest. Kõrreliste ja liblikõieliste lehtede pindala on ühe hektari (10 000 m²) põllupinna kohta: odral 145 000, talirukkil 156 000, suvinisul 175 000, ristikul 216 000, kartulil 400 000 ja lutsernil 850 000 m².

Vanadel puudel on lehepind tohutult suur.

Lehtede põhiülesanne ja lehemuudendid. Arvukatel varreharudel paikneb hulk rohelisi lehti, mille sisemine ja väline ehitus on kohanenud eelkõige valguse ja süsihappegaasi omastamiseks. Valguskiirte energia abil ja klorofülli olemasolul luuakse leherakkudes süsihappegaasist ja veest mitmesuguseid eluks vajalikke orgaanilisi aineid, see tähendab toimub fotosüntees, üks põhiprotsesse taime elus, mille juures lehtedest eritub eluks vajalik hapnik. Juurte ja varre kaudu lehtedesse tõusva vee ülejääk aurub õhku. Järelikult on *lehed fotosünteesi ja vee auramise (transpiratsiooni) organid.*

Kui me paigutame vesikatkuvõsu süsihappegaasi sisaldavasse vette ja asetame päikese kätte või tugeva elektrilambi alla, märkame kohe hapnikumullikeste eraldumist. Üksikasjalisemalt tutvume fotosünteesiga taimefüsioloogia osas.

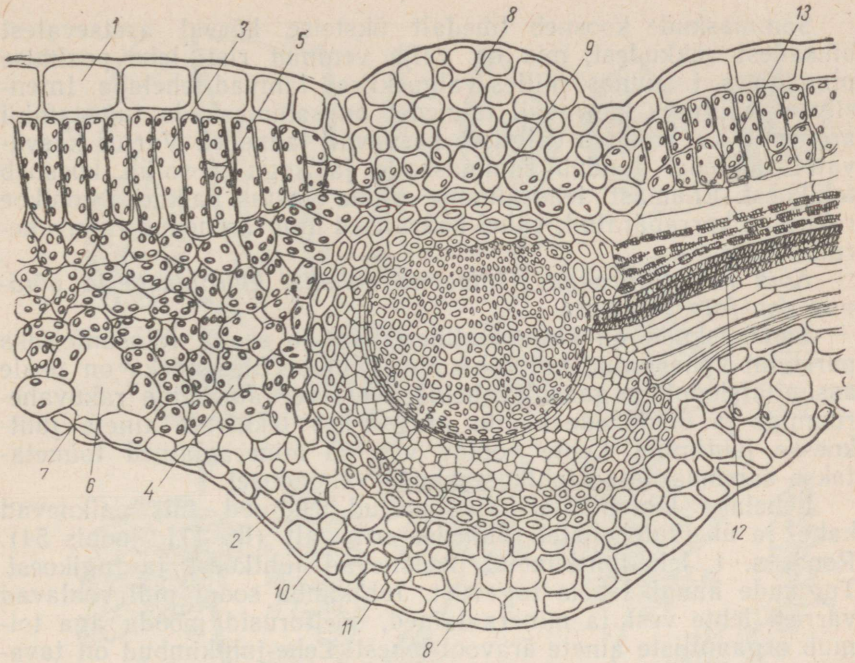
Taimelehed on väga plastilised ja muundumisvõimelised, nad muutuvad uuteks organiteks ja omandavad uusi funktsioone, millest räägime üksikasjalisemalt laboratoorsete tööde peatükis (lk. 121, joonis 60).

Begoonia-, jürilille-, brüofüllumi- ja mõnede liiliate lehed annavad mullal lisapungi ning võsusid, mida kasutatakse vegetatiivseks paljundamiseks (joonis 60).

LEHE ANATOOMIA

Lehe anatoomiline, samuti nagu morfoloogilinegi ehitus on mitmekesine, sõltuvalt liigi iseärasustest ja taime kasvutingimustest.

Lehe ristlõikes (joonis 57) täheldame järgmisi kudesid: ülemisel ja alumisel pinnal paikneb kattekude, epiderm, keskosa on täidetud põhikoega, assimilatsioonikoega (mesofülliga), mis jaguneb sammas- ehk palissaadkoeks ja alumise epidermi poole pööratud tohl- ehk kobekoeks. Epidermi, õhulõhede ja karvade ehitust ning tähtsust vaatlesime juba kudede tundmaõppimisel (lk. 54, joonis 15, 16).



Joonis 57. Leht ristlõikes:

1 — ülemine epiderm; *2* — alumine epiderm; *3* — sammaskude; *4* — tohlkude; *5* — kloroplastid rakkudes; *6* — õhukamber; *7* — õhulõhe; *8* — tugikude (kollenhüüm); *9* — tugikude (sklerenhüüm); *10* — ksüleem; *11* — floeem; *12* — pearoost väljuvad vett juhtivad sooned; *13* — piki külgroodusid paiknevad parenhüümirakud.

Tuletame meelde, et epidermi ülesandeks oli kaitsta õrna mahlast mesofülli kuivamise, infektsiooni ja mehhaaniliste vigastuste vastu. Tihedalt liituvad, kutiikulaga kaetud ja sageli tugevasti karvased epidermirakud täidavad oma ülesannet sõltuvalt keskkonnast. Võib täheldada, et kuiva kasvukohaga taimedel on epidermil kutiikula, vahakiht või rikkalikult karvu; karvad on eriti levinud lehe alumisel pinnal, kus esineb rohkem õhulõhesid. Niiske kasvukohaga ja veetaimedel (näiteks paljudel tulikatel, varsakabjal ja vesiroosil) kutiikulat, vahakihti või karvu ei esine. Rohked õhulõhed leheepidermis reguleerivad vee aurumist ja võimaldavad gaaside vahetust. Epidermirakud on läbipaistvad ja lasevad hästi läbi valguskiiri, mida vajavad rohelised lehemesofüllirakud.

Sammas- ja tohlkude on hästi vaadeldavad kahepoolsetel lehtedel, nad moodustavad rohelise mesofülli, millel on tähtis ülesanne fotosünteesiprotsessis.

Sammaskude koosneb tihedalt üksteise kõrval asetsevatest pikkadest rakkudest, mis on välja veninud risti lehe pealmise pinnaga, s. t. suunas, milles valguskiired läbivad lehelaba. Intensiivses valguses kasvavail taimedel on sammaskude tugevamini arenenud kui väheses valguses kasvavail taimedel. Varjus kasvavatel taimedel puudub sammaskude ja kogu mesofüll koosneb tohlkoest. Enamasti lehe alumise pinna vastas paikneva tohlkoe rakud on korrapäratud, vahel käärulised ning arenenud rakuvaheruumidega.

Kõik mesofüllirakud sisaldavad rohelisi kloroplaste ja võtavad osa fotosünteesist.

Sammaskude on kloroplastiderikkam ja seega fotosünteesiks paremini kohastunud kui tohlkude. Tohlkoe ülesandeks on peale assimilatsiooni ja gaasidevahetuse veel vee auramine rakuvaheruumide ja õhulõhede kaudu ning lehes tekkivate ainete juhtkoesse juhtimine. Lehte voolav vesi ja mineraalained toimetatakse sammaskoesse tohlkoerakkude vahendusel.

Lehelaba läbivad harilikult paljud leherood, mis paiknevad kahe- ja üheidulehelistel taimedel erinevalt (lk. 111, joonis 54). Rood, s. t. lehe-juhtkimbud, koosnevad juhtkoest ja tugikoest. Tugikude annab lehele tugevust. Juhtkimbu sooni pidi voolavad varrest lehte vesi ja mineraalained, sõeltorusid mööda aga toimub orgaaniliste ainete äravool lehest. Lehe-juhtkimbud on tavaliselt kinnise ehitusega, s. t. neis puudub kambium.

Et juhtkimbud suunduvad lehtedest vart mööda allapoole, on kimbu puiduosa pööratud lehe pealmise pinna poole, niineosa aga alumise pinna poole.

Roodude hargnemine soodustab ainete kiiremat edasiliikumist ja fotosünteesi, seepärast on roodude võrk kuivas ja lagedas kohas kasvavatel taimedel tihedam kui niiskes kohas kasvavatel taimedel. Hargnemisel muutub roodude ehitus üha lihtsamaks. Peentes roodudes puuduvad trahheed, on ainult käävjad rakud (trahheiidid), mille kestas on spiraalsed paksendid ja mis lõpevad lehe-tohlkoes.

LABORATOORSED TÖÖD (LEHT)

Liht- ja liitlehed, lehelabakuju (joonis 58). Õpime lehtede morfoloogilise herbaariumi, sügisel kuivatatud lehtede ja botaanikakabineti elusate taimede abil tundma liht- ja liitlehtede kuju. Mõisteid selgitab joonis 58, millel on toodud lehelabade põhikujud.

Terved lihtlehed: *1* — nõeljas (mänd); *2* — mõõkjas (võhumõõk); *3* — lineaalne, tupega (kõrrelised); *4* — talbjas (paju); *5* — munajas (teeleht); *6* — ovaalne (pirn); *7* — ümmargune (haab); *8* — äraspidimunajas (lepp); *9* — südajas (alpi-



Joonis 58. Lehelabakuju (seletused tekstis).

kann); *10* — neerjas (metspipar); *11* — kilpjas (mungalill); *12* — nooljas (kõõlusleht); *13* — odajas (väike oblikas); *14* — asümmeetriline (begoonia).

Hõlmised lihtlehed: *15* — sulghõlmine (tamm); *16* — kolmehõlmane (sinilill); *17* — viiehõlmane (vaher).

Lõhised lihtlehed: *18* — sulglõhine, kaarhambuliste servadega (võilill); *19* — sõrmlõhine (kollane käoking).

Jagused lihtlehed ja liitlehed: *20* — sulgjagune kanneljas (rõigas); *21* — katkestunult sulgjagune (kartul); *22* — sõrmjagune (kukekannus); *23* — kahelisulgjagune (puju); *24* — kolmetine, abilehtedega (ristik); *25* — sõrmjas (hobukastan); *26* — paaritusulgjas, abilehtedega (roos); *27* — kaheli-paarissulgjas (gledііtšia).

Toodud lehekujud ei hõlma kaugeltki kogu looduses esinevat mitmekesisust, aga nende tundmine kergendab siiski märgatavalt taimede määramist.

Lehelaba serva järgi liigitades on lehed (joonis 58, *28*) *a* — terveservalised (sirel); *b* — saagjad, kui hambad asetsevad kaldu nagu saehambad (kõrvenõges); *c* — hambulised, kui hambad on leheservas servaga risti (raudnõges); *d* — kaarhambulised, kui hammaste vahed on ümardunud (koerapöörirohi); *e* — täkilised, kui hambad on ümardunud (maajalg).

Leheserval paiknevate hammaste ülesandeks on mõnikord vee eritamine piiskadena; vahel nad eritavad lenduvaid vaike, mis väldivad veekadu, vahel aga, kui hambad on karedad, on nad kaitsevahendiks loomade vastu.

Lehtede roodumisviise kujutab joonis 54.

Leheserva ja lehelaba kuju ning lehtede roodumise vaatlemiseks ja tundmaõppimiseks võib kasutada ka toa- ja kasvuhoonetaimede, näiteks vallisneeria, kliivia, oleandri, aspidistra, kummipuu, fuksia, sidrunipuu, luuderohu, begoonia, priimula, alpikanni, pellargooniumi, akaatsia, rooside ja paljude teiste taimede lehti.

Lehtede varrele kinnitumise viisid, lehetupp ja abilehed. Vaatleme lina, pirni, piimohaka, naadi, nisu, aaskannikese ja herne herbaareksemplaridel rootsutuid, rootsulisi, varreümbriseid, lehetupega ja abilehtedega lehti.

Välistingimuste mõju lehtedele. Vaatleme ja võrdleme kuivas ja heades niiskusetingimustes kasvanud maisi ja võilille herbaareksemplare.

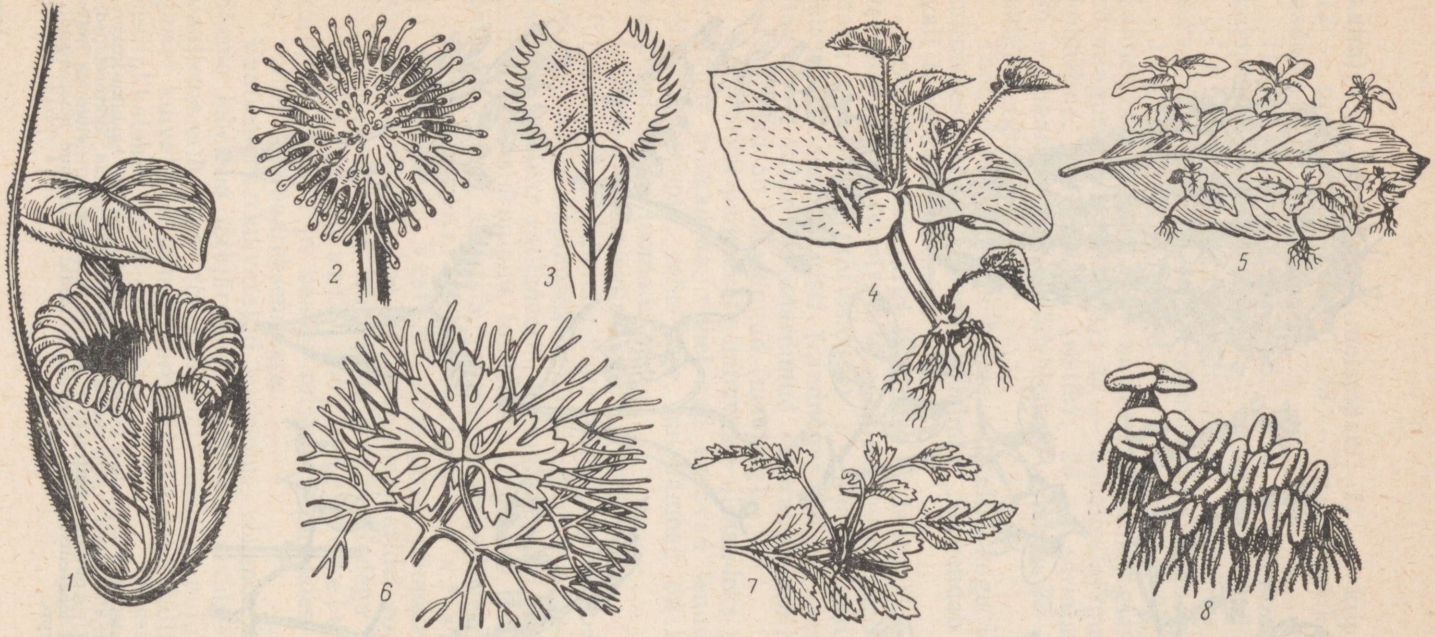
Vaatleme ka kuivatatud leedripuu- või mooruspuulehti, millel näeme lehelaba järkjärgulist keerukaks muutumist (joonis 56). Vaatleme erilehisust (heterofülliat) hariliku puju (*Artemisia vulgaris*) kuivatatud taime juures. Heaks heterofüllia näiteks on ka vesitulikalehed (joonis 60, *6*).

Tutvume herbaareksemplari abil ühe huvitavama taimega, «kompasstaimega». Lähemalt on vastavast nähtusest juttu leheküljel 113—114.



Joonis 59. Lehemuudendid:

1 — lihakad mägisibulalehed; *2* — lihakad kukeharjalehed; *3* — astlad, hariliku kukerpuu muundunud lehed; *4* — astlad, valge akaatsia abilehed; *5* — astlad, kaktuselehed; *6* — herne köitraod; *7* — püvilille köitraod; *8* — viki köitraod; *9* — elulõnga köitraagudeks muundunud leherootsud; *10* — akaatsia fülloodid (laienenud leherootsud); *11* — sarikaliste lehetupp.



Joonis 60. Lehefunktsioonide muutumine:

1 — kanntaime — putukasööja taime leht; *2* — huulheinaleht; *3* — ameerika kärbsepüünise leht; *4* — noorte võsudega begoonialeht; *5* — võsudega brüofüllumileht; *6* — kaks vesitulikalehte, millest üks on tugevasti jagunenud ja areneb vees, vähem jagunenud aga vee peal (heterofüllia); *7* — sõnajala (asileeniumi) võsudega leht; *8* — kahekaupa asetsevad ovaalsed ujuvad salviinialehed; tugevasti jagunenud vees olevad lehed asendavad juuri.

Lehtede ja nende funktsioonide muudendid. Sageli omandavad taimelehed peale oma põhifunktsioonide (fotosüntees ja transpiratsioon) veel teisi ülesandeid. Vaatleme elusaid taimi — aaloed, agaavi, mägisibulat ja kukeharja. Nende taimede lehed on rohelised, kuid samal ajal ka lihakad, nii et nad talletavad toitaineid ja veevarusid (joonis 59 ja 60).

Kukerpuu ja kaktuste lehed on astlaks muundunud. Valgel akaatsial on abilehed astlaks muundunud, rohelised viki-, herne- ja püvilillelehed lõpevad köitraagudega, mis kinnitavad taime teiste taimede või tugede külge. Elulõngal, mungalillel jt. on samaks otstarbeks leherootsud.

Fülloode, s. t. lehelabakujuliseks laienenud leherootse näeme austraalia akaatsiatel (*Acacia melanoxylon*). Iseloomulikud lehemuudendid esinevad putukasööjatel taimedel (kanntaimedel, huulheinal, kärbsepüünisel jt.), mille lehed on putukate püüdmise organeiks muundunud.

Paljud taimed (begoonia, jürilill, brüofüllum jt.) paljunevad lehtede abil.

Juurtega sarnanevaid lehti näeme salviinial. Kõiki loetletud lehemuudendeid vaatleme botaanikakabinetis elusate ja kuivatatud taimede abil, samuti joonistel (joonis 59 ja 60).

Punase ristiku (*Trifolium pratense*) lehe ristlõige[1]. Lõikame (parem värskest kui alkoholis hoitud) ristikulehekesest piki keskroodu kitsa riba ja surume selle tihedasti leedripuusäsi kahe poole vahele. Lõikame terava habemenoaga õhukesed ristlõigud, mida vaatleme mikroskoobis veetilgas väikesel suurendusel. 3—4 lõigust valime kõige õhema, mis mahub vaatevälja keskele ja vaatleme seda väikesel suurendusel. Näeme järgmisi kudesid: epiderm lehe pealmisel ja alumisel pinnal ja kahe epidermikihi vahel põhikude, mille ehituses täheldame sammasehk palissaadkude ja tohlkude; lehe keskosas vaatleme juhtkimpe.

Lõpuks vaatleme ja joonistame kõiki lehekudesid suurel suurendusel.

Maisi (*Zea mays*) lehe ristlõige (joonis 61). Lõikame leedripuusäsi poolte vahele pigistatud maisilehest ristlõigud. Üheidulehelisel taimel ei erine lehe pealmine pool nii tugevasti alumisest poolest kui kaheidulehelisel taimel. Selle tõttu ei ole maisi- ja teiste kõrreliste lehtede põhikoeehituses nii suuri erinevusi.

Kõrrelistel on mõned pealmise epidermi rakud suuremad kui naaberrakud ja neil on ka suuremad vakuoolid. Niisugused epidermirakud kulgevad sirgetes ridades piki lehepinda ja neil on kerge täheldada peeni reljeefseid vagusid, mis vahelduvad soon-

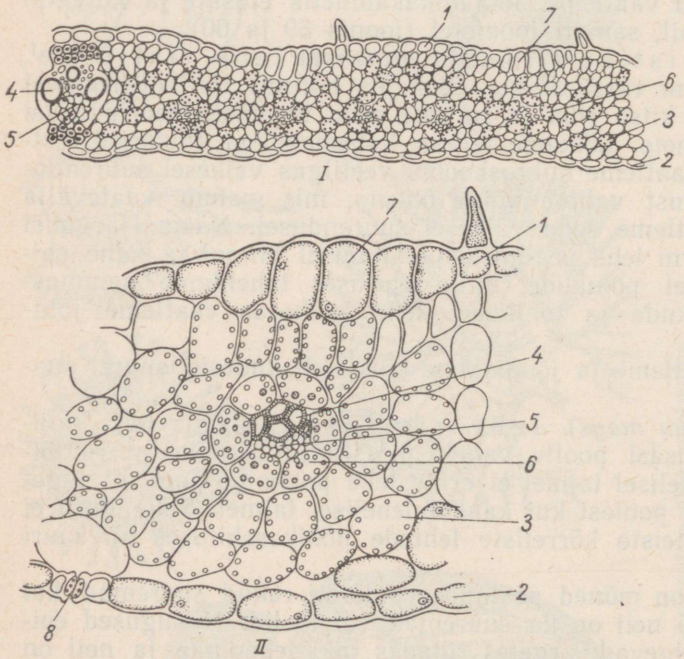
---

[1] Ristikulehe võib asendada oalehega; hästi on lõigatavad kõvad pohla-, sidruni-, kameelia- jt. lehed.

tega. Neid rakke nimetatakse liigesrakkudeks. Põua ajal keerduvad kõrreliste lehed torusse, ääred üles, mida võib seletada vee kaoga ja liigesrakkude mahu vähenemisega. Lehe alumisel pinnal puuduvad õhulõhed kas üldse või on neid märgatavalt vähem kui pealispinnal; uute veevarude juurdetulek põhjustab turgori suurenemist liigesrakkudes ja lehelaba sirgumist.

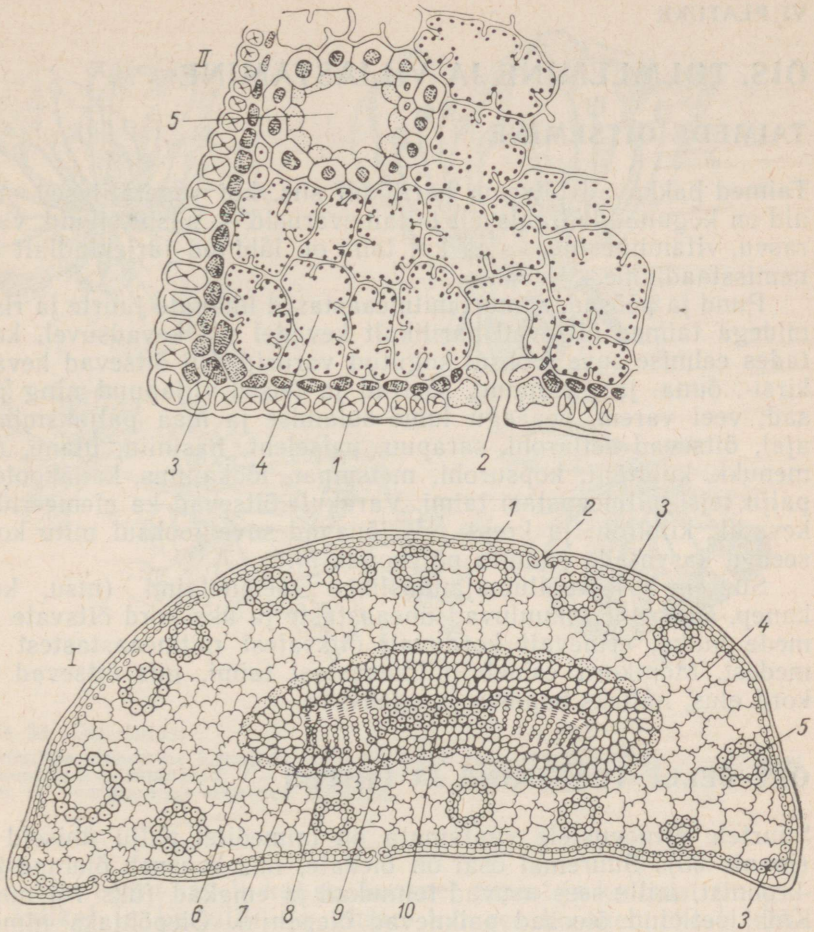
Eriti ilmekas keerdumisvõime on niidukõrreliste (valge kasteheina — *Agrostis alba*) lehtedel.

M ä n n i (*Pinus silvestris*) o k k a r i s t l õ i g e (joonis 62). Läbilõikes (püsipreparaadis) näeme väikesel suurendusel okka poolümmargust kuju, mille sees asetseb kahest juhtkimbust, parenhüümist ja tärklisteradega täidetud endodermist koosnev kesksilinder. Väljaspool on näha paksu kutiikula ja tugikoerakkudega epiderm. Kogu vahepealne osa koosneb põhikoest, mille klorofülli sisaldavate rakkude sein on sisse sopistunud. Seda kude nimetatakse kurruliseks parenhüümiks. Kurrulise parenhüümi rakkude vahel asetsevad epidermi lähedal vaigukäigud, mis koos-



Joonis 61. Maisileht ristlõikes:

I — ristlõige. *II* — osa samast lõigust: *1* — pealmine epiderm; *2* — alumine epiderm; *3* — leheparenhüüm; *4* — juhtkimbu puiduosa; *5* — juhtkimbu niineosa (floeem); *6* — juhtkimpu ümbritsevad parenhüümirakud; *7* — pealmise epidermi liigesrakud; *8* — õhulõhed.



Joonis 62. Männiokas ristlõikes:

I — ehituse skeem. *II* — osa lõigust: *1* — epiderm; *2* — süvendis olev õhulõhe; *3* — **tugikude (hüpoderm);** *4* — **kloroplastidega täidetud kurruline parenhüüm;** *5* — (seest) epiteelrakkudega vooderdatud ja sklerenhüümist ümbritsetud vaigukäik; *6* — endoderm; *7* — juhtkimbu niineosa; *8* — juhtkimbu trahheiidid; *9* — **parenhüüm;** *10* — **sklerenhüümirühm.**

nevad suurtest vaiku eritavate epiteelrakkudega vooderdatud õõntest; neid õõsi ümbritsevad paksuseinalised mehhaanilised kiud.

Vaatleme suurel suurendusel epidermi ja kutiikulat, süvenditest paiknevaid õhulõhesid, epidermi all asetsevat hüpodermi, kurrulist parenhüümi ja vaigukäike. Männi õhulõhed sulguvad talveks vahaainetega.

VI PEATÜKK

ÕIS. TOLMLEMINE JA VILJASTAMINE

TAIMEDE ÕITSEMINE

Taimed hakkavad õitsema harilikult siis, kui vegetatiivsed organid on kogunud küllaldaselt toitainevarusid — süsivesikuid, valke, rasvu, vitamiine jne. — ja kui taim on läbinud järjekindlalt arenemisstaadiume.

Puud ja põõsad, samuti mitmeaastased lihakate juurte ja risoomidega taimed õitsevad harilikult kevadel või kevadsuvel, kasutades eelmise suve jooksul kogutud varusid. Nii õitsevad kevadel kirsi-, õuna- ja pirnipuud, sõstrad ja teised viljapuud ning põõsad; veel varem, peaaegu lume sulamise ja maa paljaksmineku ajal, õitsevad seljarohi, sarapuu, paiseleht, näsiniin, ülane, nurmenukk, kuldtäht, kopsurohi, metspipar, lõokannus, kanakoole ja palju teisi mitmeaastasi taimi. Varakult õitsevad ka efemeerid — kevadik, kilbirohi ja kress, mis jõuavad suve jooksul mitu korda seemet kasvatada ja mitu põlvkonda anda.

Suurem osa põllumajanduslikke seemnetaimi (nisu, kurk, kanep, sinep jne.) kuuluvad üheaastaste ja üks kord õitsvate taimede hulka, erinevalt korduvalt õitsvatest mitmeaastastest taimedest. Mõnikord esineb mitmeaastasi taimi, mis õitsevad üks kord elus, näiteks bambus ja agaav.

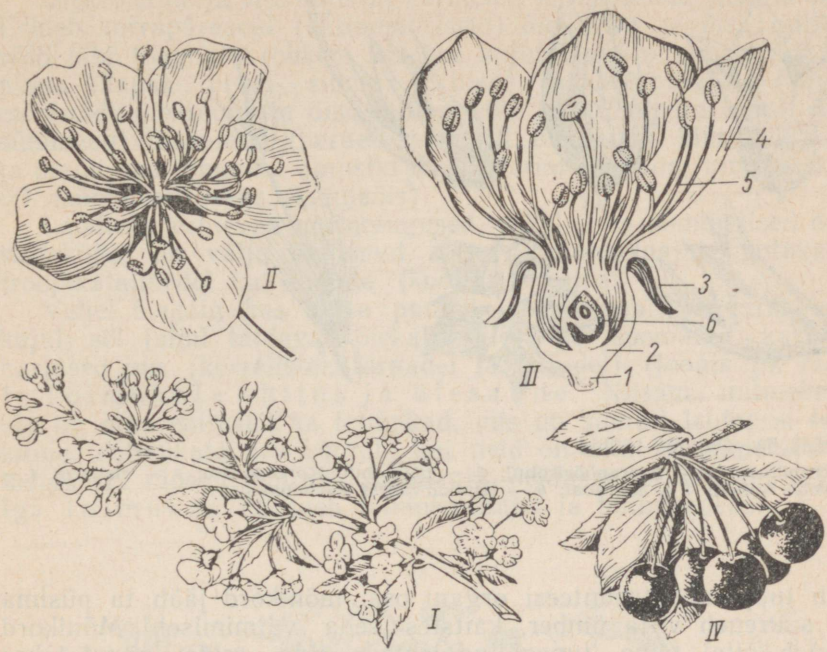
ÕIS, SELLE TEKKIMINE JA EHITUS

Suurtele erinevustele vaatamata on taimeõitel palju ühiseid osi (joonis 63). Suuremal osal on õiekate, mis koosneb õietupest ja -kroonist, mille sees asuvad tolmukad ja emakad (üks või mitu). Kõik loetletud õieosad paiknevad õiepõhjal. Õiepõhjaks nimetatakse varre või õierao (mitmesuguse pikkusega külgharude) ülemist lühenenud osa. Lühenenud õierao puhul tundub, nagu oleksid õied otse taimevarrele kinnitunud.

Õied arenevad õiepungast. Valge vesiroosi õie ehitust vaadeldes võib täheldada järkjärgulist üleminekut tupplehtedelt kroonlehtedele ja kroonlehtedelt tolmukatele.

Õis on lühenenud varrega (õiepõhjaga) hargnemata ja muundunud võsu, mille lehed on üksikuiks õieosadeks muundunud, õit on vaja suguliseks protsessiks, mille tulemusena areneb vili või seeme.

Eri õieosade (tupplehtede, kroonlehtede, tolmukate ja emakate) ühtset päritolu lehtedest näitavad kaudselt mõnedel taimedel (nelgil, magunal, pojengil jt.) esinevad täidisõied, kus võib täheldada tolmukate ja emakate taandmuundumist kroonlehtedeks.



Joonis 63. Õie ehitus:

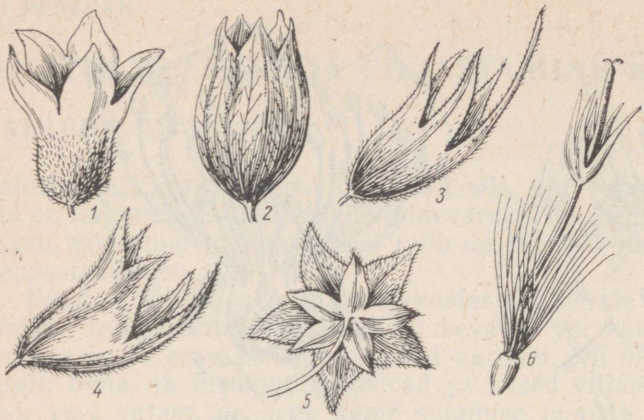
I — kirsiõite arenemine õienupust. *II* — õis pealt. *III* — õis pikilõikes: *1* — õieraag; *2* — õiepõhi; *3* — tupplehed; *4* — kroonlehed; *5* — tolmukad; *6* — sigimik, sees seemnealge. *IV* — sigimikust arenenud luuviljad.

Õiekate on kaheli, kui see koosneb tupest ja kroonist (magunal, tulikal ja kartulil), ja lihtne, kui see koosneb ühest lehekeste reast. Lihtsat õiekatet nimetatakse tupjaks, kui see koosneb rohelistest lehekestest (kanepil, peedil), või kroonjaks, kui see koosneb värvilistest kroonlehtedest (tatral, liilial). Vahel puudub õiekate üldse või on vähe arenenud.

Õiekate kaitseb õie õrnu ja peamisi osi (tolmukaid ja emakaid) kuivamise ja külma vastu; tema ere värvus meelitab putukaid ligi. Kaheli õiekatte puhul kaitseb õit tupp, kroon aga soodustab õie tolmeldamist putukate poolt.

Tupp (joonis 64) koosneb rohelistest tupplehtedest, mis on omavahel kokku kasvanud (huulõieliste ja liblikõieliste liitlehine tupp) või mis on üksteisest lahus (tulika, kapsa ja lina lahklehine tupp). Vahel kaitseb tupp ainult õienuppu ja langeb hiljem ära, näiteks magunal.

Tupe tähtsus ei piirdu ainult kaitsefunktsiooniga; osaliselt täi-



Joonis 64. Õietupe tüübid.
Korrapärane: *1* — koerapöörirohul; *2* — põisrohul. Korrapäratu: *3* — ristikul; *4* — salveil. Kaheli: *5* — maranal; *6* — lendkarvadest karuohakal.

dab tupp ka fotosünteesi organi osa, mõnikord jääb ta püsima ja suureneb vilja ümber, kaitstes seda valmimisel. Mõnikord esineb õitel teine, tupeväline lehtede rida, mida nimetatakse välistupeks (maranal, maasikal).

Õiekroon (joonis 65) koosneb kroonlehtedest, mitmesuguse värvusega muundunud lehtedest. Mõnikord aga puuduvad pigmendid, õhuga täidetud rakuvaheruumid peegeldavad kõiki spektrikiiri ja kroonlehed on selle tõttu valge värvusega. Nagu juba eespool öeldud (lk. 34), oleneb õiekrooni värvus 1) pigment antotsüaanist, mis on kas punase, sinise, helesinise või lilla värvusega, olenevalt rakumahla happesusest (kopsurohi, ussikeel); 2) kollastest rakumahlapigmentidest, mis annavad kollase värvuse (käokannus) ja 3) kromoplastidest, mis on punase, oranži või kollase värvusega (mungalill).

Õiekroon on liitlehine (kõrvitsal, tomatil ja kassitapul), kui kroonlehed on kokku kasvanud, ja lahklehine (tulikal, magunal ja kapsal), kui kroonlehed on lahus. Kroonleht koosneb pinnukesest (kitsam osa) ja vähem või rohkem arenenud naastust (laiem osa). Niisugune ehitus on hästi täheldatav nelgiliste ja ristõieliste taimede õitel (joonis 65, *1*).

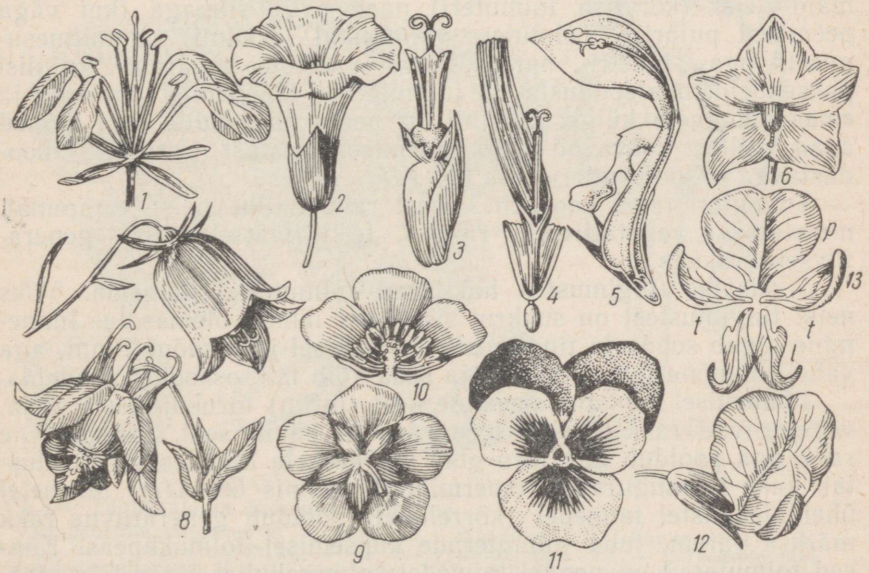
Õiekrooni alusel, kas pinnukesel või õiepõhjal, paikneb sageli nektaarium, mis on vahel soomustega kattunud (tulikal, rõikal) ja mis eritab putukaid ligimeelitavat magusat mahla. Õie aroom oleneb lenduvatest eeterlikest õlidest, mida toodavad kroonlehed. Niisiis on õiekrooni peamiseks ülesandeks tolmeldajate ligimeelitamine, milleks tal ongi ere värvus, aroom ja nektar.

Õiekroonide ja õite kuju on äärmiselt mitmekesine (joonis 65). Esineb korrapäraseid (aktinomorfseid) õiekroone ja õisi, millest võib läbi tõmmata rohkem kui ühe kujuteldava sümmeetriatasapinna (kapsa-, peedi-, sibula- jt. õied), ja korrapäratuid (sügomorfseid) õiekroone ja õisi, millest võib läbi tõmmata ainult ühe sümmeetriatasapinna (herne-, salvei- jt. õied). Kui läbi õiekrooni ja õie ei saa tõmmata ainustki sümmeetriatasapinda, nimetatakse õit asümmeetriliseks (kannaõis).

Looduses esinevad mitmesugused, vahel üsna kummalised õiekattekujud on välja arenenud sõltuvalt tolmeldajate putukate, troopikataimedel ka lindude (koolibri) kujust.

Vahel õiekate kas üldse puudub või esineb taandarenenud kujul; sel juhul täidavad õiekatte ülesannet soomused, karvad, harjased jne. (kõrrelistel, tarnadel ja pajudel) (joonis 76, *III*).

T o l m u k a t e e h i t u s j a ü l e s a n n e. Niisama mitmekesised on oma ehituselt ka tolmukad, mis on samuti lehtedest tekkinud. Tolmukate arv kõigub; kui neid on alla 12, nimetatakse nende arv täpselt, kui neid on üle 12, öeldakse, et neid on palju. Iga t o l m u k a s koosneb tolmukaniidist ja tolmukapeast.



Joonis 65. Õiekrooni tüüpe:

1 — nelja kroonlehega (ristõielisel taimel); *2* — lehterjas (kassitapul); *3* — putkjas (päevalillel); *4* — keeljas (võilillel); *5* — kahehuuleline (iminõgesel); *6* — ratasjas (kartulil); *7* — kellukjas (kellukal); *8* — kannustega (kurekellal); *9, 10* — korrapärane, viie kroonlehega (tulikal); *11* — korrapäratu, viie kroonlehega (aedkannikesel); *12* — liblikjas (hernel); *13* — liblikja krooni osad: *p* — puri; *t* — tiivad; *l* — laevuke. Korrapärased õiekroonid — *1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10*. Korrapäratud — *4, 5, 11, 12, 13*.

Küpsel tolmukapeal on kaks poolt, mis on omavahel ühendatud nideme abil, millele kinnitub tolmukaniit. Tolmukaniidi ja nideme vaheline ühendus võib olla kas liikumatu või liikuv. Esimesel juhul on tolmukapead liikumatud, teisel juhul aga kõikuvad (joonis 66). Kõikuvate tolmukapeadega on tegemist siis, kui tolmukaniit on pikk ja peenike (rukkil).

Tolmukad võivad olla vabad või omavahel kokku kasvanud. Kokku on kasvanud kas tolmukapead (korvõielistel) või tolmukaniidid (liblikõielistel). Tolmukate kõige olulisemaks osaks on õietolm, mida nimetatakse ka tolmuteradeks.

Tolmuterasid on taimedel vaja tolmlemiseks. Need mikroskoopiliselt väikesed kehakesed täidavad tolmukapea pesi.

Noorelt on tolmukapeas neli pesa, küpsemisel aga kaovad naaberpesade vaheseinad ja jääb ainult kaks pesa (joonis 66, *VI*).

Tolmukapeade avanemine küpsemisel toimub mitmel viisil: (kapsal, päevalillel) piki tolmukaid kulgevaid lõhesid, (kartulil) otstes olevate augukeste kaudu, (kukerpuul) eriliste kaanekeste kaudu.

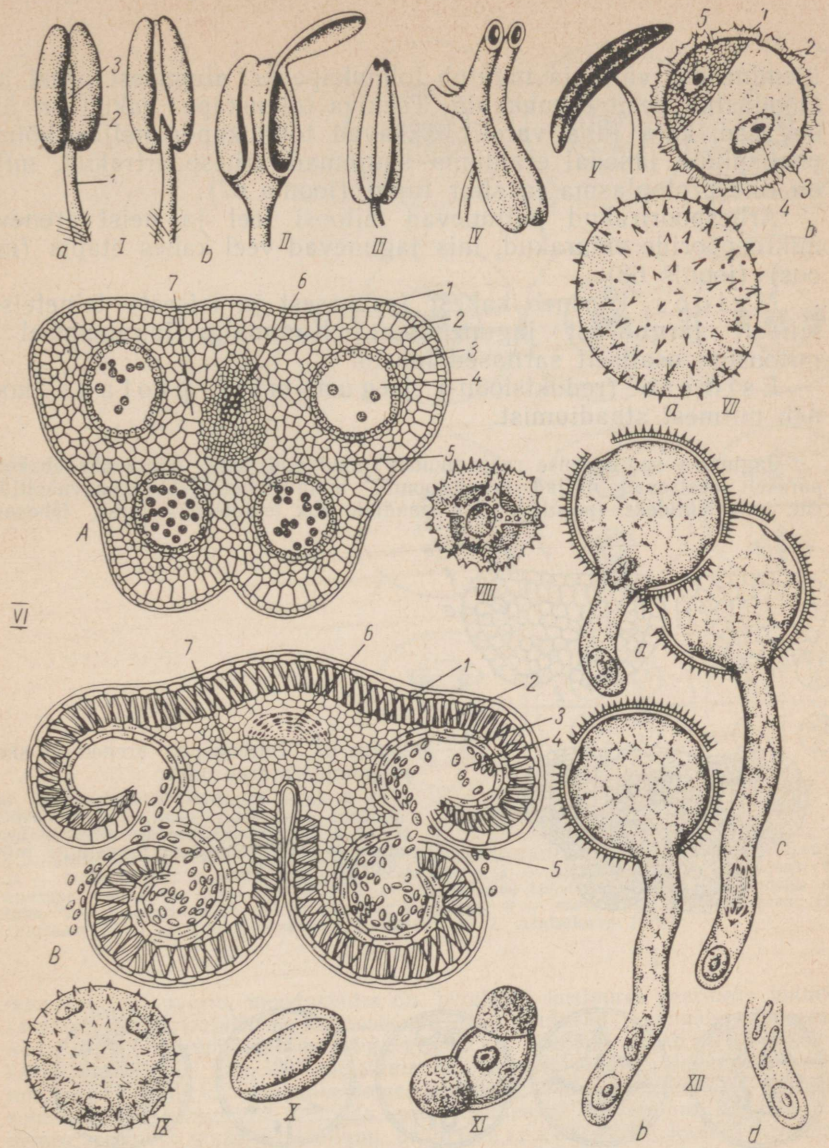
Tolmuteri saab üksikasjalisemalt vaadelda ainult suurel suurendusel. Luubiga on nad vaevalt nähtavad, ja ainult suurimaid neist (kõrvitsa tolmuteri) näeb palja silmaga (kui väga peenikest pulbrit). Tolmutera väliskestal (eksiinil) on mitmesuguseid oga-, mustri-, harjakese või väikeste konaruste kujulisi paksendeid, mis soodustavad tolmuterade kleepumist putukate ja emakasuudmete külge. Eksiinil on peale paksendite veel mõned avad, millest kasvavad välja sisemisest kestast (intiinist) moodustuvad tolmutorud (joonis 66, *XII*).

Tolmutera sisu koosneb kahest rakust: üht neist, suuremat, nimetatakse vegetatiivseks rakuks, teist, läätsekujulist, generatiivseks rakuks.

Soodsates tingimustes hakkavad tolmuterad idanema. Üks neist tingimustest on suhkrut sisaldava lahuse olemasolu. Idanemine algab soodsate tingimuste saabumisel juba mõne tunni, aga vahel ka mõne minuti pärast ja seda võib mikroskoobis vaadelda.

Idanemisel sopistub sisemine kest (intiin) torukujuliselt välja, vegetatiivne rakk libiseb toru otsa ja hävib seal, generatiivne rakk aga pooldub kas toru otsa või keskele liikudes ja moodustab kaks isassugurakku (spermiumi) (joonis 66, *XII*). Mitmetel üheidulehelistel taimedel (kõrrelistel) pooldub generatiivne rakk märksa varem, juba tolmuterade küpsemisel tolmukapeas. Küpsed tolmuterad on nendel taimedel kolmerakulised, see tähendab, neis on vegetatiivne rakk ja kaks spermiumi. Tolmuterad kasvavad toitainete suunas.

Tolmukate ja tolmuterade arenemine. Tolmukad arenevad õie võsu kasvukuhikusse moodustuvatest kühmudest. Kühmurakkude energilise jagunemise tulemusena venib kühmude



Joonis 66. Tolmukate ja õietolmu arenemine:

I — koerapöörirohutolmukas (*a* — esikülg, *b* — tagakülg): *1* — tolmukaniit; *2* — tolmukapea; *3* — nide (konnektiiv). *II* — kukerpuutolmukas. *III* — kartulitolmukas. *IV* — mustikatolmukas. *V* — liiliatolmukas. *VI* — liiliatolmukapea ehitus ristlõikes: *A* — noor tolmukapea. *B* — avanenud tolmukapea: *1* — epiderm; *2* — tolmukapead avavate rakkude kiht; *3* — toitekiht; *4* — tolmupesa tolmuteradega; *5* — tolmukapea rebenemise koht; *6* — juhtkimp; *7* — nideme põhikude. *VII* — valminud tolmuterade ehitus (suurel suurendusel): *a* — välisvaade; *b* — tolmutera läbilõikes: *1* — väliskest (eksiin); *2* — poor; *3* — sisekest (intiin); *4* — vegetatiivse raku tuum; *5* — generatiivse raku tuum. *VIII* — siguritolmutera. *IX* — kõrvitsatolmutera. *X* — emajuuretolmutera. *XI* — männitolmutera. *XII* — tolmutera idanemine ja kahe isasgameedi (spermiumi) arenemine: *a* — idanemise algus; *b* — tolmutoru vegetatiivse ja generatiivse tuumaga; *c* — generatiivse tuuma jagunemine; *d* — tolmutoru ots vegetatiivse tuuma ja kahe spermiumiga.

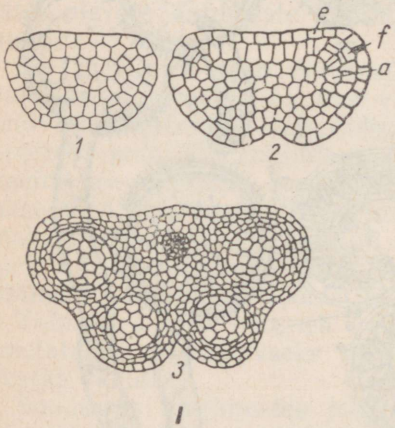
ülemine osa välja ja muutub tolmukapeaks, alumisest osast aga moodustub peen tolmukaniit. Tekkiva tolmukapea rakud on ühesugused, kuid juba varsti hakkavad tolmukapea neljas hõlmas pealispinna lähedal eralduma suuremad arhespoorirakud, millel on tihe protoplasma ja suur tuum (joonis 67).

Arhespoorirakud paljunevad mitoosi teel ja neist arenevad mikrospooride emarakud, mis jagunevad veel kahes etapis (meioos) (joonis 68).

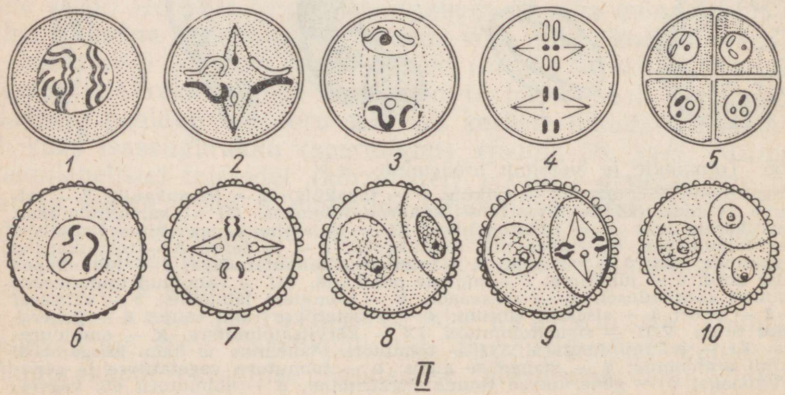
Meioos koosneb kahest (esimesest ja teisest) teineteisele kiiresti järgnevast jagunemisest. Kummalgi jagunemisel on mitoosiga osaliselt sarnased faasid.

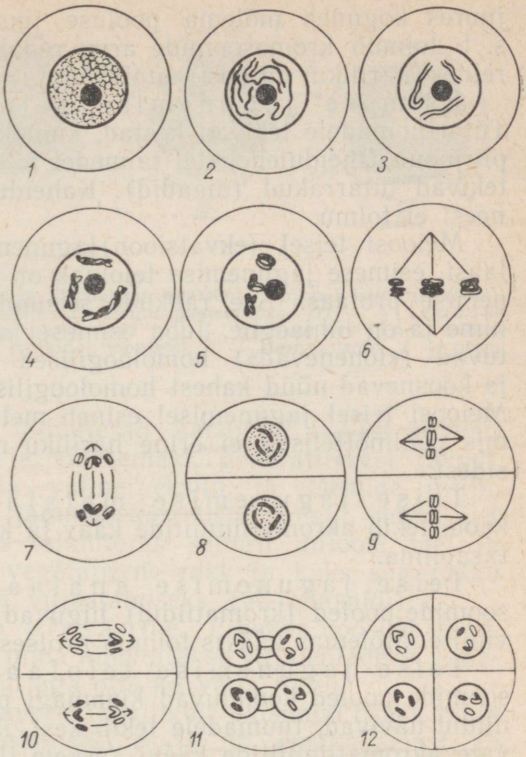
Esimese (reduktsioon-) jagunemise profaas koosneb mitmest staadiumist.

Jaguneva sporogeense raku tuumas muutuvad hästi nähtavaks ebakorrapäraselt asetsevad niitjad kromosoomid, mida nimetatakse monovalentideks ehk univalentideks (peente niitide staadium ehk leptoteen). Varsti lähenevad



Joonis 67. Tolmukapea arenemise skeem ja tolmutera arenemine:
I (1, 2, 3) — tolmukapea arenemine (*e* — epiderm, *f* — fibrooskiht, *a* — arhespoor). *II (1—5)* — mikrospooride tetraadi arenemine; *6—10* — tolmutera arenemine mikrospoorist.





Joonis 68. Meioos (skeem):

1 — emarakk. Esimene jagunemine (reduktsioonjagunemine): *2*, *3*, *4* ja *5* — profaas (*2* — leptoteen, *3* — sügoteen, *4* — strepsüteen, *5* — diakinees); *6* — metafaas; *7* — anafaas. Interkinees: *8* — esimese jagunemise telofaas ja teise jagunemise profaas. Teine jagunemine (ekvatsioonjagunemine): *9* — metafaas; *10* — anafaas; *11* — telofaas; *12* — spooride tetraadi tekkimine (A. I. Atabekova järgi).

monovalendid paariti, moodustades nn. bivalente, kusjuures paarideks ühinevad sarnased (homoloogilised) kromosoomid, mis kuuluvad kummalegi vanemale. Seda staadiumi nimetatakse sügoteeniks. Seejärel algab pahhüteen. selles staadiumis ühinevad monovalendid tihedalt pikuti. Järgmises staadiumis, strepsüteenis, täheldame homoloogiliste kromosoomide spiraliseerumist, mille jooksul võib toimuda kromosoomiosade vahetumine. Esimese jagunemise profaasi viimane staadium on diakinees, mille jooksul kromosoomid lühenevad ja eralduvad pikuti.

Esimese jagunemise metafaas. Tuuma ja tuumakese kest kaob ja kõik bivalendid kogunevad raku keskele, asetudes ühte tasapinda (ekvatoriaalplaadina). Ilmuvad akromatiinniidid, tekib tuumakääv. Erinevalt karüokineesi (mitoosi) metafaasist on kromosoomid siin lühikesed ja jämedad.

Esimese jagunemise anafaas. Bivalentide kromosoomid eemalduvad akromatiinniitide käävi pooluste suunas. See-

juures koguneb mõlema pooluse juurde pool kromosoomidest, s. t. toimub kromosoomide arvu reduktsioon (vähenemine), võrreldes hariliku mitoosi anafaasiga.

Esimese jagunemise telofaas ei lõpe täielikult. Tütartuumadele tekivad kestad, kuid kromosoomid ei kaota oma piirjooni. Üheidulehelistel taimedel toimub sel ajal tsütokinees ja tekivad tütarrakud (diaadid). Kaheidulehelistel sel ajal tsütokineesi ei toimu.

Meioosi teisel (ekvatsioon)jagunemisel ei ole tüüpilist profaasi, esimese jagunemise telofaas on ühtlasi meioosi teise jagunemise profaas. See rakkude seisund kannab interkineesi nime ja on lühiaegne. Juba esimese jagunemise ajal kahekordistuvad («lõhenevad») homoloogilised kromosoomid bivalentides ja koosnevad nüüd kahest homoloogilisest poolest (kromatiidist). Meioosi teisel jagunemisel esineb metafaas, anafaas ja telofaas, mis põhimõtteliselt ei erine hariliku mitoosi analoogilistest faasidest.

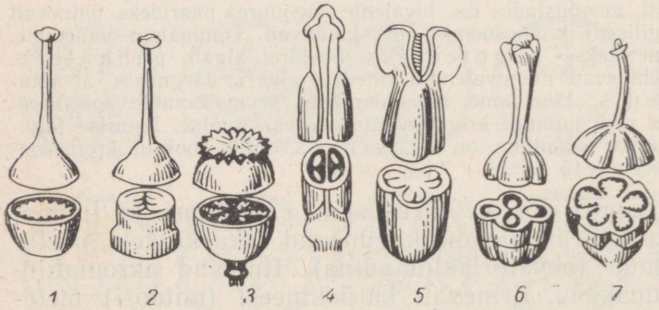
Teise jagunemise metafaas. Tütartuumade kest kaob, tekib akromatiinniitide kääv ja kromosoomid asetuvad ühte tasapinda.

Teise jagunemise anafaas. Homoloogiliste kromosoomide pooled (kromatiidid) liiguvad pooluste suunas piki kääviniite. Mõlemas käävis toimub protsess sünkroonselt.

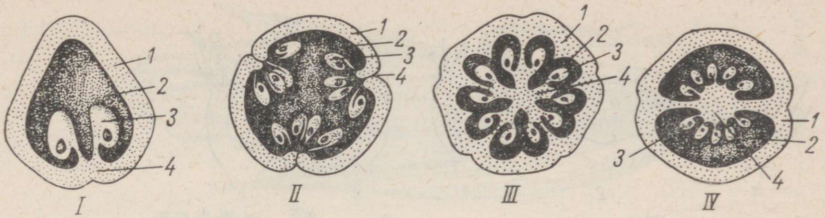
Teise jagunemise telofaas. Homoloogiliste kromosoomide pooled koonduvad kummagi pooluse juurde, akromatiinniidid hävivad, tuumadele tekib kest, ilmuvad tuumakesed. Hävivate akromatiinniitide käävi keskele ilmuvad rakuvaheseinad — toimub tsütokinees. Telofaas lõpeb mikrospooride tetraadi tekkimisega. Igal mikrospooril on haploidne tuum, milles on poole vähem kromosoome, kui oli emaraku tuumas.

Haploidsed spoorid jagunevad hariliku mitoosi teel.

Valmivas tolmukapeas jagunevad mõõtmetelt suurenevad mikrospoorid mitoosi teel ja muutuvad tolmuteradeks. Kaheidulehe-



Joonis 69. Läbilõigatud sigimikuga emakad:
1 — nurmenukul; *2* — ubalehel; *3* — magunal; *4* — kuldlakil; *5* — tulbil; *6* — raudürdil; *7* — kuningakübaral.



Joonis 70. Sigimiku ehitus (ristlõikes):
I — ühepesaline, koosneb ühest viljalehest, platsenta paikneb sigimikuseinal. *II* — ühepesaline, kolmest viljalehest, kolme platsentaga. *III* — viiepesaline, viiest viljalehest, tsentraalse platsentaga. *IV* — kahepesaline, kahest viljalehest, tsentraalse platsentaga. Kõikidel joonistel: *1* — sigimikusein; *2* — pesa; *3* — seemnealge; *4* — platsenta.

listel taimedel koosnevad toimuterad harilikult kahest rakust: suuremast, vegetatiivsest, ja väiksemast, generatiivsest rakust. Tolmuteradel on kaks kesta: väline, eksiin, ja sisemine, intiin. Nagu juba eespool öeldud, jaguneb kõrrelistel (nisul, rukkil jt.) generatiivne rakk valmivas tolmuteras samuti mitoosi teel ja küpses tolmuteras on üks vegetatiivne rakk ja kaks sugurakku (spermiumi), mida on vaja viljastamiseks (vt. edaspidi).

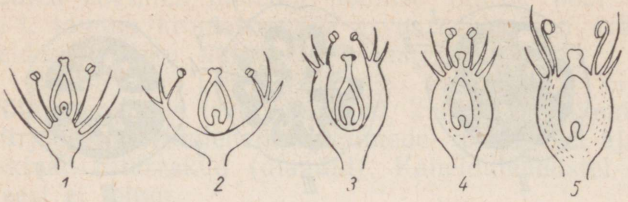
Emakate ehitus ja ülesanne. Emakas koosneb tugevasti muundunud lehtedest, mida nimetatakse viljalehtedeks. Emakaid võib õies olla üks, võib aga olla ka väga palju.

Iga emakas koosneb alumisest, harilikult paisunud osast, mida nimetatakse sigimikuks, keskmisest osast, nn. emakakaelast, ja ülemisest osast, nn. emakasuudmest (joonis 69). Mõnel juhul paikneb emakasuue vahetult sigimikul (emakakael puudub), näiteks magunal.

Emakasuue on kohastunud tolmuterade vastuvõtmiseks tolmlemisel. Seepärast on emakasuudmel tolmuterade püüdmiseks sageli mitmesuguseid seadiseid (sulgjad, nutjad, hõlmised, niitjad ja tähtjad emakasuudmed). Emakakael ühendab emakasuuet sigimikuga ja tõstab suuet kõrgemale.

Sigimikus on seemnealgmeid üks või palju. Pärast viljastamist arenevad nendest seemned. Sigimik aga muundub viljaks. Seega on sigimik koos seemnealgmetega kõige olulisem emakaosa.

Seemnealgmete asetus sigimikus sõltub viljalehtede arvust ja nende kokkukasvamise viisist (joonis 70). Eristatakse ühe-, kahe-, kolme- ja mitmepesalisi sigimikke. Ühepesalised sigimikud on moodustunud kas ühest või mitmest viljalehest. Seejuures kasvavad viljalehed kokku servadest ja sellel veidi paksenenud kohal, mida nimetatakse platsentaks, arenevad seemnealgmed. Emaka moodustamisest osavõtnud viljalehtede arvu üle võib enamikul juhtudel otsustada olemasolevate emakakaelte või siis emakasuudmehõlmade arvu järgi.



Joonis 71. Õietüüpide skeeme:
1 — ülemise sigimikuga, *2* ja *3* — keskmise sigimikuga, *4* ja *5* — alumise sigimikuga õie skeem.

Õie laienenud osa, mille külge kinnituvad õietupp, õiekroon, tolmukad ja emakad, nimetatakse õiepõhjaks. Kui õiepõhi ei ole välja arenenud, paigutub sigimik õie ülaossa ja kõik teised õieosad kinnituvad sigimikust allapoole. Niisugust õit nimetatakse vaba ülemise sigimikuga õieks. Kui õiepõhi omandab arenedes karikja kuju ja sigimik asub ühel kõrgusel ülejäänud õieosade kinnitumiskohaga või allpool seda, nimetatakse õit vaba keskmise sigimikuga õieks. Lõpuks võib õis olla ka veel alumise sigimikuga, kui õiepõhi ümbritseb sigimikku ja on sellega tihedalt kokku kasvanud ning kõik ülejäänud õieosad on sigimikust kõrgemale kinnitunud. Paljudel taimedel tekib alumine sigimik sigimiku kokkukasvamise teel õiekatte ja tolmukate alumiste osadega.

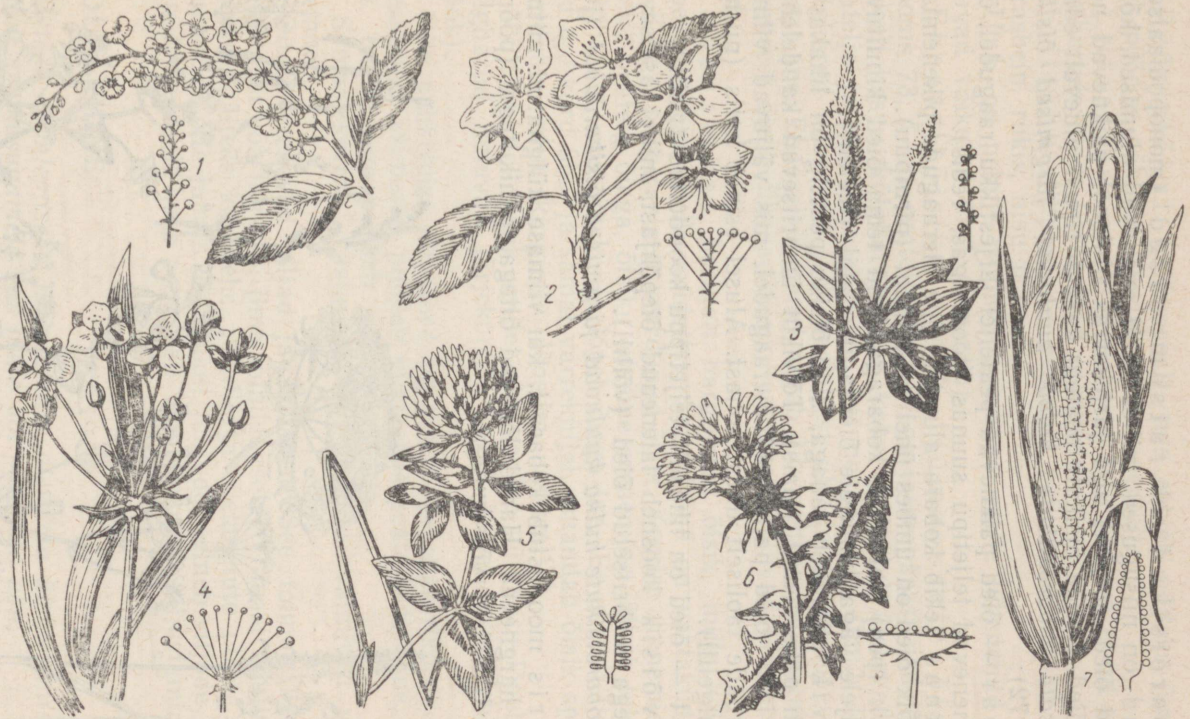
Mitmesuguseid õie- ja sigimikutüüpe näeme joonisel 71.

Kõik eespool vaadeldud õieosad esinevad tingimata nn. kahesuguli s t e l õitel (kirsil, hernel, rukkil). Kahesuguliste õite kõrval esineb ka ühesugulisi õisi — isasõied (esinevad ainult tolmukad) ja emasõied (esinevad ainult emakad).

Taimi võib liigitada ühe- ja mitmekordselt õitsvateks taimedeks. Üheaastased taimed hakkavad õitsema esimesel eluaastal, kaheaastased teisel eluaastal, mitmeaastased aga olenevalt eluea kestusest: õuna- ja pirnipuud 5—7-aastaselt, pärnad, vahtrad ja lehised 25—30-aastaselt, tammed, kastanid ja künnapuud 40—60-aastaselt. Õitsemise algus sõltub toitainevarude kogumisest taime ja välistingimustest, mis mõjuvad taime eri arenemisstaadiumide saabumisele. Seda käsitletakse lähemalt taimefüsioloogia osas.

ÕISIKUTÜÜBID

Ainult suured õied paiknevad taimel üksikult, väikesed on tavaliselt õisikutesse koondunud (joonis 72 ja 73). Õisikutes asetsevad õied lühikestel või pikkadel õieraagudel. Õierao alusel esinevad sageli erilised lehed, mida nimetatakse kandelehtedeks. Vahel paiknevad kandelehed tihedalt õisikualusel ja moodustavad kaitse. Õisikud jagunevad kobarõisikuteks ja ebasarikõisikuteks.



Joonis 72. Õisikud (lihtõisikud):

1 — (toominga) kobar; *2* — (pirni) kännas; *3* — (teelehe) lihttähk; *4* — (luigelille) sarikas; *5* — (ristiku) nutt; *6* — (võilille) korvõisik; *7* — (maisi) tõlvik.

Kobarõisikud ehk ratsemoossed (monopodiaalsed) õisikud on niisugused, millel algul avanevad alumised, kõige vanemad õied, seejärel aga järjekorras ülalpool paiknevad nooremad õied. Nende õisikute peatelg kasvab tipust pidevalt edasi.

Lihtsate kobarõisikute hulka kuuluvad järgmised õisikud (joonis 72):

Kobar — õied paiknevad peateljel järjestikku raagudel, õieraod lühenevad teljetipu suunas (toomingas, redis).

Kännas tekib kobara alumiste õite õieraagude pikenemisel, nii et kõik õied on umbes ühel tasapinnal (pirnipuu).

Tähk (pea) sarnaneb kobaraga, kuid tema õied kinnituvad õisikuteljele väga lühikeste õieraagude abil (teeleht).

Tõlvik sarnaneb tähaga, kuid õisiku peatelg on lihakas ja tugevasti paksenenud (mais). Tõlvikut ümbritsevad kandelehed.

Sarika õied paiknevad õieraagudel, mis väljuvad vihmavarjuvarbade taoliselt ühest kohast. Alusel esineb katis (nurmenukk, luigelill).

Nutt — õied on tihedalt teljetippu koondunud (ristik).

Korvõisik koosneb laienenud õiepõhjast, millel asetsevad üldkatisega ümbritsetud õied (võilill).

Liitkobarõisikute hulka kuuluvad järgmised õisikutüübid (joonis 73):

Pööris moodustub kobarast, kui viimase külgharud mitmekordselt hargnevad. Harud lõpevad õitega, pähikutega (pööriskõrrelised) või korvõisikutega.



Joonis 73. Õisikud (liitõisikud):

1 — (nurmika) pööris (liitkobar); *2* — (aas-rebasesaba) pööristähk; *3* — (porgandi) liitsarikas; *4* — (raiheina) liittähk; *5* — (sarapuu) urb. Ebasarikõisikud: *6* — (kuldvitsa) ebasarikas; *7* — (kopsurohu) keeris; *8* — (kortslehe) võnkõisik.

P ö ö r i s t ä h a l (pöörispeal), mis esineb näiteks timutil, on kõik pöörise pähikud tihedalt ümber peatelje.

L i i t s a r i k a s erineb lihtsarikast selle poolest, et tal on sarika põhiharude otsas lihtsarikad (porgand).

L i i t t ä h k (liitpea) — peateljel paiknevad lihtsad pähikud (orashein, rukis, nisu jt.).

U r b on pehme rippuva pearaoga, mille lühenenud harudel asuvad väikesed õied (sarapuu).[1]

E b a s a r i k õ i s i k u t e ehk t s ü m o o s s e t e õ i s i k u t e (joonis 73, *6—8*) peatelg lõpeb õiega ja seepärast nad lõpetavad kiiresti kasvu, külgharud (üks, kaks või mitu) ületavad kasvus peatelje ja katkestavad kasvu, kui nende tippu ilmub õis; uued külgharud kasvavad jälle peateljest üle, ja uuesti lõpevad need õitega jne. Ebasarikõisikutel algab õite puhkemine peatelje kõige ülemisest õiest. Ebasarikõisikute hulka kuuluvad järgmised õisikud.

E b a s a r i k a s, harkjalt hargnenud õisik, mille kõik harud lõpevad õitega (nelk, kuldvits); kandelehed on vastakud.

K e e r i s, spiraalselt keerdunud õisik. Keerise arenemisel lõpeb õisiku peatelg õiega, õisiku edasine arenemine jätkub teise järgu külgharust, mis omakorda lõpeb õiega jne. Et uued teljed ilmuvad iga kord ühel ja samal varreküljel, omandab õisik spiraalselt keerdunud kuju (kurgirohi, lõosilm, ussikeel).

V č n k õ i s i k, õisik, millel järjekordne külgharu lõpeb õitega, külgharud ilmuvad järjekorras kahel küljel (kortsleht, võhumõõk).

Õite puhkemise järjekord on kobar- ja ebasarikõisikutel mitmesugune: esimestel puhkeb viimasena peatelje tipmine, viimane õis, teistel aga puhkeb see esimesena.

Samas korras, vastavalt õisikutüübile, valmivad viljad ja seemned.

Õitest arenevad viljad ja seemned. See toimub kas pärast tolmlemist või, harvem, ilma tolmlemiseta. Viimast nähtust täheldatakse näiteks kortslehe, võilille ja seemnetute pirni- ja õunapuusortide õite juures. Enamikul juhtudel eelneb viljade ja seemnete tekkimisele kaks protsessi: tolmlemine ja viljastamine.

TOLMLEMINE

Taimede tolmlemiseks nimetatakse õietolmu ülekandmist tolmukatelt emakasuudmele kas tuule või putukate abil.

I s e t o l m l e m i n e on õietolmu otsene ülekandmine õie emakasuudmele ühe ja sama isendi piires. Seda esineb taimede hulgas küllalt sageli nn. kleistogaamsete õite puhul. K l e i s t o -

[1] Mõnedel taimedel (pajul, kreekapähklipuul) on urb ebamäärane lihtõisik.

gaamseteks nimetatakse mitteavanevaid, sageli ilmetuid õisi, mis on kohastunud isetolmlemiseks. Neid esineb näiteks sojaoal, kannikesel, vikil, iminõgesel, tähtheinal jt. Isetolmlevate taimede hulka kuuluvad ka hernes, oder, kaer, nisu jt.

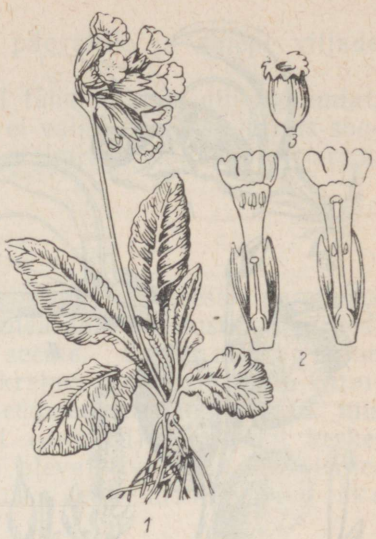
Risttolmlejate taimede, s. t. niisuguste taimede hulka, millel õietolm kantakse ühe isendi tolmukatelt (putukate, tuule jne. abil) teise isendi emakasuudmele, kuuluvad näiteks kanep, paju, mais, rukis, tatar ja paljud teised. Ch. Darwin täheldas, et risttolmlemist esineb taimedel sagedamini kui isetolmlemist ja et sellel on suuri eeliseid võrreldes isetolmlemisega, sest risttolmlemine annab elujõulisema ja viljakama järglaskonna. Nende eeliste tõttu ongi taimedel arenenud palju kohastumisi, mis takistavad isetolmlemist ja soodustavad risttolmlemist.

Risttolmlejate põllumajandustaimede saak väheneb sageli ebasoodsate ilmastikutingimuste tõttu, mille puhul paljud õied jäävad tolmeldamata. Negatiivselt mõjub tuulevaikus, suhhovei, udu ja vihm õitsemisajal. Peade lünklikkus rukkil ja seemnete puudumine maisil, kanepil ja teistel taimedel tuleneb sageli halbadest tolmlemis- ja viljastamistingimustest, mis toob endaga kaasa saagi languse 10—30% võrra.

Maisil asetsevad isasõied ladvapöörises (joonis 74, *I*); isasõis koosneb kolmest kollakast tolmukast, mis laskuvad õitsemise



Joonis 74. Ühekojalised ja kahekojalised tuultolmlejad taimed:
I — mais — ühekojaline taim: *1* — tõlvik — näeme niidikujulisi emakasuudmeid; *2* — pöörisjas isasõisik — näeme tolmukaid. *II* — kanep — kahekojaline taim: *A* — isastaime (koerase) pööris, all — isasõis: *1* — lihtsa õiekatte lehed, *2* — tolmukad; *B* — emastaim väikeste õitega ülemiste lehtede kaenlas; all — emasõis: *1* — õiekatteleht, *2* — kaks emakasuuet, *3* — sigimik.



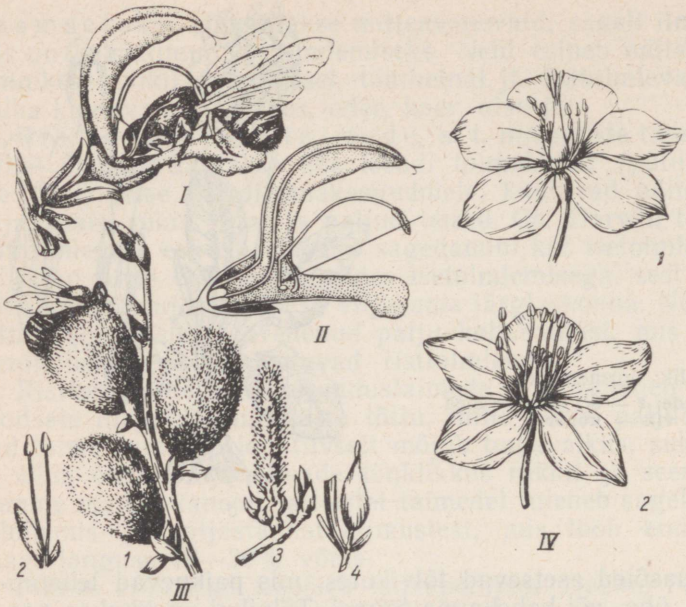
Joonis 75. Harilik nurmenukk:
1 — taime üldvaade; *2* — eri isendite õied (erikaelsus); *3* — vili — kupar.

ajal alla. Emasõied asetsevad tõlvikutes, mis paiknevad lehetuppede kaenlas, ühe- või kahekaupa taimel. Tõlvikul on lihakas peatelg, millel asetseb hulk pika peenikese valge emakakaelaga sigimikke. Tõlvikut ümbritseb hulk kandelehti, mille varjus toimub viljastamine ja sigimikkude valmimine. Kui maisi õietolm on küps, siis emakasuudmed ei paista harilikult veel tõlvikust välja ja nii toimub tolmlemine naabertaime õietolmuga. Risttolmlemist kergendab veel asjaolu, et isaspöörised asetsevad kõrgel ja seepärast kannab tuul õietolmu teistele taimedele.

Maisiõied on ühesugulised, s. t. esinevad isas- ja emasõied. Et need asetsevad ühel ja samal isendil, kuulub mais ühekojaliste taimede hulka samuti nagu kurk, kõrvits (joonis 82), sarapuu, tamm jt.

Tuultolmlejate kahekojaliste taimede hulka kuulub kanep (joonis 74, *II*). Kanepi ühesugulised õied asetsevad eri isenditel, seepärast nimetatakse ühtesid kanepiisendeid isastaimedeks, teisi aga emastaimedeks. Kahekojaliste taimede hulka kuuluvad ka humal, pappel ja paju. Paju tolmeldavad putukad.

Risttolmlejatel taimedel esineb kohastumisena erikaelsus (heterostüülia), näiteks harilikul nurmenukul (joonis 75). Hariliku nurmenuku ühtede isendite tolmukad on kinnitunud krooniputke ülemisele osale ja neil õitel on emakakael lühike. Teistel isenditel on tolmukad kinnitunud krooniputke keskele ja neil on emakakaelad pikemad. Niisugune õite ehitus soodustab risttolmlemist, mis toimub mesilaste ja kimalaste abiga. Oletame, et kimalane istub õiele, mille tolmukad on sügavale krooniputkesse peidetud; siin määrib kimalane oma suised õietolmuga.



Joonis 76. Taimede putuktolmlemine:
I — salveiõis: kahe tolmuka õietolm raputatakse kimalase seljale ja kandub teistele salveiõitele. II — salveiõie ehituse skeem: nool näitab putukanoka liikumise suunda ja õietolmu raputamise mehhanismi. *III* — kahekojalise taime, paju tolmeldamine mesilase poolt: *1* — paju isasõisik; *2* — tolmukatega õis; *3* — emasõisik; *4* — emasõis. *IV* — erikaelsus tatral: *1* — pika emakakaelaga ja *2* — lühikese emakakaelaga õis.

Teisele nurmenukutaimele lennates, mille õied on lühikese emakakaelaga ja tolmukad paiknevad õieneelu kõrval, puudutab kimalane oma suistega lühikese emaka suuet ja tolmeldab seda, määrib aga oma pea kokku selle õie õietolmuga. Uuele pika emakaga isendile lennates kannab kimalane õietolmu oma peaga pika emaka suudmele, määrib aga oma suised sügaval asetsevate tolmukate tolmuga jne.

Kui veel arvesse võtta, et ühtede ja teiste õite õietolm erineb suuruse poolest ja on võimeline idanema ainult vastupidise pikkusega emaka suudmel, siis selgub, et risttolmlemiseks kohastumine on nurmenukul õige täiuslik. Samamoodi tolmeldavad mesilased, kimalased, liblikad ja teised putukad näiteks tatart, priimulat, kopsurohtu ja kukesaba. Kõikidel nendel taimedel esineb erikaelsus (heterostüülia). Taimede risttolmlemisel on eriti suur osa putukatel (joonis 76).

Kirsi-, ploomi-, õuna-, pirni- ja aprikoosipuu, samuti paljud köögiviljad ja teised taimed tolmlevad risttolmlemise teel, seepärast on mesilaste pidamisel ülisuur tähtsus paljude taimede saagikuse suurendamisel. Kimalaste ja mesilaste osatähtsus on

suur ka kurkide, melonite, ristiku, päevalille ja sinepi viljade ja seemnete saamisel.

Enamikul risttolmlejatel taimedel täheldatakse dihhogaamiat, s. t. nähtust, et tolmukad ja emakad ei valmi üheaegselt, mis soodustab risttolmlemist. Sagedamini valmivad tolmukad varem.

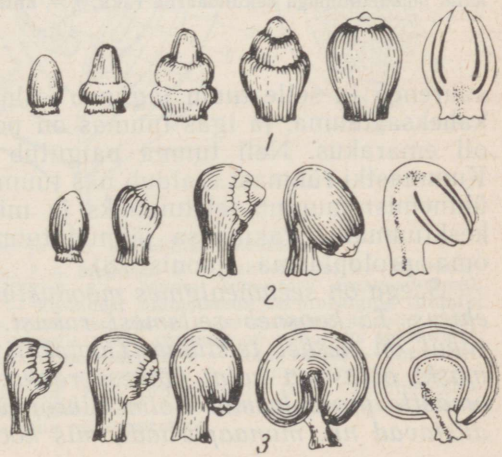
VILJASTAMINE

Tolmlemisele järgneb viljastamine. Selle protsessi paremaks mõistmiseks tutvume esmalt seemnealgme ehitusega, millest pärast viljastamisprotsessi areneb seeme. Seemnealge on kerajas või ovaalne, veidi lapik hulkrakne moodustis, mis kinnitub jala abil platsentale. Seemnealgmel on kestad, mis ümbritsevad seemnealgme tuumikut (nutselli). Tuumiku keskel on lootekott. Seemnealgme kestades olevat ava, mis viib lootekotini, nimetatakse tolmukäiguks ehk mikropüüliks (*micropyle*).

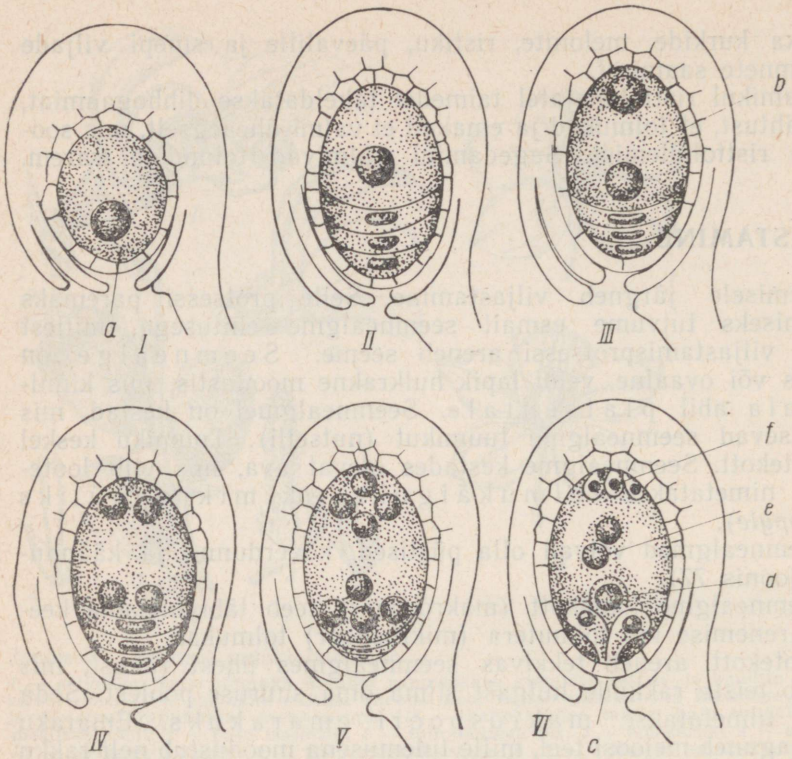
Seemnealgmed võivad olla püstised, kõverdunud ja käändunud (joonis 77).

Seemnealgme lootekott (makrospoor) teeb läbi niisama keeruka arenemise kui tolmutera (mikrospoor) tolmukas.

Lootekott areneb tekkivas seemnealgmes ühest rakust, mis paistab teiste rakkude hulgast silma oma suuruse poolest. Seda rakku nimetatakse makrospoori emarakuks. Emaraku tuum jaguneb meioosi teel, mille tulemusena moodustub neli rakku — haploidsete tuumadega makrospooride tetraad. Neljast makrospoorist muundub üks lootekotiks, kolm ülejäänut aga degenereeruvad. Alles jäänud rakk (makrospoor ehk lootekoti emarakk)



Joonis 77. Seemnealgmed eri kasvufaasis:
1 — püstine, *2* — kõverdunud, *3* — käändunud seemnealge.



Joonis 78. Seemnealgme ja lootekoti arenemine:
I — emarakk (*a*) noores seemnealgmes; *II* — emaraku reduktsioonjagunemise tulemusena tekkinud makrospooride tetraad; *III* — kolm kärbuvat makrospoori ja kahe tuumaga lootekoti (*b*) arenemine; *IV* ja *V* — lootekott nelja ja kaheksa tuumaga; *VI* — moodustuv lootekott: *c* — tolmukäik, *d* — munarakk ja kaks sünergiidi, *e* — kahe polaartuumaga sekundaarne rakk, *f* — antipoodid.

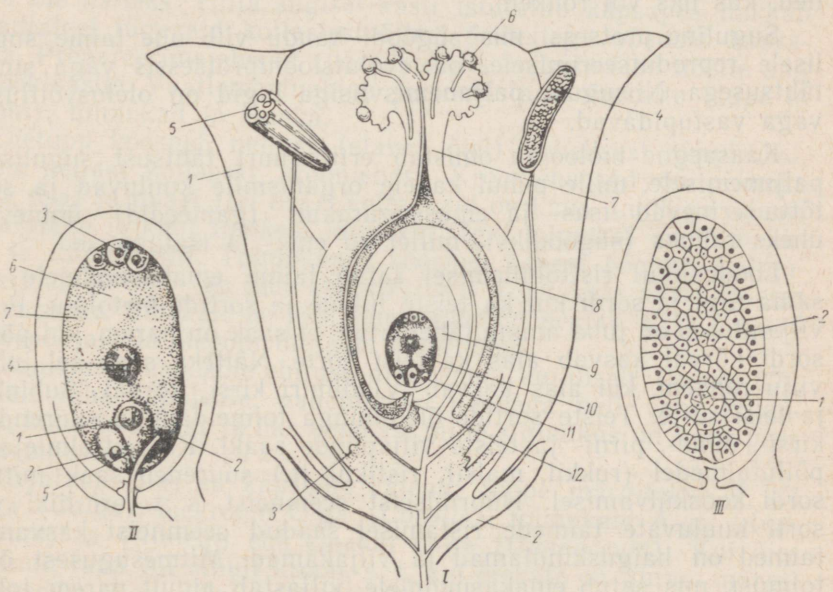
suureneb ja selle tuum jaguneb kolm korda. Nii on rakus nüüd kaheksa tuuma, ja igas tuumas on poole vähem kromosoome, kui oli emarakus. Neli tuuma paigutub raku ühte otsa, neli teise. Kummastki rühmast eraldub üks tuum, nn. polaartuum, mis pärast ühinemist muutub teistuumaks ja mida nimetatakse ka lootekoti kesktuumaks. Raku otsa jäänud tuumade ümber eraldub igaühel oma protoplasma (joonis 78).

Seega on seemnealgmes moodustunud lootekotil üsna keerukas ehitus. Ta koosneb seitsmest rakust. Keskmisel, kõige suuremal rakul on keskel teistuum (lootekoti kesktuum), lootekoti kummaski otsas on kolm väikest rakku, millel on igaühel tuum ja omaette protoplasma. Kolm mikropüüli juures olevat rakku moodustavad nn. munaaparaadi, mis koosneb munarakust ja kahest

abirakust (sünergiidist). Lootekoti vastasotsas on veel kolm rakku (antipoodi).

Viljastamisprotsess seisneb selles, et emakasuudmele sattunud tolmuterad hakkavad juba mõne tunni, vahel aga mõne minuti pärast idanema; moodustunud tolmutorud tungivad emakakaela kobedasse koesse, kasvavad sigimiku suunas ja lähevad seejärel sigimiku seina mööda seemnealgmete ja nende mikropüülide suunas. Kujutleme kõige lihtsamat juhtu, kus sigimikus on üksainus seemnealge (joonis 79). Hulk tolmutorusid kasvab emakat mööda mikropüüli suunas. Sellel pikal teel (vahel mitu sentimeetrit) jõuab kõige elujõulisem ja tugevam tolmutera esimesena mikropüülini ning tungib selle kaudu lootekotti. Ülejäänud tolmuteradele on sissepääs lootekotti nüüd harilikult suletud ja nad on hukkumisele määratud.

Tuletame meelde, et tolmutera otsas on kaks isassugurakku (spermiumi). Nüüd algab viljastamisprotsessi kõige keerukam akt: tolmutoru ots lahustub ja spermiumid libisevad lootekotti.



Joonis 79. Õie ehituse, viljastamise ja idu arenemise skeem:
I — õie pikilõike skeem: *1* — õiekate; *2* — õiepõhi; *3* — nektaarium; *4* — tolmukapea pikilõikes; *5* — tolmukapea ristlõikes; *6* — idanev tolmutera emakasuudmel; *7* — emakakael; *8* — sigimikusein; *9* — kestadest ümbritsetud seemnealgme tuumik; *10* — lootekott; *11* — munarakk; *12* — tolmutoru ots. *II* — seemnealge ja selle lootekott viljastamise ajal: *1* — munarakk ja selle tuum (tuumas on näha üks spermium); *2* — abirakud (sünergiidid) — üks neist (tume) kärbub; *3* — kolm rakku — antipoodi; *4* — lootekoti teistuum (näeme selles teist spermiumi); *5* — tolmutoru ots, mis on spermiumidest vabanenud; *6* — vakuoolid; *7* — protoplasma. *III* — seemnealgme seemneks muundumine pärast kahekordset viljastamist: *1* — idu moodustumine munarakust; *2* — lootekoti muundumine seemne endospermiks.

Üks spermium ühineb munarakuga, teine suundub lootekoti keskele ja ühineb teistuumaga. Toimub kahekordne viljastamine. Selle nähtuse (kahekordse viljastamise) avastas vene teadlane S. G. Navašin (joonis 79).

Kaheliviljastamine annab võimsa tõuke seemnealgme seemneks ja kogu sigimiku viljaks muutumisele. Viljastatud munarakk (sügoot) hakkab hoogsalt jagunema ja muundub looteks (embrüoks), viljastatud teistuum aga muundub mitmekordsel jagunemisel mitoosi teel põhiparenhüümiks, millesse talletatakse seemnete idanemiseks vajalikud toitained (tärklis, rasv ja valgud). Seda toitekude nimetatakse endospermiks (joonis 79). Paljudel juhtudel kasutatakse endosperm kujuneva idu poolt ära juba seemnealgmes, kuni küpse seemne moodustamiseni.

Arvatakse, et ülejäänud lootekotirakkude ülesanne viljastamisel piirdub viljastamisest osavõtvate elementide toitmisega.

Pärast viljastamist surevad tolmukad, õiekroon ja vahel ka õietupp ja langevad ära või kuivavad, sigimik aga kasvab ja muundub viljaks. Sigimikus hakkavad tekkima ja arenema seemned, kas üks või rohkem.

Suguline protsess, mis sügoodi kaudu viib uue taime sugulisele reprodutseerimisele, on evolutsiooniprotsessis väga suure tähtsusega. Niisuguse paljunemisviisiga liigid on olelusvõitluses väga vastupidavad.

Kaasaegne bioloogia omistab eriti suurt tähtsust sugulisele paljunemisele, mille puhul kahele organismile kuuluvad ja seetõttu erinevad isas- ja emassugurakud (gameedid) ühinevad üheks rakuks (sügoodiks), millel on ema- ja isatunnused.

Looduslikul risttolmlemisel satub taime emakasuudmele nii sama liigi ja sordi kui ka teiste liikide ja sortide õietolmu. Puuviljanduses on juba ammu täheldatud, et saak on parem, kui põhisordi kõrval kasvab aias ka teisi sorte. Näiteks saab sel juhul vilju rohkem, kui aias kasvab 'Vladimiri kirsi' kõrval 'Šubinka' ja teisi sorte. Teiste sortide õietolmuga tolmeldamine suurendab kirsi-, õuna-, pirni- ja teiste viljapuude saaki. Ka risttolmlejatel põllutaimedel (rukkil, maisil, ristikul jt.) suureneb saak mitme sordi kooskülvamisel. Hübriidseist seemneist, s. t. eri liiki või sorti kuuluvate taimede ristamisel saadud seemneist kasvanud taimed on haiguskindlamad ja viljakamad. Mitmesugusest õietolmust, mis satub emakasuudmele, viljastab ainult parem tolm, sest taim ilmutab viljastumisel valikuvõimet, mida tõestas I. V. Mitšurini töö. Sordisisene ristamine, s. t. isetolmlejate taimede (nisu, odra, herne jt.) risttolmeldamine ja sortidevaheline ristamine parandab ka külvise kvaliteeti, mistõttu seda võtet on hakatud sordiaretuses üha laialdasemalt kasutama. Niisuguse ristamise huvides tuleb takistada isetolmlemist; selleks eemaldatakse õiest tolmukapead, s. t. õied kastreeritakse.

Kaasaegne teadus kasutab laialdaselt risttolmlemise eeliseid. Risttolmlemise (hübridiseerimise) teel on saadud suurtes kogustes maisi, triploidse suhkrupeedi ja köögiviljade hübriidseemet. Niisugustest seemnetest kasvatatakse (heteroosi tõttu) võimsamaid ja saagikamaid taimi.

Aednikud eelistavad I. V. Mitšurini poolt aretatud õunapuuhübriide, mida on NSV Liidu kesk- ja põhjaosale rajoonitud üle 60 sordi, näiteks 'Safran-pepin', 'Aniis-kalvill', 'Suureviljaline kitaika', 'Belflöör-kitaika' jt. Pirnidest hinnatakse eriti 'Talivõipirni'. Peale selle ristas I. V. Mitšurin edukalt pihlakat ja viirpuud, kirssi ja toomingat, põldmurakat ja vaarikat, karusmarja ja sõstart ning sai perekondadevahelisi hübriide.

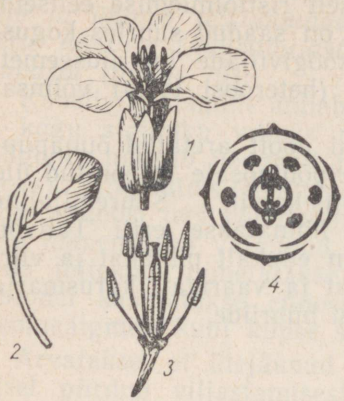
LABORATOORSED TÖÖD (ÕIS)

K a p s a (*Brassica oleracea*) õ i e e h i t u s (õ i e d i a g r a m m j a v a l e m). Kapsaõis on kaheli õiekattega ja ülemise sigimikuga õie näiteks. Hilja sügisel kasti istutatud kapsapea hakkab kevadtalvel tugevaid kollastest õitest õisikutega võsusid kasvatama. Prepareerime elusad (või alkoholis hoitud) õied nõelte abil esemeklaasile. Vaatleme luubiga ja joonistame õiekatte (tupe ja krooni), tolmukad ja emaka.

Õietupp koosneb neljast (elaval õiel) rohelisest tupplehest, kroon neljast kollasest kroonlehest. Kroonleheosad on pinnuke (pikk osa) ja naast (lai osa). Tolmukaid on kuus. Luubiga näeme nelja pikka ja kaht lühikest tolmukat. Igal tolmukal on tolmukapea ja tolmukaniit. Tolmukapea koosneb kahest poolest (tolmukotist), mida ühendab nide (konnektiiv). Tolmukate alusel näeme nektaariume. Emakaid on üks, emakasuue on peajas. Kõik õieosad on õiepõhjale ja õiepõhi õieraole kinnitunud.

Joonistame kapsaõie ehituse diagrammi kujuliselt (joonis 80), — neli vaba tupplehte, vaheldumisi nendega neli vaba kroonlehte, kuus tolmukat ja üks emakas, mille sigimikus on kaks pesa ja seemnealgmed.

Kirjutame üles ka kapsaõie valemi: tuppe märgitakse K või Ca-ga (*Calyx*), õiekrooni C-ga (*Corolla*), tolmukaid A-ga (*Androeceum*) ja viljalehti ehk emakat G-ga (*Gynaeceum*). Kui õies on ainult tupp või ainult kroon, s. t. kui õiekate on lihtne, märgitakse seda P-ga (*Perigonium*). Tolmukate, viljalehtede, kroon- ja tupplehtede arvu märgitakse numbriga, kui neid on kuni 12, suuremat arvu märgiga ∞. Ülemist sigimikku märgitakse kriipsuga viljalehtede arvu all, alumist sigimikku aga kriipsuga viljalehtede arvu peal. Korrapäraseid (aktinomorfseid) õisi märgitakse tähekesega * , ka märgiga ⊕ õievalemi ees, korrapäratuid (sügomorfseid) vertikaalse noolega ↓ või märgiga ./.. Ühesuguline isasõis kannab märki ♂, ühesuguline emasõis märki ♀. Kui



Joonis 80. Kapsaõis:
1 — üldvaade; *2* — kroonleht; *3* — tolmukad ja emakas; *4* — õie diagramm.

mõned õie osad on kokku kasvanud, pannakse nende arv sulgudesse.

Kapsa ja samuti ka teiste ristõieliste taimede õit väljendatakse valemiga: * $K_4C_4A_{2+4}G_{(2)}$.

P e e d i (*Beta vulgaris*) õ i e e h i t u s. Lihtsa tupja õiekattega õie näiteks on peediõis.

Peet on nagu kapsaski kaheaastane taim. Peediruut istutatakse kevadel mulda. Õitsvatel peeditaimedel on sirge, lehtedega kaetud ja ülemises osas hargnev vars. Õied paiknevad 2—5-õieliste rühmadena varreharudel lineaalselt hõlmiste kandelehtede kaenlas. Igal õiel on lihtne (tupjas) viiehõlmaline roheline õiekate, mis hiljem, pärast viljastamist, kokku kasvab ja puitub.

Kogu õiterühm muundub liitvilikonnaks («viljakeraks»). Tolmukaid on õies viis (vastakuti õiekatte tipmetega), emakaid üks (koosneb õiekattega kokkukasvanud poolalumisest sigimikust), emakasuudmeid kolm (paiknevad otse sigimikul). Õitsemise ajal eritavad peediõied tugevat meelõhna.

Igas küpsevas peedi liitvilikonnas on 2—6, sagedamini 3—4 seemet. Vastavalt kokkukasvanud viljade arvule on liitvilikonnas õõnsused; igas neist on üks seeme. Välisküljelt on õõnsused kaetud kaanekesega, mida võib noaga avada ja nii seemneni pääseda. Peediseeme on neerjas, 2—3 mm pikkune tumepruuni kestaga ümbritsetud, välja arvatud idu ja valge säilituskude (joonis 144).

Sordiaretajad on saanud üheseemnelisi viljakerasid, millel on peedikasvatuses suur tähtsus.

Peediõit on hõlbus uurida suvel, taime õitsemise ajal. Talvel kasutame alkoholis hoitud materjali.

T u l b i (*Tulipa*) õ i e e h i t u s. Lihtsa kroonja õiekattega õie näitena vaatleme liilialiste taimede, näiteks tulbi õit (joonis 81). See sibultaim õitseb kevadel peenral või talvel kasvuhoones. Piisab mõnest õitsvast taimest, et suurte eredavärviliste õitega tutvuda. Õied kasvavad üksikult. Pöörame tähelepanu õietupe

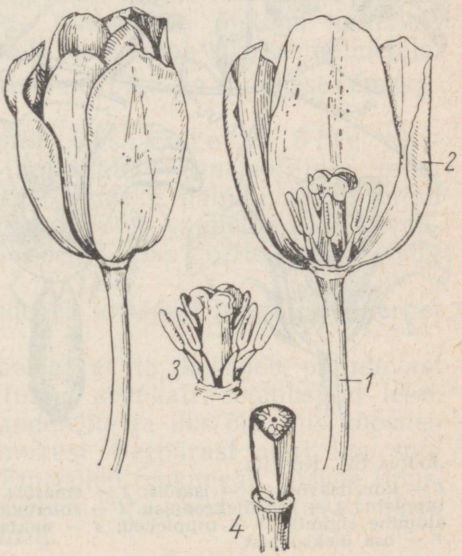
puudumisele. Õiekattelehed paiknevad kolmekaupa kahes ringis. Emakat ümbritsevad kuus suure tolmukapeaga tolmukat. Emakal on kolmehõlmaline suue, mis paikneb otse sigimikul. Sigimik on kolmepesaline. Joonistame tulbiõie diagrammi ja koostame õievalemi.

Vaatleme samuti kasvuhoones või avamaal kasvatatavate liilia, hüatsindi ja siniliilia õisi.

Herne (*Pisum sativum*) õie ehitus. Korrapäratute (sügomorfsete) õite näiteks on herneõis (joonis 65, *12*). Prepareerime esemeklaasile alkoholis hoitud (või veel parem värske) herneõie. Viis tupplehte on omavahel kokku kasvanud, mida näitab viis hambakest. Õiekroon koosneb viiest valgest kroonlehest. Kõige suuremat kroonlehte nimetatakse purjeks, kaht külgmist tiibadeks ja kaht alumist, omavahel äärtest kokkukasvanud kroonlehte laevukeseks. Pungas on mõlemad tiivad purjega ümbritsetud, laevuke on tiibade vahel. Tolmukad asetsevad laevukeses ja on kõverdatud. Tolmukaid on kokku kümme, neist on üks vaba, üheksa aga alumises osas putkeks kokku kasvanud ja ümbritsevad emakat. Emakas on kõverdunud, emakasuue karvadega.

Herneõis tuletab kujult meelde istuvat liblikat, seepärast nimetatakse herneõisi liblikõiteks (joonis 65, *12*).

Herneõiest võib läbi tõmmata ainult ühe kujuteldava sümmeetriatasapinna, mis jaotab õie kaheks sümmeetriliseks pooleks, millest üks on nagu teise peegelpilt. Niisuguseid õisi (nagu esineb hernel, salveil jt.) nimetatakse korrapäratuiks ehk sügomorfseiks õiteks (joonis 65).



Joonis 81. Tulbiõis:
1 — õieraag; *2* — õiekattelehed; *3* — tolmukatest ümbritsetud emakas; *4* — sigimik läbilõikes.

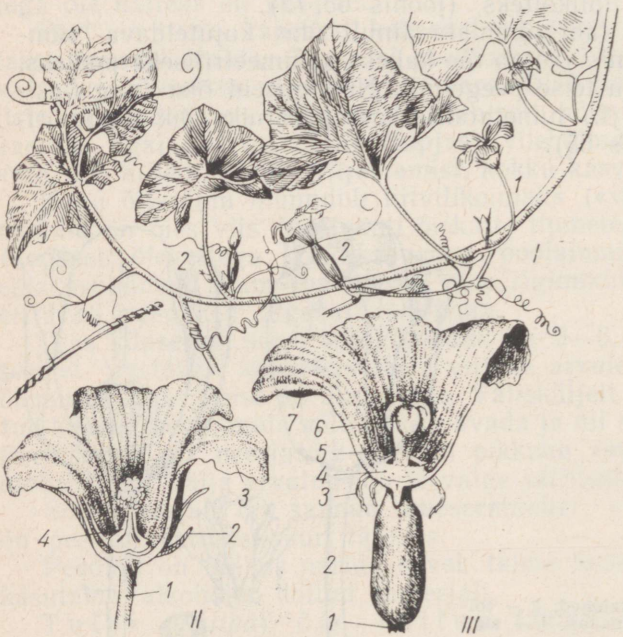
Joonistame herneõie osad, õiediagrammi ja koostame õievalemi: $\downarrow K_{(5)} C_{1+2+(2)} A_{1+(9)} \underline{G_1}$.

P i r n i p u u (*Pyrus communis*) j a õ u n a p u u (*Malus domestica*) õ i e e h i t u s (joonis 127). Pirnipuu õiekroon on valge, aromaatne ja sisaldab rikkalikult nektarit. Õiekroon koosneb viiest kroonlehest. Viis väikest tupplehte paiknevad vaheldumisi kroonlehtedega. Tolmukaid on õies palju (umbes 20), neil on punakas tolmukapea. Viis emakakaela, mis ei ole omavahel kokku kasvanud, paiknevad õie keskel. Tupplehed, kroonlehed ja tolmukad paiknevad ümber sigimiku ja on sellega alumises osas tihedalt kokku kasvanud. Emakakaelte alusel asub kettana nektaarium. Pirnipuu on risttolmleja, teda tolmeldavad mesilased.

Õunapuuõie kroonlehed on roosakad, tolmukapead kollased, emakakaelad on aluselt või kuni keskpaigani omavahel kokku kasvanud. Muus osas sarnanevad õunapuuõied pirnipuuõitega.

Kirjutada üles pirnipuu- ja õunapuuõite valem: $* K_{(5)} C_5 A \infty \underline{G_{(5)}}$.

K õ r v i t s a (*Cucurbita pepo*) õ i t e e h i t u s. Kõrvitsaõied on ühesugulised: ühed on isasõied, teised emasõied. Nii ühed



Joonis 82. Kõrvits:

I — kõrvitsavõsu: *1* — isasõis; *2* — emasõis. *II* — tolmukatega õis: *1* — õieraag; *2* — tuppleht; *3* — osa õiekroonist; *4* — tolmukad. *III* — emakaga õis: *1* — õieraag; *2* — alumine sigimik; *3* — tupplehed; *4* — nektaarium; *5* — emakakael; *6* — emakasuue; *7* — osa õiekroonist.

kui teised arenevad ühel ja samal taimel, niisiis on kõrvits ühekojaline taim (joonis 82). Õietupp koosneb viiest õhukesest rohelisest lehest. Õiekroon on suur, oranžkollane, liitlehine, sügavalt viiejagune.

Emasõitel on lühike kolmehõlmalise suudmega emakakael. Isasõitel on viis tolmukat, millest neli on kahekaupa kokku kasvanud, viies vaba. Nektaarium paikneb isasõitel tolmukate all, emasõitel emakakaela alusel. Kõrvitsaõied tolmlevad risttolmlemise teel mesilaste abiga.

Prepareerime isas- ja emasõie klaasile ja joonistame nende osad.

Kõrvitsavili on mahlane paljuseemneline mari, kujult piklik neljapesaline, mahlaka viljaliha ja paksu kestaga.

Kõrvitsa isasõie valem on $\delta * K_{(5)} C_{(5)} A_{(2)+(2)+1}$.

Kõrvitsa emasõie valem on: $♀ * K_{(5)} C_{(5)} G_{(\bar{3})}$.

Kõrvits kuulub kõrvitsaliste sugukonda. Sinna kuuluvad ka kurk, arbuus jt.

T a t r a (*Fagopyrum sagittatum*) õ i t e e h i t u s. Vaatleme entomofiilse taime tatra õit. Valged või roosad tatraõied asetsevad lehekaenaldest väljuvates pööristes.

Õiekate on viietine, lihtne, kroonjas, s. t. tupeta. Tolmukaid on kaheksa, emakaid üks, kolme emakakaelaga. Tolmukaniitide alusel paiknevad meenäärmed (nektaarium). Tatraõitel esineb erikaelsus: ühtedel õitel on tolmukad lühikesed, emakakaelad on pikad, teistel on tolmukad pikad ja emakakaelad lühikesed (joonis 146).

Pika ja lühikese emakakaelaga õied paiknevad eri isenditel. Toimub risttolmlemine, s. t. ühe taime õite õietolm kantakse mesilaste (ka teiste putukate) poolt teise taime emakasuudmetele.

Vaatleme luubi abil ja joonistame pika ja lühikese emakakaelaga tatraõisi.

S a r a p u u (*Corylus avellana*) õ i s i k u t e j a õ i t e e h i t u s. Sarapuu on ühekojaline tuultolmleja (anemofiilne) taim. Õitsemise ajal urb pikeneb, muutub pehmeks, painduvaks ja vajub ripakile (joonis 83). Sarapuu õitsemist võib vaadelda juba kevadtalvel, kui panna sarapuuoksad soojas toas vette ja asetada aknale.

Väikseima raputuse puhul pudeneb urbadest hulgaliselt kerget kuiva õietolmu.

Luubiga urba vaadeldes näeme, et ta koosneb painduvast peateljest, mille külge on kinnitunud arvukalt soomusjaid lehti. Iga soomuse all on veel kaks kandelehte ja üks õis, mis koosneb neljast, aluseni lõhestunud tolmukast. Seepärast ongi iga soomuse all kaheksa tolmukapead. Emasõied paiknevad võsude tipus. Nad on lehepungadest veidi suuremad ja neist ulatuvad välja erepunased niitjad emakasuudmed.



Joonis 83. Sarapuu:
1 — õitsev oks: *a* — isasõisikud, *b* — emasõisikud; *2* — isasõis; *3* — emasõis; *4* — pähklid ja lehed.

Prepareerime ühe niisuguse punga. Näeme, et alumised soomused on viljatud, ülemistel on aga kaenlas kaks õit, mis koosnevad kahe niitja purpurpunase emakasuudmega emakast. Sigimikku ümbritsevad kolm väikest soomust. Pärast tolmlemist muutub sigimik pähkliks, soomused aga kasvavad suureks ja ümbritsevad pähklit lõhise kattena (lüdina).

Sarapuu risttolmlemine toimub tuule abil.

Joonistame tolmukatega ja emakatega sarapuuõie.

T a i m e õ i s i k u t e t u n d m a õ p p i m i n e. Õisikute tundmaõppimiseks vaatleme neid morfoloogilises herbaariumis ja joonistame neid; määrame ja joonistame tähtsamad liht-, liit-kobar- ja ebasarikõisikud.

Joonistame õisikute skeemid.

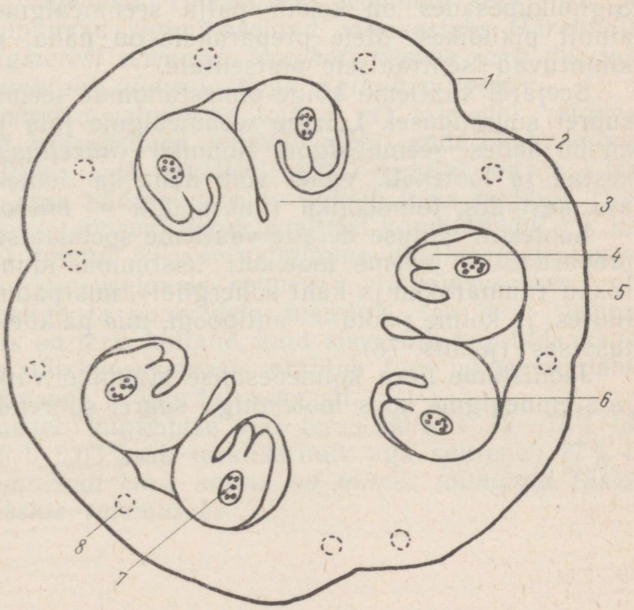
L i i l i a (*Lilium*) t o l m u k a p e a r i s t l õ i g e. Surume tolmukapea leedripuusäsi poolte vahele ja lõikame nideme tasapinnalt terava habemenoaga mõned ristlõigud, asetame kõige õhema lõigu esemeklaasile veetilka, katame katteklaasiga ja vaatleme mikroskoobis väikesel suurendusel. Joonistame tolmukapea-osad: *1* — nideme, mis koosneb parenhüümirakkudest; *2* — tolmukapea kaks poolt (tolmukotid), kummaski kaks ümmargust pesa; *3* — juhtkimbu nideme keskel; *4* — tolmukapea pesa, mille seinad koosnevad välisest kihist, epidermist, mille all paikneb sammasjatest rakkudest fibrooskiht. Noortes tolmukapeades

näeme ka toitekihti (tapetkihti). Tolmukapea pesades näeme hulgaliselt tolmuteri, mis noortes tolmukapeades on mikrospooride tetraadideks ühinenud (joonis 66, *IV*).

Preparaadi valmistamiseks võime kasutada ka rõikheina õiepunga. Surume noore tolmukatega õiepunga leedripuusäsi poolte vahele ja lõikame terava habemenoaga õhukesi ristlõikusid. Kõige täpsemalt on tolmukapea ehitust näha värvitud püsipreparaadis (nagu järgmistes preparaatideski).

T o l m u t e r a d e e h i t u s. Kassinaeri, kõrvitsa, herne, maisi, siguri, männi ja teiste taimede tolmuterade vaatlemiseks kasutame herbariseeritud taimi. Kassinaeri tolmutera pinnal näeme veetilgas suurel suurendusel teravaid ogasid ja poore. Siguri tolmuteral näeme hambulisi harjakesi, männi tolmuteral kaht õhukotti. Paljude taimede värsked tolmuterad lõhkevad vees (tugeva paisumise tõttu) ja kaotavad oma kontuurid.

Toimuterade läbipaistvamaks muutmiseks fikseerime neid alkoholiga ja hoiame ööpäeva glütseriini- või nelgiõlitilgas. Niisugustes preparaatides on selgemalt näha tolmuterakesta, samuti tolmutera protoplasmaatilist sisu, vegetatiivset ja generatiivset



Joonis 84. Liilialiste sugukonda kuuluva taime kolmepesaline sigimik ristlõikes. Sigimik on tekkinud kolme viljalehe kokkukasvamise teel, mis on sissepoole käändunud ja servadest kokku kasvanud.

1 — epiderm; *2* — põhiparenhüüm; *3* — seemnealgme jalg; *4* — seemnealgme katted; *5* — kalatsa; *6* — tolmukäik; *7* — lootekott; *8* — juhtkimbud.

rakku ja nende tuuma. Veel paremini on need osad näha metüleensinise või metüleenrohelisega värvitud püsipreparaadis.

Tolmuterade idanemiseks kasutame järgmisi suhkrulahuseid: sibula ja tulbi puhul 3%-list, nartsissi ja seebralille puhul 5%-list, seaherne ja herne puhul 15%-list ja ristiku puhul 30%-list. Tubaka, koldnõgese ja teiste taimede tolmuterad idanevad harilikus vees.

Vegetatiivset tuuma ja spermiume tolmutoru otsas näemę siis, kui surmame idanevad tolmuterad alkoholiga ja värvime metüülsinisega (joonis 66, *XII*).

L i i l i a (*Lilium*) s i g i m i k u r i s t l õ i g e. Sigimiku ja seemnealgmete tundmaõppimiseks sobivad liilialiste taimede, näiteks siniliilia, liilia, hüatsindi jt. emakad.

Surume liiliaemaka leedripuusäsi poolte vahele ja lõikame sigimiku keskosast mõned ristlõigud. Asetame kõige õhema lõigu esemeklaasile veetilka, katame katteklaasiga ja vaatleme preparaati mikroskoobis väikesel suurendusel. Võime kasutada ka värvitud püsipreparaati (joonis 84). Liiliasigimik koosneb kolmest sissepoole pöördunud ja serviti kokkukasvanud viljalehest.

Viljalehtede seinas näeme juhtkimpe. Sigimikus näeme kolme pesa, millest igaühes on läbilõikes näha kaht seemnealget. Sigimikupesades on kokku palju seemnealgmeid, mida näeme ainult pikilõikes. Meie preparaadis on näha, et seemnealgmed kinnituvad tsentraalsele platsentale.

Seejärel vaatleme kõige õnnestunumat seemnealgme ristlõiku suurel suurendusel. Leiame seemnealgme jala ja spiraalse juhtkimbu selles, seemnealgme tuumiku (*nucellus*'e), seemnealgme kestad ja lootekoti. Vahel võib näha ka lootekotirakke, samuti ava kestades, tolmukäiku (mikropüüli — *micropyle*).

Lootekoti ehituse detaile vaatleme spetsiaalselt värvitud püsipreparaatides, näeme lootekoti teistuuma, munaaparaadi kolme rakku (munarakku ja kaht sünergiidi), mis paiknevad tolmukäigu juures, ja kolme rakku — antipoodi, mis paiknevad lootekoti vastasotsas (joonis 78).

Joonistame liilia kolmepesalise sigimiku väikesel suurendusel ja seemnealgme koos lootekotiga suurel suurendusel nähtuna.

VII PEATÜKK

VILJAD JA SEEMNED

VILJADE JA SEEMNETE ARENEMINE JA VALMIMINE

Kaheliviljastamise järel algavad õies muutused, õiekroon närbub ja variseb, vahel ka kuivab. Õietuppe tabab harvadel juhtudel sama saatus; sagedamini jääb ta aga areneva vilja ümber püsima, kaitseb seda, ja säilitades rohelist värvust, intensiivistab toitainete kogunemist. Keerulised muutused toimuvad sigimikus ja selles paiknevates seemnealgmetes, millest tekivad seemned. Viljastatud munarakk muundub järjestikusel jagunemisel seemneiduks. Seemnealgme kestad muunduvad seejuures seemnekestaks, kõige suurem lootekotirakk aga endospermiks. Endospermi moodustumine toimub järgmiselt: lootekoti teistuum pooldub; kumbki pool eemaldub lootekoti seinte poole ja jätkab jagunemist, täites kogu lootekoti. Varsti ilmuvad tuumade vahele vaheseinad ja moodustub rakuline endosperm, mis on idule toiduks.

Endospermiga seemnetel jääb idu väikeseks, endospermita seemnetes aga kogunevad toitained idulehtedesse; sellepärast need kasvavadki tugevasti. Üheaegselt seemnete tekkimise ja valmimisega muunduvad sigimikuseinad viljakestaks. *Järelikult tekivad seemnealgmetest seemned, lootekoti keskne rakk muutub endospermiks, munarakk iduks ja kogu sigimik viljaks.*

Viljade ja seemnete valmimine toimub eri taimedel erineva kiirusega. Paljud kevadtaimed jõuavad vilju anda kahe-kolme nädala jooksul. Rukis loob tavaliselt kaks nädalat, õitseb kaks nädalt, kasvatab kaks nädalat tera ja valmib kaks nädalat. Õitsemise algusest koristamiseni kulub poolteist kuud. Rukkil (ja ka teistel kõrrelistel) toimub viljade valmimine kindlas järjestuses. Eristatakse kolme küpsusefaasi: esimeses, piimküpsusefaasis on teris väljast roheline ja poolvedela massiga täitunud; teises, vahaküpsusefaasis on teris kollane, kuid sisu võib vajutada nagu vaha; kolmandas, täisküpsusefaasis eraldub tera hõlpsasti pähikust, selle sisu kõveneb ja murdub kergesti.

Vee hulk väheneb küpsemise ajal teras 80%-lt 12—15%-ni, suhkru hulk 12%-lt 0,03%-ni, tärklise hulk aga suureneb 27%-lt 62%-ni. *Väljakujunenud küps seeme on taimes toimunud füsioloogiliste protsesside tulemuseks.*

VILJALIIGID

Viljade valmimisel muunduvad sigimikuseinad viljakestaks (perikarbiks). Vilju, mille moodustamisest võtab osa ainult sigimik, nimetatakse paljasviljadeks (kirss jt). Mõnedel taimedel hakkab õiepõhi, mis koos sigimikuga võtab vilja moodusta-



Joonis 85. Kuivviljad.

1 — seemnis (päevalill); *2* — kaksikseemnis (karuputk); *3* — tiibvili (saar); *4* — kaksiktiibvili (vaher); *5* — harjastega seemnis (ruse); *6* — lendkarvadega seemnis (võilill); *7* — isemattuv seemnis (stepirohi); *8* — pähkel (sarapuu); *9* — teris (mais); *10* — kukkurvili (kukekannus); *11* — kaun (hernes); *12* — kõder (kapsas); *13* — kõdrake (litterhein); *14* — kupar (magun); *15* — kahepesaline kupar (koerapöörirohi); *16* — kupar (puuvill-lapõõsas); *17* — liitkukkurvili (kurekell).

misest osa, pärast viljastamist paisuma (kibuvits); ka teised õieosad võivad sigimikuga kokku kasvada ja vilja moodustamisest osa võtta (õun jt.). Viimasel kahel juhul arenevad r ü ü s v i l j a d.

Peale selle eristatakse liht- ja koguvilju. Lihtviljad tekivad sel juhul, kui õies on üks sigimik, koguviljad aga siis, kui õies on palju sigimikke.

Koguviljadega ei tule ära vahetada liitvilikondi, need moodustuvad kogu õisikust üksikute õite kokkukasvamise teel (näiteks peedi liitvilikond, mooruspuu liitvilikond).

Vilju esineb mitut liiki. Viljad jagunevad kõigepealt kuivviljadeks ja lihakaiks viljadeks.

Kuivviljad on kas sulgviljad või avaviljad (joonis 85).

Sulgviljade hulka kuuluvad:

K õ r r e l i s t e t e r i s — üheseemneline kuivvili, mille seeme on viljakestaga kokku kasvanud (rukis, nisu ja mais).

S e e m n i s erineb terisest selle poolest, et seeme ei ole viljakestaga kokku kasvanud (päevalill, rukkilill); terisega sarnaneb sarikaliste kaksikseemnis. Seemnisel on sageli karvatutt või tiivad.

P ä h k e l erineb seemnisest tugevasti puitunud viljakesta poolest (sarapuu).

T õ r u sarnaneb pähkliga, kuid on moodustunud mitmest viljalehest ja paikneb alusega lüdis, mis on tekkinud muundunud kandelehtedest (tamm).

T i i b v i l i (künnapuu) ja kaksiktiibvili (vaher) on seemnised, millel on arenenud tiibjas lisand; viimase abil lendlevad viljad kergesti tuule käes.

Avaviljade hulka kuuluvad:

K u k k u r v i l i (kukekannus) — mitmeseemneline vili, mis lõheneb üht õmblust mööda ja meenutab äärtest kokkukasvanud lehte.

L i i t k u k k u r v i l i (koguvili) koosneb osakukkurviljadest (varsakabi, kurekell).

K a u n (liblikõielised) sarnaneb kukkurviljaga, kuid lõheneb kaht õmblust mööda. Vahel on kaun üheseemneline ja ei avane (esparsett, ristik).

K õ d e r (ristõielised) on piklik vili, mis lõheneb kaheks vaheseinaga eraldatud poolmeks. Seemned kinnituvad vaheseina äärte külge (kapsas).

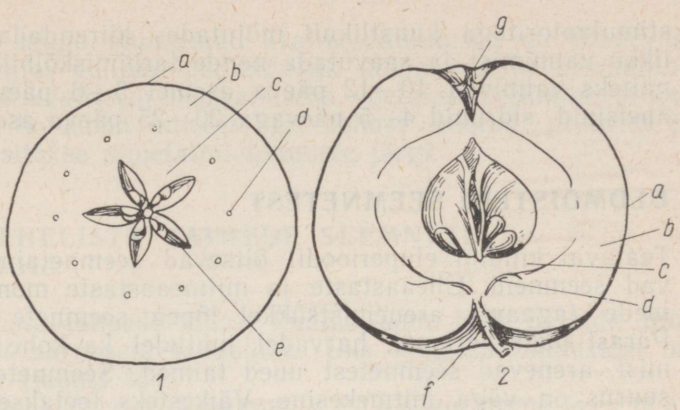
K õ d r a k e (ristõielised) erineb kõdrast pikkuse poolest, selle pikkus ületab laiuse kuni kaks korda (litterhein).

K u p a r (magun, koerapöörirohi, puuvill) on paljuseemneline ühe- või mitmepesaline vili, mis avaneb pikilõhede, hammaste, kaanekeste või avade abil või ei avane üldse.



Joonis 86. Lihakad viljad:

1 — karusmarjamarjad; *2* — mari läbilõikes; *3* — musta maavitsa marjad; *4* — tomatimari; *5, 6* — tomati mitmepesaline mari piki- ja ristlõikes; *7* — sidrunipomerants; *8* — sama, läbilõikes; *9* — kirsi luuvili; *10* — sama, läbilõikes; *11* — kirsiõis; *12* — ploomi luuvili; *13* — koguluuvili (vaarikal); *14* — sama, läbilõikes; *15* — maasika koguvili; *16* — maasikaõis suureks kasvanud õiepõhjaga; *17* — kibuvitsa tsünarrood (tõrsik); *18* — viinapuumari; *19* — mooruspuu liitvili; *20* — ananassi liitvilikond.



Joonis 87. Õun läbilõikes:
1 — ristlõikes; *2* — pikilõikes. Õunvili on lihakas hulgaseemneline vili: *a* — kest; *b* — õiekattest ja tolmukatest tekkinud põhikude; *c* — sigimikuseintest tekkinud põhikude; *d* — juhtkimbud; *e* — viis sigimikupesa, igas pesas on kaks seemet; *f* — viljaraag; *g* — õietupe jäänused.

Lihakad viljad (joonis 86).

L u u v i l i (kirss) — üheseemneline vili suureks paisunud lihaka sigimikuseinaga, mille sisemine pind on muundunud «luuks», mis kaitseb seemet.

M a r i (karusmari, tomat, viinamari) — lihakas paljuseemneline vili, mis koosneb mitmest viljalehest. Marjaga sarnaneb õunvili (joonis 87).

Koguviljade näiteks võivad olla vaarika koguluuvili, tulika pähklikestest koguvili ja maasika lihakas pähklikestest koguvili (maasika viljaliha moodustab suureks paisunud õiepõhi).

Lihakatesse viljadesse koguneb palju vett. Valmimiseni on nad rohelised ja lehestikus vähe märgatavad. Valmimisel muutub nende värvus eredaks ja suhkrute kogunemise tõttu ka maik. Lihakaid vilju kattev kest kaitseb neid kuivamise ja mikroorganismide vastu. Algul, vilja tekkimise momendist alates, toimub rakkude kasv ja varuainete, süsivesikute, valkude ning rasvade kogunemine. Sel ajal toimub ka seemnete kujunemine ja neile kõva kesta ilmumine. Umbes sel ajal algab vilja arenemises teine periood, kus vilja kasv ja ainete kogunemine aeglustub ning algab tärklise suhkruks muundumine, rakkudevahelise aine lagunemine, rakkude eraldumine, kudede pehmenemine ning eeterlike õlide ja eredate pigmentide kogunemine. Viljadesse ilmub etüleen (C_2H_2), mis kiirendab kõiki biokeemilisi muundumisi rakkudes ja viljade valmimist. Intensiivistub ka viljade hingamine.

Kui viljad koristatakse taimedelt siis, kui neisse on kogunenud juba vajalik orgaaniliste ainete varu, võib etüleeni või teiste

stimulaatoritega kunstlikult mõjutades kiirendada viljade täielikku valmimist ja saavutada nende tarbimiskõlblikkus. Tomatid näiteks valmivad 10—12 päeva asemel 5—6 päevaga, melonid, apelsinid, sidrunid 4—5 päevaga 20—25 päeva asemel.

ÜLDMÕISTEID SEEMNETEST

Teataval kindlal eluperioodil õitsevad seemnetaimed ja kannavad seemneid. Üheaastaste ja mitmeaastaste monokarpsete taimede (agaavi) arenemistsükkel lõpeb seemnete valmimisega. Pärast puhkeperioodi, harvadel juhtudel ka kohe pärast valmimist, arenevad seemnetest uued taimed. Seemnete väliskuju ja suurus on väga mitmekesine. Väikesteks loetakse sinepi, rapsi ja teiste ristõieliste taimede seemneid, kuid ka need on suured võrreldes umbrohtude ja parasiittaimede, näiteks soomukate seemnetega; viimased on palja silmaga vaevu märgatavad. Üks soomukataim annab kuni 100 000 üliväikest seemet. Suurteks loetakse põldoa, tamme ja kreeka pähklipuu seemneid, kuid nende suurus on üsna tühine võrreldes kookospalmi luuviljaga, nn. pähkliga.

Seemne ja vilja mõiste aetakse sageli segi. Katteseemnetaimede seemned arenevad seemnealgmetest, mis paiknevad viljaks muunduvas sigimikus. Näiteks on aedoad, herned jne. seemned, sinepikõdrad, magunakuprad, hernekaunad jt. aga viljad. Põllumajanduses nimetatakse seemneiks sageli vilju, mida külvatakse maha nagu seemneid: näiteks päevalille-, kanepi-, tatra-, porgandiseemnised ja rukki-, kaera- ning teiste kõrreliste terised. Tinglikult nimetatakse seemneteks ka peedi liitvilikondi, kuigi igas viljakeras on 2—5 seemet. Põllumajanduses nimetatakse vahel külviseks ka humalapistikuid, kartulimugulaid ja peedi seemneistikuid, kuid need on vegetatiivsed organid ja neid ei tule viljade ning seemnetega ära segada, sest viljad ja seemned on harilikult sugulise paljunemise teel tekkinud.

Taimede vegetatiivsel paljundamisel, näiteks sõstarde pistikute abil paljundamisel on uuel taimel muutumatutes välistingimustes kõik emataime tunnused. Seemnete ja viljadega paljundamisel omandab uus taim nii isa- kui ka emataime tunnuseid. Seeme ei kanna endas üksnes oma vanemate ja kõigi oma esivanemate tunnuseid, vaid ka uute tunnuste võimalikke kombinatsioone. Seepärast on ka taimede seemnete kaudu paljundamisel suur tähtsus uute sortide aretustöös.

Seemneid tundma õppides ei tohi unustada, et seemnete kvaliteet on üks suure saagi eeldusi.

Seemnekasvatusmajanditest saadav sordiseeme on alati varustatud etiketiga, kuhu on märgitud seemne sordi- ja külviomadu-

sed. Külvise kõige olulisemad kvaliteeditunnused on idanevus, idanemisenergia, puhtus, majanduslik kõlblikkus ja absoluutne kaal. Külvise kvaliteedi määramiseks võetakse keskmine proov, mis koosneb hoiukoha mitmest eri kohast võetud proovist ja mida analüüsitakse nimetatud tunnuste järgi.

KAHEIDULEHELISTE TAIMEDE SEEMNETE MORFOLOOGIA

Kaheiduleheliste taimede klassi kuulub suur hulk paljude tunnuste poolest sarnaseid taimeliike. Üks nendest tunnustest on seemneehitus (joonis 88).

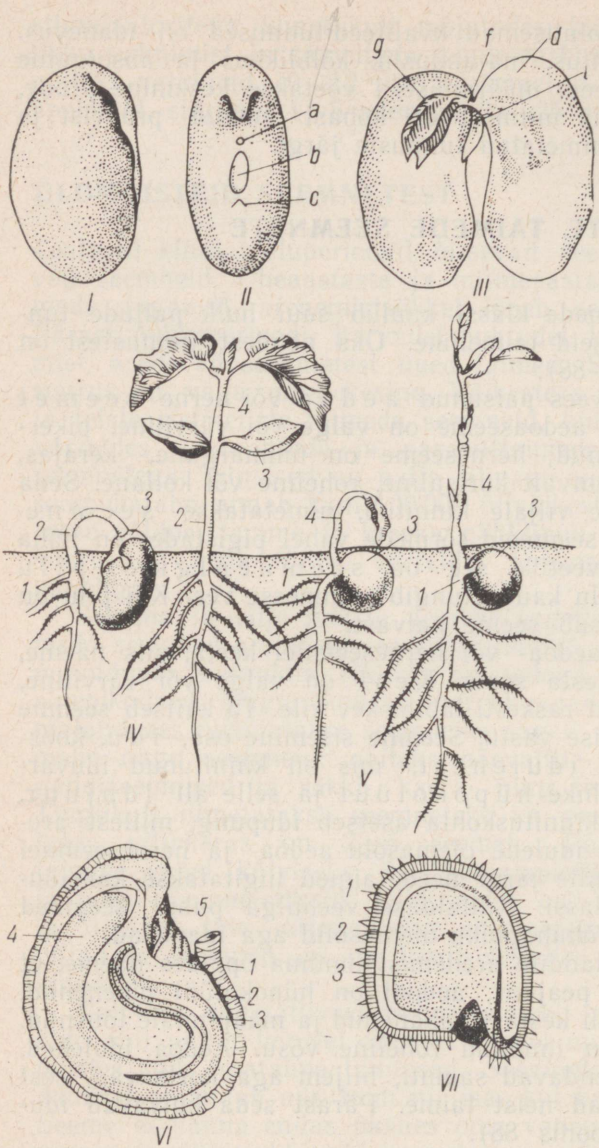
Tähelepanelikult vees paisunud *aedoa* või herne *seemet* vaadeldes näeme, et aedoaseeme on valge või värviline, pikergune, veidi kõverdunud; herneseeme on ümmargune, kerajas, suhkruhernesortidel kuivalt kortsuline, roheline või kollane. Seda kohta, millega seeme viljale kinnitub, nimetatakse *seemnenabaks*. Paisunud seemneid sõrmede vahel pigistades on näha ava, millest väljub veetilk, see on *seemnealgme pilu* (mikropyle). Selle pilu kaudu tungib seemnesse vesi. Kui pilu on kinni kasvanud, paisub seeme halvasti.

Kui kõrvaldame aedoa- või herneseemnel kesta, siis näeme, et idujuur asetseb kesta sopis. *Kest* on valge või värviline, poolläbipaistev ja vett raskesti läbilaskev kile. Ta kaitseb seemne sisemist osa roiskumise vastu. Seemne sisemine osa, *idu*, koosneb kahest lihakast *idulehest*, mis on kinnitunud iduvarrele. Iduvarrel on lühike *hüpokotüül* ja selle all *idujuur*. Ülalpool idulehtede kinnituskohta asetseb idupung, millest areneb taimevõsu. Kahe idulehe olemasolu aedoa- ja herneseemnel on üks tunnuseid, mille järgi need taimed liigitatakse kaheiduleheliste taimede klassi. Küllaldase veehulga puhul seemned paisuvad, soojuse ja õhuhapniku olemasolul aga idanevad.

Aedoa ja herne idandite arenemist tundma õppides näeme, et mulda on tunginud peajuur, aedoal on hüpokotüül pikenenud, mille tõttu idulehed on kestast vabanenud ja maapinnale tõusnud. Idulehtede vahele on ilmunud roheline võsu. Aedoa idulehed, esimesed lehed, haljendavad samuti, hiljem aga kortsuvad, sest kõik toitained lähevad neist taime. Pärast seda kuivavad idulehed täiesti ära (joonis 88).

Hernes idaneb veidi teisiti. Tema idulehed, esimesed lehed, jäävad mulla alla, hüpokotüül ei pikene, see-eest pikeneb aga epikotüül ja mullapinnale tõuseb idupung koos varrega. Idulehed toidavad noort taime ka siis veel, kui ilmuvad juba rohelised lehed.

Paljudel kaheiduleheliste taimedel tõusevad idulehed idanemisel mullapinnale nagu aedoalgi. Maapinnal muutuvad nad



Joonis 88. Kaheidulehelise taime seemned:

I — aedoa seeme küljelt. *II* — aedoa seeme seemnenabapoolselt küljelt: *a* — mikropüül; *b* — seemnenaba; *c* — seemneõmblus. *III* — kaheks iduleheks jaotatud aedoa seeme: *d* — idulehed; *e* — idujuur; *f* — iduvars; *g* — idupung. *IV* — aedoaseemne idanemine. *V* — herneseemne idanemine: *1* — juurekael; *2* — hüpokotüül (idulehealune varreosa); *3* — iduleht; *4* — epikotüül (idulehepealne varreosa). *VI* — okasõunaseeme endospermiga: *1* — kest; *2* — endosperm; *3* — idulehed; *4* — idujuur; *5* — mikropüül. *VII* — nisulilleseeme: *1* — kest; *2* — idu; *3* — varutoitained.

roheliseks ja kasvavad kaheks roheliseks lehelabaks, mis etendavad pärislehtede osa, kuid erinevad neist lihtsama kuju ja lühema eluea poolest. Niisugune idanemisviis esineb kõrvitsaliste sugukonda kuuluvail taimedel (kõrvitsal, melonil, kurgil ja arbuusil). Samuti idaneb ka päevalill.

Idulehtede maapinnale tuleku viise on mitu, mitmetel taimedel on hüpokotüül kõver, tänu millele lihakad idulehed tungivad välja. Idulehtede tõusmisele mullapinnale avaldab muld teatavat vastupanu, seepärast peab nende seemnete mullaga katmisel eriti ettevaatlik olema. Peale eespool nimetatud kõrvitsaliste ja aedoa tulevad idulehed maapinnale veel lupiinil, ristikul, porgandil, redisel, tatral, peedil ja paljudel teistel taimedel. Taimede hulka, mille idulehed jäävad mulda, kuuluvad peale herne veel vikk, põlduba ja lääts; nende taimede seemned taluvad ka sügavamat külvi.

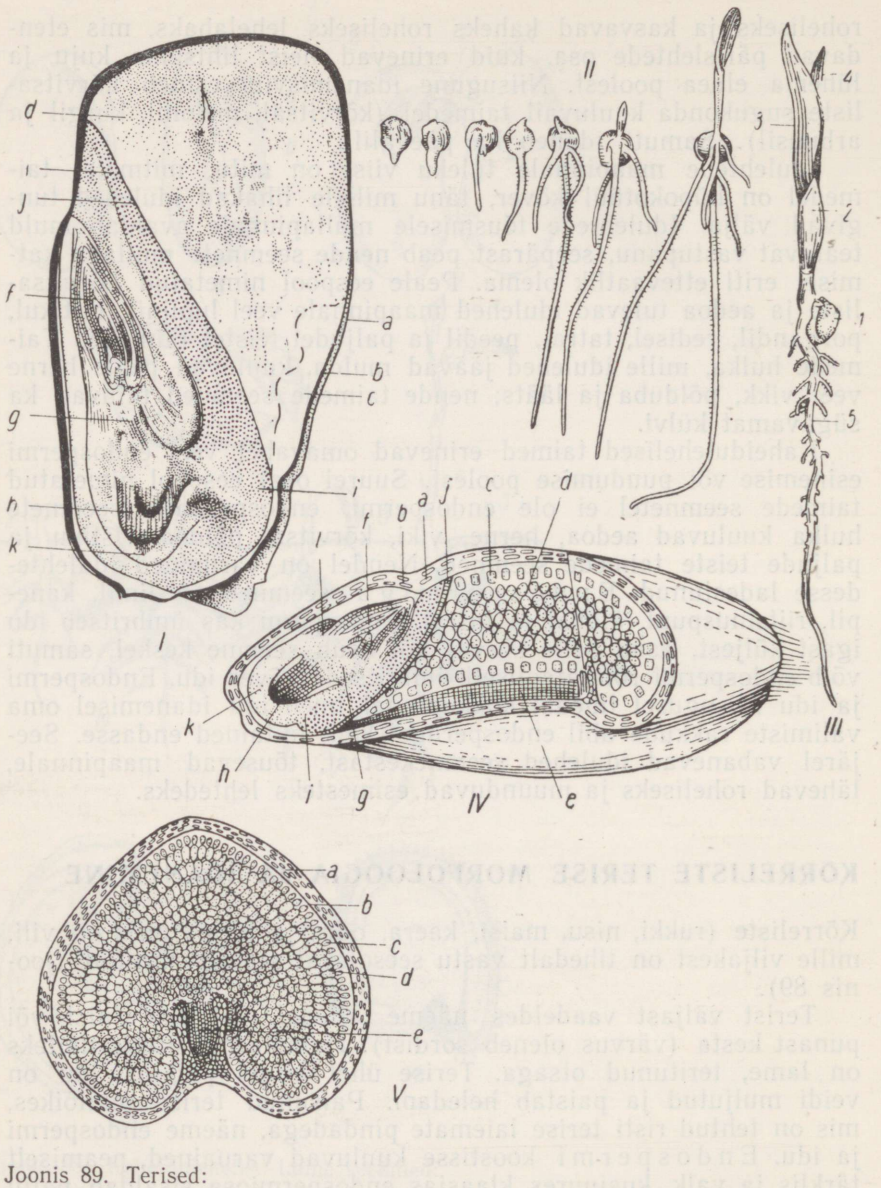
Kaheiduleheliseid taimed erinevad omavahel veel endospermi esinemise või puudumise poolest. Suurel osal eespool nimetatud taimede seemnetel ei ole endospermi, endospermita seemnete hulka kuuluvad aedoa, herne, viki, kõrvitsa, põldoa, ristiku ja paljude teiste taimede seemned. Nendel on varuained idulehtedesse ladestunud. E n d o s p e r m i g a seemned on linal, kanepil, riitsinuspuul, äiakal ja tatral. Endosperm kas ümbritseb idu igast küljest, asub selle kõrval või asub seemne keskel, samuti võib endospermi rõngataoliselt ümbritseda kõver idu. Endospermi ja idu niisugusel tihedal kokkupuutel imeb idu idanemisel oma välimiste rakkude abil endospermist kõik toitained endasse. Seejärel vabanevad idulehed seemnekestast, tõusevad maapinnale, lähevad roheliseks ja muunduvad esimesteks lehtedeks.

KÕRRELISTE TERISE MORFOLOOGIA JA IDANEMINE

Kõrreliste (rukki, nisu, maisi, kaera, odra ja hirsi) teris on vili, mille viljakest on tihedalt vastu seesolevat seemet surutud (joonis 89).

Terist väljast vaadeldes näeme siledat valget, sinist või punast kesta (värvus oleneb sordist). Hammasmaisiteris näiteks on lame, teritunud otsaga. Terise ühel küljel paiknev idu on veidi muljutud ja paistab heledam. Paisunud terise pikilõikes, mis on tehtud risti terise laiemate pindadega, näeme endospermi ja idu. E n d o s p e r m i koostisse kuuluvad varuained, peamiselt tärklis ja valk, kusjuures klaasjas endospermiosa sisaldab palju valku. Endospermi kõrval paikneb idu — see on maisil suurem kui teistel kõrrelistel. Idu koosneb idujuurest, iduvarrest ja esilehtedest, mis asetsevad koonusjalt üksteise kohal.

Endospermi ja idupunga vahel asetseb k i l b i k e, mis kujutab endast idulehte ja millel on tähtis osa loote toitmisel. Terise



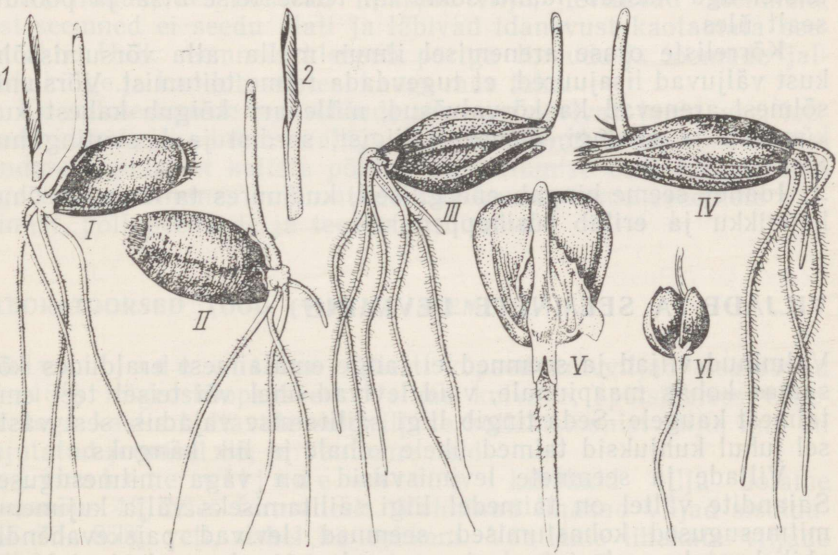
Joonis 89. Terised:

I — maisiteris (pikilõige). *II* — maisi idanemine 7. (vasakul) ja 26. (paremal) päeval. *III* — noor taim: *1* — teris; *2* — koleoptiil; *3* — esimene roheline leht; *4* — teine leht; *5* — juur. *IV* — nisuteris (pikilõige). *V* — nisuteris (ristlõige). *I, IV* ja *V*: *a* — viljakest; *b* — seemnekest; *c* — aleuroonkiht; *d* — tärklisene endospermiosa; *e* — vaoke; *f* — idulehed; *g* — iduvars; *h* — idujuur; *i* — kilbike; *j* — imev kilbikeseosa; *k* — juuretupp; *l* — epiblast (idusoomus).

idanemisel soodustab fermente eritav kilbike endospermi toitainete lahustumist ja imab eriliste imavate rakkude abil lahustunud orgaanilisi aineid (suhkur jt.), mis suunduvad idujuuresse ja idupunga. Idus leiduvad taimse õli varud, mida samuti kasutatakse idanemisel.

Nisu-, rukki- ja teiste kõrreliste terise ehitus sarnaneb üldiselt maisiterise ehitusega, ainult selle erinevusega, et nendel kõrrelistel on idu endospermiga võrreldes märgatavalt väiksem. Piki terist näeme vagu, mis etendab tähtsat osa paisumisel. Paljude kõrreliste terisel (rukki-, nisu- ja kaeraterisel) on idule vastaspoolses otsas karvakesed.

Kõrreliste terised jagunevad paljaiks ja sõklasteristeks. Paljad terised ei ole sõkaldega kaetud ja kukuvad valmimisel sõkalde vahelt välja (rukis, nisu, mais ja timut), teised aga on terist tihedalt ümbritsevate sõkaldega kaetud (kaer, aruhein) ja vahel on teris sõkaldega koguni kokku kasvanud (oder). Kõik kõrrelised kuuluvad *üheidulehelise klassi*, sest nende seemneis on hästi näha ainult üht idulehte — kilbikest. Mõnedel kõrrelistel (näiteks nisul) on teist idulehte näha idusoomusena (epiblastina) küljel, vastu kilbikest. Teistsugune on okaspuuseemnete



Joonis 90. Kõrreliste terise idanemine:

I — rukis. *II* — nisu. *III* — oder. *IV* — kaer. *V* — mais. *VI* — hirss. Ainult maisil ja hirsil areneb esmalt peajuur, teistel joonisel kujutatud taimedel arenevad esmased narmasjuured. Igal juurel on näha tipmist, kasvavat osa, sellele järgneb imav vööde, mis on rikkalikult juurekarvadega kaetud; vanemal juureosal karvad kärbuvad. Mullapinnale tungivad idandid on kaetud õhukese läbipaistva kilega (koleoptiiliga), mis kaitseb õrnu lehti kahjustuste vastu. *1* ja *2* — esimene roheline koleoptiili purustanud leht.

ehitus, neis on kuni kümme idulehte. Seedri «pähkel» koosneb koorest ja õhukesest kestast, mis ümbritsevad õlirikast endospermi. Endospermi keskel on väike idu, millel on juur, hüpokotüül ja pung, pungas on kümme kitsast idulehte, mis idanemisel kümneks esimeseks roheliseks nõeljaks leheks (okkaks) arenevad.

Sobivates tingimustes (vesi, soojus, hapnik) paisuvad kõrreliste terised ja hakkavad idanema.

Ühtedel kõrrelistel taimedel (maisil, sorgol ja hirsil) (joonis 90) ilmub algul üks, teistel aga mitu esmast idujuurt (nisul ja kaeral kolm, rukkil neli, odral viis kuni kuus). Juured kasvavad allapoole, üles aga idand, millel olevast pungast arenevad tulevane vars, lehed ja õied. Idandi mullapinnale tungimine on seotud kogu idandi rakkude suure turgoriga, eriti aga õhukese, idandit katva kile, nn. koleoptiili ehk sinka rakkude turgoriga. Sinka kasv jääb maapinnal seisma ja selle rebenenud tipust ilmub tõeline roheline leht ning selle järel teine ja kolmas.

Paljasteriseliste kõrreliste (rukki, nisu) idanemise erinevus sõklasteriseliste kõrrelistega (kaera, odraga) võrreldes seisab selles, et esimestel suundub idand, mis kesta purustab, otse üles, teistel aga kasvab idand sõkla all terise teise otsa ja pöördub sealt üles.

Kõrreliste orase arenemisel ilmub mulla alla võrsumissõlm, kust väljuvad lisajuured, et tugevdada taime toitumist. Võrsumissõlmest arenevad ka kõrvalvõsud, mille arv kõigub kahest kuni kümneni ja enamgi, olenevalt liigist, sordist ja kasvutingimustest.

Idanev seeme hingab energiliselt, kusjuures ta omastab õhust hapnikku ja eritab süsihappegaasi.

VILJADE JA SEEMNETE LEVIMINE

Valminud viljad ja seemned ei lange emataimest eraldudes kõik samas kohas maapinnale, vaid levivad ühel või teisel teel emataimest kaugele. Seda tingib liigi säilitamise vajadus, sest vastasel juhul kuhjuksid taimed ühele kohale ja liik känguks.

Viljade ja seemnete levimisviisid on väga mitmesugused. Sajandite vältel on taimedel liigi säilitamiseks välja kujunenud mitmesugused kohastumised; seemned levivad paiskevahendite abil, kantakse edasi tuule ja veevoolu ning loomade ja inimeste poolt.

P a i s k e v a h e n d i t e a b i l lõhenevad kuivad viljad (kaun, kõder), millel valmimise ajal tekib viljakesta välimistes ja sisemistes kudedes erinev pinge; selle tulemusena lõheneb viljakest ja seemned paiskuvad laiali. Iseloomulikku heli võib kuulda

valminud akaatsia-, viki-, herne-, lupiini- ja kapsaviljade lõhenemisel.

Tuulekaeraviljad on varustatud ohtega, mis kuivamisel keerdub ja niiskumisel sirgub. Tänu sellele omadusele võib tuulekaerateris ühest kohast teise roomata ning mulda kaevuda.

Kaevumisvõime on ka stepirohuseemnetel, mis levivad tuule abiga.

Kerged viljad — võilille, piimjuure, piimohaka ja põldohaka kerged seemnised, pajude jt. seemned — on varustatud karvatutiga, mille abil tuul kannab neid kaugele. Lühema maa taha kanduvad viljad ja seemned tänu tiivataolistele lisanditele (vahtral, saarel, kasel, männil jt.).

Vesi levitab neid seemneid, mis ujuvad veepinnal. Pärast vihma levivad veevooluga paljude umbrohutaimede seemned; nii levib näiteks teeleht, linnurohi jt.

Haagikestega (konksjate lisanditega) varustatud viljad jäävad loomade karvade ja inimeste riiete külge ning kantakse kauge maa taha (maarjalepp, ruse, takjas, tapurohi, madar jt.).

Paljud söödavad viljad (tõrud, pähklid), mida oravad oma pesadesse ja hamstrid oma urgudesse varuvad, kukuvad maha või jäävad urgudesse ja idanevad seal.

Ka linnud, kes nokivad lihakaid vilju, levitavad seemneid, sest seemned ei seedu alati ja läbivad idanevust kaotamata seedetrakti. Hulk seemneid kleepub poriga lindude ja loomade jalgade külge ja kandub sel teel kauge maa taha.

Ka mitmesuguste umbrohtude seemned levivad tuule, vee, loomade ja vahel ka inimese abiga. Tähtis on umbrohtude bioloogiat tundma õppida, et kaitsta põldu umbrohtumise eest (siia kuulub õige mullaharimine, umbrohtude hävitamine enne seemnete valmimist, põllupeenarde ja teeäärte niitmine.

LABORATOORSED TÖÖD (VILI JA SEEME)

Kuivviljade ehitus. Täiesti küpsed kuivviljad sisaldavad 10—15% hügroskoopsusvett. Valime kuivade, spetsiaalses vaheseintega kastis hoitavate sulgviljade kollektsioonist vilju, mis on kujutatud joonisel 85, ja vaatleme neid.

Lihakate viljade ehitus. Lihakaid vilju hoiame klaasnõus 4%-lises formaliinis. Valminud lihakad viljad sisaldavad 75—85% vett, vahel ka rohkem. Vaatleme lihakate viljade kollektsiooni, mis on kujutatud joonisel 86. Õpime põhjalikult tundma ja joonistame kirsi (*Cerasus vulgaris*) luuvilja ehitust, märgime joonisele viljakesta välise kihi, eksokarbi, keskmise kihi, mesokarbi, ja sisemise kihi, endokarbi. Sisemise luise kihi («viljaluu») kaitse all paikneb kahe suure idulehega seemneidu.

Tomati (*Lycopersicon esculentum*) marja ehitus. Vaatleme tomativilja piki- ja ristlõikes. Lõigud teeme noaga või skalpelliga. Võtame noore ja alles küpsemata vilja. Lihakas tomatimari tekib sigimikust ja on kahe- või mitmepesaline, tsentraalse platsentatsiooniga. Viljad kinnituvad varrele viljaraagude abil. Vilja alusel näeme rohelist tuppe. Pikilõikes näeme viljaliha, mis on arenenud paisunud sigimikuseintest ja paisunud tsentraalsest platsentast (joonis 86). Joonistame tomatimarja piki- ja ristlõike.

Õunapuu (*Malus domestica*) õunvilja ehitus. Vaatleme värske õuna ehitust piki- ja ristlõikes (joonis 87). Õuna katab kest, mille all on mahlakas viljaliha (põhikude). Õunvilja keskel on viis pesa, milles paiknevad paarikaupa seemned. Pesasid katab nahkjas kiht. Viljaliha keskosa lähedal, nahkja kihi ja viljakesta vahel, näeme täppe, need on juhtkimbud. Õuna väline osa kuni juhtkimpudeni on moodustunud tupp- ja kroonlehtede alumisest, paisunud osast, sisemine osa (viis pesa ja nende lähedal asetsev viljaliha) aga sigimikust. Niisuguse vilja ehitus saab selgemaks, kui kõrvutada seda õunapuu ülemise sigimikuga õiega.

Aedoa (*Phaseolus vulgaris*) seemne ehitus. Kaheiduleheliste taime seemne ehituse tundmaõppimiseks vaatleme ööpäev vees paisunud aedoaseemet. Paisunud seemet kuiva seemnega kõrvutades näeme, et esimene on teisest peaaegu kaks korda suurem.

Joonistame paisunud seemne väliskuju, vaatleme luubiga seemnenaba ja mikropüüli, mis paikneb täpselt kesta all oleva idujuure tipu vastas. Mikropüüli vastas näeme kühmukest (seemneõmblust). Aedoaseemet ettevaatlikult külgedelt pigistades näeme, et mikropüülist eraldub tilk vett. Kui kest eemaldada, jaguneb idu kaheks pooleks, idulehtedeks; joonistame ka idujuure, -varre ja -lehed.

Vaatleme tatra-, äiaka-, okasõuna jt. seemnete ehitust (joonis 88).

Aedoa ja herne (*Pisum sativum*) idanemine ja tõusmete ilmumine. Külvame kolm nädalat enne tundi lillepotti aedoa- ja herneseemneid. Tunnis vaatleme ja joonistame erineva vanusega tõusmeid. Joonistame taime alates idanemisest kuni esimese lehe arenemiseni. Määrame juurekaela, hüpokotüüli, idulehtede, epikotüüli ja esimese pärislehe asukoha.

Vaatleme tõusmete ilmumist ka peedi-, kurgi-, tatra-, äiaka-, okasõuna- jt. seemnetest.

Kõrreliste terise morfoloogiline ehitus. Võtame vees kergelt paisunud maisi-, nisu-, rukki-, odra- ja kaerateriseid ja vaatleme neid algul väliselt. Näeme, et kolme esimese taime terised on paljad, odra- ja kaeraterised aga on sõkaldega kaetud. Odral on sõklad terisega tihedalt kokku kasvanud; neid

on raske terisest eemaldada, kuid kaeral nad ainult hoiduvad terise ligi, mistõttu neid on kerge eemaldada. Rukki-, nisu- ja kaeraterise otsas on karvad, maisi- ja odraterisel ei ole karvu. Lõikame skalpelliga maisiterise pikuti läbi ja vaatleme luubi abil endospermi ja idu.

Vaatleme värvitud püsipreparaadis luubiga (või mikroskoobis väikesel suurendusel) maisiterise pikilõiku. Näeme endospermi ja idu, kilbikest ja selle imavat osa, kasvukuhikut, lehealgmeid, vart, epiblasti, juurt ja juuretuppe.

Tuletame meelde mikroskoobis nähtud nisuterise välisosa, mis koosneb viljakestast, seemnekestast, aleuroonkihist ja tärkliserikkast endospermist. Seda ehitust kujutab joonis 89.

Kõrreliste terise idanemine ja pehme nisu (*Triticum aestivum*) ning maisi (*Zea mays*) tõusmete ilmumine. Vaatleme ja joonistame vihikusse nisu, rukki, odra, kaera, hirsi, maisi viie- ja kümnepäevased idandid.

Nisu- ja maisitõusmete tärkamise tundmaõppimiseks külvame eri aegadel nende taimede teriseid lillepottidesse (keskmiselt kolm nädalat enne vastavat laboratoorset tundi). Enne tundi peseme idandid mullast puhtaks, vaatleme neid ja joonistame vastavalt idanemisele.

2. PÕHITEADMISI TAIME-SÜSTEMAATIKAST JA -GEOGRAAFIAST

VIII PEATÜKK

TAIMERIIGI MITMEKESISUS

TAIMESÜSTEMAATIKA- JA KLASSIFIKATSIOONIALASTE TEADMISTE ARENEMINE

Meid ümbritsev, maakeral 600—700 miljoni aasta jooksul tekkinud ja arenenud taimeriik on äärmiselt mitmekesine. Teadus, mida nimetatakse paleobotaanikaks, jutustab eelmistel geoloogilistel perioodidel kasvanud taimedest. Taimede fossiilsed jäänused (kivistised, jäljendid kivimitel) annavad tunnistust kauges minevikus kasvanud taimede iseärasustest. Need taimed erinevad suuresti tänapäeva taimedest. Meil oleks selge ülevaade taimeriigi tekkimisest ja evolutsioonist sel juhul, kui oleks leitud kõikide kunagi meie planeedil kasvanud taimede fossiile, kuid seni teadus sellest veel täielikku pilti ei anna.

Umbes 300 aastat e. m. a. tegid kreeka filosoof Aristoteles ja tema õpilane Teofrastos katset koguda ja süstematiseerida taimede kohta olemasolevaid andmeid. Teofrastose töödes on kirjeldatud umbes 450 taime; kõik taimed on jagatud puudeks, rohttaimedeks ja põõsasteks, kusjuures kultuurtaimi on kirjeldatud eraldi metsikutest taimedest.

I sajandil ja hiljem oli suurim mõju Plinius Vanema ja Dioskoridese töödel, kes kirjeldasid kuni 600 taime ja jaotasid need toidu-, ravim-, aromaatseteks ja alkohoolseid jooke andvateks taimedeks.

Järgmise viieteistkümne sajandi jooksul ilmunud botaanilistes töödes kummarduti Aristotelese, Teofrastose ja Dioskoridese autoriteedi ees. Feodaalne tootmisviis ja sellele vastav filosoofilis-religioosne ideoloogia tingisid suhtelise seisaku teaduse, eriti botaanika arenemises, kuigi mõnesugune faktilise materjali kogumine taimede uurimise alal toimus ka feodalismi ajal. Vähene ei ole taimede herbariseerijate osa taimede kirjeldamisel, nad uurisid hoolikalt, joonistasid ja kirjeldasid taimi.

Feodalismi lagunemine ja kapitalistliku tootmise arenemine andsid tõuke teaduse kiirele arenemisele.

Sel perioodil (alates XVI sajandist) laienesid kiiresti botaanikaalased teadmised, kuigi zooloogia ja botaanika jäid esialgu ikka veel fakte koguvaiks teadusteks. Taimesüstemaatika hakkas arenema alles tänu rootsi teadlasele Karl Linnéle, kes elas XVIII sajandil. Kuni Linnéni valitses botaanikas kaos, sest ei olnud täpseid taimenimetusi, ei olnud täpseid morfoloogilisi termineid ja arvukad andmed olid süsteemitud. Tol ajal tunti üle 6000 taimeliigi. Linné määratles mõisted «perekond» (*genus*) ja «liik» (*species*), andis taimedele täpsed teaduslikud (ladinakeelsed) nimetused, kirjeldas üksikasjaliselt taimi, töötas välja kuni 1000 morfoloogilist terminit ja rajas taimede liigitamise kunstliku süsteemi (1735. a.).

Linné süsteemi nimetatakse kunstlikuks süsteemiks sellepärast, et see ei kajasta taimede kujunemist ja sugulust, vaid jaotab õistaimed ehk fanerogaamid tolmukate arvu, nende kinnitumisviisi ja omavahelise kokkukasvamise järgi hõlpsuse mõttes 23 klassi. Eri klassi eraldas Linné õiteta taimed ehk krüptogaamid, kuhu ta paigutas vetikad, seened, samblad ja sõnajalad. Linné poolt antud täpsed morfoloogilised terminid ja arvukad taimenimetused on aga jäänud senini kehtima.

Enne Linnéd nimetati näiteks kibuvitsa *Rosa silvestris vulgaris flore odorato incarnato* (harilik metsroos, õied lõhnavad, helepunased), Linné aga andis talle lühikese nimetuse *Rosa canina* L. (koer-kibuvits).

Linné süsteem tõi botaanikasse (ja ka zooloogiasse) korra. Taimeliigi all mõistis Linné kõikide niisuguste taimede kogumit, mis on omavahel rohkem sarnased kui teiste taimedega ja mis on võimelised päritavaid põhitunnuseid järglastele muutumatult edasi andma.

Linné kunstlik süsteem, mis sai aluseks taimesüstemaatikale, ei rahuldanud pärast taime- (samuti looma-) liikide ja perekondade muutlikkuse ideede ilmumist enam paljusid teadlasi. 1819. aastal sai tuntuks De Candolle'i süsteem, milles taimeliigid rühmitati perekondadesse, perekond aga tunnuste kompleksi alusel sugukondadesse (*familia*). De Candolle määras täpsemalt kindlaks taimesugukonnad ja ühendas need omakorda suurematesse rühmadesse — klassidesse ja hõimkondadesse. Siiski on ka De Candolle'i süsteem kunstlik, sest ta on üles ehitatud alaneval printsiibil, s. o. esiteks kirjeldatakse kõrgemaid taimi ja seejärel alamaid.

Kaasaegses süstemaatikas on taimede suguluse kindlaksmääramisel aluseks taimede, eeskätt nende paljunemisorganite igakülgne uurimine. Keerukate küsimuste lahendamisel kasutavad teadlased füsioloogia, anatoomia, geneetika, paleobotaanika, geograafia ja teiste teadusharude andmeid, mis pakuvad väärtus-

likku materjali suguluse ja fülogeenia (üksikute taimerühmade tekkeloo), samuti taimeriigi arenemisastmete kindlaksmääramiseks.

Ch. Darwini õpetus liikide (taime- ja loomaliikide) muutlikkusest ja nende tekkimisest andis tõuke taimede fülogeneetiliste klassifikatsioonide loomiseks, millest on tuntumad Engleri, Gobi, Tahtadžjani, Grossheimi, Kusnetsovi, Buši, Kozo-Poljanski jt. süsteemid. Kõigil neil süsteemidel on oma vaieldamatud eelised, võrreldes varasemate kunstlike süsteemidega, kuid ükski neist ei ole üldiselt tunnustatud: igal süsteemil on oma eelised ja ka puudused.

Me ei hakka siinkohal neid süsteeme lähemalt käsitlema. Märgime ainult, et nende põhitunnuseks on taimede kirjeldamine ülenevas järjestuses, alamatest taimedest keerukamate taimede suunas.

Uuemal ajal, nii ka käesolevas kursuses jaotatakse taimed alamateks taimedeks — rakistaimedeks ehk tallofüütideks (*Thallophyta*) ja kõrgemateks taimedeks ehk tüvendtaimedeks (*Cormophyta*).

Alamate taimede hulka kuuluvad järgmised hõimkonnad: 1) vetikad (*Algae*), 2) bakterid (*Bacteria*), 3) limaseened (*Myxophyta*), 4) seened (*Fungi*) ja 5) samblikud (*Lichenes*).[1] Nende taimede keha koosneb kas ühest rakust või hulkraksest rakisest ehk tallusest, mis pole varreks, lehtedeks ja juurteks liigestunud. Toitainete imendumine toimub neil taimedel kogu kehapinna kaudu, mõnedel aga on substraadile kinnitumiseks ja osaliselt ka vee imendamiseks risoidid — karvad. Neil taimedel ei ole juhtkimpe.

Paljusid vetikaid ja seeni iseloomustab oogooni, s. o. suure emas-suguorgani olemasolu. Oogoon on rakk, mis sisaldab kas ühe või mitu munarakku. Vetikate hõimkond on üks taimeriigi vanimaid hõimkondi. Taimed (ja loomad) tekkisid vees. Vetikatest arenesid maismaataimed. Vetikad on autotroofsed, klorofülli sisaldavad organismid, mis omastavad süsinikku süsihappegaasist. Bakterid, limaseened ja seened on heterotroofsed, klorofüllita taimed, mis toituvad orgaanilistest ainetest. Samblikud on sümbiootilised organismid.

Kõrgemate taimede hulka kuuluvad järgmised hõimkonnad: 6) sammaltaimed (*Bryophyta*), 7) sõnajalgtaimed (*Pteridophyta*), 8) paljasseemnetaimed (*Gymnospermae*) ja 9) katteseemnetaimed (*Angiospermae*).

Põhiliselt on need klorofülli sisaldavad organismid, s. o. autotroofsed taimed, mille keha liigestub osadeks. Neist pole vaid

[1] Viimasel ajal ei käsitleta seeni ja baktereid enam taimedena, nad moodustavad omaette riigi. Vetikad (*Algae*) on koondrühm, mis koosneb paljudest hõimkondadest. *Toim.*

sammaldel juuri ja ainult mõnedel sammaldel (maksasammaldel) on tallus. Kõigil ülejäänutel arenevad suuremal või väiksemal määral juured, varred ja lehed, mis koosnevad kudedest. Kõrgematel taimedel on arenenud juhtkimbud, erandi moodustavad vaid samblad. Samblad, sõnajalg- ja paljasseemnetaimed sarnanevad emassuguorgani — arhegooni ehituse poolest, mis erinevalt alamate taimede oogoonist koosneb paljudest munarakku katvatest rakkudest. Taimed, millel on arhegoonid, ühendatakse arhegoniaalsete taimede rühma.

Täiuslikum ja liikide poolest rikkaim hõimkond kõrgemate taimede rühmas on katteseemnetaimed (*Angiospermae*), mida nimetatakse ka emakalisteks (*Gynaeciata*) või õistaimedeks (*Anthophyta*). Need nimetused iseloomustavad hästi seda hõimkonda: seemnealge, milles asub munarakk, on kattunud sigimikuseintega, mis muutuvad viljakestadeks (viljakatteks). Seemned arenevad viljakatte kaitse all. Neil taimedel on õis, mille tähtsamaks osaks on emakas; emakas on moodustunud ühest või mitmest viljalehest. Koed ja organid on neil taimedel suurima täiuslikkuse ja mitmekesisuseni arenenud. Veelgi mitmekesisemad on neil õied, mis on kohanenud tolmlemiseks tuule ja vee, samuti putukate ja teiste loomade kaasabil. *Katteseemnetaimed on kõige täiuslikumad taimed: nad kasutavad keskkonnatingimusi kõige paremini.* Enamik põllumajandustaimi kuulub katteseemnetaimede hulka. Nende tekkelugu on senini selgitamata, kuid on alust arvata, et nad on tekkinud ühest väljasurnud paljasseemnetaimede rühmast.

LIIK, PEREKOND, SUGUKOND

Botaanikas on juba Linné ajast peale kasutusel taimede kahesõnaline, ehk nagu öeldakse, binaarne nomenklatuur, s. t. et iga taime nimetatakse kahe ladinakeelse nimetusega, millest esimene märgib taime perekonda, teine aga liiki, näiteks hallhernes (*Pisum arvense* L.), harilik hernes (*Pisum sativum* L.), harilik aeduba (*Phaseolus vulgaris* L.), õisuba (*Phaseolus coccineus* L.). Loetletud taimed kuuluvad kahte perekonda — «hernes» ja «aeduba». Kuid hernes võib olla «põldhernes» ja «aedhernes», aeduba aga «harilik» ja «õisuba». Kõik need taimed kuuluvad ühte liblikõieliste sugukonda ja seltsi.

Nimetame veel taimi, mis kuuluvad kõrreliste sugukonda: harilik nisu (*Triticum aestivum* L.) ja kõva nisu (*Triticum durum* Desf.), harilik oder (neljatahuline) (*Hordeum vulgare* L.) ja kahetahuline oder (*Hordeum distichon* L.). Akadeemik V. L. Komarov määras kindlaks (1938), et liik on põlvkondade kogum, mis pärineb ühisest eellasest ja on keskkonna mõjul olelusvõitluses valiku teel ülejäänud elusolendite maailmast eraldunud;

seega on liik tema määrangu järgi kindel etapp evolutsiooniprotsessis. Taimeliikidel on maakeral kindel loodusliku leviku piirkond, mida nimetatakse areaaliks.

Lähedalt suguluses olevad liigid ühendatakse suurematesse rühmadesse — perekondadesse.

Niisiis on perekond rühm lähedasi liike, mis sarnanevad õite, viljade ja seemnete ehituse poolest ja erinevad ainult teisejärguliste iseärasuste (lehekuju, varte, karvasuse, õiekrooni värvuse, seemnete jne.) poolest. Taimede sugulusastme kindlaksmääramisel toetutakse ka anatoomilistele ja füsioloogilistele tunnustele.

Alamatel taimedel, näiteks bakteritel ja mõnedel seentel, põhinevad liigilised erinevused biokeemilistel iseärasustel.

Sugukond on laialdasem taimerühm, mis koosneb lähedastest ja sugulusperekondadest, mis sarnanevad üksteisega nii paljunemisorganite ehituse ja levimise kui ka vegetatiivsete organite ehituse poolest. Suurt tähtsust omistas taimeperekondade sugukondadesse ühendamisele A. P. De Candolle; suur osa tema poolt antud sugukonnanimedest on tarvitusel käesoleva ajani.

Sarnased taimesugukonnad ühendatakse seltsidesse, seltsid klassidesse, klassid hõimkondadesse, hõimkonnad aga jagunevad kaheks suureks rühmaks — alamateks ja kõrgemateks taimedeks.

LIIKIDE ARV, LIIK. TEISEND, SORT

Veel hiljuti tunti ligi 300 000 taimeliiki (180 000 kõrgemat taimede ja 120 000 alamate taimede liiki). Tänapäeval arvavad teadlased, et nende arv on märksa suurem.

Liikide täpse arvu kindlaksmääramine on raske, sest paljud Linné poolt määratud taimeliigid, niinimetatud linneoonid, on erinevates tingimustes kasvades uue kuju omandanud ja neid uusi vorme peetakse mõnede autorite poolt iseseisvateks liikideks, nn. «elementaarliikideks».

Nii näiteks eristas A. Jordan Linné liigis varakevadik (*Erophila verna* L.) kuni 200 üsna väikeste eritunnustega elementaarliiki, niinimetatud žordanooni. Samuti on mitmeks elementaarliigiks jaotatud harilik silmarohi (*Euphrasia officinalis*), harilik kortsleht (*Alchemilla vulgaris*) ja paljud teised. Žordanoonid on tegelikult liigisisesed vormid, mis annavad ristamisel sigiva järelpõlve.

Eri liiki kuuluvad taimed ei viljastu omavahel või ei anna harilikes tingimustes sigivat järelpõlve. Raskusi taimeliikide ja -perekondade ristamisel saab ületada ainult eri võtete abil.

Liigid ei ole muutumatud, nagu arvas Linné ja paljud teised teadlased; nad alluvad kas aeglasematele või kiirematele muu-

tustele. Kuid taimeliikidel on ka püsivaid põhitunnuseid, mille alusel me neid tundma õpime.

Paljud taimeliigid, niihästi kultuurtaimed kui ka metsikult kasvavad taimeliigid, jagunevad veel teisenditeks (*var.* — *varietas*), mida Darwin pidas uuteks tekkivateks liikideks. Tänapäeval ollakse aga seisukohal, et liik on terviksüsteem, mis koosneb teisenditest. Nii näiteks koosneb nisu perekond 166 liigist, aga juba üksnes hariliku pehme nisu (*Triticum aestivum*) liigist tuntakse kuni 80 teisendit (näit. *Triticum vulgare var. lutescens, var. milturum, var. ferrugineum* jne.).

Kultuurtaimede tundmaõppimiseks on kasutusele võetud veel mõiste s o r t, mille all mõeldakse ühetaoliste taimeisendite rühmitusi, mis sarnanevad väliste ja sisemiste tunnuste poolest, on majanduslikult samaväärsed ja annavad oma tunnused pärilikult edasi. Sort on inimese tegevuse saadus. Sorte on väga palju; näiteks tuntakse kuni 3000 pehme nisu sorti, kuni 2000 õunapuusorti, ligi 1000 kartulisorti. Sorte õpitakse tundma taimekasvatuse kursuses.

TAIMENIMETUSED JA SÜSTEMAATIKA ARENEMINE

Taimesüsteemika tundmaõppimisel tuleb teada, mis sugukonda see või teine taim kuulub, samuti tuleb teada ka perekonna ja liigi teaduslikku nimetust. Me juba märkisime, et süsteemikas kasutatakse binaarset nomenklatuuri, esiteks nimetatakse taime perekond ja seejärel liik, mõnikord aga ka teisend. Ladinakeelsetel taimenimetustel on erakordselt suur tähtsus, sest neid kasutavad kõik maailma rahvad. Peale selle on ühel ja samal taimel sageli mitu rahvapärast nimetust, mõnel taimel ei ole aga eestikeelset nimetust. Seepärast peab agronoom, kel on alatasa tegemist teadusliku kirjandusega, ka teaduslikud oskussõnad ära õppima ja neid kasutada oskama. Liiginimetusele järgneb teaduslikus kirjanduses (taimemäärajates ja teaduslikes artiklites) harilikult veel täht või mitu tähte, mis tähistavad teadlast, kes esimesena antud liiki kirjeldas: L. — Linné; DC. — De Candolle; Max. — Maksimovitš; Alech. — Aljohhin; Lam. — Lamarck; Petun. — Petunnikov; Zhuc. — Žukovski; Kom. — Komarov; Kell. — Keller jne. Toome näiteks mõned teaduslikud taimenimed: *Medicago sativa* L. — harilik lutsern; *Larix europea* DC. — euroopa lehis; *Triticum Timopheevi* Zhuc. — timofejevi nisu. Harilikult kirjutatakse perekonnanimetus ladina keeles suure, liiginimetus aga väikese tähega. Ei tule põlata rahvapäraste taimenimede kasutamist, sest suurem osa neist on väga tabavad ja jäävad kergesti meelde, näiteks tõrvalill (*Viscaria vulgaris* Bernh.), ussilakk (*Paris quadrifolia* L.), rukki-kastehein (*Apera spica-venti* PB.), kukehirss (*Echinochloa crus-galli* (L.) PB.) jne.

Käesolevas raamatus tuuakse esiteks eestikeelsed, siis ladinakeelsed nimetused.

Taimesüstemaatika uurimine hakkas Venemaal hoogsalt arenema alates Teaduste Akadeemia asutamisest (1725) ning Moskva ja Peterburi ülikooli avamisest.

Tolle ajani oli Venemaa rikkalikku floorat vähe uuritud. XVIII sajandi alguses asutati botaanikaaed Peterburi ja Moskvasse, algul lihtsalt ravimtaimede kogumiseks, hiljem aga omandasid need botaanikaaiad teaduse arenemises suure tähtsuse. Tänapäeval on Nõukogudemaal suur botaanikaaed kõigis ülikoolilinnades, samuti on mitmeid botaanikaaedu Krimmis ja Kaukaasias. Suured taimeherbaariumid botaanikaaedade juures, ülikoolides, NSV Liidu Teaduste Akadeemias ja tema arvukates filiaalides aitavad kaasa Nõukogudemaa floora uurimisele. Välja on antud koguteos «NSV Liidu floora», kus on kirjeldatud üle 20 000 metsikult kasvava taimeliigi, mis esinevad Nõukogude Liidu territooriumil.

Erialases kirjanduses on vene botaanikute tööd tähtsal kohal.

IX PEATÜKK

ALAMAD TAIMED — RAKISTAIMED EHK TALLOFÜÜDID

VETIKAD (*Algae*)

Üldiseloomustus. Vetikad on peamiselt meres, järvedes, jõgedes, tiikides ja soodes kasvavad taimed. Vees kasvavad küll ka teiste hõimkondade esindajad, näiteks paljud bakterid, seen saproleegnia, veesammal, veesõnajalg salviinia ja paljud õistaimed (lemmel, kõõlusleht, vesiroos jt.). Vetikad kasvavad ka märgadel kividel, puukoorel, mullapinnal ja ülemises mullakihis.

Vetikate eritunnuseks on eeskätt ainu- või hulkrakne tallus. Tallus esineb peente roheliste niitidena, mis kinnituvad veealustele vaiadele ja kividele. Mõnikord on tallus väga väike, sageli aga ulatub ta mitmekümne sentimeetrini, keeruka ehitusega merevetikate tallus isegi mitmekümne meetrini ja niisugune vetikas elab palju aastaid.

Vetikad on klorofülli sisaldavad autotroofsed taimed. Valguse käes assimileerivad nad süsinikku vees lahustunud süsihappegaasist, eritades seejuures hapnikku.

Vetikate rakud koosnevad tselluloosist või pektiinainest ja limastuvast kestast. Protoplasmas paikneb varieeruva kujuga roheline kromatofoor (neid võib olla üks, kaks või rohkemgi). Kromatofoorides näeme pürenoide — tihenenud valgukehakesi,

mille ümber koguneb valguse käes peamiselt tärklis, peale selle aga ka õlitilku ja karotiinisarnast pigmenti hematokroomi.

Vetikate värvus on roheline, pruun, punane või sinine. Rakumahlas esineb lahustunud suhkrut, parkaineid, orgaanilisi happeid, sooli ja ka kristalle.

Mõned sinivetikad on saprofüütse eluviisiga. Nende suuremal hulgal veekogudesse ilmumine näitab vee reostumist ja selle joogiks kõlbmatust.

Väikesed ainuraksed vetikad tekitavad sageli «vee õitsemist». Vees suurel hulgal koos mikroskoopiliste loomadega esinedes moodustavad nad planktoni, mida püütakse veest uurimiseks eriliste planktonivõrkudega. Hõljuvas olekus olevad planktonivetikad ja väiksemad loomad laskuvad põhja ja võtavad osa settekivimite tekkimisest.

Vetikad, mis katavad veekogude põhja, levivad kuni valguse tungimise sügavuseni ja moodustavad bentose. Soolases merevees on pinnakihtides peale rohevetikate levinud veel pruun- ja punavetikad, mis ulatuvad 100 m sügavuseni.

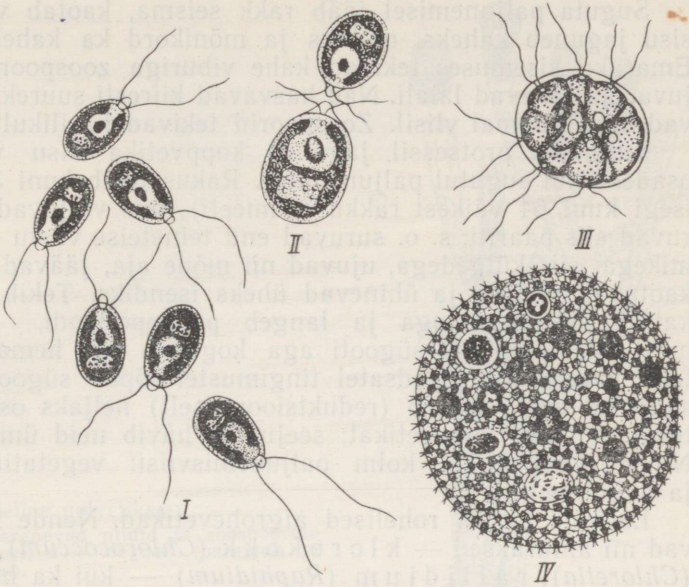
Merepõhjas moodustavad vetikad veealuseid niitusid ja terveid «metsi», millelt võiks koguda «saaki» kuni 10 tonni kuivainet hektarilt.

Vetikad paljunevad rakise osadeks jagunemise teel, s. o. vegetatiivselt, kuid ka arvukate liikuvate eoste (zoospooride) moodustamise teel, s. o. sugutult. Vetikatel on levinud ka suguline protsess: isas- ja emassugurakkude (gameetide) ühtimisel tekib sügoot, mis kohe või pärast puhkeperioodi kasvab uueks vetikaks.

Vetikad on kõrgemate taimede, näiteks sammalde esivanemad. Nende tähtsus teiste organismide elus on määratu suur. Nad rikastavad vett ja õhku hapnikuga ja koguvad orgaanilise aine varusid. Arvestuste kohaselt langeb 80% kõigist orgaanilistest ainetest, mida igal aastal meie planeedil luuakse, vetikate ja teiste veetaimede arvele ning ainult 20% maismaataimede arvele. Vetikatest toituvad infusoorid, vähjakesed, kalad ja teised loomad. Merevetikaid võib pärast joodi eemaldamist kasutada loomasöödana. Nad on toitvad ja vitamiinirikkad. Neist saadakse joodi ja kaalisoola. Vetikatest saadakse ka algiinhapet, mida tarvitatakse liimi valmistamiseks. Pruun- ja punavetikatest saadakse agarit, mida kasutatakse bioloogialaboratooriumides ja kondiitritööstuses.

Vetikaid tuntakse üle 13 000 liigi. Nad jagunevad järgmisteks hõimkondadeks: rohevetiktaimed (eriviburvetiktaimed), ränivetiktaimed, sinivetiktaimed, pruunvetiktaimed ja punavetiktaimed.

Rohevetiktaimed. See hõimkond on suurim ja mitmekesiseim vetikate hõimkond. Selles on üle 5500 esindaja, mis on levinud peamiselt magedas vees. Kromatofoori värvus on puhasroheline: klorofüll ei ole teiste pigmentidega maskeeritud. Rohevetiktai-



Joonis 91. Ainurakne vetikas — koppvetikas ja teised vetikad:
I — koppvetikad. *II* — kaks koppvetikat enne kopulatsiooni. *III* — pandoriina. *IV* — kerasviburlane.

mede hulka kuuluvad ainuraksed, koloonialised, hulkraksed ja mitterakulised vormid.

Koppvetikas (*Chlamydomonas*) (joonis 91). Hulgana esinedes värvivad koppvetikad vee loikudes ja tiikides roheliseks. Veega täidetud klaasnõus kogunevad koppvetikad valguse poole pööratud külge. Koppvetikatega veetilka mikroskoobis vaadeldes on näha hulganisti rohelisi rakukesi, mis kiiresti igas suunas liiguvad. Koppvetikas on ovaalse kujuga rakk, mille eesmises otsas on kaks võrdset, rakku liikuma panevat viburit. Viburite vahel on ninamik, millel on teatav osa sugulises protsessis. Kromatofoor on karikakujuline ja sisaldab ühe pürenoidi. Ninamiku lähedal asetseb punane silmtäpp, ninamiku all aga kaks vakuooli. Kogu ülejäänud osa on täitunud protoplasmaga, milles asetseb tuum. Koppvetikatel on pektiinsed kestad.

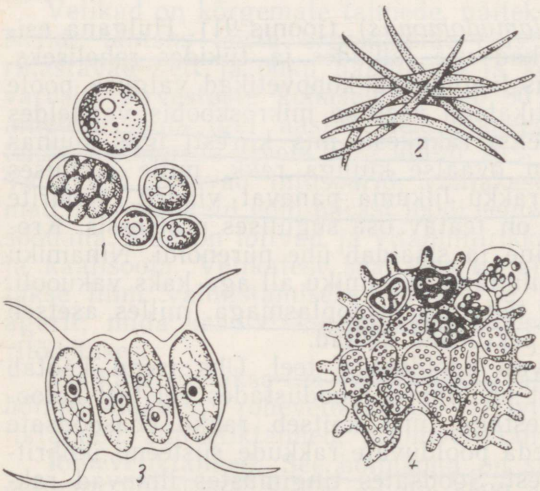
Koppvetikad paljunevad pooldumise teel. Üks isend kaotab viburid ja hakkab järjest poolduma, moodustades sel teel koloonia. Iga rakk kattub kestaga, mis kaitseb rakku ebasoodsate tingimuste eest. Kogu seda poolduvate rakkude süsteemi ümbritseb üks üldine limane kest. Soodsates tingimustes ilmuvad rakkudele viburid; rakud vabanevad limast, kasvavad suureks ja ujuvad laiali.

Suguta paljunemisel jääb rakk seisma, kaotab viburid, raku sisu jaguneb kaheks, neljaks ja mõnikord ka kaheksaks osaks. Emaraku sisemuses tekivad kahe viburiga zoospoorid, mis väljuvad ja lähevad laiali. Nad kasvavad kiiresti suureks ja paljunevad uuesti samal viisil. Zoospoorid tekivad harilikult öösel.

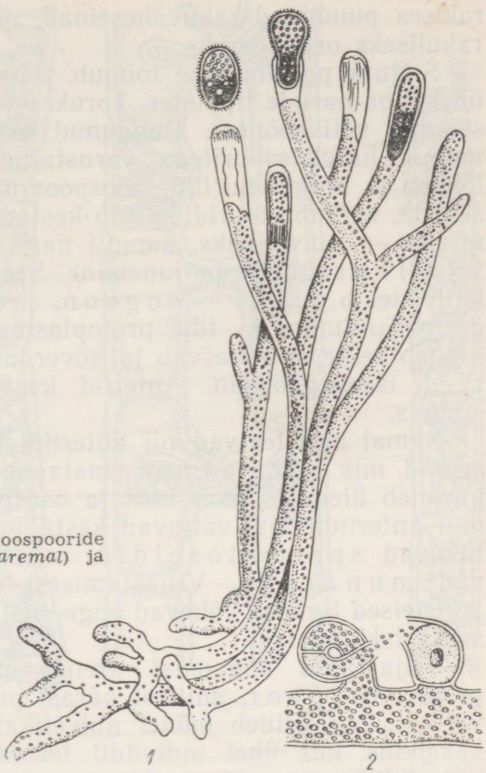
Sugulisel protsessil jaguneb koppvetika sisu väiksemateks osadeks kui sugutul paljunemisel. Rakus tekib kuni 32, mõnikord isegi kuni 64 väikest rakku (gameeti), mis väljuvad ja kopuleeruvad siis paariti, s. o. suruvad end teineteise vastu esiteks ninamikega, siis külgedega, ujuvad nii mõne aja, jäävad siis seisma, kaotavad viburid ja ühinevad üheks isendiks. Tekib sügoot, mis kattub paksu kestaga ja langeb puhkeperioodi. Kromatofoor harilikult lahustub, sügooti aga koguneb õli, hematokroomi ja teisi varuaineid. Soodsatel tingimustel lõpeb sügoodi puhkeseisund ja sisu jaguneb (reduktsiooniliselt) neljaks osaks, millest tekib neli uut koppvetikat; seejuures hävib neid ümbritsev kest. Nii on koppvetikal kolm paljunemisviisi: vegetatiivne, sugutu ja suguline.

Levinud on ka rohelised algrohevetikad. Nende hulka kuuluvad nii ainuraksed — klorokokk (*Chlorococcum*), klorella (*Chlorella*), rafiidium (*Raphidium*) — kui ka hulkraksed — stsenedesmus (*Scenedesmus*) ja pediastrum (*Pediastrum*) (joonis 92).

Rohelisi algrohevetikaid leidub niiskel mullal, puukoorel, lillepottidel ja vees, kus nad elunevad liikumatult. Mõnel neist on zoospoorid liikuvad.



Joonis 92. Protokokilised vetikad:
1 — klorokokid; *2* — rafiidium; *3* — stsenedesmus; *4* — pediastrum.



Joonis 93. Roheline nuivetikas:
1 — üksikud hargnevad niidid ja zoospooride väljumine nendest; *2* — oogoon (*paremal*) ja anteriid (*vasakul*).

Väga tuntud on praegu klorella, mis väliselt sarnaneb klorokokiga. Ühte kuupsentimeetrisse vette koguneb 1—40 miljonit rohelist klorellarakku; ööpäeva jooksul suureneb nende kaal 7—12 korda; klorella kasutab ära vähemalt 7% päikeseenergiast, samal ajal kui maapealsed taimed kasutavad sellest ära ainult kuni 2%. Klorella sünteesib suurel hulgal valke, rasvu, süsivesikuid, vitamiine ja neelab suurtes kogustes inimese ja loomade hingamisel eritatavaid aineid, mistõttu tehakse katseid seda vetikat kosmilistel lendudel kasutada.

N u i v e t i k a s (*Vaucheria*) (joonis 93). Nuivetika rakis kujutab endast hargnevat karedat tumerohelist niiti. Sageli põimuvad need niidid isekeskis. Nuivetikat esineb madalate veekogude põhjas või niiskel mullal. Nuivetikas kasvab oma ülemise otsaga, kuna alumises otsas on karvad — r i s o i d i d, millega vetikas mitmesugustele veealustele esemetele kinnitub. Nuivetikal ei ole üksikuid rakke, ta on nagu üksainus hiigelrakk, mis mõnikord hargnebki. Protoplasma asetseb nuivetikal rakuseinte ääres. Tuumi on palju; need on rakku mööda laiali, kromatofoor aga koosneb üksikutest väikestest rohelistest terakestest. Nuivetika

rakises puuduvad rakuvaheseinad, mistõttu teda peetakse mitterakuliseks organismiks.

Suguta paljunemine toimub zoospooride abil, mis arenevad ühekaupa harude tippudes. Torukese tipp pundub ja eraldub vaheseinaga vetikaõõnest. Pundunud osa on zoosporangium, milles valmib hulga viburitega varustatud zoospoor. Zoosporangium lõhkeb ja hulgaviburiline zoospoor ujub mõne aja vees, jääb siis seisma, kaotab viburid, kattub kestaga ja muutub kasvades uueks niidiks — nuivetikaks. Samuti nagu teistel vetikatel, esineb nuivetikal ka suguline paljunemine. See seisab selles, et vetika ühel küljel tekib puhetis — oogoon, s. o. emassuguorgan. Puhetises on palju tuumi ja tihe protoplasma. Esimese puhetise kõrvale areneb teine, mis kasvab ja kõverdub sarvena — see on anteriid, isassuguorgan. Anteriid kasvab ülemise otsaga oogooni suunas.

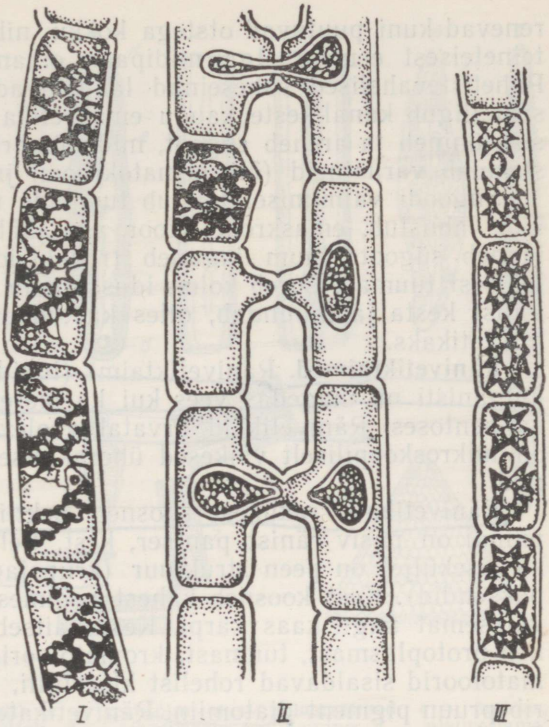
Samal ajal tekivad nii anteriidi kui ka oogooni alusel vaheseinad, mis eraldavad neid emataimest. Kui oogoon on valminud, puruneb ülemises osas kest ja osa protoplasmast väljub. Valminud anteriidiumist väljuvad kesta purunemisel isassugurakud — liikuvad spermatosoidid, mis tungivad oogooni ja viljastavad munaraku. Viljastamisest võtab osa ainult üks tuum, sest teised tuumad lähevad oogoonist tagasi niiti juba enne vaheseina tekkimist.

Viljastatud oogoonist areneb paksu kestaga ümbritsetud pruun oospoor, millest pärast puhkeperioodi areneb uus nuivetikas. Nii esineb mõnel nuivetikal hermofrodiitsus ehk sugukaksiklus, kus ühel indiviidil tekivad samaaegselt oogoonid ja anteriidid, s. o. emas- ja isassuguorganid.

Rohevetiktaimede hõimkonda kuuluvad samuti ikkesvetikad (*Conjugatae*). Ikkesvetikaid iseloomustab suguline paljunemisviis, mida nimetatakse konjugatsiooniks. Sel puhul seostuvad kaks vetikat eriliste väljakasvete abil, mis muunduvad kanaliks ja mille kaudu kahe raku sisu ühineb. Liikuvaid zoospoore ja gameete ikkesvetikatel ei arene. Ikkesvetikatest vaatleme keermikvetikat, mis kuulub sügneemaliste sugukonda.

Keermikvetikas (*Spirogyra*) on smaragdroheline niitvetikas, mis mõnikord ujub vabalt vees, mõnikord katab ühtlase kihina vanade veskite vesirattaid, kive, vaiu ja teisi veealuseid esemeid. Veepurgis päikesevalguses tõuseb keermikvetikas veepinnale, kaasa kistuna hapnikumullikestest, mida ta eraldab.

Mikroskoobis on näha, et keermikvetika niidid koosnevad ühest reast silinderjatest rakkudest (joonis 94). Iga raku seinaäärses protoplasmakihis esineb spiraalse rohelise lindina ebatasaste servadega kromatofoor. Mõnikord on rakus 2—3 ja rohkemgi spiraalselt keerduvat kromatofoori. Kromatofooris on hästi näha tärklisega ümbritsetud pürenoide, mis asetsevad piki kromatofoori keskjoont. Tuum tuumakesega paikneb raku keskel



Joonis 94. Keermikvetikas ja sügneema:
I — kromatofoori ja pürenoididega keermikvetikarakud. *II* — keermikvetikaniidid konjugatsioonimomendil. *III* — sügneema.

protoplasmas, mille niidid suunduvad seinaäärsesse kihti. Kogu niitidevaheline ruum on täitunud rakumahlaga. Rakukestad on keermikvetikal tselluloosist; väljast on need kaetud limakorraga.

Keermikvetikas kasvab rakkude ristsuunalise jagunemise ning sellele järgneva suurenemise teel. Raku jagunemine algab tuuma karüokineetilise jagunemisega. Kromatofoorid jagunevad samuti ristsuunas. Uue raku kesta tekkimine algab perifeeriast ja see eraldab järk-järgult tekkinud tuumi ja rakke. Noortes rakkudes eemalduvad tuumad põikvaheseina juurest raku keskele. Tütarrakud kasvavad kiiresti emaraku suuruseks ja võivad uuesti jaguneda. Rakkude jagunemine toimub harilikult öösel ja kestab $1\frac{1}{2}$ tundi, kuid täisea saavutavad tütarrakud $1\frac{1}{2}$ päevaga. Keermikvetika vegetatiivne paljunemine toimub niidi juhusliku purunemise ja sellele järgneva rakkude hoogsa jagunemise teel.

Konjugatsioonil asetuvad keermikvetika niidid paralleelselt üksteise kõrvale ja kleepuvad limaga kokku. Kahe naaberniidi rakukestad sopistuvad välja, tekitavad puhetisi, mis pidevalt suu-

renevad kuni puutuvad otstega kokku, nihutades seejuures niidid teineteisest eemale. Iga niidipaar omandab nüüd redeli kuju. Puhetistevahelised vaheseinad lahustuvad ja isasvetika rakkude sisu liigub kanalikeste kaudu emasvetika rakkudesse. Kahe raku sisu ühineb ja areneb sügoot, mida ümbritseb kolm kesta ja mis sisaldab varuaineid (õli, hematokroomi jne.).

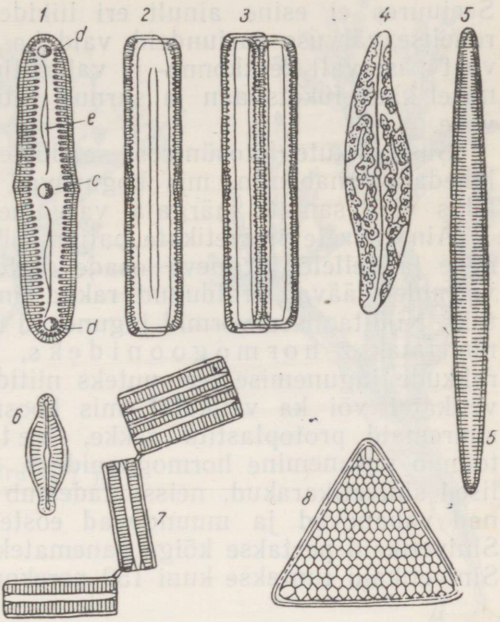
Sügoodi valmimisel toimub tuumade ühinemine, isaskromatofoor lahustub, emaskromatofoor aga jääb. Pärast puhkeperioodi idaneb sügoot: tuum jaguneb (reduktsiooniliselt), neljast haploidsest tuumast sureb kolm, idusse jääb üks. Idu purustab kaks välist kesta ja muundub, olles kaetud uue kestaga, uueks keermikvetikaks.

Ränivetiktaimed. Ränivetiktaimi (lühidalt ränivetikaid) esineb hulganisti nii magedas vees kui ka merevees, nii planktonis kui ka bentoses. Ränivetikaid arvatakse olevat üle 5000 liigi. Need on mikroskoopiliselt väikesed üherakulised ja koloonialised vormid.

Ränivetikate rakukest koosneb pektiinainetest, mille välisel pinnal on püsiv ränist pantser, kest. Selle pantseri välis-, osalt ka siseküljel on peen struktuur (kriipsjad, võrkjad ja mügarjad paksendid). Kest koosneb kahest poolmest, millest suurem katab väiksemat nagu kaas karpi. Kest kaitseb protoplasti, mis koosneb protoplasmast, tuumast, kromatofooridest ja vakuoolist. Kromatofoorid sisaldavad rohelist klorofülli, mida harilikult maskeerib pruun pigment diatomiin. Ränivetikate rakkudes puudub tärklis, kuid neisse koguneb õli. Paljudest ränivetikaliikidest on magedas vees levinud pinnulaaria.

Pinnulaaria (*Pinnularia viridis*) on ainurakne vetikas (joonis 95). Mikroskoobis on tal pealtvaates piklik-ovaalne kuju, kaanel on näha peenikesi põikribasid — paksendusi, mis vahelduvad õhemate kohtadega. Kaane keskelt kulgeb peenikese lookleva joonena lõhe. Peale selle on näha kolm sõlme — üks kaane keskel ja kaks otstel. Kui pinnulaariat küljelt (vöö poolt) vaadelda, on tal pikliku püstküliku kuju. Võib täheldada pealiskaant (epivalvat), mis katab servadega sisemist aluskaant (hüpovalvat). Protoplasma asetseb pinnulaarias seina ääres. Pealtvaates on protoplasmas näha kaht pruuni riba; need on kromatofoorid, mis paiknevad laiema küljega vastu pantseri külgi. Kogu rakuõõs on vakuool ja vaid keskmises osas, laias protoplasmalises sillas, asetseb rakutuum. Kõikjal protoplasmas on näha õlitilku. Pinnulaaria elavad rakud on liikumisvõimelised, mida võib seletada protoplasma liikumisega ja limaainete eritamisega läbi lõhetaolise ava. Seda on võimalik jälgida, kui vetikas asetseb kõval substraadil.

Pinnulaaria paljuneb jagunemise teel, mis vaheldub sugulise protsessiga. Joonisel 95 on peale pinnulaaria ka teisi ränivetikaid. Ränivetikate ränipantserid on väga vastupidavad: nad säi-



Joonis 95. Ränivetikad:

1 — pinnulaaria (kaane küljelt): *c* — kesksõlm; *d* — polaarsõlmed; *e* — õmblus; *2* — pinnulaaria vaade vöö küljelt; *3* — pinnulaaria jagunemine; *4* — pleurosigma; *5* — süneedra; *6* — naviikula; *7* — tabellaaria; *8* — tritseraatsium.

litavad oma kuju ka pärast rakkude kõdunemist ja isegi pärast nende põletamist.

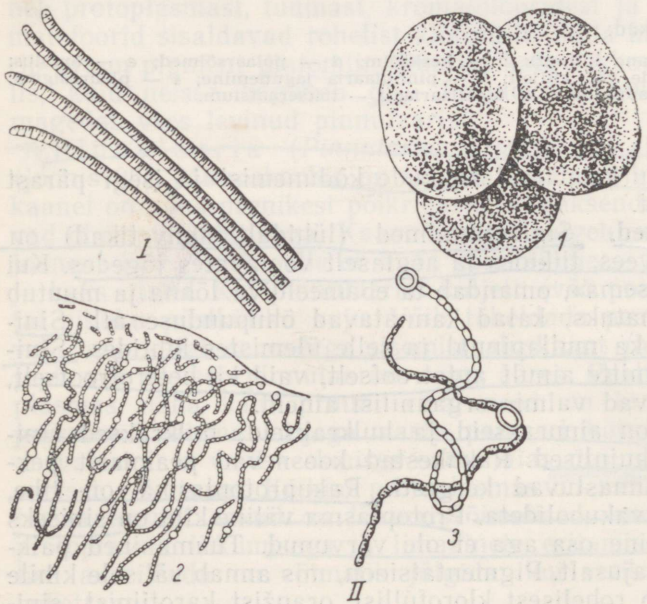
Sinivetiktaimed. Sinivetiktaimed (lühidalt sinivetikad) on levinud seisvas vees, tiikides ja aeglaselt voolavates jõgedes. Kui vesi hakkab «õitsema», omandab ta ebameeldiva lõhna ja muutub joomiseks kõlbmatuks, kalad kannatavad õhupuuduse all. Sinivetikaid kasvab ka mullapinnal ja selle ülemistes kihtides. Sinivetikad ei toitu mitte ainult autotroofselt, vaid ka heterotroofselt, s. t. nad kasutavad valmis orgaanilisi aineid.

Sinivetikaid on ainurakseid ja hulkrakseid; hulkraksed sinivetikad on niidikujulised. Rakukestad koosnevad peamiselt pektiinainetest ja limastuvad kergesti. Rakuprotoplasma on tihe, ilma tuumata ja vakuoolideta. Protoplasma väline kiht on siniseks värvunud, sisemine osa aga ei ole värvunud. Tuumaained paiknevad plasmas hajusalt. Pigmentatsioon, mis annab välisele kihile värvuse, koosneb rohelisest klorofüllist, oranžist karotiinist, sinisest fükotsüaanist ja mõnikord ka punasest fükoerütriinist. Nende pigmentide kombinatsioonist oleneb sinivetikate värvusevarjund: sinivetikad on kas sinise, rohelise, kollaka või punaka varjundiga.

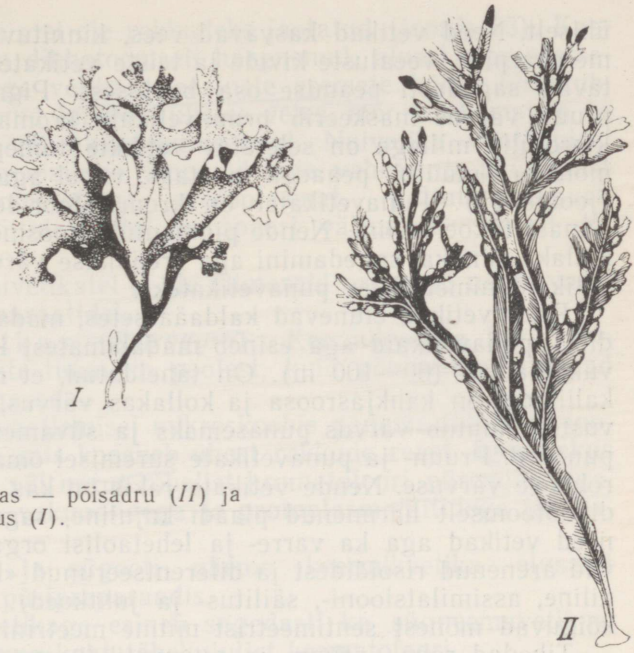
Seejuures ei esine ainult eri liikidel mitmesuguseid sinise ja rohelise värvuse varjundeid, vaid ka iga vetikaliik muudab värvust vastavalt keskkonna- ja valgustingimustele. Raku soojendamisel kaob fükotsüaan ja surnud vetikas omandab rohelise värvuse.

Süsivesikute fotosünteesi saadusteks on glükogeen ja sellele lähedane anabeniin, mis kogunevad keskkehasse. Seinaäärses kihis võib samuti märgata varuaineid üliväikeste terakestena.

Ainuraksete sinivetikate paljunemine toimub rakkude pooldumise ja sellele järgneva osade eraldumise teel. Koloonialistel vormidel jäävad eraldunud rakud lima abil üksteisega ühendatuks. Niiditaolised vormid jagunevad üksikuteks tükikesteks, mida nimetatakse hormogooonideks, need tükikesed kasvavad rakkude jagunemise teel uuteks niitideks. Sagedasti ilmub niitvetikatel või ka vetikatel, mis koosnevad rakkude ketikestest, suuremaid protoplastita rakke, heterotsüste, mille kohal toimub purunemine hormogoonideks. Mõnikord suurenevad tavalised sinivetikarakud, neisse ladestub varuaineid, kest pakseneb, nad vabanevad ja muunduvad eosteks, mille abil paljunevad. Sinivetikaid peetakse kõige vanemateks organismideks maakeral. Sinivetikaid tuntakse kuni 150 perekonda ja ligi 1500 liiki. Neid



Joonis 96. Sinivetikad.
I — ostsillatooria. *II* — pilvvetikas: *1* — limased massid; *2* — limase massi kuju; *3* — rakuketikesed (näha on heterotsüstid).



Joonis 97. Pruunvetikas — põisadru (*II*) ja punavetikas — hondrus (*I*).

esineb rohkem magedas vees. Vaatleme kahte sinivetikate esindajat: ostsillatooriat ja pilvvetikat.

Ostsillatooria (*Oscillatoria*) (joonis 96, *I*) ja temaga sarnased niitjad sinivetikad moodustavad massina esinedes tumesiniseid kübemeid. Sageli koguneb neid veepinna läheduses akvaariumiseintele. Niidid on peenikesed. Iga niit koosneb hulgast lühikestest silindrilistest, omavahel sarnastest rakkudest, mis paiknevad ühes reas. Rakkude kasv toimub ühest otsast nende jagunemise teel. Ostsillatooria kasvavate niitide otsad on veidi kõverdunud. Niitidel on võime liikuda, ühele ja teisele poole kõikuda ja lima ühepoolse eritamisega ühest kohast teise asetuda. Ostsillatooria paljuneb hormogoonide abil.

Pilvvetikas (*Nostoc*) (joonis 96, *II*) moodustab limaseid siniseid kerataolisi kolooniaid, mis ujuvad soostuvates järvedes. Kerad on kuni ploomi suurused ja neil on väljaspool tihe kile, mille all on limane mass. Mikroskoobis on näha, et limases massis on arvukalt põimuvaid kõverdunud niite, mis koosnevad tillukestest sinistest kerajatest rakkudest. Niitidel on heterotsüstid ja nad lagunevad keralima kadumisel hormogoonideks.

Pruun- ja punavetiktaimed. Pruun- ja punavetikad moodustavad kaks iseseisvat hõimkonda. Et nad kasvavad ühesugustes tingimustes ja esinevad peamiselt merevees, siis kirjeldame neid

ühiselt. Need vetikad kasvavad vees, kinnituvad veekogu põhja, merekarpide, veealuste kivide ja teiste vetikate külge ja moodustavad sagedasti peamise osa bentosest. Pigment fukoksantiini pruun värvus maskeerib pruunvetikate kromatofoorides rohelise klorofülli, millega on seletatav vetikate tumepruun värvus, mis mõnikord muutub peaaegu mustaks, vahel aga ka oliivroheliseks (joonis 97). Punavetikatel on kromatofoorides peale klorofülli punast fükoerütriini. Nende pigmentide koosmõju annab rakistele kollaka, sinaka, sagedamini aga erepunase värvuse, mistõttu neid vetikaid nimetatakse punavetikateks.

Pruunvetikad elunevad kaldaäärsetes, madalama veega vööndites, punavetikaid aga esineb madalamatest kuni sügavate kasvukohtadeni (60—100 m). On täheldatud, et madalvee-punavetikaliikidel on kahkjasroosa ja kollakas värvus, suuremates sügavustes muutub värvus punasemaks ja süvamerevormid on tumepunased. Pruun- ja punavetikate suremisel omandab nende tallus rohelise värvuse. Nende vetikate rakis on kas niidi- ja lindi- või dihhotoomselt harunenud plaadi kujuline, sagedasti meenutavad need vetikad aga ka varre- ja lehetaolisi organeid, mis koosnevad arenenud risoididest ja diferentseerunud «kudedest» (mehaaniline, assimilatsiooni-, säilitus- ja juhtkoed). Talluste mõõtmed kõiguvad mõnest sentimeetrist mitme meetrini.

Tihedad rohe-, pruun- ja punavetikakogumikud moodustavad bentose ja soodustavad loomse elu arenemist. Kalad saavad taimedelt hapnikku ja toitu, samuti varjupaika ja kaitset marjale ning maimudele.

LABORATOORSED TÖÖD (VETIKAD)

Üherakuline rohevetikas koppvetikas (*Chlamydomonas*). Pöörame tähelepanu sellele, et veega täidetud purgis moodustub valguse poole pööratud küljel piki veepinna serva ereroheline vööt. Asetame sellise veetilgakese esemeklaasile, katame katteklaasiga ja vaatleme mikroskoobis.

Väikesel suurendusel näeme kiiresti igas suunas liikuvaid koppvetikaid. Kui lisame tilga joodi, lakkab liikumine, siis võib suurel suurendusel täheldada kesta, kromatofoori, protoplasmat, tuuma, kaht viburit ja silmtäppi. Vee «õitsemist» tekitavad ka teised rohevetikad, mis satuvad vette koos koppvetikatega (joonis 91).

Rohelised algrohevetikad (*Chlorococcus* jt.). Kraabime märjalt puukoorelt, roheliseks tõmbunud akvaariumiseintelt või kõrgemate veetaimede veealustelt osadelt rohelist kirmet. Asetame rohelise kirme veetilka. Vaatleme preparaati mikroskoobis. Joonistame klorokokki ja teisi protokokilisi vetikaid.

Nuivetikas (*Vaucheria*). Sellel vetikal on toru (sifooni)

kuju, sest tema rakis ei ole rakkudeks jaotatud (joonis 93). Kasvavad toruotsad on dihhotoomselt hargnenud, alusel aga asetsevad risoidid, millega vetikas veealuste esemete külge kinnitub. Nuivetikas on levinud kiirevoolulistes vetes, mõnikord kasvab ta ka märjal mullal või akvaariumiseintel. Nuivetika vaatlemisel paneme tähele ja joonistame jämedaid niite, vaheseinte puudumist neis, teralist kromatofoori, protoplasmat, paljutuumalisust, zoosporangiume niitide otstel, zoospoori väljumist, samuti ka anteriide ja oogoone.

Kui elavatel nuivetikatel ei ole viimaseid organeid näha, vaatleme neid püsipreparaatidel.

Keermikvetikas (*Spirogyra*). Keermikvetika liigid erinevad teisejärguliste tunnuste poolest, kuid põhijoontes on nad kõik isekeskis sarnased.

Keermikvetika vaatlemisel mikroskoobis paneme tähele ja joonistame tema niiti, mis koosneb ühest rakkude reast. Igas rakus on näha üht, kaht või mitut rohelist kromatofoori pürenoididega, viimaste ümber on vakuoolidega ja protoplasmaniitidega tärklisterad.

Konjugatsiooni ja sügooti näeme keermikvetika elusatel eksemplaridel või püsipreparaadis.

Koos keermikvetikaga esineb sagedasti ka sügneemavetikas, mille rakkudes näeme kaht tähekujulist kromatofoori.

Ränivetikas pinnulaaria (*Pinnularia*) jt. Need vetikad on levinud rabajärvedes ning seisva veega järvedes ja tiikides. Vett võtame koos mudaga, milles on palju ränivetikaid kui ka ikkesvetikaid.

Võtame pika pipeti abil tilga vett ühes muda või limaga, valmistame ajutise preparaadi ja vaatleme seda algul väikesel, siis suurel suurendusel. Pöörame tähelepanu eelkõige pinnulaariale. Joonistame pinnulaaria kuju, tähistame kesk- ja polaarsõlmed, viirulise pinna ja õmbluse poolmel. Elaval pinnulaarial võime näha kaht pruuni kromatofoori, protoplasmat ja tuuma. Mõnikord võime märgata ka pinnulaaria liikumist.

Koos pinnulaariatega esineb mikroskoobi vaateväljas ka teisi ränivetikaid (joonis 95).

Sinivetikad ostsillatooria (*Oscillatoria*) ja pilvvetikas (*Nostoc*). Orgaaniliste ainetega reostatud vees esineb alati sinivetikate kübemeid. Neid võib leida seisva veega purkidest; mõnikord kasvab ostsillatooria akvaariumiseintel.

Valmistame sinivetikatest preparaadi. Ostsillatooria peenikesed niidid on vaheseintega rakkudeks jaotatud, milles puuduvad rakutuumad, sisaldis aga on siniseks värvunud. Joonistame niitja rakise, mikroskoobis aga jälgime niitide hõljuvaid liigutusi.

Pilvvetikas esineb sagedasti rabajärvedes limaste kuni ploomisuuruste kerakestena. Suurel suurendusel võime limases massis

väikestest pilvvetikarakkudest koosnevaid peenikesi ketikesi näha, mida katkestavad heterotsüstid.

Tihti esineb ka teisi sinivetikaid.

Pruunvetikas põisadru (*Fucus*) ja punavetikas hondrus (*Chondrus*). Neid vetikaid vaatleme ja joonistame herbaariumieksemplaride järgi.

BAKTERID (*BACTERIA*)

ÜLDISELOOMUSTUS

Bakterid on kõige väiksemad taimed, neid uuritakse botaanikas ja bakterioloogias; bakterioloogia on laiema teadusharu — mikrobioloogia osa, mille aineks on bakterite kõrval ka teised mikroskoopiliselt väikesed organismid (algloomad, väikesed vetikad ja seened).

Bakterid on peale väheste erandite klorofüllita ja sellepärast kuulub suur osa neist heterotroofsete taimede hulka, s. t. nad on taimed, mis toituvad valmisolevatest orgaanilistest ainetest, mida nad lagundavad lihtsamateks aineteks. Bakterite toimel mineraliseeruvad orgaanilised ained. Vastupidi autotroofsetele, klorofülli sisaldavatele taimedele — orgaaniliste ainete loojatele — on heterotroofsed taimed orgaaniliste ainete lagundajad. Bakterite hulgas on ka autotroofseid, s. t. niisuguseid baktereid, mis omastavad õhu süsihappegaasist süsinikku. Nende hulka kuuluvad rohelised ja purpurbakterid. Purpurbakteritel on roheline klorofüll punase karotinoidiga maskeeritud. Nagu kõik klorofülli sisaldavad taimed, kasutavad ka autotroofsed bakterid oma elutegevuseks valgusenergiat. Peale selle esineb veel kemotroofseid baktereid, s. t. niisuguseid baktereid, mis toituvad ainult anorgaanilistest ainetest, näiteks väävlibakterid, rauabakterid ja nitrifitseerijad bakterid. Need bakterid saavad vajalikku energiat anorgaanilistest ainetest nende oksüdeerumisel.

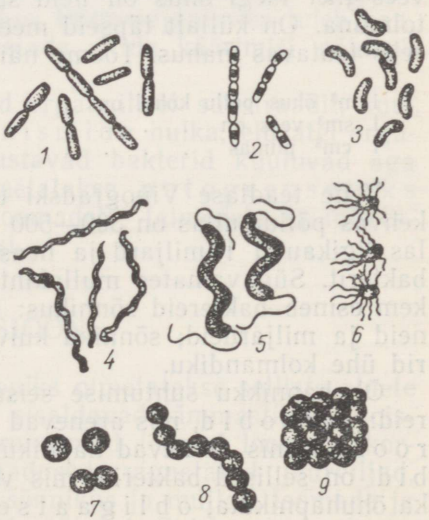
BAKTERITE SUURUS, KUJU JA PALJUNEMINE

Bakterid on kõigist organismidest kõige väiksemad, nad seisavad looma- ja taimeriigi piiril. Nende suurust mõõdetakse millimeetri tuhandikosadega (mikromeetriga)[1]. Nendel väikestel ainuraksetel

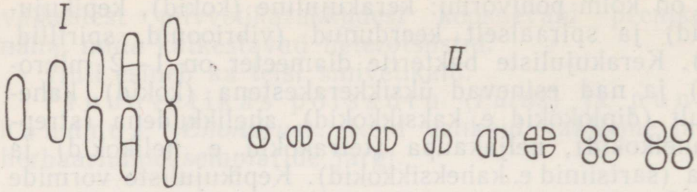
[1] Mikromeeter (μm) on 0,001 mm. Bakteritest alla 0,2 μm teame veel vähe, sest nad pole optilistes mikroskoopides nähtavad. Neid avastatakse elektronmikroskoopide abil, mis suurendavad kümneid, isegi sadu tuhandeid kordi. Need mikroskoobid annavad fotodel bakterite vormide siluette. Näha on kesti, protoplasma väljakasve — ripsmekesi, vibureid. Eri riistade (külmutusmikrotoomide) abil saab valmistada peenimaid bakterilõike, preparaate ning fotosid, mis aitavad bakterite rakusisu ehitust tundma õppida.

organismidel on kolm põhivormi: kerakujuline (kokid), kepikujuline (batsillid) ja spiraalselt keerdunud (vibrioonid, spirillid, spirohheedid). Kerakujuliste bakterite diameeter on 1—2 mikromeetrit (μm) ja nad esinevad üksikkerakestena (kokid), kahekaupa liitunult (diplokokid e. kaksikkokid), ahelikkudena (streptokokid e. ahelkokid), neljakaupa (tetrakokid e. nelikokid) ja kaheksakaupa (sartsiinid e. kaheksikkokid). Kepikujuliste vormide suurus on 1—8 mikromeetrit ja rohkem. Nad muutuvad tugevasti oma kujult. Kõiki kepikujulisi vorme, mis ei moodusta eoseid, nimetatakse b a k t e r i t e k s, eoseid moodustavaid vorme nimetatakse aga b a t s i l l i d e k s. Tuntud on tuberkuloosi- ja paratüüfusebakterid jt., võihappelise käärimise ja siberi katku batsillid jt. Spiraalsete vormide hulgas eristatakse keerdude arvust sõltuvalt vibrioone (neil on üks komakujuline keerd), spirille (3—4 harva keeruga) ja spirohheete (arvukate pika spiraali sarnaste keerdudega). Esineb ka niitjaid bakterivorme, samuti liikuvaid, viburitega varustatud baktereid (joonis 98). Bakterite liikumiskiirus on väike: ühes sekundis võrdub see näiteks kahekordse bakteriniidi pikkusega. Viburid ja ripsmed tekivad liikuvatel vormidel ainult vedelas keskkonnas, kõval substraadil elamisel need kaovad. Enamik bakteritest ei ole liikuvad; neid kannavad edasi vee- ja õhuvoolud. Mõned lima eritavad bakterid moodustavad paljunedes kogumeid — zooglöasid.

Bakterrakul on õhuke värvitu kest, mis on mikroskoobis eristatav ainult suurematel vormidel. Kest koosneb valkainetest ja mõnedest lämmastikuta ühenditest (polüsahhariidid, lipoidid). Bakterite tsütoplasma sisaldab valke ja lipoide, milles ladestub rasv ja tärklise asemel glükogeen (loomne tärklis). Tavalist



Joonis 98. Bakterid:
1 — bakterid; *2* — batsillid; *3* — vibrioonid; *4* — spirohheedid; *5* — bakterite viburivormid; *6* — ripsmelised vormid; *7* — kokid ja diplokokid; *8* — streptokokid; *9* — sartsiinid.



Joonis 99. Bakterite jagunemise skeem:
I — bakteri jagunemine. *II* — koki jagunemine.

tüüpi tuum puudub, esineb nn. nukleaarkeha, mis kujutab ebamääraselt piiritletavat tuumaainet. Tuumaaine (DNH ja RNH) on nagu sinivetikateski difuusselt tsütoplasma osakeste vahel jaotatud.

Bakterid paljunevad jagunemise teel: kokid jagunevad kahes vastastikku perpendikulaarses suunas, kepikujulised bakterid aga põikisuunas (joonis 99). 30° temperatuuris jagunevad heinabatsilli (*Bacillus subtilis*) rakud iga 20—25 minuti järel.

Kuivamisel moodustavad bakterid (batsillid) vastupidavaid eoseid (spoore). Eosed tekivad bakterite rakus, protoplasma tiheneb ja kattub tiheda kestaga. Eos vabaneb rakust pärast emaraku kesta lahustumist. Soojuse ja niiskuse poolest soodsatesse tingimustesse sattudes hakkab eos kasvama, s. o. tema tihe kest puruneb, vabanenud sisu aga, mida katab õhuke kest, hakkab jagunema.

Bakstereid on looduses arvutul hulgal. Raske on leida kohta, kus ei ole bakstereid. Neid on hulganisti sõnnikus, mullas, piimas, vees jne. Isegi õhus on neid suurel hulgal peenima nähtamatu tolmuna. On küllalt täpseid meetodeid bakterite hulga määramiseks teatavas mahus. Toome näiteks mõned arvutuste tulemused:

1 m^3 õhus põllu kohal on	100 bakterit
1 sm^3 vees on	1 000 „
1 cm^3 piimas	1 000 000 „

Vene teadlase Vinogradski tööd näitavad, et ühes grammis kehvas põllumullas on 300—500 miljonit bakterit, keskmises mullas ligikaudu 1 miljard ja heas mullas rohkem kui 2 miljardit bakterit. Sügavamates mullakihtides bakstereid ei ole. Kõige rohkem esineb bakstereid sõnnikus: ühes mm^3-s on neid sadu miljoneid ja miljardeid; sõnniku kuivainekaalust moodustavad bakterid ühe kolmandiku.

Õhuhapnikku suhtumise seisukohalt on kahesuguseid bakstereid: aeroobid, mis arenevad hapniku juuresolekul, ja anaeroobid, mis arenevad hapnikuta. Fakultatiivsed aeroobid on sellised bakterid, mis võivad areneda õhuhapnikus, aga ka õhuhapnikuta; obligaatsed aeroobid arenevad ainult

hapniku manulusel, obligaatsed anaeroobid arenevad aga ainult hapnikuta keskkonnas.

Päikesekiired on bakteritele kahjulikud. Baktereid hävitavad sinised, violetsed ja ultravioletsed kiired. Valguskiiri kasutatakse mitmesuguste haiguste ravimisel, näiteks «kõrgustikupäikest» luutuberkuloosi ja teiste haiguste puhul. Valgus on ka üheks teguriks jõgede isepuhastumisel bakteritest.

BAKTERITE TÄHTSUS LOODUSES JA PÕLLUMAJANDUSES

Ühed bakterid on kasulikud, teised kahjulikud.

Bakterite tähtsus seisab eelkõige selles, et nad põhjustavad ainete ringkäiku looduses. Bakterid mineraliseerivad keerukaid orgaanilisi aineid, muudavad neid lihtsamateks aineteks. Kui poleks baktereid, kattuks maakera varsti loomalaipade ja surnud taimedega ning elu muutuks võimatuks. Mikroskoop on aidanud tõestada, et igas lagunevas kehas areneb suurel hulgal baktereid. Bakterite hulgalist ilmumist lagunevatesse ainetesse seletatakse bakteritele soodsate paljunemistingimustega; bakterite spoorid langevad kehadele ümbritsevast keskkonnast. On tõestatud, et kui tappa bakterid ja nende spoorid orgaanilises aines ja välistada uute bakterite tungimise võimalus sellesse orgaanilisse ainesse, siis lagunemist ei toimu. See möödunud sajandi avastus on etendanud määratu suurt osa tegelikus elus, näiteks konservitööstuse arendamisel, kirurgias, mikrobioloogilises praktikas, piimanduses jm.

Mitmesuguste bakterite tegevusest on suurel määral tingitud ka looduses kulgev gaaside vahetus. Põllumajanduses tuleb saaduste säilitamisel baktereid arvestada. Rida käärimisi põhineb bakterite tegevusel.

Bakterid, mis elunevad surnud orgaanilisel substraadil, kuuluvad saprofüütsete organismide hulka, elusatel organismidel elunevad ja neid kahjustavad bakterid kuuluvad aga parasiitide hulka ja neid nimetatakse patogeenseteks bakteriteks. Viimased tekitavad loomadele, taimedele ja inimestele infektsiooni-(nakkus-) haigusi.

ROISKUMINE JA NITRIFIKATSIOON

Roiskumiseks ehk ammonifikatsiooniks nimetatakse selliste ainete lagundamist bakterite poolt, mis sisaldavad lämmastikku. Roiskumisprotsessi esineb igal pool: roiskuvad lõpnud loomade korjused ja taimed, liha- ja kalasaadused, vigastatud juurviljad, lehed metsas, taimed veekogudes, sõnnikus ja mullas; loomade ja inimeste jämesooles roiskuvad toidujäätmed. Roiskumisega kaas-

neb süsihappegaasi eraldumine, samuti paljude teiste halvasti lõhnavate gaaside (indooli, skatooli, vesiniksulfiidi, metaani jt.) eritumine. Peale selle eritub roiskumisel orgaanilisi mürke — p t o m a i i n e, mistõttu loomi ei või riknenud söödaga sööta. Roiskumisprotsessist võtavad osa mitmesugused bakteriliigid, nii aeroobsed kui anaeroobsed. Ühed bakteriliigid lagundavad keerukaid orgaanilisi aineid lihtsamateks, millest toituvad teised liigid, teiste bakteriliikide floora vahetub kolmandate liikidega jne., kuni orgaaniline aine mineraliseerub lihtaineteks, nagu vesi, mineraalsoolad, süsihappegaas, ammoniaak, vesiniksulfiid jt. Seejuures vabanev, orgaanilises aines peituv energia läheb bakterite elutegevuseks. Mõnikord muutub energia jääk soojuseks, näiteks lagunevates heintes, või eraldub valgusena, niinimetatud helenduvate bakterite puhul, näiteks riknenud liha roiskumisel.

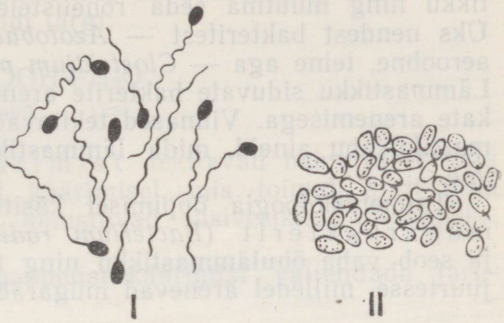
Käsitleme nüüd bakterite tegevust sõnnikus ja mullas. Eelkõige tuleb meeles pidada, et sõnnik sisaldab suurel hulgal kusiainet $\left(CO\begin{matrix}NH_2\\NH_2\end{matrix}\right)$, mis seob a m m o n i f i t s e e r i j a t e b a k t e r i t e mõjul kaks molekuli vett (H_2O) ja muundub ammooniumkarbonaadiks $(NH_4)CO_3$:

$$CO(NH_2)_2 + 2H_2O = (NH_4)_2CO_3.$$

Sellega ei jää protsess tavaliselt peatuma, sest $(NH_4)_2CO_3$ laguneb sõnnikus ja mullas, moodustades $2NH_3$, CO_2 ja H_2O. Ammoniaagi ja mullas esinevate hapete vastastikusel toimel moodustuvad püsivad ammooniumisoolad (näiteks $2NH_3 + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$).

Ammooniumisoolad muunduvad sõnnikus ja mullas suurel hulgal esinevate nitrifitseerijate bakterite mõjul lämmastikushappe vahepealse faasi kaudu lämmastikhappesooladeks. Selles protsessis vabanenud oksüdeerumisenergia läheb nitrifitseerijate bakterite elutegevuseks. Nitrifikatsioon on salpeetri tekkimise protsess mullas ning me teame, milline määratu suur tähtsus on sellel soolal roheliste taimede kasvuks. Et niisugune salpeetri tekkimine on bioloogiline protsess, seda tõestasid esimestena G. Schloesing ja A. Müntz. Nad võtsid pikad jämedad klaastorud ja täitsid need liivaga. Siis valasid nad ülemisest otsast torusse ammooniumisoolalahust ja uurisid vedelikku, mis väljus toru alumisest otsast. Väljajooksnud vedelik sisaldas lämmastikhappesooli, ammooniumisoolad olid aga kadunud. Liivaga täidetud torusid kloroformiga töödeldes või neid kuni 110° soojendades sedastasid uurijad, et sel juhul katkeb ammooniumisoolade salpeetriks muutumine, millest nad järeldasid, et nitrifikatsioon sõltub mingisugustest elavatest mikroorganismidest.

Kuulus vene mikrobioloog S. Vinogradski sai 1889. aastal mullast kahte liiki nitrifitseerijate bakterite puhaskultuuri, mis



Joonis 100. Bakterid:
I — nitrosomoonas, *II* — asotobakter.

esinevad alati koos ja on omapärases sümbioosis. Esimene bakter (*Nitrosomonas*) (joonis 100, *I*) muudab ammooniumisoolad, täpsemalt nende lagunemisel eralduva ammoniaagi lämmastikushappeks:

$2NH_3 + 3O_2 = 2HNO_2 + 2H_2O + 158$ kalorit, s. t. toimub esimene nitrifikatsioonifaas. Lämmastikushape ei kogune, vaid oksüdeerub samas teise bakteri (*Nitrobacter*) toimel lämmastikhappeks:

$2HNO_2 + O_2 = 2HNO_3 + 38$ kalorit. Lämmastikhape moodustab katioonidega Na^+, Ca^{++}, K^+ jt. toimides salpeetri.

Hiljem on eri maade muldadest samasuguseid baktereid leitud. Nitrifikatsioon sõltub mullas sisalduvast niiskusest, kaltsiumisooladest, mida läheb vaja lämmastikhappe sidumiseks, ja õhust, sest nitrifitseerijad bakterid kuuluvad obligaatsete aeroobide hulka. Siit selgub, miks mulda on tarvis õigesti ja sügavalt harida.

Nagu ülaltoodud reaktsioonivalemitest nähtub, kaasneb nitrifikatsiooniga energia vabanemine. Seda keemilist, oksüdeerumisenergiat kasutatakse süsihappegaasi lagundamiseks ja orgaaniliste ainete moodustamiseks, mis kuuluvad bakterite koostisse. Selliste orgaaniliste ainete sünteesi, kus toimub ühe keemilise energia vormi muundumine teiseks, nimetatakse kemosünteesiks.

Nagu vastukaaluks neile kasulikele bakteritele esineb väga tihedates muldades denitrifitseerijaid baktereid, mis lagundavad lämmastikhappesooli kuni vaba lämmastiku eraldumiseni õhku. Denitrifikatsioon on põllumajandusele kahjulik protsess, mille vastu tuleb alalist võitlust pidada. Mulla tihenemine, mis tuleneb väärast mullaharimisest ja tiheda kooriku tekkimisest mullapinnal, soodustab seda kahjulikku protsessi, sest denitrifitseerijad bakterid on anaeroobid.

Peale loetletud bakterite on mullas veel väga huvitavaid ja kasulikke baktereid, mis on võimelised siduma vaba õhulämmas-

tikku ning muutma seda rohelistele taimedele kättesaadavaks. Üks nendest bakteritest — *Azotobacter* (joonis 100, *II*) — on aeroobne, teine aga — *Clostridium pasteurianum* — anaeroobne. Lämmastikku siduvate bakterite arenemine on seotud mullavetikate arenemisega. Viimased tekitavad süsivesikuid ja teisi lämmastikuvabu aineid, mida lämmastikku siduvad bakterid vajavad.

Taimefüsioloogia õppimisel käsitleme kasulikku bakterit — mügarbakterit (*Bacterium radicicola*), mis esineb mullas ja seob vaba õhulämmastikku ning tungib liblikõieliste taimede juurtesse, milledel arenevad mügarad.

KÄÄRIMISED

Suurem osa bakteritest vajab arenemiseks orgaanilist ainet. Fermentide kaasabil lõhustavad nad selle lihtsamateks ühenditeks. Lämmastikuvabade ühendite (süsivesikute) lagundamist bakterite (ja seente) kaasabil nimetatakse käärimiseks.

Piimhappelist käärimist tekitavad mitmed piimhappebakterite liigid (*Streptococcus lactis, Bacterium bulgaricum, Bacterium caucasicum* jt.). Käärimisprotsess seisab selles, et piimasuhkru- ehk laktoosimolekul muundub kaheks heksoosimolekuliks ($C_{12}H_{22}O_{11}+H_2O=2C_6H_{12}O_6$), kusjuures iga heksoosimolekul laguneb kaheks piimhappemolekuliks:

$$C_6H_{12}O_6=2C_3H_6O_3$$

suhkur — piimhape

Piimas tekkiv hape kalgendab valgu — kaseiini — tihedaks massiks, mille tulemusena tekib hapupiim. Piimhape takistab roiskumisbakterite paljunemist. Piima hapnemisel koguneb piimhapet kuni 1%. Heade omadustega hapupiima valmistamiseks keedetakse piim või pastöriseeritakse[1] ning rikastatakse siis piimhappebakterite puhaskultuuriga.

Äädikhappeline käärimine muudab etanooli e. etüülalkoholi äädikhappeks. Käärimist tekitavad bakterid, mille tõttu õlle või lahja veini pinnale tekib kile. Käärimine seisab etanooli hapendumises ja seepärast võib ta toimuda ainult õhu

[1] Piima ja teiste saaduste pastöriseerimiseks nimetatakse nende lühiajalist (2—3 minutit kestvat) soojendamist 80—85° temperatuuris või 20—30 minutilist soojendamist 63—65° temperatuuris. Erinevalt steriliseerimisest, milles hävivad kõik bakterid ja nende spoorid, hävib pastöriseerimisel vaid kuni 90% haigusi tekitavaid ja piimhappebaktereid, seevastu säilivad aga suuremal määral kui keetmisel piima kasulikud koostisosad (vitamiinid, piimasuhkur, rasvained jt.).

juurdepääsul. Hapendumissaadusteks on äädikhape ja vesi. Protsess toimub järgmise võrrandi järgi:

$$CH_3CH_2OH + O_2 = CH_3COOH + H_2O.$$
alkohol hapnik äädikhape vesi

Võihappelist käärimist tekitavad bakterid ei vaja õhuhapnikku. Võihappelisel käärimisel, mis toimub alati ilma õhuhapniku juurdepääsuta, lõhustuvad süsivesikud võihappeks, süsihappegaasiks ja veeks.

Skemaatiliselt võib võihappelist käärimist väljendada järgmise võrrandiga:

$$C_6H_{12}O_6 = C_3H_7COOH + 2CO_2 + 2H_2.$$
glükoos võihape süsihappegaas vesinik

Söötade sileerimisel esinevad kõik ülalloetletud käärimisliigid. Tuleb siiski meeles pidada, et positiivne tähtsus on seejuures piimhappelisel käärimisel, võihappeline käärimine on aga äärmiselt kahjulik. Sileerimisel peenendatakse roheline mass 4—4,5 cm pikkusteks osadeks, niiskus aga hoitakse ligikaudu 57—70% piirides. Haljasmassi piimhappebakteritega nakatamiseks soovitatakse peenendatud haljasmassi piserdada kooritud hapupiimaga, arvestusega näiteks 1 liiter hapupiima 1 tonni massi kohta. Massi vajumisel tuleb tühi osa täiendavalt täita.

Looduses esineb veel kaks rühma huvitavaid baktereid — *väävlibakterid* ja *rauabakterid*. Esimesed neist neelavad vesiniksulfiidi (H_2S), mis eraldub valguühendite roiskumisel. Nad muudavad neelatud vesiniksulfiidi esiteks väävliks ja siis väävelhappeks ($H_2S + 2O_2 + H_2SO_4 + 115$ kalorit), mis muutub süsihappesoolade juuresolekul väävelhappeühenditeks ning seega uuesti rohelistele taimedele kättesaadavaks. Väävelsulfiidi väävlibakteritega oksüdeerumise protsessi avastas S. Vinogradski.

Rauabakterid (näiteks *Leptothrix*) elavad soovees ja rauda sisaldavates allikates. Need bakterid muundavad kahevalentseid rauasooli (näiteks $FeCO_3$) kolmevalentseteks rauaühenditeks (näiteks $Fe_2(OH)_6$). Oksüdeerumine toimub võrrandi järgi: $2FeCO_3 + 3H_2O + O = Fe_2(OH)_6 + 2CO_2 + 29$ kalorit. Arvatavasti on kõik näinud nende bakterite tegevuse tulemusi punakaspruunide raud(III) hüdroksiidi räitsakuliste massidena kuivendatavate soode vee pinnal. Rauabakter leptootriks koosneb peenimast hulkraksest hargnematust niidist, mida ümbritseb limane tupp ja mis on immutatud raud(III) hüdroksiidiga. Väävli- ja rauabakterid kuuluvad samuti nagu nitrifitseerijad bakterid, kemosünteesivate bakterite hulka, sest nad saavad oma elutegevuseks vajaliku energia anorgaaniliste ainete oksüdeerumisest. Osa energiat süsiniku assimileerimise protsessiks kulutades võivad need bakterid elada, ilma et vajaksid toiduks valmis orgaanilisi aineid.

PATOGEENSED BAKTERID

Patogeensed bakterid on parasiidid, mis organismi sattudes soodsatel arenemistingimustel kiiresti paljunema hakkavad. Nad tekitavad inimesel, loomadel ja taimedel väga mitmesuguseid nakkushaigusi. Inimese ja loomade nahk kaitseb organismi hästi nakatumise vastu ja patogeensed bakterid pääsevad verre ainult haavandite ning putukate pistete kaudu.

Inimese ja loomade organismi hellaks kohaks on aga suu- ja ninaava, mille kaudu bakterid tungivad ninakoopasse ning seede- ja hingamisorganitesse (kõhutüüfus, koolera, tuberkuloos, katk ja paljud teised haigused).

Mõned patogeensed bakterid on veel avastamata. Palju patogeenseid baktereid on aga avastatud ja läbi uuritud ning võitlust nendega peetakse mitmel viisil.

Inimese ja loomade organismi võitlus verre sattunud mikroobidega toimub I. Metšnikovi järgi fagotsüütide (bakteriõgijate), s. t. vere valgeliblede abil. Selle võitluse edust oleneb tervenemine või nakatatud organismi hävimine. Organismi immuunsus, s. t. haigustele vastuvõtmatus, oleneb samuti vere vedelast osast, kuhu kogunevad vastumürgid ehk antitoksiinid, mis etendavad tähtsat osa haiguste vastu võitlemisel.

Kõrgemate taimede haigusi, mis on tekitatud parasiitbakterite poolt, nimetatakse b a k t e r i o o s i d e k s. Taimed kannatavad parasiitbakterite läbi harvemini kui loomad, sest nad on b a k t e r i t e sissetungimise vastu hästi kaitstud (epidermiga, kutiikulaga, koorega). Peale selle ei soodusta taimede rakumahla happeline reaktsioon bakterite elutegevust. Taime parasiitbaktereid esineb õunapuul ja teistel viljapuudel, samuti peedil, kartulil, tomatil, kapsal, porgandil ja paljudel teistel kultuuridel. Näiteks kui viljapuudeokste koor tõmbub kortsu, lõheneb ja langeb osadena maha, esineb haigus, mida nimetatakse viljapuu-bakterpõletikuks. Seda tekitab batsill (*Bacillus amylovorus*). Kartuliringmädanik, mida tekitab bakter (*Bacterium sepitonicum*), põhjustab mugulas juhtkimpude ringi pruunistumist. Tuntakse ligi sada liiki bakterioosi.

Iga bakterioosi vastu rakendatakse spetsiifilisi tõrjevahendeid, mida õpitakse tundma taimehaiguste (fütopatoloogia) kursuses. Kõiki kultuure kaitsevad haigestumiste vastu aga järgmised üldabinõud: hea agrotehnika, seemnete ja istutusmaterjali desinfitseerimine, vastupidavate sortide valik, koristatud taimede head säilitamistingimused, haigete taimede või nende nakatatud osade kõrvaldamine, kaitse mehhaaniliste vigastuste vastu, tüvede ja nakatatud osade lubja ja määretega määrimine, õige külvikord ja taimede kasvatamiseks sobiva koha valik.

Taimede elus etendavad suurt osa b a k t e r i o f a a g i d, mis lahustavad elusaid baktereid. Bakteriofaage ei ole optilises

mikroskoobis näha. Viimasel ajal on elektronmikroskoobi abil korda läinud kindlaks teha, et bakteriofaagid on kujult ümmargused või piklikud ja paiknevad bakterrakkude pinnal. Bakteriofaagide suurus kõigub 0,04-st kuni 0,1 mikromeetrini. Neid on leitud ka mullas.

Möödunud sajandi lõpul jõudis vene teadlane D. Ivanovski tubakalehtede mosaiikhaigust uurides seisukohale, et seda haigust põhjustab filtreeruv viirus. Mosaiikhaigust esineb ka kartuli-, peedi-, tomati-, kõrvitsa- jt. lehtedel. Väliselt avaldub haigus selles, et lehtedele ilmuvad heledad klorofüllita laigud, mis vahelduvad tumeroheliste aladega, kus esineb klorofüll. Lehed keerduvad seejuures kokku ja saak langeb. Haigusetekitajat ei õnnestunud aga avastada ja teda nimetati *filtreeruvaks viiruseks*, sest ta läheb vabalt läbi kõikidest filtritest, mida mikrobioloogias kasutatakse. Viirushaigusi tuntakse üle paarisaja. Nende hulka kuuluvad näiteks rõuged, marutõbi, hobuste infektsiooniline aneemia, suu- ja sõrataud, sarlakid, leetrid ja palju teisi. Loomade viirushaigused on nakkavad ja nendega peetakse võitlust kaitsepookimiste abil. Viirushaigused kanduvad kergesti taimelt taimele. Tänapäeval on teada, et filtreeruva viiruse nakatavaks algeks on molekulid, mis koosnevad valkudest ja nukleiinhapetest. Nende suurust mõõdetakse nanomeetritega. Nad paljunevad loomade ja taimede rakkudes.

BAKTERITE HÄVITAMINE JA NENDE ELUTEGEVUSE HALVAMINE

Bakterite mürkainetega hävitamist nimetatakse *desinfektsiooniks*. Desinfitseerivateks mürkideks on sublimaat (1000 osa vee kohta 1 osa sublimaati), fenool (3—5%-line lahus), formaliin ja piiritus. Boorhappe- ja vesinikperoksiidilahus on nõrgemad desinfektsioonivahendid. Peale selle võideldakse bakterite paljunemise vastu madala temperatuuriga (saaduste säilitamine keldrites ja külmutushoonetes), samuti ka soolamise, marineerimise, suitsutamise ja teiste selliste võtetega.

Steriliseerimiseks nimetatakse kõikide elavate bakterite ja nende eoste (spooride) hävitamist kõrge temperatuuriga; soojendamine, keetmine ja kuumutamine hävitavad baktereid.

Operatsiooniinstrumendid ja sidumismaterjalid peavad olema steriliseeritud.

Piima ja vee keetmisel, samuti ka toidu valmistamisel hävib enamik baktereid. Kuid ainult pikemaajaline soojendamine hävitab bakterid täielikult. Bakterite hävitamiseks on tingimata nõutav nõude ja materjalide kuumutamine ühe tunni jooksul 150—170° temperatuuris. Keetmine 100° juures steriliseerib täielikult, kui seda tehakse korduvalt, näiteks kolm päeva järjestikku 20

minuti jooksul. Keetmise vaheaegadel hakkavad bakterite spoorid kasvama, järgmisel keetmisel nad aga hävivad. Kuumutamine autoklaavis[1] annab palju kiiremini tulemusi. Nii steriliseerib 20—30-minutiline kuumutamine +120—130° temperatuuris 2—2,5-atmosfäärise rõhu juures toiduaineid küllaldaselt. Mõnede bakterite spoorid on eriti vastupidavad, näiteks säilivad siberi katku spoorid mullas kümneid aastaid. Seepärast tuleb siberi katku surnud loomade korjustega eriti ettevaatlik olla. Vastupidavad on ka teetanusebakterid, mis esinevad mullas.

On tõestatud, et mõnede bakterite spoorid taluvad madalat temperatuuri kuni —250° ja kuumutamist kuni +113° 3/4 tunni kestel. Bakterid, millel pole spoore, hävivad suuremalt osalt +60—70° juures. Kuumades allikates elavad termofiilsed bakterid +50—70° juures. Steriliseerimiseks on olemas kapid, milles soojendatakse nõusid ja instrumente, kasutatakse ka sterilisaatoreid ja autoklaave.

Vedelikke ja gaase filtreeritakse mitut süsteemi filtrite abil. Vattkorgid, millega on suletud nõude avad, ei lase baktereid läbi.

Bakterite kasvatamiseks kasutatakse termostaati, mis kujutab endast elektriliste soojenduselementidega soojendatavat metallkappi, milles temperatuuri reguleeritakse automaatselt.

Termostaati asetatakse bakterid söötmetele, milleks kasutatakse näiteks lihapeptoon-želatiini[2].

Steriliseerimise, desinfitseerimise ja pastöriseerimise küsimuste uurimine, samuti ka bakterite puhaskultuuride meetodi kasutuselevõtmine on seotud prantsuse teadlase Louis Pasteuri nimega (elas möödunud sajandi teisel poolel). Bakterioloogia kui teaduse edu eest võlgneme suurel määral tänu tema poolt Pariisis asutatud instituudile, kus kaua aega töötas ka vene teadlane I. Metšnikov. Alles pärast uute uurimismeetodite põhjalikku teoreetilist läbitöötamist algas paljude nakkushaiguste ja nende tõrje uurimine. Edukalt kasutatakse steriliseerimist ja desinfitseerimist kirurgiliste operatsioonide juures, laialdaselt rakendatakse pastöriseerimist toiduainetetööstuses.

BAKTERITE KASVATAMINE ŽELATIINIL

Bakterite kasvatamine želatiinil toimub järgmiselt. Kõigepealt steriliseeritakse katseklaasid, kolvid ja Petri kausid kuiva kuumusega kuivatuskapis. Seejärel pannakse želatiin väikeste tüki-

---

[1] Autoklaav on tugev õhukindlalt suletav metallnõu, kus toimub auruga steriliseerimine suurema kui atmosfäärilise rõhu ja üle 100° temperatuuri juures.

[2] Želatiin on puhas kondiliim, mis on valmistatud kontide ja kõõluste keetmisel.

kestena läbipaistva lihapuljongiga kolbi, kuhu lisatakse bakterite söötmena veel suhkrut ja peptooni. Seejärel soojendatakse kolvis olevat segu ja valatakse Petri kaussidesse või katseklaasidesse. Pärast seda suletakse klaaskausid klaaskaanega, katseklaasid aga vattkorgiga, et sinna ei satuks baktereid. Siis steriliseeritakse katseklaasid ja Petri kausid uuesti. Et söötmes kõiki baktereid surmata, steriliseeritakse söödet 20 minuti kestel kolm päeva järjest (ositisterilisatsioon).

Pärast seda peab kogu vedelik Petri kaussides horisontaalseks hanguma. Steriliseeritud želatiiniga katseklaase hoitakse jahutamisel vertikaalselt või kaldu, kusjuures saadakse tasa- või kaldpinnaline söötmepind. Siis võetakse kuumutatud plaatinanõelaga, mille pidemeks on klaaspulk, baktereid ja kantakse need hangunud massi kas joont tõmmates või pistet tehes. Bakterid jäävad söötmele püsima. Kui kausid ja katseklaasid asetada vastava temperatuurini soojendatud termostaati, hakkavad bakterid kiiresti kasvama. Mõne aja pärast võime kohtades, kuhu tehti piste, täpikesi näha. Sel viisil võib kasvatada baktereid, lugeda aga ka täpikeste arvu, s. o. bakterikolooniate arvu. *Ühetaoliste bakterite rühma järglasi, mis koosnevad ühesugustest rakkudest ja on vabad kõrvalistest organismidest, nimetatakse bakterite puhaskultuuriks. Puhaskultuuride meetodi abil uuritakse üksikuid bakteriliike.*[1]

Baktereid kasvatatakse veel agar-agaril, ainel, mida saadakse pruunidest merevetikatest. Nii nagu želatiin, lahustatakse ka agar lihapuljongis ja lisatakse suhkrut ja peptooni. Bakterite puhaskultuuride agaril ja želatiinil kasvatamise metoodika on põhiliselt sarnane. Väliselt meenutab agar-agar läbipaistvat tarretist, kuid sulab umbes 100° ja hangub 40° juures, želatiin aga 22—26° juures. Seepärast võib agaril saada bakterite puhaskultuure, mille eluvõime optimaalne temperatuur on üle 26°, näiteks 37°.

Baktereid võib kasvatada veel kartuli- ja õunalõikudel, mis on eelnevalt steriliseeritud. Baktereid eristatakse nende omaduste järgi ja nimelt: ühed on võimelised želatiini veeldama, teised võivad teda punaseks, kollaseks, siniseks ja muuvärviliseks värvida. Pigmentbakter (*Bacterium prodigiosum*), mis mõnikord eluneb nisuleival, on veripunane.

See lühikegi ülevaade mikrobioloogia küsimustest näitab, kui suure tähtsusega on need organismid niihästi ainete ringes, mis toimub looduses, kui ka põllumajandusliku tootmise praktikas.

Paljude põllumajanduslike küsimuste lahendamisel peab mikrobioloogiale tähtsaim osa kuuluma. Mulla bakteritega nakatamine (näiteks liblikõieliste kultuuride puhul), sõnniku hoidmine, sileerimine, pruunheina valmistamine, piimandus jne. on seotud bakterite elutegevusega.

[1] Puhaskultuuride meetodit kasutatakse ka mikroskoopiliselt väikeste seente ja vetikate kasvatamisel.

Heinabatsillide (*Bacillus subtilis*) tundmaõppimine. Paneme väikesesse kristallisaatorisse veidi heina ja valame sooja veega üle. Mõne päeva pärast selle vee tilka mikroskoobis vaadeldes võime näha hulgaliselt üherakulisi organisme (infusoore ja amööbe), samuti ka lugematut arvu tillukesi liikuvaid «punkte». Viimaseid näeb tugeval suurendusel. Need ongi heinabatsillid.

Selleks, et neid eraldada ja vaadelda, paneme kolbi heina, lisame vett ja soojendame keemiseni. Pruunistunud vedeliku filtreerime teise kolbi, suleme vattkorgiga ja keedame tund aega. Kõik elusad organismid hävivad seejuures, läbipaistvas vedelikus elavad ainult heinabakterite kepikeste spoorid.

Hoiame vedelikuga kolbi soojas kohas, näiteks termostaadis 20—25° juures. Mõne päeva pärast tõmbub vedelik kolvis sogaseks, pinnale aga tekib kile. Valmistame kaks preparaati. Võtame pika pipetiga tilga sogastunud vedelikku, asetame esemeklaasile ja katame katteklaasiga. Liigne vesi tuleb klaasi alt eemaldada. Teise preparaadi valmistame vedeliku pinnalt võetud kilest.

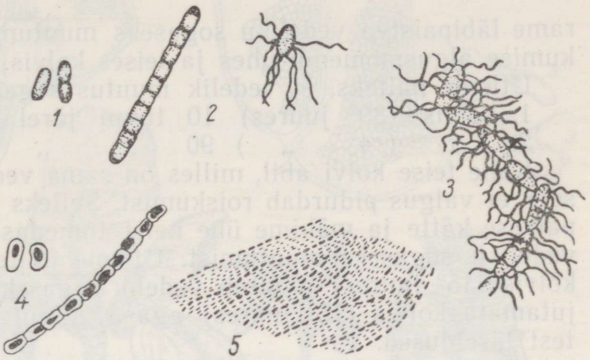
Vaatleme baktereid mikroskoobis spetsiaalse immersioonobjektiiviga, mis võimaldab saada 1000-kordse ja suurema suurenduse. Kasutame immersioonobjektiivi juures seedriõlitilku, asetades need uurimisel õhukesele katteklaasile. Keerame immersioonobjektiivi otsa makromeetrilise kruvi abil seedriõlisse, mille murdumisnäitaja on võrdne klaasi murdumisnäitajaga. Tänu sellele väheneb läätsedel valguse hajumine ja me saame objektiivi, peegli, kondensori ja tema diafragma õigel asetusel selge kujutise.

Ühes vedelikutilgas on miljoneid elusaid baktereid. Heinabatsillirakud on pikergused, veidi ovaalsed ja pidevas liikumises.

Vedeliku pinnalt võetud kiles näeme lima (zooglöad), milles on pikad jagunevate rakkude read. Vanemates kultuurides on rakkudes veel spoore, mis taluvad kuumutamist kuni 140°.

Bakteritel võime näha vibureid. Selleks võtame plaatinanõelaga tilga baktereid sisaldavat vedelikku ja tõmbame selle steriliseeritud esemeklaasi pinnale laiali. Õhuke vedelikukiht kuivab kiiresti. Pärast seda fikseerime bakterid, esemeklaasi piirituslambil kuumutades (tõmbame klaasi mitu korda läbi leegi). Seejärel võtame Ziehli karbolfuksiini, valame seda filterpaberiribakesele, mis on asetatud fikseeritud bakteritele, ja jätame nii 3—4 sekundiks seisma, siis uhame klaasi veejoaga ning kuivatame õhu käes.

Preparaadi uurimisel paneme seedriõlitilga otse värvunud bakbakteritele, mida vaatleme ilma katteklaasita läbi immersioonsüsteemi (joonis 101).



Joonis 101. Heinabatsillid:
1 — üksik batsill ja tema jagunemine; *2* — liikuv ripsmetega vorm; *3* — viburitega ketike; *4* — eoste (spooride) moodustumine; *5* — zooglöad (V. Komarovi järgi).

Mitmesuguste bakterivormide tundmaõppimine. Vaatleme värvitud bakterite püsipreparaate immersioonobjektiiviga mikroskoobis. Nagu eelmiselgi juhul, vaatleme neid katteklaasile asetatud seedriõlitilgas. Soovitatav on vaadelda kepikujulisi mügarbaktereid (*Bacterium radicicola*) liblikõielise taime juurest, nitrifitseerijat viburiga bakterit (*Nitrosomonas*), lämmastikku omastavat bakterit (*Azotobacter*), tuberkuloosibatsille, meningiidikokke, kooleravibrioone, taastuva tüüfuse spiroheete jt.

Katse, mis tõestab, et roiskumist tekitavad bakterid. Valmistame veidi roiskuma läinud vedelikku. Selleks lisame nõrgale (5%-lisele) suhkrulahusele väikese koguse rammusat lihapuljongit. Valame filtreeritud, läbipaistva vedeliku kolme kolbi. Esimese kolvi suleme tihedalt vattkorgiga ja asetame sooja kohta.

Teise kolbi valame 1 cm^3 formaliini, suleme vattkorgiga ja paneme esimese kolvi kõrvale. Suleme ka kolmanda kolvi vattkorgiga, kuumutame teda ettevaatlikult, keedame kolm päeva järjest 20 minuti vältel ja asetame teiste kolbide kõrvale. Järgmisel päeval näeme, et esimeses kolvis on vedelik täiesti sogane, teises ja kolmandas aga läbipaistev ja jääb niisuguseks ka edaspidi.

Missuguse järelduse võime sellest katsest teha?

Temperatuuri ja valguse mõju roiskumist tekitavatele bakteritele. Valame vedeliku, mis on ette valmistatud nagu eelmises katses, nelja kolbi, ja suleme kolvid vattkorgiga. Asetame ühe kolvi sooja kohta (termostaati, temperatuuriga 30°, või soojendava patarei kõrvale), teise jahedamasse (külmutuskappi või keldrisse, temperatuuriga 2—4°). Et vältida valguse mõju, mähime mõlemad kolvid tumedasse paberisse. Mää-

rame läbipaistva vedeliku sogaseks muutumise järgi ainete roiskumise algusmomendi ühes ja teises kolvis.

Ütleme näiteks, et vedelik muutus sogaseks:

1. kolvis (30° juures) 10 tunni järel
2. „ (4° „) 90 „ „

Kahe teise kolvi abil, milles on sama vedelik, jõuame järeldusele, et valgus pidurdab roiskumist. Selleks paneme kolvid aknale päikese kätte ja mähime ühe neist tumedasse paberisse. Jälgime vedeliku sogaseks muutumist. Ütleme näiteks, et varjus olevas kolvis (15° juures) muutub vedelik sogaseks 24 tunni järel, varjutamata kolvis (15° juures) aga 37 tunni järel. Teeme vaatlustest järeldused.

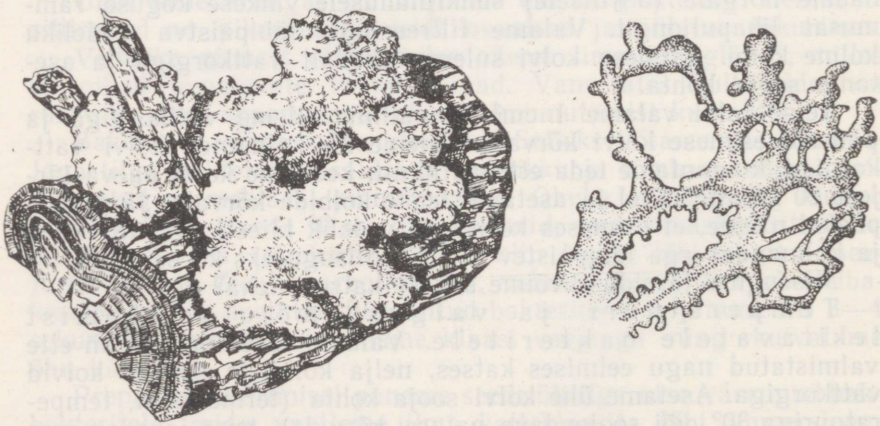
LIMASEENED, SEENED, SAMBLIKUD

LIMASEENED (*MYXOBIONTA*)

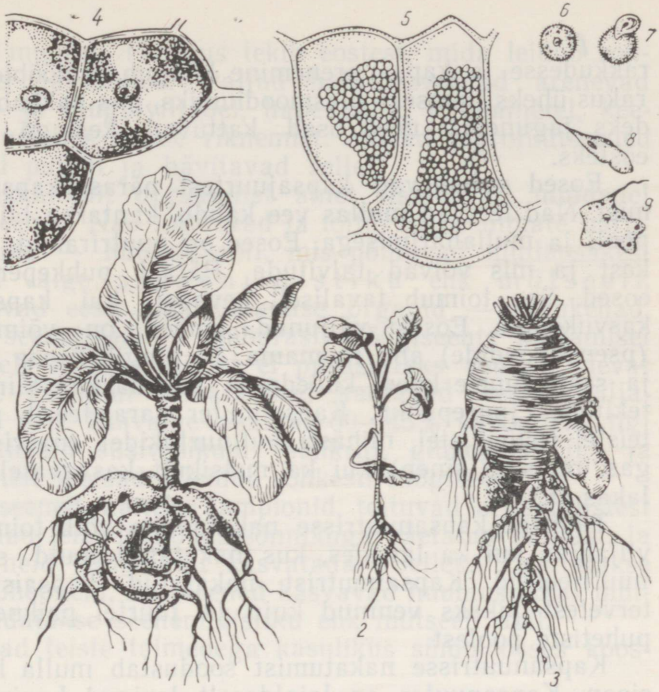
Limaseente vegetatiivne keha koosneb protoplasmaatilisest limasest klorofüllita massist, millel on võime aeglaselt ühest kohast teise roomata. Limaseente ehitus erineb niivõrd teistest harilikest taimedest, isegi seentest, et üks teadlastest (de Bary) nimetas neid seenloomadeks (*Mycetozoa*).

Seni uuritud limaseente arv ulatub 300 liigini.

Limaseente näitena vaatleme etaaliumi (*Aethalium septicum*), mida esineb metsas kändudel, samuti ka nahavabrikute puukoorelaudades (joonis 102). See saprofüüt eluneb surnud orgaanilisel



Joonis 102. Limaseene — etaaliumi plasmoodium (protoplasmamass, kord üksikuteks niredeks eralduv, kord uuesti ühinev).



Joonis 103. Kapsanuuter:

1, 2, 3 — kapsanuuter kapsa- ja kaalikajuurtel; *4* — limasamööbidega juurerakud; *5* — eosed plasmoodiumist tekkinud rakkudes; *6, 7, 8, 9* — eoste idanemine ja amööbide tekkimine.

ainel. Seene plasmoodium on protoplasmaatiline, paljutuumaline mass, mis ulatub mõnikord peopesa suuruseni. Limaseen on kollase värvusega, kollase vahu sarnane ja roomab aeglaselt ning märkamatult kännu või koore pinnal nagu hiigelamööb.

M. Voronin on põhjalikult uurinud limaseent, mis põhjustab nuutri nime all tuntud haigust kapsa ja teiste ristõieliste juurtel (joonis 103). Parasiiti ennast nimetatakse kapsanuutriks (*Plasmodiophora brassicae*).

Kapsanuutrist nakatatud taimed on kidurad, neil on päeval närbunud välimus, nad kasvavad halvasti ja neid võib kergesti maast üles tõmmata; kapsapead arenevad viletsalt või ei arene üldse. Kapsanuutrist nakatatud juured on kattunud pahkadega, mis on kreeka pähkli suurused või suuremad. Need pahad arenevad välja väikesest näsast ja kasvavad pidevalt suuremaks. Algul on nad kõvad, hiljem aga tohletavad ja mädanevad, levitades vastikut haisu. Mikroskoobis on näha kapsa juurerakkude ebanormaalset kasvu ning ka nende ebatavalist sisu: nad sisaldavad peale protoplasti veel limasamööbe. Amööbid paljunevad rakkudes, kasvavad ja täidavad lõpuks kõik rakud. Nende ülemäärase toitainetevajaduse tõttu voolavad orgaanilised ained haigetesse

rakkudesse ja kapsa arenemine kängub. Amööbid liituvad igas rakus üheks limaseks plasmoodiumiks, mis hakkab väikesteks osadeks jagunema: need osad kattuvad kestaga ja muunduvad eosteks.

Eosed vabanevad kapsajuurtest pärast kapsajuurte kõdunemist. Nad levivad mullas vee kaudu, kantakse laiali vihmausside poolt ja mullaharimisega. Eosed on nuutrirakud, mida ümbritseb kest ja mis võivad talvituda. Pärast puhkeperioodi idanevad eosed. See toimub tavaliselt kevadel, kui kapsad istutatakse kasvukohale. Eosest väljunud amööb on võimeline kulendite (pseudopoodide) abil roomama. Ta tungib kapsa juurekarvadesse ja sealt juurte koore kudedesse, kus hakkab kiiresti paljunema, tekitades juurepahku. Kapsanuuter parasiteerib peale kapsa ka teistel ristõielistel, niihästi kultuurliikidel (naeris, kaalikas, rõigas, redis ja sinep) kui ka metsikult kasvavatel (rõikhein, kollakas jt.).

Taimede kapsanuutrisse nakatumine võib toimuda nii köögiviljaaias kui ka lavades, kus nakatatud muld sisaldab kapsanuutrieoseid. Kapsanuutrist nakatatud kapsaistikud erinevad tervetest pikaks veninud kuju ja juurtel paiknevate tillukeste puhetiste poolest.

Kapsanuutrisse nakatumist soodustab mulla happeline reaktsioon. Kapsanuuter on laialdaselt levinud Leningradi oblastist Kurski ja Voroneži oblastini. Kapsanuutri tõrjevahenditest tuleks nimetada nakkuskindlamate sortide valikut, õiget külvikorda, kus kapsast ei kasvatata samal kohal mitte enne nelja aastat, muldade lupjamist, umbrohutõrjet, eriti ristõieliste vastu, millel esineb kapsanuutrit, tervete kapsaistikute ja sügavkünni kasutamist ja nakatatud kapsapeade ning -juurte hävitamist.

SEENED (*FUNGI*)
ÜLDISELOOMUSTUS

Seened on klorofüllita heterotroofsed rakistaimed, s. t. nad on täielikult kohanenud toitumiseks valmis orgaanilistest ainetest. Seentel puuduvad plastiidid. Tundma õpitud seeneliikide üldarv ulatub 70 000.

Eriti kiire kasvu ja paljunemise tõttu on seened looduses laialt levinud. Et neil pole klorofülli, ei ole nad võimelised õhust süsinikku assimileerima ja elavad seepärast saprofüütide ning parasiitidena. *Seente negatiivne osa inimese elus on suurem kui positiivne osa.*

S a p r o f ü ü t s e e n e d elunevad surnud orgaanilisel substraadil. Kupliga kaetud niisutatud saiatükk kattub juba mõne päeva pärast valge hallitusega, mis hiljem valminud sporangiu-

midest mustaks muutub. Hallitus tekib eostest, mida leidub rohkesti õhus, vees ja mullas. Paljud hallitusevormid arenevad vigastatud juur- ja mugulviljadel, hapendatud toiduainetel, keedistel jm., soodustades nende riknemist. Mõned saprofüütseened arenevad niiskel puidul ja hävitavad selle.

Metsades, rikkalikult orgaanilist ainet sisalduvail muldadel kasvavad kandseened. Nad kasvavad ja toituvad peenimate hargnenud seeneniitide — hüüfide abil, mis põimivad mullaosakesi ja moodustavad valge seeneniidistiku ehk mütseeli. Mütseelil arenevad eoste moodustamise organid — viljakehad, mis koosnevad seenejalast ja -kübarast. Söögiseente korjamisel tuleb neid aluselt lõigata nii, et ei purustataks mullas olevat seeneniidistikku. Täielikul kuivatamisel kaotavad seente viljakehad kuni 90% vett. Kuivaine sisaldab 30—45% valkaineid, ligi 10—15% lahustuvaid süsivesikuid (suhkrut, glükogeeni jt.) ja 1—2% rasva. Meie metsades leidub rohkesti söögiseeni.

Mõned kandseened, näiteks šampionid, toituvad orgaanilistest ainetest, mida nad leiavad hobusesõnnikuga väetatud mullast, ja seepärast võib neid kunstlikult kasvatada. Selleks kasutatakse šampinjonikasvuhooneid, kus seened kasvavad huumusrikkal mullal. Neid paljundatakse seeneniidistiku ehk mütseeli abil.

Seened võivad teiste taimedega kasulikus sümbioosses kooselus olla.

Eriti levinud on aga looduses parasiitseened. Enamasti elunevad nad kõrgematel taimedel, toitudes viimaste mahladest. Seejuures kurnab parasiit peremeestaime tugevasti või koguni hävitab ta. Kultuurtaimedel elunedes tekitavad parasiitseened põlluja metsamajandusele tohutut kahju, mistõttu nende vastu tuleb võidelda.

Taimedel esinevaid parasiitseeni tuntakse üle 10 000 liigi. Mõnikord parasiteerivad seened ka loomadel, tekitades neil nakkushaigusi. Siidiliblikaröövikud kannatavad muskardiini all. Nutt- ja täpphallitusest haigestuvad lindudel hingamisorganid, veised aga haigestuvad vahel aktinomükoosi, mida tekitavad kiirikseened. Nutt- ja täpphallitus ning kiirikseened põhjustavad samasuguseid haigestumisi ka inimestel. Mõned seened sisaldavad mürke ja põhjustavad mürgitusi niihästi inimestel kui ka loomadel. Kandseentest on eriti mürgised valge kärbseseen ja harilik kärbseseen. Teraviljadel arenevad mõned punakaste (*Fusarium*) liigid, mis jahusse või toitu sattudes põhjustavad alkoholimürgituse taolist mürgitust. Hobustele mõjub surmavalt koresööta nakatav stahhübotrüs (*Stachybotrys alternans*). Inimene haigestub raskesti septilisse angiini, kui ta kasutab toiduks teri, mis on talvel lume all seisnud ja mürgistest seentest nakatatud.

Viimasel ajal on arstiteaduses suure tähtsuse omandanud antibiootikumid, s. o. ained, mis pidurdavad haiguste

arenemist. Paljusid neist toodetakse hallitus- ja kiirikseentest. Leiva küpsetamisel ja alkohoolsel käärimisel kasutatakse pärmseeni ja mõningaid nutthallituseliike.

Seene tallus koosneb peentest niitidest — rakkudeks jagunenud või jagunematutest hüüfidest. Kestad koosnevad pektiinainetest ja lämmastikainetest, mis meenutavad koostiselt putukate kitiini. Esineb ka tselluloosseid kesti. Hüüfid kasvavad otstest, hargnevad, tungivad läbi substraadist, millel nad arenevad, ja tekitavad mütseeli.

Päriskoed, s. o. koed nagu me neid õistaimedel tundma õppisime, seentel puuduvad, kuid sageli arenevad neil ebakoed — plektenhüümid, mis koosnevad üksteisest läbipõimunud hüüfidest, ei ole aga plasmodesmidega ühendatud. Ebakudede hüüfid omandavad omavahel ühinedes erisuguse füsioloogilise tähtsuse. Nii eristatakse ebakattekude, mehhaanilist ja juhtkude.

Ehituselt ja suuruselt on seente mitmekesisus väga suur: pärmseene tallus koosneb ühest väikesest rakust, mis on võimeline punguma, puutaela tallusel on aga keerukalt ehitatud kõva mitmeaastane viljakeha ja arenenud mütseel. Murumuna tallus on mõnikord inimese pea suurune, erandjuhtudel ulatub tema läbimõõt kuni 1,5 m. Seened, vastupidi klorofülli sisaldavatele taimedele ei vaja kasvamisel valgust ja reageerivad ainult eoste moodustamise perioodil valgusele positiivselt.

Seened vajavad arenemiseks toitekeskkonda, niiskust, õhuhapnikku, vastavat temperatuuri ja keskkonnahappesust. Orgaanilised ained on seentele süsiniktoitumise allikaks. Tähtsamad on süsivesikud — glükoos ja sahharoos; tärklise ja tselluloosi muundavad seened lahustuvateks süsivesikuteks fermentide abil. Seened kasutavad toitumiseks valguühendite lagundamise lämmastikusaadusi, kuid rahulduvad ka amooniumisoolade ja nitraatidega. Nagu teised taimed, vajavad ka seened peale süsiniku ja lämmastiku veel väävlit, fosforit, kaaliumi, magneesiumi, rauda ja kaltsiumi, mida nad saavad sooladest. Seened vajavad niisket substraati. Mõned neist on täielikult kohastunud kasvamiseks vees, enamik seeni areneb aga hästi tilkvee esinemisel. Mida niiskem on substraat, seda soodsam mütseeli arenemisele, mida kuivem, seda soodsam eoste moodustamise organite valmimisele. Õhuhapnikku vajavad need seened, mis hingavad energiliselt, kuid seente hulgas on ka niisuguseid, mis võivad saada energiat hapnikuta hingamise teel, näiteks pärmseened.

Temperatuuri suhtes sarnanevad seente nõuded kõrgemate taimede nõuetega: optimaalne temperatuur on enamikule seentele +20—25°, minimaalne, mida nad hõlpsasti taluvad, on +1—5° ja maksimaalne +30—35°. Mõned hallitusseened (*Aspergillus*) taluvad heina isekuumenemisel temperatuuri üle 50°. Suurem osa seeni eelistab happelist keskkonda, erinedes selle poolest bakteritest.

Peale valkainete, mis kuuluvad protoplasma ja rakutuumade koostisse, koguvad seened endasse veel glükogeeni ja rasvõlisid. *Tärklist seentesse ei kogune.* Joodi mõjutusel omandab glükogeen punakaspruuni värvuse. Peale selle koguneb seenerakkudesse sagedasti mürkaineid, pigmente jne.

Seened paljunevad vegetatiivselt, sugutult ja suguliselt.

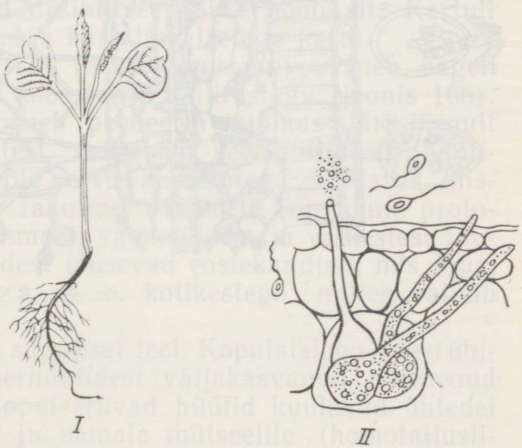
Seente eelkäijateks evolutsiooniprotsessis peetakse vetikaid. Siiski on palju tõendeid, et mõned seened on arenenud lihtsamatest, klorofüllita viburorganismidest.

Seened jagatakse viide klassi: ürgseened, vetikseened, kottseened, kandseened ja teisseened. Kaht esimest klassi loetakse alamateks seenteks, kolme viimast aga kõrgemateks seenteks.

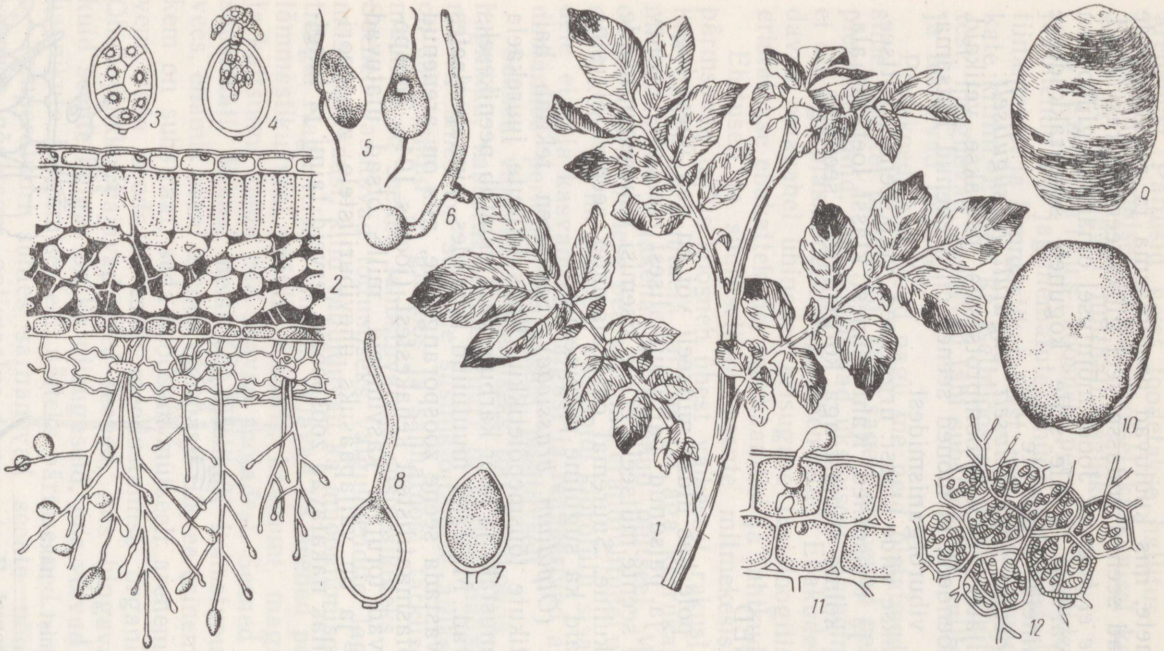
ALAMAD SEENED

Alamatel seentel pole kas üldse mütseeli või on neil ühest tugevasti hargnenud ja paisunud paljutuumalisest rakust koosnev mütseel; alamate seente mütseelil ei ole sisemisi vaheseinu, nende ehitus ei ole rakuline. Suuremal osal alamatel seentel ei esine ainult sugutu, vaid ka suguline paljunemine.

Olpidium (*Olpidium brassicae*). See seen tekitab haigust — kapsaistikute tõusmepõletikku. Kapsaistikute juurekaela ümbrus muutub mustaks ja koor kärbub; vars muutub peenikeseks ja istikud kuivavad. Mustaks muutunud kohtades, pinnapealsetes rakkudes võib avastada seene zoosporangiume, mis on arenenud paljastest protoplasmaatilistest kehakestest (joonis 104). Zoosporangiumid annavad torujaid kasvundeid, mille otsad ulatuvad epidermist välja ja on väljapääsuks üheviburilistele zoospooridele. Niiskes mullas nakatavad zoospoorid terveid taimi ja tungi-



Joonis 104. Olpidiumist nakatatud kapsaistik:
I — tõusmepõletik kapsal. *II* — sporangiumid ja zoospoorid kapsakudedes.



Joonis 105. Fütoftora (kartuli-lehemädanik):

1 — fütoftorast nakatatud kartulilehed; *2* — lehe läbilõige, näha on seenehüüfid ja sporangiumikandjad ühes sporangiumidega, mis kasvavad välja õhulõhedest; *3—4* — sporangium ja zoospooride väljumine; *5* — zoospoorid; *6* — zoospoori idanemine; *7* — koniidiospoor; *8* — tema idanemine; *9—10* — lehemädanikust nakatatud kartulimugulad; *11—12* — mütseeli tungimine mugulasse.

vad rakukesta kaudu epidermirakkudesse, kuid ka sügavamal asuvatesse rakkudesse, milles arenevad uued zoosporangiumid. Seenele ebasoodsates tingimustes tekivad kühmulise kestaga eosed, millest võib uuesti areneda sporangium.

Seenest nakatatud istikud tuleb hävitada või neile liiva puistata, et anda taimedele võimalus uusi juuri kasvatada. Hästi õhustatud lavades esineb pikeeritud istikutel seda haigust harvemini.

F ü t o f t o r a (*Phytophthora infestans*) on parasiitseen. Ta on eriti ohtlik niisketel aastatel (joonis 105). Kartulilehtedele tekivad esmalt ilma igasuguse nähtava põhjuseta pruunid laigud ja seejärel hakkavad kartulipealsed mädanema. Et kindlaks teha, kas on tegemist kartuli-lehemädanikuga või mõne teise haigusega, tuleb võtta kartuli pruunide laikudega leht ning katta see kupliga. Järgmisel päeval ilmub lehe alumisele pinnale valge ämblikuvõrgutaoline kirme — «hallitus»; kui hallitust ei ilmu, siis on lehtede pruunistumisel mingi teine põhjus.

Seenemütseel pesitseb lehekudedes, õhulõhede kaudu kasvavad välja niidid. Niidiotstele ilmuvad arvukad eosed, mis eralduvad niitidest.

Eoste abil levib haigus lehelt lehele, taimelt taimele ja nakatab kiiresti kogu põllu.

Vihmase ilmaga arenevad eoste asemel zoosporangiumid, millest väljuvad liikuvad eosed — zoospoorid; need on varustatud viburitega ja on samuti haiguse levitajateks.

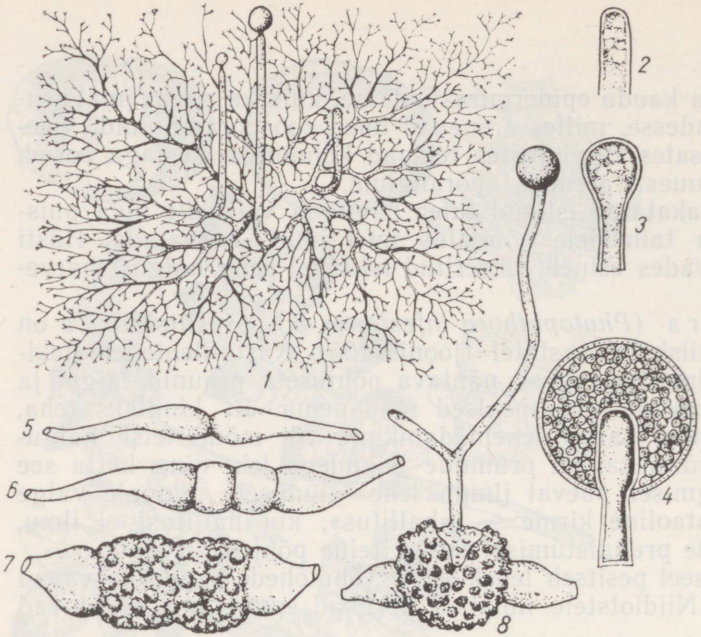
Koos vihmaveega tungivad liikuvad eosed mulda ja noored kartulimugulad hakkavad mädanema. Nakatatud kartul hakkab mädanema ka hoidlais. Kartuli-lehemädaniku kahjustuste vältimiseks tuleb kasvatada lehemädanikukindlaid kartulisorte.

Kartulit säilitatakse kuni 4—5° temperatuuris. Kevadel ja sügisel puhastatakse hoidlad ja desinfitseeritakse hoolikalt. Kartuli koristamisel ei tohi kartulikuhja kartulipealsetega katta.

V a l g e n u t t h a l l i t u s (*Mucor mucedo*) areneb sageli sõnnikul ja kopitanud leival koos teiste hallitustega (joonis 106).

Nutthallitusemütseel koosneb perifeeria suunas järk-järgult hargnevatest ja peenenevatest valgetest seeneniitidest, hüüfidest. Nutthallitusehüüfid ei ole seest vaheseintega eraldatud, mistõttu mütseeli ehitus ei ole rakuline. Mütseelil on ühine protoplast, mis koosneb protoplasmast, vakuoolidest ja väikestest tuumadest. Jämedamatest niitidest tõusevad eostekandjad, mis lõpevad s p o r a n g i u m i d e g a, s. o. kotikestega, milles valmib hulgaliselt eoseid.

Nutthallitus paljuneb ka sugulisel teel. Kopulatsioon (sisu ühinemine) toimub kahe naaberhüüfidest väljakasvanud lühenenud ja laienenud haru otsas. Kopuleeruvad hüüfid kuuluvad ühtedel nutthallitusevormidel ühele ja samale mütseelile (homotallulslikud vormid), teistel vormidel aga eri mütseelidele (heterotallus-



Joonis 106. Nutthallitus:
1 — nutthallitusemütseel ja -sporangium; *2*, *3*, *4* — sporangiumi arenemine; *5*, *6*, *7* — suguline protsess ja sügoodi arenemine; *8* — valminud sügoot ja tema kasvamine.

likud vormid). Hüüfidest arenevad külgharud, mis suunduvad üksteise poole, eralduvad vaheseintega, kestad nende kokkupuutekohal lahustuvad ja rakkude paljutuumaline sisu ühineb, suureneb ja kattub paksu pruuni kestaga. Tekivad sügoodid ehk püsieosed, mis hakkavad pärast pikka puhkeperioodi kasvama. Nad annavad lühikesi hüüfe, mis lõpevad sporangiumidega. Sporangiumis jagunevad rakutuumad reduktsiooniliselt ja tekivad ühesugulised isas- ja emaseosed, millest arenevad vastavalt isas- ja emasmütseelid (heterotallism).

Nutthallitus imeb, nagu teisedki seened oma hargnenud mütseeliga peale vee ja mineraalsoolade ka lahustuvaid, süsinikku ja lämmastikku sisaldavaid orgaanilisi aineid.

KÕRGEMAD SEENED

Kõrgemate seente mütseel koosneb erinevalt alamate seente mütseelist vaheseintega paljudeks rakkudeks jagatud seeneniitidest, hüüfidest. Mõned kõrgemad seened on kaotanud sugulise paljunemise võime ja nad paljunevad kas vegetatiivselt — s. t. jagunemise teel, või sugutult, eostega — koniididega, kotteostega või kandeostega, mis tekivad sugulise protsessi tagajärjel.

Kottseened (*Ascomycetes*)

Tuntakse üle 20 000 liigi kottseeni, mis erinevad mitmekesise ehituse ja eluviisi poolest.

Kottseente iseloomulikuks tunnuseks on e o s k o t i d ehk askused, mis ilmuvad teataval seene eluperioodil. Eoskottides valmivad k o t t e o s e d ehk askospoorid — kaks, neli, kaheksa ja rohkem. Eoskott areneb kahetuumalisest rakust, dikaarüonist, mille haploidsed tuumad ühinevad. Seejärel jaguneb kopulatsioonituum (sügoot) esiteks reduktsiooniliselt ja siis üks või mitu korda hariliku mitoosi teel. Tuumade ümbert eraldub kestaga ümbritsetud protoplasma ja haploidsed tuumad muutuvad kottseosteks ehk askospoorideks.

Lihtsama ehitusega kottseente hulka, millel ei ole isegi mütseeli, kuuluvad p ä r m s e e n e d (*Saccharomyces cerevisiae*).

P e n i t s i l l i u m ehk r o h e l i n e h a l l i t u s (*Penicillium glaucum*) esineb sageli koos nutthallitusega niiskel leival, puuviljadel, keedistel, tindil, köögiviljadel jm. Ta esineb valge ämblikuvõrgutaolise kirmena, hiljem aga omandab roheka või sinaka varjundi. Mikroskoobis on näha penitsilliumi paljurakulisi



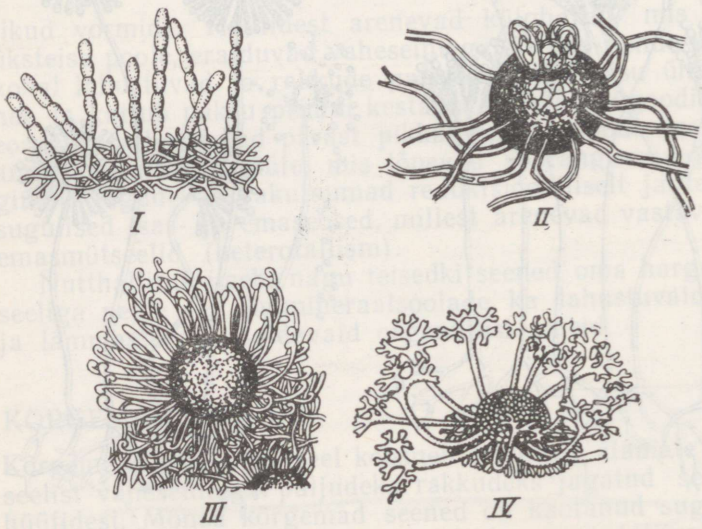
Joonis 107. Seened:
1 — penitsillium: *a* — mütseel; *b* — koniidikandjad; *c* — koniidiospoorid. *2* — täpphallitus: *d* — mütseel; *e* — koniidikandjad; *f* — koniidid ja koniidiospoorid.

hüüfe, millest siin-seal tõusevad hargnevate pintslikestega lõppevad jalakesed (koniidi- ehk lülieostekandjad). Nendest eralduvad väikesed eosed, k o n i i d i d ehk lülieosed (joonis 107), mida kannab kergesti edasi tuul. Neist kasvavad välja uued penitsilliumid. Mõnest penitsilliumiliigist (*Penicillium notatum*) saadakse preparaati, penitsilliini, mida kasutatakse arstiteaduses mädanikuliste ja põletikuliste protsesside puhul.

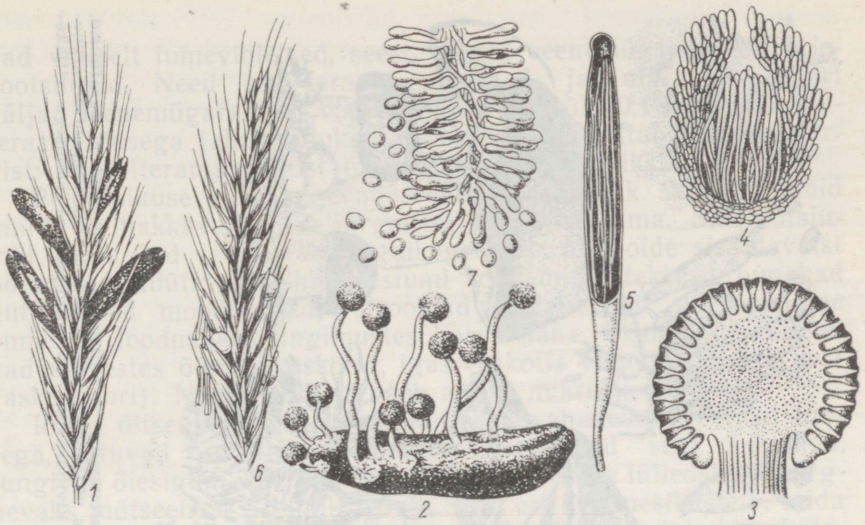
Sageli esineb ka t ä p p h a l l i t u s t ehk aspergilli (*Aspergillus*), mis erineb penitsilliumist selle poolest, et üherakulise koniidikandja ladval on puhetis, millest suunduvad igasse külge pikenenud rakud; viimastest tekivad lülieoste ketikesed, mis kanduvad õhuvooludega laiali.

Nutt- ja täpphallitusel esinevad ka viljakehad, milles valmivad eoskotid ja kotteosed.

J a h u k a s t e (*Erysiphe*) (joonis 108) on levinud kõrreliste, liblikõieliste, korvõieliste ja teiste sugukondade taimede lehtedel ja vartel; ta esineb seal valge jahutaolise kirmena. See kirme koosneb hulkraksest, pinnal levinud mütseelist ja annab haustoreid, mis tungivad epidermirakkudesse. Õhku suunduvad hüüfid, millest eraldub arvukalt lehtede pinnal jahutaolist kirmet tekitavaid lülieoseid. Lülieosed kantakse tuulega laiali ja nad hakkavad uutel lehtedel kasvama. Hilissuvel ilmuvad valgetesse jahutaolistesse laikudesse kerajad, tumepruunid, külgedele suunduvate niiditaoliste ripikutega täpid, mida võib mikroskoobis näha.



Joonis 108. Jahukaste:
I — koniidiketikestega mütseel. *II* — kõrreliste-jahukaste kleistokarbid. *III* — paju- ja papli-jahukaste kleistokarbid. *IV* — tamme-jahukaste kleistokarbid.



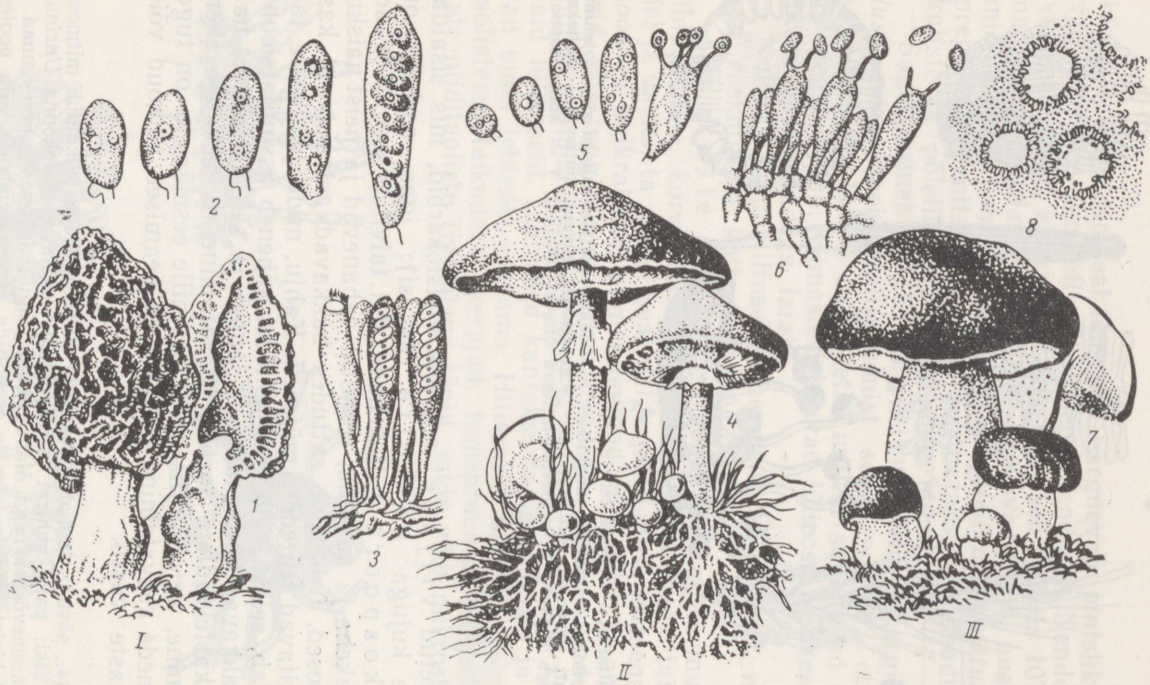
Joonis 109. Kottseen — tungaltera:

1 — sklerootsiumidega rukkitäha-tungaltera; *2* — idanev viljakehadega sklerootsium; *3* — viljakehanuti (strooma) läbilõige; *4* — eoskottidega süvend nutis; *5* — kaheksa niiditaolise eosega eoskott; *6* — mesikastetilgad õitsval pähikul; *7* — koniidiospoori arenemine.

Need on suletud viljakehad ehk kleistokarbid, mis sisaldavad ovaalse kujuga eoskotte (askusi); igas eoskotis on kaheksa askospoori. Viljakehade abil talvitub seen. Kevadel pundub viljakeha ja pakatab, eoskotid vabanevad ja neist paiskuvad välja eosed. Lehtedele sattudes hakkavad askospoorid kasvama ja tekitavad lehtedele mütseeli. Kahju, mida jahukaste taimedele tekitab, seisab selles, et lehtedel väheneb assimilatsioonipind, nad hakkavad kuivama, saak langeb ja saagi kvaliteet halveneb. Jahukastekindlate sortide kasvatamine, taimekaitsevahendite kasutamine, agrotehnilised võtted, mille eesmärgiks on tugevamate taimede kasvatamine — need on peamised abinõud võitluses jahukaste vastu.

Karusmarja-, sõstra-, humala-, roosi- ja persiku-jahukaste kuulub mitmesse *Sphaerotheca* liiki: paju, vahtrat ja viinapuud nakatavad perekonna *Uncinula* liigid, noori tammevõsusid aga *Microsphaera* liigid. Jahukaste perekonnad ja liigid erinevad kleistokarpides olevate eoskottide arvu ja ripikute kuju poolest. Karusmarja-jahukaste tekitajal (*Sphaerotheca mors uvae*) on kleistokarbis üks eoskott, kõrreliste jahukastel (*Erysiphe graminis*) ja teistel liikidel aga mitu eoskotti.

Tungaltera (*Claviceps purpurea*) on parasiitseen, mis esineb kõige sagedamini rukkil, mõnikord ka nisul, odral ja metsikult kasvavatel kõrrelistel (joonis 109). Rukki tähkades teki-



Joonis 110. Kott- ja kandseened:

I — ümarmürkel: *1* — viljakeha üldkuju; *2* — eoskoti arenemine ja kotteos; *3* — eoskotid ja parafüüsid. *II* — šampinjon: *4* — mütseelid ja mitmesuguses vanuses viljakehad; *5* — basiidi ja basidiospooride arenemine; *6* — basiidid, basidiospoorid ja viljatud rakud. *III* — kivipuravik: *7* — mitmesuguse vanusega viljakehad; *8* — toruline hümenofoor ristlõikes.

vad väliselt tumevioletsed, seest valged seenemügarad ehk sklerootsiumid. Need on terast suuremad ja ulatuvad tähast välja. Seenemügarad on väga mürgised ja üle 0,1%-lise tungalterasisaldusega jahu toiduks tarvitamine kahjustab inimese tervist: tungalteramürgistust nimetatakse ergotismiks.

Rukkilõikuse ajal langevad seenemügarad ehk sklerootsiumid mulda ja hakkavad alles järgmisel suvel kasvama. Sklerootsiumid koosnevad valku, rasva, glükogeeni ja alkaloide sisaldavaist põimunud hüüfidest. Sklerootsiumi idanemisel tekivad punakad nutitaolised moodustised, stroomad[1]. Idanevaid sklerootsiume õnnestub looduslikes tingimustes harva näha. Stroomades arenevad väikestes õõntes eoskotid, igas eoskotis valmib kaheksa eost (askospoori). Nende ehitust näeb ainult mikroskoobis.

Rukki õitsemise ajal valminud eosed vabanevad, levivad tuulega, satuvad õitsvatele tähkadele, hakkavad seal kasvama, tungivad õiesigimikku ja arenevad seal arvukate lülieostega hargnevaks mütseeliks. Sigimik sureb. Seen eritab «mesikastet», mida putukad ühelt tähalt teisele kannavad ja uusi taimi nakatavad. Seenehüüfid põimuvad tihedaks, alumises osas kokkukasvanud sklerootsiumiks. Ülemises sklerootsiumi osas säilivad kuivanud hüüfide jäänused ja emakakael.

Tungalteri kasutatakse arstiteaduses verd sulgeva vahendina.

Tungalteri saab viljateradest eraldada kange soolalahusega (tungalterad kerkivad pinnale), samuti ka sorteerimismasinatega ja suurte sõeltega sõelumisega.

Ümarmürkel (*Morchella esculenta*) (joonis 110) esineb metsas varakevadel. Ta on söödav, kuid teda tuleb mürkainete eemaldamiseks kaks korda kupatada. Ümarmürkel on kottseen, mille mütseel pesitseb mullas, viljakehad aga kasvavad maapinnale. Seenejalg on ülemises osas laienenud ja muutub «kübaraks», mille ülapinnal on liudjad lohud (apoteetsiumid). Nende pinnal on hümeniaalne kiht, mis koosneb pikenenud eoskottidest ühes askospooridega. Eoskottide vahel paiknevad viljatud niidid ehk parafüüsid. Valminud eoskotid paisuvad ja paiskavad askospoorid jõuga välja rohkem kui 30 sentimeetri kaugusele. Seejärel langevad eoskotid maha ja nende asemele kasvavad uued. Askospoorid annavad kasvades uue mütseeli.

Hümeniaalse kihi all on hüüfide põimik, mis koosneb kahe tuumaga rakkudest. Nende hüüfide ladvarakkudes, dikaarüonides, toimub isas- ja emastuumade liitumine ning tuumade reduktsiooniline ja mitoosne jagunemine, mille tagajärjel moodustuvad askospoorid.

Tuumade liitumine dikaarüonides on sugulise protsessi lõppakt, mis toimub kottseene viljakeha sügavamates kihtides.

---

[1] Strooma — värviline seenkude, milles asetsevad eoskotid.

Selles väga suures kõrgemate seente klassis on üle 20 000 liigi. Kandseeni iseloomustab basiidide ehk eoskandade, s. o. eriliste rakkude tekkimine, millega lõpevad hüüfid. Basiididel arenevad väljakasved, sterigmad ehk eostoed, neil asetsevate basidiospooridega ehk kandeostega (joonis 110). Basiidide, samuti kui eoskottide arenemine toimub kaksiktuumaga rakust, dikaarüonist. Dikaarüoni rakutuumad liituvad, rakk hakkab suurenema ja sügoodi diploidne tuum jaguneb algul redukt-siooniliselt, seejärel aga jagunevad mõlemad tuumad hariliku mitoosi teel. Neljatuumalise raku tipul arenevad torujad väljakasved, sterigmad, mille otsad paisuvad ning millesse tungivad protoplasma ja haploidsed tuumad. Valminud kandeosed paiskuvad laiali. Kõige levinumad on nelja haploidse kandeosega seened, kuid esineb ka kahe kandeosega seeni. Kandseente tundmaõppimisel peatume ainult nende lehikuliste, torikuliste, nõgiliste ja roosteliste sugukonda kuuluvail esindajail.

Šampinjon (*Psalliota campestris*) (joonis 110, *II*). Šampinjoni mütseel pesitseb sõnnikurikkas mullas; kiiresti kasvavad viljakehad koosnevad jalast ja kübarast. See söödav saprofüütseen kasvab nii looduslikes tingimustes kui ka spetsiaalsetes šampinjonikasvuhoonetes. Kübara alapinnal arenevad radiaalselt paiknevad eoslehekesed, mida nimetatakse hümenofooorideks. Nende pind on kaetud hümeniaalse kihiga, mis koosneb ühest reast basidiospooridega basidiaalrakkudest. Basidiospoorid asetsevad kahe- või neljakaupa peentel basiididest väljuvatel varrekestel ehk sterigmadel. Eosed paiskuvad välja, langevad eoslehekestevahelisse ruumi sattudes alla ning kanduvad tuulega laiali. Eostest arenevad uued mütseelid. Šampinjone kasvatatakse harilikult mütseelist (seeneniidistikust). Noortel šampinjonidel on kübara alumisel küljel näha valget rõngasloori, millel on kaitseülesanne; vanematel viljakehadel jääb sellest järele ainult valge rõngas (jalale).

Lehikuliste kandseente hulka kuuluvad ka kuuseriisikad, kukeseened, piparriisikad ja pilvikud, mürgistest seentest valge ja harilik kärbseseen. Kännuseened kasvavad puukändudel ja nende mütseel ei ela üksnes saprofüüdina, vaid parasiteerib ka puujuurtes ja -tüvedes, rikkudes puitu. Hargnevad seenenöörid ehk risomorfid võivad mõne meetri kaugusele ühe puu juurest teise juurde roomata.

Torikuliste sugukonna esindajatel esineb hümenofoor tüüpilisematel juhtudel vertikaalsete torukestena, mis paiknevad kübara alaosas. Hümenofoori ristlõikes on näha torukeste avasid, mida eraldavad üksteisest tihedalt põimunud hüüfid. Hümeniaalsel kihil võib näha parafüüse, nende vahel aga basiide ja kand-

eoseid. Valmimisel vabanevad kandeosed, langevad torukese õõnt mööda alla ja kantakse õhuvooluga eemale.

Kasulike söögiseente hulka, millel on torulise ehitusega hümenofoor, kuuluvad kivipuravik (*Boletus edulis*) (joonis 110, *III*), punapuravik, kasepuravik, võipuravik ja sametpuravik. Nende seente mütseel levib metsapinnases ja hüüfid tekitavad puude juurtel mükoriisat.[1] Eosed levivad harilikult tuulega. Paljud loomad, kes seeni toiduks tarvitavad (limused, oravad, karud jt.), soodustavad ka eoste levimist.

Parasiitseente hulka kuuluvad torikulistest seentest paljud torikseened, mis arenevad ühe- või mitmeaastaste hobuserauakujuliste viljakehadena puutüvedel. Nende hulka kuuluvad mitmesugused t u l e t a e l a (*Fomes*) ja t o r i k u (*Polyporus*) liigid. Mõnikord kasvavad need viljakehad suureks, sest igal aastal kasvab vanale hümenofoorile peale uus ja nii tekivad kihid, mis näitavad seene vanust. Puud nakatuvad eostega vigastatud kohtades ja ka lõhede kaudu. Mütseel kasvab puidus laiali ja lahustab fermentide abil pektiinaineid, ligniini ja tselluloosi. Puit pehastub ja puusse tekib õõs. Puuladvad kuivavad ja metsas esineb tuulemurdu. Torikute vastu võitlemiseks tuleb metsa õigesti hooldada, sest torikud tekitavad metsamajandusele tohutut kahju.

Niisketes puithoonetes esineb sagedasti majavammi (*Merulius lacrymans*), majanäätsi (*Poria vaporaria*) ja keldriseent (*Coniophora cerebella*). Niiske puidu pinnal ja sügavamates kihtides (niiskuse juures 28—60%) levib mütseel, mis eritab kollakaid vedelikutilku, mistõttu majavammi nimetatakse nutvaks (*lacrymans*) seeneks. Vedelikutilku eritavad ka majavammi pehme koogi kujulised viljakehad, mõõtmetega 10 sentimeetrist kuni poole meetrini. Kandeosed ilmuvad viljakeha ülemisele, peenvoltjale pinnale, mistõttu viljakeha omandab kollakaspruuni värvuse.

Halvasti õhustatud toorest materjalist ehitatud puitehituses rikub majavamm põrandaid, seinu, lagesid ning talasid ja viib need kiiresti kõlbmatusse seisukorda; puit tumeneb, lõheneb ja pehastub. Peale selle arenevad seenel pikad tihedad väädid — risomorfid (umbes pliiatsijämedused ja kuni 7 meetri pikkused), mis on võimelised ühelt majakorruselt teisele levima.

Saprofüütsete majaseente tõrje hulka kuulub: ehituste jaoks ainult kuiva puitmaterjali kasutamine, ruumide tuulutamine ja kuivatamine, vigastatud puidu eemaldamine ja mürklahustega immutamine (naatriumfluoriid, tsinkkloriid, kreosoot jt.).

Nõgiliselaadsed (*Ustilaginales*). Nõgiliselaadsete hulka kuuluvad seened, mis parasiteerivad kultuur- ja metsikult kasvavatel kõrrelistel, lõikheinalistel, tatralistel, tulikalistel, liilialistel jt. Neid tuntakse umbes 700 liiki.

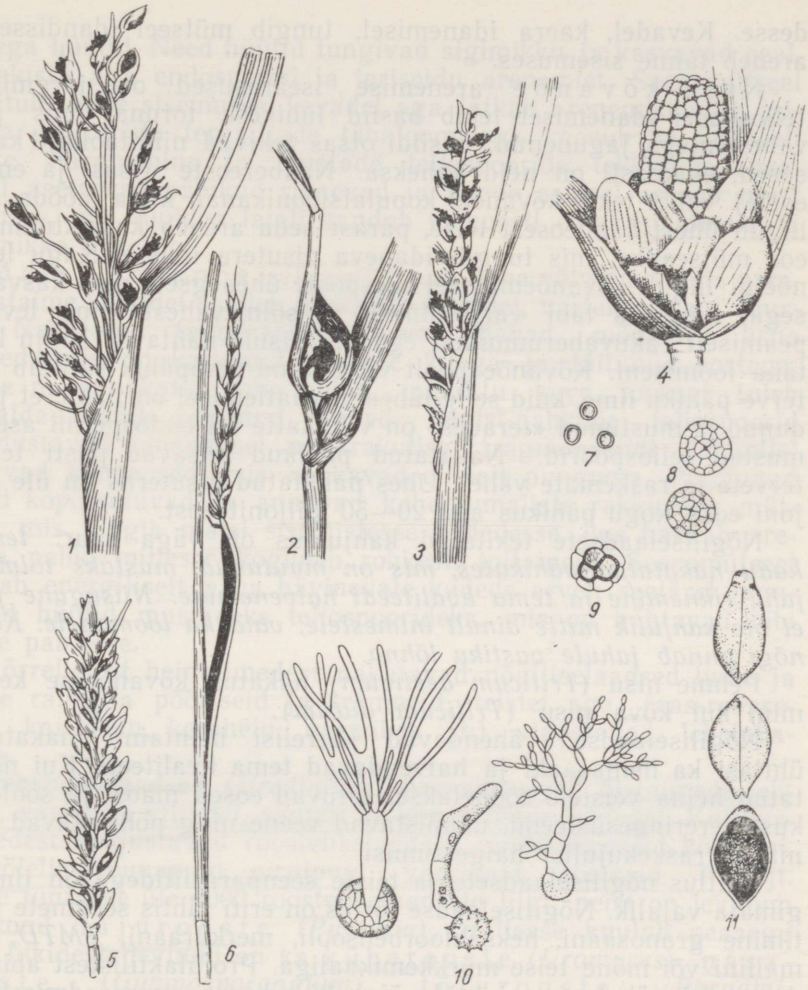
[1] Mükoriisa (kreeka keeles: *mykos* — seen, *rhiza* — juur) — seeneniidid, mis arenevad katteseemnetaimede juurtel või juurtes ja on nendega sümbioosis.

Nõgiliselaadsetest nakatatud kõrrelised teraviljad ei anna harilikult saaki, sest nende pähikud on kas täielikult või osaliselt hävinud ja musta tolmuga täitunud, mis ongi nõgiliselaadsete eosed. Nõgiliselaadsete eosed on väga tillukesed ja neid on väga palju. Just seepärast võivadki nõgiliselaadsed levida äärmiselt kiiresti. Nõgiliselaadsete eosed säilitavad idanemisvõime ja võivad nakatada uut saaki kümne aasta kestel. Kõrreliste teraviljade tähkasid ja pööriseid, mis on nakatatud nõgiliselaadsetest, võib põllul kergesti tähele panna, sest pähikud purunevad ja muutuvad neile kogunenud eostest mustaks. Pähikutel on nõgine ja kõrbenud välimus, millest haigus on saanud «nõgihaiguse» nimetuse.

Eri kõrrelistel parasiteerivad kindlad nõgiliselaadsete liigid (joonis 111) ja seepärast ei saa näiteks kaera lendnõe eosed nakatada otra jne. Levinumad on järgmised nõgiliselaadsete liigid: 1) kaera-lendnõgi (*Ustilago avenae*), 2) hirsi-lendnõgi (*U. panici miliaceae*), 3) nisu-lendnõgi (*U. tritici*), 4) odra-lendnõgi (*U. nuda*) ja 5) maisi-pahknõgi (*U. zeae*). Peale nende on levinud veel: 6) nisu-kõvanõgi (*Tilletia tritici*) ja 7) rukki-kõvanõgi (*T. secalis*). Kahe viimase liigi eosed on suuremad lendnõe-eostest ja nende paks pruun kest on võrkja kirjaga kattunud. Peale selle on kõvanõe-eostel vastik riknenud heeringa hais. Peale loetletud nõgiliselaadsete liikide tekitab suurt kahju rukki-kõrrenõgi (*Urocystis occulta*), mis nakatab kõrre ülemist sõlmevahet. Selle tagajärjel jääb tähk väikeseks või taim ei loo üldse. Rukki-kõrrenõe eosed moodustavad eoskogusid, milles eosed ei eraldu üksteisest valmimisel; keskmised eosed on igas eoskogus suuremad, servmised aga väiksemad ja õhuga täitunud. Kahjulik on ka sibulanõgi (*Urocystis cepulae*); lehtedel ja noorte sibulate välisosadel ilmuvad lõhed, mis on täitunud eoskogudega.

Nõgihaiguse liikide arenemises esineb eristavaid iseärasusi. Peatume esiteks h i r s i - l e n d n õ e arenemisel, samuti ka teistel sarnastel liikidel.

Hirsi koristamise ja peksmise ajal levivad hirsi-lendnõe eosed suurel hulgal, kleepuvad terade külge ja talvituvad. Kui nakatatud terad maha külvatakse, hakkavad eosed ühes seemnetega kasvama. Seenehüüfid tungivad hirsiidandi kudedesse ja mütseel kasvab ühes noore taimega rakuvaheruumides, ilma et algul oleks hävitavat toimet märgata. Nõgiliselaadsete esinemist ei ole palja silmaga enne märgata, kui teravili hakkab pöörist looma. Sel ajal hargnevad hüüfid eriti ohtralt taime ladvas ja annavad suurel hulgal lendnõe eoseid, mida nimetatakse t e l i o s p o o r i d e k s. Need mustad eosed tekivad hüüfirakkudest ja neil on paks kest, mis moodustub rakus vana limastuva kesta all. Teliospooride tekkimisel purunevad taime nakatatud osas osaliselt koed ja sinna koguneb rohkesti musti teliospoore. Vigastatud hirsipööris ei tule sagedasti ülemise



Joonis 111. Nõgiliselaadsed. Lend- ja kõvanõgi:
1 — kaeral; *2* — hirsil; *3* — nisul; *4* — maisil; *5* — nisu-kõvanõgi; *6* — rukki-kõrrenõgi; *7* — kõrrenõeeosed; *8* — kõvanõeeosed; *9* — kõrrenõeeoste kogum; *10* — kõva- ja lendnõeeoste idanemine; *11* — kõvanõest nakatatud nisuterad.

lehe tupest üldse välja või väljub sealt pikenenud musta moodustisena, mis on kattunud valkja, kergesti puruneva mütseeli kilega. Teliospoorid kanduvad viljapeksu ajal laiali, kleepuvad terade külge ja satuvad külvi ajal ühes nendega mulda.

Samamoodi arenevad rukki-kõrrenõgi, kaera-lendnõgi ja nisukõvanõgi. Kaera-lendnõeeosed, mis satuvad terale, hakkavad kasvama juba taimel ja mütseel tungib terise kestadesse ning sõkal-

desse. Kevadel, kaera idanemisel, tungib mütseel idandisse ja areneb taime sisemuses.

Nisu-kõvanõe arenemise iseärasused on järgmised: teliospoori idanemisel tekib basiid lühikese toruna, mis pole vaheseintega jagunenud; basiidi otsas tekivad niiditaolised kandeosed, enamasti on neid kaheksa. Naabereoste (isas- ja emaseoste) vahel tekib kõvanõel kopulatsioonikanal, mida mööda sisu liigub ühest kandeosest teise, pärast seda areneb kaksiktuumaga eos mütseeliks, mis tungib idaneva nisutera idusse. Nagu lendnõelgi liigub kõvanõemütseel ülespoole üheaegselt nisu kasvamisega, tungides läbi varresõlmest ja sõlmevahest ning levides peamiselt rakuvaheruumides, ega tee nisule nähtavat kahju kuni täha loomiseni. Kõvanõe poolt vigastatud nisupähik säilitab küll terve pähiku ilme, kuid selle lähemal vaatlemisel on näha, et pundunud ja mustunud «terades» on viljakatte all endospermi asemel mustad teliospoorid. Nakatatud pähikud seisavad püsti teiste, tervete ja raskemate vahel. Ühes nakatatud nisuteras on üle miljoni eose, kogu pähikus aga 20—50 miljonit eost.

Nõgiliselaadsete tekitatud kahjustus on väga suur: *terade kadu nakatatud pähikutes, mis on muutunud mustaks tolmuks, jahu riknemine ja tema kvaliteedi halvenemine. Niisugune jahu ei ole kahjulik mitte ainult inimestele, vaid ka loomadele. Kõvanõgi annab jahule vastiku lõhna.*

Pehme nisu (*Triticum aestivum*) nakatub kõvanõesse kergemini kui kõva nisu (*Triticum durum*).

Nõgiliselaadsed vähendavad kõrrelisi heintaimi nakatades ühtlasi ka heinasaaki ja halvendavad tema kvaliteeti. Kui nakatatud heina veistele söödetakse, satuvad eosed maost ja soolestikust vereringesüsteemi, ummistavad veene ning põhjustavad loomadel raskekujulisi haigestumisi.

Võitlus nõgiliselaadsete ja teiste seenparasiitidega on ilmtingimata vajalik. Nõgiliselaadse tõrjes on eriti tähtis seemnete puhtimine granosaani, heksakloorbensooli, merkuraani, *TMTD*, formaliini või mõne teise mürkkemikaaliga. Profülaktilistest abinõudest tuleb tähelepanu juhtida õige külvikorra sisseseadmisele ja mineraalväetiste ning sõnniku õigele kasutamisele majandis, nõgihaigustele vastupidavate sortide kasvatamisele, külvise hoolikale puhastamisele ja sorteerimisele.

Külvise kuivpuhtimine ei avalda nisu-lendnõele (*Ustilago tritici*) ja odra-lendnõele (*U. nuda*) mõju, sest nende mütseel pesitseb terise sisemistes kudedes. Nende seente tõrjeks kasutatakse kuumvesipuhtimist. Nisu ja odra külvise kuumvesipuhtimise vajadus saab mõistetavaks, kui arvestame nende nõgihaiguste arenemise iseärasusi. Nende eosed kanduvad tuulega laiali juba põllul ja kasvavad taimede emakasuudmetele sattudes neljarakulisteks fragmobasiidideks. Kandeoseid ei arene, kuid naaberrakud kopuleeruvad paarikaupa ja neist arenevad kahetuumaliste rak-

kudega hüüfid. Need hüüfid tungivad sigimikku ja kasvavad seal, ei takista aga endospermi ja teriseidu arenemist. Seenemütseel talvitub terise sisemuses, kevadel aga jätkab arenemist ühes taimega. Kõrreliste teraviljade tähaloomisega kaasub ka mütseeli rohke hargnemine ja mustade teliospooride tekkimine; peateljel asetsevad pähikud riknevad ja nende asemel areneb must eosmass, mis tuulega laiali kandub ja uuesti emakasuudmeid ja sigimikke nakatab.

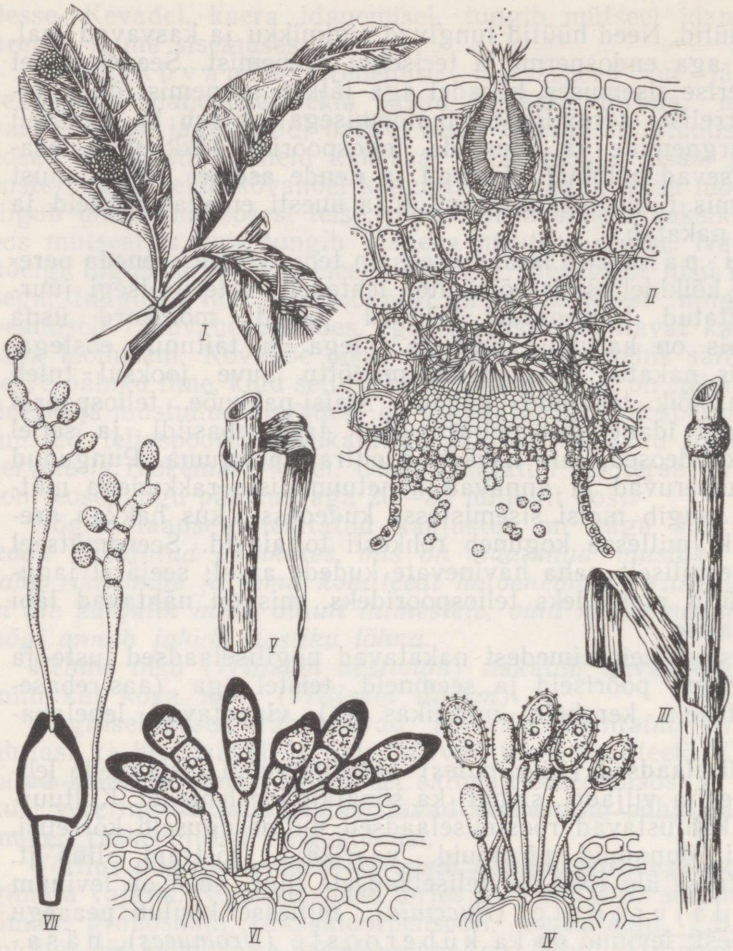
Maisi-pahknõe iseärasuseks on tema võime areneda peremeestaime kõikidel osadel: õisikutel, lehtedel, vartel ja isegi juurtel. Nakatatud taimeosadel tekivad pahad, mõnikord üsna suured, mis on kattunud õhukese kilega ja täitunud eostega. Terve mais nakatub juba põllul, mistõttu suve jooksul tuleb eemaldada kõik tekkinud pahad. Maisi-pahknõe teliospoorid moodustavad idanemisel neljarakulise fragmobasiidi ja sellel tekkivad kandeosed, mis hakkavad ohtralt punguma. Pungunud eosed kopuleeruvad ja annavad kahetuumaliste rakkudega mütseeli, mis tungib maisi sisemistesse kudedesse, kus hakkab arenema pahk, millesse koguneb rohkesti toitaineid. Seenemütseel kasvab energiliselt paha hävinevate kudede arvel; seejärel jagunevad hüüfid mustadeks teliospoorideks, mis on nähtavad läbi valge pahakile.

Kõrrelistest heintaimedest nakatavad nõgiliselaadsed luste- ja kõrge raiheina pööriseid ja seemneid, teistel aga (aas-rebasesaba, kastehein, kerahein, nurmikas jt.) vigastavad lehelabapinda.

Roosteliselaadsed (*Uredinales*) parasiteerivad õistaimede lehtedel, vartel ja viljadel, samuti ka sõnajalgade lehtedel. Kultuurtaimedest kahjustavad roosteliselaadsed mitmesuguseid kõrrelisi, liblikõielisi, õunapuid, pirnipuid, vaarikaid, sõstraid, lina jt. Üldse tuntakse üle 4000 roosteliselaadsete liigi; neist on levinum perekond lajurooste (*Puccinia*), millesse kuulub peaaegu pool liikidest; levinud on ka küberooste (*Uromyces*), näsarooste (*Gymnosporangium*), tõlvrooste (*Phragmidium*), pigirooste (*Melampsora*) jt.

Roosteliselaadsete mütseel kasvab kudede rakkudevahelises ruumis, kuid tungib sageli ka rakkudesse. Organite pinnal on näha kas oranže või roostepruune täppe ja padjakesi, olenevalt eoste kuhjumisest, mis sisaldavad oranži, värvuselt karotiiniga sarnanevat pigmenti. Roosteliselaadsed tekitavad roostehaigusi, mis mõnel aastal teevad põllumajandusele suurt kahju, sest nende tõttu väheneb põllumajanduskultuuride saak ja halveneb saaduste kvaliteet. Mõnikord tuleb nakatatud vili enneaegselt maha niita ja nii saadakse vaid halba põhku.

Kõrrelistel teraviljadel parasiteerivad meie maal kuus roosteliselaadsete liiki, millest keerukama arenemistsükliga on harilik kõrrerooste (*Puccinia graminis*) (joonis 112). Harilik



Joonis 112. Kõrrerooste:

I — roostest nakatatud kukerpuulehed; *II* — roostest nakatatud kukerpuulehe ristlõige — etsiid alumisel ja pükniid ülemisel poolel; *III* — roostepruunid «padjakesed» kõrrel ja kõrrelise lehetupel; *IV* — uredospooride kimp; *V* — mustad teliospooridega «lõhekesed» kõrrel ja lehetupel; *VI* — teliospooride kimp; *VII* — kasvama hakanud teliospoor kahe fragmobasiidiga ja kaheksa basidiospooriga.

kõrrerooste nakatab teraviljade lehetuppi ja kõrsi, mõnikord ka pähikuid, harvemini lehelabasid. Nakatatud organitel tekivad piklikud roostepruunid kühmukesed, mis paiknevad pikiridadena. Kühmukestel moodustuvatest lõhedest eralduvad juulis eosed, mis kleepuvad kergesti sõrmedele ja riietele. Neid on kogumikena igas lõhekeses. Igal eosel on oranž sisaldis, ogaline kest ja poorid. See on kahetuumaline suvieos ehk uredospoor. Need

eosed on ovaalse kujuga ja nad asetsevad hüüfiotstel nagu vartel. Uredospoorid on võimelised kiiresti kasvama hakkama. Kandunud tuulega ühelt taimelt teisele, arenevad neist hüüfid, mis tungivad õhulõhede kaudu lehekudedesse, kasvavad seal suureks ja moodustavad uue kahetuumalistest rakkudest koosneva mütseeli. Suvieoste tekkimine võib korduda mitu korda suve jooksul, millega on seletatav haiguse kiire ja laialdane levik. Kõik seenele ja eostele vajalikud toitemahlad saadakse taime sisemistest rakkudest.

Viljade valmimise alguseks ilmuvad roostekollaste kühmukeste asemele mustad kühmukesed. Selline kühmuke koosneb jalakestel asetsevate ja vaheseintega varustatud pruunikate eoste kogumikust. Need eosed ei kandu laiali ja hakkavad kasvama alles pärast talvepuhkust. Need on talieosed ehk teliospoorid.[1] Iga teliospoor koosneb kahest rakust ja on paksema kestaga kui uredospoor; paks kest kaitseb eost talvel.

Iga teliospoori rakus on algul kaks tuuma. Valmivas teliospooris ühinevad kaks tuuma üheks diploidseks tuumaks. Eosed idanevad kevadel kas kõrreliste teraviljade kõrrel või umbrohtude kuivadel vartel, millel roostehaigus samuti areneb. Idanevast eosest areneb kaks niiti — basiidi (kummastki rakust üks), millesse siirduvad üle tuumad. Basiididesse siirdunud diploidsed tuumad jagunevad reduktsiooniliselt ja hariliku mitoosi teel ning iga niit annab neli haploidse tuumaga rakku, fragmobasiidi. Igal basidiaalsel rakul areneb toruke, sterigma, mis paisub ladvast. Seda torukest mööda tungib tuum puhetisse, mis muundub haploidseks kandeoseks. Et teliospoorist kasvab kaks neljarakulist fragmobasiidi, tekib teliospooril üldse kaheksa kandeost. Hariliku kõrrerooste kandeosed kannab tuul laiali ja nad võivad kasvama hakata vaid juhul, kui nad satuvad mõne kukerpuuliigi lehtedele (joonis 112). Kukerpuulehti, mis on nakatatud roosteliselaadsetest, kahjustab mütseel, mis tungib nende assimilatsioonikudedesse.[2]

Kukerpuulehe ülaküljele ilmuvad tumedad täpid, mida nimetatakse pükniididiks. Pükniidide seeneniitide tippudest lülituvad lahti pisikesed haploidsed eosed, püknokoniidid ehk algeosed, mis etendavad teatavat osa üleminekul rooste arenemise ühetuumalisest faasist tema kahetuumalisse faasi, näiteks harilikul kõrreroostel tema arenemise ajal kukerpuul.

Kukerpuulehe rakkudevahelises ruumis areneb kahetuumaline mütseel, mis annab leherakkudes haustoreid ehk iminappe. Sellest mütseelist ilmuvad kukerpuulehe alaküljele roostekarva puhetised — kevadeoskuhilad, kevised ehk etsiidid, mis on täitunud kahe-

[1] Varem nimetati ka teleutospoorideks.

[2] Ida-Siberis talvitub kõrreroostemütseel hariliku orasheina risoidides ja lehtedes.

tuumaliste kevadeoste ehk etsiospooridega. Need eosed paiknevad korrapäraste ridadena, sest nad lülituvad lahti etsiididesse ulatuvailt hüüfiotstelt. Kevadeosed kanduvad tuulega laiali ja hakkavad kõrrelise varrele või lehele sattudes idanema, kusjuures hüüfid tungivad õhulõhede kaudu kõrrelise sisekudedesse. Kõrreliselehel arenenud seen moodustab suvieoseid ehk uredospoore, millega me alustasime kirjeldust.

Nii on hariliku kõrrerooste arenemise järjestus järgmine: kevadel ilmuvad hariliku kukerpuu lehtedele etsiidid ja pükniidid, suvel arenevad kõrrelistel uredospoorid ja suve lõpul moodustuvad samades kohtades teliospoorid, mis idanevad kevadel ning kannavad kandeoseid; kandeosed kanduvad tuulega hariliku kukerpuu lehtedele.

Hariliku kõrrerooste rassid või vormid parasiteerivad väga mitmesugustel kõrrelistel, nii kultuur- kui metsikult kasvavatel liikidel. Nii eristatakse rukki-kõrreroostet, mis parasiteerib rukkil, odral, orasheinal ja lustel, vahel aga ka nisul. Selle roosteliselaadsete vormi talvitumine võib toimuda talirukkilehtedel ja talvituvatel hariliku orasheina lehtedel. Kaera-kõrrerooste parasiteerib kaeral, aruheinal, keraheinal ja rebasesabal. Nisu-kõrrerooste kasvab nisul, kandub vahel ka üle odrale, uimastavale raiheinale ja orasheinale.

Kaera-kroonrooste (*Puccinia coronifera*). Kaera-kroonrooste arenemine sarnaneb hariliku kõrrerooste arenemisega, ainult selle erinevusega, et ta vaheldub kaeral ja türnpuul (*Rhamnus cathartica*). Paakspuul (*Frangula alnus*) areneb teine kroonroostevorm, mis pole ohtlik kaerale, küll aga paljudele niidukõrrelistele: keraheinale, kasteheinale, orasheinale, aruheinale jt. Mõlema kroonroostevormi teliospoorid on iseloomuliku väliskujuga; nende pinnal on erilised kroonikujulised jätked. Kui metsaservadel kasvab suurel hulgal türnpuid, siis parasiteerib kaeral alati ka kroonrooste. Kroonrooste kõrval esineb kaeral vahel ka harilikku kõrreroostet.

Puccinia perekonda kuuluvaid roostehaiguseliike esineb ka teistel taimedel. Maisil parasiteerib maisirooste (*Puccinia maydis*); vaheperemeheks on sellel jänesekapsas (*Oxalis*). Päevalillel parasiteerib päevalille-rooste (*Puccinia helianthi*), millel ei ole vaheperemeest. Kevadel ilmuvad teliospooridele kandeosed, mis nakatavad vahetult noori päevalilletaimi.

Kultuurtaimi kahjustavate roosteliselaadsete liikide ja vormide tõrje on võimalik mitmesuguste tõrjevahendite kasutamise ja agrotehniliste võtete kompleksi rakendamisel. Siia kuuluvad: *metsikult kasvavate rohttaimede hävitamine põldudelt ja põllupeenardelt, hariliku kukerpuu ja türnpuu hävitamine, roostekindlate sortide kasvatamine, suviteraviljade varajane külv, kõrrekoorimine, hoolikas ja sügav mullaharimine, ratsionaalne väetiste (eriti fosfor- ja kaaliväetiste) kasutamine, õigete külvikordade*

sisseseadmine ja paljude teiste agrotehniliste võtete rakendamine. Nisu-läpp- ehk -pruunrooste (Puccinia triticina) vastu, mis nakatab kergesti talinisulehti, kasutatakse väävlipreparaatidega tolmutamist, samuti kõrrekoorimist ja sügavkündi varisenud nisu tõusmete hävitamiseks, mille lehtedel pruunrooste-uredospoorid talvituvad.

Puuviljaaedades on suur tähtsus viljapuude pritsimisel lubja- ja bordoo vedelikuga, kuid ka uute preparaatidega nagu granosaan, merkuraan, TMTD jt.

Teisseened (*Fungi imperfecti*)

Teisseente klassi kuuluvad paljud kõrgemad seened, millel on hulkrakne mütseel, kuid millel ei moodustu väljaarenenud kott- või kandeoseid. Mõnel neist esineb ainult mütseel, teised jälle paljunevad pungumisega või mütseeli üksikuteks rakkudeks jagunemisega, enamik aga paljuneb lüliliste koniidide abil.

Teisseeni tuntakse üle 25 000 liigi, millest peatume ainult punakastel.

P u n a k a s t e (*Fusarium*) on suur teisseente perekond, mille mitmesugused liigid elunevad mullas, samuti ka mitmesugustel taimedel, põhjustades nende närbumist soonte mütseeliga ummistumise tagajärjel. Nende seente koniidid on sirpja kujuga ja jagunevad vaheseinte abil mitmeks rakuks. Koniidide kuhjum on roosaka värvusega. Mitmed punakastete liigid põhjustavad paljudel taimedel (linal, puuvillapõõsal, tomatil, ristikul, hernel, lupiinil ja kõrvitsalistel) närbumistõbe, samuti maisil juurte, varte ja tõlviku mädanemist. Ka kartulimugulate valgemädanikku põhjustab punakaste (*Fusarium solani*). Kartulimugula koorele tekivad sissesurutud kohad; need kattuvad valgete või roosakate padjakestega, mis koosnevad sirpja kujuga koniididest. Kõrsviljadel elunev punakaste (*Fusarium graminearum*) eritab mürke, toksiine, mis tekitavad inimestel mürgitusetunnuseid, kui tarvitatakse toiduks nakatunud vilja. Teine punakasteliik (*Fusarium nivale*) esineb taliviljaorastel pärast lume alt väljumist nn. lumiseenena.

Põllumajandustaimede seenhaigusi on palju, neid õpitakse tundma spetsiaalses fütopatoloogiakursuses, milles käsitletakse üksikasjaliselt ka nende tõrjet.

SAMBLIKUD (*LICHENES*)

Samblikud on vähenõudlikud taimorganismid, mis kasvavad paljastel kividel, viljatul pinnasel, puukoorel, eriti kuivadel okstel ja tüvedel. Nad on levinud rohkem põhjas kui lõunas. On tähele pandud, et samblikud elavad metsades ja tundrates, kus õhk on

eriti puhas. Puutüvedel leiame neid enamasti põhjapoolsel küljel. Substraadi püsiv liikumatus on samblike elu põhitingimusi.

Rakise ehk talluse väliskuju järgi võib eristada järgmisi samblikuliike: 1) põõsassamblikud, näiteks islandi samblik (islandi käokõrv) (*Cetraria islandica*), harilik põdrasamblik (*Cladonia rangiferina*) ja habesamblik (*Usnea barbata*); 2) lehtsamblikud, näiteks lapiksamblik (*Parmelia*) ja seinakorp (*Xanthoria parietina*); 3) kooriksamblikud, näiteks kirisamblik (*Graphis scripta*) ja 4) limasamblikud, näiteks limasamblik (*Collema*).

Sambliku tallus kinnitub alumise osaga substraadile. Sambliikud kasvavad aeglaselt; enamasti on nad paari sentimeetri ja ainult mõned liigid kuni poole meetri pikkused.

Samblikud elavad aastakümneid. Hariliku põdrasambliku igaaastane juurdekasv on näiteks umbes 0,5 cm ja samblikukarjamaa, millel söödetakse põhjapõtru, taastub 10—20 aasta jooksul.

Harilik põdrasamblik (*Cladonia rangiferina*) (joonis 113) on NSV Liidu põhjaosas kasvavatest samblikest suurima tähtsusega. Harilikku põdrasamblikku esineb hulgaliselt männimetsades ja tundrates ning ühes teiste samblikuliikidega moodustab ta põhjapõtrade põhilise toidu.

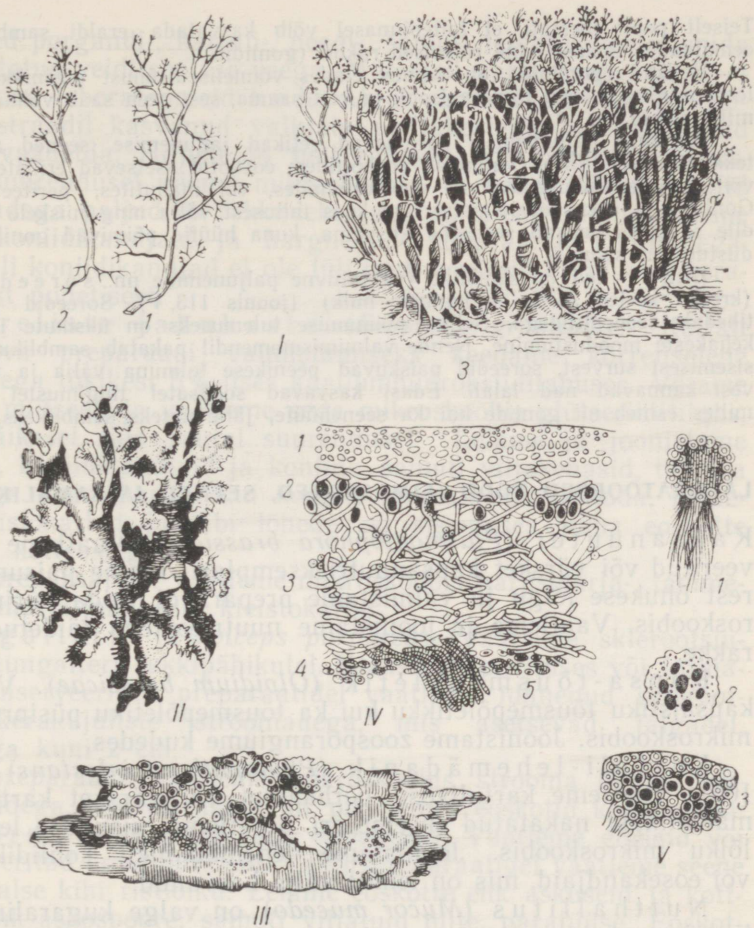
Mõningat toiteväärtust on ka islandi käokõrval ehk islandi samblikul (*Cetraria islandica*) (joonis 113, *II*). Selle sambliku kuivaines on kuni 50% süsivesikut lihheniini (mis kuulub rakukestade koostisse ja ei värvu nagu tärklis joodiga siniseks). Kaug-Põhjas on samblikel suur tähtsus. Aasia ja Aafrika steppides ja kõrbetes, samuti Kasahstani poolkõrbetes esineb mannasamblik (*Lecanora*), mida kasutatakse toiduks, Ida-Indias aga kasvab lakmusesamblik (*Roccella tinctoria*), millest toodetakse väärtuslikku värvi, lakmust.

Samblike omadus täielikul kuivamisel elu säilitada, punduda ja esimese vihmaga elustuda võimaldab neil kasvada «viljatutel» kivimitel ning aidata kaasa nende murenemisele. Samblike eritatud happed lahustavad nii lubja- kui ka räniühendeid. Tekkinud süvendites ja lõhedes peatuvad tolmustunud pinnaseosad võimaldavad sammaldel, rohttaimedel ja isegi väiksematel põõsastel arenema hakata.

Puukoorel kasvavad samblikud ei ole parasiidid, kuid on siiski tingimata kahjulikud, sest nad annavad pelgupaika kahjulikele putukatele. Seepärast tuleb viljapuude koort neist kaabitsate ja karedate harjadega puhastada.

Bioloogiliselt on samblikud äärmiselt huvitavad organismid. Nad on suurepäraseks näiteks *kahe organismi — seene ja rohevõi sinivetika — sümbioosist.*

Samblikutalluse ristlõigu vaatlemisel mikroskoobis võib näha seenehüüfe, mis on keskmises osas hõredalt, ülemises ja alumises osas aga väga tihedalt põimunud. Seda tihedat tallusekude nimetatakse kooreks, keskmist, hõredat kude aga säsiks. Roheliseks värvunud talluseosa nimetatakse gonidiaal-



Joonis 113. Samblikud.

I — harilik põdrasamblik: *1* — viljatu oksake; *2* — eosekandja; *3* — taime üldkuju. *II* — islandi samblik. *III* — seinakorp puukoorel. *IV* — sambliku-talluse ristlõige: *1* — ülemine koorkiht; *2* — gonidiaalne kiht; *3* — säsi; *4* — alumine koorkiht; *5* — risoidid alumisel küljel. *V* — samblikusoreedid (*1*, *2*, *3*) ja nende kasvamine.

seks kihiks, sest seenehüüfid põimivad selles kihis värvilisi (rohelisi või siniseid) ainurakseid vetikaid — goniide[1].

1867. aastal avastasid vene teadlased A. Famintsõn ja I. Baranetski, et seinakorba (*Xanthoria parietina*) goniidid jätkavad pärast seeneniitide roiskumist iseseisvat elu ja paljunevad jagunedes ning zoospoore moodustades.

[1] Nimetus «goniidid» (kreeka keelest *gonos* — paljunemine) on antud juba ammu, kui rohelisi rakke peeti ekslikult samblike paljunemisorganiteks.

Teiselt poolt tõestati, et toitepinnasel võib kasvatada eraldi samblikuseent, eemaldades temast enne rohelised rakud (goniidid).

Vetikad (goniidid) on seenes elades võimelised õhust süsinikku assimileerima ning seenelt mineraalsooli ja vett saama, sest seen saab vetikalt orgaanilisi aineid.

Samblike paljunemisel paljunevad vetikad jagunemise, seened aga eoste tekkimise teel. Eosed valmivad eoskottides; eoskotid asetsevad erilistel näsadel või liudjates lohukestes, nn. apoteesiumides, või mahutites, periteetsiumides. Goniidid ja askospoorid paiskuvad koos tallusest välja ning niiskele substraadile sattudes hakkab seeneeos kasvama, kuna hüüfid põimivad goniide. Moodustub uus samblik.

Eriti levinud on samblike vegetatiivne paljunemine nn. soreedide abil (kreeka keeles *soros* — hunnik, hulk) (joonis 113, *V*). Soreedid põimuvad tihedalt seeneniitidega. Sellise põimumise tulemuseks on üksikute isoleeritud kehakeste moodustumine. Nende valmimismomendil pakatab sambliku koorikut sisemisest survest, soreedid paiskuvad peenikese tolmuna välja ja tuul ning vesi kannavad nad laiali. Edasi kasvavad soodsatel tingimustel soreedid, milles esineb nii goniide kui ka seenehüüfe, jälle uuteks samblikeks.

LABORATOORSED TÖÖD (LIMASEENED, SEENED JA SAMBLIKUD)

Kapsanuuter (*Plasmodiophora brassicae*). Vaatleme konserveeritud või värsket kapsanuutrieksemplari. Teeme paisunud juurest õhukese lõigu ja valmistame preparaadi, mida uurime mikroskoobis. Vaatleme ja joonistame nuutrieostega täidetud juurerakke.

Kapsa-tõusmepõletik (*Olpidium brassicae*). Vaatleme kapsaistiku tõusmepõletikku kui ka tõusmepõletiku püsipreparaati mikroskoobis. Joonistame zoosporangiume kudedes.

Kartuli-lehemädanik (*Phytophthora infestans*) (joonis 105). Vaatleme kartulivõsu herbaarset või värsket kartuli-lehemädanikust nakatatud eksemplari. Vaatleme niisuguse lehe pikilõiku mikroskoobis. Joonistame lehemädaniku koniidikandjaid või eosekandjaid, mis on lehest välja kasvanud.

Nutthallitus (*Mucor mucedo*) on valge kugaraline hallitus; kasvab kiiresti nisuleival, mis on asetatud taldrikule klaaskupli alla. Idanemise kiirendamiseks võib leiba nakatada täpphallituse-eostega. Täpphallitusepreparaadi valmistame veetilgas. Vaatleme mikroskoobis seenehüüfe, nende sisu, eosekandjaid ja sporangiume. Sporangiumid esinevad mitmesugustes arengufaasides ja on kerakujulised. Lõhenenud sporangiumidel on pundunud kaas, mille ümber on näha eoseid. Täpphallituse-eosed on kerged, neid kandub palju tuulega laiali ja niiskele orgaanilisele substraadile sattudes idanevad nad kiiresti.

Täpphallituse hobusesõnnikul kasvatamisel võib näha sügoote. Selleks asetame veidi täpphallitusega sõnnikut klaasi vette. Pärast loksutamist langevad sügoodid klaasi põhja, kust võtame neid pipetiga ja vaatleme mikroskoobis.

Penitsillium (*Penicillium glaucum*) ja aspergill ehk täpphallitus (*Aspergillus*). Eriti hästi arenevad mõlemad

hallitused porgandi-, kartuli-, peedi-, samuti leivatükikestel, mida on niisutatud veidi soolase veega. Materjali valmistame ette 3—4 päeva enne laboratoorseid tunde. Algul sarnanevad need hallitused substraadil kasvanud valkjate padjakestega. Sel ajal neid tulebki vaadelda. Hiljem on neil rohekas või punakas värvus. Suurel suurendusel näeme mikroskoobis, et nende seente hüüfid on kestadega paljudeks rakkudeks jagatud. Penitsilliumil näeme lülilisi koniidikandjaid ja hargnenud kobarakesi koniididega. Aspergilli koniidikandjad ei ole lülilised, koniidid eralduvad kerakujulisest puhetisest.

Kõrreliste jahukaste (*Erysiphe graminis*). Küllalt läbipaistva preparaadi valmistamiseks keedame kõrreliselehe jahukastega tükikesi 5%-lises kaaliumhüdroksiidilahuses. Võtame nõelaga mütseeli ja vaatleme seda mikroskoobis glütseriinitilgas, algul väikesel, siis suurel suurendusel. Leiame ja joonistame mütseeli, koniidikandjaid ja koniide, samuti viljakehasid, tumeda värvusega kleistokarpe. Kui kergelt katteklaasile rõhuda, lõhkevad kleistokarbid ja läbi lõhede on sisemuses näha eoskotte (askusi) kotteostega.

Püsipreparaatidel vaatleme mikroskoobis karusmarja-, tamme- ja viinamarja-jahukaste kleistokarpe.

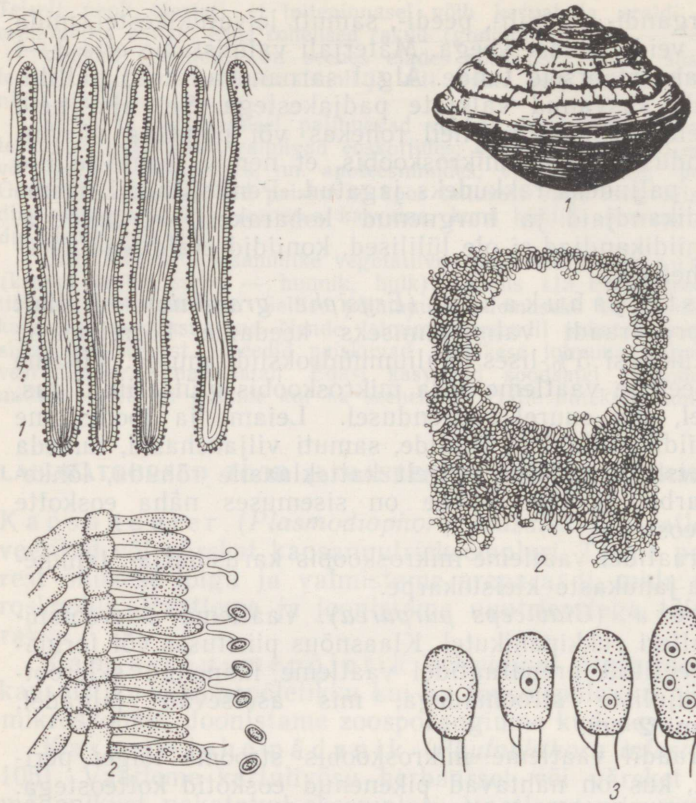
Tungaltera (*Claviceps purpurea*). Vaatleme sklerootsiumidega tungalteri rukkipähikutel. Klaasnõus piirituses või formaliinis konserveeritud preparaatidel vaatleme idanenud sklerootsiume kerakujuliste stroomadega, mis asetsevad jalgadel, pikkusega kuni 2 cm.

Püsipreparaadil vaatleme mikroskoobis strooma lõiget periteetsiumidega, kus on nähtavad pikenenud eoskotid kotteostega.

Ümarmürkel (*Morchella esculenta*). Vaatleme elusaid või konserveeritud ümarmürkleid. Valmispreparaatidel vaatleme seene hümeniaalse kihi ristlõiku. Leiame eoskotte ehk askuseid ja kotteoseid ehk askospoore, samuti viljatuid niite, parafüüse. Eoskottides näeme kaheksat kotteost.

Mürklipreparaadi võib asendada kübarmürklipreparaadiga (*Verpa bohemica*). Kübarmürklil on eoskottides ainult kaks askospoori.

Šampinjon (*Psalliota campestris*). Vaatleme algul elusaid või konserveeritud šampinjone. Teeme värske või piirituses hoitud šampinjoni plaatja hümenofoori ristlõigu. Viljakeha tuleb võtta selles seisundis, kus alumine kile (kate) alles hakkab lõhenema (keskmine vanus). Väikesel suurendusel sarnaneb hümenofoor ristlõikes kammiga. Selle «kammi» piid — plaadid — koosnevad hüüfidest, mis lõpevad kas sugututе rakkude või basiididega; suurel suurendusel näeme neil kandeostega sterigmasid (kahte või nelja). Valminud eosed on pruuni värvusega. Joonistame šampinjoni plaatjat hümenofoori ja kandeoseid sellel väikesel või suurel suurendusel (joonis 114).



Joonis 114. Sampinjoni plaatjas hümenofoor (*1*), osa hümeniaalsest kihist (*2*).

Joonis 115. Tuletael:
1 — viljakeha; *2* — torulise hümenofoori ristlõige; *3* — kandeoste areneminc dikaarüonist.

Tuletael (*Fomes fomentarius*). Toriku viljakeha vaatlemisel pöörame tähelepanu tema ülemise pinna aastakihtidele, samuti alumise pinna pisimatele avadele. Luubis on need avad nähtavamad. Hümenofooritorukesi näeme viljakeha pikilõikes.

Hümeniaalse kihi ristlõigu püsipreparaadis näeme mikroskoobis väikesel suurendusel suuri avasid ja suurel suurendusel hümeniaalset kihti, millest ulatub välja hümenofooritoruke; viimane koosneb pikenenud rakkudest, mis liibuvad tihedalt üksteise vastu. Harilike rakkude seas esineb ka basidiaalseid rakke sterigmade ja kandeostega (joonis 115).

Nõgiliselaadsed (*Ustilaginales*). Vaatleme herbaariumieksemplare ja joonistame järgmisi nõgihaiguseliike: kaera-lend-

nõgi (*Ustilago avenae*), hirsi-lendnõgi (*U. panici miliaceae*), nisu-lendnõgi (*U. tritici*), maisi-pahknõgi (*U. zeae*), nisu-kõvanõgi (*Tilletia tritici*) ja rukki-kõrrenõgi (*Urocystis occulta*).

Valmistame preparaadi hirsi-lendnõest vees teliospooridega, nisu-kõvanõest ja rukki-kõrrenõest. Vaatleme eoseid mikroskoobis suurel suurendusel ja joonistame neid.

Jälgime maisi nõgihaiguse eoste idanemist. Idandada võib neid kas 1,5%-lises suhkru- või sõnnikulahuses. Neis lahustes võib jälgida enamiku nõgihaiguste eoseid juba ööpäeva järel.

R o o s t e l i s e l a a d s e d (*Uredinales*). Vaatleme herbaariumieksemplaridel kõrreroostet, mis parasiteerib kõrreliste kõrtel ja lehetuppedel, näiteks nisul. Herbaariumis peab tingimata olema näidiseid kõrtest, mis on kogutud suvel (nakatumise algul) ja sügisel (vegetatsiooni lõpul). Punakad vöödid sisaldavad kimpe, mis koosnevad suvieostest ehk uredospooridest; musta värvusega vöötides on aga talieoste ehk teliospooride kimbud.

Paneme alusklaasil olevasse veetilka skalpelliga uredospoore ja teliospoore ning vaatleme neid mikroskoobis suurel suurendusel. Esimesed neist on üherakulised eosed, veidi ovaalsed, õhukese kesta ja oranži sisuga, teised on kaherakulised, pruunikad, pikenenud, paksu kestaga.

Vaatleme kukerpuu (*Berberis vulgaris*) roostest nakatatud lehe ristlõiku (püsipreparaati) etsiididega, mis on täidetud korrapärastes ridades asetsevate pruunikaspunaste etsiospooridega. Etsiidid paiknevad kukerpuulehe alaküljel, tema ülemisel pinnal märkame aga pükniidide madalaid eospesi. Kõik, mida vaatleme, joonistame töövihikusse.

Täiendava preparaadina vaatleme kroonrooste (*Puccinia coronifera*) suvi- ja talieoseid ja leiame nende erinevuse kõrreroosteeostest.

S a m b l i k u d (*Lichenes*). Vaatleme samblikukollektsiooni, mis on kogutud puudelt (koos kooreosadega), kividelt (koos kivikildudega), vanadelt taradelt, küttepuudelt jne. (joonis 113).

Vaatleme mikroskoobis samblikutalluse, näiteks lapiksambliku (*Parmelia*) talluse ristlõiku. Lõik tehakse terava habemenoaga, surudes tallusetükikese leedripuusäsisse. Veetilka asetatud lõigust eemaldame õhumullikesed, alusklaasi kergelt kuumutades. Vaatleme lõiku vee- või glütseriinitilgas.

Leiame mikroskoobis ja joonistame töövihikusse talluse ülemise koorkihi, gonidiaalse kihi ja säsi, mis koosneb põimunud, osaliselt risti läbilõigatud seeneniitidest, alumise koorkihi ja risoidid. Preparaadid on otstarbekas varem valmis teha.

KÕRGEMAD TAIMED — TÜVENDTAIMED

SAMMALTAIMED (*BRYOPHYTA*)

ÜLDISELOOMUSTUS

Sammaltaimed on hästi arenenud kloroplastidega autotroofsed organismid. Vetikate ja teiste alamate taimedega võrreldes on need organismid kohanenud peamiselt maismaatingimustega. Nad kasvavad soos, märjal niidul, tiheda metsa varjus, ja kui nad mõnikord kasvavadki kuivemas kohas, näiteks kivil või puukoorel, siis kasutavad nad vihmaperioodide niiskust. Paljud samblad taluvad nagu samblikudki hästi põuda, langedes siis nagu anabioosi ehk varje-ellu.

Sammalde suurus ei ületa 20—30 cm, harilikult kõigub see 5—15 cm vahel. Mõnel samblal, näiteks helvikul (*Marchantia polymorpha*) (joonis 116) ei ole keha organiteks diferentseeru-



Joonis 116. Helvik:
I — emastallus. *II* — isastallus.

nud, vaid koosneb lamedast hõlmisest tallusest, mis kinnitub pinnasele risoidide abil. Lehtsammaldel arenevad varred ja väikesed lehed. Juuri sammaldel ei arene.

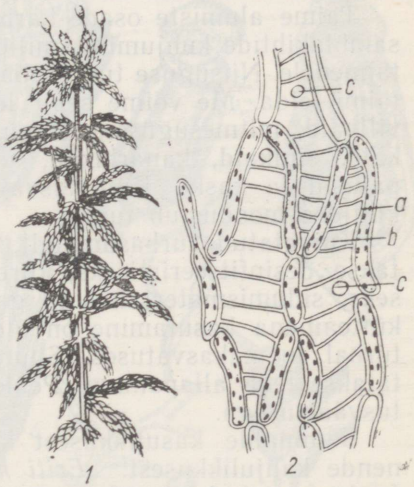
Sammaltaimed jaotatakse tavaliselt kolme klassi ja mitmesse seltsi. Me vaatleme edaspidi ainult mõningaid turbasammalde (*Sphagnales*) ja pärislehtsammalde (*Bryales*) seltsi esindajaid.

Samblad nagu samblikud asuvad esimesena elama viljatutele pinnastele ja kaljudele; nad peatavad tolmutaolisi mullaosakesi ja niiskust ning soodustavad huumuse kogunemist, millele asuvad siis teised, nõudlikumad taimed.

Turbasamblad

Turbasammalde hulka kuulub turbasambla (*Sphagnum*) (joonis 117) perekond, millest on tuntud üle 300 pisitunnuste poolest erineva liigi.

Turbasamblad on valkjad, klorofüllist tuleneva roheka varjundiga; mõned liigid on kollakad või punakasvioletsed olenevalt



Joonis 117. Turbasammal:
1 — üldkuju; *2* — leheosa; *a* — elusad, klorofülli sisaldavad rakud; *b* — spiraalsete kestapaksenditega hüalotsüstid; *c* — poorid hüalotsüstides.

antotsüaanisisaldusest. Turbasambla haruline vars on kaetud väikeste lehtedega ja lõpeb ladvas tihedate harude ja väikeste sporangiumidega. Turbasammal kasvab ladvast, alumine osa kõduneb järk-järgult; tal ei ole isegi risoide. Varre ristlõigu keskel võib tähele panna õhukesekestalisi rakke. Nende kaudu liiguvad ained varres edasi ja nendesse talletatakse varuaineid. Keskrakke ümbritsevad paksuseinalised mehhaanilise koe rakud. Varrekoor

koosneb suurtest õõnsatest rakkudest, mis on varustatud vee tungimist taimesse võimaldavate avade ehk pooridega.

Leheehituse vaatlemisel mikroskoobis märkame, et iga leht koosneb väikestest ja suurtest rakkudest. Väikesed pikenenud rakud ühinevad omavahel ainult otste kaudu, tekitades võrgu. Nad sisaldavad protoplasmat, milles võib märgata kloroplaste. Oma pikkade külgedega liituvad nad võrgusilmadesse jäävate suurte rakkudega. Värvitutel suurtel vett kandvatel rakkudel, hüalotsüstidel on õhuke kest, mis on varustatud spiraalsete paksendite ja suurte pooridega. Poorid on täidetud vee või õhuga. Läbi pooride imevad hüalotsüstid endasse vett isegi niiskest õhust. Vett kasutavad elusad rohelised rakud, mis on hästi kaitstud kuivamise vastu ning on assimileerimisvõimelised. Tänu niisugusele turbasamblavarre ja -lehtede ehitusele imeb ta käsnana endasse vett, mida alatasa õhku aurab (joonis 117, *2*). Turbasambla täielik niiskusemahutavus võrdub 1500%-ga tema kuivainekaalust ja rohkemgi.

Turbasamblaid esineb rohkesti NSV Liidu põhja- ja lääneosas, nad on levinud isegi Moskvast lõuna poole. Väga sagedasti moodustab turbasammal õõtsuva katte kinnikasvavate järvede pinnal. Lubjastel muldadel turbasammalt ei kasva.

Taime alumiste osade kärbumise tagajärjel toimub kärbunud samblakihtide kuhjumine, mille kaudu vesi kandub edasi elusatele taimedele. Niisuguse turbaraba pinnal võib palju teisi huvitavaid taimi leida. Me võime sealt leida putuktoidulist huulheina, osje, villpäid, mitmesuguseid tarnu, jõhvikaid, mustikaid, rabamurakaid, sinikaid, kanarbikku, sookailu, aga ka jändrikke mände, pajusid ja kaski. Kinnikasvav järv muutub turbarabaks, mille kihtides moodustub turvas.

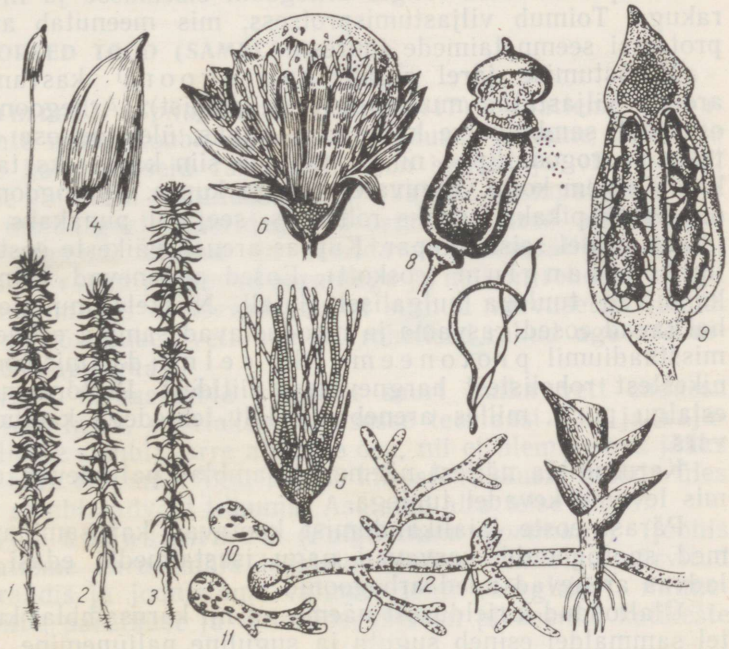
Kuivatatud turbasammalt, samuti ka teisi samblaid kasutatakse desinfitseerimiseks, kiiresti riknevate produktide pakkimiseks, sidumismaterjaliks ja gaasimaskide valmistamiseks. Turba kütteainena kasutamine on üldtuntud. Määratu suur tähtsus on turbal loomakasvatuses. Suure niiskusemahutavuse tõttu kasutatakse teda allapanuna. Peale selle on turbasõnnik suure väetusväärtusega.

Sammalde kasulikkusest kõneldes ei saa mööda minna ka nende kahjulikkusest. *Eriti kahjulikud on samblad niitudel ja karjamaadel, kus nad soodustavad soostumist, takistavad muldade õhustamist ning tõrjuvad head söödataimed välja. Niitudel tuleb teha nende tõrjet, kõrvaldades neid heinamaaäketega varakevadel juba enne maa sulamist, samuti ka raudvitrioliga pritsides.*

Päris-lehtsamblad

Tüüpilistel päris-lehtsammaldel on nagu turbasammaldelgi varred, mida katavad spiraalselt asetunud lehed. Varreladvas on tihedalt lehti ja ka sporogoonid väljuvad varretipust. Selliste tippviljaliste sammalde hulka kuuluvad näiteks karusammal (*Polytrichum*), tähtsammal (*Mnium*), hellik (*Funaria*), pungsammal (*Bryum*) jt. Nende varred kasvavad vertikaalselt. Külgviljalistel sammaldel, näiteks ulmikul (*Hypnum*), ehmikul (*Thuidium*) jt., väljuvad sporogoonid külgmistest võsudest, varred hargnevad tugevasti ja lamavad substraadi pinnal, millel samblad kasvavad. Päris-lehtsamblad on levinud metsades, puudel, kividel, mullal, aga ka niitudel. Mõned samblad elunevad vees, näiteks ojasammal (*Fontinalis*). Üldse tuntakse üle 4000 päris-lehtsamblaliigi.

Harilik karusammal ehk käolina (*Polytrichum commune*) on tüvendsammal ja kuulub lehtsammalde klassi. Ta kasvab igal pool niitudel, kus ta on umbrohi, mida tuleb hävi-



Joonis 118. Harilik karusammal ehk käolina:
1 — emastaim (gametofüüt), ülal sporofüüt; *2* — emastaim enne viljastumist; *3* — isastaim; *4* — tanuga eoskupar; *5* — arhegoonid ja parafüüsid; *6* — anteriidid ja parafüüsid veetilgas; *7* — spermatosoid; *8* — eoskupar; *9* — eoskupar läbilõikes; *10* ja *11* — eose idanemine; *12* — samblaprotoneema (eelniit) ja sambla arenemine pungast.

tada. Ta on levinud ka metsas. Karusambla püstised varred on kuni 40 (tavaliselt 10—20) cm pikkused, rikkalikult lehistunud ja arenevad nii tihedalt, et moodustavad niidul sageli mättaid. Varte alumisel osal on risoidid, s. t. peenikesed karvakesed, mis asendavad juuri. Lehed on kitsad, väikesed ja küllalt keeruka anatoomilise ehitusega.

Karusammal on kahekojaline taim; isastaimede nutjalt laienenud varre tippu ümbritsevad punakaspruunid lehekesed, mille vahel on erilised valged hulkraksed kotikesed — anteriidid. Need sisaldavad limaseid spiraalselt keerdunud kehakesi, spermatosoide, mis võivad kahe pika viburi abil vees energiliselt liikuda.

Spermatosoidid satuvad veetilkadega emastaimedele, mis kasvavad harilikult tihedate mätastena isastaimede kõrval. Isastaimed kasvavad pärast spermatosoidide eraldumist edasi ja annavad järgmisel aastal uusi punakaspruune anteriidikogumikke.

Emastaimedel arenevad ladvas roheliste lehtede vahel arhegoonid, hulkraksed laienenud alusega kotikesed, mille sügavuses on üks munarakk. Arhegoonil on ülemises osas kanalike, mille kaudu spermatosoid tungib arhegooni sisemusse ja liitub munarakuga. Toimub viljastumisprotsess, mis meenutab analoogilist protsessi seemnetaimede juures.

Viljastumise järel algab sporogooni[1] kasvamine, mis areneb viljastatud munarakust (sügoodist). Arhegooni alumine osa jääb samblavarre külge kinnitatuks, ülemine osa aga tõstetakse sporogoonitippu ning muundub siin karvaseks tanuks, mis katab hiljem kogu valmivate eostega kupra. Sporogooni alumine osa venib pikaks, esiteks rohekaks, seejärel punakaks vetruvaks jalaks, millel seisab kupar. Kupras areneb väikeste eostega täidetud sporangium (eoskott). Eosed pudenevad valmimisel ja kanduvad tuulega hulgaliselt laiali. Niiskele mullale sattudes hakkavad eosed kasvama ja moodustavad sambla esimesel arenemisstaadiumil protoneema ehk eelniidi, mis koosneb peenikestest rohelistest hargnevatest niitidest. Protoneemal kasvab esialgu pung, milles areneb tihedalt lehtedega kaetud samblavars.

Karusambla näitest näeme, et samblad paljunevad eoste abil, mis levivad kevadel tuulega.

Pärast eoste laialikandumist kaotavad karusambla emastaimed sporogoonid, kasvavad nagu isastaimedki edasi ja nende ladvas arenevad uued arhegoonid.

Ülaltoodud kirjeldusest näeme, et nii karusamblal kui ka teistel sammaldel esineb sugutu ja suguline paljunemine, mis järg-

---

[1] Sporogoon — kreekakeelsetest sõnadest *spora* — külv, seeme; *gonos* — sündimine, tekkimine.

nevad teineteisele taime arenemistsüklis. Eoste moodustumiseks kasvab sügoodist sporogoon, mis koosneb varrest ja eoskuprast, milles asuvad eosed. Sugutu paljunemine toimub suure hulga eoste laialikülvamisega. Eosest kasvab roheline eelniit, millel areneb esiteks pung, pungast aga tüvendiline võsu anteriidide või arhegoonidega tipus. Paljudel teistel sammaldel esinevad anteriidid ja arhegoonid samal taimel. Selle tõttu, et anteriidides ja arhegoonides arenevad isas- ja emassugurakud, gameedid, nimetatakse kõiki taimeosi, mis on seotud gameetide moodustamisega (idanev eos, protoneema, võsud anteriidide ja arhegoonidega) gametofüüdiks, erinevalt sporofüüdist, mis tekitab eoseid. Karusambla arenemise näitest paneme tähele, et sammaldel on sporofüüt nõrgalt arenenud ja kasvab gametofüüdil, mis on kõige rohkem arenenud.

Sammalde uurimisel on suur tähtsus sookultuuris. Sammalde määramisel ei pöörata tähelepanu mitte ainult sammalde väliskujule, vaid ka ehitusele, näiteks peristoomi ehk suuäärise hammaste arvule, mis paiknevad kupra ülemises osas, lehtede ehitusele, eoste kujule ja teistele kõrvaltunnustele.

LABORATOORSED TÖÖD (SAMBLAD)

Turbasammal (*Sphagnum*) (joonis 117). Vaatleme turbasambla lehte mikroskoobis suurel suurendusel, paneme tähele ja joonistame kahesuguseid rakke: ühed on suured ja värvusetud, surnud, vee või õliga täitunud ning spiraalsete kestapaksenditega ja suurte ümmarguste pooridega varustatud, teised aga kitsad, veidi kõverdunud, elusad ja sisaldavad klorofülliga protoplaste. Elusad rakud piirnevad surnutega ja neil on rohelise võrgu kuju, mille silmades asetsevad suured surnud värvusetud rakud. Viimased on võimelised vett imama, rohelised rakud aga assimileerivad süsihappegaasi.

Et tutvuda turbasambla võimega suurt hulka vett endasse imada ja läbi lasta, valatakse väikesesse teeklaasi vett ja vajutatakse sellesse samblavarre alumine osa, nii et ülemine osa jääks üle klaasi ääre rippuma. Vesi tõuseb kiiresti rakkusid mööda üles ja hakkab samblaladvast tilkuma. Asetame alla teise klaasi.

Harilik karusammal (*Polytrichum commune*) (joonis 118). Vaatleme karusambla isastaime ladva pikilõiku värvitud püsipreparaadis ja joonistame välimisi lehti (kõrglehti), mitmerakulisi niite, parafüüse ja anteriide, mis on pikenenud kotikeste kujulised.

Teisel, emastaime ülaosa preparaadil vaatleme ja joonistame üles arhegoone, mis on pikenenud kaelaga kolvi kujulised. Mitmerakulises arhegoonis märkame munarakku. Arhegoonide vahel näeme niite, mitmerakulisi parafüüse.

Et kevadel karusambla isastaime paljunemisorganeid vaadelda, võime lõhestada nõela ja pintsetiga taime ladva ja eraldada anteriidid ning valmistada preparaadi veetilgas. Mikroskoobis on sageli näha, kuidas mõned anteriidid lõhkevad ja neist eraldub limane mass, milles on märgata liikuvaid spermatosoide.

Karusambla eoskupra pikilõige. Vaatleme karusambla sporogooni ehk sporolüüti, eraldades ta emasgametofüüdist. Sporogoon koosneb nõtkest varrekesest — harjasest, mis ulatub alumise otsaga gametofüüdi ülaossa, kust ta saab toitu. Sporofüüdi ülaosa koosneb kaane ja karvase tanuga kaetud eoskuprast.

Vaatleme mikroskoobis väikesel suurendusel eoskupra pikilõiku, kasutades värvitud püsipreparaati. Joonistame töövihikusse eoskupra laienenud aluse (apofüüsi), eoskupra samba ja urni, milles asetseb sporangium (eoskott) eostega ja peristoomihambakesed, mis etendavad tähtsat osa eoste levimisel.

Karusambla tundmaõppimise järel tuleb selgelt ette kujutada gametofüüdi ja sporofüüdi arengufaaside vaheldust ja see töövihikusse joonistada.

Missugune kahest arengufaasist domineerib sammaldel?

SÕNAJALGTAIMED (*PTERIDOPHYTA*)

Sõnajalgtaimede hulka kuuluvad taimed, välja arvatud veesõnajalad, on täielikult maismaa eluviisile kohanenud, kuigi nad eelistavad varjuliste metsade niisket õhku. Troopilistes metsades esineb puukujulisi sõnajalgu. Kesk- ja põhjalaiustel on sõnajalad harva 1 m kõrgused, tavaliselt on nad märksa väiksemad. Paljudel liikidel on varred hästi arenenud, enamikul neist on rohelised lehed; neil on juured, risoomid, mõnikord ka mugulad. Arenenud on juht- ja teised koed.

Sõnajalgtaimed on õistaimede eellased. Nad pärinevad nagu sambladki vetikatest, evolutsioon on nad viinud praegu esinevate liikideni, sõnajalgtaimedest aga on tekkinud õistaimed. Nende taimede kivistunud jäänused ja täpsed jäljendid on säilinud karboniajastu kihtides, kus kasvasid määratu suurte puukujuliste sõnajalgade tihnikud, samuti ka kõrged (20—30 m) osjad — kalamiidid, kollad — soomuspuud ja pitsatipuud.

Sõnajalgtaimede hulka kuuluvad mitmesugused sõnajalad, osjad ja kollad. Mõningaid kaasaegseid sõnajalgtaimi kasutatakse ilutaimedena, teisi arstiteaduses. Kollaeoseid kasutatakse malmivalutöödel, osjade varsi aga vaskesemete puhastamisel.

Sõnajalad

M a a r j a s õ n a j a l g (*Dryopteris filix mas*) on levinud peamiselt varjulistes metsades. Tal on pikad (kuni 1 m pikkused) rohelised kahelisulgjad lehed, mis on suurtesse lehekodarikesse koondunud. Tugev risoom on seest lihakas ja pealt lehejäänuste ja paljude lisajuurtega kattunud (joonis 119) ning tuleb osalt mulla alt maapinnale.[1]

Sõnajalalehed on noores eas spiraalselt keerdunud ning suure hulga kuivade soomustega kattunud, mis kaitsevad neid kuivamise vastu. Kevadel keerduvad need lehealgmed lahti ja kasvavad hoogsalt tipust.

Sõnajala paljunemine eoste abil algab sellest, et lehtede alumisele küljele ilmuvad ümmargused epidermikõrgendid, mis paiknevad kahes reas mõlemal pool keskroodu. Need kõrgendid, soorused, omandavad hiljem pruunika värvuse. Neid katab kate, mille all on palju väikesi kotikesi, sporangiume, sporangiumid sisaldavad väikesi üherakulisi eoseid.

Kuiva ilmaga lõhkevad sporangiumid, eosed paiskuvad välja ja levivad kergesti tuulega.

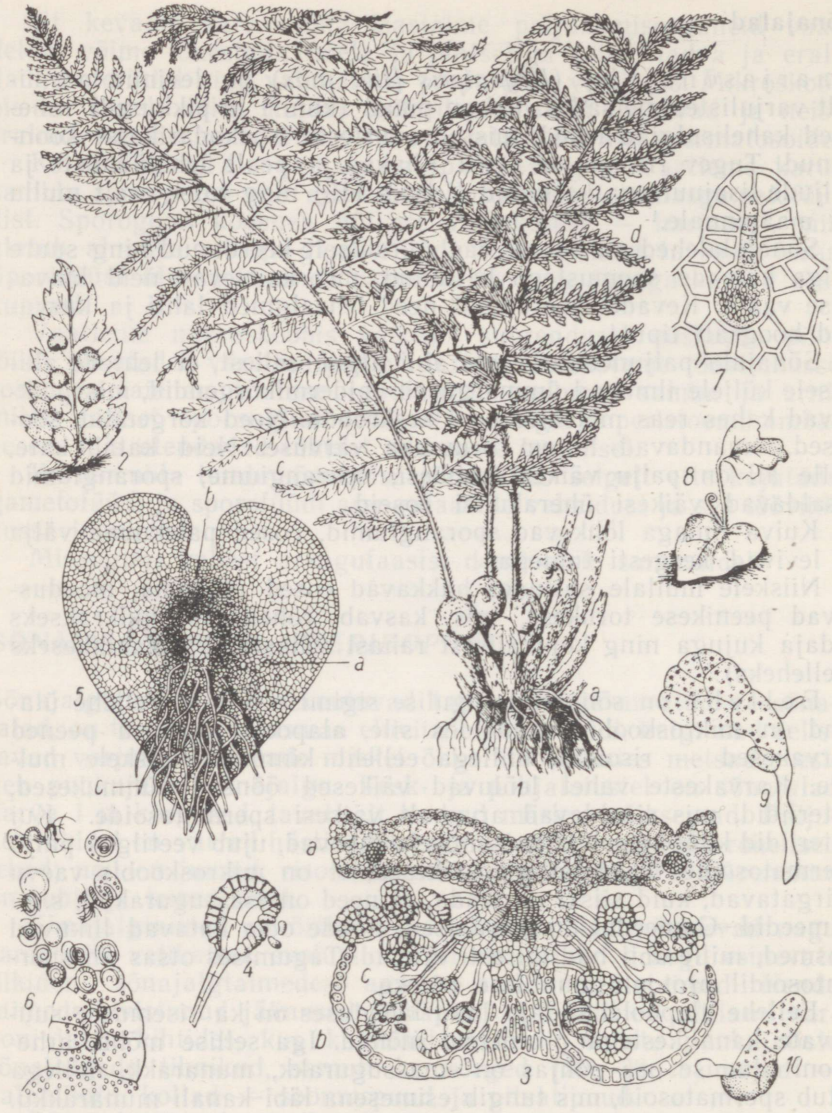
Niiskele mullale sattudes hakkavad eosed idanema, moodustavad peenikese torukese, mis kasvab roheliseks hulkrakseks südaja kujuga ning kopikalisest rahast väiksemaks plaadikeseks (eelleheks).

E e l l e h t on sõnajalal sugulise sigimise organ. Eellehe ülapind on mikroskoobis vaadeldes sile, alapoolel aga on peened karvakesed — risoidid, millega eelleht kinnitub niiskele mullale. Karvakeste vahel leiduvad väikesed õõnsad kühmukesed, anteriidid, mis sisaldavad arvukalt väikesi spermatosoide. Kui anteriidid küpsemisel ja paisumisel lõhkevad, ujub veetilgas palju spermatosoide. Need on nii väikesed, et on mikroskoobis vaevu märgatavad, kuid siiski on teada, et need on isassugurakud, s. o. gameedid. Gameedid on spiraalsed, nende otsa katavad liikuvad ripsmed, mille abil nad kiiresti ujuvad. Tagumises otsas on spermatosoidil protoplasmaatiline põieke.

Eellehe alapoolel südaja lohu läheduses on ka sisemusse suubuvate kanalikestega pikenenud mõhad. Iga sellise mõha, arhegooni alumise osa põhjas on emassugurakk, munarakk, millega liitub spermatosoid, mis tungib esimesena läbi kanali munarakku. Pärast viljastumist hakkab munarakk jõudsasti jagunema ja eellehel moodustub väike sõnajalaidu juure, varre ja lehega. Idu areneb aegamööda täiskasvanud sõnajalaks.

---

[1] Sõnajalalehed on modifitseerunud võsud. Sageli nimetatakse neid lehtjateks eellehtedeks. Kuivõrd need võsud on rohelised ja fotosünteesiks kohanenud, nimetame neid lehtedeks.



Joonis 119. Maarjasõnajalg:

1 — taime üldkuju: *a* — risoom; *b* — noored lehed; *c* — lehe ülemine pind; *d* — lehe alumine pind (näha on soorused); *2* — soorustega leheosa; *3* — lehe ja sooruse läbilõige: *a* — leht; *b* — induusium (kate); *c* — sporangiumid; *4* — sporangium; *5* — sõnajalaeelleht alaküljelt: *a* — anteriidid; *b* — arhegoonid; *c* — risoidid; *6* — pakatanud, spermatosoididega anteriid; *7* — arhegoon; *8* — sõnajalaidu; *9—10* — eoste idanemine.

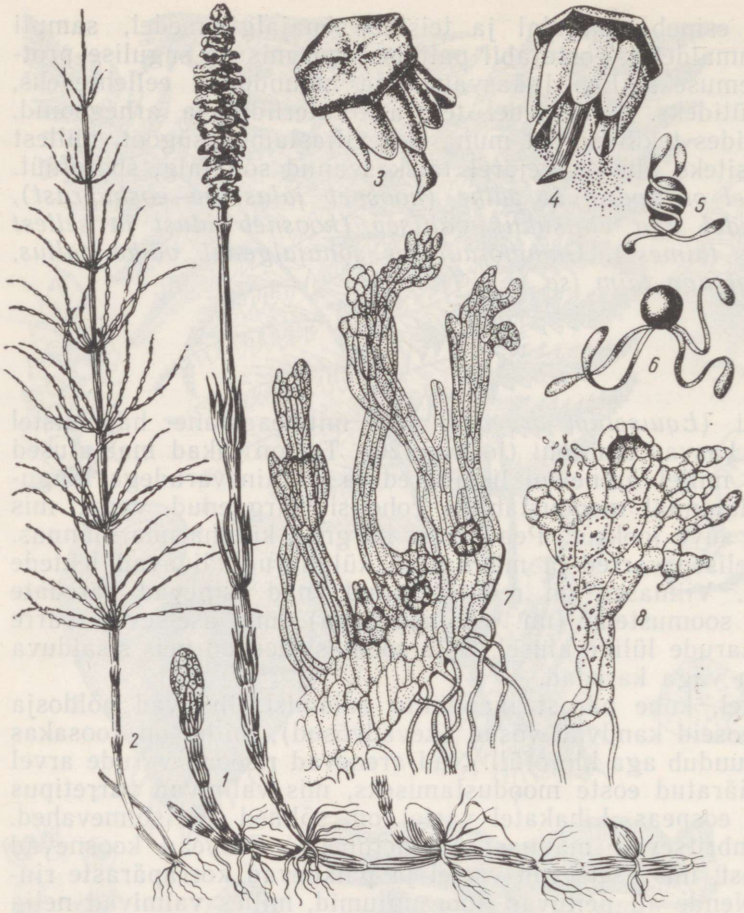
Seega esineb sõnajalal ja teistel sõnajalgtaimedel, samuti nagu sammaldelgi, eoste abil paljunemine, mis on sugulise protsessi tulemuseks. Eosed kasvavad ja muunduvad eellehtedeks, gametofüütideks. Eellehtedel tekivad anteriidid ja arhegoonid. Arhegoonides tekib pärast munaraku viljastamist sügoot, millest kasvab esiteks idu ja seejärel täiskasvanud sõnajalg, sporofüüt. *Sammaldel on sporofüüt väike (koosneb jalast ja eoskuprast), sõnajalgadel aga elutsüklis valitsev (koosneb idust ja sellest arenevast taimest). Gametofüüt on sõnajalgadel väike tallus, sammaldel aga taim ise.*

Osjad

P õ l d o s i (*Equisetum arvense*) on mitmeaastane happelistel muldadel kasvav umbrohi (joonis 120). Tal on pikad maa-alused risoomid, millel arenevad lisajuured ja toitainevarudega mugulad. Mullapinnal moodustab ta rohelisi hargnenud varsi, mis arenevad suve jooksul. Peavarrest hargneb külgharude männas. Osja rohelised varred ja männasjad külgharud täidavad lehtede ülesannet. Viimased on redutseerunud; nad esinevad karedate teritunud soomustena (nn. lehetuppedena), mis asetsevad varre ja selle harude lülide alusel. Osja soomuslehed on neis sisalduva räni tõttu väga karedad.

Kevadel, kohe pärast maapinna sulamist, ilmuvad põldosja lihakad eoseid kandvad võsud (kevadvõsud), millel on roosakas värvus, puudub aga klorofüll. Nad arenevad risoomi varude arvel ja on määratud eoste moodustamiseks, mis valmivad varretipus arenevas eospeas. Lihakatel vartel on sõlmed ja sõlmevahed. Sõlmi ümbritsevad männasjad lehetuped. Eospead koosnevad kilbikestest, mis asetsevad vartel ja paiknevad korrapäraste ringidena. Nende all peituvad sporangiumid, milles valmivad nelja paelja «vedrukesega», elateeriga varustatud üherakulised eosed. Valmimisel kanduvad eosed tuulega laiali. Sattunud niiskele mullale, idanevad nad soojuse ja valguse olemasolul, kusjuures neist arenevad väikesed hõlmised käharad rohelised eellehed, millest ühtedel arenevad ainult anteriidid, teistel arhegoonid. Vihmapiiskade või kastega satuvad spermatosoidid emas-eellehtedele ja viljastavad arhegooni tungides munarakke, millest areneb idu, seejärel aga täiskasvanud osi.

Teistel osjaliikidel, näiteks niitude umbrohul soo-osjal (*E. palustre*) ja konnaosjal (*E. limosum*), on sporangiumid roheliste võsude latvadel.



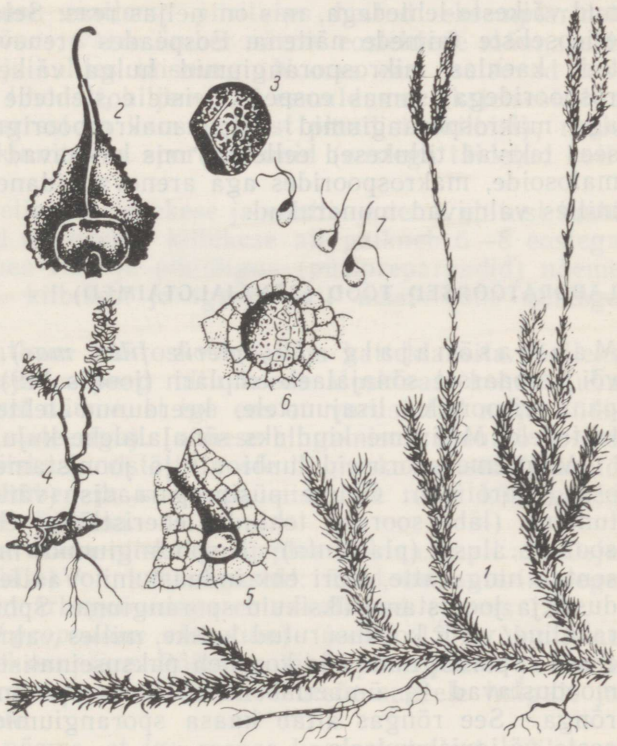
Joonis 120. Põldosi:
1 — kevadised, eoseid kandvad võsud ja risoom; *2* — suvine klorofülli sisaldav võsu; *3* ja *4* — eosleht ja sporangium; *5* ja *6* — eosed; *7* — emas-eelleht; *8* — isas-eelleht.

Kollad

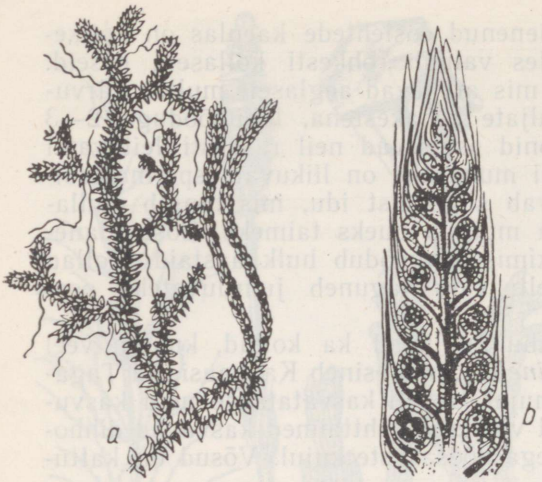
Karukold (*Lycopodium clavatum*) (joonis 121) kasvab niiskevõitu pinnasel. Tal on pikad (kuni 1 m pikkused) roomavad igihaljad, dihhotoomselt hargnenud varred,. mida katavad tihedalt väikesed teritunud rootsutud lehed. Varrest väljuvad lisajuured, mis on samuti dihhotoomselt hargnenud. Mõnede vertikaalselt kasvavate harude ladvad lõpevad harilikult kahe pikenenud eos-

peade kandjaga. Nende laienenud eoslehtede kaenlas on kotikesed — sporangiumid, milles valmib rohkesti kollaseid eoseid. Eostest kasvavad eellehed, mis arenevad aeglaselt mullas värvusetute saprofüütsete muguljate kehakestena, läbimõõduga 2—3 mm. Anteriidid ja arhegoonid asetsevad neil raskesti leitavatel eellehtedel. Pärast seda, kui munarakk on liikuvate spermatosoidide poolt viljastatud, kasvab sügoodist idu, mis tungib mullapinnale, läheb roheliseks ja muutub uueks taimeks. Eose idanemisest kuni uute eoste tekkimiseni möödub hulk aastaid. Kollad paljunevad ka vegetatiivselt; vars jaguneb juurduvateks osadeks.

Pärisraigaste hulka, kuhu kuuluvad ka kollad, kuulub veel selaginelli perekond (*Selaginella*), mis esineb Kaukaasia ja Taga-Baikali metsades, samuti mujal; sageli kasvatatakse neid kasvuhoonetes (joonis 122). Need väikesed rohttaimed kasvavad dihhotoomselt hargnevate võsudega põõsakeste kujul. Võsud on kattu-



Joonis 121. Karukold:
1 — taime üldkuju; *2* — eosleht ja sporangium; *3* — eos; *4* — eelleht ja kollaidand; *5* — arhegoon; *6* — anteriid; *7* — spermatosoid.



Joonis 122. Selaginell: *a* — taime üldkuju; *b* — eospea läbilõikes.

nud väikeste lehtedega, mis on neljas reas. Selaginell on huvitav erieoseliste taimede näitena. Eospeades arenevad ühtede eoslehtede kaenlas mikrosporangiumid hulga väikeste eostega, mikrospooridega; samas eospeas, teiste eoslehtede kaenlas arenevad aga makrosporangiumid nelja makrospooriga. Mikrospooride sees tekivad tillukesed eellehed, mis kannavad anteriide ja spermatosoide, makrospoorides aga arenevad idanemisel arhegoonid, milles valmivad munarakud.

LABORATOORSED TÖÖD (SÕNAJALGTAIMED)

Maarjasõnajalg (*Dryopteris filix mas*). Vaatleme elusat või herbaarset sõnajalaeksemplari (joonis 119). Pöörame tähelepanu risoomile, lisajuurtele, keerdunud lehtedele ja vanadele lehtedele. Määrame kindlaks sõnajalalehe kuju.

Vaatleme sooruseid luubi all ja joonistame soorustega leheosa (sporofülli). Õpime püsipreparaadis (väikesel suurendusel) tundma (läbi sooruse tehtud) leheristlõigu ehitust. Joonistame sooruse aluse (platsenta) ja sporangiumid, mis kasvavad platsental, ning katte, loori ehk induusiumi. Vaatleme suurel suurendusel ja joonistame üksikuid sporangiume. Sporangium on paljurakuline, veidi kokkusurutud kotike, milles valmivad tumepruunid eosed. Sporangiumi äär koosneb paksuseinalistest rakkudest, mis moodustavad ⅔ ümbermõõdu ulatuses sporangiumi ümbritseva rõnga. See rõngas aitab kaasa sporangiumide avanemisele ja eoste väljaviskamisele.

Külvame sõnajala eellehtede saamiseks eoseid lillepotti, milles on hea aiamuld. Niisutame külvi ja katame selle klaasiga. Toa-

temperatuuri ja mõõduka valgustuse juures arenevad $1^1/_2$—2 kuu pärast väikesed rohelised eellehed. Vaatleme neid esmalt luubi all. Missugune on nende kuju? Valmistame eellehest preparaadi veetilgas, keerates eellehel alumise külje ülespoole. Vaatleme rohelisi eelleherakke — risoide, anteriide ja arhegoone — mikroskoobis. Võime kasutada ka eellehe püsipreparaati. Tutvume herbaarsete (või suvel elusate) taimede abil naiste-sõnajalaga ehk saneljalaga (*Anthyrium filix femina*), kilpjalaga (*Pteridium aquilinum*) ja laanesõnajalaga (*Matteuccia struthiopteris*). Herbaariumis peaks olema ka salviinia (*Salvinia natans*) erieoseliste sõnajalgtaimede esindajana.

Põldosi (*Equisetum arvense*). Vaatleme herbaarset osjaeksemplari, kus on näha suvised rohelised hargnenud võsud ja maa-alune, tugevasti kasvanud pikk risoom mugulatega. Kevadised klorofüllita võsud kasvavad samadest risoomidest, neil näeme lühikesi sõlmevahesid ja kuivade soomusjate lehtede männaseid. Noortel võsudel on lehed ligistikku, pikenenutel eemaldunud. Kevadiste võsude tipud lõpevad eospeadega.

Eospeade ehitust vaatleme piirituses hoitud eksemplaridel. Eospea on seest õõnes; varre ümber näeme eoslehtede männaseid, mis paiknevad telje suhtes täisnurgi. Noores eas asetsevad eoslehtede männased tihedalt, hiljem nad eemalduvad üksteisest. Iga leheke koosneb varrest ja kuusnurksest plaadist (kilbist), mille alumisele küljele kinnituvad sporangiumid (eostega täidetud kotikesed).

Murrame pintsetiga eoslehekese ja vaatleme tema ehitust luubi all. Kilbikese pind on pruun, kilbikese all paikneb 6—8 eostega sporangiumi. Eospea rist- ja pikilõigus (püsipreparaadid) näeme eoslehekeste varsi, kilbikesi ja igaühe all neist kaht eostega sporangiumi.

Osjaeoseid vaatleme mikroskoobis ilma katteklaasita. Selleks raputame kuiva osja eospead mitu korda alusklaasi kohal. Juba väikesel suurendusel näeme, et iga eos on varustatud nelja linditaolise lisandiga (elateeriga). Inimese hingamisest muutub eoseid ümbritseva õhu niiskus, mistõttu eoste hügroskoopilised lisandid keerduvad eoste ümber ja sirguvad siis jälle ning kõik eosed hakkavad aktiivselt liikuma.

Eoseid võib kasvatada niiskel turbaplaadil klaaskupli all. Osja eellehti (gametofüüte) on kahesuguseid: ühed on anteriididega isas-eellehed, teised arhegoonidega emas-eellehed (joonis 120).

Karukold (*Lycopodium clavatum*) (joonis 121). Vaatleme karukolla herbaareksemplare. Pöörame tähelepanu juurte ja okste dihhotoomsele hargnemisele, väikeste lehtede suurele hulgale ja eospeade kandjatele.

Palja silmaga näeme, et iga eospea koosneb teljest, millel on tihedalt rohkearvulisi kolmnurkse kujuga, pikalt teritunud tipuga eoslehti. Murrame pintsetiga ühe eoslehe ja vaatleme luubi all

neerja kujuga sporangiumi. Vaatleme mikroskoobis ümar-kolmnurkse (kerajas-tetraeedrilise) kujuga eoseid. Eosepind on kärjetaoline, protoplasmas esinevad õlitilgakesed.

Vaatleme ka erieoselist selaginelli. Püsipreparaadilt joonistame selaginelli eospea mikro- ja makrospooridega pikilõigu.

PALJASSEEMNETAIMED (*GYMNOSPERMAE*)

ÜLDISELOOMUSTUS

Nimetus «paljasseemnetaimed» näitab, et need taimed paljunevad seemnete abil ja et seemned ei ole neil sigimikuseintega kaitstud, vaid esinevad katmatult, lahtiselt. Seemned arenevad seemnealgmetest, mis kinnituvad makrosporofülli alusele.

Tuul kannab laiali tolmuterad, mis koosnevad ühest suurest rakust ja tolmuteras endas paiknevast nõrgalt arenenud eellehest. Viljastumisel tekib tolmutoru, mida mööda liiguvad edasi seemnerakud. Emas-eelleht esineb endospermina ja moodustub alati enne viljastumist. Endospermi ülemises osas on munarakuga arhegoonid. Paljasseemnetaimedel puudub sigimik, seega vilja ei moodustu. Niinimetatud käbid on paljasseemnetaimedel vaid lühivõrsed, mille nahkjate soomuste (modifitseerunud lehtede) küljes on seemned.

Suurte lehtedega paljasseemnetaimede hulka kuuluvad järgmised seltsid: seemnesõnajalalaadsed (*Pteridospermales*), ürgpalmlehikulaadsed (*Bennettitales*) ja palmlehikulaadsed (*Cycadales*). Paljasseemnetaimede hulka, millel on väikesed lihtsad või nõeljad lehed, kuuluvad järgmised seltsid: ihnlehikulaadsed (*Cordaitales*), hõlmikpuulaadsed (*Ginkgoales*), okaspuulaadsed (*Coniferales*) ja vastaklehikulaadsed (*Gnetales*).

Seemnesõnajala-, ürgpalmlehiku- ja ihnlehikulaadsed on tuntud rohkem fossiilsete taimedena. Säilinud palmlehikulaadsetest on tuntud tsüükas (*Cycas revoluta*), mis esineb troopikas ja mida kultiveeritakse ka kasvuhoonetes. Tsüükasel on kuni 6 m (kodumaal kuni 18 m) pikkune tüvi, mis lõpeb pikkade jäikade sulgjate tumeroheliste lehtede kodarikuga; lehtede iga on 1—2 aastat. Väljasurevate taimede hulka kuulub hõlmikpuu (*Ginkgo biloba*), mida kasvatatakse mõnel pool parkides ja botaanikaaedades. See on väga suur lehvikuliste lehelabadega heitlehine puu. Lehtede roodumine on dihhotoomne. Hõlmikpuu on kahekojaline taim. Isaspuudel arenevad mikrosporofüllide ja mikrosporangiumidega urvad. Emaspuudel arenevad seemnealgmetega makrosporofüllid. Tolmlemine toimub tuule abil.

OKASPUUD

Väga laialdasse okaspuulaadsete (*Coniferales*) seltsi kuuluvad jugapuuliste, küpressiliste, männiliste jt. sugukonnad. Üldse esineb enam kui 400 okaspuuliiki.

Okaspuude seltsi kuuluvad puud ja põõsad, mis ulatuvad vahel kolossaalsete mõõtmeteni. Näiteks on sekvoia (*Sequoia*) kuni 20 m läbimõõduga ja kuni 150 m pikkune. Okaspuude jämenemine toimub kambiumi abil. Puit koosneb põhiosas koobaspooridega trahheiididest. Lehed on okkad; nad on kujult kas nõeljad või soomusjad. Okaspuud on ühekojalised, harvemini kahekojalised taimed. Emaskäbid (välja arvatud jugapuulistel) koosnevad spiraalselt telje ümber paiknevatest katte- ja seemnesoomustest. Seemnesoomustel esinevad makrosporangiumid (seemnealgmed) lahtiselt, katmatult nagu kõigil paljasseemnetaimedel. Isasõied sisaldavad palju kergeid tolmuteri, mis kanduvad tuulega laiali. Spermatosoide okaspuudel ei ole; viljastamine toimub tolmutoru abil, mille kaudu liiguvad isassugurakud, spermiumid.

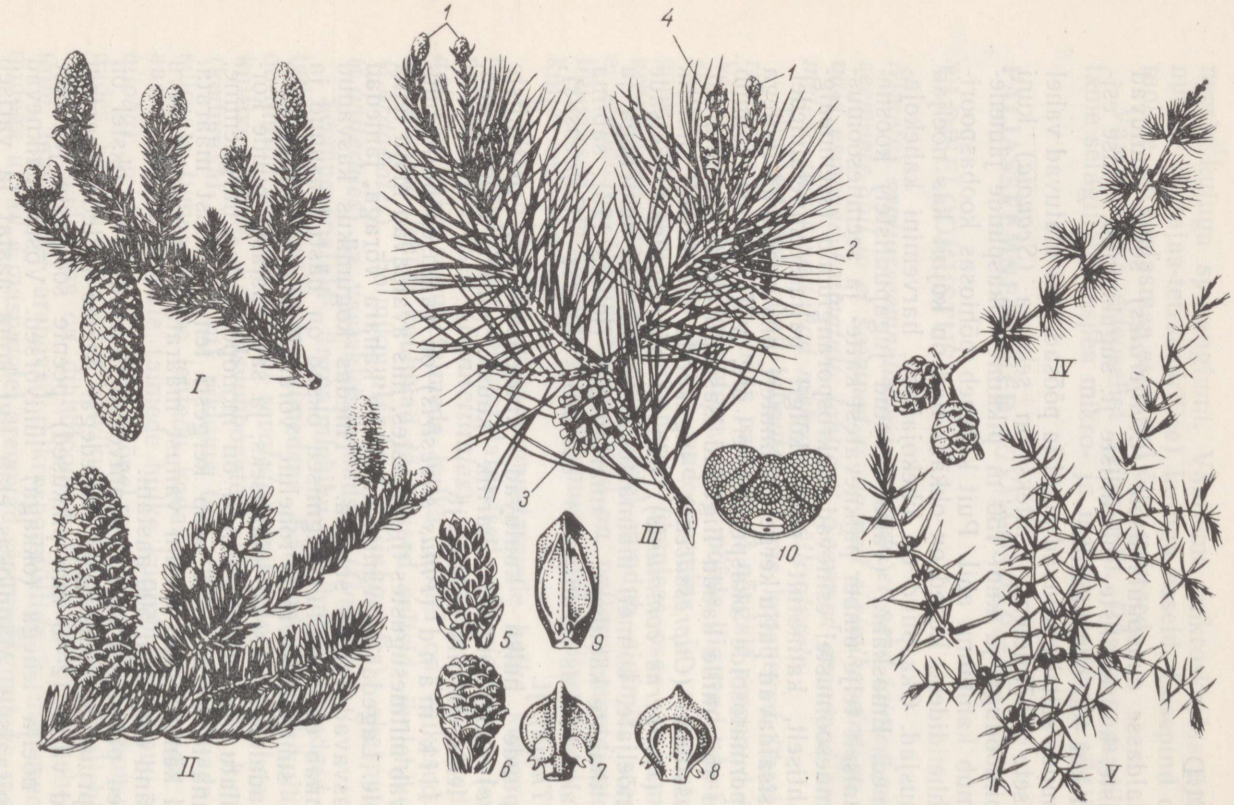
Küpressiliste (*Cupressaceae*) sugukonda kuuluvad: harilik kadakas (*Juniperus communis*), mis on põhjapoolsete metsade põõsas, nõeljate, kolmeti männastesse koondunud lehtedega ja mustade lihakate käbidega — «marjadega» (joonis 123), sabiina ehk kasakakadakas (*Juniperus sabina*), küpress (*Cupressus*), elupuu (*Thuja*) jt.

Okaspuude hulka kuuluvad kuuseliste või männiliste (*Pinaceae*) sugukonnast: harilik kuusk, siberi seedermänd, euroopa lehis, harilik mänd jt.

H a r i l i k m ä n d (*Pinus silvestris*) on valgusenõudlik puuliik; kasvab mitmesugustes tingimustes, mis avaldavad mõju tema välimusele. Lagedal kasvanud mänd on kahara võraga, jämedad oksad kasvavad igasse suunda. Tihedas kogumikus kasvanud mänd annab ehituspuitu, külgmised oksad on hästi laasunud ja tipus on suhteliselt väike roheline võra. Rabas kasvades jääb mänd madalakasvuliseks, kääbuseks, ja saja-aastaste puude kõrgus ei ulatu üle meetri. Männil on monopodiaalne hargnemine; oksamännaste arvu järgi saab kergesti tema vanust määrata. Lõigatud kännul saab männi vanust määrata aastaringide arvu järgi. Mänd elab kuni 500 aastani.

Noored pikad mahlakad männivõsud tüveladvas ja okstel on kaetud pruunide soomusjate lehtedega. Nende lehtede kaenlast kasvavad välja (2—3 mm pikkused) peente soomuste ja kahe rohelise nõelja lehega (okkaga) lühivõrsed. Võsud paiknevad okstel spiraalselt. Männiokas elab ligi kolm aastat ja variseb vähehaaval.

Mänd on ühekojaline taim. Kevadel «õitsvate» okste otstel on igal aastal märgata neil moodustunud punakaid emaskäbisid, allpool, võsude alusel, on näha eelmise aasta rohelisi käbisid,



Joonis. 123. Okaspuud.

I — käbidega kuuseoks. *II* — käbidega nuluoks. *III* — männioks: *1* — esimese aasta emaskäbid; *2* — eelmise aasta emaskäbi; *3* — pakatanud (vana) käbi; *4* — isaskäbidega «pähik»; *5* — isaskäbi; *6* — emaskäbi; *7* — seemnesoomus ja kaks seemnealget; *8* — katte- ja seemnesoomus; *9* — seemnesoomus ja kaks tiivataoliste lisanditega seemet; *10* — tolmuterad. *IV* — lehiseoks suvel. *V* — marjataoliste käbidega kadakaoks.

veelgi allpool aga vanu, avanenud käbisid, millest seemned on juba varisenud. Teistel võsudel on näha kollaseid isaskäbisid, mis koosnevad paljudest väikestest käbidest, mille sporangiumides arenevad tolmukotid.

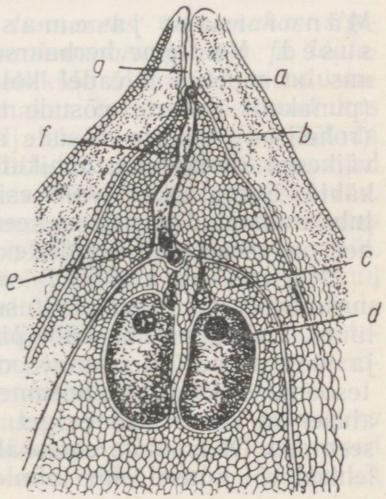
Tolmlemine toimub tuule abil risttolmlemise teel. Tuul kannab tolmuteri hulgaliselt laiali ja osa neist langeb emaskäbidele. Emaskäbid koosnevad kattesoomustest ja seemnesoomustest. Iga seemnesoomuse kaenlas on kaks seemnealget, milles areneb üks munarakk (joonis 124).

Tolmutera jääb emaskäbidele sattunult seemnealgmetele soomuste vahele kuni järgmise aastani ja kasvab kevadel tolmutoruks, mille otsas areneb selleks ajaks kaks spermiumi. Toruke kasvab läbi tolmukäigu seemnealgme südamikku (endospermi), tema ots lahustub, üks spermiumidest tungib arhegooni ja viljastab munaraku. Katteseemnetaimedest erinevalt ei toimu männil ja teistel paljasseemnetaimedel kahekordset viljastumist ja teise spermiumi osa jääb selgusetuks. Teine paljasseemnetaimede iseärasus (võrreldes katteseemnetaimedega) seisab selles, et neil tekib endosperm enne viljastumist ja seal tekib viljastumise momendiks arhegoon, mis lähendab paljasseemnetaimi sõnajalgtaimedele. Endospermi võib võrreida viimaste eellehega.

Pärast viljastumist muunduvad seemnealgmed tiivuliste lisanditega varustatud seemneteks. Valminud käbi avaneb teise aasta talvel ja seemned levivad tuulega.

Männiseeme koosneb kestast, endospermist (varutoitekoest) ja eost.

Ka siberi seedermänd (*Pinus sibirica*) kuulub männi perekonda. Selle männi okkad on pikad ning viieti kimbus.



Joonis 124. Männiseemnealge (makrosporangium) pikilõikes (teisel eluaastal):

a — seemnealgme kate; *b* — seemnealgme südamik; *c* — esmane endosperm; *d* — munarakuga arhegoon; *f* — tolmutoru; *e* — spermiumid; *g* — tolmukäik.

Käbid on suured, kerajad, seemned on kõva kestaga ja õlirikkad. Siberi seedermänni seemneid nimetatakse «seedripähkliteks».

Harilik kuusk (*Picea exelsa*) erineb männist oma püramiidja kuju poolest. Ta on varju salliv. Kuuseokkad on lühikesed, neljakandilised, torkivad, elavad 7—9 aastat ja üle selle. Emasõisikud on punakad, suuremad kui männil, isasõisikud väiksemad. Käbid on piklikud, rippuvad ega avane valmimisel (joonis 123, *I*).

Siberi nulg (*Abies sibirica*). Siberi nulu okkad on lamedamad, kahe valkja triibuga ja tömbimad kui kuusel. Käbid seisavad okstel püsti ning avanevad valmimisel. Siberi nulu alumised oksad juurduvad kergesti.

Euroopa lehis (*Larix europaea*) on valgusenõudlik taim üheaastaste peenikeste lihavate mahalangevate okastega, mis on kimpudesse koondunud (10—12) ja asetsevad lühivõrsetel. Kevadel võib võsudel näha üksikuid okkaid, mille kaenlas arenevad pungad, mis muunduvad järgmisel kevadel lehtede kimbuga lühivõrseteks. Käbid on lehisel väiksemad kui kuusel (joonis 123).

Nõukogude Liidu lõunaosa botaanikaaedades kasvavad liibanoni ja himaalaja seedrid (*Cedrus libani* ja *C. deodara*) mitmeaastaste okaste kimpudega kattunud suured puud.

NSV Liidus on okaspuude — männi, kuuse jt. — all määratu suured pindalad. Metsade plaanipärane kasutamine võimaldab saada kasu ka kehvadest pinnastest. Okaspuude puit läheb ehitusmaterjaliks, tööstuslikuks tooraineks ja küttepuudeks. Okaspuudest saadakse vaiku, pigi, tärpentini, kampolit ja teisi väärtuslikke aineid.

LABORATOORSED TÖÖD (PALJASSEEMNETAIMED)

Männi isas- ja emaskäbide arenemise iseärasused. Vaatleme herbaarset (või elusat) männioksaeksemplari, mis on murtud kevadel kolmesuguste käbidega: 1 — väikesed (punakad), noorte võsude tippudes asetsevad emaskäbid; 2 — (rohelised), noorte võsude alusel asetsevad emaskäbid ja 3 — väikesed (kollakad), pähikutesse (liitkäbidesse) kogunenud isaskäbid. Samal oksal võib esineda ka vanu emaskäbisid, mis on juba avanenud ja millest seemned on juba varisenud. Männiseemned on varustatud tiivuliste lisanditega.

Männi-emaskäbi ehitus. Männi-emaskäbi ehituse uurimiseks kasutame piirituses hoitud eksemplare ja prepareerimisluupi. Lahkame emaskäbi pintseti ja nõelaga osadeks, vaatleme ja joonistame üht seemnesoomust, mis asetseb teise väikese kattesoomuse kaenlas. Seemnesoomuse sisemise (ülemise) külje alusel on kaks seemnealget, millest pärast viljastumist arenevad seemned. Okaspuude emaskäbi ehitust on soovitatav vaadelda kas lehisel või kuusel, mis tolmlevad, viljastuvad ja valmivad samal

suvel. Töötleme käbisid piiritusega kuu möödumisel pärast nende ilmumist, kui nad on juba veidi kasvanud.

Männi-isaskäbide ja tolmuterade ehitus. Vaatleme kollaseid männikäbisid, mis on pähikukujulistesse rühmadesse koondunud ja meenutavad õisikut. Niisugusest rühmast nähtub, et peateljel paiknevad spiraalselt kerakujulised väikesed isaskäbid.

Iga käbi koosneb omakorda teljest, millele on spiraalselt kinnitunud mikrosporofüllid, viimastel on kaks mikrospooridega (tolmuteradega) mikrosporangiumi (tolmukotti).

Isaskäbi läbilõiget vaatleme mikroskoobis püsipreparaadis. Vaatleme ka valminud mikrospoore, mis koosnevad kahest kestast (eksiin ja intiin), kahest rakust (vegetatiivsest ja anteridiaalsest) ja kahest õhupõiest, mis on moodustunud eksiini eraldumisel intiinist.

Kuidas toimub tolmlemine, viljastumine ja seemnete moodustumine männil?

Okaspuude iseärasused. Vaatleme siberi seedermänni (*Pinus sibirica*), himaalaja seedri (*Cedrus deodara*), siberi nulu (*Abies sibirica*), siberi lehise (*Larix sibirica*), jugapuu (*Taxus baccata*), vahemere küpressi (*Cupressus sempervirens*), hariliku kadaka (*Juniperus communis*), sabiina ehk kasakakadaka (*J. sabina*), hariliku elupuu (*Thuja*), hariliku efedra (*Ephedra vulgaris*) ja teiste levinumate taimede herbaareksemplare ja käbisid.

KATTESEEMNETAIMED (ÕISTAIMED) (*ANGIOSPERMAE*)

ÜLDISELOOMUSTUS

Katteseemnetaimede iseloomulikuks tunnuseks on emakas sigimikuga, mis kaitseb seemnealget (makrosporangiumi) ja looteehk embrüokotti. Kõigi tuntud taimeliikide üldarvust moodustavad katteseemnetaimed ligi $^3/_4$. Emakas on moodustunud kas ühest või mitmest kokkukasvanud viljalehest, mida võib käsitada kui arhegoniaalsete taimede sporofülle. Tolmuterad koosnevad kahest rakust, millest üks on vegetatiivne, teine generatiivne. Generatiivne rakk jaguneb viljastumisprotsessis, moodustades kaks isasgameeti (spermiumi), mis on kaheliviljastamise organid. Paljasseemnetaimede spermatosoididele vastavad isassugurakud (spermiumid) on katteseemnetaimedel liikumatud, mistõttu nende juures on suur tähtsus tolmutorul, mille abil isassugurakud lootekotti tungivad. Pärast kaheliviljastumist muutub munarakk seemneiduks, lootekoti keskrakk aga endospermiks.

Lootekott on tugevasti redutseerunud emas-eelleht, tolmutera vegetatiivne rakk aga tugevasti redutseerunud isas-eelleht, need eellehed vastavad paljasseemnetaimede eellehtedele. Erinevalt

viimastest areneb katteseemnetaimede endosperm pärast viljastumist ja koosneb triploidsete tuumadega rakkudest, sellal kui paljasseemnetaimede endosperm areneb enne viljastumist ja koosneb haploidsete tuumadega rakkudest. Õied on katteseemnetaimedel kas ühesugulised või (sagedamini) mõlemasugulised ja erisuguse ehitusega. Katteseemnetaimed on maakeral välja arenenud pärast paljasseemne-, sõnajalg- jt. taimi ning on kõige enam kohanenud kaasaegsetele olelustingimustele.

Katteseemnetaimed jagunevad kahte klassi: kaheiduleheliseid (*Dicotyledones*) ja üheiduleheliseid (*Monocotyledones*), mis erinevad mitmete tunnuste poolest.

Kaheiduleheliseid (hernes, vikk, päevalill jt.) iseloomustavad kaks idulehte seemneidus, peajuure olemasolu, mis püsib kas kogu taime arenemise kestel või ainult arenemise algul, avatud ja ühes ringis paiknevate juhtkimpude ja kambiumi olemasolu varres, liht- ja liitlehtede võrkroodsus ning viietine, neljatine või mitmetine õieehitus.

Üheiduleheliseid (nisu, tarn, liilia jt.) iseloomustab ühe idulehe olemasolu seemneidus, narmasjuurestik, kinniste juhtkimpude hajus asetus ja kambiumi puudumine, terveservaliste, rööp- või kaarroodsete lehtede esinemine ja kolmetine õieehitus.

Üheiduleheliseid on maakeral välja arenenud pärast kaheiduleheliseid, viimaste ühest vanemast rühmast. Edasi on mõlemad klassid arenenud paralleelselt. Kaheiduleheliste liike on märksa rohkem kui üheiduleheliste liike.

Kaheiduleheliste sugukondi tuntakse üle 260 ja liike üle 120 000, üheiduleheliste sugukondi üle 60 ja liike üle 30 000.[1]

Vaatamata ühe idulehe olemasolule, õieehituse kolmetisele tüübile ja varre omapärasele ehitusele ei ole üheiduleheliseid muud kui modifitseerunud kaheiduleheliseid. Kaheiduleheliste hulgas esineb, nagu me edaspidi näeme, taimi, mille ehitus sarnaneb üheiduleheliste ehitusega; sellepärast on kerge üheiduleheliste tunnuseid fülogeneetiliselt tuletada varem maakerale ilmunud kaheiduleheliste ehitusest.

Katteseemnetaimede tundmaõppimisel paistab silma mitmesuguste perekondade ja sugukondade esindajate ehituse ja arenemise sarnasus ja erinevus ning see võimaldab ühendada omavahel suguluses olevaid sugukondi suurematesse rühmadesse, seltsidesse ja paigutada nad kindlasse süsteemi. Kaasaegne botaanika on veel kaugel sellise klassifikatsiooni loomisest, mis täielikult peegeldaks katteseemnetaimede fülogeneetilist arenemist maakeral. Teaduslikes botaanikakursustes esitatakse siiski olemasolevaid fülogeneetilisi süsteeme.

---

[1] Uusimatel andmetel on katteseemnetaimeliikide üldarv kaks korda suurem ülaltoodust.

Tunnused, mille järgi otsustatakse, missugune katteseemnetaimede sugukond ilmus maakerale hiljem, missugune varem, ei ole lõplikult kindlaks määratud ja sageli esitavad teadlased ühe ja sama küsimuse kohta otse vastupidiseid arvamusi. Nende küsimuste lahendamisel ei lähtuta mitte ainult õie, vaid ka teiste organite morfoloogiast. Ollakse arvamisel, et liitlehine õiekate on ilmunud hiljem kui lahklehine, et õie sügomorfsus on hilisema päritoluga kui aktinomorfsus, et alumine sigimik on ilmunud hiljem kui ülemine, ja et ka õiekattelehtede piiratud arv, võrreldes suurema lehtede arvuga, on hilisem nähtus. Samuti arvatakse, et õisikud on ilmunud hiljem kui üksikud õied ja väikesearvulised tolmukad hiljem kui rohkearvulised, et sünkarpne günetseum, mille viljalehed on liitunud, on ilmunud hiljem kui apokarpne (lahklehine) günetseum, et üheaastased taimed on ilmunud hiljem kui mitmeaastased ja rohttaimed hiljem kui puud ja põõsad, ja et liitlehed on hilisema päritoluga kui lihtlehed. Arvatakse veel, et õis on saanud alguse ürgpalmlehikute stroobilusest ehk käbist.

Hilisema päritoluga taimedel on tunnused täiuslikumad kui ürgsematel. Kuid igas evolutsiooniliinis on võinud ilmuda ühtesid ja samu tunnuseid ning tunnuste sarnasus võib esineda ka evolutsiooniliinides, mis ei ole omavahel seotud.

KAHEIDULEHELISED (*DYCOTYLEDONEAE*)[1]

Kaheiduleheliste klass jaotatakse järgmisteks rühmadeks: lahkkroonlehised, kroonlehitud ja liitkroonlehised. Lahkkroonlehistel koosneb õiekroon harilikult suurtest ja eredavärvilistest, sageli tupplehtedega ümbritsetud vabadest kroonlehtedest; kroonlehitutel on lihtne ilmetu õiekate või see puudub täiesti. Õiekatte puudumist ja tuultolmlemise esinemist mitmel kaheiduleheliste sugukonnal pidasid teadlased veel hiljaaegu primitiivseteks tunnusteks, mis tunnistavad selliste taimede ürgset päritolu. Kuid praegu arvavad uurijad, et need tunnused on võinud taimedel ilmuda ka teistkordselt, seoses keskkonnatingimuste muutumisega. Teiselt poolt on palju tõendeid selle kasuks, et vanemaks kaheiduleheliste seltsiks tuleb pidada hulkviljalisi[2] (tulikalised, magnoolialised, vesiroosilised, loorberilised jt.), mille esindajatel on enamasti palju spiraalselt kumerjal õiepõhjal asetsevaid emakaid. Hulkviljalised on huvitavad selle poolest, et mõnedel neist, näiteks vesiroosil (*Nymphaea*), kanakoolmel (*Ficaria*), kukerpuul (*Berberis*) jt. on üks iduleht, mis on moodustunud kahe idulehe kokkukasvamisest. Nad meenutavad üheidulehelisi ka veel sellega, et neil

[1] Kaheiduleheliste klassi iseloomustus on antud lk. 254.

[2] Hulkviljalised on viimasel ajal jagatud mitmeks iseseisvaks seltsiks: tulikalaadsed, magnoolialaadsed jt. *Toim.*

esineb kolmetine õieehituse tüüp ja sarnane anatoomiline ehitus: kinnised juhtkimbud on kogu varre ulatuses laiali. Peale selle täheldatakse mõnedel hulkviljalistel peajuure kärbumist. Võib arvata, et üheiduleheliste klass on arenenud hulkviljaliste seltsist või siis olid neil ühised eellased. Just seepärast alustamegi katteseemnetaimede süstemaatika käsitlemist tulikaliste sugukonnast, mis kuulub sellesse seltsi.

Liitkroonlehistel on suuremal või vähemal määral kokkukasvanud ja tupega ümbritsetud kroonlehtedest eredad õiekroonid. Tolmlemine toimub peamiselt putukate abil. Tolmukad on kokku kasvanud ja kinnituvad harilikult õiekroonlehtede külge; emakaid on üks ja idulehte ümbritseb üks kate.

Tutvume tähtsamate sugukondadega, millesse kuulub enamik kultuurtaimi ja umbrohte.

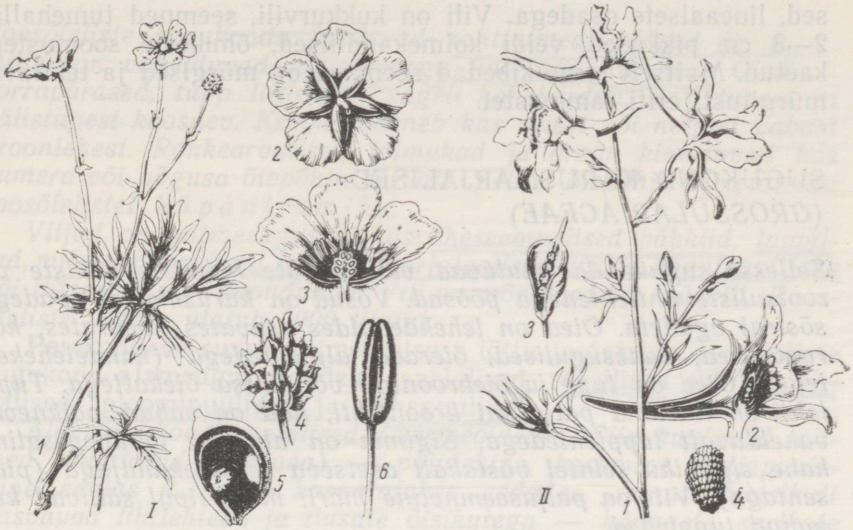
LAHKKROONLEHISED (*DIALYPETALAE*) JA KROONLEHITUD (*APETALAE*)

SUGUKOND TULIKALISED (*RANUNCULACEAE*)

Tulikaliste sugukonda iseloomustavad järgmised tunnused: domineerivad rohttaimed, sagedamini mitmeaastased, vahelduvate lehtedega, abilehtedeta; õied on korrapärased, harva korrapäratud, kahesugulised; sagedamini esineb viietine tüüp, kuid on ka kõrvalekaldumisi tupplehtede ja kroonlehtede arvus. Enamikul juhtudel on tulikalistel palju tolmukaid ja palju emakaid. Tolmukad ja õiekate on vabalt kinnitunud õiepõhjale emaka all. Õiekate on kord kaheli, kord lihtne — kroonjas; mõnikord on kroonlehed muundunud nektaariumideks. Risttolmlemine toimub putukate abil, kuid esineb ka isetolmlemist. Viljad on seemnised või kukkurviljad. Tulikalised kasvavad kõikjal — niitudel, põldudel ja metsades. Paljud neist on mürgised ning nende eest tuleb hoiduda. Tulikalisi söönud veised kannatavad puhituse ja kõhulahtisuse all, oksendavad, nende pulss on aeglane, esinevad krambid; 6—12 tundi pärast krampide algust saabub surm. Kuivatatult kaotavad tulikalised oma mürgised omadused. Aianduses hinnatakse mõningaid neist ilutaimedena, nagu pojengid (*Paeonia*), käokingad (*Aconitum*), kurekellad (*Aquilegia*), ängelhein (*Thalictrum*), elulõng (*Clematis*) jt. Mõned elulõngaliigid on puittaimed.

Tulikaliste sugukonda kuulub välimuselt ja ehituselt mitmesuguseid taimi (üle 1200 liigi), mis on levinud peamiselt paraja ja külma kliimaga maades, samuti kõrgmäestiku-karjamaadel.

Varakevadel hakkavad õitsema võsaülane (*Anemone nemorosa*) ja teised tulikalised (kollane ülane, sinilill, metsülane, palukarukell). Kevadtaimede hulka kuuluvad ka sellised tulikalised nagu kullerkupp (*Trollius europaeus*), kanakoole (*Ficaria verna*),



Joonis 125. Tulikalised.

I — kibe tulikas: *1* — võsu üldkuju; *2* — õis; *3* — õis läbilõikes; *4* — viljad; *5* — vili läbilõikes; *6* — tolmukas. *II* — põld-kukekannus: *1* — võsu üldkuju; *2* — õis läbilõikes; *3* — vili; *4* — seeme.

varsakabi (*Caltha palustris*) ja kevadadoonis (*Adonis vernalis*) — ravimtaim (kasutatakse südamehaiguste ravimiseks).

Kibe tulikas (*Ranunculus acer*) on harilik niiduumbrohi, hakkab õitsema kevadel, esineb kuni hilissügiseni (joonis 125). Ta pikkus on 20—60 cm. Lehed on viieti sõrmjagused, rombjate osadega; alumised on pikarootsulised, ülemised kolmejagused, rootsutud. Varred on liduskarvadega, püstised, üksikute õitega okste ladvas; õieraag on vaota, pehmete karvadega; õied on viietised, roheka lahklehise tupega ja erekollaste vabade kroonlehtedega. Iga kroonlehe alusel on nektaarium, mis on soomusega kaetud. Seemnised on paljad. Taim on veistele mürgine.

Varakevadel õitseb metsades ja parkides kuldtulikas (*R. auricomus*), niidud aga on kaetud roomava tulikaga (*R. repens*). Eriti mürgiseks peetakse mürktulikat (*R. sceleratus*).

Põld-kukekannus (*Delphinum consolida*) esineb alati taliviljades, harvemini suviviljades, mõnikord suurel hulgal ka kesapõldudel. Õied on korrapäratud, sinivioletsed, kannustega, varrel hõredasse harulisse kobarasse koondunud. Õiekate koosneb kahest värvilisest tupplehest, millest üks on kannusega, ja kahest kroonlehest, mis on väikeseks kiivriks kokku kasvanud, kiivri alumine ots on muutunud pikaks nektaariumiks (meenäärmeks, meekannuseks), mis ulatub tupekannusesse. Risttolmlemine toimub pikanokaliste putukate abil, kes saavad mesimahla kannusest kätte. Vars on hargnenud, 15—30 cm pikkune, lehed kolmejagu-

sed, lineaalsete osadega. Vili on kukkurvili, seemned tumehallid, 2—3 cm pikkused, veidi kolmekandilised, õhukeste soomustega kaetud. Maitselt terav-kibedad seemned on mürgised ja tekitavad mürgitust, eriti lammastel.

SUGUKOND KARUSMARJALISED (*GROSSULARIACEAE*)

Sellesse sugukonda kuuluvad vahelduvate hõlmiste, lõhiste või rootsuliste lihtlehtedega põõsad. Võsud on karusmarjal ogadega, sõstral ogadeta. Õied on lehekaenaldes asuvates kobarates, korrapärased, kahesugulised, õieraod alglehtedega (kandelehekestega). Õied on tupe ja õiekrooniga või lihtsa õiekattega. Tupplehti on niisama palju kui kroonlehti, nad on vabad, paiknevad vahelduvalt tupplehtedega. Sigimik on alumine ja ühepesaline, kahe sigimiku seintel vastakalt asetseva seemnekandjaga (platsentaga). Vili on paljuseemneline mari, mille tipul säilivad kuivanud tupplehed.

Mustsõstar (*Ribes nigrum*). Suurte mustade või punakaspruunide vitamiinirikaste marjadega põõsas. Pungad, oksad, lehed, õied ja marjad on spetsiifilise lõhnaga. Lehed on sõrmhõlmised, hambulise servaga. Õied esinevad kobarates. Sigimik on alumine, ümbritsetud õiepõhjaga. Vili on mari. Mustsõstar kasvab metsikult Euroopas ja Aasias, teda kultiveeritakse marjapõõsana. Taim on C-vitamiinirikas.

Punane sõstar (*Ribes vulgare*). Punast sõstart kasvatatakse igal pool nagu mustsõstartki, kuid ta marjad on punased, vähem maitsvad ja veidi hapukad. Lehed on kergelt südamekujulised, paljad, kolme kuni viie hambulise hõlmaga. Õied kahvatud, pikkades rippuvates kobarates.

Kuldsõstral (*Ribes aureum*) on õied suuremad, erekollased, aromaatsed. Viljad valmivad harva, kollased või mustad. Ilupõõsas.

Aed-karusmari (*Grossularia reclinata*) esineb metsikult ja teda kasvatatakse ka kui väärtuslikku marjapõõsast. Lehed on karusmarjal väiksemad kui sõstral, ümmargused, hambulised. Marjad on mitmevärvilised: kollased, rohelised, roosad; harilikult on neil karvu; magusad.

Karusmarjaliste sugukonnal on mõnesugune sarnasus kivirikuliste sugukonnaga, kuhu kuulub väärtuslik taim kahelehine bergeenia (*Bergenia crassifolia*), mille lehtedest ja juurikatest toodetakse tanniini, hüdrokinooni ja hinnalist khakivärvi.

Samasse sugukonda kuuluvad kivirik (*Saxifraga*), lepiklill (*Chrysosplenium*), ädallill (*Parnassia*), ilutaimedest arvukad aedhortensia (*Hydrangea hortensis*) sordid, ja harilik ebajasmiin (*Philadelphus coronarius*), lõhnavate õitega põõsas.

SUGUKOND ROOSÕIELISED (*ROSACEAE*)

Roosõieliste sugukonda kuuluvad rohttaimed, põõsad ja p[u]ud, millel on vahelduvad abilehtedega liht- või liitlehed. Õied korrapärased, tupp liitlehine, sageli kahekordne, s. t. tupest ja välistupest koosnev. Kroon koosneb kas viiest või neljast vabast kroonlehest. Rohkearvulised tolmukad ja kroon kinnituvad kas kumera või nõgusa õiepõhja servale. Sellist õiepõhja nimetatakse roosõielistel h ü p a n t i u m i k s.

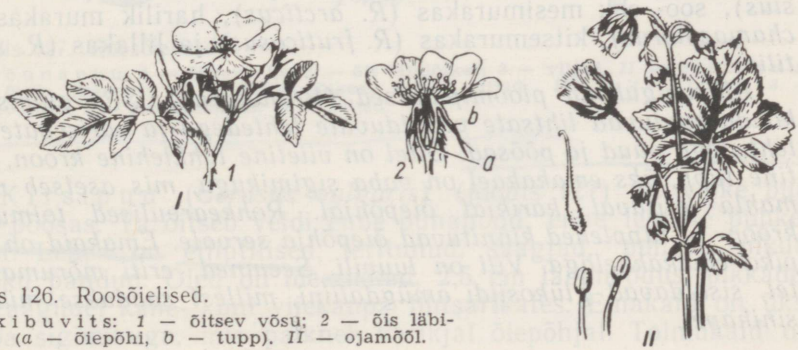
Viljad on mitmesugused: kas üheseemnelised pähklid, luuviljad, mitmeseemnelised kuprad, marjataolised või on koguluuviljaks või liitseemniseks koondunud. Vili on mõnikord ka rüüsvili. Roosõieliste üldarv ulatub 2000 liigini.

Perekondade suure mitmekesisuse tõttu jaotatakse roosõieliste sugukond alamsugukondadeks: enelalised, roosilised ehk kibuvitsalised, ploomipuulised ja õunapuulised.

Alamsugukond enelalised (Spiraeoideae). Siia kuuluvad mitmed enelaliigid (Spiraea) — pajulehine, keskmine, lodjapuulehine enelas jt., mida kasvatatakse aedades, samuti metsikuli kasvavad lihtlehtede ja ilusate õisikutega — kännaste, sarikate või pööristega, väikeste valgete, roosade õitega põõsad. Õied on ülemise sigimikuga, õiepõhi lame, sigimik koosneb viiest viljalehest, viljad on kas koguviljad või paljuseemnelised kukkurviljad.

Alamsugukonda roosilised (Rosoideae) kuulub põõsaid ja rohttaimi, mille õites on kas üks või palju viljalehti, mis asetsevad kumeral, lamedal või nõgusal õiepõhjal. Viljad on üheseemnelised sulgviljad.

K o e r - k i b u v i t s (*Rosa canina*) (joonis 126, *I*) on ogadega kaetud 2—3 m kõrgune põõsas. Ta kasvab metsikult Euroopas ja mõnel pool Aasias. Teda kasvatatakse aluseks heade roosisortide pookimisel. Lehed on paaritusulgjad liitlehed, koosnevad 5—7 ovaalsest, teravsaagja servaga lehekesest. Õied on roosad, koos-



Joonis 126. Roosõielised.
I — k i b u v i t s: *1* — õitsev võsu; *2* — õis läbilõikes (*a* — õiepõhi, *b* — tupp). *II* — ojamõõl.

nevad viiest vabast kroonlehest, viiest sulgjalt lõhestunud tupplehest, rohkearvulistest tolmukatest ja emakatest. Vili on tõrsik, paisunud lihakasse õiepõhja on kinnitunud suur hulk üheseemnelisi pähklikesi. Valminud punased viljad on C-vitamiinirikkad.

Rooside liike ja teisendeid on üle saja, sorte aga mitu tuhat. Mõnede rooside kroonlehtedest (*Rosa centifolia, R. gallica, R. alba*) saab väärtuslikku roosiõli.

O j a m õ õ l (*Geum rivale*) (joonis 126, *II*) on juurmiste, kanneljalt sulglõhiste lehtedega, mis kasvavad välja mitmeaastasest risoomist. Vars on püstine, näärmekas, punakaspruun. Ojamõõla esineb igal pool kraaviäärtel ja niitudel.

M a a m õ õ l (*Geum urbanum*) õitseb hiljem kui ojamõõl. Ta erineb ojamõõlast kollase õiekrooni poolest. Risoomidel on raviv toime.

M e t s m a a s i k a l (*Fragaria vesca*) on suured siidjate karvadega kolmetised abilehtedega lehed. Õied on tupe, välistupe ja viie valge kroonlehega. Õiepõhi kasvab mahlakaks ja lihakaks punase viljalihaga koguviljaks, mis on kattunud hulga pähklikestega. Taim paljuneb roomavate, sõlmekohtadelt juurduvate varte abil, mida nimetatakse võsunditeks ja mis kasvavad välja lühenenud risoomist. Sageli esinevad ka muulukas (*F. viridis*) ja kõrge maasikas (*F. elatior*). Mõlemad liigid on kahekojalised taimed. Aedades kasvatatakse harilikult aedmaasikat (*F. ananassa*).

Sellesse sugukonda kuuluvad veel angervaks (*Filipendula ulmaria*), angerpist (*Filipendula hexapetala*), kortsleht (*Alchemilla*), tedremaran (*Potentilla erecta*) ja hanijalg (*Potentilla anserina*). Maranate õied on enamasti koilased ja seepärast segatakse nad ära tulikatega, millest nad erinevad liitlehise tupe ja välistupe esinemise poolest. Tolmukad kinnituvad maranatel tupplehtedele; leherootsu alusel on lehtedel abilehed.

Rahvamajanduses on suur tähtsus ka v a a r i k a l (*Rubus idaeus*), mis on levinud metsades ja mida kasvatatakse aedades. Vaarikas on torkav, sulgjate kolmetiste lehtedega põõsas. Õied on väikesed, kroonlehed valged, lühemad kui tupplehed. Viljadeks on koguluuviljad, vaarikpunased, vahel kollased. Kultuuris on palju sorte. Samuti on tähtsad ka põldmurakas (*Rubus caesius*), soo- ehk mesimurakas (*R. arcticus*), harilik murakas (*R. chamaemorus*), kitsemurakas (*R. fruticosus*) ja lillakas (*R. saxatilis*).

Alamsugukond ploomipuulised (Prunoideae). Siia alamsugukonda kuuluvad lihtsate vahelduvate lehtedega ja varisevate abilehtedega puud ja põõsad. Õitel on viietine lahklehine kroon, viietine tupp, üks emakakael on vaba sigimikuga, mis asetseb mesimahla eritaval karikjal õiepõhjal. Rohkearvulised tolmukad, kroon- ja tupplehed kinnituvad õiepõhja servale. Emakaid on üks, pika emakakaelaga. Vili on luuvili. Seemned, eriti mõrumandlitel, sisaldavad glükosiidi amügdaliini, millest saadakse mürgist sinihapet.



Joonis 127. Roosõielised.

I — õunapuu: *1* — õitsev oks; *2* — õis läbilõikes; *3* — viljad. *II* — pirnipuu: *4* — õisik (kännas); *5* — õis läbilõikes; *6—7* — viljad. *III* — kirsipuu; *8* — õitsev võsu; *9* — õis läbilõikes; *10* — viljad.

Kirsipuu (*Cerasus vulgaris*) (joonis 127) on väike puu või põõsas. Ta õitseb veidi enne õunapuud, enne lehtede puhkemist. Lehed on elliptilised, teritunud, saagjad, pungas pikuti kokku pandud. Õied on meerikkad, 2,5 cm läbimõõdus, pikkadel õieraagudel kahe- kuni viiekaupa lihtsarikates. Emakaid on üks, vaba sigimikuga, mis paikneb karikjal õiepõhjal. Tolmukaid on

palju ja nad on kinnitunud õiepõhja servale. Kroonlehed on valged. Viljadeks on mahlakad luuviljad, valminult tumepunased, keraja luukesega. Juur annab juurevõsusid.

P l o o m i p u u l (*Prunus domestica*) on valged õied, mis paiknevad paariti lühikestel õieraagudel; õied puhkevad enne lehtimist. Lehed on pungas toruna kokku rullunud. Viljad on vahakirmega, lameda luuviljaga; sinimustad, punased või kollased.

Lõunamaal kasvatatakse harilikku mandlipuud (*Amygdalus communis*), persikupuud (*Persica vulgaris*), aprikoosipuud (*Armeniaca vulgaris*), maguskirsipuud (*Prunus avium*) jt.

Metsikult kasvab kõikjal toomingas (*Padus racemosa*); steppides kasvab põõsana madal mandlipuu (*Amygdalus nana*) ja laukapuu (*Prunus spinosa*).

Alamsugukonna õunapuulised (Pomoideae) tunnused on järgmised: lihtlehtedega, harvem sulgjate, vahelduvalt asetsevate liitlehtede ja abilehtedega puud või põõsad. Õied on korrapärased, viietised, viiejaguse tupe ja lahklehise õiekrooniga. Tolmukaid on üle 20. Kõik need õieosad on kinnitunud sigimiku ümber kasvanud õiepõhjale, mis eritab mesimahla. Sigimik on alumine, ühe- kuni viiepesaline. Emakakaelu on vastavalt sigimikupesade arvule. Emakasuudmed valmivad enne tolmukaid (protogüünia). Risttolmlemine toimub putukate abil. Sigimik hakkab pärast tolmlemist ühes õiepõhjaga kasvama ning areneb mahlakaks, lihakaks õunviljaks, marjaks või luuviljaks. Ülemisse viljaossa jääb kuivanud õietupp.

P i r n i p u u (*Pyrus communis*) (joonis 127, *II*) on püramiidja võraga puu, pikkusega 5—20 m. Pungad on paljad. Lehed rootsulised, ümmargused või munajad, peensaagja servaga, läikivad, täielikult väljaarenenult paljad. Õied on koondunud kännastesse, kroonlehed suured, valged ja pikaraolised. Sigimik koosneb viiest pesast; viis emakakaela on vabad; tolmukapead on violettpunased. Viljad on pirnikujulised ja erinevalt õuntest alusel lohuta. Pirnipuid paljundatakse pookimise teel. Pirnipuid esineb metsikult Euroopas, Kaukaasias ja Kesk-Aasias.

Õ u n a p u u (*Malus*) (joonis 127, *I*) on laiaharulise võraga puu, pikkusega 5—10 m. Pungad on udekarvadega kaetud. Lehed on lühirootsulised, munajad, servad täkilised, alt karvasemad. Õied on suured, kroonlehed seest valged, väljast roosakad. Tolmukapead on kollased. Emakakaelad on alusel kokku kasvanud. Õunapuu (*Malus*) perekond hõlmab mitut liiki: madal õunapuu (*M. pumila*), samuti ka metsõunapuu (*M. silvestris*)[1] esinevad Kaukasuse mäestikus ja Kesk-Aasias. Siberi mariõunapuu (*M.*

[1] Metsõunapuu esineb ka Eesti NSV-s, peamiselt Lääne-Eesti puisniitudel. *Toim.*

pallasiana) ja mandžuuria õunapuu (*M. manshurica*) on levinud Kaug-Idas. Enamiku kultuursortide esivanemaks peetakse madalat õunapuud. (*M. pumila*).

Õunapuuliste alamsugukonda kuuluvad veel harilik pihlakas (*Sorbus aucuparia*) ja okasviirpuu (*Crataegus oxyacantha*), samuti lõunas kasvatatavad harilik küdoonia (*Cydonia vulgaris*), astelpihlakas (*Mespilus germanica*), toompihlakas (*Amelanchier*), tuhkpuu (*Cotoneaster*) jt.

SUGUKOND LIBLIKÕIELISED (*PAPILIONACEAE*)[1]

Sellesse sugukonda kuuluvad taimed on laialt levinud kogu maakeral ja neil on eriti suur tähtsus põllumajanduses. Liblikõielisi taimi tuntakse ligi 12 000 liiki. Paljusid neist kultiveeritakse toidu-, sööda-, ravim-, tehniliste ja meetaimedena. Nende hulgas on puid, põõsaid, rohkesti rohttaimi ja liaane. Kõige iseloomustavamaks tunnuseks on neil õieehitus — liblikjas kroon, mis koosneb purjest, kahest tiivast ja kahest kroonlehest kokkukasvanud laevukesest. Domineerib risttolmlemine mesilaste ja kimalaste abil.

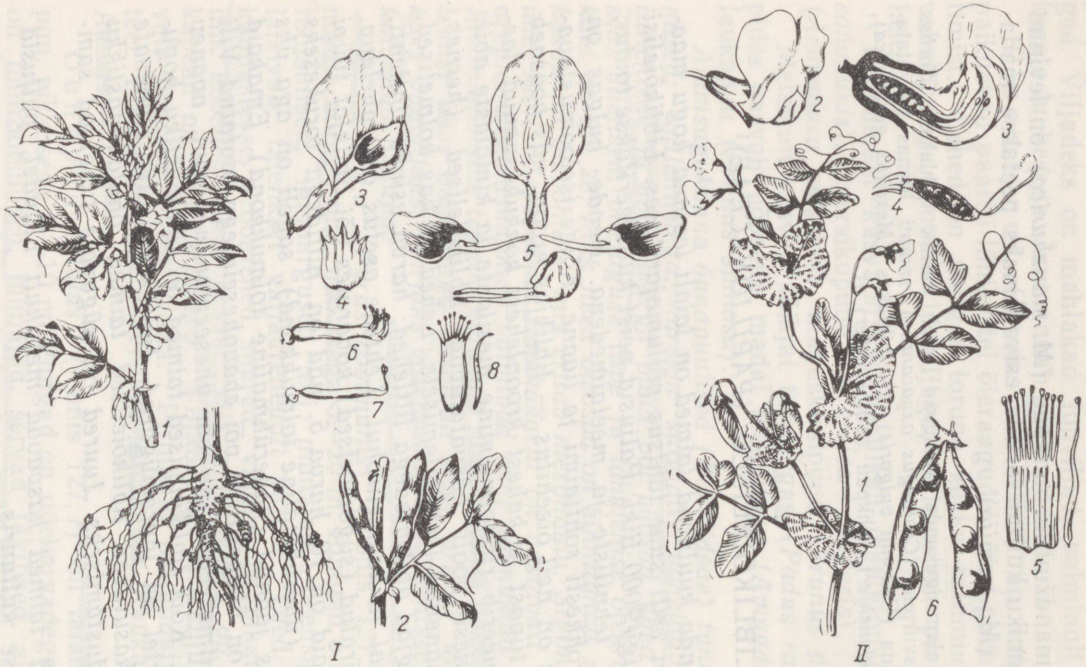
Mitmed inimese poolt kasvatatavad liblikõielised (hernes, vikk jt.) on kohanenud isetolmlemisele. Lehed on kas kolmetised, sõrmjad või sulgjad abilehtedega liitlehed; harva esineb lihtlehti, näiteks leetpõõsal ja kaamelirohul. Lehtede asetus on vahelduv. Õied on korrapäratud (sügomorfsed) kobarates või liblikjat tüüpi peades. Tolmukaid on 10, harva 5, nad on niitidega torukeseks kokku kasvanud (üherühmaline tolmukkond), sageli on aga üks tolmukas vabaks jäänud (kaherühmaline tolmukkond). Emakaid on üks, sigimik on ühepesaline või ebavaheseintega jaotatud. Vili on tavaliselt mitmeseemneline või üheseemneline kaun, avanev või mitteavanev. Kõik liblikõielised taimed on lämmastiku kogujad, nende juurtel on juuremügarad. Juuremügarates elunevate bakterite abil kasutavad liblikõielised taimed õhulämmastikku valkainete moodustamiseks. Juured on sügavale tungivad sammasjuured.

Liblikõielised taimed kasvavad metsikult niitudel, paljusid aga kasvatatakse kultuuris.

Esitame mõningate liblikõieliste kirjelduse, millel on põllumajanduslik tähtsus.

P õ l d u b a (*Vicia faba*) on üheaastane taim, püstiste vartega, 50—100 cm pikkune. Liitlehed on paarissulgjad, koosnevad

[1] Liblikõielised kuuluvad kaunaliselaadsete (*Leguminosae*) seltsi, kuhu arvatakse kuni 12 000 liiki taimi. Sellesse suurde seltsi kuuluvad peale liblikõieliste ka sugukonnad tsesalpiinialised (*Caesalpinaceae*) ja mimoosilised (*Mimosaceae*), mis erinevad liblikõielistest õieehituselt.



Joonis 128. Liblikõielised.

I — harilik uba: *1* — õitsev võsu ja juur; *2* — leht ja viljad — kaunad; *3* — õis; *4* — tupp; *5* — õiekroonlosad — puri, tiivad, laevuke; *6* — tolmukad ja emakas; *7* — emakas; *8* — kaherühmalised tolmukad (avatud kujul). *II* — harilik hernes: *1* — õitsev võsu; *2* — õis; *3* — õis läbilõikes; *4* — emakas; *5* — kaherühmalised tolmukad; *6* — vili (pakatanud kaun).

2—3 paarist elliptilistest lehekestest, mis lõpevad köitrao asemel niitja teravikuga. Õied paiknevad 2—6-kaupa lehekaenaldes (joonis 128). Õied on suured, valge krooniga, mille tiibadel on mustad täpid. Kaunad on suured, peaaegu silinderjad, püstised, karvadega kattunud. Viljapoolmed on lihakad, veidi punsunud, seemnete valmimisel nahkjad. Aedades kasvatatavatel põldubadel (*Vicia faba var. major*) on seemned suured, laiad, lamedad, mustad, pruunid või valged. Põldudel kasvatatavatel põldubadel (*Vicia faba var. minor*) on seemned ümmargusemad, sagedamini pruunid, kuigi esineb ka musti ja halle. Levinud on põldoa kasvatamine silotaimena.

Harilik hernes (*Pisum sativum*) on peenikeste haaravate vartega üheaastane taim, pikkusega 30—150 cm. Liitlehed on paarissulgjad, 2—4 paari ovaalsete lehekestega, harulise köitraoga tipus. Lehtede alusel on suured poolsüdajas-munajad abilehed. Kogu taim on paljas. Õied on sagedamini valged, suured, paiknevad üksikult või kahekaupa lehekaenaldes lühikestel õieraagudel (joonis 128, *II*). Tupp on viiehambaline. Tolmukkond on kaherühmaline. Tolmukaputk on ülemises osas tasane, mistõttu tolmukaniidid on ühepikkused. Emakakael on kõverdunud, emakasuue ülemises osas karvane. Hernes on isetolmlev taim. Kaunad on kokku surutud, hulgaseemnelised, seemned ümmargused, helekollased. Idanemisel jäävad idulehed mulda.

Kergetel liivmuldadel kasvatatakse hallhernest ehk peluskit (*Pisum arvense*), mille õied on violetsed ja punased. Seemned on nurgelised ja tumedamad, näiteks hallid, pruunid, mustad, küllalt suured. Kuulub söödakultuuride hulka, kasvatatakse haljasmassiks.

Liblikõielistest taimedest, mida kasvatatakse seemnete saamiseks, nimetame läätse (*Lens esculenta*), mis on rikas valkude ja lahustuvate süsivesikute poolest.

Harilik aeduba (*Phaseolus vulgaris*) on üheaastane taim, pikkusega 30—60 cm. Teda kasvatatakse salatitaimena (suhkru-aeduba), samuti valgurikaste seemnete tõttu. Varred on enamasti vänduvad, suurte kolmetiste lehtedega, mis ööseks kokku tõmbuvad. Õied paiknevad paariti lehekaenaldes asetsevates kobarates. Õieraod on lehtedest lühemad. Õied on tüüpilised liblikõied. Tupp on kahehuuleline, seejuures ülemine huul on kahe-, alumine kolmehambaline. Kroon on sagedamini valge. Puri on varustatud kahe lisemega. Tolmukkond on kaherühmaline. Emakas on varustatud habeja emakakaelaga, mis on keerdunud spiraalselt koos tolmukate ja laevukesega. Kaun on hulgaseemneline, pikk, (enamasti) valgete seemnetega. Idanemisel tulevad idulehed mullapinnale.

Õisuba (*Phaseolus coccineus*) on suur erepunaste õitega vääntaim. Seda liiki kasutatakse ainult ilutaimena, idulehed jäävad idanemisel mulda.



Joonis 129. Liblikõielised.

I — sojauba. *II* — maapähkel. *III* — suvivikk. *IV* — aas-seahernes: *1* — õitsev võsu; *2* — õis; *3* — tolmukad; *4* — emakas; *5* — vili — kaun. *V* — nõiahammas: *1* — õitsev taim; *2* — õiekroon; *3* — õieskeem. *VI* — põldseradell ehk linnujalg. *VII* — ahtalehine lupiin (sinine). *VIII* — mitmeaastane lupiin.

Sojauba (*Glycine hispida*) (joonis 129, *I*) kasvatatakse NSV Liidu ida- ja lõunarajoonides. Kolmetised lehed ja vars on karvadega kaetud. Helevioletsed või valged väikesed õied paiknevad lehekaenaldes. Sojaoa seemned sisaldavad ligi 33% valku ja 18% õli. Neist valmistatakse palju väärtuslikke toidusaadusi: õli, juustu, kompvekke, õlikooke jt.

Arahhist ehk maapähklit (*Arachis hypogaea*) (joonis 129, *II*) kasvatatakse NSV Liidu lõunarajoonides (kodumaaks on Brasiilia). Varred on paarissulgjate lehtedega. Lamavad vormid on madalakasvulised (kuni 25 cm), põõsasvormid kõrgemad (kuni 50 cm kõrgused). Viljad (kaunad) valmivad mullas, sest õieraod pikenevad maapinna suunas ja viljad avanevad ise. Maapähkli seemnetes on ligi 50% väärtuslikku õli ja ligi 45% valku.

Vikk (*Vicia sativa*) on üheaastane taim, pikkusega 30—90 cm. Teda kasvatatakse mõnikord ka seemnete, sagedamini aga haljasmassi saamiseks, mida kasutatakse haljassöödaks, siloks või heinaks (joonis 129, *III*).

Vikil on ronivad varred paarissulgjate liitlehtedega, mis lõpevad haruliste köitraagudega. Lehekesi on 6—8 paari. Õied paiknevad kahekaupa lehekaenaldes. Liitlehine tupp on viiehambaline. Kroon on lahklehine, tal on violetne puri, roosad tiivad ja roosa või valkjas laevuke.

Kevadel varajase haljassööda saamiseks kasvatatakse põldhiirehernest (talivikki) (*Vicia villosa*). Seda külvatakse koos talirukkiga. Taim on tihedalt karvadega kaetud.

Harilik hiirehernes (*Vicia cracca*) on mitmeaastane ronivate vartega liblikõieline taim. Lehed on sulgjad liitlehed, 9—10-paarilised, köitraagudega. Abilehed on poolnooljad. Sinivioletsed õied on ühepoolsetes tihedates rohkeõielistes kobarates, mis on peaaegu lehtede pikkused. Kaunad on piklikud. Niitudel söövad veised taime hästi, külvides aga esineb ta umbrohuna, sest ta haardub teraviljade külge, takistab nende kasvu ja soodustab lamandumist.

Aas-seahernes (*Lathyrus pratensis*) (joonis 129, *IV*) esineb eriti niisketel niitudel, mõnikord suurel hulgal ja teda soovitatakse külvata kui söödataime kultuurrohumaadele.

Teistest seahernestest esineb niitudel harvemini, metsades aga sagedamini mets-seahernes (*Lathyrus silvestris*), suur roosade õite ja tugevasti tiivulise varrega taim.

Harilik nõiahammas (*Lotus corniculatus*) (joonis 129, *V*) on kõikjal rohumaadel esinev mitmeaastane rohttaim, mis parandab tublisti heina kvaliteeti. Ta kasvab ka teedel, nõlvadel ja põõsaste vahel.

Põldseradell ehk põld-linnujalg (*Ornithopus sativus*) (joonis 129, *VI*) on üheaastane söödataim, pikkusega 30—60 cm. Ta on eriti väärtuslik kehvadel liivmuldadel, kus ta

annab häid saake kas teraviljade järel kõrrepõllukultuurina või (harvemini) iseseisva kultuurina. Viljad on lülikaunad, mis on sarikates ning meenutavad varvastega linnujalga, mistõttu seradelli nimetataksegi linnujalaks. Seradelli juured on kattunud rohkete hõlmiste mügaratega.

Ahtalehine lupiin ehk ahtalehine hundiuba (*Lupinus angustifolius*) (joonis 129, *VII*) on üheaastane taim. Tal on järgmised iseloomulikud tunnused. Vars on sirge, 50—120 cm pikkune. Lehed on sõrmjad liitlehed, koosnevad 5—11 lehekesest. Õied on liblikjad, sinised, pikkades tipmistes kobarates, kõik tolmukad on putkena kokku kasvanud. Emakas on kõverdunud, laevukesse peitunud. Lupiinidel domineerib isetolmlemine, kuigi on võimalik ka risttolmlemine putukate abil. Vili on kergelt lüliline suur pruun ogatipuga võrkja joonisega kattunud kaun. Kaunad pakatuvad valmimisel kergesti. Seemned on oataolised, hallid, heledamate täppidega. Juur on sammasjuur, paljude külgjuurtega, mis tungivad sügavale mulda. Mügarad on lupiinidel suured ja katavad niihästi pea- kui ka külgjuuri. Ahtalehise lupiini võime lämmastikku assimileerida on eriti suur.

Ahtalehist lupiini kasvatatakse sagedamini kesal haljasväetiseks. Temaga sarnaneb kollane lupiin ehk kollane hundiuba (*Lupinus luteus*) ja valge lupiin ehk valge hundiuba (*Lupinus albus*).

Hulgalehine lupiin ehk hulgalehine hundiuba (*Lupinus polyphyllus*) esineb ilutaimena aedades. Pikkus ulatub 120 cm-ni. Juur on jäme, lihakas, mitmeaastane. Lehed on suured, alumised, pikarootsulised, piklik-ovaalsete lehekestega. Õied on sinised, tihedates kobarates. Õitsemise ajal külastavad neid agaralt kimalased ja mesilased. Kaunad, samuti ka tumedad seemned on väiksemad kui eelmistel liikidel. Taim levib ohtralt kallakutel, jäätmaadel ning annab igal aastal suure hulga haljasmassi. Seemned valmivad kiiremini ja sellepärast on selle lupiini levikuala põhjapoolsem kui eelmistel.

Punane ristik (*Trifolium sativum*) (joonis 130). Varred on püstised ja hargnenud. Lehed on kolmetised, suured kerajad õisikud — nutid sisaldavad viiehambalise karvase tupega lillakaspunaseid õisi. Taimel on liblikõieliste tüüpi liitlehine ärakuivav õiekroon, kümme tolmukat ja üks üheseemneliseks kaunaks muunduv emakas. Nutt on ümbritsetud kokkusurutud kõrglehtedest kattega.

Valgel ristikul (*Trifolium repens*) on maad mööda roomavad ja juurduvad varred, millele kinnituvad pikavarrelised püstised kolmetised lehed ja pikkadel vartel paiknevad valged õienutid, õied on samuti liblikõieliste tüüpi, kuid nende õiekroon on lühema putkega.

Mõnevõrra punase ja valge ristiku vahepealsete tunnustega on roosa ristik ehk rootsi ristik (*Trifolium hybridum*),



Joonis 130. Liblikõielised.

Punane ristik: *1* — ristikuvõsu; *2* — õisiku — nuti läbilõige; *3* — ristikuõis pikilõikes; *4* — tupp; *5* — emakas (*vasakul*) ja kümme tolmukat, millest üks on vaba (*paremal*).

millel on tõusvad varred ja nutid. Õied sarnanevad valge ristiku õitega, kuid on roosakad. Tuleb tundma õppida ka keskmist ristikut (*T. medium*), mägiristikut (*T. montanum*), üheaastastest umbrohtudest kuldristikut (*T. strepens*) ja kassiristikut (*T. arvense*).

Ristikutest on paremaks söödataimeks punane ristik, paremaks mee- ja karjamaataimeks aga valge ristik.

NSV Liidus on ristiku (*Trifolium*) perekonda kuuluvaid taimi ligi 45 liiki. Kõikidel ristikutel on (pikergused ja ümmargused) nuttõisikud, püsivad õiekroonid, kümme tolmukat, mis on putkeks kokku kasvanud ja kinnituvad õiekroonile, abilehed ja viljad sisaldavad üht kuni nelja seemet.

Harilik lutsern (*Medicago sativa*) (joonis 131) on söödataim. Kasvab niitudel, lõunarajoonides kasvatatakse teda põldudel. Lutsernil on rohkeõielised kobarad sinakasvioletsete meerikaste õitega ja karvased spiraalselt keerdunud kaunad, mis moodustavad 3—5 ringi. Varred on püstised, kuni 1,2 m pikkused. Juur tungib mulda kuni 2 m ja vahel isegi 15 m sügavusele.



Joonis 131. Liblikõielised.
Harilik lutsern: *1* — võsu; *2* — juurekael ja osa juurest; *3* — õis; *4* — tupp; *5* — õiekrooni lehed; *6* — tolmukad; *7* — emakas; *8* — vili; *9* — viljadega oks; *10* — seeme.

Lehed on kolmetised, erinevad ristikust keskmise lehekese pikema rootsu poolest.

Sirp- (ehk kollane) lutsern (*M. falcata*). Tal on peaaegu püstised või lookjalt kõverdunud kaunad, kobarad on väikesed, paljuõielised, kokku surutud ja kollaste õitega. Taime pikkus on 20—60 cm. Abilehed on süstjad, alumised hambulised. Taime söödaväärtus on väiksem kui harilikul lutsernil, kuid ta on põuakindlam.

Umbrohtude hulka kuulub humallutsern (*M. lupulina*).

Liiv-esparsett (*Onobrychis arenaria*). Liiv-esparsetil on paaritusulgjad lehed, kobarais õied, vili on lapergune, pähklikujuline, üheseemneline, ogadega ja võrkjalt paiknevate roodudega kaun. Õied on roosakaspurpursed ja meerikkad. Esparsetiliike on mitu.

Harilik lina (*Linum usitatissimum*) (joonis 132). Harilikku lina kasvatatakse kiu ja õli saamiseks. Lina on üheaastane taim; varred on tal pikad, peenikesed, vahelduvate lehtedega. Lehed on väikesed, varretud, lineaalsed või kitsassüstjad. Õied on pööristes, viietised, ripsja lahklehise tupega ja lahklehise sinise krooniga. Tolmukaid on viis; need vahelduvad kängunud tolmukatega, millel on hambakeste kuju. Alusel on tolmukad kokku kasvanud ning neil esinevad meelohud. Vili on kerajas viiepesaline kupar. Igas pesas on vahesein, mis ei ulatu kupra keskpaigani.



Joonis 132. Linalised.
Harilik lina (kiulina): *1* — idand; *2* — õitsev taim; *3* — juur, *4* — õiepung; *5* — õis pealtvaates; *6* — õiekroon ja tupp altvaates; *7* — tolmukad ja emakas; *8* — emakas; *9* — viljad — kuprad; *10* — seeme.

Eristatakse harulise varre ja suure arvu kupardega õlilina ning pikkade peenikeste vartega kiulina. Õlilina kasvatatakse õli saamiseks mustmullavööndis, samuti ka kagu- ja idarajoonides; kiulina kiu ja õli saamiseks loodes ja kogu mittemustmullavööndis.

Metsikult kasvavatest linadest on tuntud mitmeaastane lina (*Linum perenne*), aaslina (*L. catharticum*) ja kollane lina (*L. flavum*).

SUGUKOND KASSINAERILISED (*MALVACEAE*)

Kassinaeriliste sugukonda kuuluvad puud ja põõsad, mis on levinud troopikamaades ja rohttaimedena parasvööndis. Kassinaeriliste õied paiknevad lehekaenaldes kas üksikult või mitmeti, nad on korrapärased ja kahesugulised. Tolmukaid on palju, nende niidid on kasvanud kokku ühiseks putkeks, mis ümbritseb emakat, viimane koosneb kolmest, viiest või paljudest viljalehtedest. Sigimik on ülemine. Tupp koosneb viiest kokkukasvanud tupplehest ja tal on veel kattelehtedest välistupp. Kroonis on viis kroonlehte, mis on sageli alusel kokku kasvanud. Kroonlehed on enne puhkemist keerdunud. Vili koosneb neerjatest, lamedasse ringi koondunud seemnistest või on kupar. Lehed on lihtlehed, hõlmised või lõhised, pikkadel rootsudel ja abilehtedega.



Joonis 133. Kassinaerilised. Puuvillapõõsas: *1* — ülaosa; *2* — õis läbilõikes; *3* — (pakatav) kupar; *4* — villkarvadega seeme; *5* — villkarvad; *6* — villkarvade tekkimine epidermist.

Kassinaeriliste sugukonda kuulub puuvillapõõsas (*Gossypium*), mida kasvatatakse lõunamaal pehmete pikkade villkarvade pärast, millega on varustatud 3—5-pesalistes kupardes (joonis 133) valmivad seemnised. Iga seemne küljes kasvab kuni 7000 villkarva (kiudu), mille all on sageli veel väiksemaid karvu (alusvill). Kiudude pikkus on paremate sortidel 1—6,5 cm. Villkarvad on valged, mõnikord ka värvilised. Seemned on õlirikkad (16—20%). Puuvillapõõsast viljeldakse üheaastase taimena, kuid kasvuhoonetes ja metsikult kasvab ta mitmeaastase põõsana. Peajuur tungib sügavale mulda, varred aga hargnevad tugevasti monopodiaalselt ja sümpodiaalselt. Lehekaenaldest väljuvad põlvja kujuga sümpodiaalsed võsud, mis hakkavad õitsema ja annavad vilju. Puuvillapõõsa kolme- kuni seitsmehõlmalistel leh-

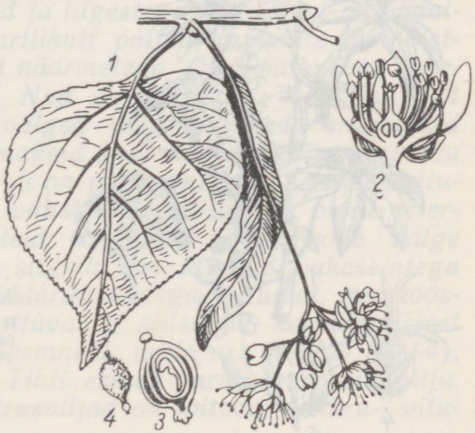
tedel on abilehed ja sõrmjas roodumine. Õied on suured, nende alusel on välistupp, mis koosneb kolmest suurte hammastega lehest. Tupp on viiehambaline ja liitlehine. Kroon koosneb viiest alusel tolmukate putkega kokkukasvanud kroonlehest. Hommikul puhkenud õiekroon on harilikult kollane või kreemikas, muutub aga õhtul violetseks. Pärast tolmlemist sulgub õiekroon ja variseb seejärel ühes arvukate tolmukate ja emakakaelaga. Puuvillapõõsal võib esineda nii ise- kui ka risttolmlemine. Levinumaid puuvillapõõsaliike on harilik puuvillapõõsas (*Gossypium herbaceum*), karvane puuvillapõõsas (*G. hirsutum*) ja egiptuse puuvillapõõsas (*G. barbadense*).

Head niinkiudu annavad kiutaimed kanephibiskus ehk kenaff (*Hibiscus cannabinus*) ja abuutilon (*Abutilon avicennae*).

Põhjapoolsetes ja keskrajoonides kasvatatakse kassinaerilisi ilutaimedena, näiteks aed-tokkroosi (*Alcea rosea*). Umbrohuna esinevad ümaralehine kassinaeris (*Malva pusilla*) ja harilik rõngaslill (*Lavatera thuringiaca*).

SUGUKOND PÄRNALISED (*TILIACEAE*)

Harilik pärn (*Tilia cordata*) (joonis 134) on kuni 25 m pikkune, laiaharulise võraga puu, mis elab 300—400 aastat ja rohkemgi. Võsud hargnevad sümpodiaalselt. Lehed paiknevad kahes reas. Nad on rootsulised, abilehtedega, südajad, teritunud, ebasümmeetrilised, saagjad. Lehe alaküljel on soonenurkades kollakaid karvu. Pärn hakkab õitsema pärast 20. eluaastat ja õitseb harilikult sügissuvel. Õisik on 5—7 valkjaskollase õie ja sama värvust tiibja lisemega dihaasium (ebasarikas) õierao alusel, mis soodustab viljade levimist. Õied on viietised, tupp ja kroon



Joonis 134. Pärnalised.
Pärn: *1* — leht ja õisik; *2* — õis läbilõikes; *3* ja *4* — vili — pähklike.

lahklehised. Tolmukaid on palju, nad on alusel viieks kimbuks kokku kasvanud, mis paiknevad kroonlehtedega kohakuti. Emakas on ülemine, viiepesalise sigimiku ja ühe emakakaelaga. Nelja pesa puuduliku arenemise tõttu areneb igast õiest üheseemneline vili — pähklike. Pärnaõitel on meeldiv lõhn ja nende tupplehed eritavad mesimahla. Tolmlemine toimub mesilaste abil risttolmlemise teel, sest tolmukapead valmivad enne emakasuudmeid (proterandria).

Pehmest pärnapuidust tehakse vineeri, treitakse mitmesuguseid esemeid jne. Niint kasutatakse roguskite valmistamiseks. Pärn on üks peamisi meetaimi, samuti ka ravimtaimi. Suurelehine pärn (*Tilia platyphyllos*) õitseb varem kui südajate lehtedega pärn, teda kasvatatakse parkides ja linnades tänavaäärtel. Esineb ka teisi pärnaliike.

Pärnaliste sugukonda kuulub ka tekstiiltaim džuut — (*Corchorus*).

SUGUKOND PIIMALILLELISED (*EUPHORBIACEAE*)

Vits-piimalill (*Euphorbia virgata*) kasvab umbrohuna kraavikallastel, prügihunnikutel, niitudel ja põldudel. Tal on jämedad hargnenud juured ja mitu vart, mis lõpevad mitmekiireliste ebasarikjate õisikutega. Kogu taim sisaldab rikkalikult piimmahla. Emas- ja isasõisi ümbritsevad nelja- ja viiehõlmalised näärmed. Need on poolkuukujulised ja pikkade sarvedega. Kogu õisik on rohekaskollane. Piimalilleliike on palju ja mõned neist on raskesti eristatavad.



Joonis 135. Piimalillelised.
Riitsinus: *1* — võsu ülaosa; *2* — õisik; *3* — isasõied; *4* — emasõis; *5* — vili.

Piimalilleliste sugukonda kuulub ka ühekojaline taim riitsinus (*Ricinus communis*) (joonis 135). Riitsinust kasvatatakse lõunas väärtusliku kastoorõli saamiseks, mida ei kasutata mitte ainult arstiteaduses, vaid ka täpsete mehhanismide määrimiseks, samuti lakkvärvitööstuses. Riitsinus on suur, üle 1 m pikkune taim, mida kasvatatakse põldudel üheaastase taimena. Vars on hargnev, paljas, vahakirmega kaetud. Lehed on suured, sõrmlõhised, vahelduvad. Mõnikord on varred ja lehed antotsüaani tõttu punased. Õisik on kobar, mis koosneb isas- ja emasõitest. Emasõied paiknevad kõrgemal võsul, isasõied aga madalamal. Viljad on kolmetahulised, ogakestega kaetud kuprad. Seemned on suured, läikivad, kirjud ja sisaldavad 50—60% mittekuivavat õli.

Piimalilleliste sugukonda kuulub 4500 liiki, mis esinevad nii paras- kui ka lähistroopilises ja troopilises vöötmes.

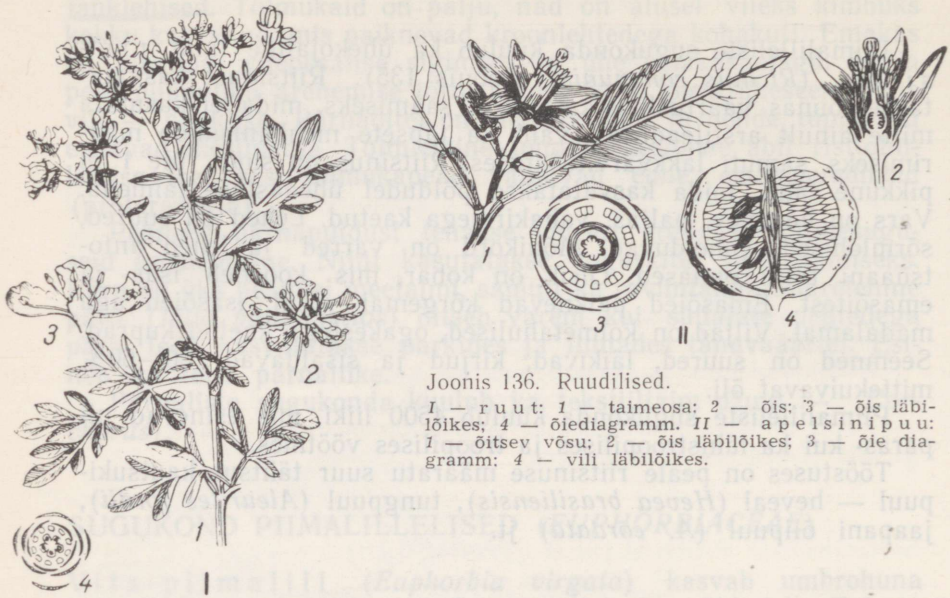
Tööstuses on peale riitsinuse määratu suur tähtsus kautšukipuul — heveal (*Hevea brasiliensis*), tungpuul (*Aleurites fordii*), jaapani õlipuul (*A. cordata*) jt.

SUGUKOND RUUDILISED (*RUTACEAE*)

Sugukond on saanud oma nimetuse lõunas kasvavast rohttaimest, mürgisest eeterõlitaimest aedruudist (*Ruta graveolens*) (joonis 136).

Sellesse sugukonda kuuluvad väärtuslikud igihaljad puud, mis moodustavad tsitruse (Citrus) perekonna. Tsitruste kultuur on laialt levinud NSV Liidus, peamiselt Taga-Kaukaasias. Lehed on tsitrustel vahelduvad, ühtedel lehtedel liit-, teistel lihtlehed. Leherootsud on sageli tiivulised ja liigestega; lehelabad on ovaalsed ja teritunud. Lehed on harilikult paljad, arvukate läbipaistvate, eeterlike õlidega täitunud näärmetega. Õied paiknevad lehekaenaldes, enamasti üksikult. Nad on lõhnavad, neil on 3—4 kokkukasvanud tupplehte ja valged või roosakad kroonlehed (4—8). Tolmukaid on palju, emakaid üks, mitmepesalise sigimiku ja märgatava emakakaelaga. Vili on pomerants, s. o. erilise ehitusega mari, oranži või kollaka väliskihiga, milles on palju eeterlikke õlisid sisaldavaid mahuteid; väliskihi all on kobe valge keskkiht ja selle all sisekiht; sisekiht on kilejate vaheseintega mitmeks pesaks jaotatud ja mahlarikka koega täitunud, mis koosneb viljaseina siseküljele kinnituvatest paisunud karvataolistest väljakasvetest (kotikestest). Seemneid, mille arv kõigub (3—4), ümbritseb mahlakas viljaliha. Tihti esineb partenokarpseid vilju, millel puuduvad seemned. Tsitrusviljad on toitvad, suhkru-, vitamiini- ja sidrunhapperikkad.

Tsitruste hulka kuuluvad: apelsinipuu (*Citrus sinensis*), man-



Joonis 136. Ruudilised.

I — r u u t: *1* — taimeosa: *2* — õis: *3* — õis läbilõikes; *4* — õiediagramm. *II* — a p e l s i n i p u u: *1* — õitsev võsu; *2* — õis läbilõikes; *3* — õie diagramm: *4* — vili läbilõikes.

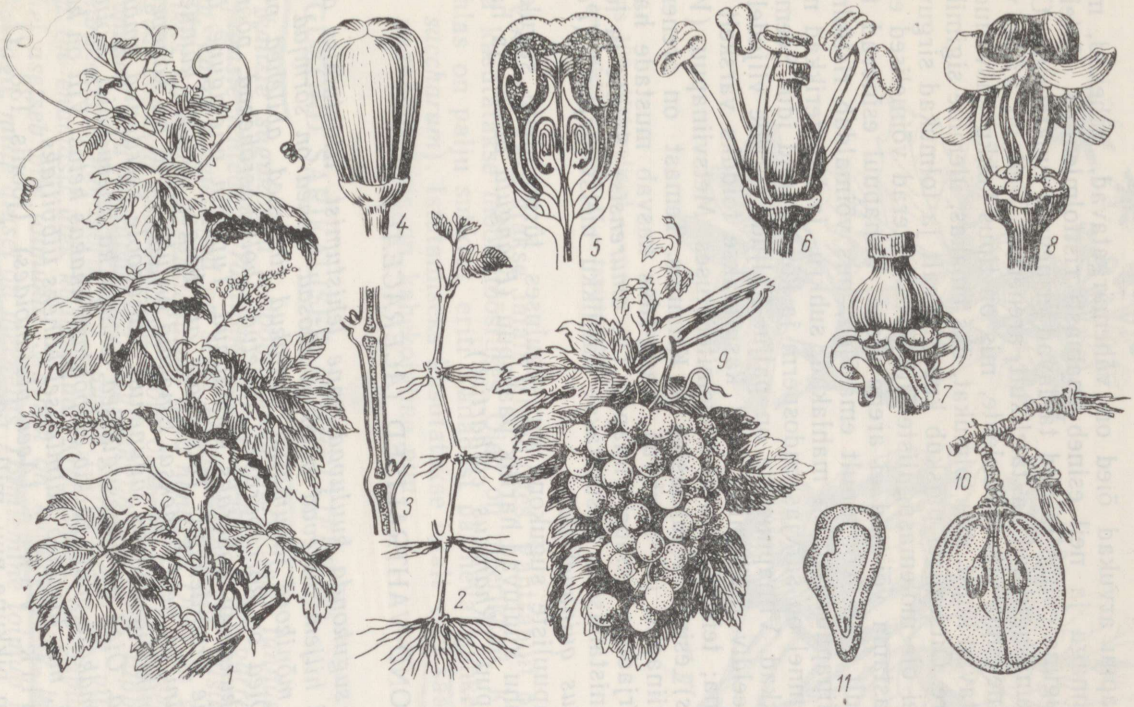
dariinipuu (*C. reticulata*), sidrunipuu (*C. limon*), greipfruut (*C. paradisi*), pomerantsipuu (*C. aurantium*) jt.

Teistest ruudiliste sugukonna taimedest nimetame diktamnust (*Dictamnus caucasicus*), mida esineb Kaukaasia metsades, Kesk-Aasias ja mõnel pool Nõukogude Liidu Euroopa-osa steppides. Taim on rikkalikult näärmekarvakestega kattunud; vaikse palava ilmaga eritab ta eeterlikke õlisid, mis plahvatavad põlema, kui põõsa kohal põlevat tikku hoida. Ruudiliste sugukonda kuulub ka amuuri korgipuu (*Phellodendron amurense*), mis annab väärtuslikku puitu ja korki, mida kasutatakse korgitamme korgi asendajana.

SUGUKOND VIINAPUULISED (*VITACEAE*)

V i i n a p u u d (*Vitis vinifera*) (joonis 137) kultiveeritakse Kaukaasias, Krimmis, Kesk-Aasias ja Ukrainas. Viinapuude kultuur tungib järjest enam põhja poole.

Viinapuu on võimsa juurestiku ja puitunud keerdunud vartega vääntaim, mille noored võsud haaravad oksiste köitraagude abil tugesid ja naabertaimi. Viinapuuvõsu hargneb sümpodiaalselt ja kannab kolme- kuni viiehõlmalisi vahelduvaid lehti. Köitraod paiknevad vastakuti kahe naaberlehega, nad tekivad tipmistest pungadest. Kahe köitrao ja lehega sõlme vahel asetseb ühe lehega sõlm. Kaenlapungadest arenevad külgvõsud, peavõsud arenevad aga lisapungadest, mis tekivad sõlmedes kaenlapungade kõrval ja omandavad ladvapungade funktsioonid. Mõnes sõlmes areneb köitrao kõrval või otse selle küljes õisik — pööris, mis algul on väike, hiljem muutub «viinamarjakobaraks».



Joonis 137. Viinapuulised.

1 — viinapuu õitsev võsu; *2* — juurdunud pistik; *3* — varreosa pikilõikes; *4* — õiepung; *5* — õieehituse skeem pikilõikes; *6* — kahesuguline õis (kultuurviinapuu); *7* — funktsionaalne õie emastüüp (kahesuguline õis); *8* — isasõis (õiekrooni) langemise momendil; *9* — valge viinamarja kobar; *10* — vili — mari pikilõikes; *11* — seemneehituse skeem.

Viinapuu arvukad õied on vähemärgatavad, rohekad, meeldiva lõhnaga ja neil esineb enamasti risttolmlemine. Õitel on mitmesugune ehitus ja nad täidavad erinevaid funktsioone. Ühed on mõlemasugulised ja täielikult arenenud. Neil on väike viiehambaline tupp, viis kroonlehte, mis on tipus kokku kasvanud ja moodustavad kupli, viis tolmukat, üks emakas, ülemine sigimik ja meenääre. Õitsemisel paiskub kuppel pealt ja tolmukad sirguvad. Sageli ei ole mõlemasuguliste õite õietolmuterad võimelised emakat viljastama või nad ei arene üldse. Viinapuul esinevad tihti kas ainult isas- või ainult emasõied, mis võimaldab risttolmlemist. Viinapuuviljad on mahlakad, suhkru- ja hapeterikkad marjad. Seemnel on sarvjas endosperm ja kõverdunud idu. Seemned on õlirikkad. Viinapuusorte on palju. Paljude sortide viljadel on väga meeldiv maik ning neid kasutatakse toiduks värskelt või rosinatena; teisi kasutatakse veinitööstuses. Metsviinapuu (*Vitis silvestris*) esineb Kaukaasias ja Krimmis. Temast on arenenud kultuurviinapuu (*V. vinifera*). Kaug-Idas kasvab mustade hapukate marjadega amuuri viinapuu (*V. amurensis*). Seinte ja lehtlate kaunistamiseks kasutatakse harilikku metsviinapuud (*Parthenocissus quinquefolia*).

Viinapuuliste sugukond on suguluses türnpuuliste sugukonnaga, kuhu kuuluvad harilik paakspuu (*Frangula alnus*) ja harilik türnpuu (*Rhamnus cathartica*).

SUGUKOND VAHTRALISED (*ACERACEAE*)

Sellesse sugukonda kuuluvad enne lehistumist, lehistumise ajal või veidi hiljem õitsevad puud ja põõsad. Lehed on sõrmjad või sulgjad, mõnikord jagumatud vastakud lihtlehed, abilehed puuduvad. Õied on korrapärased, ilmetud, kollakasrohekad, pööris-jaks õisikuks või kobaraks koondunud. Tupp on viiejagune, õiekroon viie kroonlehega. Tolmukate arv kõigub neljast kümneni, sagedamini on neid kaheksa. Emakaid on üks ja ta on kahepesalise sigimiku ja kaheks jagunenud, väljapoole keerdunud emakasuudmega. Õied on kahesugulised, esineb ka ühesugulisi. Tolmukate ja emakate vahel kerkib õiepõhjast lihakas ketas. Vili on kaksiktiibvili, mis laguneb valmimisel kaheks tiibviljaks.

Harilik vaher (*Acer platanoides*) (joonis 138, *I*) on kuni 25 m pikkune puu, mille lehed on suured, paljad, teravahõlmalised, ühe või kahe hambaga ja ümardunud hõlmadevaheliste väljalõigetega. See vahtraliik on levinud paljudes Nõukogude Liidu oblastites.

Tatari vaher (*Acer tataricum*) on peamiselt mustmullavööndis levinud põõsas. Mägivaher (*A. pseudoplatanus*) esineb puuna edelapiirkondades. Põldvaher (*A. campestre*), põõsas või puu, esineb Nõukogude Liidu kesk- ja lõunaosas.



Joonis 138. Vahtralised.
I — teravalehine vaher. *II* — tatari vaher.

Vahtraid kasutatakse laialt istandustes. Vahtrapuit on tugev, teda kasutatakse mööblitööstuses. Õied on meerikkad. Kevadises mahlas on palju suhkrut, eriti Kanadast pärineval suhkruvahtral (*A. saccharum*). Istutamiseks kasutatakse laialt veel saarvahtrat (*A. negundo*), mis on kahekojaline puu.

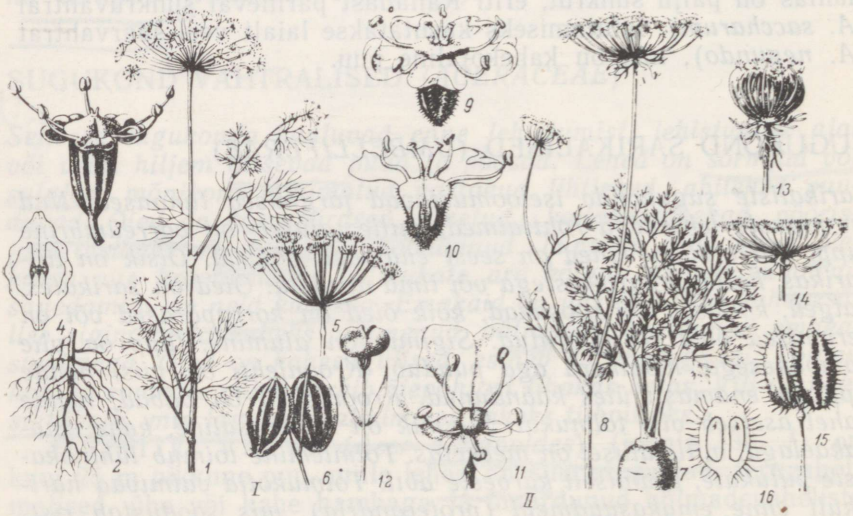
SUGUKOND SARIKALISED (*UMBELLIFERAE*)

Sarikaliste sugukonda iseloomustavad järgmised tunnused. Nad on jaguste lehtedega rohttaimed, mille alusel on varreümbrine tupp. Varre sõlmevahed on seest enamasti õõnsad. Õisik on liitsarikas, katte ja kattekestega või ilma nendeta. Õied on sarikates, valged, kollased või roosakad, kõik õied on korrapärased või on servmised õied korrapäratud. Sigimik on alumine, tupp on viie hambakesega, mõnikord aga puudub. Kroonlehti on viis, nende tipp on enamasti üles käändunud. Kroonlehed on vabad; nende vahel asetseb viis tolmukat. Sigimik on kahepesaline, kahe emakakaelaga, mille alusel on meeketas. Tolmlemine toimub lühinokaliste putukate, peamiselt kärbeste abil. Tolmukotid valmivad harilikult enne emakasuudmeid (proterandria), mis soodustab ristolmlemist. Vili on kaksikseemnis, mis valmimisel laguneb. Igal seemnisel on välimisel küljel viis pearoiet, vahelduvalt vaokestega. Vilja läbilõikes on viljakestas näha kanalikesi, mis on täitunud lõhnavate eeterlike õlidega.

Eeltoodud kirjeldusele ei vasta ogaputke (*Eryngium*) perekond, mille õied on torkava kattega ümbritsetud nuttidesse koondunud, neil on terved torkavad lehed. Taim on hästi kaitstud kuivamise ja loomade poolt ärasöömise vastu. Esineb kuivadel jäätmaadel.

Sarikalisi tuntakse üle 2600 liigi, mis on levinud kogu maakeral. Sarikalised esinevad niitudel, aedades, köögiviljaaedades ja jäätmaadel. Sarikaliste hulka kuuluvad paljud köögiviljataimed ja juurviljad, mida kasvatatakse lihakate juurte pärast: aedporgand (*Daucus sativus*), aed-moorputk (*Pastinaca sativa*), aedpetersell (*Petroselinum crispum*), aedtill (*Anethum graveolens*) (joonis 139, *I*), aedseller (*Apium graveolens*) jt. Paljusid sarikalisi kasvatatakse eeterlike õlide saamiseks: aniis (*Pimpinella anisum*), köömen (*Carum carvi*), koriander (*Coriandrum sativum*) jt. Paljud sarikalised on väga mürgised. Põllumajandusloomade sööda hulka ei tohi sattuda: surmaputk (*Conium maculatum*), mürkputk (*Cicuta virosa*) ja koerputk (*Aethusa cynapium*).

Aedporgand (*Daucus sativus*) on kaheaastane taim, millest on aretatud palju sööda- ja söögisorte. Kultuurporgand pärineb metsporgandist (*Daucus carota*), mis kasvab lõunas ja mittemustmullavööndi keskosas, lagendikel, nõlvadel ja niitudel, peamiselt saviliivmuldadel. Seemneid ümbritseb viljakate, mis kait-



Joonis 139. Sarikalised.

I — till: *1* — õitsev võsu; *2* — juur; *3* — õis; *4* — sigimik läbilõikes; *5* — viljadega sarikas; *6* — vili — kaksikseemnis. *II* — porgand: *7* — leherosetiga juureosa; *8* — õitsev võsu; *9—10* — õie ehitus; *11* — osasarika servmine õis (korrapäratu); *12* — sarika keskmine õis; *13* — viljadega õisik enne valmimist; *14* — viljadega liitsarikas; *15* — vili — kaksikseemnis; *16* — vili pikilõikes.



Joonis 140. Sarikalised.
I — mürkputk. *II* — surmaputk.

seb viljas olevat valget seemet. Söödaporgandi juure pikkus on 20—30 cm, kaal aga 1—3 kg. Söögisortide juured on väiksemad.

Porgandi lehekodarik koosneb kaheli- või kolmeli-sulglõhistest, sügavahambalistest või lühikeselt teritunud jagustest lehtedest, millel on pikad karvastunud leherootsud. Varred, mis moodustuvad porgandil teisel aastal, on vaolised, karekarvased, ülevalt harulised. Lehed on vaheldumad, tupega, sulglõhised. Pikenenud õisikuraagudel paiknevad suured liitsarikad, millel on lõhised katted ja kattekesed, need kaitsevad õisikut siis, kui ta pole veel avanenud. Kroonlehed on valged. Õisiku keskel on sarika keskmine õis metsikul porgandil alati, kultuurporgandil aga harva purpurne. Kuni õitsemiseni on sarikad ja osasarikad kokku käändunud ja õiepungad neis on kaitstud katete ja kattekestega. Õitsemise ajal löövad sarikad laialt lahti ja sulguvad ainult ööseks. Pärast õitsemist käänduvad sarikad uuesti kokku ja jäävad sellesse seisundisse seemnete valmimiseni, millal sarikakiired uuesti laiali sirguvad, kuid ainult kuiva ilmaga. Kaksikseemnised varisevad kergesti.

Umbrohuna esineb sellest sugukonnast aedades naat (*Aegopodium*), niitudel aga karuputk (*Heracleum*), heinputk (*Angelica*), kikkaputk (*Archangelica*), harakputk (*Anthriscus*) jt.

Tugevalt mürgised sarikalised on järgmised.

M ü r k p u t k (*Cicuta virosa*) (joonis 140) esineb niisketel niitudel, soistel jõekallastel ja vees. Ta on üks mürgisemaid taimi. Veised mürgistuvad, mitte ainult värskeid, vaid isegi kuivanud heinas esinevaid mürkputkevarsi ja -lehti süües. Seda mit-

meaastast taime iseloomustavad järgmised tunnused. Taim on paljas, 60—120 cm pikkune. Lehed on õõnsate rootsude, kolmeli-sulgjaguste lehtede ja kitsassüstjate teravsaagjate osadega. Ülemised lehed on väiksemad ja neil on lühemad, kitsatupelised rootsud. Varrelülid on õõnsad, alumises osas lühenenud ja muutuvad maa all lihakaks lühenenud juurikaks, milles on õhuga täitunud õõned. Juurika lõikamisel tuleb temast kollast mahla. Sarikatel ei ole katet või see koosneb vaid 1—2 lehekesest, osasarikatel on kattekesed. Osasarikad koosnevad valgetest õitest. Tupp on viiehambaline, kroon viie kroonlehega, tolmukaid on viis. Viljad on kerajad, külgedelt veidi lamedad.

Täpiline surmaputk (*Conium maculatum*) on kaheaastane taim. Kasvab kuni 2 m pikkuseks, kuid harilikult on ta palju väiksem. Kasvab niisketel kohtadel, võsastikus ja jõgede ääres. Esineb ka aiaservades. Vars on paljas, hargnenud, väikeste punaste täppidega. Lehed on kolmeli-sulgjagused, õõnsa varrega. Sarikatel on kate ja kattekesed. Tupp pole märgatav, kroonlehed aga on käändunud servadega. Viljad on kaksikseemnised, munajad, külgedelt lamedad, looklevate roietega. Kogu taim on tugevasti mürgine, sest kõikides organites esineb alkaloid koniini, mida kasutatakse arstiteaduses ravimina krampide puhul.

Koerputk (*Aethusa cynapium*) on üheaastane taim. Esineb umbrohuna võsastikus ja aiaservades. Taim meenutab peterselli. Lehepind on läikiv, õied valged, kattekesed koosnevad kolmest käändunud lehekesest. Varte pikkus 40—100 cm. Kõik taimeosad on mürgised.

SUGUKOND MAGUNALISED (*PAPAVERACEAE*)

Unimagun (*Papaver somniferum*) (joonis 141, *I*) on üheaastane taim. Teda kasvatatakse õlirikaste seemnete toite- ja maitseomaduste tõttu. Kogu taim sisaldab piimjat mahla, millest valmistatakse väärtuslikku meditsiinilist preparaati — morfiumi. Unimagunal on hargnenud sammasjuur, juurmised lehed on kodarikku koondunud, varrelehed on rootsutud, varreümbrised piklikud ja kahelihambulised. Varred ja lehed on paljad ja sinakasrohelised. Õienupud asetsevad pikal allakäändunud karvasel õieraol. Neid kaitseb kaks tupplehte, mis langevad maha õie puhkemise ajal. Õied paiknevad püstunud õieraol. Neil on neli suurt õrna valget, violetset või punast kroonlehte. Kroonlehtede alusel on tume laik. Tolmukaid on palju ja nende niidid on ülaosas laienenud. Vili on ühepesaline munajas kupar, mis avaneb augukestega või on täiesti suletud («pimemagun»). Seemneid on palju, nad on valged, hiljem tumehallid. Emakasuue on 10—15 kiirega.

Mustmullavööndis esineb külvides umbrohuna kukemagun (*Papaver rhoeas*). Selle taime õied on helepunased.



Joonis 141. Magunalised.
I — unimagun. *II* — vereurmarohi: *1* — õitsev ja viljakandev võsu; *2* — vili — pikenenud kupar; *3* — õiepung; *4* — tolmukad; *5* — emakas; *6* — seeme.

Vereurmarohi (*Chelidonium majus*) (joonis 141, *II*) kasvab tarade ja seinte ääres, mõnikord ka metsades. Kogu taim sisaldab kollast piimjat mahla ja on kaetud karvadega. Vereurmarohi on mürgine.

SUGUKOND RISTÕIELISED (*CRUCIFERAE*)

Ristõieliste sugukonda kuuluvad vahelduvate lehtedega, ilma abilehtedeta rohttaimed. Õied on kobarates, korrapärased, lahklehise tupe ja krooniga. Neli tupplehte vahelduvad nelja kroonlehega, mis paiknevad ristamisi. Tolmukaid on kuus, neist neli pikemat ja kaks välimist lühemad. Emakaid on üks, kahepesalise, ebavaheseinaga jaotatud sigimikuga. Emaka alusel on meenäärmed. Vili on kõder või kõdrake, kaheks poolmeks lõhenev või üksikuteks osadeks jagunev. Harva on vili üheseemneline pähklike. Ristõieliste seemned on endospermita, kõverdunud iduga ja õlirikkad. Taimede määramisel on peale teiste organite tähtis veel vili. Ristõieliste taimede hulgas on palju umbrohte ja kultuurtaimi, õlitaimi. Ristõielisi tuntakse üle 2000 liigi.

Kõtradega ristõielised. Kapsas (*Brassica oleracea*) (joonis 142) on kaheaastane taim, millel arenevad esimesel aastal lihakas vars ja mahlakad lehed. Teisel aastal istutatakse kapsapead seemnete saamiseks sügavalt haritud ja väetatud maale. Varred kasvavad 60—120 cm pikkuseks. Ülemised kapsalehed on rootsutud, piklikud, hambulised, alumised rootsulised, kanneljad. Lehti



Joonis 142. Ristõielised.

I — kapsateisendid: *1* — valge peakapsas; *2* — kähar peakapsas; *3* — lillkapsas; *4* — rooskapsas; *5* — nuikapsas; *6* — lehtkapsas.
II — kapsaehitus: *1* — kapsapea läbilõikes; *2* — õitsev võsu; *3* — õis; *4* — kroonleht; *5* — tolmukad ja emakad; *6*, *7* — kaunad.

katab vahakirme; lehed on paljad ja läikivad. Helekollased õied paiknevad pikenenud hõredates kobarates. Kõdrad on piklikud, püstised, sõlmelised; seemned kerajad, pruunikad, siledad. Viljapoolmetel on üks kesksoon. Kapsas on tähtsamaid köögivilju.

Kapsal on palju teisendeid ja sorte, mis suuresti erinevad üksteisest, tingituna kasvatamise eesmärkidest ja viisidest. Peale valge ja punase peakapsa (*Brassica oleracea var. capitata*) eristatakse järgmisi teisendeid:[1] savoia kapsas ehk kähar peakapsas (*var. sabauda*) kaharate lehtedega, mis moodustavad hõreda pea; rooskapsas (*var. gemmifera*) suure arvu väikeste peadega, mis paiknevad ümber varre; nuikapsas (*var. gongylodes*) tugevasti jämenenud lihaka keraja varrega; lillkapsas (*var. cauliflora*) hulga valgete arenemata lihakate õitega, mis paiknevad lihakatel ja mahlakatel õieraagudel ja mida ümbritseb suur hulk rohelisi lehti, ja sööda- ehk lehtkapsas (*var. acephala*), mida kasutatakse veisesöödana.

Teistest ristõielistest taimedest kultiveeritakse järgmisi.

[1] Teisendid (*varietas*) tähistatakse lühendiga — *var.*

Naerist (*Brassica rapa var. rapifera*) kasvatatakse köögiviljana, aga ka söödakultuurina (turnips ehk söödanaeris).

Kaalikas (*Brassica napus var. napobrassica*) on kaheaastane sööda- ja köögiviljataim. Juurviljal on kurdunud pealispind.

Raps (*Brassica napus var. oleifera*) on peenikese juurega üheaastane taim. Seemned sisaldavad 35—55% rasvõli. Eristatakse suvi- ja talirapsi. Sama taim esineb ka metsikult umbrohuna ning on kaalika lähem sugulane.

Köögiviljataimedena kultiveeritakse aedrõigast (*Raphanus sativus*), mida esineb kahe teisendina: rõigas (*R. sativus var. niger*) ja redis (*R. sativus var. sativus*).

Õlirikaste seemnete pärast kultiveeritakse valget sinepit (*Sinapis alba*), musta sinepit (*S. nigra*) ja sarepta sinepit (*S. junceae*). Seemnetest, millest õli on välja pressitud, valmistatakse söögisinepit. Valget sinepit kasutatakse hea meetaimena.

Ristõieliste hulgas on palju umbrohte.

Põldsinep (*Sinapis arvensis*) (joonis 143, *I*) on umbrohi, mis on levinud suviteraviljades peamiselt mustmullavööndis, esineb ka põhjapoolsemates rajoonides. Ta on 30—60 cm pikkune üheaastane taim; vars ja lehed on kaetud karedate karvadega. Alumised lehed on enamasti kanneljad, alused kõrvakestega, ülemised ja keskmised munajad, saagjad. Kollased õied on tipmistesse ja kaenlasisestesse kobaratesse koondunud, tupplehed on täisnurga all eemaldunud. Kõdrad on mahalangeva, servadest terava koonilise nokaga, mis on lühem kui vili. Viljad on avanevad, poolmed kolme sirge soonega, seemned mustad ja siledad, satuvad osalt teravilja, osalt varisevad maha. Seemned võivad säilitada idanemisvõime kuni seitse aastat, mullas aga kuni kümme aastat.

Põldrõigas (*Raphanus raphanistrum*) (joonis 143, *II*) on 30—40 cm pikkune, suviteraviljades väga laialt levinud üheaastane umbrohi. Vars on tal püstine, hargnenud ja hõredate karedate karvadega kattunud. Lehed on kanneljad, ebaühtlaselt hambulised. Õied on tüüpilised ristõied, kroonlehed helekollased, tumekollaste või violetsete soontega, tupp kroonlehtede vastu surutud. Viljad on lülistunud, pundunud, lagunevad valmimisel üksikuteks veidi pundunud lülideks, otsas nokk. Taim on meerikas.

Kõderviljaliste ristõieliste hulka kuuluvad veel kollakad (*Barbarea*), uniloogad (*Sisymbrium*), jürililled (*Cardamine*), hanerohud (*Arabis*), harakaladvad (*Erysimum*) jt. liigid. Neist on külvides eriti levinud kahe- ja mitmeaastane harilik kollakas (*Barbarea vulgaris*), meeldiva lõhnaga meetaim. Hea aroomiga ilutaimede hulka kuuluvad levkoi (*Mathiola*), kuldlakk (*Cheiranthus*) ja öökannike (*Hesperis*), mida esineb ka metsikult.

Kõdrakestega ristõielised. Põldtuder (*Camelina sativa*) (joonis 143, *IV*) on 30—100 cm pikkune, umbrohuna suvi- ja



Joonis 143. Ristõielised.
I — põldsinep. *II* — põldrõigas: *1* — õitsev võsu ja leht; *2* — õis; *3* — tolmukad ja emakas; *4* — kõdrake. *III* — harilik kollakas. *IV* — põldtuder. *V* — hiirekõrv. *VI* — põld-litterhein: *1* — võsu; *2* — kaunake.

taliteraviljades esinev ühe- või kaheaastane taim. Talivormid annavad sügisel lehekodariku, kevadel aga ilmuvad varred. Suvivormide arenemine algab kevadel. Varred on püstised, lehed varrel nooljad, rootsutud. Õisik on kobar, õied kuldkollased. Kõdrakesed on pirnjad, laia vaheseinaga, poolmed kumerad, ülemises otsas peenike tipp. Seemned on väikesed. Suviteraviljades esineb

teisend *Camelina sativa var. glabrata.* Tuder on levinud lõunas ja teda kultiveeritakse kohati õlitaimena. Esineb ka umbrohuna linas (linatuder — *C. alyssum*).

Hiirekõrv (*Capsella bursa-pastoris*) (joonis 143, *V*) on ühe- või kaheaastane väike taim, mida kasvab kõikjal umbrohtunud paikades, teeservadel ja põldudel. Kui ta areneb kaheaastasena, esineb tal sulgjagustest rootsulistest lehtedest kolmnurksete hambuliste hõlmadega lehekodarik, varrel on aga väikesed sämphambulised lehed. Õisik on kobar, õied on väikesed, valged; taim on paljas või karvadega kaetud. Viljad on äraspidi-südajad kolmnurksed kõdrakesed, õmbluse küljelt kokku surutud, ristvaheseinaga, mistõttu vahesein on kõdrakesest kitsam.

Põld-litterhein (*Thlaspi arvense*) (joonis 143, *VI*) kasvab seal kus hiirekõrvgi. Varrelehed on piklikud, rootsutud, hambulised, alusel nooljad; kodarikuna kasvavad lehed on rootsulised, äraspidimunajad. Vars on vaoline. Taim on paljas, kollakasroheline. Kobaratipus on väikesed valged ristõied, mis alumises osas muutuvad ümarovaalseteks tiivuliste lisanditega kõdrakesteks. Vahesein viljas on kõdrakesel kitsam, sest vili on ristsuunas kokku surutud. Pesas on 6—7 seemet.

Kõikjal tee- ja kraaviservadel esineb hall kogelejarohi (*Berteroa incana*), mille viljadeks on samuti kõdrakesed. Külvides levinuna tekitab ta neile kahju. Kõdrakestega ristõieliste hulka kuuluvad veel aedmädarõigas (*Armoracia rusticana*), kressid (*Lepidium*) ja kevadikud (*Draba*). Viljad on elliptilised, kumerjate poolmetega. Viljavahesein on niisama lai kui kõdrake, sest vili on vaheseinaga paralleelselt kokku surutud (nagu tudral).

Pähklikestega ristõielised. Harilik tõlkjas (*Bunias orientalis*) esineb teeservadel ja kesapõldudel. See on suur kaheaastane ristõieline taim oksise varre ja kaarhambuliste, jaguste lehtedega, millel on kolmnurksed tipmed ja odajas alus. Ülemised lehed on ahenenud, süstjad. Taim on kare, kollaste meerikaste õite ja kerajate ebasümmeetriliste kahepesaliste ja kaheseemneliste viljadega.

Harilikku sinerõigast (*Isatis tinctoria*) esineb metsikult NSV Liidu lõunaosas[1]; teda kultiveeritakse sinise värvi tootmiseks.

SUGUKOND MALTSALISED (*CHENOPODIACEAE*)

Maltsalised on enamikus rohttaimed, vahelduvate, harvemini vastakute lehtedega, abilehtedeta. Neid on kuni 500 liiki. Ühe- või kahesugulised viietised õied on väikesed, kerakestesse («kägaratesse»), kerakesed aga pööristesse või peataolistesse õisikutesse

[1] Eesti NSV-s esineb sinerõigast saarte ja mandri lääneosa mererannal. *Toim.*

koondunud. Tolmukaid on niisama palju kui õiekatteosi ja nad on viimastega vastakud, emakad on 1—4 suudmega ja ühepesalise sigimikuga. Sigimik on ülemine, välja arvatud peedil, mille sigimik on keskmine. Tolmlemine toimub tuule, harva putukate abil või isetolmlemisel. Mitmel hanemaltsa- ja maltsaliigil muutuvad viljad ja varred sügiseks antotsüaanist helepunaseks. Viljad on seemnised, kokkukasvanud õiekattega. Seemnetel on rõngataoliselt kõverdunud idu. Metsikult kasvavate maltsaliste seemneid kannavad laiali inimesed ja loomad ühes jalgade külge jäänud poriga. Paljud maltsalised kasvavad hästi soolakutel. Maltsaliste kultuurliikidest on tähtsad peet ja spinat.

P e e t (*Beta vulgaris*) (joonis 144, *1*) on kaheaastane taim. Esimesel aastal kasvab peedil vaid lihakas juurvili; selle ülemine osa on hüpokotüül, mis kannab endal lehekodarikku. Õisi kandvad varred kasvavad juurviljast, mida säilitatakse kas aukudes või keldrites kuni järgmise kevadeni ning istutatakse siis hästi väetatud ja sügavalt haritud mulda.

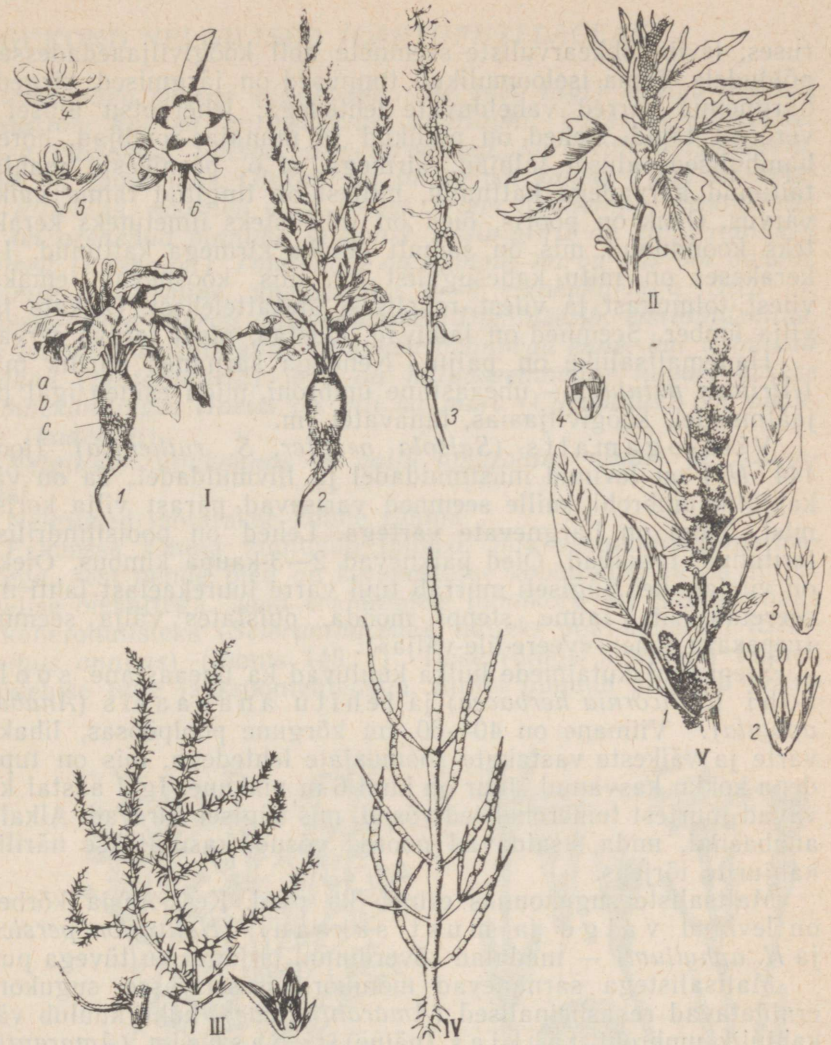
Peedi arenemine algab seemnete idanemisega. Seemned on koondunud ühte ühisesse kerakesse («kägarasse») — see on liitvilikond, mida sageli vääralt seemneks nimetatakse. Igas liitvilikonnas on üks kuni kuus seemet ning idanemisel kasvab ühest kerakesest kuni kuus taime (sagedamini 3—4). Kerakeses on seemned seestpoolt viljadega ühekaupa kokku kasvanud. Seemned on 2—3 mm pikkused, neerja kujuga, musta või tumepruuni kestaga ümbritsetud ja sisaldavad idu ning valget tärkliserikast endospermi. Peedijuurestik ulatub väljaarenenult 2—3 m sügavusele. Lehtedel on pikad rootsud ja munajad tömbid labad, alusel kergelt südajad, servast enam-vähem lainelised. Õitsvatel peeditaimedel on püstised, tugevasti hargnenud varred, mis on kattunud spiraalselt asetunud piklike rootsuliste lehtedega. Kogu taim on paljas ja kasvab 60—120 cm pikkuseks.

Õitekerakesed paiknevad lineaalsüstjate kõrglehtede kaenlas. Kerakesed arenevad kokkukasvanud õitest. Igal õiel on roheline viiehõlmane õiekate, mis jääb hiljem liitvilikonna külge ja puitub. Tolmukaid on õies viis ja nad paiknevad kohakuti õiekattega, emakaid on üks, see koosneb õiekattega kokku kasvanud sigimikust ja 2—3 piklikust suudmest. Õitsemise ajal levitavad peedi-õisikud tugevat meelõhna. Esineb risttolmlemine.

Käesoleval ajal on peedisorte, mille kerakestest kasvab üks taim, mistõttu harvendamine jääb ära. Peet kuulub tähtsamate kultuurtaimede hulka. Peedisuhkrut sisaldavates sortides on 17—20% sahharoosi ja neid kasvatatakse peamiselt suhkru tootmiseks, söödasordid lähevad loomasöödaks, söögisordid aga inimestele toiduks.

Viimastel aastatel on suhkrupeedi levikurajoon tunduvalt laienenud.

Köögiviljataimede hulka kuulub ka a e d s p i n a t (*Spinacia*



Joonis 144. Maltsalised.

I — peet: *1* — juurvili (*a* — hüpokotüül, *b* — juurekael, *c* — juured); *2* — taim teisel aastal; *3* — õitega võsu; *4, 5* — õis; *6* — liitvilja moodustumine. *II* — hanemalts. *III* — ogamalts. *IV* soolarohi. *V* — tähkjas rebashein: *1* — taimeosa; *2* — tolmukatega õis; *3* — emakaga õis; *4* — vili.

oleracea) — üheaastane kahekojaline rohttaim. Toiduks kasutatakse noori lehti.

Umbrohtudest kuuluvad maltsaliste sugukonda valge hanemalts, harilik malts jt.

Valge hanemalts (*Chenopodium album*) (joonis 144, *II*) esineb mitme omavahel sarnase vormina. Ta kasvab elamute ümb-

ruses, levib rohkearvuliste seemnete abil köögiviljaaedadesse ja põldudele. Tema iseloomulikud tunnused on järgmised: sirged ja hargnenud varred vahelduvate lehtedega; leherootsu alusel on verevad täpid. Lehed on piklikud ja munajas-rombjad, hõredahambulised, alusel talbjad, kirmega, s. o. peenikeste mahlaga täitunud karvadega kattunud, millest on tingitud taime valkjas värvus. Õisik on pööris, õied on rohelisteks ilmetuteks kerakesteks koondunud, mis on samuti jahuka kirmega kattunud. Igas kerakeses on mitu kahesugulist õit, mis koosnevad emakast, viiest tolmukast ja viiest rohelisest õiekattelehest. Õiekate jääb vilja ümber. Seemned on läikivad, mustad, pisut terava servaga.

Hanemaltsaliike on palju. Nendega sarnaneb harilik malts (*Atriplex patula*), — üheaastane umbrohi, mida esineb igal pool jäätmaadel, köögiviljaaias, tänavatel jm.

Vits-ogamalts (*Salsola pestifer, S. ruthenica*) (joonis 144, *III*) on levinud mustmuldadel ja liivmuldadel. Ta on väga kahjulik umbrohi, mille seemned varisevad pärast vilja koristamist. Taim on hargnevate vartega. Lehed on poolsilindrilised, teritunud, torkavad. Õied paiknevad 2—3-kaupa kimbus. Õiekate on viiejagune. Sügiseti murrab tuul varre juurekaelast lahti ning veeretab siis taime steppi mööda, puistates välja seemneid (перекати-поле: «veere-üle-välja»).

Stepi soolakutaimede hulka kuuluvad ka üheaastane soolarohi (*Salicornia herbacea*) ja lehitu anabaasis (*Anabasis aphylla*). Viimane on 40—60 cm kõrgune poolpõõsas, lihakate varte ja väikeste vastakute soomusjate lehtedega, mis on tuppedena kokku kasvanud. Juur on kuni 6 m pikkune. Igal aastal kasvavad juurtest tumerohelised võsud, mis sügisel surevad. Alkaloid anabasiini, mida sisaldavad noored võsud, kasutatakse näriliste kahjurite tõrjeks.

Maltsaliste sugukonnas esineb ka puid. Kesk-Aasia kõrbetes on levinud valge ja must saksaul (*Haloxylon persicum* ja *H. aphyllum*) — madalad kõverdunud ja jändriku tüvega puud.

Maltsalistega sarnanevad mõnikord iseseisvasse sugukonda eraldatavad rebasheinalised (*Amaranthaceae*), kuhu kuulub väga kahjulik umbrohi tähkjas (päine) rebashein (*Amaranthus retroflexus*) (joonis 144, *V*). Selle taime viljakus on väga suur: üks taim annab kuni 500 000 seemet. Teine rebasheinaliik valge rebashein (*Amaranthus albus*) on Euroopasse sisse toodud Ameerikast. See kahjulik umbrohi on levinud lõuna pool külvides.

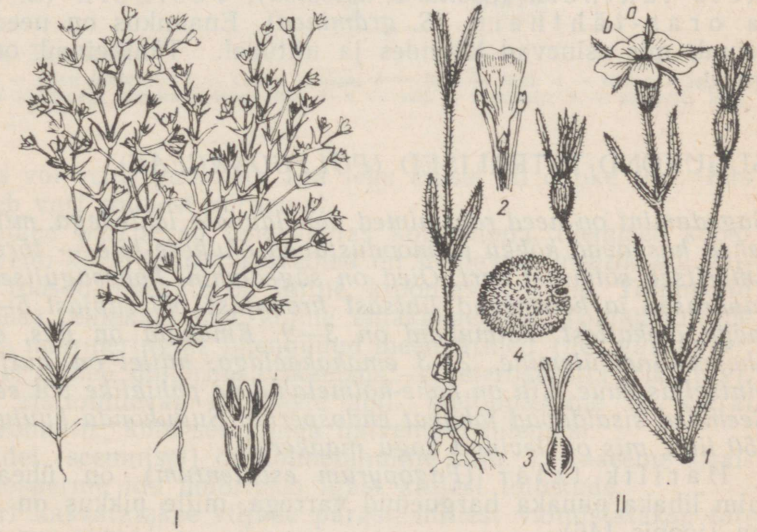
SUGUKOND NELGILISED (*CARYOPHYLLACEAE*)

Sellesse väga suurde sugukonda (üle 1400 liigi) kuulub niihästi üheaastasi kui ka mitmeaastasi rohttaimi. Vars on sõlmeline. Lehed vastakud, lihtsad, terveservalised, harilikult abilehtedeta. Õisik on ebasarikas. Õiekate on lihtne või kaheli. Tupp on lahk- või liitlehine, koosneb 4—5 lehest, kroon lahklehine; kroonlehtedel on arenenud pinnuke ja naast, mille piiril on hambataolised lisemed (lisakroon). Tolmukaid on kümme, harva viis või vähem. Sigimik on ülemine, ühepesaline, 2—5 emakakaelaga. Õied on kahesugulised, harva ühesugulised. Domineerib risttolmlemine, mis toimub putukate abil; tolmukad avanevad enne, kui valmivad emakad (proterandria). Vili on hulgaseemneline kupar, keskse seemnekandjaga. Harva on vili ka mari (Cucubalus) või pähklike (kaderohi).

Nelgiliste sugukonnas on palju umbrohte, niidu- ja ravimtaimi.

Nelgilised jaotatakse kolme rühma.

Esimesse rühma kuuluvad taimed, mis sarnanevad maltsalistega, sest nende õied on kerakestesse koondunud ja on lihtsa rohelise õiekattega. Neid eraldatakse mõnikord eri sugukonnaks — kaderohulisteks (*Scleranthaceae*), näiteks põld-kaderohi (*Scleranthus annuus*) (joonis 145, *I*). Teise rühma kuuluvad taimed lahklehise tupe ja kroonlehtedega, millel puudub pinnuke (täht-



Joonis 145. Nelgilised.
I — põld-kaderohi. *II* — äiakas: *1* — õitsev võsu; *2* — kroonleht ja kolm tolmukat; *3* — emakas; *4* — seeme; *a* — tuppleht; *b* — kroonleht.

heinad), kolmanda rühma taimedel (tõrvalilled ja nelgid) aga on liitlehine tupp ja kroonlehed selgesti märgatava pinnukesega.

Äiakas (*Agrostemma githago*) (joonis 145, *II*) on 40—60 cm pikkune üheaastane taim. Nõukogude Liidu keskvööndis on äiakas levinum umbrohi suviteraviljades; lõunaosas esineb teda ka taliteraviljades. Äiakas on nelgiliste sugukonna tüüpiline ja kena taim. Vars ja lehed on hallikarvased, pehmed. Lehed on vastakud, lineaalsüstjad. Õied on suured, tupp liitlehine, viie hambaga. Kroon on viietine, tumeroosa. Kroonlehtedel on tiivuline pinnuke ja lai naast. Tolmukaid on kümme, emakaid üks, emakakaelu viis. Vili on viie hambaga kupar, valminult avaneb kuiva ilmaga. Seemned on neerjad, konaratega kattunud, mustad. Äiakaseemned sisaldavad mürgist alkaloidi saponiini.

Tavaline kadakkaer (*Cerastium triviale*) on 8—45 cm pikkune üheaastane umbrohi, esineb tali- ja suviteraviljades. Vars on tõusev, juurduvate okstega. Lehed on vastakud, elliptilised, ülemised rootsutud, alumised lühirootsulised. Õisik on ebasarikas. Viietist tüüpi õied on valgete pügaldunud kroonlehtedega, mis on niisama pikad kui tupplehed. Kupar on kümne hambaga, kergelt kõverdunud.

Teistest nelgiliste sugukonna esindajatest on levinud veel järgmised: nurmnelk (*Dianthus deltoides*), harilik põisrohi (*Silene cucubalus*), harilik nälghein (*Spergula arvensis*), harilik käokann (*Coronaria flos cuculi*), lehmalill (*Vaccaria vulgaris*), seebilill (*Saponaria officinalis*), mets-tähthein (*Stellaria holostea*), vesihein (*S. media*) ja oras-tähthein (*S. graminea*). Enamikus on need umbrohud, mis esinevad külvides ja niitudel. Tähtheinad on mürgised.

SUGUKOND TATRALISED (*POLYGONACEAE*)

Sagedamini on need rohttaimed vahelduvate lehtedega, mille abilehed kasvavad kokku ja moodustavad õhukese kile — tõrve, mis ümbritseb sõlmilist vart. Õied on sagedamini kahesugulised, korrapärased ja koosnevad lihtsast kroonjast või tupjast 5—6 tipmega õiekattest. Tolmukaid on 3—9. Emakaid on üks, sigimik ühepesaline, ülemine, 2—3 emakakaelaga, millel on nutjas või pintseljas suue. Vili on kahe-kolmetahuline pähiklike või seemnis. Seemned sisaldavad jahukat endospermi. Sugukonda kuulub kuni 750 liiki, mis on levinud kogu maakeral.

Harilik tatar (*Fagopyrum esculentum*) on üheaastane taim lihaka punaka hargnenud varrega, mille pikkus on 15—16 cm (joonis 146).

Lehed on laiad, teritunud noolja või südaja alusega. Ülemised lehed on rootsutud, alumised rootsulised; kõik lehed on läikivad,



Joonis 146. Tatralised.

Tatar: *1* — võsu üldkuju; *2* — taime alaosa; *3* — leht ja tõri; *4* — õisik; *5* ja *6* — pikkade ja lühikeste emakakaeltega õis; *7—8* — vili — seemnis; *9* — seemnis läbilõikes.

rohelised või veidi punakad. Iga lehe alusel on õhuke tõri, mis ümbritseb vart sõlmest kõrgemal.

Tatraõied paiknevad lehekaenlas kobaratena, ülemised kobarad on veidi kõverdunud. Tatraõied on lõhnavad, meerikkad, valged või roosad. Õiekate on lihtne, kroonjas, viietine. Tolmukaid on kaheksa, emakaid üks, kolme emakakaelaga. Tolmukaniitide alusel on näärmeringiks ühendunud meenäärmed (nektaariumid). Tatraõitel esineb dimorfne erikaelsus — heterostüülia (lk. 139).

Õied risttolmlevad mesilaste abil. Isetolmlemine on tatral samuti võimalik, kuid see annab halvemaid tulemusi.

Viljadel (seemnisel) on kolmetahuline kuju. Tatraseeme sisaldab endospermi, idu ümbritseb igast küljest toitekude.

Tatart kasvatatakse viljade pärast, millest valmistatakse tatratangu. Tatrapõhku kasutatakse potase tootmiseks.

Harilikul tatral on mitu vormi, mis erinevad terade välimuse poolest. Nii on tiivutuid ja tiivulisi (idapoolseid) vorme. Viimas-

tel on seemnise serval tiivulised lisemed. Idatatral (*Fagopyrum tataricum*) on õied rohekaskollased. Siberis nimetatakse teda «karlõkiks» ehk «dikušaks». Ta annab väikesi ja paksukestalisi, kortsunud servadega seemneid.

Teistest tatraliste sugukonna üheaastastest taimedest esineb teeservadel, õuedel, karjamaadel, jõekallastel ja mujal sagedasti harilik linnurohi (*Polygonum aviculare*) — väike taim, mis kannatab hästi tallamist.

Viljapõldudel esinevad umbrohuna kahar kirburohi (*Polygonum lapathifolium*), lina-kirburohi (*P. linicola*) ja konnatatar (*P. convolvulus*). Konnatatral on 10—100 cm pikkune vääduv vars.

Niisketel kohtadel kasvab mõru kirburohi (*P. hydropiper*) — üheaastane mürgine pipramaiguga taim, mida kasutatakse ravimtaimena verejooksu tõkestamisel. Dekoratiivse väärtusega on sahhalini kirburohi (*P. sachalinense*) — kõrge, risoomidest kiiresti arenev mitmeaastane taim.

Niitudel kasvab ussitatar (*Polygonum bistorta*) — mitmeaastane, tugeva ussikujulise kõverdunud risoomiga taim. Niitudel kasvab ka mitmesuguseid oblikaid (*Rumex*), nagu kärnoblikas, väikeoblikas ja hapuoblikas; oblikad osutavad mulla liigsele happesusele. Väikeoblikas (*Rumex acetosella*) umbrohustab tugevasti viljapõlde ja kesavälju. Oblikad paljunevad seemnete ja ka juurevõsundite abil.

Kesk-Aasia kõrbetes on määratu tähtsus džuzguunil (*Caligonum*), mida kasutatakse tuiskliivade kinnistamiseks. See põõsas juurdub kergesti ja levib kiiresti arvukate seemnete abil, mille harjaselised lisemed soodustavad liival veeremist.

Köögiviljataimedest kuulub tatraliste sugukonda rabarber (*Rheum*) — suur, mitmeaastane, jämedate, seest õõnsate õievarte ja suurte lehtedega taim, mille leherootsusid kasutatakse toiduks.

SUGUKOND PAJULISED (*SALICACEAE*)

Pajuliste sugukonda kuuluvad järgmised perekonnad: paju (*Salix*), mida on üle 200 liigi, ja pappel (*Populus*) — kuni 30 liigiga. Pajud ja paplid on kahekojalised taimed.

Raagremmelgas (*Salix caprea*) (joonis 76, *III*) on levinud kas põõsana või puuna; esineb metsades, kinkudel ja nõlvadel. Lehed on rootsulised, abilehtedega, ovaalsed või süstjad, kõverdunud otsaga, alt hallviltjad. Suured õitsevad isasurvad on kollased, koosnevad paljudest kahe tolmukaga isasõitest, mis arenevad karvase mustjatipulise soomuse kaenlast. Paljaste tolmukaniitide alusel on meenääre. Emasurbadel, mis arenevad teisel eksemplaril, on emakad varrekese otsas, paiknedes samasuguste

soomuste kaenlas; emakaalusel on meenääre. Õitsemine toimub enne lehistumist, tolmeldavad mesilased ja teised putukad.

Puudena esinevatest pajudest on levinud raberemmelgas (*Salix fragilis*) ja hõberemmelgas (*Salix alba*), mis kasvavad kuni 25 m pikkuseks ja väga jämedaks. Suure tähtsusega on vitspaju (*Salix viminalis*).

Pajusid kasutatakse tuiskliivade, paisude ja jäärakute kinnistamiseks. Puitu kasutatakse lookadeks, ehitusteks, kütuseks; vitstest punutakse korve, valmistatakse fašiine ja kalapüügiriistu.

Mustpappel (*Populus nigra*) on jämeda tüvega, kuni 25 m pikkune levinud puu. Õitseb enne lehistumist, kusjuures ühtedel eksemplaridel ilmuvad punakad isasurvad, teistel hallikaskollased emasurvad. Isasõitel areneb narmalise servaga kattelehtede kaenlas 12—30 tolmukat, emasõitel aga ainult üksainus emakas. Tolmleb tuule abil. Lehed on mustpaplil lapikute rootsudega, rombjad või kolmnurksed, teritunud, saagja servaga. Seemned on väikesed, karvased, neid kannab laiali tuul. Mustpaplit nagu teisigi papliliike (palsamipappel, hõbepappel ehk hõbehaab), kasvatatakse ilupuuna. Samasse perekonda kuulub ka harilik haab (*Populus tremula*), mille puitu kasutatakse tselluloosi saamiseks, tikkude valmistamiseks jne.

SUGUKOND KASELISED (*BETULACEAE*)

Kaseliste hulka kuuluvad: kased (*Betula*), lepad (*Alnus*), valgepöök (*Carpinus*) ja sarapuu (*Corylus*) — kõikidel on õisikud urvad, kõik õitsevad varakevadel ning tolmlevad tuule abil.

Sarapuu (*Corylus avellana*) on 3—4 m kõrguseks kasvav põõsas, mis õitseb enne lehistumist. Sarapuu hakkab õitsema esimestel soojadel päevadel; isasurvad pikenevad kiiresti, ripnevad alaspidi ja vähimalgi raputamisel kanduvad terved pilved kollast õietolmu naabertaimedele. Urvad koosnevad painduvast peateljest, mille harudel on õiekattesoomused; nende kaenlas on õiekatteta õis nelja tolmukaga, mis on lõhestunud kaheks. Emasõied ilmuvad pärast isasõisi samadele võsudele, — pungadest, mis on suuremad kui harilikud lehepungad. Sisemiste soomuste kaenlas on kaks emakat, millest kumbki koosneb sigimikust ja kahest punasest niitjast emakasuudmest. Õisi katavad emaspunga välissoomused ja ainult erepunased niitjad emakasuudmed ulatuvad välja ning võtavad õietolmu vastu. Lehtedel on lühikesed rootsud ja ümardunud või ovaalsed, kahelihambulise servaga labad. Vili on pähkel, mida ümbritsevad suureks kasvanud lõhised kattelehed.

Esineb veel teisi sarapuuliike, millest mõnesid kultiveeritakse ja kasvatatakse suure eduga, näiteks Taga-Kaukaasias, kus neid tuntakse «fundukkide» nime all.



Joonis 147. Kaselised.
Arukask — ühekojaline taim: *1* — urbadesse koondunud isasõitega (tolmukatega) oks (*a*); *2* — emasurbadega oks (*b*).

Määratu tähtsus on arukasel (*Betula pendula* ehk *B. verrucosa*) (joonis 147), mis esineb laialdastel aladel Nõukogude Liidu Euroopa-osas ja Siberis. Niiskematel kohtadel, soodes, kasvab sookask (*Betula pubescens*), mille lehtedel on ümardunud alus ja lehe alumine külg on karvadega kattunud. Väärtuslikku kasepuitu kasutatakse ehitustel ja mitmesuguste puitesemete valmistamiseks. Temast saadakse ka tõkatit, puupiiritust ja tärpentini. Ka tüvel esinevatest pahkadest valmistatakse kallihinnalisi esemeid, mida tuntakse karjala kasest tehtud esemete nime all. Tundrates on levinud maadjate okstega ja väikeste ümardunud lehtedega põõsakujuline vaevakask (*Betula nana*).

SUGUKOND PÖÖGILISED (*FAGACEAE*)

Sellesse sugukonda kuuluvad suured puud esinevad kuuma ja paraja kliimaga maades. Nõukogude Liidus on levinud tamm (Quercus), kastanipuu (Castanea) ja pöök (Fagus).

Harilik tamm (*Quercus robur* ehk *Q. pedunculata*) on ühekojaline puu, millel on võimas kahar võra. Ta pikkus on kuni 40 m ja eluiga 400—600 ja isegi kuni 2000 aastat (joonis 148). Puhtaid tammemetsi (tammesalusid) on säilinud veel kohati mustmullavööndis; Nõukogude Liidu põhjapoolsemates osades esineb tamm harilikult ühes teiste puuliikidega ja oma leviku põhjapiiril kasvab põõsana. Kirdes levib tamm Uraali mägedeni. Tammele on iseloomulikud sulghõlmised tumerohelised nahkjad lühirootsulised paljad lehed. Õitsemine algab 20—30 aastaselt ja toimub pärast lehistumist. Isasurvad on peenikesed, kõikuvad, õitel on 4—6-lehene õiekate ning niisama palju tolmukaid. Emasõied ja

viljad paiknevad raagudel. Tolmlemine toimub tuule abil. Vili on tõru. Tammepuit on erilise vastupidavusega, temast valmistatakse mööblit, parketti, vineeri jm. Koorest saadakse parkaineid. Tõrusid kasutatakse söödaks ja kohvi valmistamiseks. Palju parkaineid on «tindipähklites», gallides, mis arenevad mõnikord suurel arvul tammelehtedel. Galle tekitavad pahkvaablaste vastsed. Tamm on peamine puuliik, mida kasutatakse metsavööndite istutamiseks.



Joonis 148. Pöögilised.
Tamm: *1* — õitsev oks; *2* — isasõitega urb; *3* — emasõis; *4* — viljad — tõrud.

Kivitamm (*Quercus petraea* ehk *Q. sessiliflora*) on levinud lõunarajoonides. Emasõitel on lühikesed õieraod, viljad on peaaegu raotud, leherootsud pikemad. Suur tähtsus on korgitammel (*Quercus suber*), mida kasutatakse korgi saamiseks.

Kastanipuud ja pöökpuud on suured laialehelised puud, mis on levinud Nõukogude Liidu edelaosas ja Kaukasuse mägede nõlvadel, kus neil on niisama suur tähtsus nagu tammedelgi.

SUGUKOND MOORUSPUULISED (*MORACEAE*)

Sellesse sugukonda kuulub palju troopilisi puid ning põõsaid, aga ka väänduva või püstise varrega rohttaimi, mis on levinud parasvöötmes. Puude hulka kuuluvad valge mooruspuu (Morus alba) ja must mooruspuu (Morus nigra) (joonis 149, I), mille vilikonnad on söödavad, lehti aga kasutatakse siidiusside toitmiseks. samuti ka viigipuu (Ficus carica) (joonis 86, 18), mille vilikonda, «viigimarju», kasutatakse toiduks. Need puud on levinud Nõukogude Liidu lõunaosas ja eriti Kaukaasias. Mõned troopikataimed mooruspuuliste sugukonnast on piimmahla- ja kautšukirikkad (Ficus elastica).

Mooruspuuliste hulka kuuluvad ka humal ja kanep. Need on väänduva või püstise varrega rohttaimed. Lehed on vastakud, abilehtedega, humalal sõrmhõlmised, kanepil sõrmlõhised.

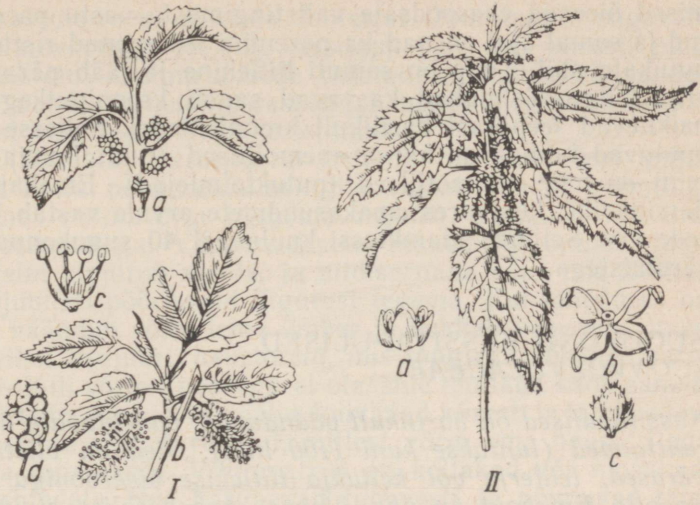
Need taimed on kahekojalised, väikeste rohekate õitega, õiekate koosneb isasõitel viiest rohelisest või kollasest lehekesest, mille vastas on viis tolmukat. Emastaimede õitel ei ole õiekatet; selle asemel on emakat ümbritsev kokkurullunud kandeleht. Emakas koosneb ühepesalisest ülemisest sigimikust ja kahest niitjast suudmest. Vili on pähklike.

K a n e p i t (*Cannabis sativa*) (joonis 74, *II*) kasutatakse kiu ja õli saamiseks. Isastaimi nimetatakse koerasteks; õied on neil pöörisena koondunud. Emastaimed (kanepid) on tugevamad ja rohkem lehistunud, nende õied moodustavad peataolise õisiku, mis paikneb lehekaenlas. India kanep sisaldab uimastavat ainet hašišit. Kanepiga sarnaneb h u m a l (*Humulus lupulus*), mis on vääntaim ja sisaldab oma «käbides» lupuliini, väärtuslikku ainet õlletööstusele. Käbikesed moodustuvad nutitaolistest emasõisikutest.

SUGUKOND NÕGESELISED (*URTICACEAE*)

N õ g e s (*Urtica*) sarnaneb kanepiga, kuid erineb temast kõrvekarvade, tervete lehtede ja neljajaguse õiekatte poolest. Õied on rohelised, väikesed, ühesugulised, kaenlasisestes kobarates. Isasõied on neljajaguse õiekattega ja nelja tolmukaga, mis paiknevad kattelehtede vastas. Enne õitsemist on tolmukad varjul õie sisemuses, õitsemise ajal sirguvad nad jõuga ja paiskavad seejuures välja õietolmu. Emasõitel on üks emakas ühepesase sigimiku, pintselja suudme ja nelja õiekattelehega, mis pole ühepikkused. Vili on pähklike.

Üht nõgeseliiki nimetatakse r a u d n õ g e s e k s (*Urtica urens*) — see on väike ühekojaline ja üheaastane taim. Teine liik on k õ r v e n õ g e s (*Urtica dioica*), suurem, mitmeaastane taim (joonis 149).



Joonis 149. Mooruspuulised ja nõgeselised.
I — mooruspuu: *a* — emasõitega oks; *b* — isasõitega oksad; *c* — isasõis; *d* — õisik. *II* — kõrvenõges: *a*, *b*, *c* — õied; *d* — vili.

Hiina nõgesel ehk ramjeel (*Boehmeria nivea*) ei ole kõrvekarvu. Ta kasvab kuni 2 m pikkuseks ja annab kvaliteetset kiudu.

Nõgeseliste ja mooruspuuliste sugukonnale on lähedane jalakaliste (*Ulmaceae*) sugukond, millesse kuuluvad väärtuslikud ja levinud suured puud: künnapuu (*Ulmus laevis*), harilik jalakas (*Ulmus scabra*) ja põldjalakas (*Ulmus campestris*). Neil puudel on mõlemasugulised õied ja nad õitsevad enne lehistumist. Õitel on tupjas sämpunud õiekate, 4—5 tolmukat ja üks emakas. Lehed on ebasümmeetrilised, äraspidimunajad, teritunud tipuga, saagjad. Vili on tiivuline seemnis — tiibvili.

Alamklass liitkroonlehised *(Sympetalae)*

See kaheiduleheliste alamklass on oma põlvnemiselt noorem ja seepärast kõrgemal arenemisastmel kui lahk-kroonlehiste alamklass.

Liitkroonlehiste seltsid põlvnevad mitmesugustest lahk-kroonlehiste seltsidest. Alamklassi iseloomustavaks erisuseks on liitkroonlehine õiekate harilikult ereda värvusega õitel. Õiekroon on kas korrapärane (putkjas, kellukjas) või korrapäratu (keeljas, kahehuuleline). Õiekate koosneb tupest ja kroonist ning on harva lihtne. Liitkroonlehine õiekroon on täiuslikum, sest temas on sise-

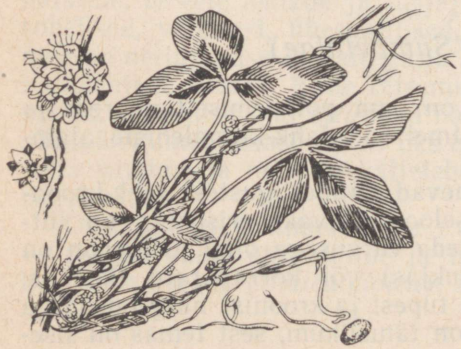
mised õieosad ebasoodsate välistingimuste vastu paremini kaitstud ja samal ajal on nad ka paremini kohanenud risttolmlemisele putukate abil. Tupp on samuti liitlehine ja jääb pärast õitsemist vilja külge. Tolmukad kasvavad sageli krooniputkega kokku ja paiknevad seepärast harilikult kroonlehtedel. Sellesse alamklassi kuuluvad taimed on harva anemofiilsed (tuultolmlejad), sagedamini on nad entomofiilsed (putuktolmlejad). Emakaid on sagedamini üks, kusjuures emakasuudmete arvule vastab ka viljalehtede arv. Sellesse alamklassi kuuluvast 40 sugukonnast tutvume järgmistega.

SUGUKOND KASSITAPULISED (*CONVOLVULACEAE*)

Kassitapulised on harilikult väänduvad, vahelduvate lihtlehtedega rohttaimed (tuntakse kuni 1100 liiki). Õied on viietised, korrapärased, lehterja või kellukja liitlehise õiekrooniga. Tolmukaid on viis. Emakaid on üks, ülemise kahepesalise sigimikuga. Vili on kupar.

Kassitapuliste hulka kuuluvad: parasiittaim ristikuvõrm (*Cuscuta trifolii*) (joonis 150), umbrohud harilik kassitapp (*Convolvulus arvensis*) (joonis 38, *8*) ja tara-seatapp (*Calystegia sepium*), suurte valgete lehterjate õitega niiskete kohtade taim, mis väändub ümber põõsaste, ilutaim lehtertapp (*Ipomoea purpurea*), mis kaunistab lehtlate seinu, ja söödav taim bataat ehk maguskartul (*Ipomoea batatas*), mille juurtel kasvavad suured tärkliserikkad mugulad. Bataate kasvatatakse Kaukaasias ja Kesk-Aasias.

Harilik kassitapp (*Convolvulus arvensis*) on mitmeaastane taim. Tema lehistunud vars väändub ümber teiste taimede; vastavate tugede puudumisel lamab vars aga tasasel maal. Lehed on odajad või nooljad, teravate hõlmadega. Õied paiknevad üksikult lehekaenaldes pikkadel õieraagudel. Kroon on valge või



Joonis 150. Kassitapulised.
Ristikul parasiteeriv võrm: *ülal vasakul* õied; *all paremal* — võrmiseemnete idanemine ja ristiku nakatamine.

kahvaturoosa, viie roosa triibuga, lehterjas. Juur tungib sügavale ja annab juurevõsusid. Harilik kassitapp paljuneb kiiresti ning on tüütu umbrohi. Kultuurtaimede (kõrreliste) ümber väändudes takistab ta nende arenemist, raskendab nende sirgumist pärast lamandumist ning segab vilja koristamist.

Võrm (*Cuscuta*) parasiteerib ristikul, lutsernil, linal, pajul ja humalal. Igale peremeestaimeliigile vastab kindel võrmiliik: ristikul areneb ristikuvõrm (*Cuscuta trifolii*). Seemned sarnanevad ristikuseemnetega. Võrmiseemnete idanemisel areneb juur, mille abil taim kinnitub mulda, ja niidisarnane vars, mis hakkab mullast väljumisel pöörlevaid liigutusi tegema. Kui läheduses on ristikuvars, väändub võrm tema ümber ja hakkab kasvama, moodustades erilisi lisajuuri, haustoreid, mis tungivad rohelise varre koesse. Klorofülli võrmil peaaegu ei ole, side mullaga kaob samuti kiiresti, sest tema juur ja varrealus kuivavad kiiresti ja taime edaspidine arenemine toimub ristikul, millest võrm oma haustoritega imeb vett ja toitemahlu. Võrmivarred on kollakad või roosakad, niitjad ja lehtedeta. Nad hargnevad tugevasti ja põimuvad täielikult ümber ristikupuhma, mis kängub ja hakkab kuivama. Võrmil on roosad õied ja tal moodustub palju seemneid, mis langevad maale või segunevad seemnepõldudel ristikuseemnetega.

SUGUKOND KARELEHELISED (*BORAGINACEAE*)

Need rohttaimed on enamikus neid katvate karvade tõttu karedate lehtede ja vartega. Karelehelisi tuntakse üle 1500 liigi. Lehed on vahelduvad, terved, abilehtedeta. Õied on korrapärased (välja arvatud ussikeelel), viietised; esinevad tigujalt keerdunud monohaasiumidena. Tupp ja kroon on liitlehine, kroon koosneb putkest ja naastust. Õieneelus on sageli soomused, mis katavad tolmukaid. Tolmukad vahelduvad kroonitipmetega ning kinnituvad kroonlehtedele. Emakaid on üks, sigimik on neljaosaline, selle all on meeketas. Tolmlemine toimub putukate abil. Vili on neljast pähklikesest koosnev laguvili.

Kareleheliste hulgas on meerikkaid taimi, nagu ussikeeled (*Echium*), kurgirohud (*Borago*) jt. Paljud karelehelised kasvavad prügihunnikutel ja niisketel kohtadel, näiteks varemerohud (*Symphytum*), imikas (*Anchusa*), lõosilmad (*Myosotis*) jt.; mõned karelehelised on ka umbrohud: tapurohi (*Echinospermum*), rusujuur (*Lithospermum*) jt.

Varakevadel õitseb lehtmetsades harilik kopsurohi (*Pulmonaria officinalis*) (joonis 151, *I*), mille õied on algul roosad, hiljem aga violetsed ja sinised (polükroism). Kopsurohul on samuti nagu nurmenukulgi dimorfne heterostüülia (erikaelsus).

Kurgirohi (*Borago officinalis*) (joonis 151, *II*) on üheaastane karekarvane mahlakas rohttaim, mida sageli kasvab köö-



Joonis 151. Karelehelised.
I — harilik kopsurohi, *II* — kurgirohi.

giviljaaedades; ta on kurgi lõhnaga. Noori kurgirohulehti kasutatakse salatiks; õied on meerikkad. Vars on 40—50 cm pikkune, haruline. Ülemised lehed on rootsutud, piklik-munajad, alumised aga rootsulised, elliptilised. Õied on helesinised, ratasjad, liitlehise krooniga, algul roosad. Kroonineelus on viis soomust. Tolmukaniitidel esineb tolmukapeade all naaskeljas lise.

Karelehelistega sarnaneb vesileheliste sugukond, millesse kuulub meetaim keerispea (*Phacelia*).

SUGUKOND MAAVITSALISED (*SOLANACEAE*)

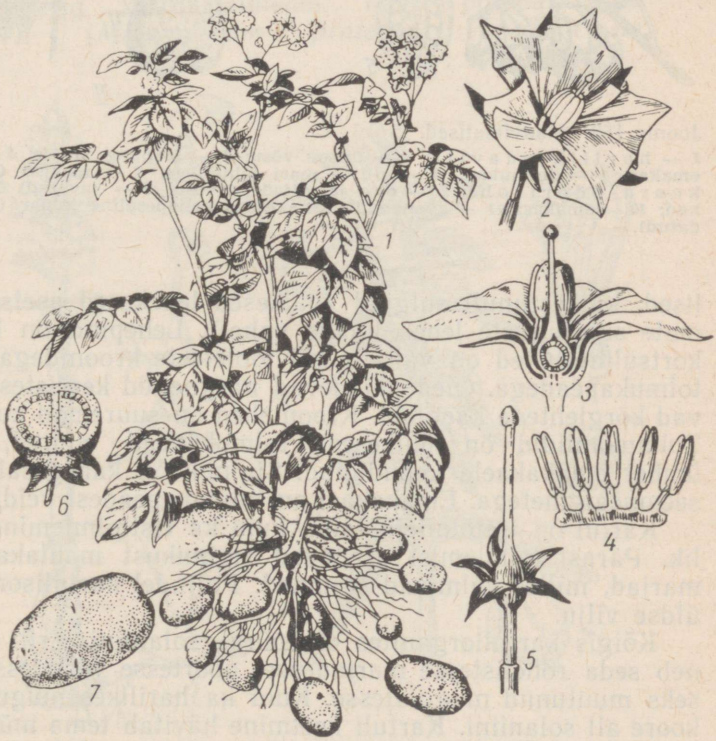
Need on ühe- või mitmeaastased rohttaimed ja põõsad. Maavitsaliste hulgas on palju mürktaimi, mis sisaldavad solaniini, atropiini, nikotiini jt. mürke. Lehed on vahelduvad, abilehtedeta. Õied on korrapärased (peale koerapöörirohu), lehterjad, ratasjad. Tupp on tavaliselt liitlehine, viielõhene, õiekroon on viiehõlmane. Tolmukaid on niisama palju kui kroonilipmeid. Emakas on ülemine, kahepesalise sigimiku, ühe emakakaela ja terve suudmega. Emakaalusel eritab meenääre mesimahla. Vili on mari või kupar, sagedamini kahepesaline.

Maavitsalised on levinud kogu maakeral. Neid tuntakse kuni 1700 liiki.

Maavitsaliste hulka kuuluvad mitmed põllu-, köögivilja- ja tehnilised kultuurid: kartul (*Solanum tuberosum*), tomat (*Lycopersicum esculentum*), paprika (*Capsicum annuum*),

füüsalis (*Physalis alkekengi*) ja vääristubakas (*Nicotiana tabacum*). Mürgised on must belladonna (karumustikas) (*Atropa belladonna*), harilik ogaõun (*Datura stramonium*), koera-pöörirohi (*Hyoscyamus niger*) ja must maavits (*Solanum nigrum*).

Kartul (*Solanum tuberosum*) (joonis 152) lõpetab oma arenemise ühe aasta kestel. Et aga tema harilik paljundamine toimub vegetatiivselt, mugulate abil, siis peetakse kartulit mitmeaastaseks taimeks. Kartuli maa-alustel võsudel (stoolonitel) moodustuvad mugulad, mille saamiseks neid kasvatataksegi. Lihakad mugulad on tärkliserikkad (12—25%). Stoolonite arv kõigub keskmiselt kuuest kaheksani, mugulate arv aga ulatub mitmekümneni. Kartulivarred kasvavad 45—80 cm pikkuseks. Varred on püstised, neid on ühel taimel mitu ja nad on enam või vähem harulised. Läbilõikes on varred kolme- või neljakandilised, veidi tiivulised, alusel seest õõnsad, pealt udekarvadega kaetud. Varte värvus on kas roheline või tumevioletne, vastavalt sordile. Lehed on rootsu-



Joonis 152. Maavitsalised.
Kartul: *1* — üldkuju; *2* — õis; *3* — õis läbilõikes; *4* — tolmukad; *5* — emakas ja tupp; *6* — mari; *7* — mugul.



Joonis 153. Maavitsalised.

I — harilik maavits: *1* — õitsev võsu; *2* — õiepung ja õis; *3* — tolmukad ja emakas; *4* — tolmukad; *5* — vili — mari läbilõikes; *6* — marjad (punased). *II* — koera-pöörirohi: *7* — õite ja viljadega võsu; *8* — (avatud) õis; *9* — tolmukad; *10* — emakas; *11* — avanenud kaanekesega kahepesaline kupar (tupp on eemaldatud).

lised, katkestunult sulgjad (väikesed lehekesed asetsevad suuremate sulgjaguste lehehõlmade vahel). Lehepind on kas sile või kortsuline. Õied on valgete või violetsete kroonidega ja kollaste tolmukapeadega. Õied paiknevad hargnenud keeristes, mis väljuvad kõrglehtede kaenlast. Kroonlehed on suuremad kui tupplehed. Tolmukaniidid on lühikesed, tolmukapead suured, koonusjalt ümber emakakaela koondunud. Sigimik on kahepesaline, paljude seemnealgmetega. Emakakael on tolmukapeadest veidi pikem.

Kartul on isetolmleja taim, kuid ka risttolmlemine on võimalik. Pärast tolmlemist arenevad sigimikust mahlakad viljad — marjad, milles valmivad seemned. Paljudel kartulisortidel ei teki üldse vilju.

Kõigis kartuliorganites on mürki, solaniini. Eriti palju koguneb seda rohelistesse marjadesse, noortesse võsudesse ja roheliseks muutunud mugulatesse. Kuid ka harilikes mugulates leidub koore all solaniini. Kartuli keetmine hävitab tema mürgised omadused. Kartulit kasutatakse toiduks (söögisordid), loomasöödaks (söödasordid) ja tärklise, siirupi või piirituse tootmiseks (tehnilised sordid).

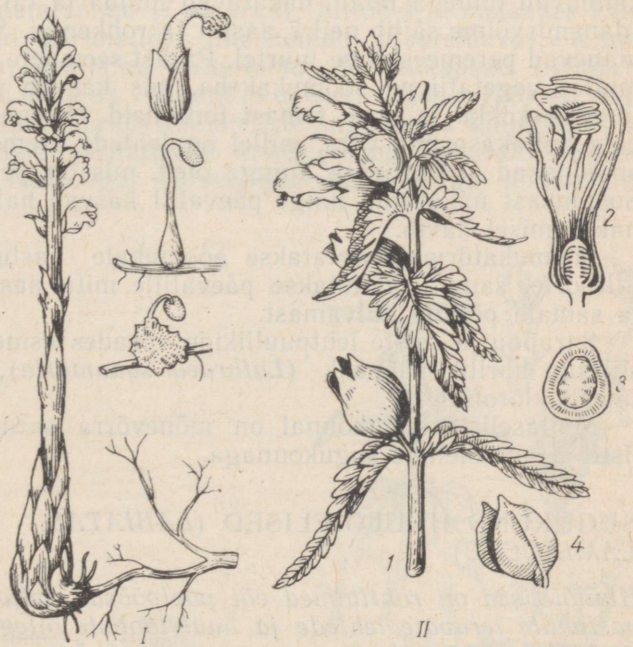
Kartuli kodumaaks on Lõuna-Ameerika kesk- ja lõunaosa, kus teda senini esineb metsikult Peruus, Tšiilis ja Boliivias.

Mõned maavitsalised umbrohud on väga mürgised, nagu ogaõun, maavits, koerapöörirohi, must belladonna jt., neid kasutatakse arstimite tootmiseks (joonis 153).

SUGUKOND MAILASELISED (*SCROPHULARIACEAE*)

Mailaselised on ühe- või mitmeaastased taimed. Lehed on vastakud või vahelduvad. Tupp on liitlehine, 4—5 hambaga. Õiekroon on kahehuuleline, harva korrapärane. Tolmukaid on neli, mõnikord aga ka viis või kaks. Sigimik on ülemine, kahepesaline, hõlmadeta või kahehõlmane. Vili on kupar. Tolmlemine toimub putukate abil.

Sellesse sugukonda kuulub hulk umbrohte: harilik käokannus (*Linaria vulgaris*), mailane (*Veronica*) jt. Mitmed taimed parasiteerivad kultuurtaimedel, nagu poolparasiidid palu-härghein (*Melampyrum pratense*), robirohi



Joonis 154. Mailaselised.
I — päevalillesoomukas. *II* — suur robirohi — poolparasiittaim: *1* — õitsev võsu; *2* — õis pikilõikes; *3* — vili; *4* — seeme.

(*Rhinanthus*), silmarohi (*Euphrasia*) ja soo-kuuskjalg (*Pedicularis palustris*).

Suur robirohi (*Rhinanthus major*) (joonis 154, *II*) sarnaneb teiste poolparasiitidega — kuigi nad kinnituvad niidutaimede juurte külge, imevad oma «peremeestelt» vett ja lahustunud aineid, on neil samal ajal rohelised lehed, mis assimileerivad süsinikku õhu süsihappegaasist. Robirohuõied on kollased, huuljad, kahe sinise hambakesega ülemisel huulel ja tugevalt paisunud tupega. Viljad on paljuseemnelised kuprad. Kui valminud kupart raputada, kõlisevad seemned. Seemned on varustatud tiivuliste lisemetega ja kanduvad tuulega kergesti laiali.

Kõik mailaseliste sugukonna umbrohud tekitavad niidutaimedele suurt kahju.

Mailaseliste sugukonnale on lähedane soomukaliste sugukond, kuhu kuuluvad kahjulikumad parasiidid, millel puuduvad rohelised lehed ja klorofüll. Soomukad parasiteerivad mitmesuguste taimede juurtel. Päevalillel, tubakal, puuvillapõõsal, ristikul, lutsernil, kanepil, põldoal ja teistel taimedel parasiteerivad kindlad soomukaliigid. Päevalillel parasiteerib päevalillesoomukas (*Orobanche cumana*) (joonis 154, *I*), mis alandab tugevasti tema saaki. Üks soomukataim annab kuni 100 000 väikest seemet, mis kanduvad tuulega laiali, nakatavad mulda ja talvituvad kergesti. Idanemisvõime säilib neil 7 aastat ja rohkemgi. Soomukaseemned idanevad peremeestaime juurtel. Pärast seemnete idanemist areneb mullas vegetatiivne soomukakeha, mis kasvab päevalillejuurega tihedalt kokku ja imeb temast toitaineid. Hiljem tungib maapinnale kollakaspruun vars, millel on lehtede asemel soomused; tal on sinakad korrapärase kujuga õied, mis on peasse koondunud. Soomukast nakatatud haige päevalill kasvab halvasti ja tugeval nakatumisel hävib.

Soomukatõrjeks aretatakse soomukale vastupidavaid päevalillesorte, samuti hoidutakse päevalille mitu aastat järjest ühele ja samale põllule külvamast.

Sarapuu ja teiste lehtpuuliikide võsades esineb kevadel parasiittaim harilik käopäkk (*Lathraea squamaria*), millel puudub täiesti klorofüll.

Mailaseliste sugukonnal on mõnevõrra sarnasust maavitsaliste ja huulõieliste sugukonnaga.

SUGUKOND HUULÕIELISED (*LABIATAE, LAMIACEAE*)

Huulõielised on rohttaimed või poolpõõsad neljakandiliste varte, vastakute teravate lehtede ja huuletaoliste õitega, mis on koondunud ringidena (männastena) varre ladvaossa. Tupp on viiehambaline. Õiekroon on kahest kroonlehest moodustunud ülemise huulega ja kolmest kroonlehest moodustunud alumise huulega.

Õiekrooniputkes võib sageli karvu märgata. Õies on neli või (salveil) kaks tolmukat. Emakas koosneb ülemisest neljapealisest sigimikust, mille keskelt väljub pikk emakakael, mis lõpeb kahejaguse emakasuudmega. Sageli on taimed varustatud näärmetega, mis eritavad eeterlikke õlisid. Huulõielistel esineb peamiselt risttolmlemine, kimalaste, mesilaste, mõnikord aga ka kärbeste abil. Tolmukapead valmivad harilikult enne emakasuudmeid (proterandria). Vili on laguvili ja koosneb neljast pähklikesest, millest sageli osa ei valmi täielikult.

Huulõieliste hulgas on palju ravim- ja lõhnavaid taimi. Paljud huulõielised kasvavad niitudel, samuti ka põllul.

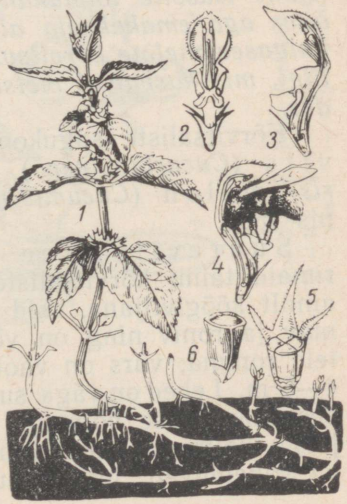
Üldse tuntakse kuni 3000 huulõieliste liiki, mis on levinud parasvöötmes ja lähistroopilistes piirkondades.

Ravimtaimedena ja eeterlikke õlisid sisaldavate taimedena esineb metsikult ja kasvatatakse piparmünti (*Mentha piperitha*), nõmme-liivateed (*Thymus serpyllum*), harilikku salveid (*Salvia officinalis*), rosmariini (*Rosmarinus officinalis*), lavendlit (*Lavandula*) jt.

Head õli saadakse ka perillast (*Perilla*) ja lallemantiast (*Lallemantia*).

Umbrohtudena esinevad jäät- ja kõnnumaadel iminõgesed (*Lamium*) ja südamerohud (*Leonurus*); niitudel ja metsades kasvavad käbiheinad (*Brunella*), tihasheinad (*Scutellaria*), tõnnikesed (*Betonica*), maajalad (*Glechoma*) ja akakapsad (*Ajuga*).

Valge iminõges (*Lamium album*) (joonis 155) on mitmeaastane rohttaim, mis on huulõieliste sugukonna tüüpilisi esindajaid. Tema lehed sarnanevad kujult mõnevõrra kõrvenõgese (*Urtica dioica*) lehtedega, kõrvenõges kuulub aga nõgeseliste sugukonda.



Joonis 155. Huulõielised.
Valge iminõges: *1* — üldkuju; *2—3* — õis; *4* — tolmlemine; *5* — sigimik; *6* — vili.

Valge iminõges kasvab prügihunnikutel ja tal on roomavad risoomid. Vars on neljakandiline, lehed vastakud, rootsulised, saagjad. Õied on suured, valged, männastena ülemiste lehtede kaenlas paiknevad, korrapäratud, kahehuulelised ja tolmlevad mesilaste abil. Tupp on liitlehine, viiehambaline. Õiekroon on valge, liitlehine, kahehuuleline; kiiverja ülemise huule all on neli tolmukat, millest kaks on pikemad. Tolmukaniidid kinnituvad õiekrooni putkele. Emakaid on üks. Sigimik on ülemine, neljapesaline; selle keskelt tõuseb pikk ja peenike emakakael, mis lõpeb kaheharulise emakasuudmega. Vili koosneb neljast eralduvast pähklikesest. Tihti valmivad neljast pähklikesest ainult kaks kuni kolm.

Umbrohtudena esinevad: kirju kõrvik (*Galeopsis speciosa*), ahtalehine kõrvik (*Galeopsis ladanum*), kare kõrvik (*Galeopsis tetrachit*) ja soo-nõianõges (*Stachys palustris*).

SUGUKOND KÕRVITSALISED (*CUCURBITACEAE*)

Kõrvitsalised on roomava või roniva varrega ühekojalised taimed, harilikult varustatud kõitraagudega, mis väljuvad vahelduvate ja sõrmroodsete lehtede kaenaldest. Õied asetsevad lehekaenaldes, nad on viietised, hõlmise või lõhise tupe ja krooniga, mis variseb ühes tupega. Tolmukaid on isasõites viis, millest neli kasvavad paariti kokku, viies jääb aga enam-vähem vabaks. Sigimik on emasõites alumine, rohkete seemnealgmetega, harilikult kolmepesaline; emakakael on lühike, suue hõlmine. Tolmlemine toimub putukate abil, kes lendavad imema mesimahla, mida leidub isasõite tolmukaniitide vahel asetseval meekettal, emasõites aga emakakaela aluse ümber. Vili on lihakas, mahlakas, hulgaseemneline kõrvitsvili (mari). Kõrvitsalisi tuntakse üle 760 liigi, mis kasvavad metsikult troopilistes ja subtroopilistes maades.

Kõrvitsaliste sugukonda kuuluvad köögiviljataimed: kõrvits (*Cucurbita pepo*) (joonis 82), arbuus (*Citrullus vulgaris*), melon (*Cucumis melo*) ja kurk (*Cucumis sativus*) (joonis 156).

Suureviljaline kõrvits (*Cucurbita maxima*) on suurimaid taimi kõrvitsaliste sugukonnas. Ta ei ole tähtis mitte ainult köögiviljana, vaid ka söödataimena. Kõrvitsavars on roomav ja roniv ning on võimeline kinkudele, taradele ja põõsastele ronima; vars on vaoline, nurgeline, seest õõnes, pikkusega 4—5 m. Lehed on väga suured, rootsulised, südajad, 5—7 terava, peenehambalise hõlmaga, mis moodustavad mõnikord veel teise järgu hõlmi. Hõlmadevaheline nurk on harilikult terav. Lehed on vahelduvad, leherootsud pikad ja õõnsad. Lehed ja varred



Joonis 156. Kõrvitsalised.
I — k u r k: *1* — võsu; *2* — isasõis läbilõikes; *3* — emasõis läbilõikes; *4* — vili; *5* — vili läbilõikes. *II* m e l o n: *6* — võsu; *7* — viljad. *III* — a r b u u s: *8* — võsu; *9* — vili läbilõikes.

on karedate, ogajate karvadega kattunud. Köitraod on kolmekuni viieharulised. Nende ülesandeks on lamava varre maapinnale ja taimedele kinnitamine. Nende võime spiraalselt keerduda teeb varre kinnituse toetuspunktile elastseks. Suured helekollased õied paiknevad üksikult lehekaenaldes. Tupp koosneb viiest väikesest rohelisest lehekesest. Õiekroon on liitlehine, lehterjas, viielõhene, teravate hõlmadega. Õie sisepind on tihedalt karvane. Isasõitel moodustavad tolmukapead kuhiku, neli tolmukaniiti on paariti kokku kasvanud, viies tolmukaniit on vaba. Sigimik on alumine. Ristlõikes on näha, et ta on kolmepesaline, suure hulga seemnealgmetega, mis paiknevad viljasisemusse suunduvatel seemnekandjatel. Kõrvitsaõitel on tugev aroom. Kõrvits tolmleb risttolmlemise teel putukate abil. Vili kasvab mõnedel söödasortidel väga suureks (50 ja isegi kuni 100 kg). Teine liik kasvatatavaid kõrvitsaid on harilik kõrvits (*Cucurbita pepo*), mille viljad on väiksemad ja õrnemad kui eelmisel liigil. Teda kasutatakse köögiviljana.

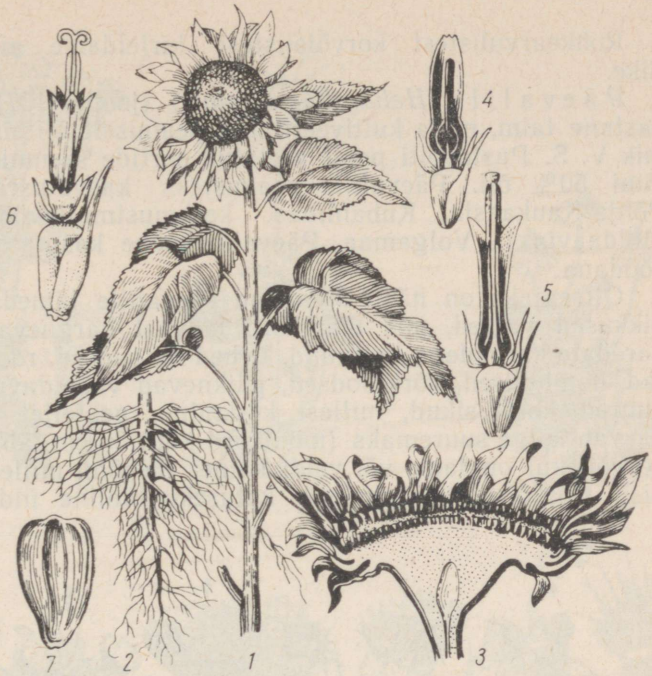
Metsikult kasvavatest kõrvitsalistest esineb meil harilik koeranaeris (*Bryonia alba*), mis kasvab kõnnumaadel ja tarade ääres, tõustes köitraagude abil mööda tara üles. Vars on köitraagudega, roniv. Viljad on mustad. Kõik taimeosad on mürgised.

Tehniliste kultuuridena kasvatatakse lõunas käsnkõrvitsat (*Luffa*), mille kuivatatud vilju, kus säilib juhtkimpude võrgustik, kasutatakse pesukäsnade ja kergete peakatete valmistamiseks. Kasvatatakse ka pudelkõrvitsat (*Lagenaria*), mille viljadest valmistatakse sööginõusid.

SUGUKOND KORVÕIELISED (*COMPOSITAE*)

Korvõieliste sugukond on suurim kõikidest õistaimede sugukondadest. Ta hõlmab rohkem kui 800 perekonda ja üle 15 000 liigi. Fülogeneetiliselt loetakse seda sugukonda üheks noorimaks, intensiivses liikide moodustamise perioodis olevaks sugukonnaks.

Korvõielised on rohttaimed, sagedamini vahelduvate, harvemini vastakute lehtedega. Lehed on ilma abilehtedeta. Õied on koondunud korvõisikutesse, mida ümbritseb kate. Õisik on korvõisik, mis näib lihtsa õiena, kuid koosneb tegelikult paljudest väikestest õitest, millest on tulnudki nimetus «korvõielised». Üksikutel väikestel õitel puudub tupp või on selle asemel soomused, harjased või karvatutid sulgjatest või lihtsatest karvadest, mis jäävad vilja külge. Viiest kokkukasvanud kroonlehest on moodustunud putk (putkõied) või keeleke (keelõied). Mitmetel selle sugukonna taimedel on korvõisikus kas ainult keelõied (ohakas, võililL), ainult putkõied (puju) või mõlemad korraga (päevalill). Tolmukaid on igas õies viis. Nad on tolmukapeadega putkeks kokku kasvanud ja nende niidid on vabalt krooni putke külge



Joonis 157. Korvõielised.
Päevalill: *1* — taime ülaosa; *2* — juur; *3* — õisik — korvõisik (läbilõikes); *4, 5, 6* — putkõie ehitus ja arenemisfaasid; *7* — vili — seemnis.

kinnitunud. Tolmukapead avanevad putkelõhedena ning sinna koguneb suurel hulgal õietolmu. Emakakael läbib tolmukapeadest moodustunud putke ja lõpeb ülal kaheharulise suudmega. Sigimik on ühepesaline. Vili on seemnis, sageli karvatutiga varustatud.

Korvõielised jagunevad järgmisteks alamsugukondadeks.

Keelõielised, millel on kõik õied korvõisikus (viie hambakesega) päris-keelõied. Siia kuuluvad piimohakad (*Sonchus*), võililled (*Taraxacum*), hunditubakad (*Hieracium*), sigur (*Cichorium*) jt.

Putkõieliste alamsugukond jaotatakse omakorda kaheks. 1. Korvõisiku servmised õied on (kolme hambakesega) ebakeelõied, keskmised aga putkõied. Siia kuuluvad perekonnad: päevalill (*Helianthus*), härjasilm (*Leucanthemum*) (joonis 159, *II*), kummel (*Matricaria*) (joonis 159, *III*) ja harilik raudrohi (*Achillea millefolium*) (joonis 159, *I*). 2. Korvõisiku kõik õied on putkõied või on keskmised putkõied, servmised aga lehterjad. Lehterjate õitega on ohakas (*Cirsium*), jumikas (*Centaurea*) (joonis 159, *VI*), takjas (*Lappa*) ja karuohakas (*Carduus*).

Rohkearvulistest korvõielistest kirjeldame ainult järgmisi liike.

P ä e v a l i l l (*Helianthus annuus*) (joonis 157) on pikk üheaastane taim, mida kultiveeritakse peamiselt õlitaimena. Akadeemik V. S. Pustovoiti poolt aretatud sortide seemnised sisaldavad kuni 50% õli. Päevalille peamisteks kasvatusrajoonideks on Põhja-Kaukaasia, Kubanimaa, keskmustmullavöönd, Ukraina, Moldaavia ja Volgamaa. Päevalillekooke kasutatakse veise-jõusöödana.

Õitseajaks on hästi arenenud päevalille jämedad, 1,2—2,5 m pikkused varred, mis mõnikord ladvast hargnevad. Varred on karedate karvadega kattunud. Lehed on suured, rootsulised, südajad, hambulised, võrkroodsed, paiknevad vahelduvalt. Õisikud on suured korvõisikud, millest keskmine, peateljel paiknev õisik kasvab kõige suuremaks (mõnikord kuni 30 cm läbimõõdus). Igal korvõisikul on lame või veidi kumer õiepõhi, millel paikneb hulk õisi. Korvõisikut ümbritseb katusekivitaoline üldkate roheliste



Joonis 158. Korvõielised.

I — p õ l d - p i i m o h a k a: *1* — lehtedega vars ja võsu ladvaosa; *2* — õisik — korvõisik; *3* — päriskeelõis; *4* — lendkarvadega seemnis. *II* — p õ l d o h a k a s: *5* — võsu ülaosa; *6* — juur ja võsundid; *7* — lendkarvadega seemnis.



Joonis 159. Korvõielised.

I — raudrohi: *1* — õitsev taim; *2* — õis; *3* — eba-keelõis; *4* — putkõis; *5* — emakasuue. *II* — härjasilm. *III* — teekummel. *IV* — paiseleht. *V* — soolikarohi. *VI* — sinine rukkilill: *1* — taimeosa; *2* — korvõisik; *3* — servmine õis; *4* — keskmine õis; *5, 6* — tolmuterade väljasurumine emakasuudme poolt; *7* — emakasuue; *8* — karvatutiga seemnis (suurendatud).

ripsmeliste, munajalt teritunud lehtedega, millest välised on eriti laiad ja alla käändunud, sisemised aga kitsamad ja kilejad. Õied on korvõisikutel kahesugused: välised õied on suured, keeljad, helekollased, viljatud, sisemised õied on väikesed, putkjad, tolmukate ja emakatega. Igal putkõiel on valge alumine sigimik. Õiekrooniputk on kollakas, alusel veidi põisjas, ülal aga lõpeb viie hambakesega. Emakakael on pikk, harjataolise karvatuti ning harulise suudmega. Emakakaelaalusel on meenääre. Tolmlemiseks on kohanenud emakasuudme sisemised pooled ja neile toovad

putukad tolmuteri kas teistelt korvõisikutelt või teistelt sama korvõisiku õitelt.

Teistest kultuurtaimedest, mis kuuluvad korvõieliste hulka, tuleks nimetada maapirni (*Helianthus tuberosus*), sigurit (*Cichorium inthybus*), aedsalatit (*Lactuca sativa*) jt.

Põld-piimohakas (*Sonchus arvensis*) (joonis 158, *I*) on eriti kahjulik mitmeaastane kuni 1,5 m pikkune taim, mis paljuneb juurevõsundite abil. Peajuur tungib kuni 50 cm sügavusele. Vars on õõnes, kõva. Ülemised lehed on südaja alusega, rootsutud, varreümbrised terved või sopilis-sulghõlmised, kolmnurksete tagasipöördunud kõrvakestega. Alumised lehed on rootsulised, alusel ümardunud kõrvakestega. Taim on karvade tõttu karedavõitu. Korvõisikud on suured (kuni 2,5 m), erekollaste keelõitega, mis paiknevad hõredas kännasjas pöörises. Üldkattelehed paiknevad katusekivijalt. Vili on lihtsate lumivalgete lendkarvadega varustatud seemnis. Ühel taimel valmib 10 000—15 000 vilja. Põld-piimohakas sisaldab valget piimmahla.

Harilik piimohakas (*Sonchus oleraceus*) erineb põldpiimohakast alusel hargnenud varre, helekollaste väikeste korvõisikute ja teravate kõrvakeste poolest lehtede alusel. Umbrohustab peamiselt köögiviljakultuure.

Põldohakas (*Cirsium arvense*) (joonis 158, *II*) on väga kahjulik umbrohi. Paljuneb kiiresti rikkalikest lisapungadest arenenud võsudega kui ka sügaval mullas asetsevate juurtega. Taim on mitmeaastane, kuni 1,2 m pikkune. Vars on hargnenud, ämblikuvõrgusarnaste karvadega. Lehed asetsevad kogu varrel; nad on piklik-süstjad, terved või sopilis-lõhised, alusel ahenenud, varrel laskuvad, servadest ripsjate ogadega kaetud. Korvõisikud on keskmise suurusega, kuni 1 cm läbimõõduga, munajad, hõredad. Õied on lillad, putkjad. Karvatutikarvad on sulgjad.

Põldohakas paljuneb niihästi maa-aluste organite kui ka seemniste abil. Seemned on suure idanemisvõimega; nad idanevad niiskes mullas 25—30° juures. Põldohakajuured tungivad 4—6 m sügavusele, külgmised paljunemisjuured aga 15—30 cm sügavusele. Nad annavad ohtralt võsundeid.

Teistest korvõieliste hulka kuuluvatest umbrohtudest on eriti kahjulikud: kähar karuohakas (*Carduus crispus*), võilill (*Taraxacum officinale*), kanada õnnehein (*Erigeron canadensis*), kare mõrkjas (*Picris hieraciodes*), rukkilill (*Centaurea cyanus*), paiseleht (*Tussilago farfara*) ja paljud teised.

Mõned korvõielised on tähtsad rohuteaduses — teekummel (*Matricaria chamomilla*), arnika (*Arnica montana*), koirohi (*Artemisia absinthium*), harilik soolikarohi (*Tanacetum vulgare*) jt., lillekasvatuses — harilik daalia (jorjen) (*Dahlia variabilis*), hiina aster (*Aster chinensis*), kirikakar (*Bellis perennis*), krüsanteem (*Chrysanthe-*

mum indicum) jt.; kahjulike putukate tõrjes — dalmaatsjaanikakar (*Chrysanthemum cinerariafolium*), roopüreeter (*Pyrethrum roseum*); ja kautšukitaimedena — ksagõss (*Taraxacum kok-saghyz*), gvajuula (*Parthenium argentatum*), kuldvits (*Solidago leavenwortii*) jt.

Rohkearvulised pujuliigid (*Artemisia*) levivad stepi- ja poolstepivööndis, kus nad on maastikku iseloomustavad, söödaväärtust omavad taimed.

Üheiduleheliste (*Monocotyledoneae*)[1]

Üheiduleheliste klassi kuulub vähem põllumajandustaimede perekondi ja liike kui kaheiduleheliste klassi, kuigi kasvupinna ja viljelemissageduse poolest on nad esikohal.

Suurim arv kultuurtaimi kuulub kõrreliste sugukonda. Niitudel ja soodes on levinud lõikheinaliste sugukond. Nende kahe suure sugukonna esindajatel on ilmetud rohekad õied, mille õiekatet asendavad kiled ja soomused. Teiste sugukondade esindajatel, näiteks liilialistel, võhumõõgalistel, orhideelistel on eredavärvilised õiekatted, mistõttu neil on teatav tähtsus lillekasvatuses.

SUGUKOND LIILIALISED (*LILIACEAE*)

Liilialiste õied on enamikus korrapärased, lihtsa eredavärvilise kroonja õiekattega, mille kuus lehte paiknevad kahes ringis. Tolmukaid on kuus. Sigimik on 3-pesaline, ülemine, ühe emakakaela, terve või kolmejaguse emakasuudmega. Vili on 3-pesaline, keskse seemnekandjaga kupar või mari. Liilialised on mitmeaastased taimed, mis paljunevad sibulate või risoomide abil. Lehed on lineaalsed või piklikud rööp- või kaarroodsed. Liilialiste hulgas on puid (tääkliilia, draakonipuu), kuid suurem osa neist on rohttaimed, mis on levinud kogu maakeral. Liilialiste üldarv ulatub 3000 liigini. Kultuurtaimedest kuuluvad liilialiste sugukonda sibul ja küüslauk. Kasvatatakse ka asparit ja uusmeremaa lina. Ereda värvuse ja sageli suurte õite tõttu kasvatatakse mitmeid liilialisi ilutaimedena, näiteks liiliad, hüatsindid, tulbid jt. Ravimtaimed on maikelluke, aaloe ja upsujuur. Ohtlikumaks umbrohuks mustmullavööndis on metsiku laugu (Allium rotundum) liigid.

Liilialised jaotatakse mitmeks alamsugukonnaks: pärisliilialised (*Lilioideae*), asparilised (*Asparagoideae*), sügislillelised (*Melanthoideae*) jt.

---

[1] Üheiduleheliste iseloomustus on lk. 254.



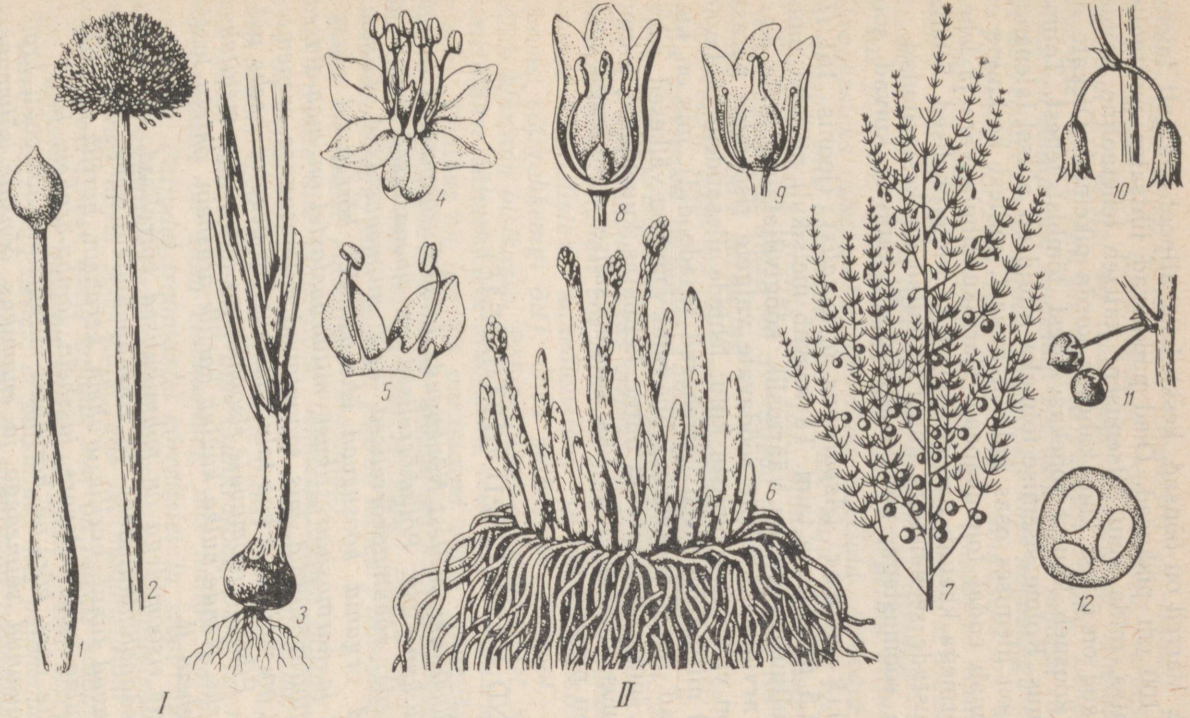
Joonis 160. Liilialised.
Liilia: *1* — võsu ülaosa; *2* — soomussibul; *3* — tolmukas; *4* — emakas; *5* — viljad — kuprad; *6* — kolmepesalise sigimikuga kupar läbilõikes.

Pärisliilialiste hulka kuuluvad taimed, millel on kolmepesaline kupar ja sibul. Siia kuuluvad perekonnad: tulp (*Tulipa*), liilia (*Lilium*) (joonis 160), lauk (*Allium*), hüatsint (*Hyacinthus*), siniliilia (*Scilla*) jt.

Aspariliste hulka kuuluvad risoomidega taimed, mille viljaks on mari: aspar (*Asparagus*), köögiviljataim, ja mürgised ravimtaimed: maikelluke (*Convallaria*), ussilakk (*Paris*), kuutõverohi (*Polygonatum*), leseleht (*Majanthemum*) jt.

Sügislilleliste hulka kuuluvad mürgised taimed upsujuur (*Veratrum*) ja sügislill (*Colchicum*). Nende taimede õitel on emakad kolmehambuliste suudmetega, kuparviljad avanevad vaheseinte kohalt. Sügislill (*Colchicum autumnale*) on lõunamaine taim, õitseb sügisel, lehed kasvavad kevadel mugulsibulatest. Õied on roosakad, õiekate lehterjas, pika putkega, osaliselt mullas. Taim sisaldab alkaloid kolhitsiini.

Kõigist neist taimedest kirjeldame järgmisi. Harilik sibul (*Allium cepa*) (joonis 161, *I*) on mitmeaastane sibultaim, mida kasvatatakse köögiviljataimena toitvate, terava maigu ja lõhnaga sibulate kui ka roheliste lehtede pärast. Lehed on pikad, läbilõikes ümmargused, silindrilised, seest õõnsad. Kõik lehed on



Joonis 161. Liilialised.

I — **harilik sibul**: *1* — õievarb; *2* — õisikuga (sarikaga) õievarb; *3* — võsu alaosa sibulaga; *4* — õis; *5* — kaks kroonlehte ja kaks tolmukat. *II* — **aspar**: *6* — võsudega risoom; *7* — roheliste kladoodidega ja punaste marjadega võsu; *8* — isastaimeõis; *9* — emastaimeõis; *10* — kaks aspariõit ja soomusjas leht; *11* — kaks marja ja soomusjas leht; *12* — kolmepesaline vili läbilõikes.

juurmised. Varred on õõnsad, keskkohast allpool käävjalt laienenud, 60—100 cm pikkused. Õied paiknevad lihtsates nutitaolistes sarikates, mida kuni õitsemiseni kaitseb lehetaoline kandeleht. Õieraod on õitest kuni kaheksa korda pikemad. Õiekate on lihtne ja koosneb kuuest rohekasvalgest tõmbist lehest. Tolmukaid on kuus. Kolme sisemise tolmuka niidid on alusel laienenud ning neil on ülemises osas kolm hammast, millest keskmine on lai ja kannab endal tolmukapead. Hariliku sibula vars ja lehed on vahakirmega kaetud; nad on paljad ja tumerohelised. Sibulavili on mustade seemnetega kupar. Sibulad on kestasibulad, — mahlakate soomustega, mida väljastpoolt katavad kuivad soomused.

Harilik aspar (*Asparagus officinalis*) (joonis 161, *II*) on suur, 1,5 m pikkune taim. Ta kasvab metsikult niitudel umbrohuna, kultuuris aga on väärtuslik köögiviljataim, mida kasvatatakse arvukate lihakate söödavate valgete risoomide pärast. Lehtedel on väikeste soomuste kuju; lehtede ülesandeid täidavad peenikesed niitjad rohelised varreharud (kladoodid), mis on klorofüllirikkad. Aspar on kahekojaline taim. Õied on väikesed, rohekasvalged, longus. Õiekate on lihtne, kellukjas, kuuelõhine, tolmukaid on kuus. Emasõitel on üks kolmepesalise sigimikuga emakas. Vili on punane mari.

SUGUKOND KÕRRELISED (*GRAMINEAE*)

Tuntakse 3000 liiki, millest Nõukogude Liidu Euroopa-osas esineb arvatavasti kuni 240. Põllukõrrelised on üheaastased (suvi- ja talikõrrelised), rohumaakõrrelised aga mitmeaastased taimed. Maa-alused organid koosnevad üheaastastel kõrrelistel võrsumissõlmest ja narmasjuurestikust, mitmeaastastel on maa-alused võsundid, juurevõsundid, mis saavutavad mitmesuguse arenemisastme ning on määratud kas talvitumiseks või vegetatiivseks paljunemiseks. Pikkade roomavate risoomidega kõrrelisi nimetatakse võsundilisteks. Nende hulka kuulub harilik orashein, ohtetu luste, valge kastehein jt.

Lühemate risoomidega on puhmikulised kõrrelised, mis jagunevad hõredapuhmikulisteks ja tihedapuhmikulisteks. Esimeste hulka kuuluvad timut, harilik aruhein, kerahein, harilik nurmikas jt., teiste hulka luht-kastevars, jusshein, lamba-aruhein jt.

Kõrreliste vars, kõrs on harilikult silindriline või veidi lapik, tihedate paisunud sõlmedega ja enamikus õõnsate sõlmevahedega (varrelülidega). Mitmeaastastel kõrrelistel areneb õitsva kõrre alusel mitteõitsvaid vegetatiivseid, ohtralt lehistunud võsusid. Õitsvad kõrred on püstised, sirged või ainult alumises osas põlvjalt kõverdunud. Kõrte kasv toimub noorte sõlmevahede alumises osas, mida kaitseb lehetupp.

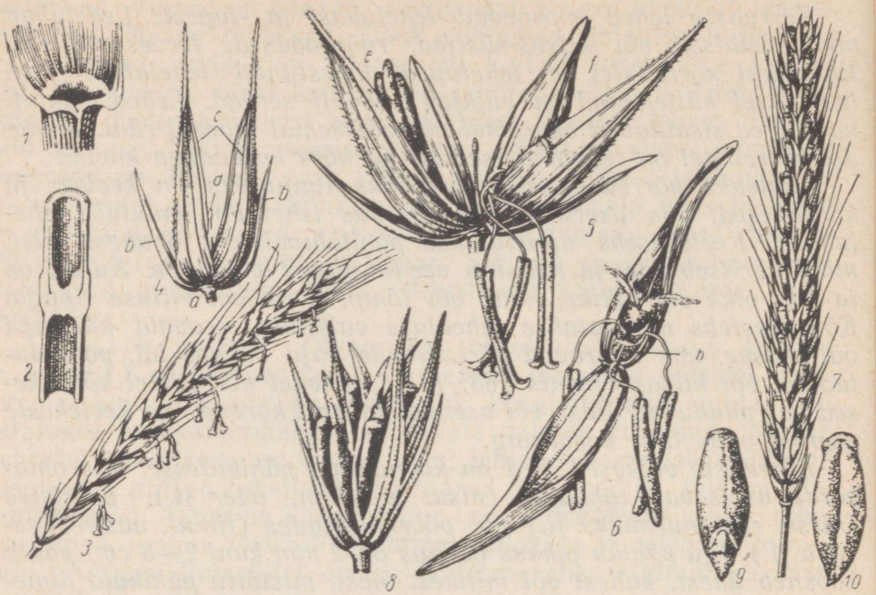
Kõrreliste lehed koosnevad lehelabast ja -tupest. Lehelabad on lineaalsed või kitsas-süstjad, rööproodsed, terveservalised. Enamikul kõrrelistel on lehetuped lõhestunud lehelabale vastaspoolsel küljel, neil on valkjad vaheliti servad. Lehed, samuti ka kõrred sisaldavad suuremal või väiksemal määral räni. Mõnedel kõrrelistel on lehepind, samuti ka kõrs karvadega kaetud.

Tähtsaks kõrrelisi iseloomustavaks tunnuseks on keeleke ja kõrvakesed, mis asetsevad kohas, kus lehetupp muutub lehelabaks. Keelekeseks nimetatakse poolläbipaistvat õhukest kilet, mis ümbritseb vart ja takistab vee tungimist lehetuppe. Kujult on ta kas pikk või lühike, terav või tömp, järsk või viltuse tipuga. Kõrvakesteks nimetatakse lehealuse valkjaid teravaid külgmisi väljakasve, mis haaravad kõrt. Nende kuju on kas lai, poolkuutaoline või kitsas (joonis 163, 13). Mõnedel kõrrelistel kõrvakesed kas puuduvad üldse või asendavad neid karvad. Ka keelekeste asemel võib olla karvaring.

Kõrreliste väikesed õied on koondunud pähikutesse, mis omakorda asetsevad tähkades (nisu, orashein, oder jt.), pööristes (hirss, riis, nurmikas jt.) või pööristähkades (timut, aas-rebasesaba jt.). Iga pähiku pikkus õisikus on 2 mm kuni 2—3 cm; pähik koosneb ühest, kahest või mitmest õiest, mistõttu pähikuid nimetatakse üheõielisteks, kaheõielisteks ja mitmeõielisteks (kuni kümme või rohkemgi õit). Õied paiknevad lühiraol, mille abil pähik kinnitub õisikusse. Pähikualusel on kaks liblet, millest üht nimetatakse väliseks ehk alumiseks, teist aga sisemiseks ehk ülemiseks. Pähikus on iga õis varustatud välis- (alumise) ja sise- (ülemise) sõklaga. Sisemised, sõkaldega kaetud õieosad koosnevad sigimikust, mis on varustatud kahe sulgja või pintselja emakasuudmega, ning kolmest (harva kahest) tolmukast ja kahest kilejast karvasest paislajust (lodiculae).

Kõrreliste õite võrdlemine liilialiste õitega näitab, et nende õied on redutseerunud, s. t. mõned osad on kadunud, kuid neid võib geneetiliselt kergesti liilialiste õitest tuletada. Kõrreliste hulgas esineb kuue tolmukaga liike (suhkruroog, bambus, riis). Bambuseemakatel on kolm emakasuuet, mis näitab kolme viljalehe olemasolu. Paljudel troopilistel kõrrelistel ja stepirohul on kolm paislaju (õiekattelehtede sisemine ring). Õiekattelehtede väline ring koosneb ühest sisesõklast, mis on moodustunud välise õiekatte kahest lehest, kuna kolmas leht on täiesti kadunud. Kõrreliste välissõkal on õieti õit kattev kõrgleht (kandeleht).

Õitsemine seisab selles, et paislajud, mis paiknevad sigimiku ja välissõkla vahel, punsuvad ja nihutavad välissõkalt eemale. Seejärel pikenevad peenikesed tolmukaniidid, tolmukapead aga, mis ripuvad alaspidi, lõhenevad pikuti ja puistavad õietolmu tolmukapea tippu tekkinud lusikjatesse lõhedesse. Vähimgi tuulepuhang soodustab tolmukapeade rappumist ja kerge õietolmu väljapuistamist.



Joonis 162. Kõrrelised — rukis

1 — rukki leheosa; *2* — kõrre varre- ja lehesõlmed; *3* — õitsev rukkitähk; *4* — pähik enne õitsemist: *a* — teljeke, *b* — kaks liblet, *c* — kaks õit, *d* — kolmanda õie alge; *5* — pähik õitsemise ajal: *e* — vaevalt puhkenud õis, *f* — täielikult puhkenud õis ja allarippuvad tolmukad; tolmukapead on lõhkenud ja õietolm puistatakse välja; *6* — üksik õis; välissõkal on alla paindunud, sisesõklas paikneb kahe sulgja emakasuudme ja sigimikuga emakas, mille alusel on näha kaks kilejat moodustist, paislaju *(lidoculae) (h)*, ja ripnevad tolmukad; *7* — pähik valmimise ajal; *8* — kaks teristega pähikut; *9* ja *10* — terised selgmiselt ja kõhtmiselt poolelt.

Suuremal osal kõrrelistel esineb dihhogaamia. Sulgjad emakasuudmed ilmuvad sõkalde vahelt välja alles siis, kui antud taime oma õietolm on juba tuule poolt ära puhutud, mistõttu tolmuteri võib tuulega kanduda neile ainult teistelt taimedelt. Seega toimub risttolmlemine (raiheinad, lusted, aruheinad, rukis jt.). Mõnedel kõrrelistel, näiteks nisul, kaeral ja odral esineb isetolmlemine ehk autogaamia.

Pärast viljastumist arenenud kõrreliste vilju nimetatakse teristeks. Paljasteriselistel kõrrelistel kukuvad terised valmimisel sõkalde vahelt välja (rukis, nisu, oder, mais, timut jt.). Sõkalteriselistel kõrrelistel jääb teris sõkaldest ümbritsetuks või kasvab mõnikord nendega kokku (aas-rebasesaba, kerahein, raihein, aruhein, oder jt.).

Teraviljadel — rukkil, nisul, odral, maisil, riisil, hirsil jt. — on põllumajanduses määratu suur tähtsus, samuti ka mitmetel väärtuslikel söödataimedel. Mitmed kõrrelistest on tuntud kahjulike umbrohtudena — tuulekaer, raihein jt.

Kõrreliste paremaks tundmaõppimiseks jaotatakse nad õisikute alusel kahte gruppi: 1) tähkkõrrelised, s. o. need, millel õied on liittähaks koondunud ja 2) pööris- ja pööristähkkõrrelised.

Tähkkõrrelised. Rukis (*Secale cereale*) (joonis 162) moodustab terise idanemisel neli esmast juurt. Tõusmed on punakad. Varsti pärast orase tärkamist algab võrsumine. Võrsumissõlmest arenevad tugevad teisesed lisajuured, samuti ka uued rohelised võrsed. Rukis võrsub peamiselt sügisel. Võrsumise järel algab kevadel kõrsumine, mil järkjärguliselt üksteise järel, alates alumisest sõlmevahest, hakkavad kasvama ka kõrgemal asetsevad sõlmevahed, kuni lehtede torust ilmub tähk. Täha ilmumine (loomine) kestab rukkil ligikaudu kaks nädalat. Pärast seda hakkab rukis õitsema. Liittäha peatelg koosneb üksteisele järgnevatest, kahele küljele asetunud lülidest, kuhu kinnituvad kaheõielised, mõnikord ka kolmeõielised pähikud. Igal astmel asetseb üks pähik, mis on oma laiema küljega peatelje poole pöördunud. Pähikul on kaks naaskeljat kilejat liblet. Välissõklal on pikk hambuline ohe.

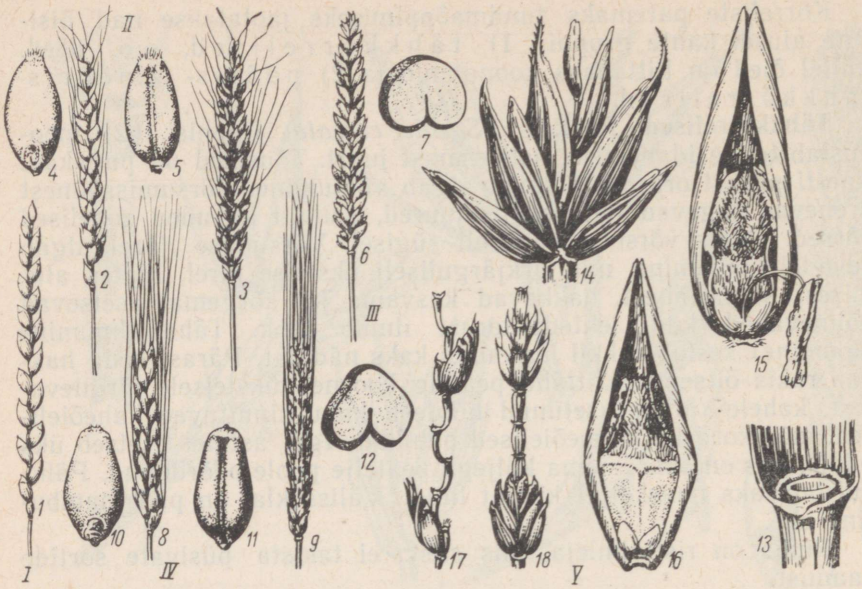
Rukis on risttolmleja, mis siiski ei takista püsivate sortide saamist.

Kultuuris kasutatakse harilikult rukki talivorme, harvemini suvivorme (Ida-Siberis). Tuntud on hübriidid, mis on saadud rukki ja nisu ristamisest. Afganistani mägedes esineb rukis umbrohuna nisupõldudel.

Harilik ehk pehme nisu (*Triticum aestivum*) (joonis 163, *III*). Rukkiga võrreldes võib nisu arengus täheldada järgmisi iseärasusi. Seemne idanemisel ilmuvad enamasti kolm esmast juurekest. Nisul on oras heledama rohelise värvusega kui rukkil. Võrsumissõlm on nisul veidi sügavamal kui rukkil. Lehelabaalusel on nisul peenikesed kõrvakesed, mida katavad karvad. Keeleke puudub nagu rukkilgi. Talinisu võrsub sügisel väga nõrgalt ja võrsub kevadel kauem. Keskmiselt on nisu vegetatsiooniperiood pikem kui rukkil.

Nisutäha peatelje kahel küljel paiknevad astmetel üksikult mitmeõielised pähikud, mis on varustatud kahe (erinevalt rukkist) laia liblega. Välissõklad on ohtelistel nisudel pikkade ohetega ja ohtetutel nisudel oheteta. Õite arv ulatub nisupähikus viieni, kuid terised arenevad vaid kahel-kolmel alumisel õiel. Peatelg on nisul harilikult sitke, mittepurunev, tipmise pähikuga. Terised on sõkalde vahelt kergesti välja langevad. Tähk on hõre, pikk, ühtlaselt neljakandiline.

Nisu õitsemine erineb rukki õitsemisest selle poolest, et see võib toimuda niihästi avatud kui ka suletud sõkaldega. Viimast viisi esineb ebasoodsate ilmade korral ning siis on võimalik isetolmlemine ja iseviljastumine (autogaamia), mis üldiselt nisul domineeribki. Soodsa ilmastiku korral avanevad sõklad harilikult



Joonis 163. Kõrrelised — nisu.

I — emmer- ehk polbnisu: *1* — valminud tähk. *II* — pehme (ohteline) nisu: *2* — valminud tähk külgvaates; *3* — tähk eestvaates; *4—5* — pehme nisu teris. *III* — *6* — pehme ohtetu nisu tähk; *7* — pehme nisu teris läbilõikes. *IV* — kõva nisu: *8* — tähk külgvaates; *9* — tähk eestvaates; *10* ja *11* — teris; *12* — kõva nisu teris läbilõikes. *V* — pehme nisu ehitus: *13* — keelekese ja kõrvakestega leheosa; *14* — kahe lible ja viie õiega pähik; *15* — emaka, kolme tolmuka, kahe kileja moodustise, paislajudega sisesõkal; *16* — sigimik pärast viljastumist; *17* — peatelg ja kaks pähikut külgvaates; *18* — sama eestvaates.

varajastel hommikutundidel. Seega ei ole risttolmlemine nisul võimatu, kuid vastupidi rukkile ei toimu see alati nii edukalt kui isetolmlemine. Üksikjuhtudel on täheldatud nisuteisendite loomulikku ristumist. Nisuterised on murdmisel suuremal või vähemal määral kas jahused või klaasjad. Klaasisus näitab tera suuremat valgusisaldust, jahusus aga suuremat tärklisesisaldust. Kagupoolsed sordid on suurema klaasisusega, läänepoolsed aga suurema jahususega.

Harilikul nisul on tali- ja suvivormid. Pehme nisu teisendeid tuntakse palju ning igaühel neist on oma teaduslik nimetus ning püsivad morfoloogilised ja füsioloogilised tunnused.

Peale hariliku ehk pehme nisu esineb veel teisi nisuliike: kõva nisu, hargnev nisu, poola nisu, üheteriseline nisu, emmer- ehk polbnisu jt.

Neist on eriti tähtis kõva nisu (*Triticum durum*).

Kõval nisul on tähk tihe, karedate ohetega ja libled kogu pikkuses selgesti märgatava anduriga, mis muutub ülal teravaks laiaks



Joonis 164. Kõrrelised — oder.

I — kuuetahuline oder: *1* — odratähk; *2* — kolm peateljest ühtlaselt eemale hoiduvat pähikut külgvaates; *3* — kolm pähikut peatelje ühe külje poolt ja kolm teiselt poolt, altvaates. *II* — harilik neljatahuline oder: *4* — tähk; *5* — kolm pähikut, millest keskmine on surutud vastu peatelge, külgvaates; *6* — kolm pähikut telje ühe külje poolt ja kolm teiselt poolt, altvaates. *III* — kahetahuline oder; *7* — tähk; *8* — üks arenenud ja kaks viljatut kaherealise odra pähikut eestvaates; *9* — sama külgvaates; *10* — kolm pähikut telje ühelt poolt ja kolm teiselt poolt, millest ainult kaks keskmist moodustavad teriseid, altvaates. *IV* — peadloov oder: *11* — alaosa; *12* — odravõsud; *13* — kõrvakestega leheosa; *14* — sisesõkal, emakas. kolm tolmukat ja paislajud; *15* ja *16* — odra sõkaldega terised.

hambaks. Libled on pikkuselt peaaegu võrdsed sõkaldega, pähikud on 4—5-õielised, igas pähikus valmib kaks kuni viis tera. Kõrs on ülemises osas (täha all) säsiga täitunud. Tera on murdmisel klaasjas ja valkuderikas. Seda nisuliiki kasvatatakse Lõuna-Volgamaal, Põhja-Kaukaasias, samuti ka Siberi lõunarajoonides.

Kõva nisu teisendid ja sordid annavad hariliku ehk pehme nisu sortide kõrval omadustelt parema leiva. Kõva nisu kasutatakse ka makaronide valmistamiseks.

Nisu on tähtsamaid toiduteravilju Nõukogude Liidus. Eesrindlikud kolhoosid ja sovhoosid koguvad kuni 30 ts teriseid hektarilt ja rohkemgi. Kubanimaa sordiaretaja P. Lukjanenko poolt aretatud talinisusort «Ohtetu» annab väga suurt saaki — 40—50 ts hektarilt, eesrindlikes majandites ulatub selle nisu saak kuni 70 ts hektarilt.

Harilik oder (neljatahuline) (*Hordeum vulgare*) (joonis 164). Erinevalt rukkist ja nisust kasvab odrateris sõkaldega kokku, millest viierooline välissõkal lõpeb kergesti murduva ohtega. Ainult niinimetatud paljasteralistel otradel langeb teris viljapeksmisel sõkaldest välja. Kaera-, nisu- ja rukkiteristest erinevalt on odraterised karvadeta isegi oma tipul. Odra idanemisel väljub idust 5—6 esmast juurt ja üks varreke, mis on esiteks sõkla all ning tuleb terise teise otsa juurest välja. Võrsumisvõime on odral suurem kui kaeral. Lehed on odral veidi laiemad kui kaeral, karedad, tuped siledad, keeleke puudub; kõrvakesed on hästi arenenud, laiad, poolkuukujulised — see on tunnus, mille järgi saab odravõrseid juba noorelt kergesti eristada. Neljatahulisel odral on üheõielised pähikud, mis paiknevad kolmekaupa kõrvuti peatelje astmetel, kahel vastaspoolel. Libled on kitsad. Välissõkal on harilikult hammastunud ohtega või kolmehõlmaliste lisemetega. Odratähk on otsmise õieta, painduva peateljega. Neljatahulisel odral on keskmised pähikud külgmistest pisut suuremad ning liibuvad vastu peatelge, külgmised aga hoiduvad peateljest eemale ning moodustavad kummalgi pool kaks rida, mistõttu pea näib ristlõikes neljatahulisena. Oder õitseb harilikult hommikul.

Oder isetolmleb veel enne loomist ja ainult erandjuhtudel võib toimuda risttolmlemine.

Peale neljatahulise odra tuntakse ka kuuetahulist otra, mis erineb lähestikku kinnitunud pähikute poolest; need eemalduvad peateljest ühtlaselt ning paiknevad kuue ühetaolise reana, mistõttu tähk näib ristlõikes kuuetahulisena. Kahetahulisel odral on igas kolmepähikulises rühmas arenenud ainult keskmine pähik, kuna kaks külgmist pähikut on atrofeerunud ja neil on kas ainult sõklad või ka veel tolmukate algmed. Kahetahulise odra terised paiknevad kahes reas. Kahetahulised odrad on suuremate teristega, kuid nende saagikus on väiksem kui mitmetahulistel.

Tähkkõrrelistest on umbrohtudena tuntud järgmised liigid.



Joonis 165. Tähkkõrrelised rohumaataimed.

I — harilik orashein: *1* — õitsev võsu eestvaates; *2* — võsu külgvaates; *3* — risoom; *4* — keeleke ja kõrvakesed; *5* — õitsev pähik; *6* — hariliku orasheina õis. *II* — kamjas orashein: *7* — liittähk. *III* — karjamaa-raihein: *8* — õitsev võsu; *9* — risoom; *10* — keeleke; *11* — õitsev pähik. *IV* — itaalia raihein; *12* — õitsev võsu; *13* — risoom; *14* — keeleke; *15* — pähik; *16* — õis. *V* — uimastav raihein: *17* — võsu; *18* — juured — ja võsud; *19* — keeleke ja kõrvakesed; *20* — pähik; *21* — õis. *VI* — jusshein: *22* — üldkuju; *23* — tähaosa; *24* — pähik.

Harilik orashein (*Agropyron repens*) (joonis 165) on mitmeaastane (10—15-aastane) pealiskõrreline, mis paljuneb roomavate risoomide abil. Kõrred kasvavad kuni 1 m pikkuseks. Pähikud on üksikult ning sisaldavad enamasti viis õit. Nad kinnituvad vastu peatelge lapiti, laiema küljega. Lehed on pealt karedad, helerohelised, õhukese kileja hambulise keelekesega. Alumiste lehtede lehetuped on pikakarvalised. Sõklad on ohtetud või ohetega, mis ei ole sõklast pikemad. Alumise sõkla rood ühinevad tipu lähedal. Õitseb juunist septembrini. Esineb igal pool põldudel ja köögiviljaaedades ohtliku umbrohuna, mis vähendab kultuurtaimede saaki, raskendab mullaharimist ja soodustab kahjulike putukate ja seenhaiguste levikut. Lammi- ja teistel niitudel annab orashein head heina. Hariliku orasheina risoomid tungivad kuni 12 cm sügavusele, ulatuvad pikkuselt kuni 1 m-ni ja isegi rohkem, juured aga tungivad 1,5—2 m sügavusele.

Hargnev orashein (*Agropyron ramosum*) erineb eelmistest kitsaste siniroheliste teravate, sagedasti kokkurullunud lehtedega. Võsundid asetsevad kuni 20 cm sügavusel. Väga ohtlik umbrohi Lõuna-Siberis, Kasahstanis ja Volga-tagustel aladel.

Põuapiirkonnas on levinud kamjas orashein (*Agropyron cristatum*) ja kitsapähikuline orashein (*A. desertorum*) kui söödataimed. Nisu ristamisel mitmete orasheinaliikidega (*A. elongatum*, *A. glaucum*, *A. junceum*) saadakse nisu-orasheina hübriide.

Tähkkõrrelistest on rohumaaviljeluses suur tähtsus karjamaa-raiheinal (*Lolium perenne*) (joonis 165, *III*) ja itaalia raiheinal (*L. multiflorum*) (joonis 165, *IV*). Nendega sarnaneb umbrohi uimastav raihein (*L. temulentum*) (joonis 165, *V*), mida esineb suviteraviljades. Seemned on mürgised neis leiduva parasiitseene tõttu. Lina-raihein (*Lolium linicola*) on kõrreline umbrohi, mis on levinud linapõldudel. Raiheina perekond on orasheina perekonnast kergesti eristatav pähikute asetuse järgi, sest esimesel on need pöördunud peateljele kandiga, s. o. kitsama küljega, viimasel aga lapiti — laiema küljega.

Niitudel esineb kahjulik jusshein (*Nardus stricta*) (joonis 165, *VI*).

Pööris- ja pööristähkkõrrelised. Pööriskõrrelistel on pähikud paljudel peenikestel harukestel, moodustades liitõisiku, pöörise. Kultuurtaimedest kuuluvad nende hulka riis, harilik hirss, sorgo ja kaer.

Riis (*Oryza sativa*) (joonis 166) on üheaastane taim, mille õites on kuus tolmukat (erinevalt teistest kõrrelistest) (joonis 166, *I, 3*). Teda kasvatatakse peamiselt Lõuna- ja Ida-Aasias, Põhja-Aafrikas, Ameerika troopilistes rajoonides ja viimastel aastatel ikka ulatuslikumalt ka Nõukogude Liidu lõunarajoonides. Riisi viljelemine on seotud maaniisutamisega ning kõige sagedamini



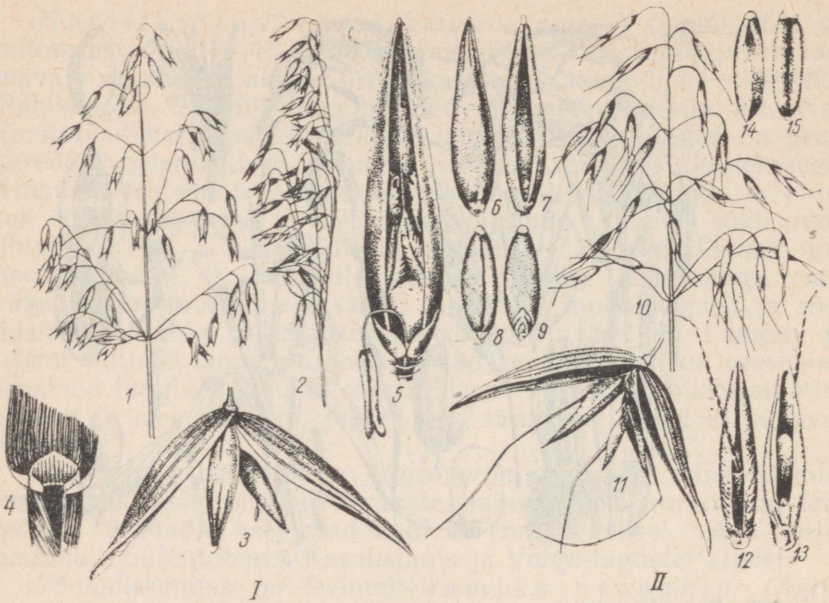
Joonis 166. Pööriskõrrelised.
I — r i i s: *1* — pööristega võsud; *2* — võrsumissõlm ja juured; *3* — avanenud pähik; *4* — sõkaldega teris; *5* — sõkaldeta teris; *6* — riisi ohteliste pähikutega pööris. *II* — h i r s s: *7* — laiuvharulise hirsi üldkuju; *8* — tompja hirsi pööris; *9* — pähik; *10* — avanenud õis; *11* — ohteline teris.

kasvatatakse teda üleujutatavatel aladel. Pool maakera elanikkonnast toitub riisist. Peale teriste kasvatatakse riisi ka tärklise, puudri ja piirituse tootmiseks, riisiõlgi aga kasutatakse parimate paberisortide valmistamiseks.

H i r s s (*Panicum milaceum*) (joonis 166, *II*) on üheaastane taim, püstise, veidi lapiku varrega, mida sõlmede ja lehetuppede kohal katavad karvakesed. Keeleke on lühike, tömp, ripsmetega. Lehed on lineaalselt süstjad, servadel harvade karvakestega. Õisik on pööris, kas laiuv, longus (lippharuline) või kokkusurutud, püstjas (tompjas hirss). Pähikud on väikesed, seljalt lapikud, ohtetud, paljad. Teris on sõklaline, peenike, idanemisel tuleb välja ainult üks juur.

Hirsi külvipindala peab lähematel aastatel laienema. Põllumajanduseesrindlased saavad enam kui 40 ts hirssi hektarilt. Hirss on põuakindel taim.

K a e r (*Avena sativa*) (joonis 167) on sõkalteriseline kõrreline. Idanemisel tekib kolm esmast juurekest ja idu, mis esiteks suundub sõkalde all piki terist ja väljub siis juba vastupidisest otsast ning pöördub ülespoole. Kaera lineaalsed lehed on karedad, pungas rullunud; tupe üleminekukohas lehelabaks paikneb kõrt



Joonis 167. Pööriskõrrelised.

I — k a e r: *1—2* — (laiuvharuline ja lipp-pöörisega) kaerapööris; *3* — pähik; *4* — lehekeeleke; *5* — avatud õis (kolm tolmukat, sigimik, emakasuue ja paislajud); *6* — ohteline teris selgmiselt poolelt; *7* — sama kõhtmiselt poolelt; *8—9* — sõkaldeta terised. *II* — t u u l e k a e r: *10* — tuulekaerapööris; *11* — pähik; *12—13* — sõkaldega terised (kõhtmisel poolel on näha «hoburaud»); *14—15* sõkaldeta terised.

ümbritsev lühike ja tömp keeleke. Kaeralehtedel puuduvad kõrvakesed. Õisik on laiuvate harudega, mis on pöördunud igasse külge (mõnedel kaertel ühele poole). Pähikud on ripnevad, suured, kahe- kuni kolmeõielised ja paiknevad peenikestel karedatel harudel, mille jämendus asetseb otse pähiku all. Pähikulibled on suured, teriste jahvatamisel saadakse kaerakliisid. Sõklad on tihedad, liibuvad vastu vilja ning kasvavad temaga alusel kergelt kokku. Välissõklad on kollakad, valged või tipus mustad. Ohtelistel kaeravormidel on alumine pähikuõis ohtega, mis väljub välissõkla seljalt. Kaer õitseb harilikult pärast lõunat. Tolmukapead avanevad juba siis, kui nad on emakasuudmete kõrval; nii toimub isetolmlemine.

Risttolmlemist esineb kaeral looduslikes tingimustes vaid erandina.

Metsikult kasvavate kaerte hulka kuulub t u u l e k a e r (*Avena fatua*) (joonis 167, *II*), mis on üks ohtlikumaid umbrohte kaerapõldudel Nõukogude Liidu Euroopa-osa lõunaosas, Siberis ja Uraalis.

Pööris on tuulekaeral laiuv, horisontaalsete harudega. Iga õie



Joonis 168. Pööriskõrrelised rohumaataimed.

I — aasnurmikas: *1* — õitsev võsu; *2* — risoom; *3* — keeleke; *4* — pähik enne õitsemist; *5* — õitsenud pähik; *6* — sõklad; *7* — emakas, ohtekesed ja sisesõkal. *II* — valge kastehein: *8* — õitsev võsu; *9* — risoom; *10* — keeleke; *11* — õitsev pähik; *12* — õis. III — päris-aruhein: *13* — õitsev võsu; *14* — keeleke; *15* — risoom; *16* — õitsev pähik; *17* — õis. *IV* — ohtetu luste: *18* — õisik — pööris; *19* — risoom; *20* — keeleke; *21* — pähik; *22* — emakas. *V* — aas-rebasesaba: *23* — õitsev võsu: *24* — risoom ja võsu; *25* — keeleke; *26* — pähik; *27* — õis.

all on pähiku karvasel peateljel liigestus; see murdub kergesti, mistõttu terisel on alusel munajas lohk, mida nimetatakse «hobuserauaks». Välissõklad on tipul kaheks hargnenud, pruunikad ja läikivad, sageli kollakate karedate karvadega kattunud. Pähikud on kolmeõielised, igal õiel on kare kaardunud ohe, millel on võime niiske ilmaga keerdudest lahti rulluda, edasi liikuda ja mulda tungida. Tuulekaerateris on kidur, kilejas, karvane. Põllule varisenud, idanevad tuulekaeraterised sügisel vaid osaliselt; suurem osa neist idaneb kevadel, mõned aga säilitavad idanevuse mitme aasta kestel. Tuulekaeraterist on raske hariliku kaera terisest eristada, kui kaer ise on kidur. Hariliku tuulekaeraga sarnanevad lõuna tuulekaer (*Avena ludoviciana*) ja habejas tuulekaer (*Avena barbata*). Tuulekaeral on omadus hariliku kaeraga hübriide anda.

Pööriskõrrelistest on headeks rohumaataimedeks kastehein, nurmikas, aruhein ja luste (joonis 168), samuti kerahein, kõrge raihein, maarjahein ja sugapea (joonis 169).

Ohtlike umbrohtude hulka niitudel kuulub luht-kastevars (*Deschampsia caespitosa*) (joonis 169, *III*).

Pööristähkkõrrelistel on kõik pööristäha õisiku pähikud tihedalt peatelje ümber asetunud. Neid nimetatakse ka pööris-jasteks pähikuteks. Väärtuslikumaiks söödataimedeks on timut ja aas-rebasesaba.

Timut (*Phleum pratense*) on mitmeaastane pealishein, kõige tavalisem meie niitudel ja rohtunud kohtadel. Erineb aas-rebasesabast selle poolest, et tal on pööristähk (tähakujuline pööris) ühtlaselt silinderjas, harjataoline, tömp, õitsemise ajal violetsete tolmukapeadega, harilikult aga roheline; libled ei kasva üksteisega kokku, tipul horisontaalselt lõigatud ja järsult pikenenud lühikeseks ohteks. Liblede andur on ripsjate karvadega kattunud. Pähikud on üheõielised, sõklad libledest poole lühemad. Kõrred on püstised (30—100 cm), alusel põlvjad. Risoomid on lühikesed, juured tihedad ja tungivad sügavale mulda. Lehed on karedad, helerohelised, keeleke pikk, teravahambuline. Suurimaid saake annab timut teisel ja kolmandal kasvuaastal. Timutiseemned valmivad isegi polaarjoonel.

Aas-rebasesaba (*Alopecurus pratensis*) õitseb märksa varem kui timut. Ta annab esmakvaliteedilist heina. Erinevalt timutist on pööristähk pehmem, ülemises otsas veidi peenenev. Õitsemise ajal on pähikud rohelised, pärast õitsemist aga valkjad. Tolmukapead on kollased.

Esimesena õitseb niitudel maarjahein (*Anthoxanthum odoratum*), mis sisaldab kumariini, andes heinale lõhna. Kõrreliste umbrohtude hulka kuuluvad vesihaljas kukeleib (*Setaria glauca*), roheline kukeleib (*Setaria viridis*) ja tähkjas kukehirss (*Echinochloa crus galli*), mis samuti esinevad umbrohtudena põldudel.



Joonis 169. Pööriskõrrelised rohumaataimed.

I — k e r a h e i n: *1* — õitsev võsu; *2* — risoom ja võsud; *3* — keeleke; *4* — õitsev pähik; *5* — õis; *6* — sisesõklaga õis. *II* — k õ r g e r a i h e i n: *7* — õitsev võsu; *8* — risoom ja võsud; *9* — keeleke; *10* — pähik; *11* — õitsev pähik; *12* — kahesuguline õis. *III* — l u h t - k a s t e v a r s: (niiduumbrohi); *13* — õisik; *14* — risoom ja võsud; *15* — keeleke; *16* — õitsev pähik; *17* — sõkaldega õis. *IV* — m a a r j a h e i n: *18* — õisik — tähakujuline pööris; *19* — risoom ja võsud; *20* — keeleke; *21* — õitsev pähik; *22* — kahe tolmukaga õis. *V* — s u g a p e a: *23* — õisik — tähakujuline pööris; *24* — risoom ja võsu; *25* — keeleke; *26* — õitsev pähik; *27* — viljatu (kamjas) pähik.



Joonis 170. Sõrmrohi:
1 — taime üldkuju; *2* — pähik; *3* — pähikuosa.

Mitte ühegi ülal toodud rühma hulka ei kuulu järgmised taimed.

Sõrmrohi (*Cynodon dactylon*) (joonis 170) on ohtlik umbrohi, mida esineb Kaukaasias, Krimmis ja Kesk-Aasias, eriti niisutatavatel põldudel. Ta risoom hargneb tugevasti ja on eriti vastupidav. Ta paljuneb arvukate teriste abil. Taime iseloomustavamaks tunnuseks on kõrretipus asetsev sõrmjas õisik, mis koosneb harudest, millele kinnituvad pähikud.

Mais (*Zea mays*) (joonis 171) on üheaastane taim. Idanemisel annab mais esiteks ühe juure, mis pikeneb ja hargneb. Pärast ilmuvad lisajuured. Kui idu väljub mullapinnale, tekivad esiteks maa-alustest, pärast aga maapealsetest sõlmedest lisajuurte männased.

Maisikõrred kasvavad madalamatel sortidel kuni 50 cm, kõrgematel sortidel aga kuni 4,5 m pikkuseks ja pikemaks. Niisugust hiiglakasvu võib täheldada ainult troopikamaades. Kõrs on seest täitunud põhiparenhüümi ning kinniste juhtkimpudega. Maisilehed on lineaalsed, rööproodsed, suured, teravalt eralduva keskmise rooga ja laineliste äärtega. Lehelaba on alumisel küljel paljas, ülemisel veidi karvane. Lehetupp on avatud, üksteisele asetunud leheservadega. Keeleke on lühike, tömp. Lehtede arv on vastavalt sõlmevahedele 12—18; lehed paiknevad kõrrel vahelduvalt.

Lehekaenaldes arenevad emasõied, mis on koondunud tõlvikuks, kõrrelatva aga ilmub isasõite laiuv pööris. Mais on ühekojaline taim, tuultolmleja ja risttolmleja. Maisi isasõied paikne-



Joonis 171. Mais:
1 — isaspööris; *2* — lehetupe kaitse all kasvav tõlvik, temast ripnevad alla niidid — emasõite emakasuudmed; *3* — mais — ühekojaline taim, kõik õisikud asetsevad ühel ja samal taimel; *4* — isasõitega pähik; *5* — emasõis; *6* — valminud, kandelehtedega tõlvik.

vad pähikutes kahes reas. Pähikud kinnituvad pöörise keskmisele teljele ja külgharudele kahes reas, toetudes üksteisele. Tavaliselt asetuvad pähikud kaheti, kusjuures üks neist on varretu, teine varreline. Iga pähik koosneb kahest piklikust rohtjast liblest, mille vahel on kaks õit; kumbagi ümbritseb kaks sõkalt, mis sisaldavad

3 kollaste tolmukapeadega tolmukat. Kaks paislaju võimaldavad õiel õitsemise ajal avaneda. Kollased tolmukapead väljuvad kiiresti avanenud sõkalde vahelt ja jäävad pikkade niitide otsa rippuma. Samal ajal lõhkevad tolmukapead, tuul haarab tolmuterad ja kannab laiali, tolmeldades naabereksemplaride õitsvaid tõlvikuid. Kui isasõisik on õitsenud, väljuvad emastõlvikutest niiditaolised emakasuudmed. Nende tolmlemine toimub naabertaimede tolmuteradega.

Tõlvik on varre lühivõsu, mis areneb lehekaenlas. Tõlvikuid areneb ühel kõrrel ühest kuni kolmeni ja nende pikkus on 5—40 cm. Emasõied paiknevad paarisridadena lihaka pearao ümber. Tõlvikutelje alumisel osal, millega ta kõrre külge kinnitub, on tublisti lühenenud sõlmevahed ja sõlmed, milledest väljuvad arvukad, õrna tõlvikut ümbritsevad kandelehed. Emasõite sigimikud on oma alumise osaga tõlviku telje pehmesse koesse vajunud, iga sigimiku tipust aga väljub pikk valge emakakael, mis lõpeb karvase suudmega. Emakakaela- ja suudmeosad, mis ilmuvad õitsemisel, on väikeste karvadega kattunud ja mõnikord antotsüaanist roosaks värvunud. Emasõite sigimike alusel võib märgata valkja kestana teist atrofeerunud õit. Peale selle on veel nähtavad sõklad ja libled, mis aga ei ole tõlvikule kuigi tähtsad, sest kaitseülesannet täidavad täielikult kandelehed.

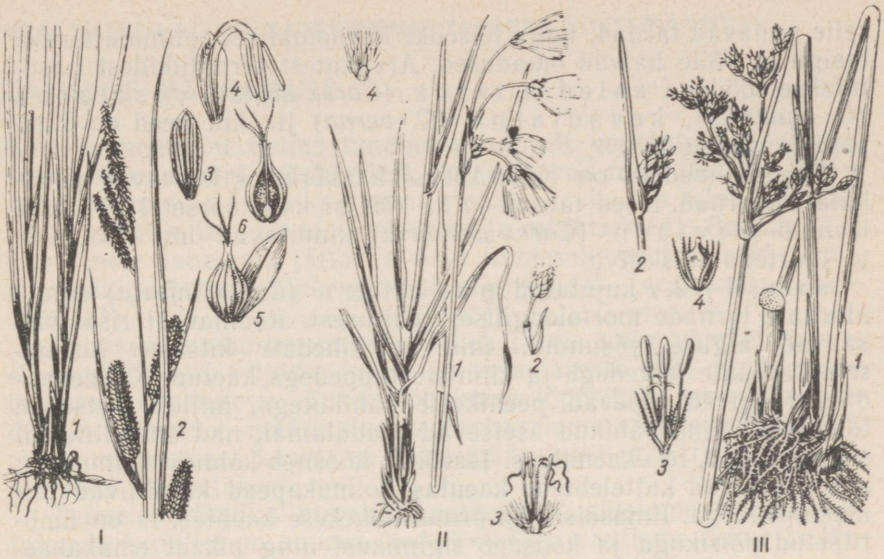
Pärast emakasuudmete tolmeldamist toimub viljastumine 26—28 tunni järel. Tõlvikute valmimine kestab ligi kaks kuud.

Maisi kasvatatakse teriste ja haljasmassi saamiseks piim-vahaküpsuses, tõlvikutega ka silo valmistamiseks. Keskmiseks hektarisaagiks on maisil 50 ts, aga eesrindlikud kolhoosid ja sovhoosid saavad üle 150 ts hektarilt. Haljasmassisaagid koos tõlvikutega ulatuvad üle 1500 ts hektarilt.

Kõrreliste sugukond on tekkinud liiliaõielistest ülemineku tulemusena tuultolmlemisele. Erinevalt lõikheinalistest liibub kõrrelistel idu ainult ühe küljega endospermi külge.

SUGUKOND LÕIKHEINALISED (*CYPERACEAE*)

Lõikheinalised on rohtsed, enamikus mitmeaastased risoomidega taimed. Neid võib kergesti segi ajada kõrrelistega ja seepärast peab teadma nende iseloomulikke tunnuseid. Lõikheinalistel on enamasti kolmekandiline vars ilma jämendusteta sõlmedes, lineaalsete, süstjate või naaskeljate lehtedega, mille tupp on suletud ning puudub keeleke. Lehed vahelduvad kolmel varre küljel. Lehtede servad on teravalt karedad. Õied on kas ühe- või kahesugulised, pähikuteks koondunud, mis asetsevad omakorda kas pööristes, nuttides, tähkades või sarikjates õisikutes. Õied on väikesed, ilmetud, tuultolmlejad. Õiekate on kuuelehine, kuid sagedamini puudub, selle asemel aga on üks või kaks kõrglehte (kattelehte).



Joonis 172. Lõikheinalised

I — pudeltarn: *1*, *2* — üldkuju; *3*—*4* — isasõied; *5* — põisikuga ümbritsetud emakas; *6* — avanenud põisik, sisemuses emakas. *II* — villpea: *1* — üldkuju; *2* — pähik; *3* — õis; *4* — vili. *III* — järvkaisel: *1* — üldkuju; *2* — pähik; *3* — õis; *4* — vili.

Sisemist kattelehte, mis ümbritseb sigimikku, nimetatakse tarnadel põisikuks. Pärisõiekate muundub mõnikord harjasteks ja karvadeks. Tolmukaid on kolm, harva kaks. Emakaid on üks, kolme või kahe niiditaolise suudmega, mis on alusel kokku kasvanud. Risttolmlemine toimub tuule abil, sest tolmukapead avanevad harilikult alles pärast seda, kui suudmed on juba kuivanud. Vili on pähklike või seemnis, mida tarnadel ümbritseb põisik, mis moodustub servadelt kokkukasvanud kattelehtedest.

Lõikheinaliste hulka kuuluvad perekonnad: tarn (*Carex*), villpea (*Eriophorum*), kõrkjas (*Scirpus*), kaisel (*Schoenoplectus*), lõikhein (*Cyperus*) jt. (joonis 172). Lõikheinaliste liikide üldarv ulatub üle 3000.

Tarna (*Carex*) perekonda kuulub üle poole kõigist lõikheinalistest. Nõukogude Liidus tuntakse ligi 400 tarnaliiki. Nad on levinud peamiselt niisketes kohtades ja moodustavad põhilise osa heintaimikust jõgede, järvede, kraavide kallastel ja soostunud niitudel kasvavast taimestikust.

Varte ja lehtede karedus oleneb ränist, millega need taimed on läbi imbunud ja mis muudab need taimed veisesöödana kasutamiskõlbmatuks või teiste paremate söötade puudumisel ainult osaliselt kasutatavaks. Tarnade karedus ja teravus põhjustab loomadel seedetrakti limanaha ärritust ja isegi põletikku. Peale

selle annavad tarnad, nagu teisedki lõikheinalised, piimale terava maigu ja võile halvad omadused. Arvukatest tarnaliikidest kasutatakse söödana s a l e d a t t a r n a (*Carex acuta*), v e s i t a r n a (*C. aquatilis*), k e v a d t a r n a (*C. verna*) jt., kui need on õigeaegselt niidetud.

Söödataimedeks on Kesk-Aasias ka kõrbetes kasvavad põuakindlad tarnad. Need tarnad ja ka kõikjal kaldaäärsetel liivikutel levinud l i i v t a r n (*Carex arenaria*) kinnitavad oma risoomide ja juurtega tuiskliivu.

Joonisel 172, *I* kujutatud p u d e l t a r n (*Carex inflata*) annab ülevaate tarnade morfoloogilisest ehitusest. Roomavast risoomist saavad alguse võsundid, mis on tihedalt kitsaste lineaalsete karedate lehtedega ja kinniste tuppedega kaetud. Kolmekandilised varred lõpevad peenikeste pähikutega, milles asetsevad tolmukad. Emaspähikud asetsevad madalamal, nad on silindrilised, jämedad, lehekaenaldes. Isasõisik koosneb kolmest tolmukast, mis asetsevad kattelehtede kaenlas; tolmukapead kinnituvad tolmukaniitidega. Emasõisik on pruuni lehekese kaenlas, ta on ümbritsetud põisikuga ja koosneb sigimikust ning pikast emakakaelast kolme niiditaolise suudmega, mis väljuvad põisiku kahehambulise noka vahelt.

T u p p - v i l l p e a l (*Eriophorum vaginatum*) ja teistel villpealiikidel koosneb õiekate arvukatest sirgetest karvakestest, mis pikenevad tublisti pärast õitsemist ja moodustavad pähikul karvatuti. Heina sattudes risustavad villpeapähikud seda ning loomade soolestikku kogunedes tekitavad nad seedehäireid.

J ä r v k a i s e l (*Schoenoplectus lacustris*) (joonis 172, *III*) moodustab järvedes, jõgedes ja soostunud niitudel tihnikuid. Tal on jäme roomav risoom ja roheline silindriline vars pöörisja tipmise õisikuga, mis väljub ainukese lehe kaenlast.

M a a m a n d e l (*Cyperus esculentus*) on väärtuslik õlitaim, mille juurtel on õlirikkad mügarad. Kasvatatakse Lõuna-Euroopas. Metsikult esineb Põhja-Aafrikas niisketel kohtadel p a p ü ü r u s (*Cyperus papyrus*), millest vanasti valmistati paberit.

Meie poolt tundmaõpitud taimed on vaid tähtsusetu osa maakeral esinevatest mitmekesistest liikidest. Me peatusime pikemalt taimedel, mis ümbritsevad meid iga päev, ja püüdsime eraldada neist neid, millel on suurim tähtsus põllumajanduses. Pöörasime tähelepanu ka umbrohtudele, mürk- ja parasiittaimedele.

Taimede tundmaõppimine näitab, et taimeriik on väga rikas ja mitmekesine. Tänapäeva taimed (samuti nagu loomadki) on vaid üks aste elu arenemise kestvast protsessist Maal, taim- ja loomorganismide täiustumisprotsessist, mis toimub looduslike tegurite — muutlikkuse, pärilikkuse ja loodusliku valiku, aga ka inimese mõju toimel.

TAIMEDE MÄÄRAMINE

Katteseemnetaimi õpime tundma peamiselt vegetatsiooniperioodi kestel elusmaterjalil. Taimedest, mis esinevad meie flooras, õpime eelkõige tundma kasulikke taimi (toidu-, ravim- ja tehnilised taimed) ja kahjulikke taimi (umbrohud ja mürktaimed). Seejuures ei tule tähele panemata jätta ka neid inimesele neutraalseid taimi, mis pakuvad huvi bioloogilisest seisukohast (vesihernes, huulhein jt.).

Taimede tundmaõppimiseks läheb tarvis mitu värsket taimeeksemplari õite, viljade, juurte ja vigastamata maa-aluste vegetatiivsete organitega. Tundmaõppimise lõppsihiks on taime teadusliku nimetuse määramine ja herbaariumi valmistamine. Taimede määramisel kasutame taimemäärajat[1], prepareerimisluupi, pintsetti ja nõelakest.

Taime teadusliku nimetuse määramist alustame tuntumatest taimedest, millel on suured õied. Eelkõige vaatleme taime ja kirjeldame tema morfoloogiat näiteks sellise vormi järgi:

1. Maa-alused organid: juured — sammas- või narmasjuured; risoomid ja nende kuju; mugulad, sibulad.
2. Vars: kasvusuund — püstine, tõusev, roomav, vänduv, haakuv; ristläbilõige — ümmargune, lapik, kolmetahuline, neljatahuline, tiivuline; konsistents — rohtne, puine, õõnes, täitunud säsiga või tihe; varre hargnemine.
3. Lehtede asetus: vastak, männaseline, vahelduv.
4. Lehed: rootsutud, rootsulised, tupega, abilehtedega või ilma; liitlehed — kolmetised, sõrmjad või sulgjad; lihtlehed — terve, hõlmise, jaguse või lõhise lehelabaga. Lehelaba ja leheserva kuju. Roodumine — rööproodne, kaarroodne, võrkroodne, sõrmroodne või sulgroodne.
5. Taimede karvastumine (karvkate): paljas taim, karvastumine tihe või hõre; karvade asetus; karedad või pehmed; näärme- või kõrvekarvad.
6. Õis: taim kahesuguliste või ühesuguliste õitega (tolmukate või emakatega); taim on ühekojaline või kahekojaline; õis korrapärane (aktinomorfne) või korrapäratu (sügomorfne); õiekate lihtne või kaheli; tupjas või kroonjas; krooni värvus; kroon lahklehine, liitlehine; tupp kokkukasvanud lehtedega või lahklehtedega; kroon- ja tupplehtede arv; tolmukkond — tolmukate arv ja kuju; emakkond — emakate arv, viljalehtede arv, emakasuudme kuju, emakakael; sigimik — ülemine (vaba) või alumine.
7. Õisik: õisiku kuju.

---

[1] Eesti taimede määraja. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Zooloogia ja Botaanika Instituut. Kirjastus «Valgus», Tallinn, 1966.

8. Vili — rüüsvili või paljasvili, lihakas või kuivvili, ühepesaline, kahepesaline või mitmepesaline; seemnekandja — seinmine või keskne.

9. Taim: üheaastane, kaheaastane või mitmeaastane (määratakse juurte ja risoomide järgi); põõsas või puu.

10. Kuivadel kohtadel, niisketel kohtadel või vees kasvav taim.

Määramise käigus võib üles kerkida täiendavaid küsimusi, millele võime vastuse saada pärast taimede põhjalikumat vaatlemist.

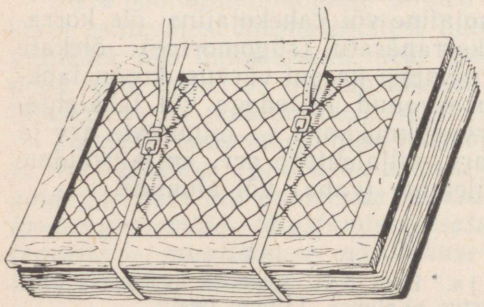
Taime iseloomustus on otstarbekas vihikusse kanda ja joonistada sinna ka tema organid. Pärast morfoloogilist kirjeldamist võtame taimemääraja ja loeme tähelepanelikult läbi väite ja vastuväite. Kirjeldust taime tunnustega võrreldes läheme üle järgmisele taimemäärajas näidatud punktile. Taimede määramise tehnikat käsitletakse taimemäärajates üksikasjaliselt.

Taime määramise käigus selgitatakse esiteks välja sugukond, seejärel perekond ja viimaks määratakse kindlaks taimeliik.

TAIMEDE HERBARISEERIMINE

Käesolevas õpikus antakse taimede kogumiseks, herbariseerimiseks ja herbaariumi korrashoiuks ainult lühikesed üldjuhised.

Taimede kogumisel on otstarbekas taimed paberilehtedele laotada ja taimekuivatusraami (joonis 173) või mapi vahele kuivama panna, kuid me võime taimi kuni ekskursioonilt tagasijõudmiseni ka vahariidesse (või polüetüleenkilesse) mähituna taimekogumiskarbis (botanisiiris) või korvis hoida. Taimi tuleb koguda tervikuna, ühes õite ja viljade ning väljakaevatud juurte, risoomide ja sibulatega. Kui tegemist on eriti suure rohttaimega, võtame ainult ladva õite ja viljadega, mõned keskmised lehed varrega ja juurmise osa lehtedega. Taimedest valime kõige tüüpilisemad, s. o. keskmiselt arenenud eksemplarid. Ei maksa piirduda ainult ühe



Joonis 173. Taimekuivatusraam taimede herbariseerimiseks.

eksemplariga. Kui taim on suur, võtame kaks-kolm, kui väike, siis vähemasti viis-kuus eksemplari. Tuleb meeles pidada, et kuivatamisel võib esineda ebaõnnestumisi ja peale selle on varutaimi määramiseks vaja.

Pärast ekskursioonilt tagasitulekut paneme taimed viivitamatult raami või pressi vahele. Seejuures varustame iga taime märkusega kogumise kuupäeva kohta ja kogumiskoha lühikese iseloomustusega. Peamine nõue taimede kuivatamisel on see, et taimed tuleb hoolikalt laiali laotada, kuivatuspaberi vahele panna ja lühikese aja jooksul kuivatada.

Kuivatamisel kasutame kas filterpaberit või harilikku ajalehepaberit või mõlemat koos, kusjuures paber tuleb täpselt raami või pressi suuruse järgi lõigata. Paberitagavara peab olema suur (paarsada lehte raami kohta). Kõige parem on paber vihikutesse õmmelda (suurusega 30×40 cm), kusjuures filterpaberit kasutame kattepaberina, ajalehepaberi (4—5 lehte) paneme aga keskele. Selliseid vihikuid läheb ühe raami kohta vaja 20—30.

Kuivatamisel jätame taimed samade paberite vahele, kuhu me nad alguses asetasime, vahetame ainult vihikuid (vahepabereid). Suured taimeeksemplarid paneme paberite vahele ühekaupa, väikesi võib panna mitu, kuid nõnda, et üks ei oleks teise peal. Suured taimed võime panna otse vihikute vahele.

Kiireks kuivatamiseks tuleb esimestel päevadel taimedega lehti kuivade vihikute vahele ümber paigutada kaks korda päevas, hiljem, olenevalt kuivamise määrast, üle ühe või kahe päeva. Taimede ümberpaigutamisel tuleb taimi kontrollida ja lehti ning õisi õgvendada, nii et nad ei lasuks üksteisel. Jämedad lihakad juured tuleb esimesel paigutamisel pikuti lõhki lõigata ja neist kogu mahlane osa välja pigistada. Kõiki kuivatamisega seotud töid tuleb hoolikalt ja täpselt teha. Raamid tõmbame rihmadega kinni ja riputame kas lahtise akna alla või lihtsalt õhu kätte. Hästi kuivavad taimed kahe laua vahel, kus ülemisel laual on 2—6 tellise raskune vajutis. Vajutis peab olema niisugune, et taimed oleksid hästi kokku vajutatud, mitte aga lamedaks või puruks litsutud. Laudade vahel kuivatamine nõuab taimede igapäevast ümberpaigutamist.

Kasutatud vihikuid kuivatame hästi päikese käes ja kasutame järgmisel päeval uuesti herbariseerimiseks. Soodsatel tingimustel kuivavad taimed laudade vahel 5—6 päevaga, raamides aga kiiremini.

Kasutatakse ka teisi taimede kuivatamise viise, näiteks vatimadratsites, kalevitükkide vahel, liivas, kuuma triikrauaga kuivatamist jne. Nende viiside kirjeldamisel peatumata võib öelda, et töö edukus oleneb eeskätt töötajate hoolikusest ja täpsusest. Täielikult kuivatatud taimi on kuivatamata taimedest kerge eristada nende elastsuse järgi.

Kuivatatud taimed kleebime kitsaste paberiribakeste abil

tugeva paberi lehtedele (näidissuurus 30×40 cm). Igale lehele paigutame, olenevalt taimede suurusest, ühe või mitu eksemplari. Mingil juhul ei tohi ühele lehele eri liiki taimi kleepida. Eriti suured taimed paigutame osade kaupa kahele või kolmele herbaariumilehele. Taimeseemned paneme väikestesse ümbrikkudesse ja kleebime ümbrikud herbaariumilehele. Paberilehe alumisse paremasse nurka kleebime etiketi, millele kirjutame järgmised andmed: 1) taime liigi ja perekonna täpne nimetus (eesti- ja ladinakeelne); 2) taime leiukoht (rajoon, kolhoos, sovhoos); 3) taime asukoht (niit, mets, umbrohuna külvis jne.); 4) korjamisaeg (aasta, kuu, päev); 5) korjaja nimi; 6) määraja nimi; 7) taime number; 8) ☉ — üheaastane, ☉☉ — kaheaastane, ♃ — mitmeaastane, ♄ — põõsas või puu.

Taime täpse teadusliku nimetuse saame taimemäärajast. Seda tööd tuleb teha paralleelselt herbariseerimisega, kasutades värskeid taimi, milleks vajamegi varueksemplare.

Üht liiki taimedega herbaariumilehed asetame ühe üldise kahe poolega paberi, nn. ümbriku vahele, millele kirjutame üles perekonnanimetuse, alla aga taime teadusliku nimetuse. Ühte perekonda kuuluvad taimeliigid paigutame ühte ümbrisesse, ühte sugukonda kuuluvad perekonnad aga paigutame ühte mappi ja seome paelaga kinni. Mapile märgime pealkirja ühes sugukonna nimetusega.

Eri taimede herbariseerimise iseärasusi. Vaatamata sellele, et töö on tehtud hoolikalt, tumenevad taimed mõnikord või kaotavad värvuse (näiteks kartulilehed, orhideeliste lehed, seenlille-, soomuka-, käopäkavarred, kannikeste ja kellukate õiekroonid jt.). Mõnikord taimed ei taha kuivada ja hakkavad mädanema (näiteks kukeharjade lehed ja varred, liilialiste sibulad ja orhideede mugulad). Sellisel juhul võib mitte eriti mahlakaid taimeosi kuivatada kuuma triikrauaga läbi vahetatavate kuivatuspaberilehtede või kupatada taimi ja kuivatada neid siis triikrauaga või harilikul viisil. Kui need kuivatamisviisid asja ei paranda, puistatakse taimed üle salitsüülhappekristallidega.

Väga tülikas on kuivatada karedaid ja torkivaid taimi, näiteks kroonohakaid ja karuohakaid. Neid tuleb tingimata enne laudade vahel pressida ja siis paberi vahele panna.

Erilist võtet kasutatakse vees kasvavate taimede kogumisel. Kuival nad vajuvad kokku ja neid on võimatu sirgeks saada, mistõttu neid seatakse otse vees, pannes neile alla kirjutuspaberilehe. Pärast seda, kui taim on sirge, võetakse paber aeglaselt veest välja ja taim herbariseeritakse harilikul viisil.

Taimede korjamisel tuleb tähelepanu pöörata ka nende arenemise iseärasustele. Nii tuleb kahekojalistel taimedel, näiteks kanepil, kõrvenõgesel, pajudel ja mõnedel tarnadel korjata ja ühistele herbaariumilehtedele paigutada nii isas- kui emaseksemplare. Kahekojalisi taimi tuleb määramiseks koguda varake-

vadel, õitsvas olekus, ja suve algul, viljakandmise faasis. Kõrreliste ja tarnade määramisel on eriti tähtis välja kaevata risoomid, mis on neil erinevad. Mõnedel taimedel on palju teisendeid, nii et liigi kindlaksmääramiseks tuleb koguda palju eksemplare (vähemalt 10—12). Niisugusteks «keerulisteks» taimedeks on hundituubakad, silmarohud, maranad, kortslehed, käokannused ja mitmed teised.

Taimede herbariseerimise eesmärgiks taimesüstemaatika õppimisel põllumajandustehnikumides peaks olema rohumaataimestiku ning kultuur- ja umbrohutaimede tundmaõppimine, samuti uute taimeliikide avastamine, mis võiksid kultuuris kasvatamiseks kasulikud olla.

XI PEATÜKK

TAIMEGEOGRAAFIA

Maakera taimestikku iseloomustab vormide rikkus ja mitmekesisus. Seda botaanika osa, mis uurib taimkonna koostist ja paiknemist maakera eri tsoonides ja vööndites, nimetatakse taimegeograafiaks. Kõigi taimeliikide kogum mõnel territooriumil moodustab tema taimestiku ehk floora. Taimegeograafia uurib taimkatte jagunemise seaduspärasusi maakeral ja üksikute liikide levilaid (areaale). Taimegeograafia ülesandesse kuulub samuti kaasaegse taimkatte leviku looduslik-ajalooliste põhjuste uurimine ühenduses kliima ja maakoore muutustega. Taimegeograafia käsitleb ka taimeökoloogia küsimusi, s. t. ümbritseva keskkonna ja taimede vastastikust mõju ja seoseid. Tutvume lühidalt meie maa taimekoosluste ja -tsoonidega.

TAIMEKOOSLUSED

Taimed esinevad looduses kogumikena, mis moodustavad taimkatte. Taimkate koosneb tavaliselt paljudest eri liikidest. Taimede ja keskkonna, samuti ka taimeliikide vahel, mis kasvavad ühesugustes tingimustes, tekivad keerulised suhted, mille tulemusena kujuneb välja kindel taimestikukoostis sellises liigilises vahekorras, mida tavaliselt nimetatakse taimekoosluseks ehk fütotsünoosiks.

Termin «taimekooslus» on tinglik. See mõiste ühendab niihästi suuremat rühma taimi (näiteks mets, niit jne.), kui ka väiksemat (näiteks tammik, männik, kuusik jne. või näiteks luhaniidud, aruniidud, mäginiidud jne.). Sellepärast tarvitatakse taimekooslustest rääkides ka veel terminit «assotsiatsioon», mille all

mõistetakse «väiksemat, hästi eristatavat taimkatteühikut» (V. Aljohhin). Nii võib näiteks männimetsas eristada assotsiatsioone, milles domineerivad pohlad, mustikad, samblikud või jänesekapsad. Ka luhal võib kergesti ühesuguseid alasid eristada: näiteks heleroheline ala, kus domineerivad tarnad, ühetooniline ala, kus domineerib aasrebasesaba, õitsvate kaheiduleheliste eredatest värvidest kirju ala (segarohud) jne.

Assotsiatsioonid on mõnikord teravalt piiritletud ja paistavad kergesti silma, sageli aga on piirid nende vahel vähemärgatavad ja tinglikud.[1]

Taimkatte uurimine näitab, et taimekooslused ei ole juhuslikud, vaid seaduspärased liikide kogumikud, mis on välja kujunenud pika ajaloolise arenemise tulemusena.

Taimekoosluse iseloomustavateks tunnusteks on: 1) rindelisus taimede maapealsete ja maa-aluste organite paigutuses, s. o. nende erinev aste kõrguses ja pikkuses; 2) fenoloogiline eritüübilisus, s. o. taimeliikide arenemise erinev kiirus vegetatsiooniperioodi jooksul ja 3) liikide teatav liikuvus ja püsivus taimkattekoostises, s. o. ühe liigi aeglasem või kiirem vaheldumine teisega.

Metsas näeme näiteks mitut taimerinnet, mis erinevad taimevormidelt. Ülemine rinne moodustub valguslembestest puudest, mille võra laiub teiste taimede kohal. Nende all on keskmine rinne, mis koosneb väiksematest, väiksema valgusehulgaga leppivatest puudest ja põõsastest. Alumises rindes paiknevad sõnajalad ja mitmesugused õitsvad rohttaimed, samuti ka poolpõõsad, mida iseloomustab suur varjutaluvus. Nende all elunevad samblad ja seened.

Puude, põõsaste ja rohttaimede juurestik paikneb samuti rinnetes, mille tulemusena kasutatakse paremini ära niiskust ja mullas sisalduvaid toitaineid.

Samasugust rindelisust näeme ka niidul, kus kasvavad kõrged pealisheinad (luste, aruhein, aasristik) ja madalad alusheinad (kastehein, maarjahein, valge ristik). Kõrreliste juured levivad pindmistes mullakihtides, liblikõieliste juured aga sügavamates.

Niidul ei ole taimede arenemine heintaimikus vegetatsiooniperioodi kestel ühesugune. Niidutaimede õitsemine algab varakevadel ja saavutab suurima ulatuse heinaaja alguseks. Suve jooksul vahelduvad niidul mitmesuguste õite eredad värvid ja värvivarjundid. Niidutaimkatte üldisel rohelisel foonil torkavad silma (tulikate) kollased, (kellukate) sinised, (härjasilmade) valged ja (käokannide) roosad laigud. Need laigud esinevad kord ühtlaselt, kord kirjult üle kogu niidupinna laiali paisatult. Värvide

[1] Õpetuses taimekooslustest jaotatakse assotsiatsioonid väiksemateks ühikuteks, sotsiatsioonideks, ning ühendatakse assotsiatsioonid suurematesse rühmadesse, formatsioonidesse. Käesolevas kursuses me nendel üksikasjadel, samuti nagu assotsiatsiooni mõiste erinevatel tõlgendustel ei peatu.

vaheldus näitab neid lakkamatuid muutusi, mis niidu taimkattes toimuvad. Enamik taimeliike ei hakka kasvama mitte üksikult, vaid rühmadena, mis osalt seletub vegetatiivse paljunemisega.

Taimekoosluste ja assotsiatsioonide tundmaõppimisel märkame, et igas assotsiatsioonis on tähtsaid liike, mis iseloomustavad kogu taimekooslust, ja vähemtähtsaid liike, mis sõltuvad esimestest. Taimi, mis antud taimekooslust iseloomustavad, nimetatakse edifikaatoriteks, näiteks mänd männimetsas, stepirohi stepis jne. Mitmerindelistes taimekooslustes on igas rindes taimi, mis on ülekaalus, mis domineerivad teiste seas. Taimekoosluste ja assotsiatsioonide põhjalikul uurimisel on suur rahvamajanduslik ja ökonoomiline tähtsus, kuna sel teel selgub selle või teise niidu, karjamaa ja metsalagendiku väärtus.

NSV LIIDU TAIMKATTEVÖÖNDID

T u n d r a v ö ö n d. Tundrad hõlmavad laialdasi maa-alasid Põhja-Euroopas, Aasias ja Põhja-Jäämerega külgnevatel saartel.

Tundrate taimeriik on karmi kliima tõttu võrdlemisi vaene. Õhutemperatuur tõuseb suvel harva 18—20°-ni, talvel on tavaliselt tugevad pakased, aasta keskmine temperatuur aga on alla 0°. Suvi on lühike, suvised päevad pikad. Sademete hulk ei ületa 200—300 mm. Lumikate ületab harva 1 m ja ainult tugevad põhjatuuled kuhjavad kõrgeid lumehangi. Tundratele on iseloomulik igikelts; taimejuured arenevad ainult pindmistes kihtides, mis sulavad pikkadel suvepäevadel. Vegetatsiooniperiood on lühike — 2—2,5 kuud.

Tundrates domineerib mitmeaastane roht- ja põõsastaimestik. Taimestik on madalakasvuline, sest sajandite jooksul on külmunud kõik taimeosad, mis lumehangedest välja ulatusid, ja seepärast ongi taimed sellise kuju omandanud.

Tundrale on iseloomulikud madalakasvulised kääbuskased, kuused, kadakad, lehised, pihlakad ja pajud. Veel lähemale maapinnale on end surunud samblad, samblikud, osjad, jõhvikad, pohlad, mustikad, sinikad, küüvitsad, kanarbikud ja drüüased. Levinud on samuti kukemari, rabamurakas, kevadikud, kivirikud, hunditubakad, tulikad, maranad, palderjanid, aruheinad, nurmikud, tarnad, villpead jt.

Tundrate iseloom muutub olenevalt reljeefist, mullastikust ja mere lähedusest. Tundra võib olla samblikutundra, kaljune tundra, samblatundra ja polügonaalne tundra. Need nimetused iseloomustavad tundratüüpi. Polügonaalsel tundral on tasandiku iseloom, kus taimestikulaigud vahelduvad taimestikuta maa-aladega.

Tundrate ülesharimisel kasutatakse uusi agrotehnilisi võtteid. Siin kasvatatakse varavalmivaid teraviljasorte, kartulit, naerist,

kapsast (nuikapsas) jt. köögivilju. Kasutatakse uusi võimalusi taimede kasvatamiseks kasvuhoonetes (elektriküttel).

Sobivateks heintaimedeks tundras on ohtetu luste, aruhein, aas-rebasesaba, timut jt. Suur majanduslik tähtsus on põdrakasvatusel, sest suured samblike ja teiste taimedega kaetud alad sobivad karjamaadeks nende loomade pidamisel.

Metsavöönd paikneb laia vööndina lõuna pool tundraid. Suurte jõgede kallastel tungivad metsad sügavale tundrasse ja ulatuvad kohati Põhja-Jäämereni. Metsavööndi põhjapiiril esineb harva puid (kuusk, haab jt.), nad on kidurad ja muutuvad vähehaaval põõsastikuks. Seda vööndi üleminekuosa nimetatakse metsatundraks.

Tüüpilised metsavööndimullad on leetmullad (saviliiv- ja liivsavimullad, kohati soomullad). Aasta keskmine temperatuur on 2—5°, sademete hulk 500—700 mm aastas. Kliima muutub karmimaks läänest itta.

Metsavööndi põhjapoolsetes rajoonides on levinumaks puuks kuusk. Koos kuusega hõivab Siberis laialdasi alasid nulg, kust ta ulatub ka sügavale Nõukogude Liidu Euroopa-ossa. Siberis on levinud siberi lehis ja seedermänd. Suuri okasmetsade all olevaid maa-alasid, kus okaspuude hulgas esineb vaid kohati lehtpuid, nimetatakse taigaks. Metsavööndi liivasematel aladel on levinud mänd, kus ta moodustab tihedaid metsi, mida nimetatakse paludeks («бор»). Mänd on vööndi tevaheline puu, teda esineb ka teistes vööndites.

Põhjast lõuna ja idast lääne suunas on levinud segametsad. Okaspuuliikidega segunevad siin lehtpuud (peamiselt kased, haavad, lepad, pajud, toomingad ja pihlakad). Peale selle kuuluvad lehtmetsade koostisse tihti ka pärn, vaher, õuna- ja pirnipuu.

Suurem osa lehtpuid on tunginud Nõukogude Liidu Euroopa-ossa edelast pärast jääajastut. Pöögiliste ja valgepöögimetsad on levinud Karpaatides, kust need liigid on tunginud Lääne-Ukrainasse ja Moldaaviasse. Veidi kaugemale itta on levinud saar, pärn ja tamm; tamm ulatub oma saatja sarapuuga kohati Uraalide taha. Pärna kohtab Lääne-Siberis, kask on aga veel ulatuslikuma levikuga.

Ühe ja sama metsa ilme muutub tugevasti aegade jooksul. Puuliikide vahetus toimub kas raie või metsatulekahjude tõttu. Okaspuudest paljaks jäänud alale kannab tuul haava- või kaseseemneid. Peale selle esineb okasmetsade alusmetsas alati lehtpuuliike, kuigi allasurutud seisundis. Lagedal alal hakkavad need puukesed — kask ja haab — kiiresti kosuma, kasvama ja lõpuks kujuneb välja lehtmets. Lehtmetsa kaitse all kasvavad jälle hästi okaspuuliigid, eriti kuusk, mis lõppude lõpuks ületavad kasvus haava ja kase ning suruvad lehtpuud uuesti alla.

Lehtmetsades on kõrgetüveliste puude all alusmets, mis koosneb väikestest puudest ja mitmesugustest põõsastest, nagu pihla-

kad, sarapuud, kikkapuud, paakspuud, kuslapuud, kibuvitsad, vaarikad, põldmurakad, leedripuud, lodjapuud jt. Rohttaimestik (alumine rinne) koosneb sadadest liikidest, mis kuuluvad mitmetesse sugukondadesse ja moodustavad keerukaid assotsiatsioone, kus taimed õitsevad varakevadest sügiseni.

Kuusemetsade madalakasvuline taimestik on ühtlasem ja selles on esindatud niisugused liigid, nagu kadakas, paju, uibuleht, pohlad, mustikad, jänesekapsas, leseleht ja maikelluke. Männimetsades, eriti paludes, on taimestik veelgi vaesem: põdrasamblik, palukarukell, pohl, kanarbik, luht-kastevars ja kastik.

Omapärane on metsavööndis levinud turbasoode taimestik. Samblad (turbasammal ja karusammal), tarnad, load, villpead, kailud, küüvitsad, jõhvikad jt. moodustavad kõikuva vaiba. Neis kohtades esineb sagedasti huulheina. Sügavamal samblakattes toimub turba moodustumine; tänu sellele kogunevad väärtuslikud turbalademed.

Metsavööndis on levinud ka tarnasood ja mitut tüüpi niidud. Viimastest on eriti taimestikurikkad (kõrrelised, liblikõielised, segarohud) üleujutatavad luhaniidud, mis paiknevad piki Nõukogude Liidu Euroopa-osa, eriti Siberi suuri ja väikesi jõgesid. Neil aladel on soodsad tingimused loomakasvatuseks.

Metsavööndis, eriti selle lõuna- ja keskosas, võib saada suuri põllumajanduskultuuride saake, kui kamarleetmuldadele anda orgaanilisi ja mineraalväetisi, samuti ka lupja, ratsionaalselt harida mulda, hoolikalt hävitada umbrohte, igal pool kasutada ainult aretussorte ja kuivendada liigniiskeid alasid.

Kaasaegne tehnika võimaldab turvast väetisena kasutada.

Metsavööndis võib hoolsa tööga saada suuri nisu, kartuli, tatra, herne, oa, viki jt. kultuuride saake. Tehnilistest kultuuridest on levinud lina ja kanep.

Metsavööndis töödeldakse metsa, arendatakse loomakasvatust, põllundust, köögiviljandust ja puuviljandust, samuti ka mesindust, mis mõjub soodsalt paljude taimede saagikusele ja annab väärtuslikke saadusi — mett ja vaha. Metsavööndist saab ka väärtuslikke karusnahku, kala, siin on palju seeni, marju, selles vööndis on tohutuid mineraaliladememeid.

S t e p i v ö ö n d. Lõunaosas asendub metsavöönd stepiga. Põhjas läbib stepivööndi piir põhjapoolse osa Ukrainast, Kurski, Orjoli, Tuula ja Tambovi oblasti ja edasi Uraali lõunaosa, mis laiub Lääne- ja Ida-Siberis. Lõunas ulatub stepivöönd Musta mere, Aasovi mere ja Kaspia mere kallasteni.

Üleminekuastmeks metsastepi ja stepi vahel on metsastepp, mida võib vaadelda kui stepi algust ja mis kulgeb piki mustmulla-ala põhjapiiri. Metsasteppi iseloomustavad kergelt kallakad, lainjad, ovraagidest läbitud tasandikud. Metsastepimullad on üleminekuvormiks hallidelt metsamuldadelt ja kamarleetmuldadelt tüüpilistele mustmuldadele. Nõukogude Liidu Euroopa-

osa metsastepis esineb suuri metsaalasid, nõndanimetatud tammesalusid, kus domineerib tamm, kuid esinevad ka saar, pärn, vaher, haab, kask ja paju. Uraali jalamil ja edasi Siberis asendub tamm kasega. Alapuistu koosneb siin põõsastest ja madalatest puudest, sarapuust, kikkapuust, pihlakast, lepast, paakspuust, näsiniinest, kuslapuust, põldmurakast, kibuvitsast, leedripuust, lodjapuust, metsõunapuust ja metspirnipuust. Metsades esinevad mõnikord ka okaspuud — kuusk, nulg, lehis, kuid nad ei ole metsastepile tüüpilised. Männimetsad moodustavad kohati suuremaid massiive, mis paiknevad tavaliselt jõekallaste liivastel pinnastel.

Laialeheliste metsade rohttaimestik on metsastepis mitmekesisem kui metsavööndis. Rohkem on sõnajalgu, sarikalisi, huulõielisi ja käpalisi. Käpalistest on siin kõige levinum kaheleheline käokeel, siin-seal esineb kuldkinga, vääntaimedest esineb humalat. Metsastepi mustmuldadel kasvavad tüüpilised stepitaimed: metsmandlipuu, ubapõõsas, stepikirss, enelas, leetpõõsas, mägiristik, salvei, angerpist, vaak, naistenõges, kõrbekaer ja stepirohi.

Metsastepist lõuna pool algavad stepivööndi alad. Nõukogude Liidu Euroopa-osa lõunapoolsed stepid ja Volga-tagused stepid erinevad nii mullastiku kui ka taimestiku koostiselt. Volga-tagustes steppides on kontinentaalsem kliima ja muld on siin soolakam. Suvi on siin palav ja talv külm. Aasta keskmine temperatuur on 3—7,5°. Sademeid on 360—480 mm, nende jaotumine aga väga ebaühtlane. Esinevad tugevad tuuled ja hävitavad suhhoveid.

Steppi iseloomustavaks tunnuseks on tasandikuline laad, huumusaineterikas mustmuld ja väga vähe looduslikke metsi, eriti kaguosas. Lehtmetsi esineb lõunapoolsetes steppides vaid uhtorgudes, ovraagides, madalamates kohtades ja ainult põhjapoolsemates rajoonides ka jõgede veelahkmetel. Steppide metsatusel on mitmeid põhjusi: sademete vähesus, rohke auramine, mullalahuste kõrge kontsentratsioon, suhhoveid, aga ka väär majandamine minevikus.

Teadus ja eesrindlike kolhooside ja sovhooside kogemused on näidanud, et metsakasvatus ja agronoomiliste abinõude süsteem, mis aitab kaasa vee kogunemisele ja säilitamisele mullas ning umbrohutõrjele, võib tunduvalt vähendada põua mõju steppides, nii et siin võib saada püsivaid viljasaake.

Suure mitmekesisusega paistab silma looduslik rohttaimestik, mis on säilinud mõnel pool uudismaasteppides, samuti ka taimestik, mida kohtame uhtorgudes, ovraagides ja nõgudes. Varakevadel õitsevad tulbid, hüatsindid, laugud, ülased, adoonised ja pojengid; seejärel õitsevad võhumõõk, merikapsas, öökannike, linnupiim ja hulk taimi huulõieliste sugukonnast — naistenõges, pune, liivatee, salvei jt.; liblikõieliste sugukonnast — hundihambad, vikid, lutsernid, ristikud; sarikaliste sugukonnast — jänesekõrvad, ogaputk ja korvõieliste sugukonnast —

pujud, vaagid, rukkililled, paskheinad, samuti hulk taimi teistest sugukondadest. Kõrrelistest on stepile eriti iseloomulikud stepirohi, stepi-aruhein, mugul-nurmikas ja harjakas haguhein.

Paljud stepitaimed sisaldavad eeterlikke õlisid, näiteks diktamnus, salvei ja mürt. Mõned neist on huvitavad seemnetega levimisviisi poolest, näiteks vits-ogamalts («перекати-поле»), okasmalts, merikapsas ja tuliürt; stepirohuviljadel, seemnistel, on aga võime maasse tungida.

Stepivöönd on teraviljade ja kaunviljade, maisi, suhkrupeedi, kartuli, päevalille, riitsinuse, sojaoa ja paljude teiste väärtuslike põllutaimede viljelemise alaks. Ka kõrvitsalisi, köögivilju, puuvilja- ja marjakultuure viljeldakse steppides laialdaselt.

Stepirohusteppidest lõuna poole levivad poolkõrb ja kõrb. Nad hõlmavad kogu Kaspia mere äärse madaliku ja ulatuvad kaugele Kaspia mere taha. Siberis levivad poolkõrbed lõuna poole 51.—52. põhjalaiuskraadi ja muutuvad pikkamisi laialdaseks Kesk-Aasia kõrbeks.

Kliima kuivus on tingitud vähesest sademetehulgast — 350—150 mm. Suvi on palav, talv külm.

Aasta keskmine temperatuur on 2—6°. Poolkõrbemullad on sooladega küllastunud; esineb palju soolakuid. Poolkõrbetaimed ei moodusta ühtset heintaimikut. Nende seas on palju neid, mis on mitmesuguste kohanemisvahenditega (karvakesed, kutiikula, võime lehti kokku keerata, kõrge osmootne rõhk ja pikad juured) hästi kaitstud kuivamise ja ülesoojenemise vastu. Kõrrelistest on levinud stepiaruhein, liblikõielistest kaamelirohi, korvõielistest pujud, karvane rinnarohi, püreeter ja paskhein. Palju esineb taimi maltsaliste sugukonnast — kohhia, sarvviljak, okasmalts jt.

Soolakutel kasvavad ainult halofüüdid ehk soolakutaimed.

Määratu suur Kesk-Aasia kõrb, mis ulatub Kaspia ja Araali merest ida poole, ei ole samuti täiesti taimedeta. Kõrbetaimestikul on eriline võime põuda ja liivatuisku taluda. Rohttaimedest kohtame siin siberi orasheina, mugulnurmika teisendit *Poa bulbosa var. vivipara* ja liivatarna; poolpõõsastest ja põõsastest kasvavad siin pujud, kohhia, džuzguun ja saksaul.

Kõrbed ei ole siiski elutud. Niisugused taimed nagu liivtarn, mugulnurmika teisend jt. on kõlblik lambasööt. Oaasides ja jõeorgudes kasvatatakse kunstliku niisutuse abil puuvillapõõsast, riisi, nisu, sojauba, koerakoolu, lutserni, väärtuslikke viljapuid ja viinamarju.

Niisutussüsteemid, mida ehitatakse praegu paljudes Nõukogude Liidu põuarajoonides, ja küllaldase hulga mineraalväetiste kasutamine annavad võimaluse perioodiliste ikalduste vastu võidelda.

Musta mere ranniku taimestik. Lopsakamat taimestikku Nõukogude Liidus kohtame Kaukaasia ja Krimmi Musta mere rannikul. Kõrged mäeahelikud kaitsevad rannikut külmade

põhjatuulte ja kuivatavate idatuulte eest, Musta mere vesi aga teeb kliima pehmeks ja niiskeks. Kaukaasia Musta mere ranniku keskmine aastatemperatuur on 12—15°, suvel on aga keskmine temperatuur 20—24°. Talvised külmad on lühiajalised ja harva langeb temperatuur —6°—10°-ni. Aastane sademetehulk kõigub 1400—2500 mm piirides. Taimed ei kasva mitte ainult pikal (üle kuue kuu kestva) kevad-suvisel perioodil, vaid ka talvel, sest keskmine temperatuur on talvel sageli üle 5—6°.

Kaukaasia flooras on üle 6000 liigi, millest enamikku kohtame just Musta mere rannikul. Kaukaasia ja Krimmi lõunaranniku taimestik sarnaneb Vahemere ranniku taimestikuga. Esineb palju taimi, mis on säilinud tertsiaarajastust (pukspuu, jugapuu ja rododendron).

Lumepiirist madalamal, Kaukasuse mägedel, laiuvad suurepärased «alpi aasad» (karjamaad), kus kasvab rohkesti rohttaimi, mis on karjale suurepäraseks söödaks. Kõrgmäestikutaimede hulka kuuluvad põõsad — kaukaasia mustikas, rododendronid ja asalead.

Karjamaadest madalamal on Kaukasuse mägede nõlvad kattunud okasmetsadega, mis koosnevad kõrgetüvelistest nulgudest ja kuuskedest. Veel madalamal on mäenõlvad kattunud tihedate laialeheliste metsapadrikutega, kus esinevad harilik pöök, valgepöök, päriskastanipuu, tamm, saar, õunapuu, pirnipuu, kirssploomipuu, kontpuu, maguskirsipuu, kreeka pähklipuu ja viigipuu. Kolhise madalikul koosneb alusmets põõsastest, nagu loorberkirss, okastürn, rododendron, astelpõõsas, põldmurakas ja ruskus, samuti vään- ja ronitaimedest.

Paljud taimed on igihaljad. Kohati esineb pakse pukspuu- või pöökpuutihnikuid, samuti ka suuri jugapuid; mõlemad liigid annavad väärtuslikku puitu.

Kaukaasia (ja Krimmi) Musta mere rannikul kasvatatakse palju väärtuslikke taimi. Ühtedel neist on dekoratiivne tähtsus, teised on väärtuslikud põllumajanduskultuurid.

Dekoratiivsetest okaspuudest kasvatatakse küpresse, idakuuski, pikaokkalisi mände, elupuid, seedreid, jugapuid ja sekvoiasid. Musta mere ranniku parke, tänavaid ja maanteid kaunistavad mitmesugused palmid, küpressid, samuti ka oleandrid, loorberkirsid, loorberipuud, akaatsiad, magnooliad, liaanid — glütsiiniad ehk vistaariad, pueraariad, tekoomad, luuderohud ja roosid. Banaanid, draakonipuud, tääkliiliad, agaavid, bambused ja paljud teised taimed täiendavad maalilise nõukogude subtroopika ilu.

Eriti väärtuslikud on Musta mere ranniku kultuurid — teepõõsas, tsitrusviljalised (mandariinid, sidrunid, apelsinid), viinapuu, õlipuu, kakiploomipuu, samuti pirni-, ploomi-, maguskirsi-, aprikoosi-, persiku-, granaadipuu jt. viljapuude sordid.

Musta mere rannikul kasvavad hästi ka paljud tehnilised kul-

tuurid. Siia kuuluvad väärtuslikud tubakasordid, mitmesugused eeterlikke õlisid sisaldavad kultuurid — roosa pelargoon, lavendel, kampripuu ja tuberoos, samuti kiudu ja niint andvad taimed — ramjee, käsnkõrvits ja uniohakas. Guta saamiseks kasvatatakse eukommiapõõsast, lakkvärviõli saamiseks tungpuud, korgi saamiseks korgitamme. Eukalüptid on kõrged puud, mida kasvatatakse soode kuivatamiseks ja parkainete ning puidu saamiseks, mis ei mädane kergesti. Bambust kasvatatakse ehitusmaterjaliks, mööbli, muusikariistade, veetorude, raadioantennide ja paberi valmistamiseks ning paljudeks teisteks otstarveteks.

Peale ülalloetletud taimede katsetatakse Musta mere rannikul veel paljude kasulike taimedega (kiinapuu, paberipuu, seebipuu jt.).

Nõukogude Liidu floora rikkus ja taimestiku tsonaalne jaotus on tingitud mullastiku ja kliima mitmekesisusest. Mullastik ja kliima muutuvad polaarvööndist kuni lähistroopikani. Taimeriik allub alalistele muutustele.

Inimene, kelle käsutuses on eesrindlik tehnika, põhjustab olulisi muutusi taimkattes: ürgmetsad annavad maad põllukultuuridele, põliselt kasutamata maad küntakse üles ja muudetakse põllumajanduskõlvikuteks, stepialad metsastatakse, ehitatakse suurejoonelisi niisutussüsteeme. Paljudes kohtades säilib looduslik taimkate vaid looduskaitsealadel, kuigi paljudes maailmamaades, nagu ka NSV Liidus, esineb veel palju puutumatuid taimseid ressursse (Taga-Kaukaasia, Amuurimaa, Altai eelmäestiku, Siberi taiga jt. taimkate).

Nõukogude Liidus on ligi 300 liiki kultuurtaimi. Kogu maakeral kultiveeritakse ligi 3000 liiki, mis moodustab aga ainult 2% looduses esinevate seemnetaimeliikide üldarvust. Jääb järele veel tohutu reserv (98%), tänu sellele võib kultuurtaimede sortiment tulevikus täieneda. Peale selle on välja töötatud terve hulk meetodeid, mille abil võib uusi taimeliike saada.

3 TAIMEFÜSIOLOOGIA

XII PEATÜKK

TAIMEDE KEEMILINE KOOSTIS JA AINETE TUNGIMINE RAKKU

TAIMEDE ELEMENDILINE KOOSTIS

Taimed koosnevad veest, orgaanilistest ja anorgaanilistest ehk tuhkainetest. Veekogus leitakse taime kuivatamisel 105—110° juures kuni püsiva kaaluni. Lahutades kuivatatud taime kaalu tema esialgsest kaalust, saame vee kaalulise koguse. Kuivatatud taim koosneb kuivainest. Veekogus on erinev nii eri taimedes kui ka sama taime eri organites.

Võime öelda, et taimede mahlakad osad (lehed, rohtsed varred, õied, mugulad, lihakad juured ja mahlakad viljad) sisaldavad ümmarguselt 80—90% vett, taimede õhukuivad osad (seemned, kuivad varred ja kuivad viljad) aga 10—12% vett.

Vesi on kõikide organismide elutegevuse alus. Ainete sisenemine ja vahetus ning nende liikumine taimes on võimalikud ainult vee olemasolul. Vett on vaja fotosünteesiks, rakkude ja taime kasvamiseks, üldse kõikideks eluprotsessideks.

Kuumutades taime kuivainet tiiglis, võime selle söestada ja ära põletada. Täielikuks põletamiseks tuleb tiiglit kestvalt kõrgel temperatuuril kuumutada. Tiiglipõhja jääb siis mittepõlev hall jääk, mida nimetatakse tuhaks. Taime ärapõlevat osa nimetatakse orgaaniliseks aineks.

Tuhakogus on taimedes väga kõikuv. Taime kuivaine sisaldab keskmiselt 5% tuhka. Taimede üksikute organite tuhasisaldus kaldub sellest keskmisest arvust tunduvalt kõrvale. Ligikaudselt sisaldavad tuhka: seemned 3%, lehed 12%, juured ja rohtsed varred 4—5%, puit 1%, puukoor 7%. Taime arenedes suureneb tuhakogus lehtedes. Vees kasvavad taimed sisaldavad tuhka rohkem, maismaal kasvavad taimed aga vähem. Vetikad koguvad endasse tuhka kuni 50% ja rohkemgi.

Taimetuha keemilised analüüsid näitavad, et see koosneb peaaegu kõigist vees ja mullas leiduvatest elementidest. Metallidest esinevad sagedamini K, Ca, Mg, Fe, Na, Zn, Co, Cu, Al ja Mn; mittemetallidest S, P, Cl, Si, I, Br ja B. On leitud koguni niisuguseid elemente, nagu Au, Ag, Li ja Rb.

Sagedamini tuhas leiduvatest elementidest on taimele vajalikumad K, Ca, Mg, Fe, S ja P. Elementide tähtsusest on lähemalt juttu taimede toitumist käsitlevas peatükis.

Kuivaine orgaaniline osa (95%) koosneb süsinikust (C), vesinikust (H), hapnikust (O) ja lämmastikust (N). Neid elemente nimetatakse *organogeenideks*. Põletamisel ühineb kuivainesüsinik õhuhapnikuga, moodustades süsihappegaasi, vesinik aga annab hapnikuga ühinedes veeauru.

1828. aastal sai teadlane Wöhler sünteetilisel teel esimese orgaanilise aine (karbamiidi) ja alates sellest ajast, nagu teada, on välja arenenud süsinikuühendite keemia — orgaaniline keemia, mis toodab käesoleval ajal sünteetilisel teel hulgaliselt orgaanilisi ühendeid.

Arvukad analüüsid näitavad, et taimekuivaine sisaldab keskmiselt (protsentides):

Süsinikku	45,0	Keeruka koostisega tuhka	5,0
Hapnikku	42,0	Lämmastikku	1,5
Vesinikku	6,5		

TAIMEDE BIOKEEMILINE KOOSTIS

Lämmastikuvabad ühendid

Käsitleme süsivesikuid (sahhariide), rasvu, orgaanilisi happeid ja parkaineid. Kõik need ühendid etendavad taimede elus tähtsat osa ja esinevad nii vegetatiivsetes kui ka paljunemisorganites.

Süsivesikud. Süsivesikud koosnevad süsinikust, vesinikust ja hapnikust. Viimased kaks elementi on omavahel samas hulgalises vahekorras kui veeski (H_2O), s. t. teatava vesinikuaatomite arvu kohta tuleb kaks korda väiksem arv hapnikuaatomeid.

Süsivesikud moodustavad 85—90% ainetest, millest taim koosneb. Süsivesikud on taimerakkudes ja -kudedes põhiliseks toite- ja tugimaterjaliks.

Süsivesikud jagunevad *monosahhariidideks*, *disahhariidideks* ja *polüsahhariidideks*.

Monosahhariididest on taimedes levinud heksoosid, mille koostis on $C_6H_{12}O_6$. Nende hulka kuuluvad glükoos, fruktoos jt.

Glükoosi (viinamarjasuhkur, dekstroos) esineb viinamarjades (umbes 20%), õuntes, pirnides, ploomides, maguskirssides, viigimarjades jm. Glükoos on kristalliseerumisvõimeline.

Fruktoos (puuviljasuhkur, levuloos) ei kristalliseeru kergesti ja esineb koos glükoosiga puuviljades, õienektaariumides (meenäärmetes), mees, sibulates jm.[1]

Heksooside omadused on järgmised. Nad on magusa maiguga ja lahustuvad kergesti vees. Heksooside primaarne moodustumine toimub lehtedes. Nad muunduvad kergesti tärkliseks, mis võib omakorda vastavate ensüümide toimel tagasi suhkruks muunduda. Glükoos ja fruktoos võivad kergesti rakust rakku tungida ja taimes kiiresti edasi liikuda. Heksoosid käärivad kergesti pärmseente mõjul ja muunduvad alkoholiks (sellest vt. lähemalt peatükis «Käärimine»). Heksooside spetsiifiliseks ja tundlikuks reaktiiviks on sinine Fehlingi lahus, mille abil saab kergesti avastada ka nende väiksemaid koguseid: soojendamisel tekib tellispunane vask(I)oksiidi sade.

Heksoosid ühinevad taimedes mõnikord aromaatsete alkoholide ja mõrude või sööbivate ainetega. Neid ühendeid nimetatakse glükosiidideks, näiteks amügdaliin, millest tuleneb mandli ja teiste luuviljaliste taimede seemnete mõru maik. Amügdaliin sisaldab mürgist ainet vesiniktsüaniidi (sinihapet). Glükosiidid kaitsevad seemneid ja vilju rohusööjate loomade vastu ja lihakate viljade seemneid enneaegse idanemise vastu.

Disahhariidid on süsivesikud valemiga $C_{12}H_{22}O_{11}$. Nende hulka kuuluvad sahharoos (roosuhkur) ja maltoos (linnasesuhkur). Sahharoos tekib taimedes heksoosi kahe molekuli (glükoosi ja fruktoosi) ühinemisel ja veemolekuli eraldumisel:

$$C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6 = C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$$

Roosuhkru väävelhappega keetmisel liitub temaga veemolekul ja roosuhkur laguneb glükoosiks ja fruktoosiks:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$$

Samasugune reaktsioon toimub roosuhkruga, kui seda mõjutada ferment invertaasiga, sellepärast nimetatakse roosuhkru heksoosideks muundumist inversiooniks ja saadud heksooside segu invertsuhkruks.

Roosuhkur on suhkur, mida tarvitatakse toiduks, teda toodetakse juba ammust ajast troopikamail kasvava kõrrelise, suhkruroo (*Saccharum officinarum*) vartest. Roosuhkrut esineb ka paljudes juurviljades, kõige rohkem suhkrupeedijuurtes (17—

[1] Fruktoosi nimetatakse levuloosiks sellepärast, et teda läbides pöördub polariseeritud valguskiir vasakule. Vastupidi fruktoosile pöörab glükoos polariseeritud kiire paremale. Polariseeritud valguskiireks nimetatakse valguskiirt, mis on lastud läbi kahekordse kiirtemurdumisega islandi paost prismade. Need prismad on polarisatsiooniaparaadi koostisosaks.

23%). Suhkrupeedist saadakse roosuhkrut suhkruvabrikutes. Sahharoos lahustub kergesti vees ja kristalliseerub hästi (peensuhkur). Ta ei taanda Fehlingi lahust.

Maltoos tekib tärklisest ferment amülaasi toimel:

$$2(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O = nC_{12}H_{22}O_{11}$$

Maltoosimolekul hüdrolüüsub ferment maltaasi toimel kaheks heksoosimolekuliks:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 2C_6H_{12}O_6$$

Maltoos taandab Fehlingi lahuse.

Mõningates taimedes (puuvillal seemnetes, eukalüptil lehtedes, suhkrupeedil juurtes jne.) esineb veel trisahhariid rafinoosi ($C_{18}H_{32}O_{16}$).

Polüsahhariidid on süsivesikud koostisega $(C_6H_{10}O_5)_n$. Polüsahhariide võib käsitleda kui ühendeid, mis koosnevad mitmest monosahhariidimolekulist, millest on eraldunud niisama palju veemolekule:

$$nC_6H_{12}O_6 - nH_2O = (C_6H_{10}O_5)_n$$

Taimedes esinevad järgmised polüsahhariidid: tärklis, inuliin, kiudaine ehk tselluloos, hemitselluloos, pektiinained jt. Seentes leidub glükogeeni, loomorganismidele omast süsivesikut, mida selle tõttu nimetatakse ka loomseks tärkliseks.

Tärklis on kõrgmolekulaarne süsivesik, mis esineb taimedes varuainena. Primaarne tärklis tekib rohelistes taimeosades, näiteks lehtedes, fotosünteesi tulemusena. Tärklis muundub lehtedes glükoosiks, mis muundub roodude floeemis sahharoosiks, voolab lehtedest ära ja suundub taime kasvavatesse osadesse või varuainete säilituskohtadesse. Neis kohtades muundub sahharoos tärkliseks, mis ladestub väikeste terade näol. Niisugust tärklist nimetatakse sekundaarseks tärkliseks. Joonisel 7 (vt. peatükk I) on kujutatud mitmesuguseid mikroskoobis nähtavaid tärklisteratüüpe.

Sekundaarse tärklise ladestuskohtadeks on mugula-, juure- ja viljarakkudes olevad leukoplastid.

Tärklise põhiomadused on järgmised: 1) ta ei lahustu külmas vees; 2) muundub vees kuumutamisel kliistriks; 3) värvub joodilahuse toimel siniseks, tumesiniseks, violetseks või mustaks (sõltuvalt lahuse kontsentratsioonist); 4) muundub ferment amülaasi või α-glükaanfosforülaasi toimel suhkruks; 5) tärklisteradel on varjatud kristalne ehitus; 6) polariseeritud valguses helendavad tärklisterad ja nendel on nähtav iseloomulik tumeda risti kujutis.

Tärklis koosneb mitmest komponendist — amüloosist, amülopektiinist jne., mis erinevad vees lahustuvuse, joodilahusega reageerimise ja mõnede teiste omaduste poolest. Amüloos lahustub soojas vees ja värvub joodi toimel eresiniseks; amülopektiin ei lahustu kuigi hästi isegi kuumas vees ja värvub joodi toimel punakasvioletseks.

Tärklisehulk taimedes on väga kõikuv, kõrrelised teraviljad sisaldavad tärklist 60—70%, kaunviljad 35—50%, kartul 15—25%.

Inuliin on paljude korvõieliste taimede maa-alustes organites varusüsivesikuna esinev polüsahhariid. Niisugusteks taimedeks on näiteks vaak (*Inula*), daalia, maapirn jt. Inuliin esineb rakkudes lahustunud olekus. Kui korvõieliste taimede juuri ja mugulaid piirituses hoida, siis kristalliseerub inuliin välja sfärokristallide näol (joonis 6).

Kiudaine ehk tselluloos ei lahustu vees nagu tärkliski. Rakukestad koosnevad tselluloosist. Tselluloosi koostis sarnaneb tärklise koostisega. Puhta tselluloosi näitena võime nimetada vatti, mis koosneb puuvillataime seemneid katvatest karvadest. Kvaliteetne filterpaber koosneb samuti puhtast tselluloosist. Tselluloos lahustub vask(II)hüdroksiidi ammoniakaalses lahuses. Väävelhappe toimel muundub tselluloos amüloidiks, mis on tärklisetaoline ja joodi mõjul siniseks värvuv kolloidne aine. Tselluloos lahustub kontsentreeritud väävelhappes, muundudes glükoosiks. Tselluloosi reaktiiviks on kloor-tsink-jood, mille mõjul ta värvub violetseks. Tsinkkloriid muundab tselluloosi nagu väävelhapegi amüloidiks, mis värvub joodi mõjul. Joodi toimel värvub tselluloos kollaseks.

Tselluloos etendab tähtsat osa tööstuses (kangad, paber, tselluloid, püroksüliin).

Taimerakkude tselluloossed kestad puituvad või korgistuvad vananedes.

Tselluloosi ja ligniini (puitaine) hulk kõigub eri taimedes ja nende osades tugevasti. Näiteks sisaldavad paljasteraliste kõrreliste (rukki, nisu) viljad 3—4% tselluloosi ja ligniini, sõklasteraliste kõrreliste (odra, kaera) viljad aga 8—10%, hein 34%, kaeraõled 40%, rukkiõled kuni 54%.

Hemitselluloos on koostiselt tselluloosiga sarnane säilitusaine. Hemitselluloos ei lahustu vees, kuid lahjendatud happed hüdrolüüsivad teda, tselluloos hüdrolüüsub aga kontsentreeritud hapete mõjul.

Hemitselluloos ladestub kõrreliste (rukki, maisi jt.) teriste rakukestades, lupiini, datlipalmi ja palmi *Phytelephas macrocarpa* seemnetes. Selle palmi seemneid kasutatakse nende kõvaduse tõttu nööpide valmistamiseks (nn. «taime elevandiluu»). Seemnete idanemisel lahustub hemitselluloos, muundudes fermentide toimel suhkruks, mida idu kasutab toiduks.

P e k t i i n a i n e i d — kõrgmolekulaarseid polüsahhariide — leidub rohkesti puuviljades, taimevartes ja mugulates. Pektiinained esinevad taimedes tavaliselt vees lahustumatu protopektiini näol. Puuviljade valmimisel muundub rakukestades sisalduv, vees lahustumatu protopektiin lahustuvaks pektiiniks. Linaleotamisel hüdrolüüsuvad pektiinained mikroorganismide mõjul — toimub matseratsioon[1] ja kiudude eraldumine üksteisest.

L i m a d j a k u m m i d on vees lahustuvad kolloidsed polüsahhariidid. Limasid sisaldab suures koguses linaseemnekest. Kummit võib täheldada «kirsivaigu» näol kirsi-, ploomi-, aprikoosipuu jt. puude tüvede ja okste vigastatud kohtadel.

L i h h e n i i n on polüsahhariid, mida leidub samblikes (näiteks islandi samblikus, *Cetraria islandica*).

A g a r - a g a r on mõnedes merevetikates esinev kõrgmolekulaarne polüsahhariid. Agar-agar lahustub kuumas vees, kuid hangub pärast jahtumist tarretise näol. Teda kasutatakse bakterioloogias toitekeskkonnana ja kondiitritööstuses želee, pastilaa ja marmelaadi valmistamiseks.

Taimerasvad ja eeterlikud õlid. Rasvad on varuained. Keemiliselt koostiselt on rasvad rasvhapete triglütseriidid. Rasvhapetest on tähtsamad palmitiin-, oleiin-, stearіin-, linool- ja linoleenhape. Rasvad on samuti kui süsivesikudki lämmastikuvabad ühendid ja koosnevad süsinikust (C), vesinikust (H) ja hapnikust (O), mis on omavahel keerulises ühenduses. Rasvad ei lahustu vees ja annavad selles loksutamisel emulsiooni. Taimedes esinevad nad protoplasmas.

Õli sisaldavate seemnetega taimi on looduslikes tingimustes tunduvalt rohkem (kuni 90%) kui tärklist sisaldavate seemnetega taimi (10%). Rasvade kalorsus (umbes 9 kilokalorit 1 g rasva kohta) on tärklise kalorsusest üle kahe korra suurem. Selle tõttu on rasvad seemnete varumaterjalina eriti väärtuslikud. Põllumajanduslike õlitaimede seemneist toodetavat taimeõli kasutatakse toiduks ja tööstuses.

Suuremas koguses sisaldavad rasvu säilitusainena järgmiste taimede seemned: kanep 33%, lina 34%, puuvillapõõsas 34%, magun 44%, raps (õlikaalikas) 45%, kõrvits 50%, päevalill 50%, mandlipuu 53% ja kookospalm 66%. Õlirikkaid taimi nimetatakse õlitaimedeks. Kõrreliste terised sisaldavad võrdlemisi vähe rasvu: rukis ja nisu 1,5%, kaer 6%, mais 7%; liblikõielistest taimedest lupiin 5,3%, hernes 3%, sojauba 18%; kartulimugulad ja peedijuured sisaldavad samuti võrdlemisi vähe rasvu: kartul 0,3%, peedijuured 1%, rohelised vikivarred 0,6% ja kõrreliste varred 0,7%.

---

[1] M a t s e r a t s i o o n (ladinakeelsest *«maceratio»* — pehmeks tegemine) — loomulik või kunstlik rakkude eraldumine rakuvahelise aine lagunemise tulemusena.

Toodud andmetest võib esineda kõrvalekaldumisi, sõltuvalt kasvutingimustest ja sordist.

Rasvade omadused: 1) leeliste manulusel kuumutamisel lagunevad (hüdrolüüsuvad) rasvad glütseriiniks ja rasvhapeteks (seebistumine); 2) rasvad lahustuvad kergesti eetris ja süsinikdisulfiidis; 3) muutuvad osmiumhappe toimel mustaks; 4) värvuvad veega lahjendatud alkannatinktuuri toimel punaseks; samasuguse värvuse saame reaktiivi sudaan III kasutamisel; 5) tekitavad paberil õliplekke.

Peale rasvõlide (ehk rasvade) leidub taimedes veel eeterlikke õlisid ja vaike, mis sisaldavad kamprit või terpeene. Neil on aroom, millest tuleneb õite, noorte kevadiste pungade ning mõnede taimede (köömne, tilli, nõmmemündi, koriandri, kampripuu, okaspuude, pistaatsia jt.) kõigi osade lõhn. Eeterlikud õlid lenduvad kergesti ja selle tõttu kaovad kergesti nende poolt paberile jäetud õliplekid.

Rasvadele on lähedased taimedes esinevad lipoidid, vahad, steroidid ja rasvades lahustuvad pigmendid (karotinoidid ja klorofüll).

Lipoidid etendavad elusas protoplasmas tähtsat osa osavõtuga raku läbilaskvuse reguleerimisest temasse tungivate ainete suhtes.

Vahad on tavalisel temperatuuril tahked rasvataolised ained, mis moodustavad paljude taimede lehtedel, vartel ja viljadel vahakirme. Vahakirme kaitseb vilju ja teisi taimeorganeid kuivamise ja mikroorganismide sissetungimise vastu. Steroolid ja steroidid etendavad tähtsat osa protoplasma koostises ja võtavad osa D-rühma vitamiinide, hormoonide, saponiinide ja glükosiidide moodustamisest. Karotinoidide rühma kuulub ligikaudu 70 pigmenti, millel on kollane või oranž värvus. Karotinoidide tuntumaid esindajaid on: karotiin, pigment, millest tuleneb porgandijuurte iseloomulik värvus; ksantofüll, kollane pigment, mis esineb koos karotiiniga rohelistes taimeorganites, ja lükopiin, tomativiljades esinev pigment. Arvatakse, et karotinoididel on oluline osa taimede ainevahetuses. Klorofüll on roheline pigment, millel on suur tähtsus fotosünteesiprotsessis.

Orgaanilised happed, park- ja teised ained. Rakumahl on tavaliselt happelise reaktsiooniga. Kui paneme õunalõigule sinise lakmuspaberi, muutub see silmapilk punaseks. Sidrunis esinev hape on üldtuntud. Kui sinisel lakmuspaberil pigistada katki taime narmasjuur või panna sinine lakmuspaber leherootsulõigu ligi, siis võib kergesti märgata selle punaseks muutumist. Taimemahla happesus on tingitud orgaanilistest hapetest, nendest on levinumad oblik-, õun-, sidrun-, viin- ja merevaikhape.

Oblikhape (etaandihape) HOOC-COOH on taimedes

väga tavaline (hapuoblikas, jänesekapsas jt.). Paljudes taimedes leidub selle happe soola, kaltsiumoksalaadi (CaC_2O_4) kristalle. Teised orgaanilised happed etendavad tähtsat osa aminohapete sünteesis, millest moodustuvad valgud, ja samuti hingamises ning teistes oksüdeerumis-redutseerumisprotsessides. Orgaanilised happed ja parkained on lämmastikuvabad ained.

P a r k a i n e i d leidub puukoores (tamm, akaatsia, paju jt.), lehtedes ja bergeenia (*Bergenia crassifolia*) jt. vartes. Parkainete reaktiiviks on rauasoolade, näiteks raud(III)kloriidi ja rauavitrioli lahused, mis põhjustavad parkainete sinakasmustaks värvumist. Kui valada katseklaasi taimekooreleotist ja lisada sinna mõne rauasoola lahust, tekib must värvus. Kui lõigata noaga valmimata õuna või pirni, muutub noa pind mustaks. Palju parkaineid koguneb nn. gallidesse, mis tekivad näiteks tammelehtedel, kui leheepidermi alla muneb pahkvaablane. Parkaineid leidub ka okaspuudes, kastanipuidus, teepõõsalehtedes, vetikates ja seentes; neid pole leitud ainult bakteritel. On võimalik, et parkained täidavad taimedes mädanemisvastase vahendi osa; oletatakse, et seened kasutavad neid varutoitainena.

Taimedes esinevate lämmastikuvabade ühendite hulka kuulub ka enamik g l ü k o s i i d e ja a n t o t s ü a a n i d. Glükosiididest esineb hesperidiin tsitrusviljade eksokarbis; glükovanilliin vaniljviljades; saponiin äiakaseemnetes; kvertsitriin[1] Ameerika tamme (*Quercus tinctoria*) koores, tubakas ja tee lehtedes. Tuleb märkida, et mitmed glükosiidid (sinigriin, sinalbiin jt.) sisaldavad lämmastikku ja väävlit. Glükosiididele on lähedased antotsüaanid, millest tuleneb paljude taimede õite (rukkilill, magun jt.) ja viljade (kirsipuu, ploomipuu, mustsõstar, viinapuu jt.) sinine, violetne või punane värvus.

Lämmastikuühendid

Lämmastikuühenditest on taimedes eriti levinud v a l k a i n e d. Valgud ehk proteiinid on keerukaimad orgaanilised kõrgmolekulaarsed lämmastikuühendid, mis esinevad igas taim- ja loomorganismis.

On kindlaks tehtud, et eri valkude molekulid on erinevad ja väga keeruka ehitusega. Neis sisaldub (kuivkaalus) süsinikku 55—56%, lämmastikku 15—18%, vesinikku 6,5—7,5%, väävlit 0,3—2,5% ja hapnikku 20—25%. Valkainete erinevus sõltub mitmesuguste aminohapete järjestusest ja kombinatsioonist valgumolekulides. Aminohapped on lihtsamad värvuseta kristalsed

[1] Kvertsitriini aglükoon kvertsetiin on värvaine, mida esineb sibulasoomuses. *Toim.*

lämmastikained. Aminohapete vesilahused on happest sõltuvalt kas neutraalse, happelise või aluselise reaktsiooniga. Samad keemilised elemendid, mis on valkudes, esinevad ka aminohapete koostises.

Mitmesuguste valkude koostisse kuulub üle 20 aminohappe, mis erinevad kvaliteedilt ja nimetuselt (alaniin, leutsiin, türosiin, asparagiinhape jt.). Aminohapete erinevaid ühinemisi ja võimalikke kombinatsioone on ühes valgumolekulis miljardeid.

Käesoleval ajal on täielikult läbi uuritud tähtsusetu hulk valgumolekule. Valgud on kolloidid, nad koosnevad suurtest molekulidest ja pole võimelised läbi rakukesta tungima.

Taimed on valkainete poolest vaesemad kui loomad, kuid iga rakk sisaldab tingimata valku. Valk kuulub elusate rakuosade (protoplasma, rakutuuma, plastiidide, mitokondrite) koostisse ja moodustab aleuroonterade näol ka varutoitaineid.

Valkainete jaotus taimes ei ole ühtlane. Kõige rohkem on valke noortes taimeosades, juure- ja varretippudes, pungades, noortes lehtedes, õites ja seemnetes; kasvamise lõpetanud vanad varred, juured ja lehed sisaldavad seevastu vähem valke. Õitsemise ajal koristatud heinas on valguprotsent suurem kui vanas heinas. Liblikõielised on valkainete poolest rikkamad kui teistesse sugukondadesse kuuluvad taimed. See sõltub liblikõieliste taimede toitumisviisist.

Valgud jaotatakse lihtvalkudeks ehk p r o t e i i n i d e k s ja liitvalkudeks ehk p r o t e i i d i d e k s. Proteiinidest peatume albumiinidel, globuliinidel, prolamiinidel ja gluteliinidel.

A l b u m i i n i d on vees lahustuvad valgud, mis 70—75° juures kergesti valgeks helbetaoliseks massiks kalgenduvad. Albumiine esineb sagedamini loomorganismis; taimedes leidub neid väheses koguses herneseemnetes, kõrreliste teristes ja ka rohelistes taimeosades.

G l o b u l i i n i d on taimedes väga levinud valgud, neid leidub seemnetes, juurtes ja vartes varuainena. Nad ei lahustu vees, kuid lahustuvad keedusoolalahuses. Globuliine leidub ka kanamunavalgus. Globuliinide koostisse kuuluvad C, H, O, N ja S.

P r o l a m i i n i d on valgud, mis lahustuvad hästi 60—80%-ses etüülalkoholis. Prolamiine esineb kõrreliste teristes. Tuntakse järgmisi prolamiine: gliadiin nisu- ja rukkiteristes, hordeiin odrateristes, seiin maisiteristes jt.

G l u t e l i i n i d on ainult leeliste lahustes lahustuvad valgud. Gluteliine leidub kõrreliste teristes ja rohelistes taimeosades. Rohkem on uuritud järgmisi gluteliine: nisuteristes esinevat gluteiini, riisiteristes esinevat orüseniini ja maisiteristes esinevat gluteliini.

Teraviljade jahu koostisse kuuluvad peale tärklise ka valkained (gliadiin ja gluteniin), mida võib (näiteks nisujahust pihkaine näol) kergesti eraldada.

Proteiidid (liitvalgud) on ühendid, milles lihtvalk (proteiin) on seotud mingisuguse mittevalgulise ainega. Rakutuumade koostisse kuuluvad nukleoproteiidid, mis on levinud taime- ja loomarakkudes. Need koosnevad valkudest ja nukleiinhapetest, desoksüribonukleiinhappest (DNH) ja ribonukleiinhappest (RNH). Nukleoproteiididele on iseloomulik, et nad sisaldavad peale C, H, O, N ja S veel fosforit. Nukleoproteiidid ei lahustu vees ja on eelmistest rühmadest happelisema reaktsiooniga. Lipoproteiidid sisaldavad peale valkude rasvataolisi aineid lipoide. Nad on levinud plastiidides ja taimsete rakkude protoplasmas. Kromoproteiidides on valk globiin seotud rauda sisaldava keeruka lämmastikuühendiga. Loomaverepunane värvus tuleneb kromoproteiid hemoglobiinist. Glükoproteiidid on limased ained, mida leidub taime- ja loomarakkudes; neis on valkained seotud süsivesikutega.

Valkude kuumutamisel lahjendatud hapete (näiteks 20%-lise väävelhappe) manulusel lagunevad (hüdrolüüsuvad) valgud lihtsamateks ühenditeks — albumoosideks, peptoonideks ja peptiidideks, mis edasisel hüdrolüüsil lagunevad aminohapeteks. Aminohapped on orgaanilised ühendid, mis sisaldavad samaaegselt amino- ja karboksüülrühma. Aminohapped kujutavad endast värvuseta kristalseid aineid, mis lahustuvad vees ja on võimelised läbi taimsete ja loomsete membraanide tungima. Taimorganismides toimub valkude lagunemine eriliste rakusiseste fermentide abil.

Valkude kindlakstegemiseks kasutatakse järgmisi reaktsioone: 1) kui valke keeta elavhõbe(I)nitraadi lahuses, värvuvad nad tellispunaseks (Milloni reaktsioon); 2) kontsentreeritud lämmastikhappe toimel koaguleeruvad valgud ja värvuvad helekollaseks (ksantoproteiinireaktsioon); 3) kaaliumhüdroksiidi ja nõrga vaskvitrioolilahuse segus annavad valgud punase, violetse varjundiga värvuse (biureedireaktsioon); 4) kui lisandada valgule plii(II)oksiidi lahust leelises, tekib valkude väävlisisalduse tõttu soojendamisel must pliisulfiidisade. Valkude kindlakstegemise tarvitatumaks reaktsiooniks on biureedireaktsioon.

Valk- ja teiste lämmastikainete hulk mitmesugustes taimedes on tugevasti kõikuv. Kõige rohkem sisaldavad neid liblikõieliste taimede seemned: sojauba 40%, lupiin 35%, uba 24% ja hernes 22%. Kõrreliste teraviljade terised sisaldavad valkaineid kakskolm korda vähem: nisu 13—20%, mais ja oder 10%; linaseemned kuni 23%; vikihaljasmass 4%, ristikuhaljasmass 5%; peedijuured 1%; kartulimugulad 2%. Seentes on valkaineid palju, kuni 53%.

Taimedes leiduvad orgaanilised ained saavad liikuda rakust rakku ainult sel juhul, kui nad esinevad lahusena (kristalloidne olek). Enamik keerukaid orgaanilisi aineid on taimes mittelahustuvas (kolloidses) olekus ja neid saab toitumis- ja hingamisprot-

sessideks kasutada ainult sel juhul, kui need orgaanilised ained hüdrolüüsuvad lihtsamateks ning lahustuvateks ühenditeks. Nendes muundumistes on tähtis osa täita ensüümidel ehk fermentidel, mida käsitletakse üksikasjalisemalt XVI peatükis «Ainete muundumine taimedes».

Vitamiinid, fütohormoonid, fütontsiidid ja alkaloidid

Vitamiinid, mitmekesise keemilise koostisega keerukad orgaanilised ained, avaldavad ainevahetusprotsessidele suurt mõju ja on suure füsioloogilise aktiivsusega. Neid vajavad nii taim- kui ka loomorganismid. Juba 1880. aastal tegi N. Lunin kindlaks, et peale valkude, rasvade ja süsivesikute vajavad loomad ja inimesed veel mõnesid taimse päritoluga aineid. Neid aineid hakati uurima ja K. Funk nimetas nad vitamiinideks, s. o. elu andvaiks aineteks.

Vitamiinide tähtsus seisab selles, et nad on fermentide ehitusmaterjaliks; ilma fermentideta oleks ainevahetus organismis võimatu (lk. 432). Taimerakkudes tekkides moodustavad vitamiinid teiste ainetega ühendeid ning võtavad osa valkude, süsivesikute ja rasvade sünteesist ja muundumistest. Vitamiinide puudumisel loomade ja inimeste toidus arenevad haigused, mida nimetatakse avitaminoosideks. Mitmesugused köögi- ja puuviljad on paljude vitamiinide sisalduse tõttu inimesele suure väärtusega.

Vitamiinide esinemine lihas, kalarasvas, piimas, munades on seletatav nende tulekuga taimtoidust. On tuntud palju vitamiinirühmi, mida märgitakse ladina tähtedega (A, B, C, D, E jne.). Nende arv suureneb uurimise tulemusena. Nimetatud tähtede all esineb rida vitamiine, näiteks A_1, A_2 . . ., B_1, B_2 jne., millel igaühel on oma iseärasused.

Tutvustame lühidalt mõnesid levinumaid vitamiine.

A-rühma vitamiinid tekivad pigment karotiinist, mis on levinud porgandilehtedes ja -juurtes, kibuvitsa- ja tomativiljades, herneviljades, ananassi liilviljades, pihlaka- ja aprikoosiviljades, apelsinides ja paprikas. Loomsetest saadustest on A-vitamiinirikkad või, kalamaksaõli ja munakollane. A-vitamiini puudumisel peatub noorte organismide kasv, tekivad nägemishäired ja areneb vastuvõtlikkus kopsupõletiku ja tuberkuloosi suhtes.

D-rühma vitamiinide puudumine põhjustab noortel loomorganismidel luuhaigust. D-rühma vitamiine esineb samuti võis, munakollases, kalarasvas ja loomamaksas. Need vitamiinid on tähtsad noorkarja kasvatamisel ja nad tekivad noororganismide kiiritamisel ultravioletsete kiirtega.

A- ja D-vitamiinid on rasvades lahustuvad vitamiinid, vees lahustuvad B-rühma vitamiinid, C-vitamiin jt.

B_1-vitamiini (tiamiini) leidub paljudes puu- ja köögiviljades ning ka pärmis, teraviljateriste idudes ja aleuroonkihis. Selle vitamiini puudumine toidus põhjustab beribeeri haigust (polüneuriit), mida esineb idamaades, kus toiduks tarvitatakse kooritud riisi. B_1-vitamiin on taimedele väga tähtis. Ta võtab osa süsivesikute ainevahetusest taimedes, esineb koferment karboksülaasi koostises ja temast sõltub juurte kasv.

Niisama suur tähtsus on vitamiinidel B_2 (riboflaviin) ja B_6 (püridoksiin). B_2-vitamiini leidub piimas, köögiviljades ja pärmis, B_6-vitamiini rohelistes salatilehtedes, maasikates, arbuusides, sparglis ja lillkapsas. B_2-vitamiin ühenduses fosforhappega on vajalik hapendus-taandusfermentide moodustamiseks ja võtab osa aminohapete ja valkude sünteesist taimedes. B_9-vitamiin ehk foolhape soodustab vereloomeorganite, elusvalkude ja koos B_{12}-vitamiiniga antisklerootilise aine koliini moodustamist. Foolhapet sisaldavad rohelised sibulapealsed, kapsalehed ja rohelised herned. B_{12}-vitamiini taimsetes saadustes ei leidu; tema põhiliseks allikaks inimtoidus on loomsed produktid (maks ja neerud).

Transamineerimisreaktsioon taimedes pole võimalik ilma B_6-vitamiinita. Taimevalkude ja -aminohapete sünteesist võtavad osa vitamiinid B_{12}, PP, H jt.

E-vitamiin ehk sigimisvitamiin on samuti nagu A-vitamiingi antisklerootilise toimega. Ei saa nimetamata jätta ka C-vitamiini (askorbiinhape). Seda vitamiini sisaldavad rohkesti tomatid, õunad, sidrunid, pohlad, maasikad, kibuvitsamarjad, mustsõstrad, baklažaanid, männi- ja kuuseokkad. C-vitamiini puudumine toidus põhjustab skorbuuti, haigust, mille puhul tursuvad igemed, langevad välja hambad, häirub südametegevus, areneb ateroskleroos ja nõrgenevad kopsud. Taimedes võtab C-vitamiin aktiivselt osa redoksprotsessidest.

Fütohormoonid on samuti nagu vitamiinid suure füsioloogilise aktiivsusega, nad reguleerivad taimede kasvamist ja mõjuvad morfogeneesiprotsessidele. Fütohormoonidest leidub auksiine kaheiduleheliste taimede varretippudes ja kõrreliste (maisi) idandite koleoptiilitippudes. Mõnede auksiinide keemiline koostis on tuntud.

Taimedes esinevat heteroauksiini ($C_{10}H_9O_2N$) ehk β-indolüüläädikhapet on saadud ka sünteetiliselt ja seda kasutatakse taimekasvatuses juurte tekkimise kiirendamiseks.

Viimasel ajal on avastatud taimedes mitmeid ühendeid, mis avaldavad stimuleerivat toimet taimerakkude jagunemisele, neid nimetatakse tsütokiniinideks. Tsütokiniinidest on rohkem uuritud pärmist eraldatud kinetiini ja «kookospiimast» eraldatud difenüülkarbamiidi. Teist rühma füsioloogiliselt aktiivseid aineid, mida esmakordselt saadi seene *Gibberella fujikuroi* poolt nakatatud riisitaimedest, nimetatakse giberel-

liinideks. Giberelliinid soodustavad varrelülide tugevat pikenemist, suurendavad seega tunduvalt taimede vegetatiivset massi, kiirendavad õitsemist ja viljumist ning seemnete idanemist. On võimalik, et giberelliine hakatakse laialdaselt rakendama viinamarjakasvatuses.

Ainevahetusele ja mikroorganismide kasvule avaldab stimuleerivat toimet pärmist saadud ainete kompleks «bios», mis koosneb inosiidist, B_1-vitamiinist, biotiinist (H-vitamiinist), pantoteenhappest ja teistest ühenditest.

Fütontsiidid on taimedest erituvad ained. Nad takistavad patogeensete bakterite ja teiste taimedele kahjulike mikroorganismide arenemist. Fütontsiidide abil kaitsevad taimed end vaenlaste vastu ja omandavad immuunsuse mitmesuguste haiguste suhtes.

Kuid mitte ainult taimemahl, mis sisaldab fütontsiidi, ei toimi mikroorganismidesse hävitavalt, samasugune toime on ka terava lõhnaga lenduvatel fütontsiididel, näiteks küüslaugu, mädarõika ja sibula lenduvatel fütontsiididel. Paljudel lenduvatel fütontsiididel ei ole lõhna, kuid nad omavad niisama tugevat toimet kui lõhnavad fütontsiidid.

Arvukad katsed on tõestanud, et toominga, kirssloorberipuu ja paljude teiste taimede lenduvad fütontsiidid on võimelised hävitama mitte ainult mikroobe, vaid ka kärbseid, metspuuke, tõuke ning koguni hiiri ja rotte.

Fütontsiide leidub nii kõrgemates kui ka alamates taimedes. On tähele pandud, et taimed eritavad neid suuremas koguses haigustesse nakatumise ja vigastuste korral. Viimasel ajal rakendatakse mitmeid fütontsiide arstiteaduses võitluses mädanike ja nakkushaiguste vastu. Suur tähtsus asulate elanikkonna tervisele on haljasaladel (murud, puiesteed ja pargid).

Ühtede taimede lenduvad fütontsiidid mõjuvad ka teiste liikide taimedele: on tähele pandud, et mõnedel juhtudel nad stimuleerivad kasvu, teistel, vastupidi, kahjustavad teineteist vastastikku. On üldiselt teada, et näiteks õitsev maikelluke ja sirel kahjustavad ühes kimbus teineteist.

Fütontsiide võib edukalt kasutada võitluses kultuurtaimede kahjurite vastu. Nii nakatub maasikas hariliku sibula juuresolekul vähem hahkhallitusse. Paljusid maavitsalisi (tomat, tubakas jt.), samuti kanepit, koirohtu, leedripuud ja palsamipaplit võib kasutada võitluses kahjulike putukate ja seenhaiguste vastu. On tähele pandud, et fütontsiidid ei kahjusta kasulikke putukaid (käguvaablast, kiresvaablast jt.).

Alkaloidid on lämmastikku sisaldavad aluseliste omadustega keerukad orgaanilised ained; nad avaldavad loomorganismidele tugevat füsioloogilist toimet ja on enamikul juhtudel mürgised ained. Tavaliselt käsitatakse neid ainetena, mis kaitse-

vad taimi taimesööjate loomade vastu. Levinumad neist on järgmised: koniin surmaputkes, solaniin rohelistes kartulimugulates ja -pealsetes, nikotiin tubakalehtedes, atropiin ogaõunas ja karumustikas, kofeiin kohviubades ja samuti teepõõsa lehtedes ning õites; lupiniin lupiinis; anabasiin anabaasises, morfiin maguna piimmahlas; ritsiniin riitsinuses; hiniin kiinapuu koores; efedriin efedras jne.

Mitmesuguste alkaloidide nimetused tuletatakse taimede ladinakeelsetest nimetustest, näiteks koniin *Conium*'ist (surmaputk), solaniin *Solanum*'ist, ritsiniin *Ricinus*'est jne. Hulk ravimeid saadakse ravimtaimede alkaloididest.

Alkaloidid esinevad rakumahlas lahustunud olekus ja ainult harva surnud rakkudes tahkel kujul. Alkaloidid esinevad taimede rakumahlas oblikhappe-, sidrunhappe-, õunhappe- ja teiste orgaaniliste hapete sooladena. Kõige rohkem leidub neid maavitsaliste, magunaliste, tulikaliste jt. sugukonnas. Üheiduleheliste taimedes ja okaspuudes leidub alkaloide võrdlemisi harva. Okaspuudest on mürgiste omadustega jugapuu.

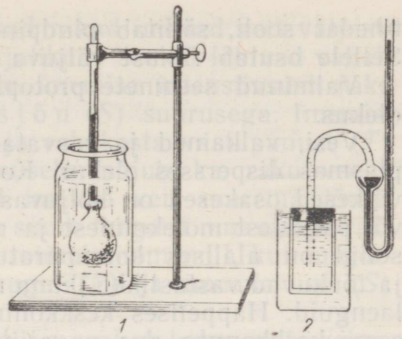
AINETE TUNGIMINE RAKKU

Elusates taimerakkudes toimuvad keerukad orgaaniliste ainete moodustumise, nende omastamise, oksüdeerumise ja rakkude ning keskkonna vahelise ainevahetuse protsessid. Mitmesugused anorgaanilised ained — gaasid, soolad ja vesi tungivad rakkudesse ning kasutatakse ära elutegevuse protsessides. Peatume esialgu vee rakku tungimise juures, mis toimub kas vee sorbeerimise teel rakukesta ja protoplasma biokolloidide poolt või vee osmootse imemise teel rakumahla poolt. Rakus tekib imemisjõud, mis võrdub osmootse ja turgorrõhu vahega.

Et vedelike ja gaaside d i f u s i o o n ja o s m o o s on tähtsad nähtused ainete rakku ja taimedesse tungimisel, tuleb neid tunda.

Vedelike difusiooniks nimetatakse kahe vahetult kokkupuutuva vedeliku segunemist omavahel. Seda nähtust võib demonstreerida järgmise katsega. Klaassilindrisse valatakse kirsisiirupit ja sellele ettevaatlikult pipetiga vett, nii et vedelike vahele jääks terav piirpind. Silinder jäetakse rahulikult seisma. Mõne päeva pärast võib näha, et järsk piirpind vedelike vahel kaob ja üks vedelik seguneb aegamööda teisega. Kahe vedeliku segunemine toimub ka sel juhul, kui nende vahel on õhuke loomne või taimne kile, mida läbistavad ülipeened nähtamatud augukesed, s. t. ta on pool-läbilaskev. Niisugust segunemist nimetatakse osmoosiks.

Veega täidetud klaasi lastakse klaastorukese otsa seotud ja suhkrulahusega täidetud kolloodiumpõis (joonis 174). Vesi tun-



Joonis 174. Ainete rakku tungimine: *1* — Dutrochet' osmomeeter; *2* — Pfefferi osmomeeter.

gib klaasist põide, suhkrulahus hakkab põiest väljuma. Vee põide tungimine (endosmoos) toimub kiiremini kui suhkruosakeste põiest väljumine (eksosmoos), mistõttu esialgu toimub vee kiire imemine põie poolt ja selle tulemusena nii vedeliku mahu kui ka sisemise rõhu suurenemine põies. Vedeliku pind (nivoo) torus tõuseb esialgu kiirelt, hiljem aga ikka aeglasemalt, sest suhkrulahuse kontsentratsioon põies ja klaasis tasakaalustub järk-järgult. Pärast seda kui vedeliku tõus torus lakkab, hakkab tema pind laskuma. See toimub siis, kui lahuste kontsentratsioon väljas- ja seespool tasakaalustub. Katse algul ületab veeosakeste sisenemine põide suhkruosakeste väljatungimise põiest, s. o. endosmoos ületab eksosmoosi ja seepärast tekibki põies hüdrostaatiline ehk niinimetatud osmootne rõhk, mis põhjustab vedeliku tõusu torus. Osmootse rõhu suurus sõltub nii lahuste kontsentratsioonide vahest kui ka difusioonist ja osmoosist osavõtvate ainete molekulide suurusest. Nii on veeosakeste läbitungimine kiirem kristalloidosakeste omast; kristalloidosakesed aga levivad kümneid kordi kiiremini suurtest kolloidosakestest, mis vahel ei suuda üldse kiledest läbi tungida.

Tuntud nõukogude füsioloog P. Henkel mõistab lahuse osmoctse rõhu all jõudu, mida tuleb rakendada, et takistada vee tungimist lahusesse, mis on veest eraldatud poolläbilaskva kilega. Mida suurem on lahuse kontsentratsioon osmomeetris, seda suuremat jõudu tuleb rakendada, et takistada vee tungimist lahusesse läbi kile.

Rakuehitus on väga keerukas. Rakk kujutab endast kolloidsüsteemi, mille valguosakesed kannavad kindlaid elektrilisi laenguid. Vedelaid kolloidsüsteeme nimetatakse soolideks ehk ebalahusteks, mis erinevad tõelistest lahustest suhteliselt suurte aineosakeste poolest (mis ei ületa siiski läbimõõtu 0,1 μm); mittevedelaid kolloidsüsteeme nimetatakse geelideks. Läbi peenepoorilise ehitusega rakukesta, mis kujutab endast piiratult tursuvat sültjat geeli, tungivad mineraalained ja vesi samal viisil nagu difusioonikatseteski. Protoplasma aga, mis kujutab endast üsna

tihedat sooli, säilitab pindpinevust omava vedeliku omadused. Sellele osutab rakust väljuva protoplasma kerajas kuju.

Valminud seemnete protoplasma on geel, sest ta on tahkes olekus.

Vesi, valkained ja rasvataolised ained (lipoidid) on protoplasmas dispersses olekus. Kolloidainete, peamiselt valkude üliväikesed osakesed on hõljuvas olekus, nad koosnevad mõnedest või paljudest molekulidest ja neid nimetatakse mitsellideks. Mitsellid on alalises korrapäratus liikumises (Browni liikumine) ja tõukuvad vastastikku, kuna nad kannavad samanimelisi elektrilaenguid. Happelises keskkonnas on mitsellid positiivselt, leeliseses keskkonnas aga negatiivselt laetud. Elektrilaengute vähenemine mitsellides põhjustab nende liitumist ja sadestumist — kolloidide koagulatsiooni.

Teatav, kuigi kaudne sarnasus rakuga on Pfefferi osmomeetril, milles saadakse kunstlikul teel poolläbilaskev kile. Poorsesse savist silindrisse valatakse nõrka vaskvitriolilahust ja asetatakse silinder nõusse, milles on kaaliumheksatsüanoferraadi (II) (kollase veresoola) lahus. Mõlemad vedelikud kohtuvad silindri pooride ja nende kokkupuutekohal tekivad vaskheksatsüanoferraadi (II) ülipeened sademelised kiled, mis täidavad poore. Savist silinder täidetakse suhkrulahusega (või mõne teise katsetatava vedeliku lahusega) ja suletakse korgiga, millest väljub manomeetriline toruke elavhõbedaga (joonis 174, *2*). Savist silinder asetatakse destilleeritud vee nõusse. Vesi liigub vabalt läbi kile, suhkur (või mõni teine lahustatud aine) ei pääse aga läbi. Silindris tekkinud osmootse rõhu tagajärjel tõuseb elavhõbe manomeetri pikemas torus teatava kõrguseni ja näitab rõhu suurust.

Katsed osmomeetriga on näidanud, et osmootne rõhk on võrdeline lahuse kontsentratsiooniga ja pöördvõrdeline lahustunud aine molekulkaaluga; ta suureneb temperatuuri tõustes.

Osmomeetrit nimetati varem kunstlikuks rakuks, kuid elusad rakud erinevad sellest oluliselt, sest protoplasma füüsikaline ja keemiline struktuur on võrratult keerukam vaskheksatsüanoferraadi (II) kilest. Peale selle on osmomeetril kõvad seinad, taimerakkudel aga elastne kest.

Taimerakkudel esineb ka osmootne rõhk, mille all mõistetakse rakumahla ainete survet protoplasmale ja kestale; elastse rakukesta vastupidist survet rakuprotoplastile nimetatakse turgorrõhuks.

Kõrget osmootset rõhku rakus säilitab rakumahla üldine molekulaarne kontsentratsioon (rakumahla poole liigub väljastpoolt vesi) ja elusa protoplasma poolläbilaskvus (võime läbi lasta ühtesid aineid, paljusid teisi, koguni vees lahustunuid aga kinni pidada). Poolläbilaskvus on omane protoplasma välis- ja sisekihile (plasmalemma ja tonoplast). Protoplasma poolläbilaskvuse tõttu võivad rakuvakuoolidesse koguneda ained, mis tekitavad

rakus osmootse ja turgorrõhu. Elusad rakud imevad vett väljastpoolt, sest vesi ja mõned (rakule vajalikud) soolad läbivad vabalt kesta, samuti ka protoplasmat. Vee imemise intensiivsust raku poolt määratakse *raku imemisjõu* (*S*) suurusega. Imemisjõud sõltub osmootsest rõhust (*P*) ja rakukesta vastupanust (*T*) ($S=P-T$). Raku imemisintensiivsusele mõjub ka raku veega küllastamise aste: veevaesed rakud imevad vett suurema jõuga kui veerikkad. Veega küllastunud ja suurt turgorit omavaisse rakkudesse lakkab vee sisenemine. See toimub momendil, kui turgorrõhk (*T*) on võrdne osmootse rõhuga (*P*) ja imemisjõud (*S*) nulliga.

Vee imemine taimerakkude poolt on seotud kahe protsessiga, millest kumbki, sõltuvalt protoplasma olekust ja välistingimustest, võib olla domineeriv. Juhul kui rakud sisaldavad vähe vett (näiteks kuivad seemned), toimub vee imemine rakukesta ja protoplasma biokolloidide pundumise tõttu. Kõige rohkem paisuvad herne, viki, sojaoa jt. kaunviljade valgurikkad seemned. See on olulise tähtsusega seemnete idanemisel. Biokolloidide vee imemise võime väheneb kiiresti nende küllastumisel veega. Kui protoplasmas on juba rakumahlaga täidetud vakuoolid, toimub edasine vee imemine rakkude poolt osmootsel teel.

Raku osmootne mehhanism on seotud protoplasma vastava ehitusega. Elusa protoplasma nii väline kiht (plasmalemma) kui ka sisemine kiht (tonoplast) koosneb valkude ja lipoidide molekulidest, mis üksteisega tihedalt kokku puutuvad, alaliselt uuenevad ja on võimelised adsorbeerima[1], s. o. imema oma pinnaga mitmesuguste ainete ioone, sealhulgas ka vee molekule. Poolläbilaskvate kihtide olemasolu ja rakumahl vakuoolides, mis on mitmesuguste osmootselt aktiivsete ainete (suhkur, orgaanilised happed, mineraalained jt.) segu, loob tingimused vee osmootseks omastamiseks.

Vee omastamine raku poolt on keeruline protsess, mis on tihedas seoses kogu raku elutegevusega, eriti hingamisega. Viimasel

---

[1] *Adsorptsiooniks* nimetatakse väliskeskkonna molekulide, aatomite ja ioonide sidumisprotsessi tahke või vedela keha poolt ja nende kontsentreerumist keha pinnal või pindmises kihis. Keha, mille pinnale ained kogunevad, nimetatakse *adsorbendiks*, neelduvat ainet *adsorbeeruvaks aineks*. Adsorptsioon võib toimuda ka kahe keskkonna, näiteks vedeliku ja gaasi või kahe vedeliku piirpinnal. Adsorptsiooni kutsuvad esile peamiselt elektrilise loomusega molekulaarsed jõud ja adsorptsioonil on erakordselt suur tähtsus kolloididele nende ulatusliku adsorptsioonipinna tõttu. Adsorptsiooni kõrval on looduses levinud *absorptsioonnähtus*, s. o. ümbritsevate ainete sidumine mitte ainult adsorbendi pinnaga, vaid ka neeldumine sisemusse.

Peale adsorptsiooni ja absorptsiooni toimub alati ka desorptsiooniprotsess. Selle all mõeldakse adsorbendist adsorbeeritud ainete eraldumist ümbritsevasse keskkonda, näiteks gaasi või aurutaoliste ainete väljatõrjumist vedelikust või adsorbeeritud ainete auramist keha pinnalt. Desorptsioon toimub mitmesugustel põhjustel, näiteks ainete kontsentratsiooni muutumisel, temperatuuri tõusul, rõhu muutumisel jne.

ajal räägitakse ka vee aktiivsest, s. o. mitteosmootsest omastamisest raku poolt, mis toimub hingamisel vabaneva energia abil.

Peale vee tungivad rakku mitmesugused mineraalsoolad ja paljud teised kristalloidid, mida leidub ümbritsevas keskkonnas või naaberrakkudes. Viimasel ajal on levinud õpetus aktiivsest elektrofüsioloogilisest ainete neelamisest taimerakkude poolt. Keerukad ained lahustes alluvad lagunemisele katioonideks ja anioonideks elektrolüütilise dissotsiatsiooni teel. Katioonidel on positiivne elektrilaeng (+), anioonidel negatiivne (—). Ainete ioonid tungivad läbi rakukesta ja plasmalemma mesoplasmasse ning tonoplasti kaudu rakumahlasse. Tähtsat osa ainete rakku sisenemise protsessis etendab adsorptsiooninähtus. Elusa raku poolt ümbritsevast keskkonnast ioonide adsorbeerimise iseloomustavaks erinevuseks, võrreldes difusiooni ja osmoosiga, on adsorptsioonipinda küllastava aine tunduva osa kiire, peaaegu silmapilkne sissetungimine rakku.

Ioonide adsorptsioon taimerakkude poolt on keerukas nähtus, mis on tingitud külgetõmbe elektrostaatilistest jõududest. Raku ja välislahuse vahelistest vastastikustest ioonprotsessidest võtavad alati osa vesinikioonid. Ümbritsevast keskkonnast katioonide ja anioonide vastuvõtu põhiliseks tingimuseks on elusa raku mesoplasma aeroobne (hapnikuline) hingamine, mille puhul eraldub süsihappegaas, mis veega reageerides annab süsihappe. Süsihappeioonid — katioon (H^+) ja anioon (HCO_3^-) — astuvad vahetusreaktsiooni plasmalemmasse tungivate mineraalainetega. Need ioonid asuvad sisenenud ainete katioonide ja anioonide asemele, kuid siis tõrjuvad neid välja uued ioonid, mis adsorbeeritakse ümbritsevast keskkonnast plasmalemma poolt. Plasmalemma osatähtsus selles seisnebki, et temas toimub adsorptsioon ja ainete ioonide alaline liikumine kahes suunas.

Radioaktiivsete isotoopide meetodi abil õnnestub jälgida teatava aine rakku tungimist ja määrata tema kontsentratsiooni. On tõestatud, et plasmalemma adsorptsiooonilisele küllastumisele teatavaist ioonidest järgneb nende desorptsioon, s. o. mesoplasmasse eraldumine ja püsivateks ühenditeks ühinemine. Edaspidi võib tonoplast adsorbeerida katioonid ja anioonid ning need võivad rakumahlasse desorbeeruda. On kindlaks tehtud, et vakuoolimahlas ületab nende ainete kontsentratsioon mõne minuti pärast mitu korda välislahuse kontsentratsiooni.

Pihkaine ja tärklise eraldamine nisujahust. Kaalume tehnilistel kaaludel 150—160 g nisujahu, millest valmistame tiheda taignatombukese. Mähime taigna kahekordsesse marlisse ja seome marliservad nööriga tihedalt kinni. Seejärel uhame taigent väikese veejoaga ja muljume. Uhtevee kogume laia kaelaga klaasnõusse, sellest sadestub tärklis; marlisse aga jääb pihkaine. Viimast tuleb veel kaua veejoaga uhta, kuni kõik tärklisterad on pihkainest kõrvaldatud.

Teine pihkaine uhtmise viis on järgmine: valame suurde keeduklaasi vett, seome ava marliga kinni, nii et marli keskkoht ulatuks vette. Asetame marlile tiheda taignatombu ja muljume seda sõrmedega. Vette koguneb tärklis; marlile sõrmede vahele jääb pihkaine.

Saadud pihkainet uhame veega, kuni uhtevesi muutub täiesti läbipaistvaks. Pihkaine on kollakas, venib nagu kummi ja koosneb valkainest. Paremate nisujahusortide pihkaine on hästi veniv, vähe veniv pihkaine katkeb venitamisel kergesti. Pihkaine kvaliteedist olenevad jahu küpsetusomadused.

Pihkainet kuivatame lihvitud korgiga suletavas klaasis (temperatuuril 100—110°) püsiva kaaluni ning arvutame pärast kaalumist pihkainesisalduse jahus protsentides.

Jätame uhteveenõu mõneks päevaks seisma. Kui kogu tärklis on sadestunud, kõrvaldame läbipaistva vee ettevaatlikult sifooni abil. Väikese koguse vett, mis jääb nõu põhja, kõrvaldame aurutamise teel. Selleks asetame nõu kuuma vee vanni. Kui vesi on ära auranud, paigutame tärklise lihvitud korgiga purki, kuivatame kuivatuskapis püsiva kaaluni, kaalume ja teeme kindlaks tema ligikaudse sisalduse nisujahus. Tuleb arvesse võtta, et tärklise kaal sisaldab ka rakukesti moodustava tselluloosi kaalu ja pihkaine kaal sellesse jäänud rasva kaalu. Põhilise rasvakoguse me eemaldame uhteveega. Selle tõttu võib ülalnäidatud viisil valkude ja tärklise kogust jahus ainult ligikaudu määrata.

Näide[1]

Nisujahu kaalutis	159,24 g
Kuivatatud pihkaine kaal	14,65 g = 9,2%
Kuivatatud tärklise kaal	118,85 g = 74,6%

Pihkaine on vees lahustumatute valkude näiteks. Peale pihkaine esineb taimedes ka lahustuvaid valke. Pigistame peenestatud kapsalehtedest mahla välja. Seda on kerge teha, kui lehed soolata. Filtreerime mahla katseklaasi ja kuumutame seda leegil. Tekkinud valged helbed ongi kalgendunud valk.

[1] See ja järgmised näited on võetud katsetest, mis on teostatud Novozõbkovski ja Kaširski põllumajandustehnikumide õpilaste poolt.

Valkainete reaktsioon (biureedireaktsioon). Valame katseklaasi veidi veega lahjendatud munavalget. Lisame lahusele 10%-list sööbeleeliselahust (KOH või NaOH). Loksutades kergelt vedelikku, lisame tilkhaaval 1%-list vaskvitriolilahust. Katseklaasis olev vedelik värvub violetseks (ilma kuumutamata), millega ongi valgusisaldus kindlaks tehtud. Valgu puudumisel tekib sinakasroheline vask(II)hüdroksiidi sade.

Valgureaktsiooni võib katseklaasis esile kutsuda ka pihkainetükikesega ja alusklaasil herneidulehtede lõikudega, niisutades neid KOH lahusega ja seejärel vaskvitriolilahusega. Valkained värvuvad violetseks.[1]

XIII PEATÜKK

FOTOSÜNTEES (SÜSINIKU ASSIMILEERIMINE)

ÜLDMÕISTED

Taimede kuivaines esineb ligi 45% süsinikku. Taimede koostisse kuuluvates valkudes, rasvades ja süsivesikutes on süsinik üheks põhielemendiks. Süsinikku on ka paljude teiste orgaaniliste ühendite koostises, mis on võimelised oksüdeeruma ja redutseeruma.

Taimed saavad toitumiseks vajalikku süsinikku põhiliselt õhust, mis sisaldab mahuliselt ligi 0,03% süsihappegaasi (süsinikdioksiidi), s. t. umbes 0,589 mg iga liitri õhu kohta. Et taimi süsihappegaasiga varustada, tuleb luua tingimused selle vooluks lehtede juurde. Üks peamisi taimede süsihappegaasiga varustajaid on muld, mis eritab suuri CO_2 koguseid. Üle poole süsihappegaasist, mis kulub saagi loomiseks, saavad taimelehed maapinnalähedasest õhukihist, ülejäänud koguse aga teistest õhukihtidest.

Teatav kogus süsihapet ja karbonaate võib siseneda ka taimejuurte kaudu; need toimetatakse ühes veega mööda juhtkudesid kloroplastidesse, mida leidub leherakkudes ja osalt ka mõnedes varre- ja valmivate viljade rakkudes.

Rohelistes taimedes moodustuvad süsihappegaasist ja veest, s. o. võrdlemisi lihtsatest, täielikult oksüdeerunud ainetest keerukad orgaanilised ained (süsivesikud jt.). Protsess, mida harilikult nimetatakse süsiniku assimilatsiooniks, toimub taimele langevate ja roheliste kloroplastide poolt neelatavate valguskiirte energia mõjul. *Süsiniku assimileerimist rohelise taime poolt nimetatakse ka veel fotosünteesiks, s. t. niisuguseks eluprotsessiks, mille puhul rohelised taimed neelavad kloroplastide abil väliss-*

[1] Tärklise, glükoosi, tselluloosi, puitaine, taimeõlide, parkainete reaktsioone käsitleti taimeanatoomia kursuses.

keskkonnast süsihappegaasi, vett ja valgusenergiat ning kasutavad neid keerukate orgaaniliste ühendite sünteesiks. Need ained nn. assimilaadid on taimedele ja kõikidele maakera asustavatele organismidele toiduks ja energia-allikaks. Fotosüntees rikastab õhku hapnikuga.

Fotosünteesi keemiliseks olemuseks on keerukas oksüdeerumis-redutseerumisprotsess, mille puhul klorofüll neelab valgusenergiat, mida kasutatakse fotokeemilisteks reaktsioonideks süsihappegaasi ja vee vahel. Vee vesinik kulutatakse vaheproduktide redutseerimiseks; süsihappegaas astub vastastikustesse reaktsioonidesse rohelistes kloroplastides tekkivate ainetega. Käesolevas õpikus ei tungi me oksüdeerumis- ja redutseerumisreaktsioonide üksikasjadesse[1], toome vaid fotosünteesi summaarse võrrandi:

$$6CO_2 + 6H_2O + \frac{\text{kloroplastid}}{\text{valgus}} = C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

Glükoosi iga gramm-molekuli (180 g) tekkimisreaktsioon nõuab energiakulu 674 kcal, mille rohelised taimed saavad päikesekiirtelt.

Toodud võrrand osutub vaid rohelistes rakkudes toimuvate aine ja energia keerukaimate muundumiste fotokeemiliste ja keemiliste reaktsioonide kokkuvõtuks.

Liilialiste sugukonda kuuluvate taimede lehtedes (harilik sibul, liilia jt.) tekib fotosünteesi tulemusena glükoos, mida võib kergesti kindlaks teha vastavate reaktiividega. Tärklis tekib liilialiste lehtedes vaid siis, kui õhus on rohkesti süsihappegaasi.

Enamikul taimedel on esimeseks mikroskoobi abil nähtavaks fotosünteesiproduktiks primaarne tärklis, mis muundub kergesti suhkruks.

Uuemal ajal kasutavad füsioloogid ainete taimedesse tungimise ja taimedes liikumise uurimisel laialt märgitud aatomite meetodit. Selleks tarvitatakse kahte märgitud aatomite või isotoopide tüüpi: 1) tavalistest ainetest kõrgema aatomkaalu poolest erinevate ainete stabiilseid isotoope (näiteks hariliku süsiniku ^{12}C asemel kasutatakse süsiniku isotoopi ^{14}C, hapniku ^{16}O asemel hapnikku ^{18}O jne.) ja 2) radioaktiivseid isotoope, mida saadakse kunstlikult tuumareaktorites stabiilsete elementide pommitamisel neutronite vooluga. Isotoopidega töötamise põhimõte seisab selles, et mingisuguse isotoobiga märgitud ühend viiakse taimesse mineraal- või süsiniktoitmise teel ja määratakse seejärel tema

---

[1] Üksikasjalisemalt on fotosünteesi käsitletud teostes:

А. А. Ничипорович. Световое и углеродное питание растений — фотосинтез. М., 1955.

А. А. Ничипорович. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев. «Тимирязевские чтения», XV, изд. АН СССР, 1956.

В. Л. Кретович. Основы биохимии растений. М., 1964.

lokalisatsioon ja osavõtt ainevahetuseproduktide moodustamisest. Tulemusrikkamaks on aga osutunud radioaktiivsete isotoopide kasutamine, sest radioaktiivse isotoobi asukoht ja liikumine taimes on vastavate aparaatide, radioaktiivse kiirguse (β- ja γ-kiirgus) lugejate abil kergesti määratavad. Andes taimedele radioaktiivset süsinikku sisaldavat süsihappegaasi ($^{14}C\ O_2$) ja jälgides ^{14}C sisenemist mitmesugustesse fotosünteesiprotsessis tekkivatesse ainetesse, on teadlastel õnnestunud tõestada, et fotosünteesiproduktideks võivad peale süsivesikute (monosahhariidid, sahharoos ja tärklis) olla ka aminohapped ja valgud, mis moodustuvad kloroplastides ja tungivad seejärel rakuprotoplasmasse. Orgaaniliste lämmastikuühendite tekkimiseks on peale vee ja süsihappegaasi vaja ka teisi aineid, näiteks lämmastikku, väävlit ja fosforit. Neid elemente omastab taim mineraalühendite näol.

Süsivesikud, valgud ja aminohapped ei ole fotosünteesi esimesteks produktideks. Ehkki foto- ja biokeemiliste reaktsioonide käiku ei ole veel tervikuna selgitatud, on paljud fotosünteesi primaarsed ja vaheproduktid juba kindlaks tehtud. Nende hulka kuuluvad fosfoglütseriinhape, õunhape, alaniin, suhkrute fosforestrid jt. Juba sellest loetelust on näha, et ülaltoodud reaktsioon ei kajasta fotosünteesi redoksreaktsioonide käiku, vaid näitab ainult ühe peamise lõpp-produkti — suhkru tekkimist.

On kindlaks tehtud, et fotosünteesil eralduv hapnik pärineb veest. Seda seisukohta võib tõestada, kui asetada veetaim vette, milles on märgitud hapnikuaatomid ($H_2{}^{18}O$); fotosünteesiprotsessis eritub vabal kujul nimelt märgitud hapnik, kuna vee vesinikku kasutatakse seejuures fosfoglütseriinhappe redutseerimiseks trioosideni (lihtsamad suhkrud).

Fotosünteesi skemaatilist summaarset võrrandit kujutletakse nii:

$$CO_2 + 2H_2O^* + 112\ \text{kcal} \xrightarrow[\text{klorofüll}]{\text{valgus}} CH_2O + H_2O + O_2^*$$

Sellest võrrandist (skeemist) on näha, et rohelises taimerakus eraldub vee lagunemisel valguse ja klorofülli mõjul vaba hapnik, neljast vesinikuaatomist kulutatakse kaks aatomit süsihappegaasist pärineva süsiniku redutseerimiseks ning kaks selleks, et lahutada hapnik ja moodustada veemolekul. Orgaanilise aine grammmolekuli moodustamiseks kulub 112 kcal valgusenergiat. Fotosünteesiprotsess toimub keerukate redoksreaktsioonide tulemusena.[1]

Fotosünteesi ja saagikuse vahelist seost uurides tuli A. Nitšiporovitš (1956) järeldusele, et üheks põhiliseks hea viljasaagi eel-

[1] Fotosünteesi summaarne võrrand on võetud raamatust: Н. А. Максимов. «Краткий курс физиологии растений, Сельхозгиз, 1958.

tingimuseks on fotosünteesiprotsess. Näiteks on suhkrupeedijuurte 250—350 ts-lise hektarisaagi saamiseks vaja 100—150 kg lämmastikku, 25—30 kg fosforit, 110—150 kg kaaliumi ja ligi 4200 kg süsinikku. Et niisugust hulka süsinikku koguda, peavad taimed vegetatsiooniperioodi kestel hektaripinna kohta ligi 20 tonni süsihappegaasi assimileerima, mis vastab süsihappegaasisisaldusele 4 km paksuses õhukihis hektaripinna kohal.

Fotosüntees on nii taimedes kui ka loomades lakkamatult toimuvale hingamisele vastupidine protsess. Fotosünteesil kasutatakse süsihappegaasi, vett ja valgusenergiat ning õhku eraldub vaba hapnik; hingamisel neeldub hapnik ja eralduvad süsihappegaas ning vesi ja vabaneb orgaanilises aines peituv-energia. Hingamisel toimub keerukate ainete lagunemine lihtsateks, fotosünteesil moodustuvad lihtsaimatest ainetest keerukad ained. Mõlemad protsessid toimuvad rohelises taimes valguse käes üheaegselt, kuid fotosüntees ületab hingamise soodsates tingimustes 8—10 korda ja rohkem. Ebasoodsates tingimustes aeglustub fotosüntees ja pimedas lakkab, hingamine aga kestab edasi.

KLOROPLASTID JA KLOROFÜLL

Valguse püüavad kinni roheliste taimede rakkudes olevad kloroplastid. Et klorofülli sisaldav kude on arenenud lehtedes, toimubki fotosüntees peamiselt nendes organites, ehkki süsinikku assimileerivad ka kõik teised rohelised organid. Kloroplaste on igas rakus harilikult mõnikümmend ja vaid mõningatel taimedel, näiteks peedil, mõnisada.

Kloroplasti suurus on mõni mikromeeter, nende üldpind ületab lehepinna 200 korda ja rohkem. Nii ulatuslik roheline pind on taimele vajalik, sest süsihappegaasi protsendiline kogus õhus on väike, taimede vajadus selle järele aga väga suur. Veekogus kloroplastides on kuni 75% nende üldkaalust ja kloroplastide kuivaine sisaldab umbes 40—50% valke, 20—25% lipoide, 12—18% tuhkaineid ja ligi 10% pigmente. Kloroplastide pigmendid, samuti lipoidid ja fermendid paiknevad kihtidena membraanides, mis üksteisele asetunult moodustavad erilisi kehakesi — graanuleid (graane). Pigment k l o r o f ü l l, mis esineb kloroplasti graanulites, on keeruka koostisega. Ta lahustub hästi piirituses, bensiinis ja eetris. Klorofülli ja teiste pigmentide saamiseks asetatakse lehed piiritusse, mis värvub roheliseks; lehed muutuvad seejuures värvusetuks.

Klorofülli küllalt kontsentreeritud piiritusekstrakti õhuke kiht näib rohelisena, paks kiht aga laseb läbi ainult infrapunaseid kiiri ja näib seetõttu punasena. Peegeldunud valguskiirtes näib klorofüll kirsspunasena. Omadust oma värvust erinevas valgustuses muuta, nimetatakse f l u o r e s t s e n t s i k s.

Kui katseklaasi, milles on klorofülli piiritusekstrakt, lisada mõni tilk vett ja siis bensiini, saab ekstrakti pärast loksutamist koostisosadeks lahutada: bensiini (katseklaasi ülemises osas) koguneb aeglaselt klorofülli smaragdroheline osa, päris klorofüll, ja teine, oranži värvusega pigment karotiin, piiritusse aga jääb ekstrakti kollane osa, pigment ksantofüll. Kui katseklaasi, milles on klorofülli piiritusekstrakt, lisada tükike kaaliumhüdroksiidi, siis seebistub roheline klorofüll pärast loksutamist tekkinud piiritusleelise mõjul ja bensiini lisamisel koguneb katseklaasi põhja, bensiini aga jääb karotiin. Seda pigmenti leidub ka kromoplastides, temast oleneb näiteks söögiporgandi lihaka juure värvus.

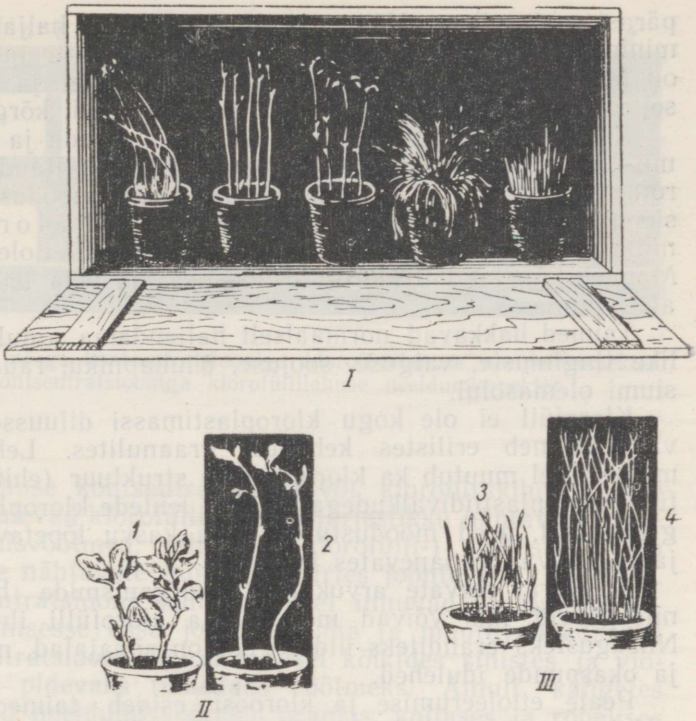
Klorofüll, roheline pigment, on dikarboksüülhappe ning kahe alkoholi, metüülalkoholi ja kõrgmolekulaarse küllastumata alkoholi fütooli ester. Roheline pigment koosneb kahest pigmendist: ühte nimetatakse a-klorofülliks ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$) ja teist b-klorofülliks ($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$). Kollase ja oranži pigmendi keemiline koostis on lihtne: ksantofülli koostis on $C_{40}H_{56}O_2$, karotiini koostis $C_{40}H_{56}$. Ksantofüll ja karotiin kuuluvad karotinoidide hulka; neist viimane on küllastumata süsivesinik. Loetletud pigmendid esinevad koos kloroplastides ja samuti klorofülli piiritusekstraktis.

KLOROFÜLLI LAGUNEMINE JA TEMA TEKKIMINE TAIMES

Kui lisada rohelisele klorofülliekstraktile hapet (näiteks HCl), muundub roheline pigment pruuniks feofütiiniks, milles on magneesium asendunud vesinikuga. Sellepärast ei õnnestu tugevhappelist rakumahla sisaldavatest lehtedest (hapuoblikas) rohelist klorofülliekstrakti saada. Klorofüll laguneb ka eredate kiirtega valgustamisel; selle tõttu tuleb teda pimedas hoida. Kinnijoodetud katseklaasis, ilma õhuhapniku juurdepääsuta, ei lagune klorofüll ka eredas valguses. Järelikult laguneb klorofüll valguse mõjul hapniku juuresolekul.

Ereda valguse kahjulik toime klorofüllile on taimedel esile kutsunud rea kaitsekohanemisi liigse valgustuse vastu; näiteks on paljude varjulembeste taimede kloroplastidel võime rakkude eesseintelt külgmistele ümber paigutuda. Klorofülli lagundades on valgus samal ajal tema roheliste pigmentide moodustamisel tarvilikuks teguriks. *Ilma valguseta arenevad kahvatud, nõrgad, väljaveninud taimed, mida nimetatakse etioleerunud taimedeks* (joonis 175). Niisugused taimed võivad areneda ainult varem (seemnetesse ja mugulatesse) varutud toitainete arvel.

Tihti venivad kartuli etioleerunud võsud keldrites valguse suunas, kasvades mitme meetri pikkuseks. On tähele pandud, et etioleerunud vartes ei arene tugikude.



Joonis 175. Etioleerunud taimed:
I — valguskindel kast etioleerunud taimede kasvatamiseks. *II* — põlduba: *1* — valguse käes; *2* — pimedas. *III* — kaer: *3* — valguse käes; *4* — pimedas.

Klorofülli tekkimisprotsessi valguse mõjul võime vaadelda tõusmete tärkamisel. Mullas on seemneidandid kollased, kuid nende valguse kätte ilmumine põhjustab nende roheliseks muutumist.

Klorofülli tekkimine on keerukas ja kulgeb kahes faasis. Esimene faas toimub pimedas ja nõuab kõrgemat temperatuuri (näiteks nisul on klorofülli tekkimise optimaalseks temperatuuriks 26—30°). Madala temperatuuri juures ei teki vahepealseid ühendeid, mida on klorofülli moodustamiseks vaja. Teine faas kulgeb valguse käes. Valgust on vaja selleks, et pimedas tekkinud ühendid, mis on klorofülli sünteesi eelastmeks, muunduksid klorofülliks.

Etioleerunud idandite rakkudes on plastiidid olemas, valguse käes muutuvad nad roheliseks. Klorofüili tekkimine valguse käes toimub vastavas temperatuuris õhuhapniku juurdepääsul.

Külmal kevadel jääb noor rohi kaua kollaseks ja muutub alles temperatuuri tõustes haljaks. Eriti ilmekalt on seda näha

pärast sooja vihma. Võib rääkida eri taimede haljaks muutumise minimaalsest, optimaalsest ja maksimaalsest temperatuurist, mis on lähedane seemnete idanemistemperatuurile ja erineb sellest selle poolest, et idanemistemperatuur on veidi kõrgem.

Klorofülli tekkimiseks läheb vaja veel rauda ja magneesiumi, mis tulevad taime pinnasest juurestiku kaudu. Raud ei kuulu klorofülli koostisse, kuid on tähtis klorofülli moodustumise reaktsiooni kiirendajana. Rauata areneb taimedel kloroos, haigus, mille puhul taimede kollane värvus meenutab etioleerunud taimi. Magneesium kuulub klorofülli koostisse ja teda leidub harilikult alati pinnases.

Taimed hakkavad normaalselt haljendama ainult kõigi tarvilike tingimuste, valguse, soojuse, õhuhapniku, raua ja magneesiumi olemasolul.

Klorofüll ei ole kogu kloroplastimassi difuusselt jaotunud, vaid paikneb erilistes kehades, graanulites. Lehtede vanuse muutumisel muutub ka kloroplastide struktuur (ehitus) ja klorofülli seos plastiidivalkudega. Noorte lehtede kloroplastides ei ole graanuleid, need moodustuvad oma kasvu lõpetavates lehtedes ja lagunevad vananevates lehtedes.

Maakeral elavate arvukate taimorganismide hulgas on ka niisuguseid, mis võivad moodustada klorofülli ilma valguseta. Niisugusteks eranditeks üldreeglist on sõnajalad, mõned vetikad ja okaspuude idulehed.

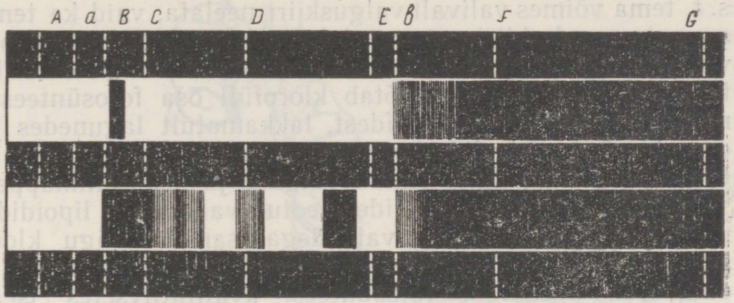
Peale etioleerumise ja kloroosi esineb taimedel mõnikord albinismi, mis seisab selles, et isegi kõige soodsamatel välistingimustel ei kogune kloroplastidesse klorofülli ja seni veel tundmata põhjusel arenevad kas täiesti valged idandid (maisil ja teistel kõrrelistel) või lillekasvatuses hinnatavad kirjulehelised taimed.

KLOROFÜLLISPEKTER

Meie ülesandeks on nüüd vaadelda klorofülli suhtumist mitmesugustesse päikesespektri kiirtesse. Kui laseme valguskiirtel läbi klorofülliekstrakti ja seejärel läbi spektroskoobi klaasprisma tungida, näeme, et mõned kiired ei läbi klorofülli ja spektrisse ilmuvad täiesti kindlad neeldumisvöötmed (joonis 176).

Nagu füüsikast teame, koosneb päikesespekter seitsmest nähtavast värvusest (punane, oranž, kollane, roheline, helesinine, sinine ja violetne).

Peale nähtavate kiirte on olemas veel nähtamatuid kiiri (infrapunased ja ultravioletsed). Nähtavate kiirte asend määratakse ära Fraunhoferi joontega, millel on päikesespektri eri kiirtes kindlad kohad ja mis on päikesel leiduvate ainete neeldumisvöötmeteks.



Joonis 176. *I* — nõrga kontsentratsiooniga klorofüllilahuse neeldumisspekter. *II* — keskmise kontsentratsiooniga klorofüllilahuse neeldumisspekter.

Klorofüllilahuse kontsentratsiooni või klorofüllikihi paksuse suurenemisel tulevad klorofüllispektris järjestikku nähtavale järgmised neeldumisvöötmed: lahjades (klorofülli-) lahustes tuleb neeldumisvööde nähtavale punastes kiirtes joonte *B* ja *C* vahel. Lahuse kontsentratsiooni suurendamisel ilmuvad neeldumisvöötmed spektri sinisesse ossa joone *F* taha ja muutuvad edasisel lahuse kontsentratsiooni suurendamisel kõikides sinistes ja violetsetes kiirtes pidevaks tumedaks vöötmeks. Ainult kangetes lahustes tekivad neeldumisvöötmed oranžis, kollases ja rohelises spektriosas. Ja lõpuks veel kangemates lahustes neelduvad peaaegu kõik kiired, ainult osa punaseid kiiri ja tumepunased kiired, mis asetsevad joonest *B* vasakul, ning osa rohelisi kiiri läbivad lahuse ilma nähtavate muutusteta ja neelduvad viimases järjekorras (joonis 176).

Kui suuname valguse läbi elusate lehtede, saame klorofülliekstrakti-spektriga sarnaneva neeldumisspektri. Lehti läbivad rohelised ja osa punaseid kiiri, pakse lehekihte läbivad aga ainult tumepunased kiired. Kui vaadata läbivas valguses paksu lehtede kogu, siis näib see kirsspunasena nagu klorofülliekstrakt. Seda võib ilmekamalt näha, kui siduda mõned lehed läbipaistmatu toru otsa ja vaadata neid toru vastasotsa kaudu, suunates toru vastu eredat valgust.

Klorofülli omadus valivalt mitmesuguseid kiiri neelata on väga tähtis, sest et neelatud kiirte energia kulutatakse fotosünteesiks.

K. A. Timirjazev tõestas arvukate katsetega, et fotosüntees toimub eriti hoogsalt neis spektrikiirtes, mis eriti intensiivselt neelduvad klorofüllis, s. t. punastes ja sinistes kiirtes. Uurides valguse osatähtsust fotosünteesiprotsessis, tõestas ta, et energia jäävuse ja muundumise seadus on ka siin kohandatav.

Klorofülli tähtsus ei seisa ainult tema optilistes omadustes,

s. t. tema võimes valivalt valguskiiri neelata, vaid ka tema võimes suunata nende kiirte energiat fotosünteetiliste reaktsioonide läbiviimiseks. Niisuguseid aineid nimetatakse fotosensibilisaatoriteks. Samal ajal võtab klorofüll osa fotosünteesi fotokeemilistest redoksreaktsioonidest, lakkamatult lagunedes ja taastudes vanade molekulide lagunemise ja uute tekkimise tulemusena. Klorofülli taastumine toimub valguse ja askorbiinhappe mõjul.

Klorofüll on kloroplastides seotud valkude ja lipoididega. Klorofülli kompleksne seos valkudega, samuti nagu kloroplastide struktuurgi, muutub sõltuvalt taimeliigist ja vanusest ning see omakorda peegeldub fotosünteesi kvalitatiivsetes iseärasustes. Päikesespektri punaste kiirte neelamine klorofülli poolt põhjustab esijoones süsivesikute moodustumist, kuna siniste ja violetsete kiirte neelamine klorofülli ja karotinoidide poolt põhjustab aminohapete ja valkude moodustumist.

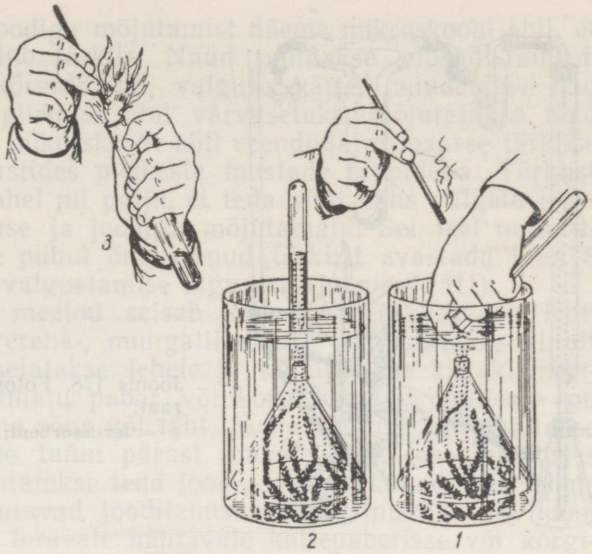
GAASIVAHETUS JA FOTOSÜNTEESI TINGIMUSED

Fotosünteesiprotsessis neelab roheline taim õhust süsihappegaasi ja eritab õhku hapnikku. Hapniku eritamist rohelise taime poolt võib vaadelda veetaimede — vesikatku, vallisneeria, vesikarika, vesiherne (*Elodea, Vallisneria, Stratiotes, Utricularia*) jt. juures (joonis 177). Klaaspurki valatakse vett, millel on toatemperatuur; läbi selle vee juhitakse viie minuti jooksul süsihappegaasi. Purki asetatakse mõned uuritava taime rohelised oksad ja kaetakse need lühikest toru omava klaaslehtriga, see kaetakse omakorda veega täidetud katseklaasiga. Seadeldis asetatakse tugeva elektri- või päikesevalguse kätte.[1]

Fotosünteesi tulemusena hakkab taimedest (vigastatud kohtadest) erituma hapnikku, mis tõuseb väikeste mullikeseahelikkudena üles ja koguneb katseklaasi, tõrjudes sellest välja vee. 2—3 tunni jooksul koguneb katseklaasi nii palju hapnikku, et kui katseklaas välja võtta, teda seejuures sõrmedega sulgedes, ava ülespoole pöörata ja torgata katseklaasi hõõguv peerg, hakkab peerg leegitsema, mis tõestabki hapniku olemasolu katseklaasis (joonis 177).

Fotosünteesi intensiivsus sõltub mitmest asjaolust: temperatuurist, CO_2 teatava koguse olemasolust ja valguse tugevusest. Seda sõltuvust on kerge näidata veega täidetud katseklaasi paigutatud vesikatku juures teatava arvu sekundite jooksul eritunud mullikeste loendamise meetodi abil. Ajaühikus erituvate mullikeste arv väheneb fotosünteesi optimaalsest temperatuurist kas ühele või teisele poole kõrvale kaldumisel.

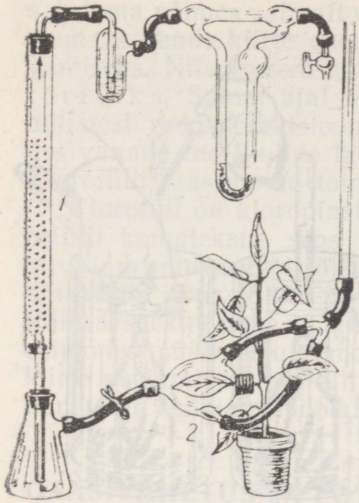
[1] Selle asemel et juhtida CO_2 läbi vee, võib katse jaoks võtta nõrka naatriumvesinikkarbonaadi (söögisooda) lahust (kontsentratsioon 0,25%), mis ise osutub alaliseks süsihappeallikaks.



Joonis 177. Hapniku eritamine roheliste veetaimede poolt.
Veega täidetud purki on paigutatud taimed, mis on kaetud lehtriga. Hapnik koguneb pisikeste mullikestena katseklaasi, tõrjudes temast välja vett; katseklaas võetakse veest välja vasaku käega, paremas aga hoitakse hõõguv peerg; katseklaasi torgatud peerg lööb eredalt leegitsema.

Eriti soodus on mullikeste loendamise meetodi abil jälgida fotosünteesi sõltuvust valgusetugevusest. Selleks tuleb katseklaas taimega lambist kaugemale viia ja ära lugeda mullikesed, mis ühest kohast erituvad.

Gaaside vahetuse arvestamiseks fotosünteesil kasutati viimase ajani eudiomeetrit. Praegu kasutatakse meetodit, mis seisab õhuvoolu imemises läbi kambrikese, kuhu on asetatud leht (oks või terve puu), õhku jäänud süsihappegaas aga sorbeeritakse leelise abil. Paralleelse katsega, aspiraatori ja sorbendi abil, määratakse kindlaks süsihappegaasisisaldus atmosfäärse õhu samasuguses ruumalas, mis kulub imemiseks läbi kambrikese, kuhu on asetatud leht. Kui lahutada lehega kambrikest läbinud õhku jäänud süsihappegaasikogus sellest süsihappegaasikogusest, mis on vastuvõtjasse tunginud õhus, siis leiame süsihappegaasikoguse, mille leht või oks fotosünteesiprotsessiks kulutas. Toome ühe niisuguse aparaadi kirjelduse (joonis 178). Mitut tüüpi süsihappegaasi-sorbentidest on N. Maksimovi järgi kõige sobivam sorbent, milleks on 50 cm pikkune barüütveega täidetud klaastoru, mille alla on kinnitatud peente aukudega metall- või urbne klaasplaat, mis jaotab õhuvoolu väikesteks mullikesteks ja soodustab sellega süsihappegaasi täielikumat sorptsiooni (neeldumist). Et õhk paremini pihustuks, lisatakse barüütveele mõned



Joonis 178. Fotosünteesi määramise aparaat:
1 — leelissorbent; *2* — kambrike lehega.

tilgad amüülalkoholi (1-pentanooli), mis vähendab tugevasti lahuse pindpinevust ja seega ka õhumullikeste suurust. Uuritava taime leht või oks asetatakse klaaskambrikesse, mida läbib aspiraatori või pumba abil imetav kiire õhuvool, mis tungib sorbenti ja annab ära temas sisalduva süsihappegaasi. Püsiva voolukiiruse säilitamiseks kasutatakse erilisi regulaatoreid.

ORGAANILISTE AINETE KOGUNEMINE FOTOSÜNTEESIL JA FOTOSÜNTEESIPRODUKTID

Rohelist taime valguse käes ja pimedas kasvatades võib kergesti veenduda, et kuivaine kogunemine toimub ainult valguse käes; pimedas kahaneb kuivainehulk (kulutatakse hingamiseks).

Kergesti avastatavateks fotosünteesiproduktideks on suhkur ja tärklis. Enamikul taimedel muutub suhkur kohe pärast tekkimist primaarseks tärkliseks, mis talletub pisikeste terakestena kloroplastidesse. Tekkinud tärklis muutub aga vastavate fermentide toimel uuesti suhkruks, mis võib kogu taime mööda liikuda. Et päeval on tärklise moodustumine ülekaalus, võrreldes tema suhkruks muutumisega, öösel aga primaarset tärklist ei teki, siis täituvad kloroplastid päikesepaistelise päeva jooksul tärklisega, öösel aga kaob tärklis neist (soodsa temperatuuri korral).

Primaarset tärklist võib avastada kloroplastides kas mikro- või makroskoopilise uurimise meetodil.

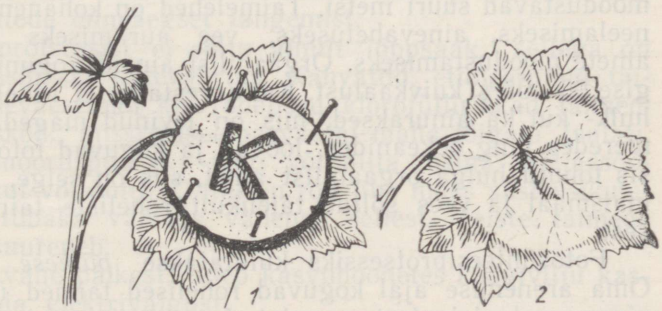
Mikroskoopiline meetod seisneb järgmises: taimedest (näiteks tähtsamblast) kõrvaldatakse tärklis, hoides neid kahe ööpäeva jooksul pimedas. Pärast lehe piirituse abil värvusetuks

muutmist ja tema joodiga mõjutamist näeme mikroskoobi abil, et kloroplastides puudub tärklis. Nüüd pannakse elusad taimed, millest tärklis on kõrvaldatud, valguse kätte, muudetakse nad 2—3 tunni pärast piirituse abil värvusetuks, mõjutatakse neid joodiga, ja siis võib mikroskoobi abil veenduda primaarse tärklise olemasolus kloroplastides pisikeste mustade täppidena. Tärklist on kloroplastides vahel nii palju, et teda võib näha valgete terakestena ilma piirituse ja joodiga mõjutamata. Sel teel on eriti soodsate tingimuste puhul õnnestunud tärklist avastada juba 5 minuti möödumisel valgustamise algusest (joonis 4, III).

Makroskoopiline meetod seisab selles, et tärklisevabu lehti (näiteks peedi-, kurereha-, mungalillelehti) valgustatakse ainult osaliselt. Selleks asetatakse lehele ja kinnitatakse kirjaklambritega must läbipaistmatu paber või korgiliistakud, millesse on lõigatud mingisugune sõna või täht. Mahalõigatud leht pannakse valguse kätte. Mõne tunni pärast muudetakse leht piirituses värvusetuks ja mõjutatakse teda joodiga. Need kohad, kus lehele langes valgust, muutuvad joodilahuse mõjul siniseks (või mustaks) ja neis tuleb teravalt nähtavale kattepaberisse või korgiliistakusse tehtud lõikemärk (joonis 179).

Tärklisehulk, mis kloroplastidesse talletub, on kooskõlas katsetingimustega. Tärklisevaba hortensialehe valgustamise ja selle töötlemise abil kaaliumjodiidis lahustatud joodiga näitas K. A. Timirjazev kujukalt, et tärklis tekib suurimal hulgal punastes spektrikiirtes, Fraunhoferi joonte *B* ja *C* vahel, s. t. neis kiirtes, mis kõige intensiivsemalt klorofüllis neelduvad.

Fotosünteesi intensiivsust arvutatakse lehepooltemeetodi abil. See meetod põhineb lehelaba kaalu suurenemisel katse ajal kuivaine kogunemise tulemusena. Lehe küljest, millest on kõrvaldatud tärklis, lõigatakse ära pool laba; sellest lõigatakse välja kindla pindalaga tükk. Seejuures ei tohi vigastada lehe pearoodu. Pärast leheosa kuivatamist määratakse analüütilistel kaa-



Joonis 179. Tärklise tekkimine lehes fotosünteesil:
1 — lehele on mõlemalt poolt nööpnõeltega kinnitatud õhukesed K-tähe kujuliste läbilõigetega korgiliistakud; *2* — leht pärast piirituse ja joodiga töötlemist.

ludel lehe pindala-ühiku kaal. Ülejäänud lehepoolt valgustatakse mõne tunni jooksul ja lõigatakse siis temast välja täpselt samasugune osa kui esimeselgi lehepoolel. Pärast kuivatamist ja kaalumist määratakse kuivaine juurdekasv, võrreldes esimese määramisega, ja arvutatakse see pindala-ühiku kohta. Seda liiki määramised näitavad, et 1 m^2 lehepinda kogub ühe tunni jooksul soodsatel tingimustel keskmiselt 1 g (0,5—1,5 g) kuivainet.

Fotosünteesi intensiivsus alaneb põuasel, samuti ka jahedal vihmasel ajal, ja see mõjub saagile. Fotosünteesi ööpäevane kulg sõltub paljudest tingimustest (päikeseradiatsioonist, niiskusest, temperatuurist jne.). Küllaldase niiskuse puhul tugevneb fotosüntees varajastest hommikutundidest kuni keskpäevani, pärast seda aga nõrgeneb ja lakkab pärast päikeseloojangut. Päikesepaiste suurendab keskpäeval tihti auramist, mistõttu palaval ajal alaneb fotosüntees keskpäeval, suureneb siis uuesti ning väheneb õhtuks.

Fotosünteesi päevase käigu tõusu ja languse vaheldus sõltub harilikult ka pilvitusest, tuulest ja sademetest.

Fotosünteesi produktiivsuse määramisel taimede all oleval pindalal lähtutakse taimede fotosünteesi intensiivsusest ja nende üldise rohelise lehepinna suurusest.

Fotosünteesi produktiivsus ja järelikult ka taimede saagikus määratakse järgmiste tegurite — fotosünteesiva pinna suuruse, lehtede elutegevuse kestuse, fotosünteesi intensiivsuse, assimilaatide äravoolu kiiruse ja juurestiku tegevuse intensiivsuse — optimaalse vahekorra põhjal.

FOTOSÜNTEESI TÄHTSUS

Maismaa on suuremalt osalt roheliste taimedega kaetud. Põldude ja niidukõlvikute taimede lehepind ületab kümneid kordi nende taimede kasvupindala. Veel suurem lehepind on puudel, mis moodustavad suuri metsi. Taimelehed on kohanenud päikesekiirte neelamiseks, ainevahetuseks, vee auramiseks ja orgaaniliste ainete moodustamiseks. Orgaanilisi aineid koguneb taimede saagise 90—95% kuivkaalust. Kui arvestada, et rohelised taimed, nii hulk- kui ka ainuraksed, mis on levinud magedas vees ja eriti meredes ning ookeanides, loovad ja koguvad fotosünteesiprotsessis tohutu hulga orgaanilist ainet, siis on selge, et loomade elu maismaal ja vees sõltub täielikult roheliste taimede elutegevusest.

Fotosünteesiprotsessiks kulutatakse *päikese valgusenergiat*. Oma arenemise ajal koguvad rohelised taimed ühes orgaanilise ainega potentsiaalset energiat. Inimene kasutab taimi toiduks ja loomasöödaks, samuti küttepuude, turba ja kivisöe näol. Kõigil neil juhtudel vabaneb potentsiaalne energia ja muundub kineetiliseks

energiaks. Peale selle rikastavad rohelised taimed õhku hapnikuga ja puhastavad teda süsihappegaasist, mille kuhjumine suuremas koguses hingamise, põlemise ja vulkaanilise tegevuse tagajärjel võiks hävitavalt mõjuda kõigile maakera asustavatele organismidele.

Fotosünteesiprotsessi tundmine toob selgust paljudesse loodusnähtustesse.

Tõusmete haljendamine kevadel on seotud klorofülli moodustumise protsessiga. Taimede arenemine sõltub valgusehulgast, valgusehulk aga külvitihedusest ja taimede õigest paigutusest põllul, taimede harvendamisest ja võitlusest umbrohtude vastu. Taimede liigne tihedus põllul põhjustab valgusepuudust ja saagi vähenemist ning soodustab külvide lamandumist. Suurte saakide saamiseks tuleb iga kultuuri jaoks antud tingimustes katselisel teel kindlaks määrata taimede optimaalne hulk hektari kohta ja nende optimaalne paigutus pindalal, s. o. külvisenorm.

Sügisene lehtede langemine ja taimede kolletumine sõltub samuti fotosünteesist ja klorofülli omadustest. Igihaljaste taimede (okaspuude ja paljude lõunas kasvavate lehttaimede) lehed langevad järk-järgult, meie kliimas langevad lehtpuude lehed maha igal sügisel. Enne lehtede langemist tekib leherootsu aluses korkkude ja eralduskiht, mis tungib leherootsukoesse, ei puuduta aga lehe juhtkude. Enne mahalangemist kaotab leht rohelise värvuse, klorofüll laguneb, nähtavale tulevad ksantofüll ja karotiin ja tekib antotsüaan, mis annavad lehtedele «sügisvärvuse». Enne lehtede langemist siirduvad toitained teistesse taimeosadesse, lehtedesse aga kogunevad tarbetud jäägid, näiteks kaltsiumoksalaadi (kaltsiumetaandiaadi) kristallid. Pärast lehe langemist jääb lehe kinnitumiskohale arm, millel võime näha ummistunud juhtkimpude jälgi. Viimasel ajal kasutatakse Kesk-Aasia vabariikides laialt puuvillapõõsa lehtede kunstlikku kõrvaldamist enne puuvilla koristamist, mis tunduvalt kergendab koristustööd masinate abil. Selleks tarvitatakse erilisi preparaate, mis soodustavad lehtede enneaegset langemist.

Fotosünteesiprotsessist ei sõltu ainult lõppsaak, sellega on seotud ka haljasmassi toiteväärtus. Kahvatud, etioleerunud taimed on kuivainevaesemad kui rohelised klorofüllirikkad taimed. Pole sugugi ükskõik, missugusel päevaajal maha lõigata (salati, tubaka, peedi, mooruspuu jt.) lehti või niita heina haljassöödaks — hommikul või õhtul. Õhtul on roheline mass süsivesikuterikkam: ainult tubaka väärtus väheneb sellest, teiste taimede (toite)väärtus suureneb.

Et talvel on vähe päikest, tuleb kasvuhoonetes köögivilju kasvatades kasutada elektrivalgust.

1400-küünlane elektrilamp, mis asetseb 2 m kaugusel taimest, on ligikaudu sama mõjuga mis päikesevalgus. Kuid kunstlikus valgustuses kasvatatud taimed erinevad päikesevalguses kasva-

nud taimedest: neil on sinivioletsete kiirte puudumise tõttu harilikes hõõglampides väljaveninum kuju. Sinivioletsed kiired soodustavad nimelt taimede korrapärast kujunemist. Seetõttu kasutatakse taimede talvisel kasvatamisel üha rohkem päevavalgus-(luminestsents-)lampe, mis annavad paremat valgust. Harilikult kasutatakse kasvuhoonetes elektrivalgust talvise nõrga päikesevalguse täiendusena.

Süsihappegaasikogus õhus (0,03%) ei ole fotosünteesiprotsessile optimaalne. Selle suurenemine 0,1—0,3%-ni soodustab fotosünteesi ja järelikult ka taimede kasvu, mõnel juhul 4—5 korda. Edasine CO_2 koguse suurenemine, näiteks 1%-ni, hakkab aga taimede kasvu pidurdama. «Õhu väetamine» süsihappegaasiga on suur probleem, mis on osaliselt lahendamist leidnud lavades ja kasvuhoonetes. Ka orgaanilised väetised soodustavad õhu rikastamist süsihappegaasiga, sest nad intensiivistavad mullas toimuvaid bioloogilisi protsesse.

FOTOSÜNTEESIALASTE TEADMISTE ARENEMINE

Fotosünteesialaste katsetega tegeles juba 1771. aastal inglise füüsik ja keemik J. Priestley. Ta märkas, et õhk, mis oli hiirte hingamise tõttu täiesti «rikutud», «paranes» mõne päevaga, kui sellesse asetati mündioks. Kuid Priestleyl ei õnnestunud alati katsed loomade hingamisest või põlemisprotsessist rikutud õhku «parandada», sest ta ei arvestanud ühe tingimuse, valguse tähtsust. Priestley ajal arvasid teadlased, et taimed omandavad süsinikku juurtega pinnasest.

Hollandi teadlane Jan Ingenhousz tuli mitmete uurimuste põhjal järeldusele, et rohelised taimed eritavad hapnikku ainult valguse käes, pimedas aga taimed rikuvad õhku.

Kaks šveitsi teadlast, J. Senebier ja T. Saussure, tõestasid arvukate katsete varal, et roheliste taimede juuresolekul muutub ümbritseva õhu keemiline koostis ja et ainult valguse käes väheneb süsihappegaasi hulk ja suureneb hapnikuhulk. Nad tõestasid ka, et vastuvõetud süsihappegaas kasutatakse taimede poolt ära.

Prantsuse teadlane J. B. Boussingault (1840) arvutas gaasidevahetust mitmete teravmeelsete seadiste abil ja tegi lõplikult kindlaks CO_2 tähtsuse taimede elus. Tema selgitas ka, et süsiniku assimileerimise protsess algab lehe valgustamise momendist. 1860. aastal tõestas füsioloog J. Sachs, et esimeseks nähtavaks assimilatsiooniproduktiks on tärklis, mis tekib kloroplastides valguse käes.

Fotosünteesialaste küsimuste uurimine on tihedalt seotud paljude teadlaste nimedega. Nimetagem neist vaid mõningaid.

A. Famintsõn tõestas, et fotosüntees ei toimu ainult päikese-

valguse, vaid ka teiste valguseallikate mõjul. Praegu kasutatakse fotosünteesiks laialt elektrivalgust.

Teadlane M. Tsvet töötas välja klorofülli pigmentide eraldamise kromatograafilise meetodi.

Fotosünteesiprotsessi energeetilise külje on kõige sügavamalt läbi töötanud K. Timirjazev, kelle nimi on seotud taimefüsioloogiaga ja üldse kõigi botaanika-aladega. Eriti põhjalikult uuris ta klorofülli neeldumisspektrit. Tema tegi esimesena kindlaks, et kloroplastidele langevaid valguskiiri ei kulutata mitte soojendamiseks, vaid süsivesikute sünteesiks. K. Timirjazev lükkas ümber ka tolle ajani püsinud arvamuse, et fotosüntees toimub kõige intensiivsemalt päikesespektri kollases osas, ja tõestas keerukate ning täpsete katsetega, et peamist osa etendavad süsivesikute moodustamises punased kiired. Vaevalt leidub niisugust füsioloogia-alast küsimust, mida Timirjazev ei oleks sügavalt analüüsinud.

Klorofülli keemilise olemuse tegi kindlaks R. Willstätter.

K. Purijevitš uuris seost fotosünteesi ja vee auramise vahel. Ta kinnitas K. Timirjazevi uurimust selle kohta, et roheline taim neelab ainult 3% temale langevast kiirgusenergiast, ja tegi kindlaks, et hajunud valguse käes kasutab taim ära rohkem kiirgusenergiat kui päikesepaistel.

V. Ljubimenko uuris taimede valgusrežiimi, valgus- ja varjulembesust ning fotosünteesiprotsessi sõltuvust klorofüllisisaldusest.

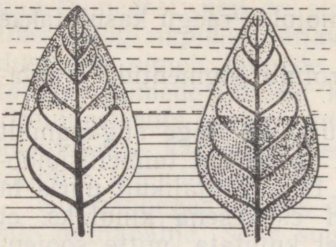
F. Kraševninnikov jätkas ja süvendas mitmeid K. Timirjazevi fotosünteesialaseid töid. Näiteks arvutas ta fotosünteesiks kulutatavat valgusenergiat. Selleks põletas ta lehed, mis olid eelnevalt kas valgustatud või valgustamata, ja määras seejuures erituva soojusehulga.

L. Ivanov uuris fotosünteesiprotsessi looduslikes tingimustes ja eriti puittaimedel.

Fotosünteesi alal töötasid edukalt ka D. Ivanovski, S. Kostõtšev, A. Rihter ja paljud teised.

Käesoleval ajal on fotosünteesi uurimise keskusteks meie maal NSV Liidu Teaduste Akadeemia ja K. A. Timirjazevi nimeline Taimefüsioloogia Instituut ning samuti akadeemia filiaalid ja kõrgemate õppeasutuste laboratooriumid.

Palju uusi avastusi nii fotosünteesi kui ka teistel taimefüsioloogia aladel on tehtud viimasel ajal. Kõik need avastused on seotud biokeemia ja biofüüsika arenemisega ning taimede uurimise uuemate meetodite kasutamisega, nagu märgitud aatomite meetod, M. Tsveti täiustatud kromatograafiline meetod, elektronmikroskoop, ülipeen mikroskoopiline tehnika, taimede uurimine kunstliku kliima laboratooriumides jne. On saanud võimalikuks kiiresti analüüsida taimi, jälgida ainete tungimist taimedesse ja ainevahetust, uurida taimi mitmesugustel temperatuuri-, valgus-



Joonis 180. Valkude ja süsivesikute moodustumine tubakalehtedes sõltuvalt valguse spektraalkoostisest. Lehtede ülemisi pooli valgustati sinise, alumisi punase valgusega. Vasakul joonisel on antud valkude, paremal süsivesikute paigutus (skeem on toodud A. Kursanovi järgi).

tamise- ja niiskusetingimustes nii kunstlikus kui ka looduslikus olukorras ja tungida niisugustesse raku ja taimede elunähtuste «salakäikudesse», mis olid uurijatele siiani ligipääsmatud.

Lisaks uuematele avastustele fotosünteesi alal, millest oli juttu peatüki alguses, tuleb märkida, et fotosünteesiproduktideks ei ole ainult süsivesikud, vaid ka valgud. Kui K. Timirjazev tõestas, et päikesespektri punased ja oranzid kiired kutsuvad rohelistes lehtedes esile süsivesikute moodustumise, siis nüüd on kindlaks tehtud, et valkude fotosüntees toimub päikesevalguse siniste kiirte mõjul. Taimede kasvuhoonetes kasvatamisel võib taimede kvalitatiivset koostist mõjutada, rakendades täiendavaks valgustamiseks punast ja sinist valgust (joonis 180).

LABORATOORSED TÖÖD (FOTOSÜNTEES)

Klorofülliekstrakti valmistamine. Lõikame rohelised lehed (näiteks nõgese, maisi, herne jt. lehed) kääridega tükikesteks, suurusega 2—3 cm, ja paigutame keeduklaasi, millesse on valatud piiritust. Kuumutame klaasi ettevaatlikult veevannis. Piiritus ekstraheerib lehtedest klorofülli (100 g lehtede kohta võtta 300 ml 96°-list piiritust). Kui lehed on värvusetuks muutunud, filtreerime piiritusekstrakti puhtasse kolbi, hoidudes eredast valgusest. Kolvi suleme kindlalt korgiga ja vaatleme ekstrakti vastu valgust. Õhukese kihina (näiteks kolvi kaelas) on ekstrakt roheline. Seejärel vaatleme ekstrakti peegeldunud valguses, milleks asume seljaga valgusallika poole ja asetame kolvi tumedale pinnale. Peegeldunud valguses näib vedelik tumepunasena (fluorestsents). Klorofülliekstrakti säilitame pimedas kohas.

Klorofülliekstrakti koostisosadeks lahutamine. Valame katseklaasi (2—3 ml) rohelist klorofülliekstrakti, lisame 1—2 tilka vett ning 2—3 ml bensiini. Loksutame katseklaasi. Mõne minuti pärast võib märgata, et bensiin on kogune-

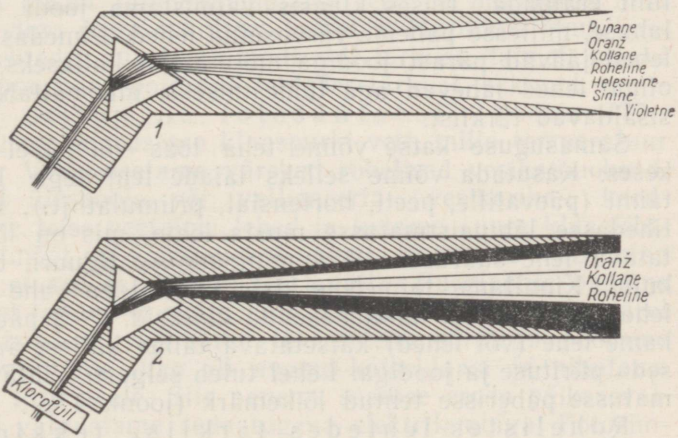
nud katseklaasi ülemisse ossa ja piiritus alumisse. Bensiin sisaldab klorofülli ja karotiini, piiritus aga kollast ksantofülli.

Ereda valguse mõju klorofüllile. Valame klorofülliekstrakti kahte katseklaasi. Ühe katseklaasi mähime musta paberisse ja asetame koos teise katseklaasiga aknalauale või ereda elektrilambi ette. Mõne tunni pärast võib märgata rohelise värvuse kahvatuks muutumist või koguni kadumist katseklaasis, mis ei ole paberisse mähitud.

Hapete toime klorofüllisse. Lisame katseklaasis olevale klorofülliekstraktile mõned tilgad sool- või äädikhapet. Klorofüll värvub kohe pruuniks, mis osutab tema lagunemisele. Klorofülliekstrakti valmistamisel omandab ekstrakt pruunika värvuse rakumahlas sisalduvate orgaaniliste hapete toimel.

Klorofülliekstrakt spektroskoobi ees. Asetame tugevast elektrilambist tulevate valguskiirte teele spektroskoobi pilukujulise ava ette läbipaistva küveti klorofülliekstraktiga (joonis 181). Spektri vaatlemisel näeme õhukest neeldumisvööd punastes kiirtes, Fraunhoferi joonte *B* ja *C* vahel, kusjuures äärmised punased kiired joonte *A* ja *B* vahel, nagu kõik ülejäänudki, läbivad spektroskoopi muutuseta. Neeldumisvööde punastes kiirtes on nii iseloomulik, et tema abil võib avastada väga väikesi klorofüllikoguseid.

Etioleerunud taimede kasvatamine. Külvame aeduba, hernest, vikki, maisi ja otra lillepottidesse ning asetame potid pimedasse tihedalt sulguva kaanega kasti. Samasugused külvid paigutame ka aknalauale. Umbes 10 päeva pärast võrdleme pimedas ja valguse käes kasvanud taimi (joonis 175). Kir-



Joonis 181. Valguskiire lagunemine spektroskoobis:
1 — valge valguse kiirtekimp, mis on läbinud pilu ja lahutatud kolmnurkse prisma poolt värvilisteks kiirteks; *2* — klorofüllilahuse läbinud valguskiirte kimbu spekter; näha on neeldumisvöötmeid punastes ja sinistes-rohelistes kiirtes.

jeldame nende ja teiste taimede väliskuju ja värvust. Pimedas väljaveninud taimed on kollase värvusega, vahel punaka varjundiga. Neid nimetatakse etioleerunud taimedeks. Nende taimede rakkudes võib mikroskoobis näha kollaseid plastiide, klorofüllita kloroplaste.

Valguse käes kasvanud taimede rohelistes rakkudes leidub alati kloroplaste.

Kartulimugulate pimedas idanemisel arenevad pikad, etioleerunud, väikeste kollakate lehtedega võsud, juurviljadel (peedil, porgandil jt.) arenevad aga pikad, etioleerunud lehed.

Temperatuuri mõju klorofülli tekkimisele. Asetame viide katseklaasi viie eri taimeliigi etioleerunud idandeid (igast liigist kuni viis, olenevalt idandi suurusest), näiteks rukki-, odra-, herne-, maisi- ja sinepiidandid. Teise viide katseklaasi asetame samade taimede samasugused idandid. Esimest katseklaasiseeriat hoiame 3—4°-se temperatuuri juures, näiteks jääd sisaldavas klaasanumas, teist seeriat 18—20° juures samasuguses anumas. Mõlemad katseklaasiseeriad paigutame ühele ja samale kaugusele valgusallikast. Märgime üles minutid, mille möödumisel on märgatav idandite haljendamine.

Valguse mõju primaarse tärklise tekkimisele lehtedes. Hoiame hästi arenenud idulehtedega kahest noorest aedoa- (või kõrvitsa-) taimest üht 2—3 ööpäeva vältel täielikus pimeduses ja teist valguse käes. Teisel päevapoolel lõikame mõlemalt taimelt ära ühe või mõlemad idulehed. Asetame need idulehed 2—3 minutiks keeva vette, et surmata rakke; seejärel paigutame keeduklaasi piiritusse, mida soojendame veevannis. Piiritust vahetame paar korda, et lehtedest paremini klorofülli eraldada. Teises klaasis valmistame joodi lahja piirituslahuse, millesse paneme värvusetud lehed. Pimedas hoitud taimelehed jäävad pärast joodiga mõjutamist kollaseks, valguse käes olnud lehed lähevad aga tumesiniseks, mis näitab, et leherakud sisaldavad tärklist.

Samasuguse katse võime teha toas või suvel botaanikaaiakeses. Kasutada võime selleks laiade lehtedega kaheidulehelisi taimi (päevalille, peeti, hortensiat, priimulat jt.). Lõikame kahte tihedasse läbipaistmatusse musta lehte, mis on lõigatud katsetatava lehe suuruseks, ava mingisuguse figuuri, tähe või sõna kujul. Kinnitame taimelehe kirjaklambritega kahe läbipaistmatu lehe vahele, nii et läbilõikekohad ühtiksid. 2—3 päeva pärast lõikame lehe (või lehed) katsetatava taime küljest ära ja töötleme seda piirituse ja joodiga. Lehel tuleb selgesti nähtavale läbipaistmatusse paberisse tehtud lõikemärk (joonis 179).

Rohelistes lehtedes tärklise tekkimise sõltuvus õhu-süsihappegaasist. Muudame kaks väheldast pelargooniumi, mis on kasvatatud lillepotis valguse käes tärklisevabaks, hoides neid 2—3 päeva pimedas. Seejärel katame nad



Joonis 182. Rohelistes lehtedes tärklise tekkimise sõltuvus õhu süsihappegaasist:
1 — roheline taim klaaskupli all; *2* — sama, kuid õhus, mis on kaotanud süsihappegaasi, sest kristallisaatorisse on valatud KOH lahust.

klaaskupliga, millest ühe alla paigutame veel kristallisaatori KOH kange lahusega süsihappegaasi neelamiseks (joonis 182). Klaaskuplid asetame klaasplaadile ja määrime nende servad vaseliiniga, et välisõhk sisse ei pääseks. Sel viisil on õhk ühe kupli all täiesti ilma süsihappegaasita, teise kupli all on aga harilik õhk, mis sisaldab umbes 0,03% süsihappegaasi. 2—3 tunni möödudes lõikame ühelt ja teiselt taimeeksemplarilt lehe ja mõjutame neid piirituse ja joodiga nagu eelmistes katsetes. Harilikus õhus kasvanud taime lehtedes avastame joodi abil tärklise, taimel, mis ei saanud süsihappegaasi, pole aga lehtedes tärklist tekkinud.

Hapniku eritumine fotosünteesil (joonis 177). Valame 20×30 cm suurusesse klaaspurki vett, mille temperatuur on umbes 25°. Vette asetame värsked rohelised vesikatkuoksad, lõigatud otsad ülespoole, või vallisneeria-, vesikarika-, kardheina- või mõne teise veetaime lehed ja katame suure klaaslehtriga, mille läbimõõt on väiksem kui purgil. Peenikese lehtri otsa viilime maha, et see ei ulatuks veest välja. Purgipõhja paneme klaasist toed, et taimed ei oleks lehtri all kokku surutud. Seejärel valame laia katseklaasi vett ääreni täis, suleme sõrmega, pöörame ümber ja juhime vette. Vee all avame katseklaasi ja nihutame lehtri lühikese toru peale. Siis paneme seadise ereda päikesevalguse kätte või valgustame seda tugeva elektrilambiga. Fotosünteesi tagajärjel hakkab taimedest suurel hulgal väikesi mullikesi erituma, mis tõusevad üles ja kogunevad katseklaasi, tõrjudes sealt vett välja. On tähele pandud, et mullikesed erituvad taimede

lõikekohtadest. Kui torkame katseklaasi, millesse on kogunenud gaasi, hõõguva peeru, süttib see ja hakkab heledasti põlema, mis tõestab hapniku olemasolu katseklaasis (joonis 177). Kui katame seadise musta paberiga, lakkab kohe mullikeste eritumine. Kui aga paberi kõrvaldame, hakkavad mullikesed jälle pidevate ahelikkudena erituma.

XIV PEATÜKK

TAIMEDE TOITUMINE

AINED, MIS TULEVAD JUURESTIKKU MULLAST

Vesi, tuhkained ja lämmastikuühendid tungivad taimedesse juurestiku kaudu.

XII peatükis mainisime, et taimede kuivainekoostisse kuulub umbes 5% mitmesuguseid tuhkaineid. Tuhahulk taimedes sõltub mullast, ilmastikust, taime enda omadustest, tema vanusest ja paljudest teistest teguritest.

Tuha keemiline koostis on samuti väga erinev. Näiteks kõrreliste, tarnade, osjade ja ränivetikate tuhas on räniühendit (SiO_2) kuni 70% ja rohkem; hernes, ristik, tubakas ja teised koguvad endasse 60—70% kaltsiumi- ja magneesiumisoolasid; tatra, maisi, päevalille, maapirni, kartuli ja peedi tuhas on 70—90% kaaliumi, soolakutaimede tuhas aga naatriumi. Paljudes taimedes esineb väga väikestes kogustes broomi ja joodi ning ainult mõnedes merevetikates esineb neid elemente suures koguses. Vetikaid, mis sisaldavad suures koguses broomi ja joodi, kasutatakse nende ainete tootmiseks. Feijoa viljad sisaldavad samuti palju joodi.[1]

Taimedes esineb alati ka väga väikestes kogustes alumiiniumi, mangaani, boori, liitiumi ja vaske; alumiiniumi koguneb suurel hulgal koldadesse ja sõnajalgadesse, mangaani vesipähklisse, liitiumi karuohakatesse ja ohakatesse, vaske linnurohtu.

Eri kultuuridel on erinev mineraalainete vajadus. Nii vajab kartul eriti kaalium-, teraviljad aga fosforväetisi.

Tabelis on toodud keskmised tuhaelementide ja lämmastikukogused (kilogrammides ühe ha kohta), mida põllumajanduskultuurid mullast võtavad. (Tabel on võetud raamatust Н. А. Максимов, «Краткий курс физиологии растений», М. 1958, стр. 260).

[1] Feijoa — mürdiliste sugukonda kuuluv igihaljas lopsakalt kasvav põõsas; kodumaaks on Lõuna-Ameerika, kultiveeritakse subtroopilistes maades. Feijoa lehed on kaetud hõbedaste karvakestega; viljad on mahlakad, lõhnavad, kollakad, marjataolised; neid kasutatakse värskelt ja keedisena.

Kultuurid	Saak (tsentnerites 1 ha kohta)	Kilogrammides			
		lämmastikku	fosforit	kaaliumi	kaltsiumi
Talinisu	32	125	76	150	61
Suvinisu	32	138	64	195	62
Kaer	25	126	79	129	38
Hernes	18	123	42	89	151
Kartul	300	151	56	273	128
Peet	400	165	73	404	101

Peale tabelis toodud elementide on taimedele tarvilikud veel väävel, magneesium, raud ja teised, mida on mullas harilikult küllaldaselt. Tabelis toodud arvud näitavad lämmastiku, fosfori, kaaliumi ja kaltsiumi suhtelist kogust, mis esineb taimedes keskmise saagi korral, kuid need arvud ei näita taimede täpset väetisevajadust. Paljudel muldadel esineb taimede hea hooldamise ja vastava vaheldumise korral viljakuse loomulik taastumisvõime.

Mineraal- ja orgaanilisi väetisi antakse mulda kooskõlas kasvatatava taime loomuse, mulla keemilise koostise, tema niiskuse, eelvilja ja teiste teguritega, mille tundmaõppimine on võimalik katselisel teel vahetult kohapeal.

Taimetuha analüüsid annavad vastuse küsimusele, missugused elemendid satuvad taimedesse, kuid nad ei anna vastust küsimusele, missuguseid on tarvis esimeses järjekorras, missuguseid vähemal määral ja missuguste elementideta võib taim vabalt toime tulla. Selle keeruka küsimuse lahendamine on põllumehel igapäevases töös võimatu, sest ühelt poolt on muld keeruka koostisega, teiselt poolt aga mõjutavad taimekasvu paljud tegurid (veeküllus või -puudus, kahjurid, temperatuurikõikumised jt.).

TAIMEDE UURIMISE VEGETATSIOONIMEETOD

See meetod aitab selgitada mitmesuguseid taimede toitumise küsimusi, millel on nii teoreetiline kui ka praktiline tähtsus. Selle meetodi abil on teadlased selgitanud, missuguseid elemente taim vajab ja kust ta need elemendid võtab ning on tundma õppinud ka paljude väetiste osatähtsust selle või teise taimeorgani arenemises. Peale selle aitab vegetatsioonimeetod uurida muldi, millega meil tuleb igapäevases töös tegelda, ja ka mitmesuguste põllumajandustaimede loomust.

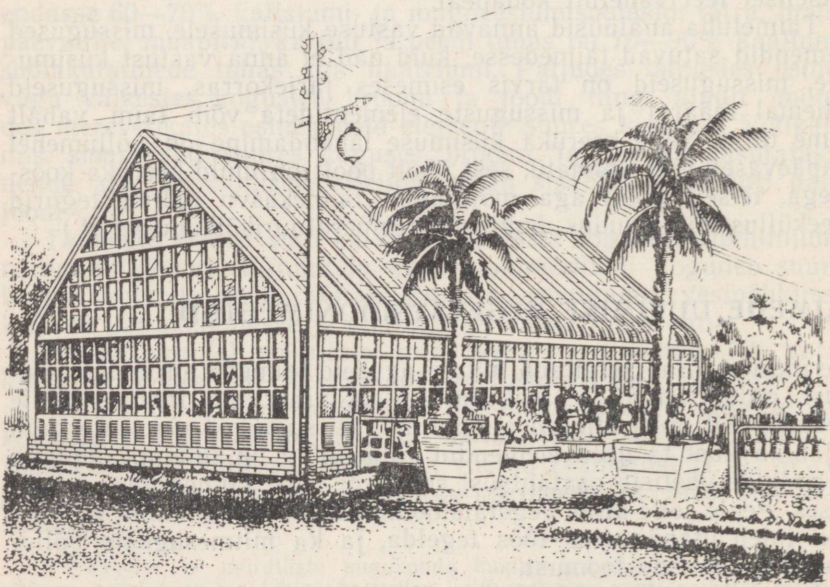
Vegetatsioonikatseid tehakse ülikoolides ja tehnikumides, katsejaamades ja teadusliku uurimise instituutides.

Taimede kaitseks sademete ja juhuslike kahjustavate mõjude vastu paigutatakse taimeanumad vegetatsioonimajja, millel on klaaskatus ja -seinad. Anumad asetatakse liikuvatele vagonettidele, mis lükatakse hea ilmaga rööpaid mööda välja maja ette rajatud platsile, mis on lindude eest võrguga kaitstud; halva ilmaga ja ööseks lükatakse vagonetid majja tagasi. Vegetatsioonimajade konstruktsioonid on mitmesugused, ulatudes mahukatest klaasist ja rauast paviljonidest, mis mahutavad sadu vagonette ja tuhandeid anumaid (joonis 183), klaasitud puuraamidest ehitatud tagasihoidlike «majakesteni», mis mahutavad kolm-nelikümmend anumat.

Vegetatsioonimeetodit rakendatakse *vesi-*, *liiv-* ja *muld-kultuuridega*. Vesi- ja liivkultuure kasutatakse küsimuse lahendamisel, missuguseid elemente on vaja taimede arenemiseks, muldkultuurides aga uuritakse mitmesuguseid mullaliike ja mitmesuguste väetiste mõju taimedele.

Vegetatsioonimeetodil saadud tulemusi kontrollitakse põldkatsete abil, milles taimed kasvatatakse üles looduslikes tingimustes. Sel viisil täiendavad vegetatsiooni- ja põldkatsed teineteist.

Mikroelementide (B, Mn, Cu, Mo jt.) osatähtsust selgitavad vegetatsioonikatsed nõuavad suurt täpsust, sest mikroelemente leidub lisanditena ka tavalistes toitelahustes, mida kasutatakse taimede kasvatamisel, samuti vees ning koguni klaasanumate



Joonis 183. Vegetatsioonimaja (N. Maksimovi järgi).



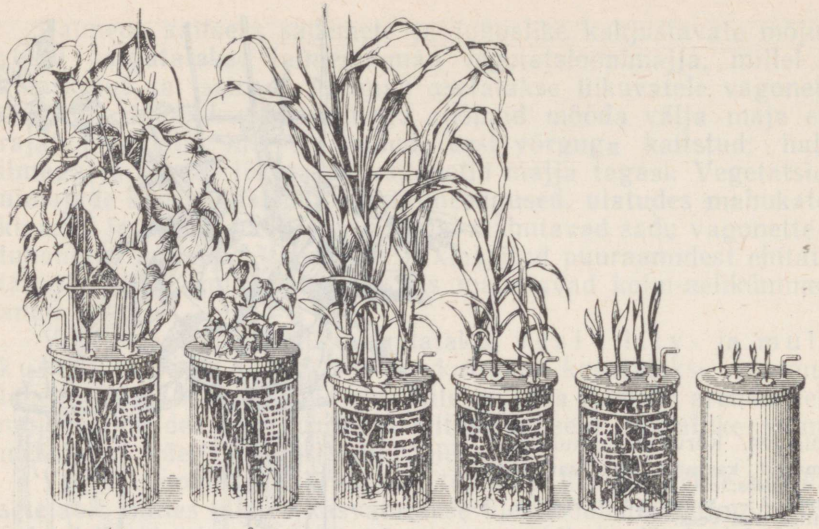
Joonis 184. Kõrvitsa vesikultuur:
anumas 1 kasvatati kõrvitsat toitesoolade lahuses;
anumas 2 — samasugune kõrvits, kuid destilleeritud vees.

seintes. Need katsed nõuavad keemiliselt puhastatud soolasid, hoolikalt destilleeritud vett ja seestpoolt parafineeritud anumaid. Harilike vegetatsioonikatsete tegemisel on soovitatav taimede edukaks kasvuks toitesegule väike kogus tähtsamaid mikroelemente, näiteks boori ja mangaani lisada.

Käesolevas kursuses peatume ainult vesikultuuridel (joonis 184, 185).

Taimi kasvatatakse klaasanumates, millest ühte valatakse puhast destilleeritud vett, teistesse aga destilleeritud vett, milles on lahustatud katsetatavad soolad. Anumate suurus on 1 kuni 20 liitrit, sõltuvalt taimede suurusest ja katse eesmärgist. Sagedamini kasutatakse 5-liitrisi anumaid. Klaasanumaid tuleb tingimata riidest ümbrisega pimendada (seest must, pealt valge), et ei areneks vetikaid ja et vesi liialt ei soojeneks. Noored taimeidandid kinnitatakse korgiavadesse. Idandijuur ulatub vette, idandivars aga suundub ülespoole. Igapäevasel vee õhustamisel (klaastoru ja pihusti abil) areneb juurestik vees hästi, võsu aga kasvab soodsatel tingimustel kiiresti suureks. Et taimed kulutavad vett ka auramiseks, tuleb seda vajaduse korral anumasse juurde valada.

Vesikultuurides taimed õitsevad ja kannavad vilju ning seemneid. Kui võtta katseks destilleeritud vett ilma sooladeta, siis arenevad kääbustaimed, milles, vaatamata sellele, et nad võivad õitseda, suureneb kuivainete kogus ainult vähesel määral, võr-



Joonis 185. Taimede vesikultuurid:
1 — aeduba täieliku toitesegu lahuses; *2* — aeduba destilleeritud vees; *3* — mais täieliku toitesegu lahuses; *4* — sama kuid ilma fosforita; *5* — sama, kuid ilma kaaliumita; *6* — sama, kuid ilma lämmastikuta.

reldes selle kogusega, mis oli seemnes. Taimede, olgugi nõrga, arenemise võimalus destilleeritud vees on seletatav teatava koguse mineraalsoolade sisaldusega seemnes. Kui destilleeritud veele lisada kõik vajalikud soolad, areneb taim lopsakalt. Nii kasvas ühes vesikultuurikatses jaapani tatar kuni 2 meetrit kõrgeks; tal oli 115 haru, 946 lehte ja 521 kobarat, mis kandsid 796 valminud ja 108 poolikult valminud seemet. Teises katses oli ühest kaeraseemnest üles kasvanud taimel 60 võrset, mis kandsid 570 normaalselt arenenud seemet. (V. Zalenski järgi.)

Harilikult kasutatakse vesikultuuride jaoks üht alltoodud keemilise koostisega soolasegu:

Komponendid	Segu nr. 1	Segu nr. 2
Kaltsiumnitraat $Ca(NO_3)_2$	1,00 g	0,492 g
Kaaliumdivesinikfosfaat KH_2PO_4	0,25 „	0,136 „
Kaaliumnitraat KNO_3	0,25 „	—
Kaaliumkloriid KCl	—	0,075 „
Magneesiumsulfaat $MgSO_4$	0,25 „	0,060 „
Raud(III)fosfaat $FePO_4$	0,01 „	—
Raud(III)kloriid Fe_2Cl_6	—	0,025 „
Destilleeritud vesi H_2O	1 liiter	1 liiter

Niisuguste lahuste kontsentratsioon on katse algul umbes 0,1—0,2%, mida hiljem võib tõsta kuni 0,5%-ni. Lahused peavad olema vaevalt märgatava happelise reaktsiooniga.

On ka palju teisi lahuseid, milles taimed hästi arenevad. Kuid igal juhul on nõutav, et soolades oleks mittemetallidest vähemasti N, S ja P ning metallidest vähemasti Ca, K, Mg ja Fe.

Nende elementide vajalikkust taimede arenemiseks tõestatakse taimede kasvatamisega lahustes, millest on järjekorras üks element välja jäetud. Juba ühe nimetatud elemendi puudumine katkestab täielikult taime arenemise ja taim hukkub või siis areneb äärmiselt viletsalt, meenutades kääbustaimi, mis arenevad puhtas destilleeritud vees (joonis 184, *2*).

Soolade lahus allub mullas elektrolüütilisele dissotsiatsioonile ja taime tulevad suuremal hulgal kas anioonid või katioonid. Selle tõttu muutub lahuse happesus.

Vesi tungib taime tänu juurekarvade imemisjõule ja elektroosmootsetele protsessidele. Juurekarvad on elusad taimerakud, millel on ulatuslik kokkupuutepind mullaosakeste ja mullalahusega, millest nad saavad peale vee ka mineraalaineid. Juurekarvade plasmalemmal adsorbeeruvad mineraalainete ioonid, mis astuvad vahetusreaktsiooni juurerakkude protoplasti hapnikulise hingamise tulemusena erituva süsihappe vastavate ioonidega.

Katsed (J. Kolossov, 1940) näitavad, et nisu- või põldoajuurte metüleensinise lahusesse asetamine ei põhjusta mitte ainult reaktiivi katiooni peaaegu hetkelise adsorptsiooni juurekarvade protoplastide pinnal, vaid ka tema tungimise (3—3,5 minuti jooksul) läbi mitmete juure koore-, endodermi- ja peritsüklirakkude kihtide protoplasmamassi kuni juure keskksilindri soonteni.

Kõik toitesoolad jagunevad füsioloogiliselt happelisteks, leelisesteks ja neutraalseteks soladeks. Füsioloogiliselt happelise soola näiteks on ammooniumsulfaat $(NH_4)_2SO_4$, millest taimed omastavad põhiliselt katiooni, kuna anioon kuhjub toitelahuses ja suurendab keskkonna happesust. Füsioloogiliselt leelisese soola näiteks on lubisalpeeter $Ca(NO_3)_2$, millest tuleb taime anioon (NO_3^-), kuna katiooni (Ca^{2+}) kasutatakse aeglasemalt ja see jääb lahusesse ning tugevdab keskkonna leelisesust. Füsioloogiliselt neutraalseks soolaks on enamikule taimedele magneesiumsulfaat $MgSO_4$, millest tulevad taime nii anioon SO_4^{2-} kui ka katioon Mg^{2+}, mille tulemusena lahuse happesus ei muutu. Kõigist lämmastikhappesooladest on füsioloogiliselt neutraalsetele sooladele kõige lähedasem ammooniumsalpeeter. Kuid ka sellel soolal tuleb katioon NH_4^+ taime kiiremini kui anioon NO_3^-, mistõttu anioon kuhjub lahuses, muutes ta füsioloogiliselt nõrgalt happeliseks.

Kuna mitmesugused soolad sisenevad toitelahusest taime erineva kiirusega (koguni ühest ning sellestsamast soolast sisenevad katioon (K^+) ja anioon (A^-) juurtesse erineva kiirusega),

võib pidada tõestatuks, et vesi ja soolad tungivad juurekarvadesse ja teistesse rakkudesse sõltumata üksteisest. Edaspidi viib veevool puidusoontes soolad kaasa ja kannab need laiali üle kogu taime.

Toitelahuse happesus, mis etendab erakordselt tähtsat osa taimede kasvamises, tehakse kindlaks vesinikueksponendi (pH[1]) määramise teel. Toitelahuse happesuse suurenemine tõhustab anioonide sorbeerimist taime poolt, leelisesuse suurenemine tõhustab aga katioonide sorbeerimist. Vegetatsioonikatsetega on paljude kultuurtaimede jaoks kindlaks tehtud pH suurus, mille puhul on taimede kasvamine võimalik ja nende kasv on optimaalne. Nii kasvavad ühed taimed (peet, nisu, oder, lutsern) paremini neutraalses või nõrgalt leeliseses keskkonnas, teised aga (kartul, rukis) nõrgalt happelises keskkonnas.

JUURESTIKU KAUDU TAIME TUNGIVATE ELEMENTIDE TÄHTSUS

Arvukate katsetega on teadlased kindlaks teinud elementide miinimumi, mida taim kasvamiseks vajab (N, S, P, K, Ca, Mg ja Fe). Soolad, millega esimesi katseid sooritati, ei olnud täiesti puhtad ja sisaldasid teiste elementide jälgi; need elemendid on väga väikestes kogustes taimede arenemiseks samuti vajalikud. Hilisemad täpsemad katsed lisanditest hoolikalt puhastatud sooladega on näidanud, et väikestes kogustes vajalike elementide hulka kuuluvad mangaan, tsink, boor, koobalt, vask, molübdeen jt. Neid nimetatakse mikroelementideks.

Meil ei ole esialgu veel täielikke andmeid kõigi mikroelementide, aga samuti ka kõigi põhielementide tähtsuse kohta.

Lämmastik, väävel ja fosfor on elemendid, mis kuuluvad valkainete koostisse ja selle tõttu on arusaadav, et ilma nendeta taim ei kasva ega arene. Need elemendid ja samuti räni, kloor ja teised mittemetallid tulevad taimedesse vastavatest sooladest anioonide näol, välja arvatud lämmastik, mis tuleb taime ka katioon NH_4^+ näol. Lämmastiku puudusel muutuvad lehed kahvatuks või kollakaks ja nende rood punakaks. Lämmastik ja väävel kuuluvad protoplasma, rakutuuma ja plastiidide koostisse; fosfor kuulub nukleoproteiidide koostisse; need esinevad rakutuumas ja protoplasmas.

Fosforipuudus mõjub eriti kahjulikult viljakandvusele ja seemnete moodustumisele. Fosforipuudus väljendub taimekasvu lakka-

[1] Kui keskkonna pH=7, siis on keskkond neutraalne, kui pH on väiksem kui 7, siis on keskkond happeline; kui pH on suurem kui 7, siis on keskkond leelisene. pH suurust määratakse kolorimeetrilisel meetodil (sobiva indikaatori abil; indikaator muudab oma värvust, sõltuvalt keskkonna reaktsioonist) ja ka elektromeetrilisel meetodil (ioonide elektromotoorse jõu määramise teel).

mises; esialgu koltuvad lehtede servad ja seejärel kärbuvad alumised ja järgnevad lehed järk-järgult.

Uuemal ajal on kindlaks tehtud, et taimejuurtesse sisenev fosfaat lülitub mõne sekundi jooksul energiarikaste ühendite koostisse, mis kiirendavad teiste toitainete kasutamist taimede poolt.

Väävlipuudus avaldub samuti esialgu ülemiste ja seejärel alumiste lehtede koltumises. Alguses koltuvad rood ja seejärel ka rohelised leheosad, mis on roodude vahel. Kärbuvad leheosad omandavad punakate laikude kuju. Väävel kuulub mitmete aminohapete koostisse, mis kombineerudes moodustavad valkaineid.

Fosfor võib fosfaatidena etendada happelise ja leelisese reaktsiooni reguleerija osa. Väävel aga esineb mõningate fütontsiidide koostises, millel on kibe maik ja lõhn (mädarõigas, sibul, küüslauk jt.).

Mõnedele taimedele (tatar, peet) vajalike anioonide hulka kuulub ka kloriidioon, kuid enamik taimi (näiteks mais) ei vaja seda iooni või kasutab seda väga vähe.

Metallid — kaalium, kaltsium, magneesium, raud jt. — tulevad taimedesse vastavate soolade katioonidena, ja ka ilma nendeta ei arene taimed.

K a a l i u m on üks taimedele vajalikumaid elemente. Ta on levinud eriti algkudede elusates rakkudes, mille tuhk koosneb pooles koguses kaaliumist. Lehe sammaskoerakkudes esineb kaaliumi rohkem kui tohlkoerakkudes. Lehtede langemise ajal liigub kaalium teistesse taimeorganitesse, kaltsium ja mõned teised tuhaelemendid kõrvaldatakse taimedest koos langevate lehtedega. Kaaliumi puudumisel kasvavad nõrgalt arenenud varte ja lehtedega kääbustaimed. Kaaliumi on vaja ka lihakate juurte ja mugulate arenemiseks, samuti fotosünteesiprotsessiks; ta soodustab süsivesikute ja valkude liikumist ja muundumist taimes. Peale selle omistatakse kaaliumile kaitse tähtsust protoplasmavalkude koaguleerumise vastu. Kaaliumi täielikul asendamisel naatriumi, liitiumi ja rubiidiumiga taim ei arene, kuid kaaliumi juuresolekul soodustab naatrium süsivesikute äravoolu lehtedest ja suhkru kogunemist peedijuurtesse. Soolakutaimede kasv intensiivistub naatriumi mõjul.

M a g n e e s i u m kuulub klorofülli koostisse ja etendab tähtsat osa fotosünteesiprotsessis ning pektiinainete moodustumisel.

K a l t s i u m i puudumisel ei arene varred, lehed ja juured. Kaltsiumi on vaja oblikhappe (etaandihappe) ja teiste orgaaniliste hapete neutraliseerimiseks taimedes. Peale selle teeb kaltsium kahjutuks kaaliumi ja magneesiumi mürgise toime, kui neid elemente antakse taimele eraldi soolade näol. Kaltsium tasakaalustab mullalahuseid, osutudes teistele katioonidele antagonistiks, ja mõjub mullast neelduvate toiteelementide koosseisule. Mõned taimed (lupiin, turbasammal) ei talu üldse kaltsiumkarbonaadiküllust mullas, seened ja bakterid aga tulevad kaltsiumita

vabalt toime. Kaltsiumsulfaat, samuti kaltsiumkarbonaat ei mõju magneesiumi manulusel lupiinile kahjustavalt. Kaltsiumiküllus mullas soodustab tihti kloroosinähtusi, sest sel puhul muutub klorofülli tekkimiseks vajalik raud lahustumatuks ega saa sel kujul taimesse tungida, nagu sellest oli juttu fotosünteesi küsimuste käsitlemisel.

Kuigi mikroelementide uurimine algas võrdlemisi hiljuti, on nende tähtsus käesoleval ajal paljudel juhtudel selgunud ja nad leiavad juba praktilist rakendamist.

Mangaan soodustab süsihappe liitumist orgaaniliste ainetega, mis omab tähtsust valkude ja rasvade sünteesis ning fotosünteesiprotsessis. Käesoleval ajal rakendatakse mangaanväetisi laialt mitmesuguste kultuuride, eriti suhkrupeedi kasvatamisel, mistõttu suureneb juurte saak ja nende suhkrusisaldus.

Boor on tähtis taimekudede hapnikuga toitumisel. Boori puudumisel lakkab taimede kasvamine; kannatavad ladvapungad. Linal näiteks jääb kasvamine ilma boorita täiesti seisma, peedil areneb südamikumädanik. Boori on vaja ka liblikõieliste taimede juuremügarate arenemiseks. Boori tarvitatakse laialt mitmesuguste kultuuride kasvatamisel.

Vask kuulub oksüdoreduktaaside koostisse, seepärast on ta tähtis taimede hingamisprotsessis. Eriti sagedasti ei piisa vaske soomuldades, kus teda on hakatud väetisena tarvitama.

Räni soodustab fosfori kasutamist taime poolt. Peale selle immutab ta näiteks tarnade ja kõrreliste vartes ja lehtedes rakuseinu ning esineb ka paljude taimede karedates karvades, mistõttu ta on taimele tähtsaks kaitsevahendiks mitmesuguste loomade (näiteks nälkjate, putukate, röövikute jt.) vastu ja suurendab vastupanu ka parasiitseentele. Eriti palju räni leidub räni-vetikate kestas.

Molübdeeni on vaja paljude taimede (liblikõielised, kõrrelised, suhkrupeet) normaalseks arenemiseks, ta soodustab taimede kaltsiumist toitumist ja juurestiku arenemist. Molübdeenipuudusel omandavad lehed tuhmi, kahvatu värvuse. Molübdeeni viiakse mulda molübdeenhappesoolade (molübdaatide) ja tööstusjäätmete kujul. Happelistes muldades ei ole molübdeen taimedele kättesaadav ja seepärast tuleb neid muldi lubjata.

Tsink suurendab taimede kuumuse- ja põuakindlust. Tsingipuudusel esinevad viljapuudel väikesed lehed, lehtedel võivad olla kollased laigud ja viljad deformeeruvad.

VÄETISTE TÄHTSUS

Kõigist taime normaalseks arenemiseks vajalikest elementidest, mis tulevad taime juurte kaudu, ei ole mullas tihti küllaldaselt kolme elementi ja nimelt: lämmastikku, fosforit ja kaaliumi.

Põllumajanduses kasutatakse lämmastikväetistest amooniumsalpeetrit, ammooniumsulfaati, karbamiidi, kaltsiumtsüaan-amiidi jt.; fosforväetistest kasutatakse superfosfaati, toomasjahu, fosforiidijahu jt.; kaaliumväetistest kaaliumkloriidi, kaaliumsulfaati jt. Kaaliumväetisena kasutatakse ka puutuhka.

Lämmastikväetised mõjuvad hästi, kui mullas on küllaldaselt fosforit ja kaaliumi, fosforväetised mõjuvad lämmastiku ja kaaliumi ning kaaliumväetised lämmastiku ja fosfori olemasolul.

Mulla rikastamine ühe toitainega tugevdab teiste elementide kasutamist taimede poolt.

Orgaanilistest väetistest kasutatakse põllumajanduses eduga sõnnikut, mis sisaldab kõiki kolme olulisemat elementi — N, P ja K, samuti ka Ca jt.

Sõnnikuga viiakse mulda ka orgaanilisi aineid ja suur hulk mikroobe, mis tekitavad roiskumist ja orgaaniliste ainete mineraliseerumist. Tekkinud mineraalained sorbeeritakse taimejuurte poolt. Orgaanilised ained etendavad mullas ka veel teist osa: nad parandavad mulla füüsikalisi omadusi ja suurendavad fotosünteesiprotsessiks vajaliku süsihappegaasi hulka õhus, mistõttu sõnnikul on viljakuse suurendamisel väga tähtis osa.

Üheks oluliseks teguriks kõigi kultuuride saagikuse suurendamisel on nii mineraal- kui ka orgaaniliste väetiste õige kasutamine.

Ka väetusviisil ja -ajal on tähtis osa viljakuse suurendamisel. Väetiste põhikogus viiakse mulda ammu enne külvi ja külvieelse mullaharimise ajal. Mõningaid väetisi, näiteks superfosfaati, võib anda granuleeritud kujul külviaegselt ridadesse või pesadesse, milleks kasutatakse kombineeritud külvimasinaid. Granuleeritud väetised võimaldavad taimede toitumises väga head efekti saavutada.

Peale taimede väetisvajaduse rahuldamise nende arenemise varajastel perioodidel on tarvis neid väetistega rahuldada ka järgmistel perioodidel, sest kasvamise ja arenemise intensiivistudes suureneb toitainetevajadus järjest. Ja seda ei rahuldata mitte ainult mullaharimise ajal väetamise, vaid ka kasvu ajal väetamisega. Taimede kasvu ajal väetamisel viiakse väetised mulda, kui on vaja, et toitained tungiksid taimedesse juurte kaudu. Põllumajanduses on tuntud ka taimede juureväline toitumine.

Lämmastik kuulub taime kuivainekoostisse (umbes 1,5%). Lämmastik on valkainete komponent ja selle tõttu koguneb teda nendesse taimeorganitesse, mis sisaldavad rohkem valkaineid. Nii näiteks sisaldavad liblikõieliste taimede seemned lämmastikku 3—6%, teraviljade seemned 1—3%, lehed ja pungad 1—5%, juured ja varred alla 1%, puit aga, mis on eriti vaene elusate rakkude poolest, sisaldab lämmastikku alla 0,5%.

Valkained sünteesitakse rohelises taimes ja sellest võtab osa anorgaaniline lämmastik. Loomad ja seened saavad lämmastikku orgaaniliste ühenditena: loomad valmisvalkude, seened nende laguproduktide kujul. Loomorganismide ja seente rakud on protoplasma- ja järelikult ka valkaineterikkad. Ka seente rakukestad sisaldavad lämmastikku. Roheliste taimede rakkudes on lämmastikku vähem, sest neil on tugevasti arenenud vakuoolid ja rakukestad koosnevad lämmastikuvabast ainest. Lämmastikku vajavad taimed veel rakutuumade, plastiidide ja aleuroonterade moodustamiseks. Taimed kasutavad lämmastiku täielikult ära, loomad aga kaotavad teda mitmesuguste jäätmete näol. Taimed nagu loomadki ei saa lämmastikuta elada.

Lämmastik tuleb taimesse väliskeskkonnast, kus teda esineb mitmesuguste ühendite kujul. Kõige rohkem on lämmastikku õhus gaasina (lämmastik moodustab mahult peaaegu 80% õhust). Peale vaba lämmastiku leidub õhus tähtsusetu hulk ammoniaaklämmastikku ja lämmastikku oksiidide näol.

Et vaba õhulämmastik ei ole taimedele toitumiseks kasutatav, seda tõestas esmakordselt J. B. Boussingault juba 1851. aastal taimede kasvatamise teel klaaskupliga kaetud liivkultuurides. Klaaskupleid, mis olid äärega väävelhappesse lastud, oli vaja selleks, et puhastada taime ümbritsev õhk ammoniaagist, sest juba siis oli teada, et lehed võivad õhust ammoniaaklämmastikku neelata. Sel lämmastiku omastamise viisil ei saa aga olla tegelikku tähtsust, sest õhk sisaldab ainult ammoniaagi ja lämmastikoksiidide jälgi. Boussingault' katsetes arenesid taimed liivas, millest oli lämmastik kõrvaldatud, väga halvasti ja andsid ainult tühist juurdekasvu ning lämmastikuhulk neis ei ületanud seemnetes sisaldunud lämmastikuvaru. Kui aga liivale lisati lämmastikku (salpeetri näol), arenesid taimed täiesti normaalselt, mis viitab taimede võimele neelata lämmastikku juurte abil nitraatidest. Boussingault' katsetes ei omastanud ükski taim, vaatamata tema kuuluvusele sellesse või teise sugukonda, vaba õhulämmastikku.

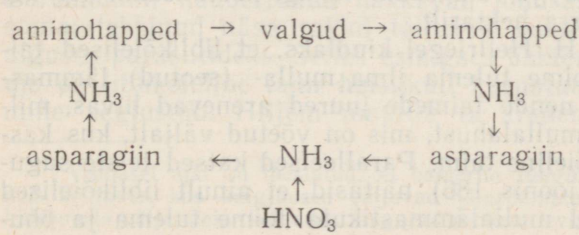
Mullas esineb lämmastik orgaanilistes ühendites, amooniumi- ja lämmastikhappesoolades. Näiteks ühe kg hea mulla kohta tuleb orgaanilist lämmastikku 2,101 g, ammooniumlämmastikku 0,019 g ja nitraatlämmastikku 0,029 g. Mullalämmastik on liikuv.

Orgaaniline lämmastik muutub amooniumlämmastikuks ja see läheb salpeetri moodustamiseks. Salpeetri (nitraadi) tekkimise protsessi nimetatakse nitrifikatsiooniks. See protsess toimub bakterite mõjul (sellest vt. lähemalt IX peatükis).

Lihtsad vaatlused taimede arenemise jälgimiseks lämmastikuvaestel muldadel, näiteks liivmullal, ja lämmastikurikastel muldadel, näiteks mustmullal, näitavad, et peamiseks lämmastikuallikaks on taimedele muld ja mitte õhk. Katsed liiv- ja vesikultuuridega annavad samuti selge vastuse sellele küsimusele ja näitavad, et lämmastik tuleb taimesse juurestiku kaudu. Lämmastik tuleb taimesse lämmastikhappesooladest, mida nimetatakse salpeetriteks [$NaNO_3$ — naatriumsalpeeter, KNO_3 — kaaliumsalpeeter ja $Ca(NO_3)_2$ — lubisalpeeter]. Akad. D. Prjanišnikovi täpsed katsed mitmesuguste lämmastikuvormide taimede poolt omastatavuse kohta näitasid, et amooniumisoolade lämmastik võib taimedes niisama hästi assimileeruda ja saaki suurendada kui nitraatlämmastik. Eriti hästi neeldub amooniumnitraat (NH_4NO_3), samuti on taime poolt kasutatav amooniumsulfaadi [$(NH_4)_2SO_4$] lämmastik. Orgaanilised lämmastikuühendid mineraliseeritakse mullas bakterite poolt ja neis ühendites sisalduv lämmastik muutub rohelistele taimedele kättesaadavaks.

Käesoleval ajal on teada, et ainult osa nitraate läheb puidusooni mööda lehtedesse. Peamine osa aga redutseerub juurekoore parenhüümrakkudes hüdroksüülamiiniks (NH_2OH) ja ammoniaagiks (NH_3) ning muundub aminohapeteks (asparagiinhappeks jt.), mis siirduvad lehtedesse ja mida kasutatakse valkude moodustamiseks või (osaliselt) tarvitatakse samaks protsessiks juurtes.

D. Prjanišnikovi uurimised selgitasid lämmastiku tähtsuse taimede elus, lämmastikuühendite muundumise valkainete sünteesil ja lagunemisel. Ta tegi kindlaks, et taimed omastavad amooniumlämmastikku hästi, kui nad sünteesivad palju süsivesikuid. Primaarsel sünteesil luuakse ammoniaagist ja süsivesikutest aminohappeid ja valkaineid. Valgu lagunemisel moodustuvad aminohapped, millest eralduv ammoniaak seotakse asparagiinis. Valkude resünteesil asparagiinist eralduv ammoniaak ühineb süsivesikutega, moodustades aminohappeid. Seda protsessi võib D. Prjanišnikovi järgi kujutada järgmise skeemina:



Märgitud aatomite meetodil, mida praegu taimede toitumise uurimisel laialt rakendatakse, õnnestus teadlastel selgitust tuua orgaaniliste ainete liikumise ja keerukate muundumiste olemusse. On kindlaks tehtud, et suhkrute liikumine lehtedest juurtesse toimub kiirusega, mis ulatub 1,5 meetrini tunnis. Saabunud suhkrud muunduvad juurtes orgaanilisteks hapeteks. Orgaanilised happed satuvad reaktsioonidesse amooniumisooladega, mis tungivad juuresse mullast, ja sel teel tekivad juurtes mitmesugused aminohapped, mis on valkude moodustamise aluseks. Juurtest liiguvad aminohapped kasvavatesse taimeorganitesse, kus neist sünteesitakse valkusid, mida kasutatakse noorte rakkude ehitamiseks.

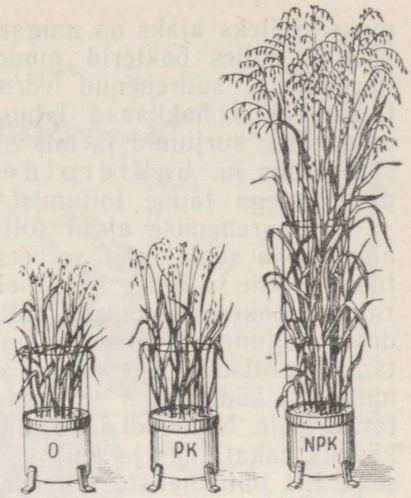
Õpetus suhkrute liikumisest ja nende muundumisest aminohapeteks taimede juurtes on uus, käesoleva ajani oli see juurte funktsioon tundmatu; taimejuurtele omistati ainult taime mulda kinnituva organi ja mullast vee ja mineraalsooli imeva organi tähtsust. *Praegu võime öelda, et juur võtab osa aminohapete moodustamisest, millest taimes luuakse valkained.*

LÄMMASTIKU OMASTAMINE LIBLIKÕIELISTE TAIMEDE POOLT

Ammu on teada, et liblikõielised taimed võivad kasvada lämmastikuvaestel liivmuldadel. Seda tähelepanekut kinnitas huvitav katse, mille korraldasid inglise teadlased Lawes ja Gilbert. Nad kasvatasid nisu kümne aasta jooksul ühel ja samal väljal, tema saak langes järjest, kuna teisel samasugusel väljal, kus kasvatati vaheldumisi nisu ja liblikõielisi taimi, püsis nisusaak ühel tasemel ning oli keskmiselt kaks korda suurem kui esimesel väljal. Viis teise nisuvälja saaki olid võrdsed kümne esimese välja saagiga. Peale selle andis teine väli veel viis head liblikõieliste saaki. Liblikõieliste kultuur osutus tulusaks, sest ta ei kurnanud mulda, vaid, vastupidi, — suurendas nisusaaki.

Sõnnikut kasutamata võib kehvade liivmuldade viljakust suurendada liblikõielise taime lupiini abil selle määrani, et hiljem osutub seal võimalikuks kasvatada mulla suhtes nõudlikku kultuuri — talinisu. Samuti on tähele pandud, et liblikõielised taimed reageerivad halvasti salpeeterväetisele, kuna iga 16 kg salpeetrit suurendab nisu- ja rukkisaaki 48 kg, kartulisaaki 560 kg, peedisaaki 640 kg võrra hektarilt.

Katsete abil tegi H. Hellriegel kindlaks, et liblikõielised taimed on suutelised toime tulema ilma mulla- (seotud) lämmastikuta sel juhul, kui nende taimede juured arenevad liivas, millele on lisatud veidi mullalahust, mis on võetud väljalt, kus kasvas katsetatav liblikõieline taim. Paralleelsed katsed teiste sugukondade taimedega (joonis 186) näitasid, et ainult liblikõielised taimed on võimelised mullalämmastikuta toime tulema ja õhu-



Joonis 186. Kaera liivkultuur.

lämmastikuga rahulduma. Hellriegelil õnnestus ka kindlaks teha (1886), et õhulämmastiku neeldumise protsess on seotud mügaratega, mis paiknevad liblikõieliste taimede juurtel ja on võimelised seal ainult sel juhul moodustuma, kui ümbritsev keskkond (liiv, muld, vesi) on mügarbakteritest nakatatud. Selle tõttu kasutaski Hellriegel oma katsetes liiva nakatamist mullaleotisega. Boussingault kasutas oma katsetes läbikuumutatud, s. o. steriliseeritud liiva, mistõttu tema katsetes ei moodustunud liblikõieliste taimede juurtele mügaraid ja need taimed käitusid õhulämmastiku suhtes nagu kõik teisedki taimed. M. Voronin avastas juba 1866. aastal bakterite olemasolu liblikõieliste taimede mügarates; need bakterid said hiljem mügarbakterite nimetuse. M. Beijerinck ja Pražmovski uurisid liblikõielise taime juurte nakatamist bakterite poolt ja mügara järkjärgulise tekkimise protsessi.

Bakterid on väga väikesed mikroorganismid (vt. IX peatükk), nad satuvad mullast noortesse juurtesse juurekarvade kaudu.[1] Tunginud läbi rakukesta raku sisemusse, hakkavad nad paljunema ja moodustavad limase niidi, mis tungib pikkamisi juure kooreparenhüümi ja põhjustab rakukestade kohalikku lahustumist. Parenhüümi naaberrakud hakkavad jõudsasti jagunema ja paisuma; tekkinud näsa rakud täituvad bakteritega, mis osutuvad alguses parasiitideks. Selles esialgses bakterite paljunemisperioodis on liblikõieline taim harilikult kurnatud olekus ja ta kasvamine aeglustub. Hiljem muutub ta arenemine aga normaalse-

[1] Viimasel ajal on tõestatud, et bakterite tungimine juurtesse toimub ka neis kohtades, kus külgjuured väljuvad jämedamatest juurtest. Seepärast on külgjuurte väljatuleku kohtades mügarad rohkem levinud.

maks. Selleks ajaks on mügarates tekkinud nn. bakteroidne kude, milles bakterid muudavad oma väliskuju, muundudes harulisteks, suurenenud vormideks (bakteroidid). Liblikõielise taime rakud hakkavad lahustama aineid, mis on vähehaaval mügarasse korjunud ja mis sisaldavad seotud lämmastiku varusid, ja siis ka bakteroide endid, lagundades neid ja tugevdades seega taime toitumist.

Oma arenemise algul toituvad bakterid juure orgaanilistest ainetest ja samal ajal sorbeerivad ning omastavad õhulämmastikku. Herne ja teiste liblikõieliste taimede hästi arenenud mügarates on bakteritel toiduks küllalt süsivesikuid, sest mügararakkudesse koguneb tärklist. Mügarbakterite poolt lämmastiku omastamise protsessi üksikasjad on seni veel selgitamata. Pärast mügarate kõdunemist satuvad ülejäänud bakterid mulda ja nakatavad selle. Niimoodi jääb muld, millel liblikõieline taim kasvas, kauaks nakatatuks ja teda võib kasutada uute väljade nakatamiseks. Eri liblikõieliste taimede mügarate kuju on üsna mitmesugune: nad on kas kerakujulised, suured — herneseemnesuurused ja suuremad (lupiinil), hõlmised (mesikal) või väikesed — hirsitera suurused ja väiksemad (ristikul) ning vahel pärgjad (*Wisteria*) (joonis 187).

Mitmesuguste liblikõieliste taimede mügarbakterid ise erinevad vähe oma väliskujult, kuid neis võime eristada siiski mitmesuguseid rasse, mis on omased teatavatele liblikõieliste liikidele.

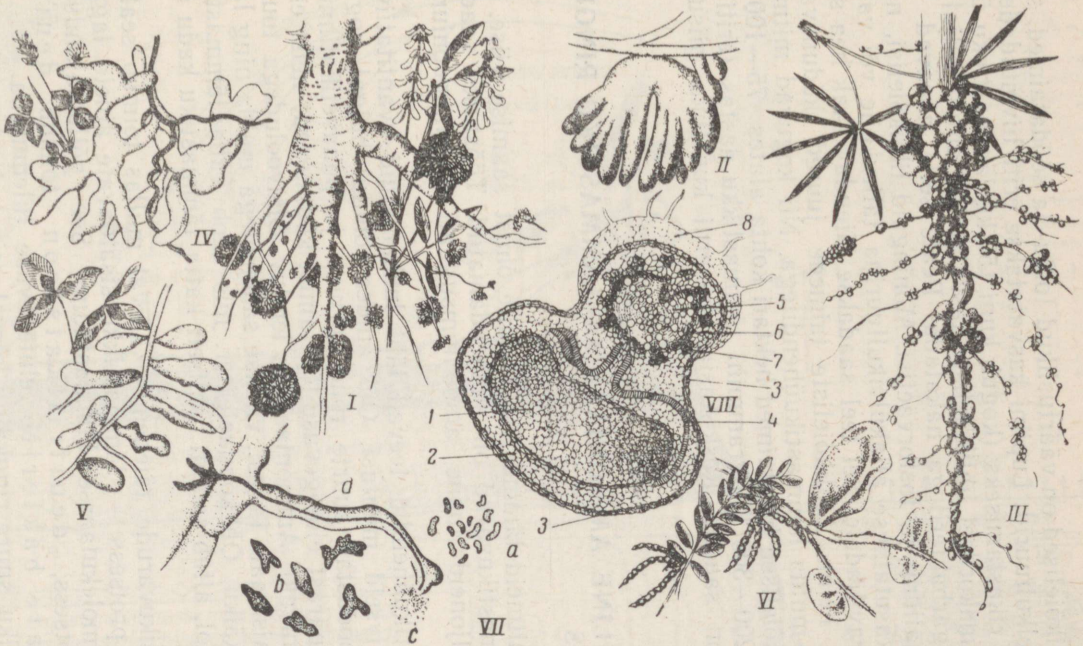
Seepärast tuleb mulla kunstlikul nakatamisel eri bakterväetiste (nitragiini) abil kasutada antud liblikõielisele vastavaid mügarbaktereid. Muld või külvimaterjal nakatatakse bakteritega just niisuguste kultuuride, nagu näiteks sojaoa, seradelli, lupiini esmakordsel kasvatamisel.

Harilikult vaadatakse bakterite ja liblikõielise taime kooselule kui sümbioosile, sest mõlemad organismid oleksid nagu teineteisele kasulikud: mügarbakterid saavad mügaratesse kogunevaid süsivesikuid, liblikõieline aga saab bakteritelt lämmastikaineid, mis on sünteesitud õhulämmastikust. Kuid mõnikord läheb sümbioosinähtus üle parasitismiks, millest algul kannatab küll liblikõieline taim, kuid pärast kasutab ta oma toitumiseks mügara lämmastikuühendeid ja bakterite suurenenud vorme.

Liblikõielisi taimi tuntakse üle 12 600 liigi, neist paljud on puud. Peale liblikõieliste tuntakse praegu taimi ka teistest sugukondadest, mis on võimelised bakterite abil vaba lämmastikku omastama. Siia kuuluvad lepp, hõbepuu, okaspaju, porss, kivijugapuu (podokarpus), paveta ja ardiisia. Kahel viimasel (troopikataimel) tekivad bakteritega mügarad lehtedel. Alamatest taimedest omastavad vaba lämmastikku sinivetikad.

Meie maal on liblikõielistel taimedel kui lämmastikukogujatel külvikordades tähtis koht.

Põlduba, hernes, aeduba, sojauba, lupiin ja teised valkainete-



Joonis 187. Mügarad liblikõieliste taimede juurtel:
I — mesikajuur. *II* — mitmehõlmne mesikamügar. *III* — lupiinijuur. *IV* — humallutsernimügarad. *V* — ristikumügarad. *VI* — seradelli (linnujala) mügarad. *VII* — mügarbakterid (*a*), bakteroidid (*b*), bakterite tungimine juurekarvasse (*c*), bakteroidniit (*d*). *VIII* — lupiinimügar ristlõikes: *1* — bakteroidkude; *2* — mügarakoor; *3* — korkkude; *4* — mügaratrahheiidid; *5* — juurepuit; *6* — juurekambium; *7* — niinekiud; *8* — kärbuv esikoor.

rikkad liblikõielised on väärtuslikud toidu- ja söödataimed, samuti ka head eelkultuurid. Lupiini kasvatatakse eriti liivmuldade lämmastikuga rikastamiseks (kogub kuni 150 kg lämmastikku ühe ha kohta). Esmakordsel liblikõieliste kasvatamisel antud väljal tuleb mulda mügarbakteritega nakatada. Peale selle nõuavad liblikõielised kaalium- ja fosforväetisi. Mõningaid liblikõielisi, näiteks seradelli, kasutatakse allakülvikultuurina talirukkile või varajastele suviteraviljadele. Sel teel saadakse täiendav saak hea söödaväärtusega heina. Liblikõieliste taimede juured kõdunevad ja rikastavad mulda lämmastikuühenditega. Nii koguvad mitmeaastased liblikõielised heintaimed hektari kohta alates 75—100 kilogrammist 200—300 kilogrammini lämmastikku aastas (eriti häid näitajaid on saadud Kesk-Aasias lutserni kunstliku niisutamisega).

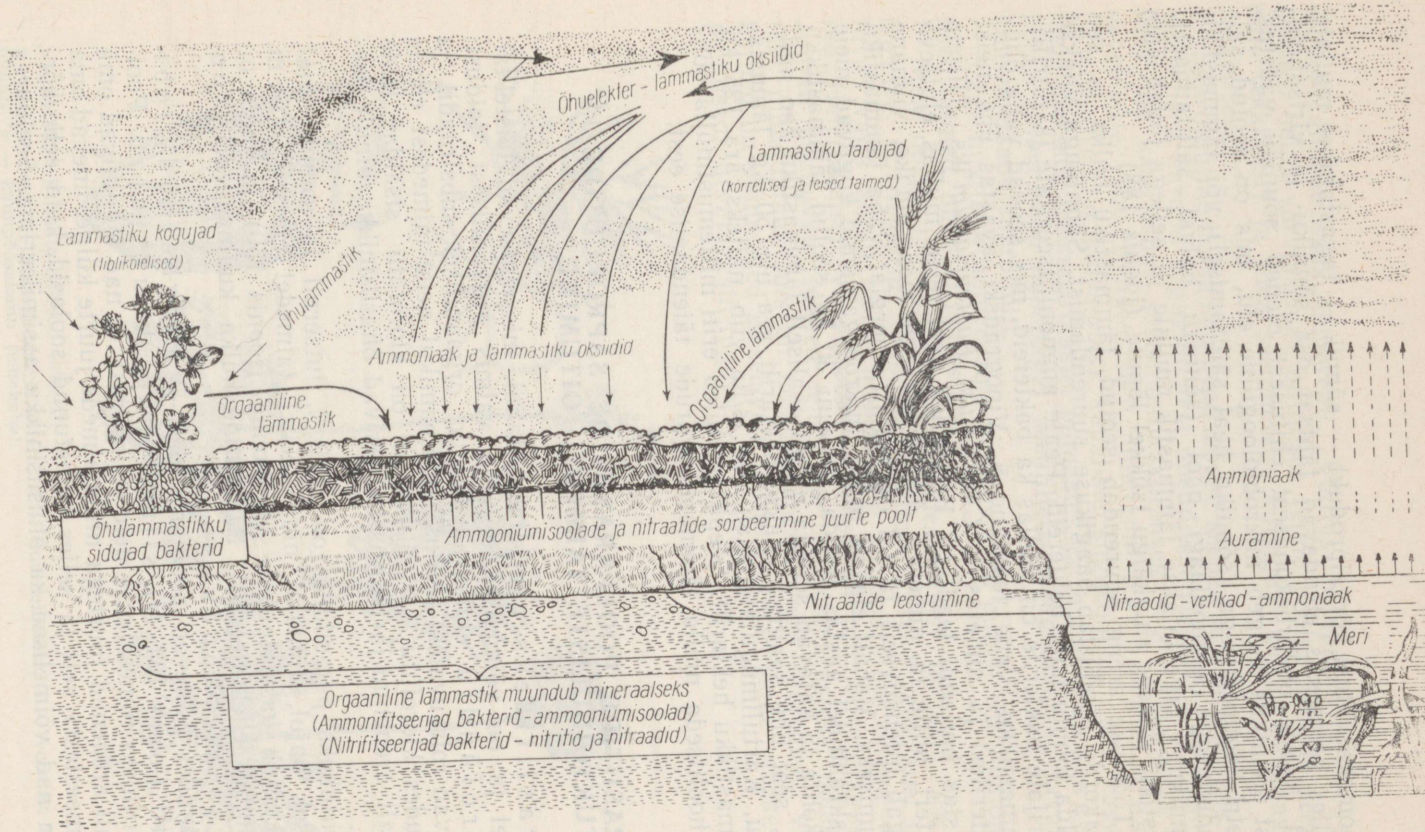
SÜNTEETILINE AMMONIAAK JA LÄMMASTIKU RINGKÄIK LOODUSES

Tuntakse mitmeid lämmastikuühendite õhust saamise viise. Õhkkonna lämmastikuvarud on ammendamatud. Tööstuses saadakse sel teel miljoneid tonne amooniumsulfaati ja ammooniumsalpeetrit.

Lämmastikuühendid teevad läbi lakkamatuid kvantitatiivseid ja kvalitatiivseid muutusi. Ookeanides tohutul hulgal kogunev salpeeter soodustab suurte rohe-, pruun- ja punavetikatihnikute kasvu, mis pärast elutegevuse lõpetamist kõdunevad; neist eritub õhku ammoniaaki. Ammoniaak on lenduv. Õhuvooludega tuuakse ta uuesti maismaale tagasi, viiakse sademetega mulda ning läheb uuesti ringkäiku. Õhkkonnaelekter, mis seob vaba lämmastikku oksiidide näol, aitab samuti osaliselt katta lämmastiku kadu mullast.

Lämmastikuvarude täienemise kõrval mullas toimub seal ka vastupidine protsess — lämmastikku sisaldavate ainete lagunemine kuni molekulaarse lämmastikuni. See põllumajandusele kahjulik protsess, denitrifikatsioon toimub denitrifitseerijate bakterite elutegevuse tulemusena.

Lämmastiku suure ringkäigu kõrval esineb looduses ka tema väike ringkäik. Mulla orgaaniline lämmastik muundub pidevalt ammonifitseerijate bakterite toimel amooniumisooladeks, mis nitrifitseerijate bakterite mõjul muunduvad lämmastikhappesooladeks. Mullas tekkiv salpeeter liigub kahel teel: üks osa viiakse meredesse ja ookeanidesse; teine osa, mis on maaviljelusele eriti tähtis, läheb taimede juurte lähedusse ja taimed kasutavad salpeetrit ning ammooniumisooli orgaaniliste ainete moodustamiseks ja kogumiseks. Taimede orgaanilisi aineid kasutab inimene, samuti lähevad nad söödaks karjale.



Joonis 188. Lämmastiku ringkäik looduses.

Loomakasvatuse kõrvalprodukt — sõnnik — tagastatakse mullale. Selles protsessis etendavad tähtsat osa sõnniku- ja virtsahoidlad. Nende otstarbekohasest ehitusest oleneb sõnniku väärtus, sest sõnnikus kulgeb mikrobioloogiline elu, mis on seotud salpeetri kogunemisega (sõnniku heal säilitamisel) või lämmastiku lendumisega ammoniaagi näol (sõnniku halval säilitamisel). Sõnnikuga tagastatakse lämmastik mullale ja sellega jõuab lämmastiku väikese ringkäigu tsükkel lõpule (joonis 188).

Tööstuse areng suurendab seotud lämmastiku hulka ja see omakorda soodustab saagikuse suurendamist. Sõnnikuga viiakse mulda tohutu hulk baktereid. Peale ammonifitseerijate ja nitrifitseerijate bakterite on mullas ka baktereid, mis seovad vaba õhulämmastikku. Vene teadlane S. Vinogradski avastas ühe neist bakteritest ja nimetas ta *Clostridium Pasteurianum*'iks. Hiljem avastas hollandi teadlane Beijerinck veel teise mullas elutseva bakteri, mille ta nimetas *Azotobacter chroococcum*'iks, viimane hingab intensiivselt ja tal on küllalt energiat vaba lämmastiku sidumiseks. Vabalt elavad mulla mikroorganismid koguvad meie laiuskraadidel aastas mulda 10 kuni 30 kg seotud lämmastikku ha kohta ja katavad sellega ainult osaliselt lämmastiku kao mullast, sest ühe saagiga viiakse hektarilt ära üle 50 kg lämmastikku. Kartulimugulate saak 300 ts/ha viib näiteks ära 125 kg lämmastikku hektarilt. Seepärast tuleb eriti mittemustmullavööndis hoolitseda mulla lämmastikuvarude täiendamise eest.

PARASIITIDE, POOLPARASIITIDE, SAPROFÜÜTIDE JA PUTUKTOIDULISTE TAIMEDE TOITUMINE

P a r a s i i t i d e k s nimetatakse taimi, mis elutsevad teistel taimedel ja on võimelised toituma valmis orgaanilisest toidust; s a p r o f ü ü d i d elutsevad surnud orgaanilisel substraadil ja toituvad roiskuvatest jäänustest. Enamikul neist taimedest ei ole rakkudes klorofülli kas üldse või on klorofülli sisaldav kude nõrgalt arenenud ja nad assimileerivad õhusüsinikku ainult osaliselt.

Ohtlikuks parasiidiks on ristikul, lutsernil ja samuti linal, nõgesel, pajul, humalal ning teistel taimedel elutsev v õ r m, mis kuulub kassitapuliste sugukonda (joonis 150) ja mida on käsitletud leheküljel 301. Parasiitide hulka kuuluvad ka s o o m u k a s ja k ä o p ä k k.

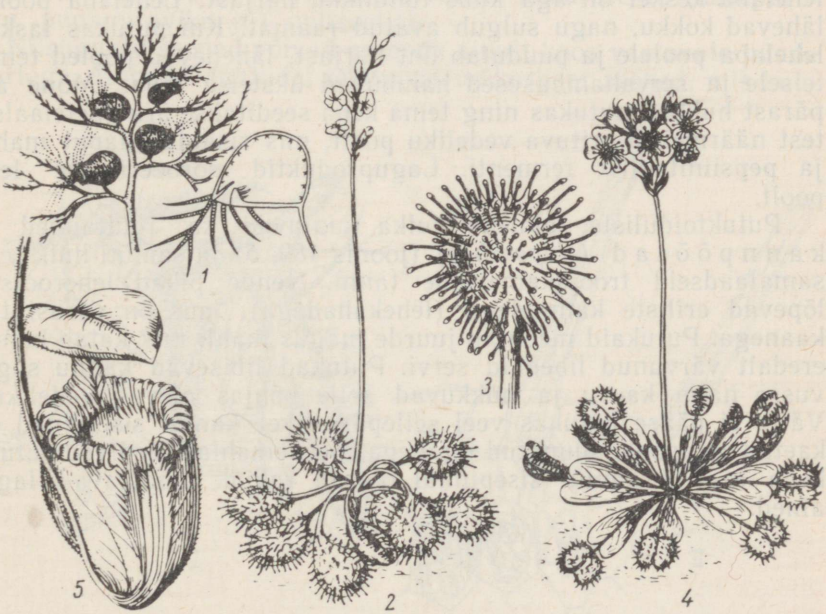
Niitudel esinevad poolparasiidid — h ä r g h e i n a d, r o b i r o h u d (joonis 154, *II*), s i l m a r o h u d, k u u s k j a l a d. Poolparasiitideks nimetatakse neid sellepärast, et nad kinnituvad oma nõrgalt arenenud juurtega niidutaimede juurte külge, imevad oma «peremeestest» vett ja selles lahustunud soolasid, kuid selle kõrval on nad võimelised ka õhusüsinikku assimileerima. Seejuures

alaneb taimede saak tunduvalt. Võitlus poolparasiitide vastu seisneb heina varajasemas niitmises (enne poolparasiitide seemnete tekkimist) ja (hea seemnesegu külviga) kultuurrohumaade rajamises.

Saprofüütide hulka kuuluvad mõned seened ja bakterid, mis on võimelised surnud orgaanilistest ühenditest süsinikku omastama; neid me käsitlesime süstemaatikakursuses. Õistaimede seas on saprofüüte vähe. Nendest võib nimetada pruunikat pesajuurt (*Neottia nidus-avis*) käpaliste sugukonnast, mis kasvab meie metsade huumusrikastel pinnastel, ja harilikku seenlille (*Monotropa hypopitys*) seenlilleliste sugukonnast, tavalist kuusemetsade saprofüüti.

Väga huvitava taimerühma moodustavad putuk- ehk lihatoidulised taimed, mida kirjeldas Darwin.

Meie nõrga läbivooluga veekogudes esineb mitmeid vesiherne (*Utricularia*) liike. Need taimed ujuvad vees, kust ulatuvad välja ainult nende helekollaste korrapäratute õitega varred. Helerohelised, vees asetsevad lehed on mitmelisulgjagused. Juured puuduvad. Mõned leheotsad on omapärasteks põiekesteks muundunud, mis on nööpnõelapeast veidi suuremad. Vesiherned on võimelised iseseisvalt toituma, kuid nende põiekesed, püünised, arvatavasti tugevdavad toitumist.



Joonis 189. Putuktoidulised taimed:
1 — vesihernes; *2* — ümaralehine huulhein; *3* — huulheinaleht; *4* — veenuse kärbsepüünis; *5* — kannpõõsakann (lehekaha).

Putuktoidulisteks taimedeks on ümaralehine huulhein (joonis 189) ja pikalehine huulhein. Neid esineb rabades turbasambla seas.

Huulheinad on väikesed taimed, mille lehed paiknevad kodarikuna ja on putukate püüdmise organeiks muundunud. Lehelabad on neil kaetud punaste näärmekarvadega, mis eritavad tipmisest osast kleepuvat vedelikku. Lehele laskudes kleepub putukas karvade külge, mis painduvad tema ligi ja katavad ta üleni kleepuva vedelikuga, miile koosseisu kuulub ferment pepsiin. Mõne päeva pärast jäävad putukast järele ainult keha kitiinosad, kõik orgaanilised toitained on lehe poolt lahustatud ja sorbeeritud.

Pärast seda karvad sirguvad, heidavad putukajäänused ära ning leht on jälle valmis saaki püüdma. Putukate puudumisel toituvad huulheinad harilikul viisil.

Veel rohkem putuktoidulisi taimi esineb troopikamail. Käesoleval ajal tuntakse neid kuni 500 liiki.

Dioonea ehk veenuse kärbsepüünis (*Dionaea muscipula*) (joonis 189, *4*) esineb Lõuna-Ameerika rabades. Tema lehed paiknevad kodarikuna, mis ei ületa läbimõõdus 10 cm. Lehed koosnevad rohelisest tiivulisest leherootsust ja suhteliselt väikesest lehelabast, mille servad on varustatud hambakestega, lehelaba keskel on aga kuus tundlikku harjast. Lehelaba pooled lähevad kokku, nagu sulgub avatud raamat. Kui putukas laskub lehelaba poolele ja puudutab üht harjast, lähenevad pooled teineteisele ja servahambakesed hambuvad üksteise taha. Mõne aja pärast hukkub putukas ning tema keha seeditakse ära spetsiaalsetest näärmetest erituva vedeliku poolt, mis sisaldab haput mahla ja pepsiinitaolist fermenti. Laguproduktid sorbeeritakse lehe poolt.

Putuktoiduliste taimede hulka kuuluvad ka ronitaimed — kannpõõsad (*Nepenthes*) (joonis 189, *5*) ja samuti hulk teisi samalaadseid troopikametsade taimi. Nende pikad leherootsud lõpevad eriliste kannudega (lehekahadega), mis on varustatud kaanega. Putukaid meelitab juurde magus mahl, mis katab kannu eredalt värvunud libedaid servi. Putukad libisevad kannu sügavusse nagu kaevu ja hukkuvad selle põhjas olevas vedelikus. Välja ei pääse putukas veel sellepärast, et kannu siseseinad on kaetud allapoole suunatud ogadega. Seedemahlad seedivad putuka keha ära ja kannu sisepinnal olevad rakud omastavad laguained.

MÜKORIISA JUURTEL

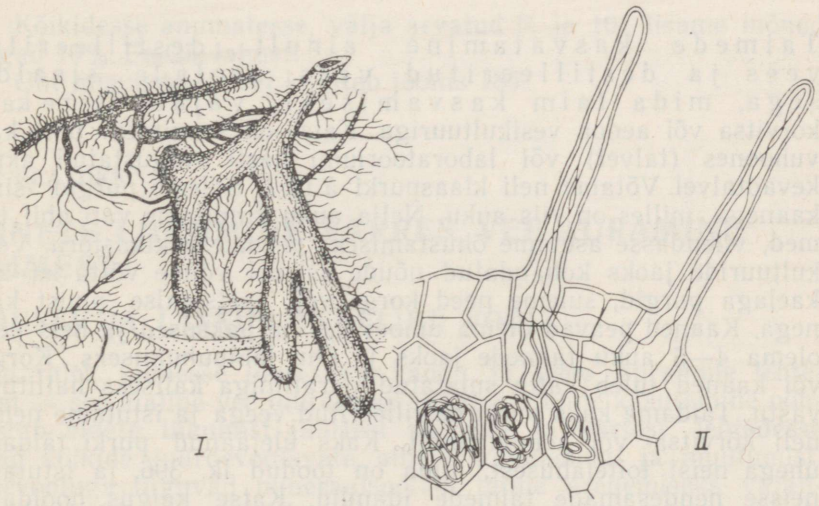
Looduses on laialt levinud kõrgemate taimede toitumine nn. mükoriisa abil (joonis 190). *Mükoriisaks* nimetatakse mütseeli ehk seeneniidistikku, mis põimib paljude huumusrikastel muldadel kasvavate puude, põõsaste ja ka rohttaimede nooremaid juureosi. Eriti on ta levinud niidu-, soo- ja metsataimedel. Mükoriisat esineb näiteks tammel, pöögil, sarapuul, okaspuudel, kanarbikul, pohlal, seenlillel, käpalistel jt. Taimede hulk, mille juurtel on mükoriisat leitud, on väga suur. Arvatakse, et mükoriisat esineb vähemalt pooltel Euroopa floora liikidel.

Mükoriisa on *väline* ehk *ektotroofne*, kui seeneniidid põimivad juurt välispinnalt, moodustades tiheda katte, ja tungivad juure pindmiste kudede rakkude vaheruumidesse (intertsellulaaridesse). Mükoriisa on *sisemine* ehk *endotroofne*, kui seeneniidid tungivad juure koorerakkudesse ja moodustavad nendes kägara (joonis 190, *II*). Esineb ka *välis-sisemist mükoriisat*.

Katselisel teel on tõestatud, et huumusrikastel muldadel kasvavad paljud mükoriisaga varustatud taimed paremini kui ilma mükoriisata.

Niisuguste taimede, nagu kase-, haava- ja tammemükoriisa tekib nende puude all kasvavate tavaliste kübarseente (kasepuraviku, punapuraviku jt.) mütseelist.

Niisugused seened võivad areneda ainult koos vastavate puude juurtega. Mõnedel juhtudel tekitavad mükoriisat seened, mis kuu-



Joonis 190. Mükoriisa.
I — väline (ektotroofne) mükoriisa. *II* — sisemine (endotroofne) mükoriisa.

luvad *Rizoctonia* perekonda; teistel juhtudel kuuluvad nad *Phoma* perekonda, näiteks kanarbikuliste endotroofset mükoriisat moodustavad seened. Mükoriisale tuleb vaadata kui sümbioosinähtusele, s. o. kui kahe teineteisele kasuliku organismi — seemnetaime ja seene kooselule.

Arvatakse, et mükoriisa täidab (juurtel puuduvate) juurekarvade osa, sorbeerides vett, mineraalsooli ja lahustuvaid lämmastikaineid. Peale selle neelavad mükoriisa seeneniidid orgaanilisi aineid. Püsib oletus, et mõningad endotroofsed mükoriisad võivad vaba õhulämmastikku omastada. Peale selle on seen võimeline fermentide abil lahustuvaks muutma taime raskesti lahustuvaid varusüsivesikuid. Taim annab oma juurtel mükoriisale «ulualust» ja varustab teda lämmastikuvabade ja teiste orgaaniliste ainetega. Mullaseente ja metsataimede sümbioosi positiivset tähtsust tõestas juba 1881. aastal Odessa ülikooli professor F. Kamenski.

Seeneniidid tungivad paljude taimede seemnetesse ja kasvavad koos nendega. On täpselt uuritud mükoriisa tungimist käpaliste väga väikestesse seemnetesse ja kindlaks tehtud, et käpalised ei ole mükoriisata eluvõimelised. Samuti võib oletada, et mükoriisa satub juurtesse mullast, milles leidub nende seente niite (hüüfe).

Metsakasvatuse edu sõltub tunduval määral puujuurte ligidal asuva vastava mükoriisa olemasolust.

LABORATOORSED TÖÖD (TAIMEDE TOITUMINE MINERAALAINETEST)

Taimede kasvatamine ainult destilleeritud vees ja destilleeritud vees soolade sisaldusega, mida taim kasvamiseks vajab. Teeme katse kõrvitsa või aedoa vesikultuuriga. Katse on soovitatav teha kasvuhoones (talvel) või laboratooriumi hästi valgustatud aknal kevadtalvel. Võtame neli klaaspurki à 1,5 l. Suleme purgid tsinkkaanega, milles on viis auku. Nelja auku kinnitame vati abil taimed, viiendasse asetame õhustamiseks peenikese klaastoru. Vesikultuuride jaoks kohandatud nõude asemel võime võtta ka laia kaelaga purgid, suleme need korgi või spetsiaalse puust kaanega. Kaaned peavad olema umbes 2,5 cm paksused ja neis peab olema 4—5 auku taimede jaoks ja õhu läbipuhumiseks. Korgid või kaaned tuleb katta sulatatud parafiiniga kaitseks hallituste vastu. Täidame kaks purki destilleeritud veega ja istutame neisse neli kõrvitsa- või aedoaidandit. Kaks ülejäänud purki täidame ühega neist toitelahusest, mida on toodud lk. 396, ja istutame neisse nendesamade taimede idandid. Katse käigus hooldame kultuure, õhustame toitelahust, peame vaatlusi taimede kasvamise kohta ja teeme täpselt sissekandeid vihikutesse. Katse lõpul

kaalume ära vesikultuuris kasvatatud rohelised taimed, määrame nende kuivainekaalu ning võrdleme seda kuivade seemnete esialgse kaaluga.

Juurestiku kaudu taime tungivate elementide tähtsus. Katse läbiviimiseks on vaja kümme vesikultuurianumat. Kahte anumasse valmistame toitesegu nagu eelmises katses, järgmisse kahte anumasse lämmastikuta toitesegu, kolmandasse anumate paari kaaliumita, neljandasse fosforita ja viiendasse rauata toitesegu. Istutame kõikidesse anumatesse idanenud maisiseemned, mille kaal ja väliskuju ühtib. Kultuuri hooldame nagu eelmises katses. Jälgime taimede arenemist anumates. Katse tulemused kanname vihikutesse.

Katseskeem

Anuma nr.	Soolad 1 liitri vee kohta
1—2 (täielik segu)	$Ca(NO_3)_2$ — 1,0 g; KNO_3 — 0,25 g; $MgSO_4$ — 0,25 g; KH_2PO_4 — 0,25 g
3—4 (lämmastikuta)	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$ — 0,52 g; KCl — 0,08 g; $MgSO_4$ — 0,25 g; KH_2PO_4 — 0,25 g
5—6 (kaaliumita)	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$ — 0,34 g; NH_4NO_3 — 0,24 g; $MgSO_4$ — 0,25 g; $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ — 0,17 g
7—8 (fosforita)	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$ — 0,52 g; NH_4NO_3 — 0,16 g; $MgSO_4$ — 0,25 g; KNO_3 — 0,20 g
9—10 (rauata)	$Ca(NO_3)_2$ — 1,0 g; KNO_3 — 0,25 g; $MgSO_4$ — 0,25 g; KH_2PO_4 — 0,25 g

Kõikidesse anumatesse, välja arvatud 9. ja 10., lisame mõned tilgad 10% Fe_2Cl_6 lahust.

Üht niisugust katset kujutab joonis 185.

XV PEATÜKK

AINETE LIIKUMINE VARRES. VEE AURAMINE TAIMEST

TÕUSEV JA LASKUV VEDELIKE VOOL

Vee tulek taimesse juurestiku kaudu ja tema auramine lehtedest — see alaline vee juurdevool ja tema alaline kasutamine põhjustab ainete liikumist juurtest vartesse ja vartest lehtedesse ning kõikide juurdevoolavate ainete kogunemist ja muutumist. Veevooluga liiguvad mineraalsoolad; taime arenemiseks vajalikud soolad kogunevad leherakkudesse ja muunduvad uuteks, väga erinevate omadustega ühenditeks. Lehtedesse tõusnud vesi annab

oma vesinikust ja hapnikust tähtsusetu osa (0,15—0,20%) süsivesikute ehitamiseks; 99,8% taimesse tunginud veest kulub rakkude küllastamiseks ja lehtede kaudu auramiseks. Soojal suvisel päeval aurab taimedest lakkamatult suurtes kogustes vett õhku.

Orgaanilised ained (süsivesikud, valgud jt.), mis on valmistatud lehtedes päikeseenergia abil, kuluvad varte, lehtede, juurte ja viljade ehitamiseks.

Ainete liikumine varres toimub kahes suunas: juurestiku kaudu tulnud vesi ja mineraalsoolad tõusevad trahheesid ja trahheiide mööda üles, kuna orgaanilised, plastilised ained voolavad lehtedest ära ja liiguvad sõeltorude kaudu laiali. Esimest ainete voolu nimetatakse tõusvaks, teist laskuvaks vooluks.

Vaatlused ainete liikumise kohta varres toimuvad katsete kaudu, milles kasutatakse värvitud vedelikke ja koore ringikujulisi lõikeid, neid on kirjeldatud lk. 428.

Vee tõusukiirus varres on lehtpuudel umbes 20—30 cm^3 tunnis 1 cm^2 puidu ristlõike kohta, okaspuudel umbes 5 cm^3 tunnis; see vee liikumiskiirus on väike, võrreldes vere liikumiskiirusega loomade arterites (umbes 40—50 cm^3 sekundis).

Uuemad uurimused märgistatud raske hapnikuga ($H_2{}^{18}O$) või triitiumiga (^3H_2O) vee kasutamise abil näitavad, et puidus on vee tõusmise kiirus mõnevõrra suurem kui eespool mainitud.

Ainete liikumisteede tundmine on puuviljanduses suure tähtsusega. Sellel põhinevad vääristamistööd ja paljud viljakandvuse tõstmise võtted assimilaatide voolu pidurdamise abil, näiteks okste ja tüvede rõngastamine, tüve soondamine, okste väänamine, sisselõige viljaoksa jt.

AINETE LIIKUMISE PÕHJUSED. VEE TAIMESSE TUNGIMINE

Kevadel, kui puudel puuduvad veel lehed, on varres vee tõusmise üheks põhjuseks juurerõhk, mis surub vett puidusoontesse.

Kui meenutame, mis me rääkisime vee rakku tungimisest (lk. 366) ja juurestiku ehitusest ning juurekarvade tohutu suurest pinnast, siis peaks juurte osatähtsus vee varres tõusmisel selge olema.

Vesi siseneb juurestikku juurekarvade kaudu (joonis 31). Kõrreliste juured tungivad 1,5—2 m sügavusele, mõnede põuastel aladel kasvavate liblikõieliste (kaamelirohi, lutsern jt.) juured aga kuni 10 m sügavusele ja sügavamale mulla aluskihtidesse. Viimasel ajal on selgunud, et paljude rohtsete taimede, näiteks kõrvitsa juurte kogupikkus ulatub kilomeetritesse, koos juurekarvadega aga tuhandetesse kilomeetritesse. Teadlaste andmetel (Ditmar, 1937) on hästi võrsunud rukki juurestikul kuni 14 miljonit juurt, kogupikkusega umbes 600 km ja pindalaga 225 m^2.

Rukki narmasjuured on kaetud juurekarvadega, mille kogupikkus on kuni 10 000 km ja mullaosakestega kokkupuute pindala 400 m². Seejuures ületab juurestiku üldpind umbes 130 korda maapealsete organite pinna. Rukki juurte päevane juurdekasv ulatub mitme kilomeetrini. Üheaastase siberi mariõunapuu (*Malus Pallasiana*) juurestikul on kuni 45 000 juurt, varrel aga oksi vaid umbes 10 (V. A. Kolesnikovi järgi). Juurte kiirel kasvamisel, nende tõhusal hargnemisel ja sorbeerivate osade moodustamisel on taimede elus suur tähtsus.

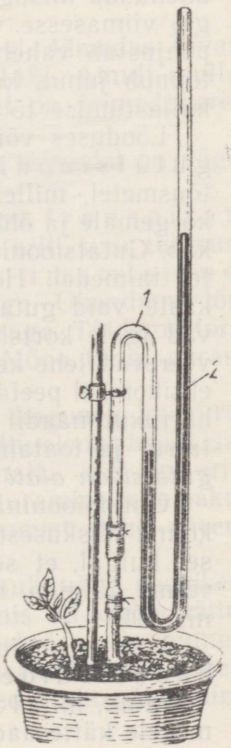
Vee juurekarvadesse sisenemine on tingitud kõigepealt juurekarvade imemisjõust. Vee imemise intensiivsus sõltub sellest, mis määral rakud on veest küllastunud. Vee auramise tõttu lehtede kaudu tekib olukord, kus leherakud ei ole veest küllastunud ja see mõjutab ka juurestikurakke, kust vesi lakkamatult juure keksilindri soontesse voolab.

Peale vee auramise lehtede kaudu, mis loob tingimused vee imemiseks juurekarvade poolt, toimub juurestikurakkudes energiline vee väljasurumine, kusjuures vesi suundub juurekarvadest läbi juurekoorerakkude keksilindri puidusoontesse.

Vesi tungib juurekarvadesse osmoosi ja seejuures tekkiva rakkude imemisjõu tõttu ning ulatub ühest rakust teise liikudes juuretrahheede ja trahheiidideni, kuhu ta tõugatakse rõhuga 1,5—2,5 atm ja üle selle. Juurekarvade määratu hulk toimib ühes ja samas suunas ning nii tekib jõud, mida nimetatakse juurerõhuks ja mis on kevadel võimeline vett vart mööda üles tõstma.

Juurerõhu jõud avaldub eriti ilmekalt kevadel, nn. mahlajooksu ajal, kui taimed pärast talvist puhkeperioodi ellu ärkavad.

Sobivateks vaatlusobjektideks on viinapuu, vaher, kask, valgepöök jt. Ammust ajast kasutatakse niisugust katset: ühe nimetatud taime läbilõigatud oksa otsa või peenikese kännu külge seotakse tihedalt veise- või kummipõis, mis tugevasti paisub ja lõpuks vedeliku surve tõttu lõhkeb. Põie asemel võib varre külge kinnitada ka elavhõbe-manomeetri ja mahlarõhu täpselt ära mõõta (joonis 191).



Joonis 191. Juurerõhu mõõtmine (kartulivarres) manomeetri abil:
1 — vesi; *2* — elavhõbe.

Kevadel võib väikseimal kase-, vahtra-, pajutüve või -oksa vigastusel tähele panna mahlajooksu. Haavast tilkuv mahl erineb sel ajal tunduvalt juurtesse tungivast mullaveest. See mahl sisaldab suhkrut, mis tekib taime poolt eelmisel aastal juurtesse ja vartesse varutud tärklisest. Kasemahlas on 1,5%, hariliku vahtra mahlas umbes 2%, suhkruvahtra mahlas üle 3% suhkrut. Varakevadel läheb mahl moodustuvate rakkude toitmiseks. Sel aastaajal paisuvad pungad, millest arenevad uued lehed.

Kui puurida varakevadel kasetüvesse auk, asetades sellesse kõveraks painutatud klaastoru, ja kui algab kase mahlajooks, panna pudel alla ning mõõta ära väljavoolava mahla hulk, siis selgub, et suuremal hulgal voolab mahla välja mahlajooksu algusperioodil. Ööpäeva jooksul koguneb pudelisse 4—5 liitrit mahla. Mahlajooks kestab mõnikord 3—4 nädalat, pärast seda väheneb ja lõpuks, kui puhkevad pungad ja ilmuvad lehed, mis aurustavad juurdevoolavat vett, lakkab täiesti. Lehtede tekkimise momendiks väheneb suhkru hulk ja suvel sisaldavad puitosasooned peamiselt mineraalsoolasid. Kui sel ajal toruots asetada vette, siis tõmbub vesi puutüvesse. See näitab, et lehtede tekkimisel muutub rõhk puidusoontes negatiivseks.

Juurerõhunähtust võib jälgida ka suvel läbilõigatud rohttaimede, näiteks nõgese, kõrvitsa, maapirni jt. tüügastel; nimelt kui ühendada niisugune tüügas kummitoru abil klaastoruga, siis tungib viimasesse vesi, mis võib tõusta suure kõrguseni. Juurerõhk põhjustab vahel vee eritumist lehtedest tilkvedelas olekus. See toimub juhul, kui vee auramine taimest on õhkkonna veeaurust küllastumise tõttu takistatud.

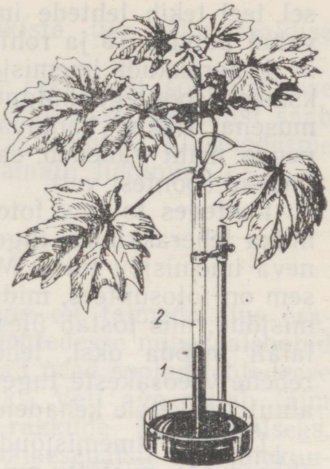
Looduses võib jälgida vee eritumist tilkvedelas olekus ehk gutatsiooninähtust soojal ja niiskel hommikul teraviljatõusmetel, millele ilmuvad veetilgakesed. Kui päike tõuseb juba kõrgemale ja õhk muutub kuivemaks, veetilgakeste eritumine lakkab. Gutatsiooninähtust esineb ka paljudel niidukõrrelistel ja teistel taimedel. Hommikune ja õhtune «kaste» rohul ei ole alati kaste, vaid gutatsiooni tulemus. Soojal ja niiskel hommikul tekivad igale kortslehe- ja maasikalehe hambakesele veetilgad, mis veerevad lehe keskele ja moodustavad suure hõbedase tilga, mida eksikombel peetakse kasteks. Samasugust vee eritumist võib näha harilikul naadil (*Aegopodium podagraria*), mungalillel, kartulil, tatral ja toataimedel (*Monstera* ja *Colocasia*). *Viimastel tekib gutatsioon alati vihmase ilma eel, kui õhk muutub niiskemaks.*

Gutatsiooninähtus on eriti levinud troopikamaades, kus õhkkonna niiskusest küllastumise tõttu eritub taimedest vett niisugusel hulgal, et see langeb puudelt tilkadena maha. Gutatsiooni võime jälgida ka klaaskupliga kaetud teraviljatõusmetel (joonis 192).

Vee eritumine taimest toimub eriliste veelõhede ehk hüdatoodide kaudu, millel puuduvad sulgrakud.

Muld, millel on vett kinnihoidev jõud, sisaldab endas nii taimedele kättesaadavat kui ka kättesaamatut vett. Täiesti kättesaa-





Joonis 192. Vee eritamine tilkvedelas olekus (gutatsioon) kõrrelise noorte lehtede poolt.

Joonis 193. Lehtede imev toime:
1 — elavhõbe; 2 — vesi.

matu on taimedele nn. mulla hügroskoopsusvesi. Jämedas liivas on seda liiki vett üle 1% ja savimullas kuni 14%. Ainult mulla kahe- või kolmekordse hügroskoopsusvee korral on taimede arenemine ja seemnete idanemine võimalik.

Soolakumuldadel areneb eriline floora, mille taimedel on väga kõrge osmootne rõhk.

Teiseks jõuallikaks, mis tõstab vett varres, on transpiratsioon (vee auramine); suvel on sel jõuallikal eriti suur tähtsus.

Transpireerimisprotsessis tekib lehtede imemisjõud. Seda jõudu võib kindlaks teha järgmise katsega. Ühendame lõigatud lehtedega oksa kummikorgi abil klaastoruga. Täidame toru veega ja asetame teise otsaga elavhõbedasse. Mõne tunni pärast tõuseb elavhõbe (joonis 193).

Lehe tohlkoe rakuvahe- ja õhuruumidesse koguneb veeauru, mis eritub avatud õhulõhede kaudu õhkkonda difusiooni teel. Osaliselt toimub auramine vahetult epidermipinnalt, mis on eriti arenenud taimedel, millel pole kutiikulat. Vee auramine lehe rakuvaheruumidest põhjustab omakorda vee auramist lehe parenhüümirakkudest.

Lehe parenhüümirakkude kestadel on suur hulk väga peenikesi mikrokapillaare (molekulidevahelisi ruume), mis on veega täitunud. Mikrokapillaarides on nõgusad veemeniskid, mille pinnalt eraldub pidevalt aurukujulise vee osakesi. Auranud vee asemele tõmbuvad naaberrakkudest ja ka soontest uued veekogused ning

sel teel tekib lehtede imev jõud, mis tõstab vett üles ja ulatub vahel puudes 15 ja rohttaimedes 2—3 atm rõhuni.

Leherakkude imemisjõud tekib vee lehtede kaudu auramise ja ksüleemisoontega külgnevate rakkude kõrge osmootse rõhu tulemusena. Rakud kaotavad auramisel osa neis sisalduvast veest, nende maht väheneb, samuti väheneb turgoorne pinge, ja rakud imevad soontest vett.

Lehtedes toimuv fotosünteesiprotsess, mis suurendab suhkruhulka leherakkudes, tugevdab samuti vee tulekut soontest suureneva imemisjõu tõttu. Mida suurem on auramine, mida intensiivsem on fotosüntees, mida rohkem on lehti, seda tugevam on imemisjõud, mis tõstab üles paralleelseid veesambaid, mis valguvad laiali mööda oksi, leherootsusid ja -roode. Need sambad ei rebene veeosakeste tugeva kohesioonijõu tõttu, mis ei ole omane ainult tahketele kehadele, vaid ka vedelikkudele.

Lehtede imemisjõud tekitab puidusoontes negatiivse rõhu (hõreduse), mistõttu puidusoonte seinad on intensiivistunud transpiratsiooni perioodil veidi sisse surutud. Ainult toesed spiraal- ja rõngaspaksenduste näol hoiavad sooni täieliku kokkumuljumise eest. Sooneseinte nõgusus osutab ülespoole liikuvate peenimate veeniitide pingulolekule. Täpsed mõõtmised näitavad, et mitte ainult roht-, vaid ka puittaimede varre paksus väheneb (mõnevõrra) transpiratsiooni tugevnemisel lõunatundidel.

Harilikes tingimustes kõigub lehtede imemisjõud päevasel auramisel mitmesugustel taimedel 1—10 atm.

Seega on olemas kaks jõuallikat, mis tõstavad vett vahel kümnete ja sadade meetrite kõrguseni: need on juurerõhk ja lehtede imemisjõud. Veeosakeste kohesioonijõud sunnib ühtesid veeosakesi teistele järgnema, mistõttu veesambad ei katke vigastamata puidusoontes üksikuteks tilkadeks.

Puuokste koore rõngastamise katsed veenavad meid nii selles, et vee liikumine ülespoole toimub puitu mööda kui ka selles, et orgaanilised ained laskuvad koort mööda alla. Orgaaniliste ainete liikumine toimub koores siiski vahel ka ülespoole, näiteks võsu kasvukuhikute, õisikute ja valmivate viljade poole. Kevadise mahlajooksu ajal sisaldab puitu mööda ülespoole liikuv mahl suhkrut ja teisi orgaanilisi aineid, mis tulevad soontesse puutüve elusatest rakkudest, kuhu orgaaniliste ainete varud eelmise suve jooksul kogunesid. Mahl läheb kevadel puhkevate pungade toitmiseks.

Päeva jooksul toodetud orgaanilised ained voolavad lehtedest niineosa sõeltorusid kaudu lakkamatult ära ja suunduvad kasutamis- ja säilituskohtadesse. Orgaanilised ained kulutatakse meristeemi rakkude intensiivseks jagunemiseks või nad muutuvad lahustumatuks ja ladestuvad sel kujul säilitusainetena (näiteks suhkur tärklisena, lahustuvad valgud lahustumatus olekus). Orgaaniliste ainete edasiliikumine toimub sõeltorusid mööda, mil-

lel on auklikud vaheseinad; need ei takista ühe raku sisaldise edasinihkumist naaberrakku.

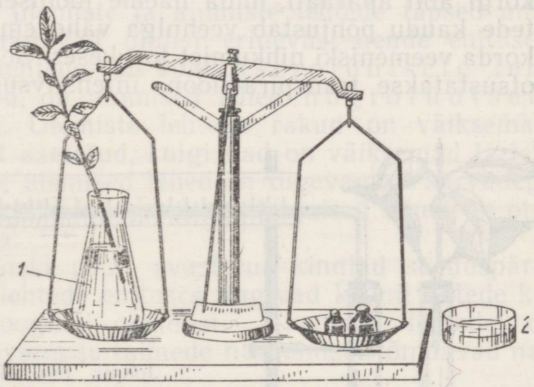
Orgaaniliste ainete parenhüümsetest rakkudest sõeltorudesse ja sealt orgaanilisi aineid tarbivatesse rakkudesse tungimist saab seletada plasmodesmide olemasoluga rakuseintes; plasmodesme mööda toimub lahustunud ainete takistamatu liikumine.

TRANSPIRATSIOON

Transpiratsioon ehk vee auramine on taimede elus erakordselt tähtis protsess: veega tulevad lehtedesse mineraalsoolad ja osaliselt süsihape; vee auramisel jäävad need soolad lehtedesse ja mitmeid neist vajab taim arenemiseks. Vett aga vajab taim orgaaniliste ainete sünteesimiseks ja rakkude küllastamiseks. Peale selle kannatavad taimed tugeva päikesepaiste ajal ülekuumenemise all. Auramise intensiivistumine alandab sel puhul temperatuuri vahel 4—6° võrra.

Vee auramist taimedest ja järelikult ka vee liikumist varres reguleerivad nii sisemised füsioloogilised protsessid kui ka välised tegurid. Olulist osa etendavad siin õhulõhed kui auramise reguleerijad.

Transpiratsiooni- ja fotosünteesiprotsess on omavahel tihedalt seotud. Lehtede assimileerimisaparaat nõuab õhu ja valguse (vaba) juurdepääsu; järelikult vajab taim laiu, avatud lehepindu, kuid võitlus vee pärast, mida mullas tihti ei jätku, nõuab lehepinna vähenemist, nende karvade abil ülekuumenemise vastu kaitsmist, läbilaskmatut kutiikulat ja õhulõhede sulgumist. Transpireerimis- ja fotosünteesiprotsessi vastupidine mõju peegeldub



Joonis 194. Taime poolt aurutatava veehulga määramine kaalude abil:
1 — kolb veega, millesse on asetatud lehtedega oks; vee peale on kallatud õlikiht; *2* — kristallisaator, millesse on kallatud vett, kaalutakse auramiskiiruse võrdlemiseks ära.

mitmesugustes tingimustes arenevate taimede morfoloogilises ja anatoomilises ehituses.

Aurava vee hulka (transpiratsiooni suurust) saab mõõta kaalu- (joonis 194) ja mahumeetodi abil.

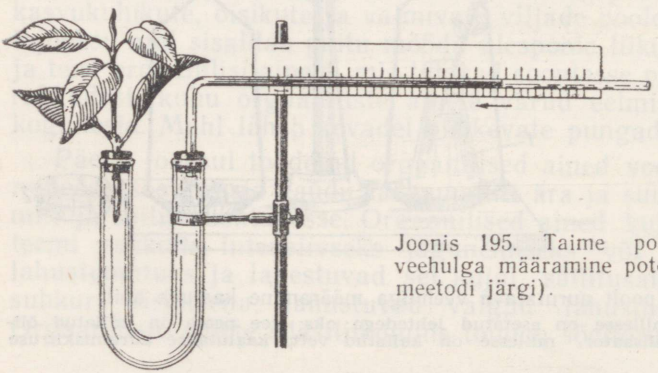
Vee auramise võimalus vegetatsiooninõu avalt kõrvaldatakse, sulgedes nõu tiheda kaanega. Taimevars ulatub läbi kaaneaugu, auk aga suletakse tihedalt vatiga. Iga päev arvestatakse kaalumise teel enne kastmist aurava vee hulk. Katse lõppemisel määratakse auranud vee üldhulk ja taime kuivaine.

Vee kaalulist hulka, mille taim ühe kaaluühiku kuivaine moodustamiseks kulutab, nimetatakse transpiratsioonikoefitsiendiks (näiteks vee hulk grammides, mis kulub ühe grammi kuivaine kogumiseks). Mitmesuguste põllumajandustaimede transpiratsioonikoefitsient näitab ligikaudu taimede võimet erinevates niiskustingimustes areneda. Transpiratsioonikoefitsiendi võrdlevad määramised annavad umbes järgmised arvud: maisil 250—400, hernel 270—800, tatral 500—600, kartulil 300—636, kaeral 376—800, riisil 500—800 ja talinisul 450—600. Transpiratsioonikoefitsiendi suurus ei saa kõigis tingimustes olla püsiv. Ta kõigub, sõltuvalt sordist, määramise meetodist, taime asukohast ja ka välistingimustest.

Vegetatsiooniperioodil aurab maisitaim vett keskmiselt 200 kg, vana kask 7000 kg, sajaaastane pöök 9000 kg. Ühelt hektarilt odrapõllult aurab vegetatsiooniaja jooksul umbes 3 200 000 kg vett.

Transpiratsiooni võib mõõta ka mahumeetodi abil. Selleks kasutatakse erilisi aparaate, mida nimetatakse potomeetriteks (joonis 195).

Äralõigatud taim (või taim ühes juurestikuga) kinnitatakse korgi abil aparaati, mida näeme joonisel 195. Vee auramine lehtede kaudu põhjustab veehulga vähenemist anumas ja see omakorda veemeniski nihkumist torukeses. Selle liikumise kiiruse järgi otsustatakse transpiratsiooni intensiivsuse üle.



Joonis 195. Taime poolt transpireeritava veehulga määramine potomeetri abil (mahumeetodi järgi).

Paigutades aparaadi koos taimega erinevatesse valgustus-, temperatuuri- ja niiskusetingimustesse, õpitakse tundma nende tingimuste mõju transpiratsiooniie.

Vee auramine tugevneb tavaliselt valguse käes ja nõrgeneb pimedas. Taimest aurab päeva jooksul tunduvalt rohkem vett kui öö jooksul, sest päeval on õhulõhed avatud, öösel aga suletud. Temperatuuri tõus intensiivistab vee auramist. Samamoodi mõjub ka õhuniiskuse vähenemine ja mullaniiskuse suurenemine.

Vee auramine taimedest ja vee auramine mullapinnalt sõltuvad välistingimustest ja sellepärast võib nende vahel tähele panna teatavat sarnasust. Erinevus seisab aga selles, et taimorganism reageerib kahjulikele mõjudele, muutes auramise käiku õhulõheavade laiuse muutmisega. Nii intensiivistub vee auramine palaval, tuulevaiksel päeval, tugeva tuulega aga väheneb (õhulõhed sulguvad).

Et lehtede pind ületab palju kordi taime poolt enda alla võetava maapinna, siis ületab ühelt hektarilt põllukultuuridelt aurava vee hulk palju kordi vee hulga, mis aurab mullapinnalt.

TAIMEDE PÕUAKINDLUS

Taimede transpiratsioon on tihedalt seotud p õ u a - ja k ü l m a k i n d l u s e g a.[1] Lehe tundmaõppimisel nimetasime arvukaid kaitsekohastumisi, mis vähendavad liigset vee auramist, ja ka neid, mis kaitsevad taime liigse jahtumise ja valgustamise eest. Võitluses põua vastu on suure tähtsusega ka taimejuurestiku arenemine.

Ühe ja sama taime ülemiste ja alumiste lehtede täpsed anatoomilised uurimised näitavad olulisi erinevusi nende ehituses. Kui näiteks ülemistel lehtedel on kõik k s e r o f ü ü t s e t e l e h t e d e ehituse tunnused, on alumised lehed h ü g r o f ü ü t s e t e l e h t e d e tunnustega. Ülemiste lehtede rakud on väiksemad, õhulõhed on tihedamalt asetatud, kuigi nad on väiksemad ja lehtede roodumine on tihe; ülemised lehed on tugevamalt karvadega kaetud ja neil on sammaskude arenenum. Alumised lehed on otse vastupidiste tunnustega.

Need prof. V. Zalenski poolt avastatud kindlad seaduspärasused taime erinevate lehtede ehituses tingivad ka nii ühtede kui teiste erinevaid füsioloogilisi omadusi. Ülemistel lehtedel on transpiratsioon intensiivsem ja taimede närbumisel tõmbavad nad

[1] Põuakindluse küsimusi on põhjalikult uurinud akad. N. Maksimov. Uurimiste tulemused on esitatud tema raamatus «Физиологические основы засухоустойчивости растений», Л., 1926. Põuakindluse küsimused on põhjalikult läbi töötatud ka prof. Henkel'i teoses «Устойчивость растений к засухе и пути её повышения», NSV Liidu Teaduste Akadeemia väljaanne, 1946.

vett alumistest lehtedest, mistõttu alumised lehed kuivavad kiiremini.

Kuumadel suvepäevadel võib õhu kuivuse korral tähele panna taimede (näiteks kõrvitsa, peedi, päevalille) ajutist närbumist. Niisugune taime olek ei ole fotosünteesile soodus, sest taimede närbumine põhjustab õhulõhede sulgumist. Niisugustel päevadel assimileerib taim ainult hommikustel ja õhtustel tundidel, kui vee kulutus väheneb ja lehtede turgor normaalseks muutub. Põua tugevnemine kutsub esile taimede kestvama närbumise. Raku turgor nõrgeneb ja see seisund levib järk-järgult kogu juurestikule. Vett siseneb veelgi vähem ja assimileerivad organid lakkavad töötamast — taime kasvamine pidurdub. Närbunud taim kulutab vett minimaalses koguses ja seepärast tuleb niisugust seisundit lugeda üheks taime «võitlusabinõuks» põua vastu. Niiskuse edasine vähenemine toob endaga kaasa taime hukkumise, mis saabub sel juhul, kui on ületatud niiskuse miinimumpiir, mille juures elu on veel võimalik. Kõigepealt kuivavad kõige alumised lehed, siis levib kuivamine järk-järgult kõrgemal asetsevatele lehtedele. Kui juured sel ajal uut niiskust saavad, siis võib kuivav taim veel pääseda uute juurekarvade ja pungade ning uute ülemiste lehtede moodustamise teel, mis on põuakindlamad.

Taimede põuakindlus sõltub ühelt poolt kaitsevahenditest liigse auramise vastu, teiselt poolt aga võimest närbumist taluda. Selgub, et seda võimet on suuremal määral nendel liikidel ja sortidel, mis on kserofüütidega sarnase anatoomilise ehitusega, s. t. milles on väiksemad rakud ja õhulõhed, tihedam roodude võrk ning suur osmootne rõhk ja mille protoplasma on võimeline veekaotust taluma ja koaguleerumisele vastu panema. Vee auramist reguleerib taim õhulõhede abil. Vee auramise ööpäevane käik vastab harilikult õhulõhede pilukujuliste avade seisundile. Suvel hakkavad õhulõhed hommikul kella 4—5-st avanema ja nende pilu diameeter suureneb keskpäevani. Päeval kella 3—4-st alates hakkavad õhulõhede avad vähenema ja sulguvad õhtul kell 9—10 täielikult. Vee auramise protsess intensiivistub hommikust pärastlõunani. Selleks ajaks saavutab õhutemperatuur harilikult oma maksimumi. Pärast seda hakkab auramine aeglustuma ja nõrgeneb hilisteks õhtutundideks täielikult. Öösel kogub taim endasse vett, mis tuleb mullast, päeval aga kulutab seda niiskust. Pole raske aru saada, et transpireerimis- (vee auramise) protsess on tihedalt seotud fotosünteesiprotsessiga. Päeval toimub taimes intensiivne gaaside vahetus läbi avatud õhulõhede ja nende kaudu aurab vesi intensiivsemalt; öösel aga nõrgeneb gaaside vahetus, õhulõhed on siis harilikult suletud, ja auramine aeglustub. Peale selle intensiivistab päevane soojenemine auramist, öine jahtumine aga nõrgendab seda.

Niisutamine on üks tähtsamaid abinõusid võitluses põua vastu.

Nõukogude teadlased on kindlaks teinud, et suvinisu juurestik areneb kõige tugevamaks 40—60 cm sügavusel. Sellepärast peab nimelt selles mullakihis olema optimaalsel hulgal vett.

Taimed hakkavad põua all kannatama juba ammu enne seda, kui ilmuvad nähtavale närbumise tunnused. Kuigi lehed pole veel närbunud, väheneb põua tõttu fotosünteesi intensiivsus, toitainete tulek mullast aeglustub ja taimede kasv pidurdub. Teadlased on välja töötanud lihtsa võtte, mis võimaldab põllumehel määrata momenti, millal taimed juba hakkavad vee vähesuse all kannatama, kuigi närbumistunnuseid veel ei ole ja mulda tuleb viivitamatult kasta. See võte baseerub rakumahla kontsentratsiooni ja rakkude imemisjõu määramisel, mis on eri taimedel nende elu eri perioodidel kindla suurusega.

TAIMEDE KÜLMA- JA TALVEKINDLUS

Igivanast ajast on teada, et osa taimi ei talu öökülma, teistele ei tee aga isegi tugev pakane kahju. Esimest liiki taimede näiteks on daaliad, lemmaltsad, riitsinus, mungalill, ogaõun, maapähkel ja sojauba ning köögiviljadest kurk, tomat, kõrvits, aeduba, kartul jt. Kapsas on külmale küllalt vastupidav. Taliteraviljad, eriti rukis, on erineval määral külmakindlad. Mõned rukkisordid võivad koguni lumetutel talvedel vabalt 20-kraadist külma välja kannatada. Erakordselt külmakindel on polaarmaade ja kõrgmägede taimestik.

Varem arvati, et taimed hukkuvad külmaga selle tõttu, et rakkudes sisalduv vesi paisub külmumisel ja rakud lõhkevad. Lähemad uurimised on aga näidanud, et põhjus ei ole selles. Kõigepealt külmub rakuseintes ja rakuvaheruumides olev vesi ja protoplasma kaotab temas sisalduva vee, mis moodustab rakuvaheruumides jääkristalle. Niisugune protoplasma veekaotus sarnaneb veekaotusega põua ajal. Taim hukkub valkainete koagulatsiooni ja selle tõttu, et kasvavad jääkristallid suruvad rakud kokku.

Eri taimede protoplasma ei ole veekaotusele võrdse vastupidavusega. Igal taimel ja igal rakul on teatav kokkusurumise ja veekaotuse piir. Seejuures kaitseb protoplasmat koaguleerumise vastu rakkudesse kogunev suhkur. Suhkru kaitsemõju valgulahuse külmumisel on katseliselt tõestatud. Üheks taimede *külmakindluse* teguriks ongi suhkru kogunemine rakkudesse; madala temperatuuri puhul on teda taimedes rohkem, kõrgema temperatuuri puhul vähem. Need N. Maksimovi ja tema õpilaste uurimused selgitavad suurel määral taimede erineva külmakindluse põhjusi.

Teiseks külmakindluse teguriks on *taimede karastumine*. Nagu näitas J. Tumanov, koosneb taimede karastumine madala temperatuuriga kahest faasist: 1) süsivesikute (suhkrute)

kogunemine ja 2) protoplasma omaduste muutumine, mis on seotud rakkude tunduva veetustumisega.

Üheks taimede hukkumise põhjuseks külmaga on nende suhteline kaitsetus auramise vastu. Vett külmunud mullast juurde ei tule, transpiratsioon aga jätkub ja taimed hukkuvad kuivamise tõttu. Taimeosad või terved taimed, mis sisaldavad loomu poolest vähe vett, näiteks kuivad seemned (umbes 12%), samuti samblikud ja samblad, taluvad vabalt, eluvõimet kaotamata, tugevaid külmi (—60 kuni —70°) või ka kunstlikku jahutamist märksa madalama temperatuurini. Paisunud seemned hukkuvad aga alla —10° temperatuuri juures.

Külmumise vastu võideldakse lume kinnihoidmise ja külmakindlate sortide valiku abil, mis on võimelised endasse rohkem suhkrut koguma ja vähem vett tarvitama. Niisuguste taimede protoplasmal on suurem vee sidumise võime. Köögi- ja puuviljaaedades kaitstakse taimi öökülmade vastu akende, õlgede või puulehtedega, samuti põletatakse rohkesti suitsu andvaid aineid või kasutatakse erilisi õhusoojendajaid.

Võitluses külmakahjustuste vastu pakub suurt huvi ja on praktilise tähtsusega taimede karastamine. Noori taimi (näiteks istikuid) hoitakse kahe nädala jooksul peaaegu 0° temperatuuril. On täheldatud, et niisugused taimed taluvad edaspidi paremini öökülma. On ka kindlaks tehtud, et karastatud taimede rakkudesse koguneb suuremal hulgal kolloide ja neis väheneb külmuva vaba vee hulk.[1]

Looduslikes tingimustes toimub lakkamatult looduslik valik — ellu jäävad külmakindlamad puud ja teised mitmeaastased taimed. Nende taimede rakkudes toimuvad keerukad biokeemilised ja füsioloogilised muutused, tänu millele taim kohaneb madala temperatuuri ja teiste ebasoodsate elutingimustega.

Kultuurtaimedest tuleb talviti ebasoodsaid tingimusi taluda kõige sagedamini taliteraviljadel. Taliteraviljade karastumine toimub kahes faasis: esimeses faasis sügisel kui temperatuur langeb 0°-ni, koguneb taime süsivesikuid, mida taim kasutab nii hingamiseks ja kasvamiseks kui ka külmakaitseks. Teises faasis, kui temperatuur langeb mõned kraadid alla 0°, pidurdab aeglane veekaotus jää moodustumist rakkudes. Teises faasis toimuvad ka protoplasma muutused, mis suurendavad protoplasma vastupidavust koaguleerumisele ja kärbumisele.

Taimede t a l v e k i n d l u s e all mõistame nende võimet vastu pidada mitte ainult külmadele, vaid ka teistele talvel esinevatele ebasoodsatele teguritele. Soojadel ja lumerikastel talvedel

---

[1] Talvekindluse kohta loe: Н. А. Максимов. Краткий курс физиологии растений, М., 1958; И. И. Туманов. Физиологические основы зимостойкости культурных растений, М., 1940; И. М. Васильев. Зимовка растений, М., 1956.

esineb külvide *ärahaudumist*; see nähtus esineb tavaliselt siis, kui lumi langeb külmumata maale ja temperatuur püsib lume all üle 0°. Taimed hingavad ja kasvavad edasi, kulutavad ära kõik oma süsivesikute varud ja hukkuvad näljast. Eriti kahjulikult mõjuvad taliviljadele kestvad kevadtalvised sulailmad. Külmade tagasitulekul tekib jääkoorik, mille all taimed kas jätkavad oma arenemist või nende koed purunevad (taimede) külmumise ja jää surve tõttu. Kui aga vesi jääb kevadel kauaks seisma, eriti madalates kohtades, siis võib esineda taimede *äravettimist*. Vee all olevad taimed hukkuvad hapnikupuudusest.

Äärmiselt kahjulikult mõjub taliteraviljadele ja ka niidutaimedele nende *kergitamine* mullast, mis toimub sel juhul, kui lumevesi imbub mulda ja külmub seal teatavas sügavuses. Seejuures tekib jääkiht, mis pidevalt pakseneb ja kergitab ülemist mullakihti ning koos sellega ka taimi. Seejuures kistakse taimejuured katki ja taimed kuivavad ära, kui nad ei suuda uuesti juurduda. See nähtus on eriti levinud soomuldadel.

Madala seemendamise puhul esineb lumetutel talvedel külvide *väljapuhumist*; tuul puhub mullaosakesed taimede alt välja, juured ning võrsumissõlm jäävad paljaks ja taimed kuivavad ning külmuvad ära.

Taliviljade talvise hukkumise teisi põhjusi üksikasjalisemalt käsitlemata võime teha järelduse, et need põhjused on väga mitmekesised ja et taimede talvekindluse mõiste on laiem kui külmakindluse mõiste.

Talvituvate taimede hukkumise vastu võideldakse mitmesuguste võtetega, millest kõige olulisemaks on külma- ja talvekindlate sortide aretamine.

LABORATOORSED TÖÖD (AINETE LIIKUMINE VARRES JA VEE AURAMINE LEHTEDE KAUDU)

Vee tõusmine puitu mööda. Asetame lehtedega papli-, paju- või pärnaoksa alumist otsapidi fuksiini või metüleensinisega värvitud vette. Lahuse kontsentratsioon peab olema niisugune, et puit värvuks intensiivselt. Kui lõikame oksa paari päeva pärast risti läbi ja lõhestame pikuti, näeme, et puit on värvunud, säsi ja koor on aga värvumata jäänud. See katse näitab selgesti, et vesi tõuseb üles puitu mööda, kus peale teiste elementide on ka trahheiidid, mida mööda vesi edasi liigub. Kas vesi tõuseb üles ka säsi või koort mööda, seda äsja kirjeldatud katse ei selgita, sest värvaine ei tungi läbi elusate rakkude protoplasma.

Katse, mis tõestab, et vesi liigub juhtkimpe mööda lehtedesse. Kasvatada lillepottides pimedas mõned etioleerunud maisitaimed.

Lõpetame paar päeva enne katset mulla kastmise, et taimed



Joonis 196. Katse pajuoksakoore rõngastamisega: *1* — klaaspurk veega; *2* — pajuoks, mille ots on vette asetatud. Ringlõikest kõrgemal moodustunud lisajuured.

närbuksid. Katsepäeval lõikame fuksiini või mõne teise värvainega värvitud vee all läbi ühe eksemplari varre. Mõne tunni pärast näeme, et värvaine on lehtedesse tunginud ja on leherood ära värvinud.

See katse õnnestub hästi lemmaltsaga, mille varrejuhtkimbud ja leherood on hästi läbipaistvad.

Vee tõusmine varres (kas puitu või koort mööda?). Lõikame värskel sõrmejämedusel lehtedega pärna- või pajuoksal alumises osas ära umbes 5 cm laiuse kooreriba, teisel pärna- või pajuoksal aga lõikame koore alumises osas 10 cm pikkuselt pikuti läbi, keerame ta ettevaatlikult lahti ja lõikame ära puidu alumise osa 5 cm pikkuses. Pärast seda asetame mõlemad oksad alumist otsa pidi nõusse, mille põhja on valatud 3 cm paksune veekiht. Oksad kinnitame nii, et esimesel oleks vees ainult puit, teisel ainult koor. Jätame oksad mõneks ööpäevaks vette. Paneme tähele, missugune oks närbub ja missugune mitte.

Kas vesi tõuseb varres puitu või koort mööda?

Sama katse teise variandi puhul rõngastame koore (joonis 196). Võtame puhkenud lehtedega pajuoksa (talve teisel poolel kõlbab katseks ka lehtedeta pajuoks). Kõrvaldame 3 cm kaugusel alumisest otsast koore 1,5 cm laiuses kuni puiduni. Asetame oksa alumist otsa pidi läbi purki sulgeva korgi või vati purki, nii et vesi ei ulatu ringlõikeni. Kahe-kolme nädala pärast näeme, et lehed on oksal märgatavalt arenenud. See aga tähendab, et koore

ringlõige ei ole takistanud vee tõusmist oksa ülemisse ossa. On selge, et vesi tõuseb üles puitu mööda.

Samal ajal näeme, et oksa alumise osa külge on tekkinud lisajuured, kusjuures need paiknevad enamikus piki ringlõike ülemist serva ja sellest veidi kõrgemal. Siin on moodustunud ka puhetis (kallus). Allpool ringlõiget ei tarvitse juuri tekkida või siis on nende kasv väga nõrk. Millega seda seletada?

Juurerõhu jälgimine. Istutame mullaga täidetud puukasti või lillepottidesse kaks-kolm kartuli- (või maapirni-) mugulat. Kahe nädala pärast ilmuvad noored võsud ja nelja nädala pärast nad hakkavad pikenema ning areneb võimas juurestik. Lõikame ühe võsu mulla kohal läbi. Ühendame järelejäänud osa (tüüka) kummitoru abil peenikese klaastoruga. Asetame klaastoru vertikaalasendisse. Mulda kastame ohtralt. Varrest tuleb torusse vesi ja tõuseb juurerõhu tõttu aegamööda õige kõrgele.

See katse õnnestub ka maisi, fuksia ja daaliaga. Kevadel on sobivateks vaatlusobjektideks viinapuu, kask, vaher jt.

Vee eritumine tilkvedelas olekus (gutatsioon).

Külvame lillepottidesse rukist, otra, maisi, tatart või mungalille. Kui tõusmed ilmuvad, katame need klaaskupliga. Varsti pärast seda võime iga idandi otsas või lehtede servadel veetilgakesi näha (joonis 192). Nende tilgakeste jälgimisel võib täheldada, et nad suurenevad ja langevad raskuse tõttu alla. Kui kuppel ära võtta, hakkavad tilgakesed kaduma. Andke katse seletus!

Ka maasika-, kortslehe- ja naadilehtedel võib niiske ilmaga gutatsiooni tulemusena tekkivaid veetilgakesi näha. Kasvuhoonetes võib täheldada aarumi, filodendri ja teiste taimede gutatsiooni.

Lehtede imemisjõud. Võtame lehtedega sireli-, vahtra- või kuuseoksa ja 20 cm pikkuse klaastoru läbimõõduga 1,5—2 cm. Otsime klaastorule sobiva kummikorgi ja puurime sellesse augu. Pistame oksa läbi augu, nii et tema alumine ots jääks 3 cm pikkuselt välja. Suleme selle korgiga tihedalt ühe toruotsa. Nüüd pöörame toru lahtise otsa üles ja täidame toru veega, hoiame sõrme ees, et vesi välja ei voolaks, pöörame toru uuesti ringi, pistame otsapidi kristallisaatorisse, millesse on valatud elavhõbedat ja seame toru statiivi abil püstasendisse, nagu näha joonisel 193. Jälgime elavhõbeda tõusmise kõrgust torus. Miks elavhõbe torus tõuseb?

Vee auramine taimelehtede kaudu ja vabalt veepinnalt (joonis 194). Asetame lehtedega oksa kolbi, millesse on valatud vett. Veepinnale valame õlikihi, mis takistab vee auramist. Kaalume seadist tehnilistel kaaludel ja paigutame aknalauale. Siis valame vett väikesesse kristallisaatorisse, kaa-

lume seda ja paneme kolvi kõrvale aknalauale. 24 tunni pärast kaalume seadiseid uuesti. Kolvi kaal on vähenenud vee auramise tõttu lehtede kaudu, kristallisaatori kaal aga vee auramise tõttu vabalt veepinnalt. Nüüd mõõdame ruutsentimeetriteks ja -millimeetriteks jaotatud paberi abil ära kristallisaatori veepinna. Auranud vee hulga ühel ja teisel juhul arvutame välja 1 m^2 kohta. Osutub, et vaba veepinna ühikult aurab vett rohkem kui lehepinnaühikult.

Näide.

Pajuoksaga kolvi kaal katse algul	157,74 g
„ „ „ 6 ööpäeva pärast	146,49 „
Oksa kaudu on vett auranud	11,25 g
Veega täidetud kristallisaatori kaal katse algul	157,46 „
„ „ „ „ 6 ööpäeva pärast	119,85 „
Vabalt veepinnalt on vett auranud	37,61 g
Lehtede üldpind 56 cm^2	
Vee üldpind 24 cm^2	
1 m^2 lehepinna kohta on vett auranud	2009 g
1 m^2 veepinna kohta on samades tingimustes vett auranud	15670 „

Järelikult aurab vett vabalt veepinnalt umbes 7 korda rohkem kui roheliselt lehepinnalt.

Lahendame kaalude ja käesolevas ülesandes kirjeldatud seadise abil küsimuse, kuidas mõjutavad temperatuur ja õhuniiskus taimest aurava vee hulka.

Näide.

Lehtedega kikkapuuoksast auras vett kuivas toaõhus:

esimesel ööpäeval	1,12 g
kolmandal „	1,23 „
Kokku	2,35 g

Samast oksast auras vett niiskes õhus, kupli all:

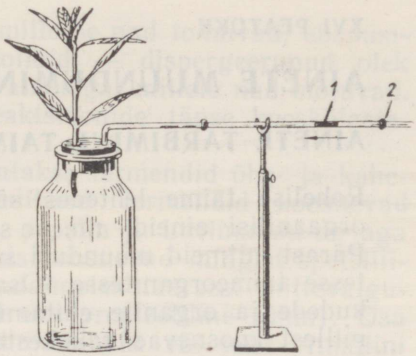
teisel ööpäeval	0,29 g
neljandal „	0,23 „
Kokku	0,52 g

Näide.

Noorest päevalilletaimest auras vett tunnis:

temperatuuril 22°	0,75 g
„ 11°	0,04 „

Taimest päeval ja öösel aurava vee määramine mahumeetodil (joonis 197). Täidame kitsa kaelaga klaaspurgi veega ja suleme tihedalt kummikorgiga, millesse on puuritud kaks auku. Pistame ühte auku lehtedega vahtra-, sireli-, fuksia-, kuuse- või mõne muu oksa ja teise auku pika 90-kraadise



Joonis 197. Seadis taimest vee auramise jälgimiseks (seadis on muudetud, võrreldes joonisel 195 kujutatud seadisega):
1 — värvitud vedeliku menisk liigub noole suunas; *2* — kummirõngas, millega märgitakse ära meniski esialgne asend.

kõverdusega klaastoru (mitte lühema kui 75 cm). Klaastoru lühema järgu ots ei tarvitse läbi korgi ulatuda.

Suleme purgi korgiga nii, et vesi siseneks toru pikemasse järku ja täidaks seda peaaegu kogu pikkuses; veemeniski asukoha märgime torul ära kummirõngaga. Vee auramisel oksast nihkub veemenisk aegamööda purgi poole. Mõõtes ära vahemaa kummirõngast veemeniskini, saame välja arvutada teatud ajavahemikus lehtedest auranud vee hulga.

Asetame seadise akna alla lauale, nii et päikesekiired ei langeks seadisele otse. Vaatlusi teeme kell 7 õhtul ja kell 7 hommikul. Määrame veemeniski asukoha abil kindlaks, kui palju vett on ära auranud esimesel ööl, esimesel päeval, teisel ööl, teisel päeval, kolmandal ööl ja kolmandal päeval. Iga kord pärast vaatlust nihutame veemeniski korgile surudes uuesti kummirõngani. Temperatuuri hoiame toas võrdlemisi ühtlase ja märgime iga vaatluse puhul üles. Päeval aurab taimest vett rohkem kui öösel. Selles võib veenduda vaatluste kokkuvõtteandmete põhjal.

Selle ülesande puhul tuleb arvesse võtta veesamba muutusi torus temperatuuri kõikumiste tõttu.

Näide.

Taimest auras ära veesammas, mille pikkus oli

esimesel	ööl	13,5 cm	esimesel	päeval	21,0 cm
teisel	„	10,0 „	teisel	„	10,5 „
kolmandal	„	11,0 „	kolmandal	„	13,0 „
Kokku		34,5 cm	Kokku		44,5 cm

Taolist seadist, kuid veidi muudetud kujul, näeme ka joonisel 195.

XVI PEATÜKK

AINETE MUUNDUMINE TAIMEDES. HINGAMINE

AINETE TARBIMINE TAIMEDE POOLT

Rohelise taime lehtedes sünteesitakse valguse käes keerukaid orgaanilisi aineid, nn. assimilaate ehk plastilisi aineid. Pärast mitmeid muundusi suunduvad assimilaadid lehtedest teistesse taimeorganitesse. Osa neist kasutab taim uute rakkude, kudede ja organite ehitamiseks. Suhkur muundub tselluloosiks, millest koosnevad rakukestad; lihtsamad valkained muunduvad keerukamateks valkudeks, mida kasutatakse rakkude protoplasma, tuumade ja plastiidide ehitamiseks.

Teine osa assimilaate ladestub taimes varuainetena. Seemnetesse, mugulatesse, sibulatesse, säilitusjuurtesse ja risoomidesse, samuti puutüvedesse ja -pungadesse kogunevad igal aastal tohutud orgaaniliste ainete (valkude, süsivesikute ja rasvade) varud, mida kasutatakse järgmisel aastal uute lehtede, varte, juurte, võsude ja uute taimede ehitamiseks. Varakevadiste taimede õitsemine toimub samuti orgaaniliste ainete varude arvel. Assimilaatidest tekivad ka kaitseained: alkaloidid, parkained, eeterlikud õlid, vaigud jne.

Osa orgaanilisi aineid kulub hingamiseks, sest iga elus rakk hingab; seejuures toimub orgaaniliste ainete lagunemine ja energia vabanemine, mida on vaja kogu taime elutegevuseks.

Kõik loetletud assimilaatide tarbimise liigid on seotud nende alalise muutumise ja muundumisega. Varuained (tärklis, aleuroonterad ja taimeõlid) ei lahustu vees, ainult nende hüdrolüüsiproduktid lahustuvad vees ja on võimelised rakust rakku tungima ja organite juhtkudesid mööda liikuma. Orgaaniliste ainete liikumine toimub sõeltorusid ja piimasooni mööda.

FERMENDID JA ORGAANILISTE AINETE MUUNDUMINE

Taimerakkudes ja -kudedes toimuvad pidevalt ühtede ainete teisteks muundumise keemilised reaktsioonid. Need kulgevad taimedes kergesti ja kiiresti, kuna väljaspool organismi toimuvad seesugused reaktsioonid raskesti ja nõuavad suurt energiakulu. See on seletatav asjaoluga, et rakkude protoplasmas ja tuumades on erilised orgaanilised katalüsaatorid, mida nimetatakse fermentideks ehk ensüümideks.

Fermendid on valkude hulka kuuluvad keerukad ained. Nad kiirendavad biokeemilisi reaktsioone, esinemata ise seejuures reaktsiooni lõpp-produktides. Anorgaanilistest katalüsaatoritest erinevalt võtavad fermendid tihti ise osa ainete keemilistest muun-

dumistest, moodustades ainetega, millesse nad toimivad, ebapüsivaid vaheprodukte. Fermentide kolloid — dispergeerunud olek loob väga suure kokkupuutepinna ainetega, millele nad mõjuvad. Fermendid tagavad ainevahetusreaktsioonide täpse kooskõlastatuse ja järjestuse.

Ehituse iseärasuste alusel jaotatakse fermendid ühe- ja kahekomponendilisteks. Ühekomponendilised fermendid koosnevad ainult valkainest, näiteks amülaas, pepsiin jt. Levinumad on aga kahekomponendilised fermendid, mis koosnevad mingist spetsiifilisest valgust (apoferment) ja madalmolekulaarsest mittevalgulise iseloomuga ainest (koferment ehk prosteetiline rühm). Osa fermente sisaldab prosteetilise rühmana üht või teist vitamiini (B_1, B_2, PP jt.).

Ühe või teise fermendi kogust on raske määrata, sellepärast räägitakse uurimistel tavaliselt fermendi nn. aktiivsusest, mis määratakse substraadi fermentatiivse muundumise kiiruse järgi.

Fermentatiivsete reaktsioonide kiirusele avaldavad suurimat mõju temperatuur ja keskkonna happesus. Igal fermendil on oma optimumtemperatuur ja keskkonna optimaalne pH. Optimaalne temperatuur on harilikult 40—50° piires. Fermendid on võimelised toimima ka temperatuuril alla 0°. Kõrgetel temperatuuridel (umbes 100°) kaotavad fermendid valgulise komponendi denatureerumise tõttu lõplikult aktiivsuse.

Fermentide iseärasuseks on nende toime spetsiifilisus (tärklis muundub suhkruks ainult amülaasi toimel, tselluloos muundub tsellobioosiks ainult tsellulaasi toimel jne.). Fermendi nimetus tuletub harilikult substraadi nimetusest sufiksi -aas abil, näiteks inuliin — inulaas, tselluloos — tsellulaas. Eranditeks on vaid mõnede fermentide nimetused: pepsiin, trüpsiin jt.

Fermente leidub kõigis taimede elusrakkudes. Neid leidub juurtes, vartes, lehtedes, õites, viljades. Eriti palju on neid kasvavates rakkudes, näiteks idanevates seemnetes, tolmuterades jt. Igivanast ajast on tuntud linnaste kasutamine õlletööstuses. Fermente on rohkesti nii kõrgemates kui ka alamates taimedes. Ka bakterid ja seened produtseerivad mitmesuguseid fermente ja mõnikord neidsamu, mida kõrgemadki taimed. Pärmseeni kasutatakse pagaritööstuses; must täpphallitus (*Aspergillus niger*) valmistab kuni 30 mitmesugust fermenti.

Käesoleval ajal tuntakse umbes 450 mitmesugust fermenti.[1] Sõltuvalt toime iseloomust jaotatakse fermendid kuude klassi.

Oksüdoreduktaasid. Selle rühma fermendid panevad toime redoksreaktsioone fotosünteesil, hingamisprotsessis ja käärimistel (dehüdrogenaasid, oksüdaasid ja peroksüdaas).

[1] Fermentide uus nimekiri (vt. Номенклатура ферментов, Москва, 1966) sisaldab juba 875 küllaldaselt hästi iseloomustatud fermendi nimetust. Samas esitatakse ka fermentide uus, täiustatud klassifikatsioon.

Transferaasid ehk ülekandefermendid. Ülekandefermendid katalüüsivad amino- ja metüülrühmade, aminohapete-, fosforhappe- ja monosahhariidide jt. jääkide ülekannet ühtedelt orgaanilistelt ühenditelt teistele (aminotransferaasid, fosfotransferaasid jt.).

Hüdrolaasid ja fosforülaasid.[1] Hüdrolaasid moodustavad kõige suurema fermentide rühma. Need fermendid (amülaas, lipaas, tsellulaas, inulaas, β-fruktofuranosidaas, pepsiin, papainaas, tannaas jt.) lõhustavad keerukaid orgaanilisi ühendeid lihtsamateks vee osavõtul. Fosforülaasid lagundavad keerukaid orgaanilisi ühendeid lihtsamateks fosforhappe osavõtul (α-glükaanfosforülaas, tsellobioosofosforülaas jt.).

Lüaasid ehk lõhustusfermendid. Need fermendid kiirendavad lõhustusreaktsioone, kusjuures võib eralduda vesi, süsinikdioksiid või ammoniaak (katalaas, süsianhüdraas, karboksülaas jt.).

Isomeraasid ehk isomerisatsioonifermendid. Selle rühma fermendid soodustavad mitmesuguste orgaaniliste ühendite muundumist nende isomeerideks (triosofosfaatisomeraas, glükosofosfaatisomeraas, ribosofosfaatisomeraas jt.).

Ligaasid ehk süntetaasid. Selle rühma fermendid toimetavad sünteesireaktsioone hingamise ja fotosünteesi energia abil.

Siinkohal peatume lähemalt ainult mõningatel fermentidel.

Amülaas muundab tärklise dekstriinideks ja maltoosiks, ning teine ferment — α-glükosidaas (maltaas) muundab maltoosi glükoosiks. Puhkeolekus viibivates seemnetes on amülaasikogus väga väike. Tema moodustumine toimub (kõrrelistel) kilbikeserakkudes ja aleuroonkihis. Juba esimestel päevadel, kui seeme idanema hakkab, kahe- või kolmekordistub amülaasikogus. Amülaas difundeerub endospermi lähematesse rakkudesse ja muundab suhkruks nendes olevad tärkliseterad, mis osutuvad nagu sööbinuteks ja lagunevad pikkamööda pisikesteks osadeks. Amülaasi toime levib järk-järgult idust kaugemal asetsevatele säilituskoeosadele. Taime vegetatiivsetes organites toimetab tärklise analoogilist katalüüsi suhkruteks α-glükaanfosforülaas (tärklisefosforülaas).

Lipaas esineb kõrreliste teristes ja õlikultuuride seemnetes. Lipaasi mõjul toimub rasvade hüdrolüüs idanevates seemnetes glütseriiniks ja rasvhapeteks.

Tsellulaasi, mis hüdrolüüsib tselluloosi, leidub peale idanevate seemnete ka seentes, mis hävitavad puitu, samuti rohusööjate loomade maos elunevates bakterites.

---

[1] Uue klassifikatsiooni järgi kuuluvad fosforülaasid transferaaside hulka. *Toim.*

Inulaas on ferment, mis muundab inuliini (korvõielistes jt. taimedes) fruktoosiks.

β-fruktofuranosidaas (invertaas ehk sahharaas) hüdrolüüsib sahharoosi glükoosiks ja fruktoosiks. Seda fermenti esineb rohkesti pärmseentes; teda esineb alati ka teiste taimede rakkudes ja loomade seedemahlades. On välja arvutatud, et 1 g β-fruktofuranosidaasi võib lagundada 1 miljon g (s. o. 1 tonn) sahharoosi.

Proteaasid ehk proteolüütilised fermendid hüdrolüüsivad keerukaid valkaineid lihtsamateks ühenditeks — aminohapeteks. Idanevates seemnetes leitakse samu valkainete hüdrolüüsiprodukte, mis moodustuvad loomade soolestikus valkude lõhustumisel ferment trüpsiini toimel. Putuktoidulistel taimedel on leitud ferment proteaasi, mis koosneb trüpsiinist ja pepsiinist, putuktoidulisel taimel huulheinal eritub eksogeenset proteaasi lehti katvatest karvadest.

Levinum on taimedel endogeenne proteaas — papaiin ehk papainaas, mida leiti esialgu melonipuu (*Carica papaya*) viljades ja mis lagundab valke aminohapeteni nõrgalt happelises või neutraalses keskkonnas. Käesoleval ajal on teada, et papainaas on ühes teiste rakusiseste fermentidega laialt levinud idanevates seemnetes ja teistes taimeorganites. Papainaasi on saadud kristallilisel kujul.

α-glükaanfosforülaas muundab tärklise suhkruteks. α-glükaanfosforülaas toimib fosforhappe juuresolekul ja teda leidub kõikjal, kus on säilituskude, ning samuti ka assimilatsiooniparenhüümis.

Rohelistes taimedes toimuva fotosünteesi kergesti kindlakstehtavateks produktideks on suhkur ja tärklis.

Rohelise lehe kloroplastidesse koguneb päeval (valguse käes) tärklist. Öö jooksul kaob tärklis leherakkudest. Tärklis võib lehest kiiresti kaduda vaid selle tõttu, et rohelistes leherakkudes toimub lakkamatult tärklise suhkruks muundumine. Läbi rakukesta tungides suundub suhkur teistesse rakkudesse ja juhtkudedesse. Niisugune liikuv aine tsirkuleerib vabalt taimes, toidab kõiki taimerakke ja ladestub külluse korral varuainena. Enamikul taimedel muundub suhkur seejuures uuesti tärkliseks.

Katalaas soodustab taimedes vesinikperoksiidi intensiivset lagunemist veeks ja molekulaarseks hapnikuks ($2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$). Katalaasi tähtsus seisab selles, et ta lagundab rakule mürgist vesinikperoksiidi, mis tekib hingamisel.

Oksüdoreduktaasid (dehüdrogenaasid, oksüdaasid, peroksüdaas jt.) soodustavad redoksreaktsioone, mis toimuvad hingamisel ja käärimisel ning fotosünteesil.

Dehüdrogenaasid oksüdeerivad (dehüdrogeenivad) üht või teist hingamissubstraati ja annavad äravõetud vesiniku kas õhuhapnikule (aeroobsed dehüdrogenaasid) või teisele fermendile

või vesiniku vahepealsele aktseptorile (anaeroobsed dehüdrogenaasid). Dehüdrogenaasid on kahekomponendilised fermendid ja sisaldavad aktiivses rühmas PP- või B_2-vitamiini.

Oksüdaasid (tsütokroomoksüdaas, difenooloksüdaasid) aktiveerivad õhuhapnikku, mis selle tõttu ühineb hingamissubstraadi aktiveeritud vesinikuga. Oksüdaaside nähtavat toimet märkame alati värske õuna või kartuli murrukoha pruuniks muutumisel ja külmavõetud lehtede mustaks minekul. Vigastatud rakkude sisu oksüdeerub seejuures oksüdeerijate fermentide mõjul, mistõttu kuhjub pigmente; vigastamata rakkudes kaasneb oksüdeerumisega redutseerumisprotsess, mistõttu elusates rakkudes niisuguseid nähtavaid muutusi ei esine.

Peroksüdaas oksüdeerib orgaanilisi ühendeid (polüfenoole, aromaatseid amiine) vesinikperoksiidi või mingisuguste orgaaniliste peroksiidide abil. Polüfenoole oksüdeerides etendab peroksüdaas tähtsat osa taimede hingamisel.

Ainete muundumis- ja hingamisprotsessid toimuvad eriti intensiivselt idanevates seemnetes ja kasvavates taimeosades.

SEEMNETE IDANEMISE FÜSIOLOOGIA

Normaalselt valminud õhukuivad seemned võivad idaneda ainult sel juhul, kui on olemas soodsad tingimused: vesi, vastav temperatuur, õhu juurdepääs jne.

Võimaldades seemnetele neid tingimusi, võib otsustada seemnete idanevuse, s. o. *idanemisvõimeliste seemnete protsendilise hulga üle.*

Üheaegselt idanevusega määratakse ka *seemnete idanemisenergia, mille all mõistetakse nende võimet kiiresti ja ühtlaselt idaneda.*

Neid seemnete tähtsamaid omadusi, samuti nagu paljusid teisi, õpitakse tundma taimekasvatuse kursuses ja selle tõttu käsitleme neid siin vaid lühidalt.

Seemnete paisumine ja vee osatähtsus. Seemnete idanevuse säilimine sõltub tunduval määral seemnete niiskusesisaldusest. Normaalse niiskuse korral (12—14%) alaneb nisuseemnete idanevus 8—10 aasta pärast 20—30%, rukkiseemnete idanevus aga 97—98% võrra, s. o. nad kaotavad peaaegu täielikult idanevuse. Seevastu säilitavad paljude umbrohtude seemned idanevuse kümnete aastate jooksul.

Seemnete idanemisele eelneb paisumisprotsess, mis toimub ka sel juhul, kui seemned ei ole idanemisvõimelised. Surnud seemnete paisumisele järgneb roiskumine, elusate seemnete paisumisele aga idanemine.

Paisumisel suureneb seemnete maht, seejuures tugeva jõuga. Kui näiteks herneseemned pudelisse asetada, valada sinna küllal-

daselt vett ja sulgeda pudel korgiga, siis mõne tunni pärast lõhkeb pudel paukudes.

Tähtsat osa vee sisenemisel etendab mikropüül. Idu- ja endospermirakkudesse imbub vesi osmoosi teel, sest et need rakud sisaldavad palju vett imevaid aineid. Palju vett imeb endasse kuiv tärklis, veel rohkem vett imevad endasse valkained; õlil ei ole seda võimet.

Sellepärast on arusaadav, et *paisumiseks vajalik veehulk sõltub kõigepealt seemnete koostisest. Õlitaimede seemned neelavad 30—40% vett, tärkliserikkad seemned (teraviljad) umbes 50—70% ja valkaineterikkad liblikõieliste taimede seemned neelavad vett umbes 100% ja rohkem.*

Paisumiseks vajaliku veeprotsendi määramine toimub järgmiselt. Kaalutud seemned asetatakse vette paisuma. Kindlate ajavahemike järel võetakse seemned välja, kuivatatakse filterpaberil ja kaalutakse uuesti. Kaalu suurenemise järgi otsustatakse paisumise käigu üle.

Toome mõningaid määramise andmeid. Seemned neelasid vett kanepil 43,9%, rapsil (õlikaalikal) 49,5%, hirsil 49%, maisil 42,7%, nisul ja odral 57,7%, rukkil 69%, kaeral 73,3%, lutsernil 71,9%, vikil 75,4%, linal 100%, peedil 120,5%, ristikul 122,7%, salveil 213% ja teelehel 403%.

Neelduva vee hulk sõltub ka veel seemnekesta omadustest. Linaseeme neelab palju vett, ehkki sisaldab palju õli. Seda põhjustab linaseemne pinnal esinev eriline limastuv rakkude kiht.

Paisumise kiirus oleneb tunduval määral ka seemnekesta ehitusest. Mõned seemned paisuvad väga aeglaselt. Vahel kestab paisumine mitu aastat. Molischi andmetel paisusid ja idanesid 50 vette pandud gleditšia (*Gleditschia japonica*) seemet jaokaupa 7 aasta jooksul, kusjuures esimesed neist paisusid ja idanesid juba katse esimestel päevadel. Niisugune pikaldane idanemisvõime on paljude umbrohtude seemnetel, mis tunduvalt raskendab võitlust nende vastu. Kõrreliste terised paisuvad kiiremini, liblikõieliste seemned aga aeglasemalt, sest liblikõieliste taimede seemnekesta ehitus on keeruline — nende taimede seemnekest sisaldab erilisi tugevaid sambakujulisi rakke.

Mõnikord tarvitseb raskesti paisuvaid seemneid vaid kriimustada, näiteks hõõruda neid liivaga, ja nad hakkavad kiiresti paisuma ja idanema. Niisugust võtet (skarifikatsiooni) kasutatakse mesika, ristiku jt. seemnete juures.

Mõnede viljapuude ja teiste puittaimede (õunapuu, kirsipuu, ploomipuu jt.) seemned ei ole idu füsioloogilise ebaküpsuse tõttu võimelised sügisel idanema. Normaalseks idanemiseks ja niisugustest seemnetest hästi arenenud seemikute saamiseks kasutatakse stratifikatsiooni, s. t. kestvat hoidmist niiskes keskkonnas ja temperatuuril umbes 0°. Sügisel pannakse seemned kastidesse, kihtimisi niiske liivaga. Kaste hoitakse mitu kuud madala tem-

peratuuri juures keldrites või kaevatakse mulda. Stratifitseeritud seemned idanevad kevadel paremini, sest nende füsioloogilise järelvalmimise periood kulgeb tingimustes, mis on lähedased looduslikele.

Paljude taimede seemned võivad idaneda veeaurust küllastunud õhus, sest niisuguse õhu vett siduv võime on väike, õhukuivade seemnete imemisjõud ületab aga rõhu 100 atm. Seemned võivad idaneda ka küllalt kuivas mullas, kuid idandid kasvavad sel juhul aeglaselt ja hukkuvad kergesti.

Vesi loob idanevates seemnetes ühelt poolt idanemiseks vajaliku rakuturgori, teiselt poolt aga toimuvad kõik bioloogilised protsessid vee juuresolekul hoogsamini. Seemnete idanemisel ja edasisel arenemisel on optimaalseks mullaniiskuseks 60% mulla täielikust veemahutavusest.

Paisumisprotsessile järgneb elusate seemnete idanemine.

Temperatuuri mõju idanemisele. Teiseks idanemise eeltingimuseks on sobiv temperatuur. Idanemine algab (vaevaliselt) minimaalses idanemistemperatuuris, optimaalses temperatuuris toimub idanemine kõige jõudsamini ja lõpuks maksimaalses temperatuuris hakkab idanemine soikuma. *Katsed näitavad, et igal taimel on oma idanemistemperatuurimiinimum, -optimum ja -maksimum.* Toome selle illustreerimiseks järgmised andmed.

Põllumajandustaimede seemnete idanemistemperatuur

Taimed	Miinimum	Optimum	Maksimum	Taimed	Miinimum	Optimum	Maksimum
Rukis	1—2	25	30	Lina	2—3	25	30
Nisu	3—4	25	30	Tubakas	13—14	28	35
Kaer	4—5	25	30	Päevalill	5—10	34	40
Oder	1—2	20	28—30	Puuvilla-põõsas	12	32	40
Hirss	8—10	32—35	40	Ristik	1	30	37
Tatar	1—5	28	40	Vikk	1—2	30	35
Mais	8—10	32—35	40—44	Põlduba	3—4	25	30
Riis	10—12	30—32	36—38	Melon	12—15	33—35	40
Kanep	1—5	37	44	Kõrvits	10—15	37	44

Neid ja teisi andmeid üldistades võib öelda, et kõrreliste teraviljade (rukki, nisu, kaera ja odra), samuti tatra, kanepi, lina, ristiku, lutserni, viki ning põldoa idanemise minimaalne temperatuur kõigub 1—5°, optimaalne 20—30° ja maksimaalne 28—37° piires.

Maisi ja päevalille idanemise minimaalne temperatuur on 5—10°, optimaalne 30—35° ja maksimaalne 40—44°.

Kõrvitsa, meloni, riisi, puuvilla ja tubaka idanemise minimaalne temperatuur on 10—15°, optimaalne 30—37° ja maksimaalne 40—48°.

Paisunud seemnetele on temperatuur üle 50—55° hävitav, õhukuivad seemned ei talu temperatuuri üle 62—75°, põhjalikult kuivatatud seemned taluvad aga koguni kuni 100 ja 110°.

Paisumata seemned on suutelised taluma väga madalaid temperatuure, kuni —60° ja isegi alla selle. R. Kochi katsetes talusid veetustatud seemned kolme kuu jooksul —180° ja koguni kuni —235°. Paisunud seemned kaotavad enamikul juhtudel idanevuse —10° juures, kaer talub —20°.

Õhuhapniku mõju idanemisele. Seemnete idanemise kolmas vajalik eeltingimus on õhuhapniku juurdepääs. Kui seemned vette jätta, siis paisuvad nad ja hakkavad roiskuma. Kui aga vett iga päev õhustada, siis võivad seemned ka vee all idaneda. Seemneid mitmesugustes gaasides idandades võib kergesti tõestada, et idanemiseks on vaja just nimelt õhuhapnikku. Aga puhtas hapnikus ei idane enamik seemneid või idaneb halvemini kui õhus, sest nõutav on teatav hapniku lahjendamine mõne inaktiivse gaasiga, näiteks lämmastikuga.

Välistingimused (vesi, temperatuur, õhuhapnik jne.) mõjutavad taimi juba õige varases arenemisjärgus. Nende tingimuste optimaalne kombinatsioon soodustab seemnete paisumist ja idanemist.

Kõrrelistele teraviljadele avaldab soodsat mõju seemnete külvieelne õhustus ja soojendus.[1]

Valguse mõju seemnete idanemisele. Idanevad seemned suhtuvad valgusesse erinevalt. Enamiku taimede seemned idanevad nii valguse käes kui ka pimedas. Aga parasiittaime puuvõõriku (*Viscum album*), putuktoidulise hariliku võipätaka (*Pinguicula vulgaris*), mürktulika (*Ranunculus sceleratus*) ja mõnede teiste taimede seemned vajavad idanemiseks valgust. Valgus kiirendab ka tubaka, kukesaba (*Lythrum salicaria*), laukude, nurmikate, porgandi, salati ja võrmide seemnete idanemist.

Vastupidist (negatiivset) mõju avaldab valgus ogaõuna (*Datura stramonium*), tähkja rebasheina (*Amaranthus retroflexus*), marimaltsa (*Blitum*), madala mätasharja (*Celosia cristata*) jt. seemnete idanemisele. Taimede enamiku idanevust määratakse harilikult pimedas, sest et idanemisenergia seejuures veidi tõuseb.

[1] Köögiviljanduses kasutatakse ka seemnete külvieelset leotamist leiges vees. Toim.

TAIMEDE HINGAMINE

Igas elusas taimerakus, kuulugu see siis lehe, varre, juure, õie, seemne, (seene või vetika) rakise (talluse) koosseisu toimub hingamine. Selles protsessis vabaneb keemiline energia, mida taim vajab kasvuks ja arenemiseks. Ainete keemilised muundumised ja füüsikalised nähtused — mahlade liikumine, juure mullaosakeste vahele tungimine, mõnikord isegi tervete organite liikumine — nõuavad energiat, mida alati vabaneb oksüdeerimisprotsessides. Osa energiast vabaneb soojuse näol. Eri juhtudel seisab kogu erinevus vabaneva energia hulgas ja ka selle liigis. Kus elu kulgeb intensiivsemalt, seal toimub ka hingamine jõudsamini. Idanevad seemned, õitsev oks, kasvav võsu ja muldatungivad juured nõuavad rohkem õhku kui puhkavad seemned või oma kasvu juba lõpetanud organid. Loomade elus täheldame sama nähtust: mida raskem on töö, seda intensiivsemalt loom hingab ja seda rohkem nõuab ta toitu.

Hingamine on fotosünteesile vastupidine protsess. Teda võib väljendada järgmise skemaatilise võrrandina:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O + 674 \text{ kcal.}$$

Erituva süsihappegaasi ja neelduva hapniku suhe $\frac{CO_2}{O_2}$ (nn. hingamiskoefitsient) on enamasti võrdne 1-ga, näiteks liblikõieliste ja kõrreliste seemnetel. Ainult õli sisaldavate seemnete hingamisel on neelduva hapniku maht suurem kui erituva süsihappegaasi maht, sest rasvade oksüdeerumiseks kulub rohkem hapnikku. Rasvad on vähemal määral oksüdeerunud kui süsivesikud.

Kui fotosünteesiprotsess vajab väljastpoolt tulevat energiat, siis hingamisprotsess, vastupidi, toodab energiat: 674 kcal glükoosi ühe gramm-molekuli (180 g) kohta.

Ülaltoodud võrrand iseloomustab ainult aeroobsel hingamisel esineva aine- ja energiavahetuse lõpptulemust. Tuleb aga meeles pidada, et vahepeal toimuvad ainete fermentatiivsed muundumised, mille üksikasju me käesolevas kursuses ei käsitle. Hingamisel kulutatakse orgaanilisi aineid, mis põhjustab kuivainekaalu vähenemist. Hingamisega kaasneb ümbritseva õhu koostise muutumine, sest hapnik neeldub ja eraldub süsihappegaas. Hingamisel eritub veeauru ja soojust.

Taimede hingamine ei erine põhimõtteliselt loomade hingamisest. Kui loomadel (näiteks imetajatel) on keerukad hingamis- ja vereringeorganid, mille abil organismi hapnikuga varustatakse ja mööda keha igasse rakku laiali kantakse, siis taimedel on hapniku juurdepääs kergendatud juurte ja varte hargnemise, lehtede ulatusliku kogupinna, õhulõhede, rakuvaheruumide ja rakukestade kerge läbitavuse tõttu. Taimedel ei ole eri hingamisorganeid, kuid iga elus rakk on hästi varustatud õhuhapnikuga.

Vaatamata näivatele välistele erinevustele seisab hingamisprotsessi olemus nii loomadel kui taimedel energia vabastamises organismi iga raku poolt süsivesikute ja teiste orgaaniliste ainete oksüdeerimise teel. Suurem osa hingamisel vabanevast energiast kulutatakse mitmesuguste taimede eluks vajalike ühendite sünteesi- ja hüdrolüüsiprotsessideks.

Hingamisprotsess kujutab endast orgaaniliste ainete (süsivesikute jt.) keerukaid muundumisi, mille lõpp-produktideks on süsihappegaas ja vesi, nagu seda on näha eespool toodud reaktsioonivõrrandist. Enamik süsivesikuid muundub hingamisel heksoosideks, näiteks glükoosiks, ja siis kasutatakse nad hingamiseks ära. Rasvasid kasutatakse samuti hingamiseks kas vahetult või heksoosideks muundumise teel.

Redoksprotsessid toimuvad lakkamatult samuti ka valkainetega.

Hingamine algab süsivesikute lõhustamisega hüdrolüütiliste fermentide abil, kusjuures tekivad heksooside fosforestrid, mis soodustavad püroviinamarihappe ($C_3H_4O_3$) tekkimist kudedes; nimetatud hape intensiivistab rakkude hingamist. Edasi toimub püroviinamarihappe oksüdeerimine, millest võtavad peale hapniku osa oksüdeerivad fermendid; selle tulemusena moodustub palju mitmesuguseid orgaanilisi happeid (oblik-, õun-, sidrunhape jt.). Mõnel juhul kuhjub orgaanilisi happeid suurel hulgal, näiteks valmivates viljades, ja seejärel hakkab nende hulk vähenema ning nende asemel koguneb suhkrut. Paljud alamad taimed (bakterid, seened ja samblikud) koguvad samuti märgatava hulga happeid seoses suhkru mittetäieliku oksüdeerumisega.

Taimede hingamisega on seotud aminohapete ja valkude ainevahetus taimorganismis. Lämmastikuallikaks taimedele on mulla ammooniumiühendid ja nitraadid ja ainult mõned taimed (liblikõielised) kasutavad õhulämmastikku mügarbakterite abil (XIV peatükk). Juurte kaudu sisenenud lämmastikuühendid muunduvad ammooniumiühenditeks ja kulutatakse taimes aminohapete ja keerukamate lämmastikuühendite — valkude sünteesiks, mis kuuluvad rakuprotoplasti koostisse[1].

Valkude hüdrolüütiline lagunemine ja nende süntees ning samuti hingamine toimuvad eriti intensiivselt kasvavates taimeorganites, näiteks idanevates seemnetes. Valkude hüdrolüüsiproduktid — aminohapped ja amiidid — lähevad endospermist või idulehtedest arenevasse idandisse ja kasutatakse ära rakuprotoplasti valkude sünteesiks.

Seoses fotosünteesiprotsessiga moodustuvad rohelistes lehtedes aminohapped ja valgud, mis hiljem siirduvad õitesse, viljadesse ja valmivatesse seemnetesse.

Seega toimub taimelehtedes valkainete moodustumise kõrval ka nende lagunemine ja teistesse organitesse siirdumine. Aga kui loomad heidavad valkude laguproduktid organismist eritusorga-

[1] Lämmastiku ainevahetust käsitlevad paljud akadeemik D. N. Prjanišnikovi klassikalised tööd, näiteks «Азот в жизни растений и в земледелии СССР», 1945.

Ainete muundumise küsimustega võib üksikasjaliselt tutvuda teoses: В. Л. Кретович. «Основы биохимии растений», 1964.

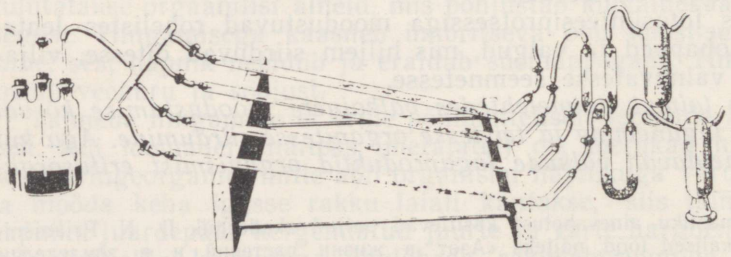
nite kaudu välja, siis taimedes muunduvad lihtsamad lämmastikained valkudeks, mida taim kasutab uute rakkude ehitamiseks.

Viimasel ajal on õpetus lämmastikainevahetusest rikastunud uute andmetega, tänu sellele, et taimede mineraalsel toitumisel on võetud kasutusele ammooniumsulfaat, milles harilik lämmastik (^{14}N) on osaliselt asendatud raske lämmastikuga (^{15}N). On tõestatud, et taimekudede valkudes, mis alluvad hüdrolüüsile, toimub lakkamatult lämmastiku uuenemine. Ööpäeva jooksul uueneb kuni 12% taimorganismi valkudes esinevast lämmastikust. Eri organites ja kudedes ei kulge valkude lagunemine ja uuenemine aga võrdse kiirusega.

H i n g a m i s e u u r i m i s e m e e t o d i d. Selles, et taimede hingamisel neeldub hapnik, võib kergesti veenduda lihtsate katsete abil: näiteks kustub põlev peerg purgis, kus on idanevaid seemneid. Taimeosade hingamise intensiivsust võib jälgida seadise abil, mida on kirjeldatud leheküljel 449 ja kujutatud joonisel 202.

Hingamisel erituva süsihappegaasi kogust määratakse Pettenkoferi torude abil, mis on pooleldi täidetud barüütveega. Aspiraatori abil juhitakse õhuvool väikeste mullikestena läbi naatronlubjaga täidetud kolonnikeste, mis puhastavad õhku süsihappegaasist, siis läbi U-kujuliste torude, kuhu on paigutatud idanevad seemned, ja siis läbi barüütvee. Süsihappegaasi, mida seemned eritavad, peab kinni barüütvesi ja tema hulk määratakse katse lõpul barüütlahuse tiitrimise teel. Seemnete hingamise intensiivsuse üle otsustatakse barüütlahuse alg- ja lõpptiitri vahe järgi (joonis 198).

Idanevate seemnete temperatuur määratakse kindlaks täpsete termomeetrite abil mõõtmisega ja võrreldakse seda siis keskkonnatemperatuuriga. Temperatuurimuutust on kerge kindlaks teha, kui asetada seemned tavalisse termosesse. Idanevate seemnete temperatuur on alati kõrgem keskkonnatemperatuurist. Harilikult tõuseb ta 1,5—2,5°, mõnel juhul aga 10—15° võrra ja veel rohkem. Piisab, kui asetame tundliku termomeetri aarumiõisikusse või *Victoria regia* hiigelõiesse, et märgata temperatuuri tõusu 10° võrra ja rohkem, võrreldes ümbritseva keskkonna temperatuuriga.



Joonis 198. Pettenkoferi aparaat hingamisel eralduva CO_2 kvantitatiivseks määramiseks.

Sise- ja välistegurite mõju hingamisele. Taimede hingamise intensiivsus sõltub paljudest teguritest. Kõige intensiivsemalt hingavad kiiresti kasvavad ja palju vett sisaldavad organid, nagu idanevad seemned, mahlakad viljad, õied (eriti õie isasosad), noored pungad, noored lehed ja narmasjuured. Viimasel ajal on kindlaks tehtud, et väga suur on floeemi elusate rakkude hingamisenergia, eriti orgaaniliste ainete liikumise ajal.

Vähem intensiivselt hingavad kasvu lõpetanud taimeosad, näiteks puitunud varred, vanad juured, kuivad viljad, kuivad seemned. Teraviljaaitades säilitatavate seemnete kuivainekao määramine näitab, et niiskuseprotsendi suurenemine suurendab intensiivsema hingamise tõttu tugevasti kadu. Normaalse idanevusega õhukuiv seeme kaotab aastas hingamise teel vähemalt 3—4% kuivainet.

Harilikult arvatakse, et loomad hingavad intensiivsemalt kui taimed. See on õige, kuid mitte alati. Inimene kaotab hingamisel 24 tunni jooksul 1—2% oma kaalust. Idanevad seemned kaotavad oma kaalust umbes niisama palju, kuid seened hingavad kuus korda intensiivsemalt. *Temperatuuri tõus 10° võrra suurendab hingamise intensiivsust umbes 2 korda.* See hingamise tugevnemine toimub 40—50° temperatuurini, s. o. temperatuurini, mis mõjub paljudele taimedele hävitavalt. Temperatuuri alanemine aeglustab hingamist. Mugul- ja juurviljadel jätkub hingamine ka talvel; seetõttu tuleb hoolitseda nende säilituskohtade ventileerimise eest. 0°-le lähenev temperatuur pidurdab hingamist, s. t. suhkru tarbimist, näiteks kartulimugulatel, kuid ei takista amülaasi tegevust, mille tõttu mugulad muutuvad magusaks. Samblikud jätkavad hingamist temperatuuril —10°, lehtpuupungad ja männi- ning kuuseokkad aga —20 kuni —25° juures.

Valgus suurendab hingamise intensiivsust. Kuid tuleb meeles pidada, et valguse käes toimub rohelistel taimedel vastupidine — fotosünteesiprotsess, mis on seotud hapniku eritamisega ja mis domineerib hingamise üle. Valguse toime seisab selles, et valguse käes varutakse aineid, mis on vajalikud hingamiseks. Kui lehti kandvaid võsusid pimedas hoida, hakkab nende hingamise intensiivsus süsivesikute puuduse tõttu langema. Järelikult mõjub hingamismaterjali (suhkru ja teiste ainete) olemasolu hingamise intensiivsusele. Juhuslikud vigastused ja kahjustused röövikute läbi, samuti mürgid nõrgas kontsentratsioonis intensiivistavad taimede hingamist.

Hingamisel, samuti nagu põlemisel erituvad CO_2 ja H_2O. Peale selle vabaneb nii hingamisel kui ka põlemisel energiat. Aga vaatamata näilikule sarnasusele, erinevad hingamine ja põlemine oma olemuselt. Erinevalt kütuse põlemisest jõumasinates muutub oksüdeerumise keemiline energia taimorganismis ainult vähesel määral soojuseks, põhiliselt muutub ta sama keemilise energia teisteks vormideks. Põlemine intensiivistub hapniku

juurdevoolu suurenemisel ning puhtas hapnikus toimub põlemine suurema jõuga; hingamise intensiivsus aga ei ole niisuguses sõltuvuses hapniku hulgast ja puhtas hapnikus hingamine hoopis aeglustub.

Põlemine toimub alati kõrgel temperatuuril, hingamine toimub vaid niisuguse temperatuuri piires, mis ei ole organismidele hävitav. *Põlemine on süsiniku oksüdeerimine õhuhapnikuga, hingamine aga keerukas fermentatiivne oksüdeerumis-redutseerumisprotsess.*

Eriti suure tähtsusega on hingamisel dehüdrogenaasid, oksüdaasid, peroksüdaas ja paljud teised fermendid. Aine aeglase oksüdeerumise teooria oksüdeerivate fermentide abil, mille on loonud akadeemik A. Bahh, on aluseks olnud taimede hingamisteooria edasisele läbitöötamisele V. Palladini ja tema kaastöötajate poolt. Palladini järgi on hingamine keerukas fermentatiivne redoksprotsess, milles tähtsat osa etendab vesi.

Arvukate fermentide tegevus elusates rakkudes kannab V. Palladini kujuka väljenduse järgi kooskõlastatud iseloomu, surnud rakkudes on tal aga «koratu» iseloom.

ANAEROOBNE HINGAMINE JA ALKOHOLKÄÄRIMINE

Suure tähtsusega on rohelistele taimedele nende võime toime tulla mõni aeg ilma õhuhapnikuta, hoides oma elu ülal anaeroobse (hapnikuvaba) hingamise abil. On selgunud, et paljude taimede idandid võivad jääda ilma õhuta ööpäevaks ja rohkemakski. Sootaimedel, mis kasvavad niiskes keskkonnas, on see hingamisviis veel rohkem levinud.

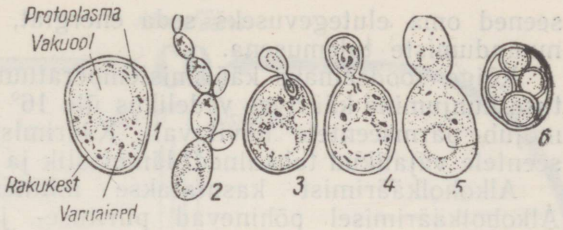
Anaeroobne hingamine kulgeb järgmise skemaatilise võrrandi järgi:

$$C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 25 \text{ kcal.}$$

Glükoosi- või fruktoosimolekul laguneb anaeroobsel hingamisel kaheks etüülalkoholi- (etanooli-) ja kaheks süsihappegaasimolekuliks. Toodud reaktsioonivõrrandist selgub, et sellel protsessil vabaneb palju väiksem hulk energiat kui harilikul hingamisel. Anaeroobne hingamine päästab mõnikord taime hukkumisest, näiteks maapinnale kooriku tekkimisel, terade hunnikutes säilitamisel jne. Kuid tuleb meeles pidada, et hapniku juurdepääsuta on taimede võimaliku oleskelu kestus lühike ja alati seotud orgaanilise aine suure kao ning mürgise piirituse kuhjumisega.

Anaeroobne hingamine sarnaneb alkoholkäärimisega.

Alkoholkäärimine on tingitud mikroorganismidest, mis kuuluvad kottseente klassi (joonis 199). Need seened on kõigile tuntud pärmi nime all. Neid on palju liike, kuid kõige levinum on õllepärm (*Saccharomyces cerevisiae*). Need ainuraksed organismid on väikesed, bakteritega võrreldes aga küllalt suured. Ühte vee-



Joonis 199. Pärmseened:
1 — rakuehitus; *2* — punguvate pärmseente ahelik; *3, 4, 5* — pungumisjärgud; *6* — eoste tekkimine.

tilka võib neid mahtuda kuni 25 miljonit. Iga rakk on ovaalse kujuga ja koosneb kestast, protoplasmast, suurest vakuoolist ning rakutuumast, mida võib näha preparaadi vastaval värvimisel. Pärmseened paljunevad pungumise teel, mis toimub järgmiselt. Emarakul tekib väljakasve, mis kasvab niisama suureks kui rakk ise. Mõnikord tekib niisuguseid väljakasveid mitu ja kõik nad tekitavad omakorda uusi väljakasveid, nii et lõpuks moodustuvad terved ahelikud, mis kergesti üksikuteks rakkudeks lagunevad. Peale selle paljunevad pärmseened eoste abil, mis arenevad eoskottides.

Pärmseened on eriti hästi kohanenud anaeroobsele hingamisele ja on võimelised glükoosist energiat ammutama, lagundades glükoosi etüülalkoholiks ja süsihappegaasiks. Oma elutegevuseks vajavad pärmseened peale glükoosi neidsamu tuhkaineid, mida vajavad kasvamiseks rohelised taimed. Seega on käärimiseks kõigepealt tarvilik viinamarjasuhkur.

Neil juhtudel, kui viinamarjasuhkru asemel antakse pärmseentele roosuhkrut, muundavad pärmseened viimase fermendi β-fruktofuranosidaasi toimel viinamarja- ja puuviljasuhkruks. Seda muundumist võime kujutada järgmise reaktsioonivõrrandi abil:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$$

roosuhkur vesi glükoos fruktoos

Pärmseened on suutelised suhkrut piirituseks ja süsihappegaasiks lagundama. Lagundamine toimub pärmis sisalduva fermentsüsteemi abil, mida nimetatakse sümaasiks. Alkoholkäärimise protsessi võib kujutada eespool toodud anaeroobse hingamise reaktsioonivõrrandi abil (lk. 444).

Alkoholkäärimine kulgeb ilma õhuhapnikuta. Kuid pärmseened jätkavad suhkru kääritamist ka siis, kui on olemas õhu vaba juurdepääs. On ainult märgatud, et sel juhul punguvad pärmseened intensiivsemalt. Seega asendab käärimisprotsess neil seenekestel hingamisprotsessi. Suhkru kääritamisel kasutavad pärm-

seened oma elutegevuseks seda energiat, mis eritub keemiliste muundumiste tulemusena.

Kõige soodsamaks käärimistemperatuuriks on 25—30°. Piirituse kuhjumine käärivas vedelikus üle 16° (alkoholimõõtja järgi) mõjub pärmseentele hävitavalt. Käärimisprotsessiks on pärmseentele vajalikud tuhkained, lämmastik ja suhkur.

Alkoholkäärimist kasutatakse mitmesuguseks otstarbeks. Alkoholkäärimisel põhinevad piirituse- ja õlletööstus, samuti veinitööstus. Igapäevases elus kasutatakse alkoholkäärimist ka leivaküpsetamisel. Taignasse pärmi segades saavutatakse pärmseente ühtlane jaotus jahuosakeste vahel. Sooja kohta asetatud tainas hakkab kerkima, sest käärimisel erituv süsihappegaas venitab pihkaine laiali. Kuumas ahjus küpseb kerkinud tainas ja muutub poorseks leivaks.

Peale pärmi põhjustavad alkoholkäärimist ka hallitusseened perekonnast *Mucor*, millest rääkisime IX peatükis.

Käärimise ja taimede hingamise vahel ei ole ainult sarnasust, vaid ka olulisi erinevusi. Nii ühes kui teises protsessis toimub suhkru lagunemine, mis annab palju vaheprodukte; nendest tekivad käärimisel süsihappegaas ja piiritus, hingamisel aga süsihappegaas ja vesi. S. Kostõtšev väljendas juba 1910. aastal nende protsesside käiku järgmise skeemiga:

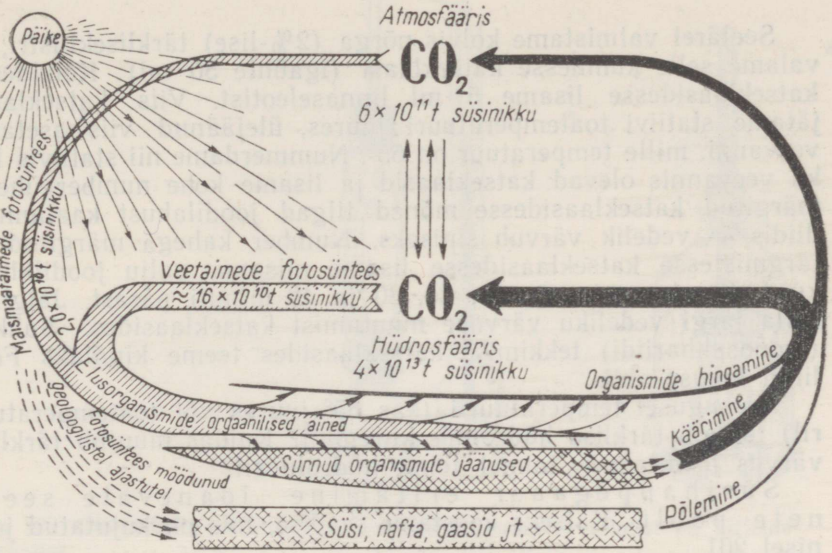
Suhkrud, mis on võimelised käärima
↓
Käärimise vaheproduktid
↓ ↓ $+O_2$
Käärimisproduktid — hingamisproduktid
(CO_2 ja C_2H_5OH) — (CO_2 ja H_2O)

SÜSINIKU RINGKÄIK LOODUSES

Nüüd, kus me oleme tundma õppinud elu põhiprotsesse — fotosünteesi ja hingamist, püüame kujutleda neid muutusi, mis teeb looduses läbi orgaanilise aine koostisse kuuluv tähtsaim element — süsinik.

Teadlased on välja arvutanud, et maakera (nii maismaa- kui vee-) taimed koguvad igal aastal umbes 400 miljardit tonni orgaanilisi aineid. Rohelised taimed on maakeral eksisteerinud umbes 550 miljonit aastat, mille jooksul on elusorganismidesse ja fossiilsetesse jäänustesse kogunenud süsinikuvaru 6 000 000 mljr. tonni. See süsinikuhulk moodustab umbes $^1/_5$ kogu meie planeedil (õhkkonnas, jõgede, järvede, merede ja ookeanide vees ning maakoores) sisalduvast süsinikust.

Taimede hingamine ja fotosüntees on vastupidised, kuid oma-



Joonis 200. Süsiniku ringkäik looduses.

vahel tihedalt seotud protsessid: hingamiseks on vaja süsivesikuid, mis moodustuvad fotosünteesil. Fotosünteesiprotsess on seotud orgaaniliste ainete tekkimisega taimes ja koos sellega ka energia kogunemisega; hingamisprotsess aga on seotud orgaaniliste ainete ja energia kulutamisega elutegevuseks. Fotosünteesil neelduvad süsihappegaas ja vesi ning eraldub hapnik, hingamisel aga neeldub hapnik ja eraldub süsihappegaas. Nende protsesside ühtsus ja vastandlikkus on organismide elu põhitingimuseks. Ka klorofüllita taimed on võimelised assimileerima ja dissimileerima, aga assimilatsioon toimub neil valmis orgaaniliste ainete arvel, mis kulutatakse elutegevusprotsessideks ja muundatakse elusosadeks.

Joonisel 200 on kujukalt näidatud süsiniku ringkäiku looduses, mis toimub fotosünteesi, hingamise ja käärimise ning samuti surnud kaasaegsete ja fossiilsete organismide (kivisüsi, turvas jne.) põletamise tagajärjel.

LABORATOORSED TÖÖD.

Tärklise muundumine suhkruks amülaasi toimel. Peenestame hästi idanenud ja kuivatatud odraterised peeneks pulbriks ja asetame keeduklaasi, millesse valame (35—40°) sooja vett. Tunni aja pärast filtreerime saadud linnaseleotise, milles on teatav kogus lahustunud fermenti — amülaasi.

Seejärel valmistame kolvis nõrga (2%-lise) tärklisekliistri, ja valame selle kümnesse katseklaasi (igaühte 50 ml). Kõikidesse katseklaasidesse lisame 5 ml linnaseleotist. Viis katseklaasi jätame statiivi toatemperatuuri juures, ülejäänud viis asetame veevanni, mille temperatuur on 55°. Nummerdame nii statiivis kui ka veevannis olevad katseklaasid ja lisame kohe number ühega märgitud katseklaasidesse mõned tilgad joodilahust kaaliumjodiidis — vedelik värvub siniseks. Number kahega märgitud ja järgmistesse katseklaasidesse lisame niisama palju joodilahust kui esimestessegi, aga 10, 20, 30 ja 40 minuti pärast. Jälgime kella järgi vedeliku värvuse muutumist katseklaasides. Suhkru (monosahhariidi) tekkimise katseklaasides teeme kindlaks Fehlingi lahuse abil.

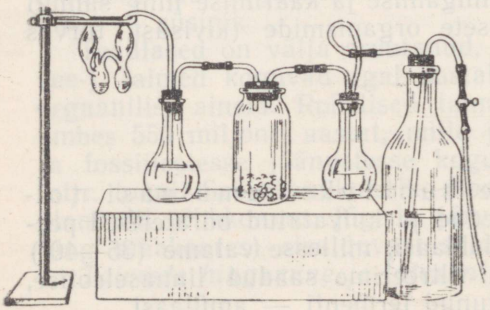
Missugusel temperatuuril (kas 55° juures või toatemperatuuril) toimub tärkliise hüdrolüüs kiiremini? Kuidas muutub tärklise värvus joodilahuse toimel tema hüdrolüüsil?

Süsihappegaasi eritamine idanevate seemnete poolt. Katseks koostame seadise, mis on kujutatud joonisel 201.

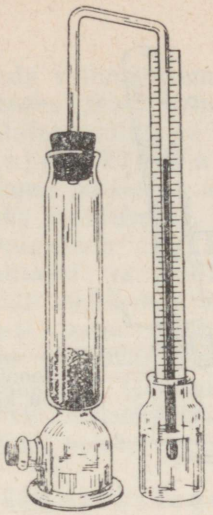
Seadise osad on järgmised (vasakult paremale): aparaat KOH kange lahusega, esimene kolb lubjaveega; purk, millesse asetame katse algul idanevad seemned; teine kolb lubjaveega; aspiraator õhuvoolu tõmbamiseks läbi kogu seadise vee abil, mis voolab sifooni kaudu (aspiraatorist) välja. Seadise osad on omavahel tihedalt kummivoolikute ja klaastorudega ühendatud. Eelnevalt idandatakse (viki, maisi, herne jne.) seemneid. Lubjavesi peab vähimatest CO_2 kogustest sogaseks muutuma.

Tekitame seadises õhuvoolu, lastes vett läbi aspiraatori. Missuguse kolvi sisu muutub sogaseks ja missuguse ajavahemiku järel? Mis on sogaseks muutumise põhjuseks? Missugust osa etendab katses kaaliumhüdroksiidiaparaat ja esimene kolb? Sooritame samasuguse katse ka õite, viljade ja kasvavate juurtega.

Õhuhapniku neelamine idanevate seemnete poolt. Koostame seadise, mis on kujutatud joonisel 202. Valame sorptsioonipurgi põhja KOH lahust, mille kohale asetame niiskele



Joonis 201. Seadis süsihappegaasi eritumise jälgimiseks taimede hingamisel (seadise kirjeldus on tekstis).





Joonis 202. Õhuhapniku neeldumine seemnete hingamisel (seadist on kirjeldatud tekstis).

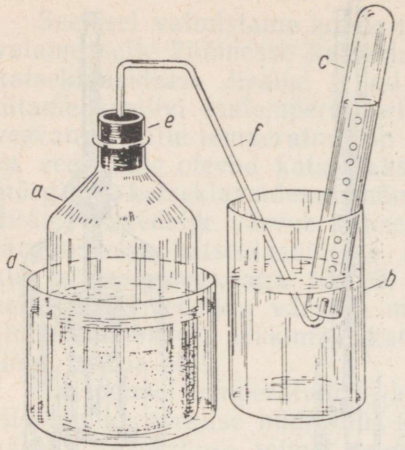
Joonis 203. Idanevate seemnete temperatuuri mõõtmine (seadist on kirjeldatud tekstis).

vatile idanevaid (viki- või herne-) seemneid. Suleme ülemise ja alumise ava tihedalt korgiga. Ülemist korki läbib klaastoru, mis on kahes kohas kõveraks painutatud. Toru pikema osa otsa asetame purgi, milles on värvitud vesi. Seemned neelavad hingamisel hapnikku ja eritavad süsihappegaasi; viimast neelab KOH. Õhu mahu vähenemine seadises põhjustab vedeliku tõusu torus välisõhu rõhu mõjul. Vedeliku tõusu kiiruse järgi torus võib otsustada hingamisintensiivsuse üle.

Samasuguses seadises, kuid ilma KOH-ta, püsib vedelik kaua aega esialgsel nivool. Mõne tunni pärast hakkab rõhk silindris aga suurenema ja õhk väljub mullikestena toru alumise otsa kaudu, sest idanevad seemned kasutavad ära kogu seadise sees oleva hapniku ja hariliku hingamise asemel algab anaeroobne (intramolekulaarne) hingamine, mille juures jätkub CO_2 eritumine.

Idanevate seemnete temperatuuri jälgimine. Paneme idanevad seemned (näiteks rukkiterised) klaaslehtrisse, mille asetame alumist otsa pidi tühja purki. Et seemneid soojuskao vastu kaitsta, paneme lehtrile vatti ümber (joonis 203). Temperatuuri võrdlemiseks paneme teise samasugusesse lehtrisse näiteks niisket liiva, katame lehtri vatiga ja asetame alumist otsa pidi purki.

Temperatuuri mõõdame termomeetriga, mille täpsus on kuni 0,1°. Termomeetri pistame läbi klaaskuplit sulgeva korgi. Kupliga katame esialgu lehtri, milles on liiv, ja määrame temperatuuri.



Joonis 204. Alkoholkäärimine (katsel on kirjeldatud tekstis).

Seejärel katame lehtri, milles asuvad idanevad seemned, ja määrame samuti temperatuuri.

Teostame vaatlusi mitu päeva. Missugune on temperatuuri vahe idanemise esimestel ja järgmistel päevadel?

Süsihappegaasi ja piirituse eritumine alkoholkäärimisel (joonis 204). Asetame korgiga (*e*) tihedalt suletavasse purki (*a*) (või kolbi), mida läbib gaasiäravoolutoru (*f*), näputäie nisujahu, niisama palju suhkrut ja veidi värsket pärmi ning segame kõike seda puhta veega. Suleme purgi korgiga ja asetame purgi veevanni (*d*), mille temperatuur on 25—30°.

Märgime aja, mis kulub selleks, et vedelik hakkaks purgis vahutama. Siis paigutame veega täidetud ja avaga allapoole pööratud katseklaasi gaasiäravoolutoru otsa kohale, mis on juhitud veega täidetud klaasi (*b*). Erituv gaas koguneb katseklaasi (*c*). Selles veendume kas põleva pirru või lubjavee abil. Kääriva vedelikuga purgis on katse lõpul piirituse lõhna tunda.

Kirjutame alkoholkäärimise võrrandi ja loeme alkoholkäärimise seenekestest.

Mõningate hingamise ja käärimise fermentide kindlakstegemine histokeemiliste meetodite abil.

1. Katalaasi kindlakstegemine vesikatkulehtedes. Hingamisprotsessis on rakkudele kahjulik üks esimestest vaheproduktidest — vesinikperoksiid. Katalaas lagundab vesinikperoksiidi veeks ja molekulaarseks hapnikuks võrrandi järgi $2H_2O_2 \xrightarrow{\text{katalaas}} 2H_2O + O_2$. Asetame vanad ja noored ning samuti keetmise teel surmatud vesikatkulehed alusklaasidele vesinikperoksiidi 3%-lise lahuse tilka. Vesinikperoksiid tungib leherakkudesse ja ferment katalaas lagundab seda veeks ja hapnikuks. Mikroskoobis näeme hapnikumullikeste tormilist eritumist lehtedest.

Mullikeste eritumine on seda intensiivsem, mida aktiivsem on katalaas. Missugustes lehtedes (kas vanades või noortes) on katalaas aktiivsem? Kas katalaas säilib ka surmatud lehtedes?

2. Dehüdrogenaaside kindlakstegemine aedoa seemnetes. Puhastame paisunud aedoa seemned kestast ja jaotame nad kaheks osaks (iduleheks). Surmame osa idulehti 10-minutilise keetmisega. Paigutame elusad ja surmatud idulehed kahte väikesesse portselantassi ja kallame mõlemasse 2, 3, 5-trifenüültetrasooliumkloriidi[1] 0,5%-list lahust ning asetame 20—30 minutiks termostaati, mille temperatuuri hoiame 37° ümber. Elusates idulehtedes värvuvad rakud dehüdrogenaaside toimel värvilise aine, formasaani tekkimise tõttu erepunaseks. Surmatud idulehed ei värvu. Katseks ei tarvitse võtta terveid idulehti, vaid võib kasutada ka nende värskeid habemenoaga tehtud lõikusid.

3. Peroksüdaasi kindlakstegemine. Meetod põhineb sellel, et vesinikperoksiidi juuresolekul muundub bensidiin ferment peroksüdaasi toimel pruuniks oksübensidiiniks. Reaktiivi valmistamiseks lahustame 1 g bensidiini 200 ml destilleeritud vees, mis on soojendatud 80°-ni. Paremaks lahustamiseks tuleb kolvi sisu loksutada. Jahutame ja filtreerime lahuse. Lisame 50 ml lahusele 1 ml 0,1%-list vesinikperoksiidi. Siis asetame värskelt valmistatud taimevarrelõigud alusklaasile reaktiivitilka. 3—5 minuti pärast värvub rakkude sisu peroksüdaasi lokalisatsiooni (paigutuse) kohtades pruuniks.

Kui bensidiinilahust kergelt äädikhappega hapustada, tekib peroksüdaasi lokalisatsiooni kohtades sinine värvus.

Valkude hüdrolüüsiproduktide tõestamine (aminohapete reaktsioon). Lõikame paisunud ja idanema hakanud aedoaseemnetest lõikusid. Paigutame mõned lõigud alusklaasile 1%-lise ninhüdriinilahusesse. Soojendame preparaati ettevaatlikult piirituslambileegil nõrga sinise värvuse tekkimiseni, katame katteklaasiga ja vaatleme 3—5 minuti pärast mikroskoobis. Aminohapete lokalisatsiooni kohad on sinised või violetsed.

---

[1] 2, 3, 5-trifenüültetrasooliumkloriidi lahuse valmistamist on kirjeldatud lk. 483.

XVII PEATÜKK

TAIMEDE KASVAMINE, TROPISMID, LIIKUMISED JA ARENEMINE

Taime elu on tihedalt seotud teda ümbritseva keskkonnaga. Taim saab mullast, veest ja õhust aineid, mida ta assimileerib ja tarbib oma keha ehitamiseks. Taimede kasvamine on aeglane ja märkamatu, kuid esineb ka niisuguseid taimi, nagu näiteks bambuspilliroog, mille varre juurdekasv on ööpäeva jooksul kuni 0,5 m ja soodsatel tingimustel koguni kuni üks meeter. Taimed näivad meile küll liikumatuina, välistele mõjutustele reageerimisvõimetuina, kuid lähemal vaatlusel võime paljudel neist tähele panna ainulaadset ärritatavust ja võimet ärritustele vastavate liigutustega reageerida. Seda võimet nimetatakse loomadel tundlikkuseks, taimedel aga — neil pole erilisi meeleorganeid —, tropismiks.

TAIMEDE KASVAMINE JA SUUR KASVUPERIOOD

Taime kasvamise all mõistetakse harilikult tema mõõtmete suurenemist. Taimede kasvamine sõltub väliskeskkonna tingimustest ja seesmistest muutustest, mis toimuvad taimerakkudes ja -kudedes.

Täpsemalt on kasvamise mõistet defineerinud D. Sabinin (1963): *kasvamine on organismi uute struktuurielementide moodustumise protsess.*

Taimede kasvamine on seotud rakkude paljunemise ja taimede koostisse kuuluvate ainete ümberjaotamisega. Valguse käes suureneb roheliste taimede keha mass fotosünteesi tõttu, sest orgaaniliste ainete kuhjumine ületab nende hingamiseks kulutamise. Pimedas toimub roheliste taimede kasvamine nende orgaaniliste ainete arvel, samaaegselt toimub ka nende ainete kulutamine hingamisprotsessiks (idanevad seemned, pungad, mugulad, risoomid jt.) ja selle tõttu ilmneb idanenud seemnete kuivatamisel nende kuivainekaalu vähenemine võrreldes idanemata seemnetega.

Taime kasvamine on tingitud rakkude paljunemisest ja nende mahu suurenemisest. Iga rakk teeb läbi kolm kasvamisfaasi: embrüonaalse (jagunemise), väljavenitumise ja diferentseerumise faasi.

Embrüonaalne faas ehk rakkude jagunemine toimub juure- ja varrekasvukuhikutes, õrnades sõlmevahedes (näiteks kõrrelistel), lehtede alusel, viljastatud munarakkudes, kambiumkihis ja kõikjal, kus esineb kudede taasmoodustumist, näiteks taimede vigastatud kohtades, mügarate tekkimisel jne. Algkoe- ehk meristeemirakud on üsna väikesed, õhukeste rakuseintega, suurte tuumadega ja tulvil protoplasmat. Algkoerakkudesse koguneb

hulgaliselt orgaanilisi aineid. Rakud on siin korduva karüokineetilise jagunemise seisundis. Algkoes toimub rakkude arvu suurenemine ja elusaine üldise massi kuhjumine, vaatamata intensiivsele hingamisele.

Embrüonaalsed rakud on nukleiinhapete rikkad, kusjuures ribonukleiinhapet (RNH) esineb nii rakutuumas, kui ka kogu raku tsütoplasmas.

Rakkude väljavenitumine toimub teataval kaugusel kasvukuhikutest. Selles kasvamisfaasis tekivad rakuprotoplasmas rakumahlaga täituvad vakuoolid, mis moodustavad järk-järgult suurenedes üheainsa ühise vakuooli. Üheaegselt rakusisaldise suurenemisega venitub välja ka rakukest. Tähtsat osa etendavad rakukesta väljavenitumisel ja elastseks muutumisel auksiinid (fütohormoonid). Rakkude kiire kasvamine toimub selles faasis peamiselt nende toitainete arvel, mis voolavad suurel hulgal juurde lähedalolevatest vanematest rakkudest ja juhtteedest.

Rakkude väljavenitumisel väheneb tsütoplasmas tunduvalt RNH hulk ja toimub selle kontsentreerumine raku ribosoomidesse, mitokondritesse ja plastiididesse.

Rakkude ja taimeorganite kasvamise kolmandaks faasiks on rakkude ning kudede diferentseerumine. Protoplasmast eritub aineid, millest moodustub tselluloos, see ladestub rakukesta siseseintele, mistõttu rakukest pidevalt pakseneb või tekivad mitmesugused paksendid (vt. I osa). Rakud muutuvad ning saavad ühele või teisele koele omase kuju ja suuruse. Homogeenne meristeem diferentseerub mitmesugusteks kudedeks — põhi-, tugi-, katte-, juhtkoeks jt.

Trahheede, trahheiidide, tugikudede, epidermise jm. rakukestade paksenemisele eelneb tunduv RNH kuhjumine paksendite lähedusse. Üheaegselt raku diferentseerumisega kaob RNH täielikult tsütoplasmast.

Niisiis, tuleme ühe taimeraku elu jälgides järeldusele, et noor rakk kasvab algul aeglaselt, seejärel kiireneb tema kasvamine (väljavenitumine) teatava piirini ja lõpuks hakkab kasvamine jälle aeglustuma kuni soikub täiesti. Et niimoodi kasvavad kõik rakud, siis on arusaadav, et taimeosad ei kasva kõik ühtlaselt.

Kui mõõdame iga päev millimeeterjaotusega joonlaua abil ühel ja samal kellaajal aedoa varrelüli pikkust, kuni selle lüli kasvamine soikub, võime tähele panna, et algul on tema kasvamine aeglane, siis kiireneb, saavutab maksimumi, seejärel hakkab aeglustuma ja lõpuks soikub täiesti. Niisugust nähtust nimetatakse suureks kasvuperioodiks.

Vaatlused näitavad, et ka kogu taim kasvab samal viisil. Noor taim kasvab algul aeglaselt, siis kiireneb tema kasvamine, saavutab maksimumi, siis jälle aeglustub ja lõpuks soikub.

Paljud põllumajandustaimed kasvavad esialgu väga aeglaselt

(hirss, porgand jt.). Sel ajal tuleb umbrohtude hävitamiseks rohida ja ridade vahesid harida.

Juure, varre ja lehe tundmaõppimisel selgitasime nende organite kasvamisviisi: juur kasvab tipust ja tema kasvutsoon ei ületa 8—10 mm, vars aga kasvab tipust ja ülemistest varrelülidest. Varre kasvutsoon on mitme sentimeetri pikkune, ulatudes vahel 10 cm-ni ja rohkem. Kõrreliste ja teiste üheiduleheliste taimede varte kasvamine toimub peamiselt sõlmevahedes (nende alumistes osades). Kaheiduleheliste taimede lehed kasvavad kogu oma pinnaga. Samamoodi kasvavad ka üheiduleheliste taimede lehed kasvu algul, hiljem kasvavad nad alusest. Kasvamiskoha kindlakstegemiseks vartel ja lehtedel kantakse neile tušiga märgid ja jälgitakse siis märkide edasinihkumist.

TAIMEDE KASVUKIIRUSE MÕÕTMISE VIISE

Peale otsese mõõtmise joonlaua abil mõõdetakse taimede kasvukiirust aparaatidega, mida nimetatakse auksanomeetriteks.

Neid aparaate on mitut tüüpi, aga kõik nad näitavad taimede kasvu suurendatud mõõdus. Näiteks kang-auksanomeetrid suurendavad kasvukiirusenäitusid 10—20 korda. Väga otstarbekohased on isekirjutajad auksanograafid.

Kasvukiiruse mõõtmiseks kasutavad teadlased ka veel horisontaalmikroskoope, mis kinnitatakse statiivi külge ja mille okulaaris on jaotustega skaala. Mikroskoop suunatakse kasvava organi tipule ja mõne minuti pärast loetakse skaala kaudu organi juurdekasv teatava aja vältel. Horisontaalmikroskoopide näidud on suurendatud 50—100 korda, võrreldes tegeliku kasvukiirusega.

Kasutatakse ka aparaate, mis suurendavad kasvukiirusenäitusid 1000, 10 000 ja isegi kuni miljon korda. Seda laadi «ülitundlikud» aparaadid võimaldavad märgata taime juurdekasvu millimeetri ühe miljondiku osa suuruses. Juurdekasvu näitav valgustäpp liigub ekraanil kiirusega 60 cm sekundis.

VÄLISTINGIMUSTE MÕJU TAIMEDE KASVAMISELE

Taimede kasvukiirus on väga mitmesugune, sõltudes nii välistingimustest kui ka taimes toimuvatest füsioloogilis-biokeemilistest protsessidest.

Õhu- ja mullaniiskuse mõju. Eespool nägime, et taimede kasvatamisel niiskes õhus on nende lehed suurema pinnaga, varred aga mahlakamad ja tugevama kasvuga kui kuivas õhus arenevatel taimedel: niiskes õhus kasvavatest taimedest aurab võrdlemisi vähe vett ja järelikult on ka kasvavate rakkude turgor suurem. Ka optimaalne mullaniiskus (umbes 60% mulla täielikust vee-

mahtuvusest) soodustab taimede kasvu. Looduslikes tingimustes näeme eriti tugevat taimekasvu niiskes ja soojas kliimas, kus esineb palju sademeid. Vee kulutamine taimede poolt ei ole kogu arenemisaja vältel ühtlane, neid perioode, kus kultuurtaimed eriti palju vett vajavad, nimetatakse kriitilisteks perioodideks. Näiteks teraviljadele on niisuguseks perioodiks generatiivsete organite kujunemise aeg (loomisfaas).

Valgus kui taimede kasvutegur. Pimedas ja nõrgas valguses kasvavad taimed kiiremini kui tugevas valguses. Valgus pidurdab taimede kasvu, takistab venitumist ja annab neile kindla kuju. Kartuliidandid venituvad pimedas säilituskohas mõnikord mitme meetri pikkuseks.

Tuletame meelde etioleerunud taimi, s. o. pimedas arenenud taimi. Valgus ei takista ainult varte, vaid ka juurte kasvamist. Kitsad ja pikad lehed venituvad pimedas veelgi tugevamini välja, kuna laia lehelabaga lehed arenevad pimedas halvasti. Juurviljadel arenevad pimedas suured kollased lehed. Etioleerumisnähtust kasutatakse köögiviljanduses mõnede õrnade köögiviljade (aspari, salati jt.) kasvatamisel. Mõned taimed arenevad paremini eredas, teised aga hajunud valguses ja varjus. Valgus ei mõjusta mitte ainult taime väliskuju, vaid ka varte ja lehtede anatoomilist ehitust.

Ümbritseva keskkonna temperatuur kui taimede kasvutegur. Eespool nägime, et on olemas idanemistemperatuuri miinimum, optimum ja maksimum. Enamikule taimedele on kõige soodsamaks kasvutemperatuuriks 25—30°. Temperatuuri tõus alates 0°-st iga 10° võrra kiirendab taimede kasvamist ligikaudu kaks korda. Niisugune mõju jätkub temperatuurini, mis läheneb antud taime optimaalsele kasvutemperatuurile. Edasine temperatuuritõus pidurdab kasvamist (erinevalt hingamisest), ja kui temperatuur läheneb maksimumile, peatub kasvamine täielikult.

Enamiku põllumajanduskultuuride kasvu miinimumtemperatuur on umbes 0—5°. Teatavasti on korda läinud idandada rukkiteriseid isegi sulava jää tükkide vahel. Paljud kevadtaimed, näiteks lumikelluke (*Galanthus*), siniliilia (*Scilla*), niisujuur (*Eranthis*) jt. tärkavad sulava lume alt. Eespool nägime, et kahjulikud temperatuurid on tunduvalt madalamad kui minimaalsed kasvutemperatuurid (võrsunud rukkil näiteks —20° ümber).

Toitainete osatähtsus. Taimede mineraaltoitumise küsimuste arutamisel nägime, et taimede kasvamine sõltub toitesooladest, mis tungivad taimedesse juurestiku kaudu. Juba ühe vajaliku elemendi puudumine peatab taime kasvamise. Tugevasti mõjutab taimede kasvamist ka vesinikioonide kontsentratsioon. CO_2 hulk õhus mõjub süsiniku assimilatsioonile ja järelikult ka taimede kasvamisele. Kasvamiseks on vaja ka õhuhapnikku, sest taimede hingamine on tihedas seoses kasvamisega.

TAIMEDE KASVAMISE ÖÖPÄEVANE JA AASTANE PERIOODILISUS

Taimede kasvamist ööpäeva jooksul mõjutavad nii temperatuur kui valgus. Katsed näitavad, et ühe ja sama temperatuuri juures kasvab taim öösel kiiremini kui päeval. See nähtus on kõrvutatav auramisega, mis öösel väheneb ja päeval suureneb. Soojadel öödel on kasvamine kõige kiirem tavaliselt varajastel hommikutundidel. Pärast keskpäeva kasvamine aeglustub. Õine tugev temperatuuri langus võib seda taimede kasvamise ööpäevast perioodilisust muuta. Huvitav on tõik, et kui looduslikes tingimustes arenenud taime hakata pimedas kasvatama, siis esineb algul siiski veel kasvamise ööpäevane perioodilisus, hiljem aga vähenevad öise ja päevase kasvamise vahel kõikuvused järjest ning kaovad lõpuks täiesti. Niisugust nähtust nimetatakse järelmõjuks.

Taimede kasvamise aastane perioodilisus on tingitud eri aastaaegadel toimuvaist ilmastikumuutustest. Paraskliimas sunnib sooja suve vaheldus külma talvega üheaastasi taimi lõpetama oma vegetatsiooni 3—4 kuu vältel.

Taimede elu kestus ei sõltu mitte ainult taime päritolukkusest, vaid ka kasvamise välistingimustest. Me teame, et on olemas ühe-, kahe- ja mitmeaastasi taimi.

Vegetatsiooniperiood on tatral 75—90 päeva, odral 96, kaeral 112, söödanaeril 70—120, peedil 140—160, kaalikal 150—180, kartulil 120—130 päeva. Toodud arvud kõiguvad, sõltuvalt sordist ja välistingimustest. Nii näiteks kestab varajaste kartulisortide arenemine 70—90 päeva, keskmistel 120—130 päeva ja hilistel sortidel kuni 180 päeva. Kaugel põhjas jõuab oder arenemistsükli läbida 60—70 päevaga. Vee ja lämmastikväetiste küllus mullas ja fosfori- ning kaaliumipuudus pidurdavad taimede õitsemist, põhjustades vahel külvide lamandumist vegetatiivsete organite ülemäärase arenemise ja taimede vastastikuse varjutamise tõttu. Vee ja lämmastiku puudumisel mullas arendavad taimed nõrgemini vegetatiivset massi, õitsevad ja valmivad varem. Veepuuduse korral annavad paremat saaki varajased sordid, mis lõpetavad varakult kasvamise, annavad väikese koguse õlgi ja pääsevad põua käest.

Seemnetaimes tema eluajal toimuvad nähtavad muutused on järgmised: mullas paisuvad ja idanevad seemned annavad kollaseid idandeid, mis väljuvad maapinnale roheliseks muutuvate tõusmetena. Kõrrelistel algab pärast idandite maapinnale tõusmist võrsumine. Võrsumissõlmest arenevad lisajuured ja uued võrsed. Kõrrelised suviteraviljad võrsuvad taliteraviljadest nõrgemini. Võrsumisele järgneb kõrsumine, siis loomine, õitsemine, selle järel piim-, vaha- ja täisküpsus. Mitme- ja kaheaastased taimed suudavad suve jooksul talveks ja järgmiseks kevadeks val-

mistuda. Selle ettevalmistumise ajal varub taim oma organite (koore-, puidu-, varre- ja juureparenhüümi-) rakkudesse tärklist, suhkrut, valke, rasvu ja teisi orgaanilisi aineid.

Enamiku talvituvate taimede lehed langevad sügisel ja uued lehe- ning õievõsud arenevad talvituvatest pungadest. Lehtede langemine ei ole seotud ainult madala temperatuuri, veepuuduse, klorofülli lagunemise, toitumise nõrgenemise ja kaltsiumoksalaadi kristallide kuhjumisega lehtedes, vaid ka päevade lühenemisega. Väga huvitavad on meie lehtpuude kultiveerimise katsed troopikamaades, kus kasvutingimused nagu ei peaks nõudma lehtede langemist. Aga meie lehtpuud raaguvad ka seal meie talvele vastaval ajal. Eriti «konservatiivsed» on ses suhtes tammed. Kirsi- ja persikupuud näiteks on Reunioni saarel pikaajalise kultiveerimise teel igihaljaks muutunud.

Talvel lähevad kaheaastased taimed (peet, porgand) ja ka paljud parajas ning külmas kliimas kasvavad mitmeaastased taimed (risoomtaimed, põõsad, puud) s u n d p u h k e s e i s u n d i s s e, mil kõik eluprotsessid muutuvad märkamatuks ja kasvamine peaaegu lakkab. Niisugune seisund, mis on tingitud taimede kasvamiseks vajalike tingimuste puudumisest, aitab taimedel paremini talvituda.

Sundpuhkusest tuleb eristada s ü g a v p u h k u s t, kus pungad jäävad kasvamiseks täiesti soodsatena näivate välistingimuste juures siiski võrseteks välja kasvamata. Näitena võib tuua puude ja põõsaste «uinuvaid» pungi, mis ei arene esimesel eluaastal edasi. Puhkeperioodi kestus on eri taimede juures erinev.

P. Henkeli ja E. Oknina (1948) uurimuste kohaselt toimub puhkeseisundis rakkude protoplasma eraldumine kestadest. Seejuures kaotab protoplasma seose rakukestaga ning naaberrakkudega. Puhkeseisundi ajal kattub puutaimede protoplasma lipoidse membraaniga, mis kaitseb raku protoplasti vee sissetuleku eest.

Sügavpuhkust võib nii lühendada kui ka pikendada. Nii võib noori kartulimugulaid kohe pärast koristamist idanema «sundida», kui neid ettevaatlikult liivaga hõõruda või keemiliste ainetega (näiteks etüleenkloorhüdriiniga) töödelda. Kartuli kauemaaegsel säilitamisel on vahel tähtis selle puhkeperioodi pikendamine. Sel juhul on võimalik α-naftüüläädikhappe lenduva metüülestri aurude abil mugulate idanemist mitme nädala võrra tagasi hoida. Soojade vannide abil või ka eetri toimel sunnitakse enneaegselt kasvama minema maikellukese risoomi õie- ja lehepungi, samuti ka sireli ja teiste taimede oksi nende varajase ajatamise korral kasvuhooneis talvisel ajal.

Ülalloetletud nähtuste tundmaõppimine näitab, et ümbritseva looduse aastane rütm ja järsud ilmastiku muutused ei jää taimede elutsüklis kajastumata. Taim ja ümbritsev keskkond on omavahel tihedalt seotud ja mõjutavad vastastikku teineteist.

TAIMEDE LIIKUMINE JA TROPISMID

Me oleme harjunud taimedele kui aktiivse liikumisvõimeta organismidele vaatama. Meid ümbritsevad taimed, mille lehed ja varred vaid kõiguvad tuule käes, pole aga suutelised ruumis ümber paigutuma. Näib, nagu vastaks taimorganismide liikumatus täiesti nende arenemistingimustele ja ehitusele, mis on pikas evolutsiooniprotsessis välja kujunenud. Tõepoolest, kõik taime arenemiseks vajalikud ained (vesi, soolad, süsihappegaas) ümbritsevad teda ja tungivad temasse.

Kuid sellele vaatamata on taimede liikumatus vaid suhteline — paljude taimede rakuplasma on roteerivas ja tsirkuleerivas liikumises ning ka terved organismid, näiteks limaseente plasmoodiumid, roomavad aeglaselt ühelt kohalt teise. Seda laadi liikumised, samuti ka (vetikate ja seente) zoospooride ja (sammalde ja sõnajalgade) spermatosoidide kiired liigutused on seletatavad eriliste kokkutõmbuvate valkude olemasoluga, mis võivad väliste ärritajate mõjul liikuda.

Kõrgemate taimede juures esineb küllalt ka tervete organite liigutusi, mida kutsuvad esile välised ärritajad. Mõnel taimel toimuvad need liigutused aegamööda, mõnel (näiteks mimoosil) aga niivõrd märgatavalt, et kogenematu inimene satub hämmastusse. Loomadel kanduvad liigutusi esilekutsuvad ärritused edasi närvisüsteemi kaudu, taimedel aga on selleks otstarbeks rakuprotoplasma, mis on naaberrakkudega plasmodesmide abil ühenduses.

Taimedel puudub loomade lihaskude ja seepärast on nende liigutused tingitud kas organi ühe või teise külje ebaühtlasest kasvust (kasvuliigutused) või turgori tugevnemisest teatavates rakkudes, mis tekitab tugeva rõhu naaberrakkudele (turgorliigutused).

Kasvuliigutused ehk tropismid sõltuvad sise- ja välistingimustest. Taim reageerib kõikide välistingimuste muutustele liigutuste kaudu. Taimede liigutusi põhjustavate välistingimuste hulka kuuluvad valgus, vesi, toit, temperatuur ja õhk, s. t. kõik see, mida taim oma elu vältel omastab.

Eristatakse positiivseid tropisme, kui taimeosa või terve taim liigub ärritaja suunas (näiteks võsu kasvab valguse poole), ja negatiivseid tropisme, kui liigutus toimub ärritajast vastassuunas (näiteks juur pöördub valgusest eemale). Sõltuvalt välisärritaja tugevusest, võib iga tropism positiivsest negatiivseks muutuda.[1]

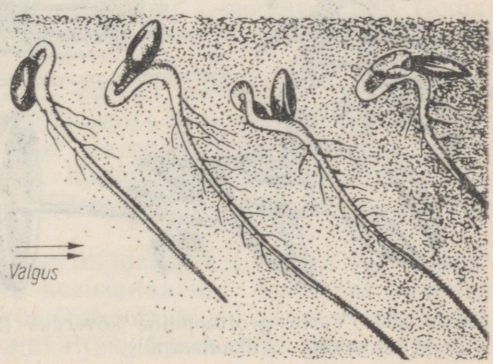
[1] Meie kujutlust taimede liikumisest avardab ja täpsustab aeglustatud filmimine, mida viimasel ajal taimede elunähtuste tundmaõppimisel üha laiemalt kasutatakse: selgub, et taimed ja nende organid võivad oma kasvuperioodil väga mitut moodi, kord aeglaselt, kord kiirelt liikuda. Niisama mitmekesised on ka rakusisesed liikumised, nagu võib näha ekraanil läbi mikroskoobi aeglustatud filmimisel tehtud ülesvõtete demonstreerimisel.

F o t o t r o p i s m. Fototropismiks nimetatakse taimede võimet sooritada liigutusi sõltuvalt valguskiirte suunast. P o s i t i i v n e f o t o t r o p i s m on omane vartele, negatiivne fototropism juurtele ja köitraagudele. Lehed asetuvad harilikult risti langevate kiirtega (transversaalne fototropism). Fototropismil on taimede elus suur tähtsus, sest selle tõttu seavad varred ja lehed end valgustuse suhtes kõige soodsamasse asendisse. Fototropism on eriti arenenud etioleerunud taimedel.

Fototropismi võib jälgida fototroopilises kambris, s. t. pimekambris, millel on ava ühes seinas. Kui niisugusesse kambrisse asetada näiteks pott noorte odra- või vikitaimedega, siis mõne tunni möödudes võib märgata taimede kõverdumist valguse poole, kusjuures kõverused tekivad varres kõige intensiivsema kasvu kohtades. Kui veega täidetud klaasnõu ava katta marliga, kinnitada sellele sinepiidand ja paigutada anum fototroopilisse kambrisse, siis vars kõverdub peatselt valguse poole ja juur pöördub valgusest ära.

Juurte n e g a t i i v s e t f o t o t r o p i s m i võib hästi jälgida näiteks tatraseemnete idanemisel kahe klaasi vahel kuivatuspaberil. Klaasid asetatakse vertikaalselt, servaga valguse poole, mis tungib idandite juurde klaasidevahelise ava kaudu. Kõigil ülejäänud külgedel on klaasid musta fotopaberiga kaetud. Terava ühekülgse valguse mõjul pöörduvad idandite juured tugevasti valguse käest ära, varred aga pöörduvad valguse poole (joonis 205).

Huvitava fototropismikatse võib korraldada hirsiidanditega. Liivaga täidetud potti või väikesesse kristallisaatorisse külvatakse ridadena mõnikümmend idanemisvõimelist hirsiseemet. Idandamine toimub pimedas. Kui idandid on umbes kahe sentimeetri pikkuseks kasvanud, kaetakse pooltel idanditel tipp stanniolist tupega. Taimepott pannakse fototroopilisse kambrisse, mille ava on suletud. Ööpäeva pärast tehakse fototroopilise kambri ava lahti. Kambrit tuleb hoida aknal, ava valguse poole. Juba mõne tunni pärast võib märgata, et kõik tupeta idandid on kõverdunud, kuna tupega kaetud idandid püsivad vertikaalasendis.



Joonis 205. Tatrajuurte negatiivne fototropism.

Selles katses me näeme, et kõrreliste idanditel on valgusärrituse vastuvõtjaks idanditipp, nn. koleoptiilitipp, ja kõverdused tekivad kõige intensiivsema kasvamise kohtades, mis asetsevad tipust kaugemal.

Fototroopiline kõverdumine tekib järgmiste protsesside tulemusena: 1) valgusärrituse toime teatavaile rakkudele; 2) ärrituse tekkimine nendes rakkudes; 3) ärrituse edasiandmine reageerivasse kohta; 4) reaktsioon kõverduse näol.

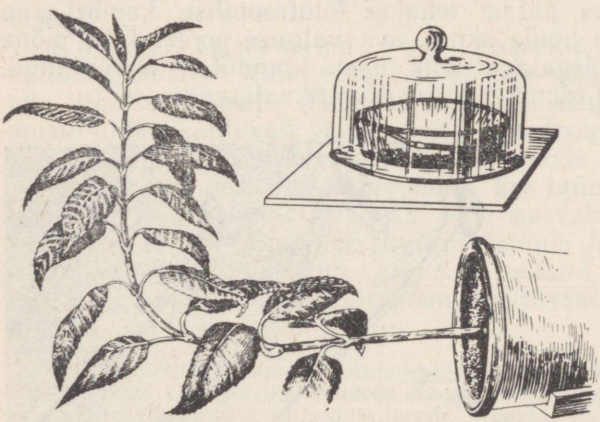
Varre fototroopilist kõverdumist seletavad paljud teadlased N. Holodnõi ja F. Venti hormonaalse teooriaga. Varre valgustatud küljele koguneb negatiivne elektrilaeng, varjatud küljele aga positiivne laeng. Varretipust allatulevad ja negatiivset laengut kandvad fütohormoonid kogunevad varjatud küljele, mis selle tagajärjel hakkab kiiremini kasvama ja vars kõverdub valguse poole. Kõrreliste idanditel tulevad kasvuhormoonid alla koleptiilitipust ja esimene leht paindub valgusallika suunas.

Rakkude kiirendatud kasvamist varre varjatud küljel seletavad mõned teadlased (P. Henkel jt.) sellega, et sellele küljele koguneb rohkem protoplasmat ja heteroauksiini, mis kiirendab kõiki füsioloogilisi protsesse ja järelikult ka kasvamist.

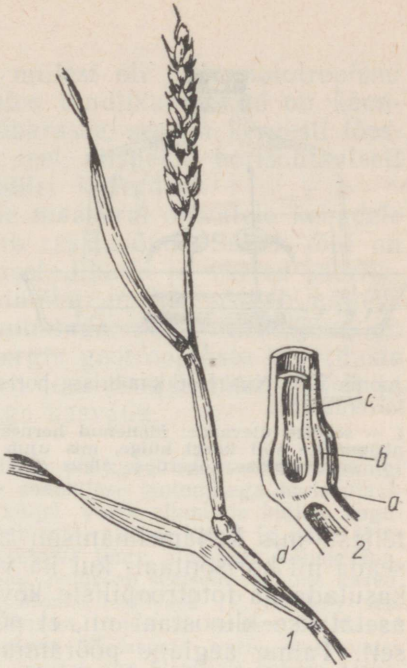
Positiivse ja negatiivse fototropismi tähtsus taimede elus peaks olema arusaadav. Rohelised varred ja lehed vajavad süsiniku omastamiseks valgust. Paljud õied on positiivselt fototroopilised; näiteks pöörduvad päevalille ja ruskmete õisikud ikka päikese poole, kuni taimed on noored.

Negatiivse fototropismi tõttu tungivad taimede külgjuured maasse, pöördudes valgusest ära. Taimi pimedas kasvatades võime näha külgjuurte tekkimist maapinnal.

Geotropism. Geotropismiks nimetatakse taimeorganite võimet püstloe suhtes kindlat asendit omandada. Positiivselt geotroopilised organid on juured, negatiivselt geotroopilised varred.



Joonis 206. Varre geotroopiline kõverdus (horisontaalselt asetatud maapirnivõsu võtab uuesti vertikaalasendi).



Joonis 207. Kõrrelise taime varre geotroopiline kõverdus sõlme kohalt:
1 — sõlme kohalt paindunud nisuvars; *2* — paindunud sõlme ehitus: *a* — varresõlm; *b* — lehesõlm; *c* — kasvav varrelüli; *d* — varrelüli vana osa.

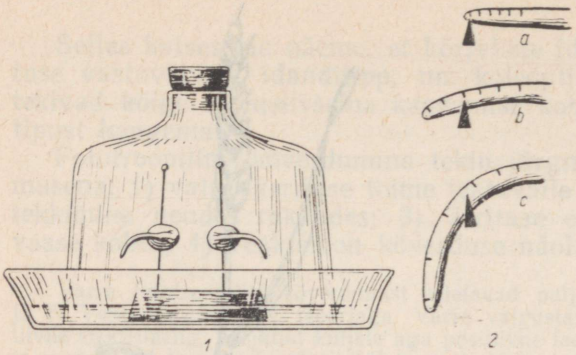
Varte negatiivset geotropismi võib kindlaks teha lihtsa katse abil. Pott lemmaltsaga (või mõne teise taimega) paigutatakse pimedasse ruumi rõhtasendisse. Mõne päeva pärast ilmneb geotroopiline kõverdus: vars kasvab ülespoole. Katse varte geotropismi kohta võib teostada nii, nagu on näidatud joonistel 206 ja 207.

Juurte positiivset geotropismi võib kergesti kindlaks teha idanenud herne- või põldoaseemnete kinnitamisel niiskes kambris horisontaalsesse asendisse. Juured kõverduvad tipuga allapoole (joonis 208).

Katsed juurte ja varte kasvamissuuna jälgimiseks pöörleval rattal ja samuti taimede kasvu jälgimine klinostaadi abil (joonis 209) tõestavad, et geotropism on tingitud Maa raskusjõust, mis suunab kasvavaid organeid.

Kui seemneidandid asetada kiiresti pöörlevale vertikaalsele rattale ja hoolitseda nende niisutamise ning soodsa temperatuuri eest, siis võib varsti märgata, et juured hakkavad kasvama tsentrifugaaljõu suunas, s. t. ratta keskpunktist väljapoole, varred aga tsentrifugaaljõule vastupidises suunas, s. o. ratta keskpunkti poole.

Klinostaadi abil võib kergesti näidata, et juurte ja varte kõverdumine lakkab, kui pöörata horisontaalselt asetatud idandeid ümber telje, sest Maa raskusjõud toimib sel juhul vaheldumisi kord ühele, kord teisele idandiküljele. Klimostaat koosneb metall-

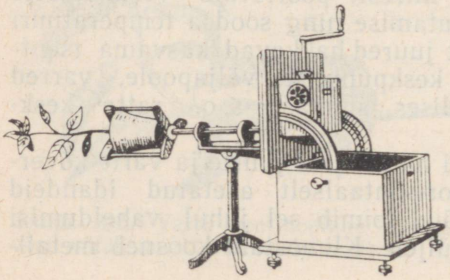


Joonis 208. Niiskesse kambrisse horisontaalselt paigutatud juurte geotroopilised kõverdused.

1 — seadise ülevaade: idanenud herneseemned neile tehtud jaotustega kinnitatakse nööpnõelte abil korgi külge, mis ujub veepinnal; *2* — horisontaalselt kasvav juur (*a*), geotroopilise kõverduse algus (*b*), sama juur 10 tunni pärast (*c*).

teljest, mis kellamehhanismi abil aeglaselt pöörleb. Telge võib seada nii horisontaal- kui ka vertikaalasendisse. Klinostaati võib kasutada ka fototroopiliste kõverdumiste kõrvaldamiseks. Selleks asetatakse klinostaat nii, et pöörlev telg oleks täpselt vertikaalselt. Taime aeglane pööramine vertikaaltelje ümber kõrvaldab fototroopilised kõverdumised isegi siis, kui klinostaat pannakse fototroopilisse kambrisse vastu lahtist ava.

Vaatlused näitavad, et juurte ja varte geotroopilised kõverdused tekivad kasvavates organites ja nimelt horisontaalses asendis oleva organi ülemise ning alumise külje ebaühtlase kasvamise tagajärjel. Sellepärast võib enamik taimi, mis on tormi tõttu või mõnel muul põhjusel lamandunud, üles tõusta vaid oma tipmises, kasvavas osas; ja ainult kõrrelised, tänu interkalaarsele (ehk vahe-) kasvule ja kõrresõlmedele tõusevad pärast lamandumist üles peaaegu kogu varre ulatuses, sest sõlmede alumine külg hakkab kiiremini kasvama ja sõlmekohtades tekivad põlvjad kõverdused. Geotroopilised kõverdused tekivad järgmiste protsesside tulemusena: 1) raskusjõu toime teatavaile rakkudele; 2) ärrituse tekkimine nendes rakkudes; 3) ärrituse edasiandmine kõige kiirema kasvu tsooni ja 4) reaktsioon geotroopilise kõver-



Joonis 209. Klinostaat taimede geotropismi ja fototropismi jälgimiseks.

duse näol, s. o. samad protsessid, millest oli juttu fototropismi puhul. Geotroopiliste ärrituste suhtes tundlikud rakud on koondunud juuretippu ja nimelt juurekübarasse, see on kergesti tõestatav juuretipu kerge vigastamise teel, mispeale horisontaalselt asetatud juured ei anna geotroopilisi kõverdusi.

Juurtele ja vartele, nagu kõigile maakeral olevatele kehadele mõjub alaline Maa külgetõmbe- ehk raskusjõud. Sellel jõul on suunav osa taimeorganite kasvamisel. Juured ja varred sooritavad aktiivselt geotroopilisi kõverdumisi, millele osutab näiteks juurte võime mullaosakesi laiali nihutada. Maa raskusjõud on ainult tõukejõuks või ärritajaks, energia geotroopiliste kõverduste sooritamiseks sisaldub juures endas, juur hingab intensiivselt ja võib ebaühtlaselt ühe ja teise küljega kasvada.

Varte ja juurte geotroopiliste kõverduste põhjused (nagu fototropismigi põhjused) on seletatavad kasvuhormoonide ebaühtlase jaotumisega horisontaalselt asetseva organi ülemisel ja alumisel küljel. Varre alumisele küljele koguneb niisugusel hulgal auksiini, mis kiirendab seal rakkude kasvu ja mille tõttu vars pöördub ülespoole. Horisontaalselt asetseva juure alumisele küljele tunduval hulgal kogunev auksiin aga, vastupidi, pidurdab sealsete rakkude kasvu, mille tulemusena juur pöördub allapoole. Mõned teadlased (P. Henkel) seevastu, kuigi nad ei eita hormoonide osatähtsust tropismide juures, omistavad peatähtsust protoplasmale, mis horisontaalselt asetsevate varte kasvavates osades koguneb rakkude alumisele küljele, juurtes aga ülemisele küljele. Organite vertikaalse asendi puhul paikneb protoplasma rakkudes ühtlaselt, kattes kihina rakukesta siseseina.



Joonis 210. Juurte hüdrotroopilised kõverdused.

Teised tropismid. Peale foto- ja geotropismi esineb taimedel veel hüdrotropism (reageerimine mulla veele) (joonis 210). Kemotropismi all mõistetakse taimede võimet suunata oma kasvu sõltuvalt toitainetest. Juured levivad pinnases, sõltuvalt toitainete jaotusest selles; seeneniidid kasvavad toiteallika suunas, näiteks lehekudede juurde, läbi õhulõhede jne.; tolmutorud kasvavad mööda emakakaela seemnealgme lootekoti suunas.

Termotropismi all mõistetakse taimede kõverdusi optimaalse temperatuuri suunas. Seda nähtust võib jälgida juurtel, kui idandada seemneid saepurus, metallkastis, mida ühest küljest kergelt soojendatakse. Samuti võib seda näha kõrgmäestikus, kus põõsaste lamavad varred hoiduvad maapinna ligi, et pääseda intensiivsest kiirgamisest tingitud öisest jahtumisest.

Traumatotropismiks nimetatakse juurte omadust vigastuste korral kõverduda. Aerotropismiks nimetatakse juurte kasvamist õhupuudusel õhule juurdepääsu poole.

VÄÄN- JA RONITAIMEDE LIIGUTUSED

Nende taimedega tutvusime eespool (IV peatükis) ja mäletame, et neid iseloomustab nõrk vars, mis nõuab tuge.

Vääntaime, näiteks humalavarre tipp muudab oma asendit ruumis, tehes varre külgede ebaühtlase kasvamise tõttu lakkamatult ringlevaid, nutatsioonilisi liigutusi.

Ringlevad, nutatsioonilised liigutused on omased kõikidele taimedele, kuid enamikul neist esinevad nad nii nõrgal kujul, et neid on täpsete riistadeta äärmiselt raske märgata; vääntaimedel on nad aga maksimaalse arengu saavutanud.

Mingisugust tuge kohates keerdub vääntaimevars selle ümber, jätkates nutatsioonilisi liigutusi. Algul ei hoidu põimunud vars kuigi tihedalt toe ligi, pärastpoole aga tõmbub spiraal negatiivse geotropismi ja varre kasvamise tõttu pingule. Mõne taime (humala-) varred vääneduvad päripäeva, teistel aga vastupäeva (aeduba, tapud, võrmid).

Ronitaimede hulka kuuluvad paljud kõrvitsalised, liblikõielised, viinapuu jt. Nende õrnad köitraod satuvad ringlevate liigutuste tõttu tugedele ja siis kõverduvad järsult, reageerides ärritusele. Tekkinud kõverduse abil hakkavad nad toest kinni ja keerduvad vedrukujuliselt. Lõpuks kinnitub taim elastselt toe külge ega rebene selle küljest lahti ka kõige tugevamate tuulepuhangute korral (joonis 137). Köitraagude tundlikkus on üsna suur. On huvitav, et veetilkade vastu on köitraod täiesti tundetud, aga juba tühisegi karvakese puudutuse korral võivad nad kõverduda. Ajutised puudutused kõva esemega tekitavad ainult ajutist kõverdumist, mis hiljem sirgub.

Mõnedel köitraagudel toimub ärrituste vastuvõtmine eriliste seadiste abil, milleks on plasmarikaste ja vahel ka kaltsiumoksalaadi kristalle sisaldavate rakkude välisseintes asuvad poorid. Need seadised asetsevad ainult köitrao kõhtmisel küljel, mis on suure tundlikkusega, köitrao selgmisel küljel aga puuduvad. Filmivõtted näitavad ronitaimede juures nutatsiooniliste liigutuste huvitavat iseärasust: köitrao ja toe kokkupuute momendil lakkab

võsutipu liikumine täielikult, kuni köitraag on end otsa külge kinnitanud.

Kasvuliigutuste hulka kuuluvad ka need taimeliigutused, mida nimetatakse «õite uinakuks». See nähtus ei ole identne loomade uinumisega, vaid on ainult piltlik nimetus, mil pole midagi ühist psüühilise tegevusega.

«ÕITE UINAK» JA «LEHTEDE UINAK»

«Õite uinakut», s. o. õie kattelehtede sulgumist ja nende avanemist põhjustab temperatuuri muutumine (tulbid, krookused jt.) või valguse intensiivsuse vaheldumine (võilill, tubakas, vesiroos, palu-karukell, kõrvits jt.).

Mõnede taimede õied sulguvad ööseks, ööliblikate poolt tolmeldatavad õied (tubakas, ogaõun) on aga vastupidi päeval suletud ja avanevad ööseks.

Niisugused õised õied on harilikult valged ja tugeva lõhnaga. «Lehtede uinak» on kõige sagedamini seotud lehtede liigestes asetsevate rakkude turgori muutumisega. Seda laadi liigutused on eriti arenenud liblikõielistel taimedel ja nende põhjuseks on kõikuva temperatuuri ning muutuva intensiivsusega valguse üheaegne mõjutus (joonis 211 ja 212).

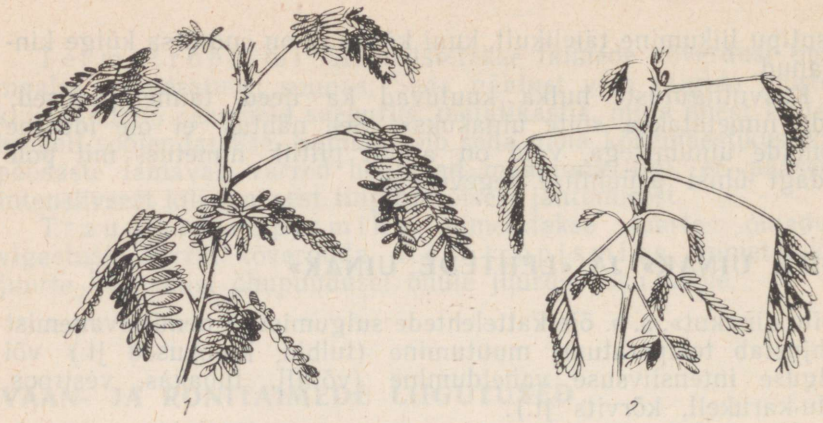
Turgorliigutused on suurima arengu saavutanud mimoosil (*Mimosa pudica*) (joonis 213).

Mimoosi liigutused. Mimoosi võib kergesti seemnetest üles kasvatada, kui panna lillepott aknale. Mimoosi sulgjad liitlehed



Joonis 211. Jänesekapsa- ja ristikulehed:
1, 2 — sirges olekus; *3, 4* — «une seisundis».

Joonis 212. Noor aedoataim:
1 — lihtlehtede asend öösel; *2* — lihtlehtede asend päeval.



Joonis 213. Häbelik mimoos:
1 — taim tavalises olukorras; *2* — sama taim pärast kerget puudutust.

ei sulgu ainult ööseks, vaid ka siis, kui neid kergelt puudutada. Üldine lehevars laskub seejuures alla (joonis 213). Mimoos on levinud troopikamaades, kus esineb sageli vihmavalinguid. Juba esimeste vihmapiiskade mõjul tõmbuvad õrnad lehekesed kokku, lehevars laskub alla ja suured vihmapiisad ei kahjusta taime, vaid veerevad maha. On ka võimalik, et mimoos peletab sel viisil eemale putukaid, kes võiksid tema õrnu lehti kahjustada. Mimoosi lehed sulguvad ka ööseks ja laskuvad longu. Eriti tundlikeks kohtadeks on mimoosil liigeste alumine külg ja lehekeste tipud.

Ärrituse tõttu sulgunud lehed sirguvad mõne aja pärast uuesti. Kui ärritada ühe liitlehe tipmist lehekest, põletades teda pealt luubi abil, võime märgata, kuidas ärritus kandub edasi mööda taime: algul läheb kokku esimene lehekeste paar, siis teine, kolmas jne. ning lõpuks laskub leheroots alla. Kui ärritus on tugev, siis kandub see üle ka teistele lehtedele, mille lehekesed hakkavad alates lehealusest järjestikku kokku käänduma. Mimoosi tundlikkus sõltub välistingimustest (temperatuurist, niiskusest jt.). Tundlikkust võib mõneks ajaks täielikult kõrvaldada, kui mõjutada mimoosi lühikest aega eetri või kloroformi aurudega.

Ärrituse edasiandmise kiirus (kuni 10 cm sekundis) on mimoosil, võrreldes teiste taimedega, küllalt suur, kuid võrreldes loomadega (konnal näiteks kuni 28 m sekundis) siiski väike.

Mimoosilehtede ärritus kandub edasi leherootsu alusel asetsevatesse rakkudesse (liigesrakud). Leherootsud laskuvad longu selle tõttu, et ärrituse puhul läheb osa vett leherootsu alumise poole liigesrakkude vakuoolidest rakuvaheruumidesse, turgorrõhk väheneb ja liigese alumine pool lüheneb märgatavalt. Kuidas aga ärritus teistele lehtedele üle kandub, see küsimus on esialgu veel

selgitamata. Oletatakse, et teatavat osa selles etendavad plasmodesmid.

Taimede liigutusi, mida põhjustavad kindla suunata ärritajad, näiteks koit ja hämarik, temperatuuri muutused või lõpuks üldine raputamine, nimetatakse taimefüsioloogias nastilisteks liigutusteks. Nende hulka kuuluvad «taimede uinak», mimoosi liigutused ja teised sellesarnased liigutused.

TAIMEDE ONTOGENEESI MÕISTE, MONOKARPSED JA POLÜKARPSED TAIMED

Ontogeneesi ehk individuaalse arenemise all mõistetakse tavaliselt taime elu, alates selle sünnist, s. o. viljastatud munaraku esimesest jagunemisest kuni taimorganismi loomuliku surmani. Mõnikord mõeldakse ontogeneesi all taime elutsüklit seemne idanemisest kuni organismi loomuliku surmani. Individuaalse arenemise protsessis toimuvad taimorganismis pidevad vormimuutused, mis on tema rakkudes, kudedes ja organites esinevate seaduspäraste kvalitatiivsete muutuste tulemuseks.

Taimede elutsüklis paistab selgelt silma kaks perioodi. Esimesele perioodile on iseloomulik vegetatiivsete organite tekkimine ja kasvamine, teisele aga generatiivsete organite tekkimine ja arenemine. Vegetatiivse kasvu perioodi ja generatiivse arenemise perioodi läbimise iseloomu alusel ning selle järgi, kuidas mõjub viljakandmine elu kestusele, jagatakse kõik taimed tinglikult kahte suurde rühma: monokarpseteks (üks kord viljuvaiks) ja polükarpseteks (palju kordi viljuvaiks).[1]

Monokarpsete taimede hulka kuuluvad kõik ühe- ja kaheaastased ning mõned mitmeaastased taimed.

Monokarpsed taimed surevad pärast viljakandmist. Üheaastaste vormidena on nende seast tuntud efemeerid, suvi- ja taliviljad, kaunviljad, kõrvitsalised jt., kaheaastastena juurviljad, sibul, kapsas jt., mitmeaastastena agaavid, bambus, mõned palmid jt.

Polükarpsetel taimedel surevad pärast viljakandmist kas äraõitsenud vilju kandvad võsud või vilju kandvad võsude osad. Polükarpsete taimede hulka kuuluvad nii mitmeaastased rohttaimed (ristik, võililL, orashein jt.) kui ka puud ja põõsad. Polükarpsed taimed võivad esimest korda õitseda kas 1. aastal (harilik timut), 2. aastal (lutsern), 3. aastal (marjapõõsad), 8.—12. aastal (õunapuu, pirnipuu), 25.—30. aastal (pärn, vaher), 40.—60. aastal (tamm) jne.

Taimede elutsükkel võib kesta mõnest nädalast (varakevadik) kuni 5000 aastani (mammutipuu).

[1] Kreekakeelsetest sõnadest: «monos» — üks, «polü» — palju, «karpon» — vili.

TAIMEDE KASVAMISE JA ARENEMISE VASTASTIKUNE SEOS

K a s v a m i s e all mõistetakse taime kaalu ja mahu suurenemist, mis on seotud struktuurielementide moodustumisega, a r e n e m i s e all aga elu kestel taimes toimuvaid morfoloogiliste ja füsioloogiliste muutuste kogumit, alates reprodutseeriva raku (sügoodi, eose) tekkimisega ja lõpetades uute reprodutseerivate rakkude ühe või paljukordse moodustumisega. Lühima definitsiooni arenemisprotsessile on andnud D. Sabinin. Organismi arenemise all mõistab ta muutusi struktuurielementide moodustumises, mis on tingitud elutsükli läbimisest organismi poolt.

Taime kasvamine ja arenemine on vastastikku seotud, vastastikku põhjustatud ning teineteisest sõltuvad protsessid. Ühes ja samas taimorganismis võivad kasvamise ja arenemise protsessid kulgeda mitmesuguses kombinatsioonis. Taim võib intensiivselt kasvada, kuid samal ajal aeglaselt areneda ning, vastupidi, aeglaselt kasvada, aga kiirelt areneda.

Piirjoone kasvamise ja arenemise vahele võib tõmmata vaid tingimisi, sest selle määrab ära meie poolt kasvamise ja arenemise tundmaõppimiseks kasutatavate vahendite tundlikkus (silma abil hindamine, vaatlus mikroskoobiga jne.). Pealiskaudse vaatluse korral võib näida, et võrsumise ajal taliteravili ainult kasvab, kuid ei arene ja et tema arenemine algab alles loomisega. Tähelepaneliku uurimise puhul aga näeme erinevusi iga järjestikku ilmuva uue lehe juures. Niisuguseid erinevusi, s. o. lehtede arenemise seaduspärasusi, uuris üksikasjalikult N. Krenke (1933—1935). Lehealgme leheks muundumine võib paista meile kasvamise tüüpilise näitena, aga leherakke ja -kudesid mikroskoobis vaadeldes avastame neis muutusi, mis on seotud iga raku elutsükli kulgemisega. Mikroskoobis näeme meristemaatiliste rakkude spetsialiseeritud rakkudeks muundumise protsessi.

Arenemise üldisteks omadusteks on: 1) arenemise jagunemine reaks elementaarseteks etappideks ja 2) arenemise varieeruvus, s. t. mitmesuguste arenemisvariantide võimalus, sõltuvalt taimorganismi pärilikest ja välistingimustest.

Kasvamise ja arenemise põhilised etapid. Kõrgemate taimede ontogeneesis eristatakse tavaliselt viit arenemise ja kasvamise etappi (ehk faasi): 1) embrüonaalne (seemneline); 2) juveniilne ehk noorusea; 3) täisea ehk küpsuse; 4) (sugulise või vegetatiivse) paljunemise ja 5) vanaeaetapp.

Seemnetaimedel algab e m b r ü o n a a l n e e t a p p munaraku viljastamise momendiga ja kestab kuni seemneembrüo idanemise alguseni. N o o r u s e a e t a p p vältab seemneembrüo idanemise algusest kuni esimeste õiealgmete tekkimiseni taimel; sel etapil toimub taimede vegetatiivsete organite (lehtede, varte ja juurte) kujunemine ja tekivad eellastele sarnased morfoloogilised tunnu-

sed. Sel ajal väljendub kujukalt biogeneetiline seadus — ontogenees kordab lühidalt fülogeneesi. Täiseaetappi iseloomustab generatiivsete organite kujunemise lõpulejõudmine ja uute sugurakkude tekkimine. Sugulise paljunemise etapp algab embrüo tekkimisega ja kestab viljade ning seemnete täieliku küpsemiseni. Vanaeaetapp kestab viljakandvuse täielikust lakkamisest kuni taime surmani.

Monokarpsed taimed läbivad järjestikku kõik ontogeneesietapid, kuid ainult üks kord elus. Polükarpsetel taimedel (puud, põõsad ja mitmeaastased rohttaimed) esineb embrüonaalne ja juveniilne etapp üksainus kord elutsüklis, sugulise küpsuse ja paljunemisetapp aga kordub. Mitmeaastastele polükarpsetele taimedele on iseloomulik kõigi ontogeneesietappide pikk kestus.

Vegetatiivselt paljunevatel taimedel kulgeb embrüonaalne etapp vegetatiivse paljunemise organite (mugulad, sibulad, risoomid) pungades; juveniilne etapp algab pungade tärkamisega, täiseaetapp vegetatiivse paljunemise uute organite algmete ilmumisega; paljunemisetappi iseloomustab vegetatiivse paljunemise organite täielik küpsemine; vanaeaetapp on seotud taime eluliste protsesside üldise raugemisega.

Kõige rohkem on uuritud alamate taimede — seente ja vetikate arenemise füsioloogiat. Katteseemnetaimedel on aga embrüonaalse etapi arenemisfüsioloogia, mis on tähtsaim periood taime elutsüklis, peaaegu veel uurimata; põhjuseks on siin tehnilised raskused füsioloogiliste muutuste uurimisel, mis toimuvad pärast viljastamist lootekotis. Seepärast alustatakse taimede arenemise kirjeldamist seemnete idanemise iseloomustusega kui seemnetaime elutsükli ühe esimese etapiga.

Väliskeskkonna tingimused (mulla- ja õhukaudne toitumine, vesi, temperatuur ja valgus) mõjutavad tugevasti taimede kasvamise ja arenemise protsesse. Kõige rohkem on uuritud madala temperatuuri (jarovisatsiooniprotsessi) ja valgusrežiimi (fotoperiodismi) mõju taliteraviljade arenemisele. Viimastel aastatel on alustatud uurimisi füsioloogiliselt aktiivsete ainete (giberelliini, kinetiini jt.) mõju kohta taimede kasvamisele ja arenemisele.

Jaroviseerimine. Juba möödunud sajandi keskel avaldati mõningaid töid madalate temperatuuride mõju kohta taimede arenemisele. Nii kirjutas J. Clippart (1858), et kui talinisuseemneid sügisel või talvel kergelt idandada ja siis nende kasvamist madala temperatuuri abil pidurdada, tärkavad nad kevadel ja taimed loovad tähad ühe vegetatsiooni jooksul suvinisu taoliselt. Need uurimused madala temperatuuri mõju kohta taimede arenemisele jäid aga kauaks ajaks märkamata. Murrangut seemnetaimede reproduktiivsesse seisundisse ülemineku füsioloogia uurimise alal tähistavad saksa teadlaste G. Klebsi (1918) ja G. Gassneri (1918) tööd.

Oma töödes tõendas Klebs, et taimede arenemistsükkel on mõjutatav. Klebs leidis, et välistingimusi (valguse intensiivsust jne.) muutes võib taimede arenemiskäiku kiirendada ja pidurdada. Välistingimused ei mõjuta seejuures arenemist mitte otseselt, vaid taimede füsioloogilise seisundi muutmise teel rakkudesse kogunenud toitainete (süsivesikute ja lämmastikuühendite) vahekorra muutmise kaudu.

Gassner tõestas eksperimentaalselt, et kui niisugused tüüpilised kaheaastased taimed, nagu peet, kapsas, porgand jt. läbivad arenemise algfaasid madalas temperatuuris, võivad nad elutsükli lõpetada ja seemneid anda ka ühe aasta jooksul.

Käesoleva sajandi 20—30-ndatel aastatel hakati madala temperatuuri mõju taliviljade ja kaheaastaste taimede arenemisele uurima ka Nõukogude Liidus. Taimede arenemise kiirendamist, mis saavutatakse seemnete ja kasvavate taimede pikemaaegse mõjutamise teel madala temperatuuriga, mille tulemusena taliviljad ning kaheaastased taimed lõpetavad elutsükli ühe aasta jooksul nagu suviviljad, hakati nimetama jaroviseerimiseks.

Tänu arvukatele uurimistele tehti kindlaks järgmised asjaolud. Jaroviseerimine on füsioloogiline protsess, mille optimumtemperatuuriks on umbes 5° ja maksimumtemperatuuriks umbes 10°. Madala temperatuuri tõttu kestab see protsess eri taimede juures 14—30 päeva ja talinisu juures 35—50 päeva. Kõik taimed ei vaja jaroviseerimist. Jaroviseerimine on evolutsiooniprotsessis välja kujunenud ainult tali- ja pooltaliviljadel, talvituvatel suviviljadel, kaheaastastel taimedel ja mõnedel mitmeaastastel taimedel.

Jarovisatsioonilised muutused toimuvad kasvukuhiku meristemaatilistes rakkudes ja ei ole seotud kasvukuhiku struktuuri muutustega. Jaroviseerimisprotsess võib kulgeda nii idanevates seemnetes (ontogeneesi embrüonaalne etapp) kui ka suurtes kasvavates taimedes (juveniilne etapp). Jaroviseerimise eeldusteks on madal temperatuur, aeratsioon ja kudede suur veesisaldus. Jaroviseerimise puhul nihkub protoplasma isoelektriline punkt kasvukuhiku meristemaatilistes rakkudes happesuse poolele, mis on seletatav RNH kogunemisega. Peale selle nihkuvad redokstingimused oksüdeerumisprotsesside tugevnemise suunas.

Paljudel taimedel (kõrrelistel teraviljadel, hernel, lupiinil jt.) jaroviseeruvad nii rohelised idandid kui ka vaevalt idanema hakanud seemned. Kaheaastastel taimedel (peedil, naeril, porgandil ja kapsal) ilmnevad muutused ainult rohelistes tõusmetes.

Kõigest sellest lähtudes on välja töötatud kõrreliste taliviljade seemnete küivieelse jaroviseerimise meetod, mis võimaldab nende seemnete kevadist külvi. Näiteks talinisu külvist niisutatakse jaroviseerimise otstarbel ühtlaselt (võetakse 37 kaaluosa vett 100 kaaluosa külvise kohta) ja jäetakse siis kaheks kuni kolmeks päevaks 5—10° temperatuuri kätte, et terad hakkaksid kergelt idanema. Kui 5 protsendil teristel hakkavad idud juba nähtavale

tulema, hoitakse neid, sordist sõltuvalt, 35—50 päeva veelgi madalamas temperatuuris — 2 kuni 0° juures. Selle aja jooksul toimuvad seemne embrüo kasvukuhiku meristemaatilistes rakkudes füsioloogilised muutused, mille tulemusena taim on valmis järgmist arenemisetappi läbima ja tal tekivad vastaval ajal varred, tähad, õied ning viljad.

Taliviljade ja kaheaastaste taimede jaroviseerimine on ettevalmistavaks etapiks fotoperiodismireaktsioonidele, mis panevad taime õitsema.

Fotoperiodism. Fotoperiodismi avastasid 1920. aastal ameerika teadlased W. Garner ja H. Allard ning järgmistel aastatel uurisid seda nähtust intensiivselt nõukogude teadlased N. Maksimov, V. Razumov, M. Tšailahjan jt. Fotoperiodismi all mõistetakse evolutsioonis väljakujunenud vajadust päeva ja öö pikkuse kindla vahekorra järele. Eriti tundlik on taim selles suhtes õiealgmete arenemise ajal ja enne õitsemist. Päevapikkuse vajaduse järgi jagunevad kõik taimed kolme rühma: lühipäeva taimed, pikapäeva taimed ja päevapikkuse suhtes neutraalsed taimed. Fotoperioodiline reaktsioon on seotud vastava taime geograafilise päritoluga.

Lõunamaataimed (eriti troopilised taimed) vajavad normaalseks arenemiseks enamasti lühikest päeva, paraskliima taimed aga pikka päeva. Nii õitsevad sojauba, aeduba, hirss, sorgo, riis, mais, tubakas, puuvill, päevalill ja krüsanteem seda varem, mida lühem on päev ja pikem öö. Neid, oma päritolult peamiselt troopilisi taimi nimetatakse lühipäevataimedeks. Sellised taimed kasvatavad päeva pikenemisel suurel hulgal vegetatiivset massi, õitsevad aga halvasti või ei õitse üldse. Lühipäevataimed annavad pika suvise päevaga põhjarajoonides küll palju haljasmassi, jäävad aga õitsemisega hiljaks ega jõua õigel ajal valmida. Seetõttu kasvatatakse paljusid lõunapoolse päritoluga taimi (maisi, päevalille) põhjapoolsetes rajoonides kui silokultuure.

Niisugused taimed, nagu nisu, oder, magun, redis jt., kuuluvad pikapäevataimede hulka. Päeva täiendava elektrivalgustuse abil pikendades võib pikapäevataimede õitsemist ja küpsemist kiirendada, ning, vastupidi, päeva lühendades (taimi kastidega kattes) võib palju vegetatiivset massi saada ja ühteaegu nende õitsemist ning valmimist edasi lükata. Taimede päevase valgustuse kestust võib muuta ka istikute kasvatamise ajal, seda võtet kasutatakse köögiviljanduses.

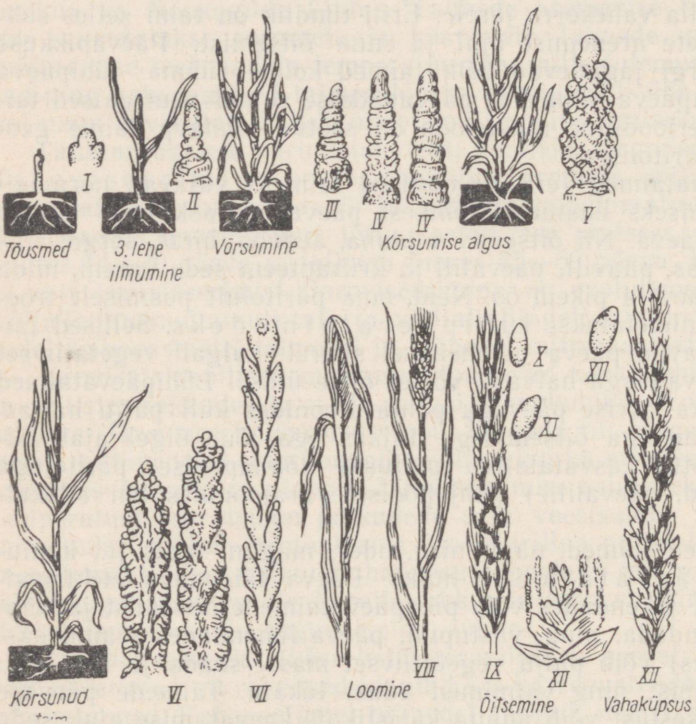
Fotoperioodiliste mõjutuste vastuvõtuorganiks on taimel lehestik. Lehtedes tekivad mingisugused ainevahetusprodukti, mille olemus pole veel selge. Need produktid rändavad kasvupunktidesse ja põhjustavad generatiivsete organite moodustumist.

ORGANOGENEES JA SELLE SEOS TAIMEDE ARENEMISEGA

F. Kupermani uurimised (1952—1963) ja tema töö jätkajate uurimised näitavad, et katteseemnetaimede võsu arenemisel võib täheldada kahtteistkümmend järjestikust organogeneesietappi, s. t. organite tekke protsessi (joonis 214). Organogeneesietappide iseärasused on järgmised.

I etapp — kulgeb diferentseerumata kasvukuhikus. On jälgitav idanema hakkava seemne juures või ka pungas selle arenemise algul.

II etapp — kasvukuhikualus diferentseerub sõlmealgmeteks ja sõlmevahedeks, diferentseeruvad ka varrelehtede algmed.



Joonis 214. Nisu organogeneesietapid ja arenemisfaasid:

I — diferentseerumatu kasvukuhik; *II* — varrealgme diferentseerumine sõlmedeks ja sõlmedevahedeks (varrelehtede algmete diferentseerumise algus); *III* — kasvukuhiku ülemise osa segmentatsioon ja kattelehtede algmete kujunemine; *IV* — pähikute kühmukeste kujunemise algus; *V* — õite kujunemine pähikutes; *VI* — tolmukapeade kujunemine (mikrosporogenees) ja emaka kujunemine (makrosporogenees); VII — sugurakkude kujunemine (gametogenees); täha peatelje järkmete, pähiku- ja õiekattelehtede kasvamine pikkusse; VIII — täha loomine; IX — õitsemine, viljastamine, sügoodi tekkimine; *X* — terise kujunemine; *XI* — piimküpsus (toitainete kogunemine); *XII* — vahaküpsus (toitainete muutumine varuaineteks) ja seemnete valmimine (F. Kupermani järgi).

III etapp — diferentseerub õisikualgme peatelg ja ilmuvad õiekattelehtede algmed.

IV etapp — õisiku teljealgmele ilmuvad teise järgu kasvukuhikud (õisikuharud), s. t. kujunevad õisiku külgmised teljed.

V etapp — moodustuvad ja diferentseeruvad õied. Tolmukate algmetes tekivad arhesporiaalsed rakud.

VI etapp — kujuneb õis: hoogsalt kasvavad tupplehed (kõrrelistel libled), märgatavalt kasvavad kroonlehed (kõrrelistel sõklad) ja suurenevad viljalehtede mõõtmed. Mikro- ja makrospooride emarakkudes toimub meioos.

VII etapp — jõuab lõpule õietolmu kujunemine ja toimub gametogenees.

VIII etapp — jõuab lõpule õisiku ja õie osade kujunemine ja toimub õitsemine.

IX etapp — toimub viljastamine ja tekib sügoot.

X etapp — kasvavad ja kujunevad viljad ja seemned.

XI etapp — seemnesse kuhjuvad toitained.

XII etapp — kuhjunud toitained muunduvad varuaineteks. Seemned küpsevad täielikult.

Organogeneesietappide uurimise alusel on välja töötatud bioloogilise kontrolli meetod, mida on lähemalt kirjeldatud mitmetes õpikutes ja käsiraamatutes.[1]

Bioloogilise kontrolli meetod kujutab endast taimede arenemiseks ja kasvamiseks organogeneesi eri etappidel vajalike keskkonnatingimuste uurimise süsteemi.

Bioloogilist kontrolli kasutatakse taliviljade seisukorra määramiseks sügisel, talvel ja kevadel saagi ennustamiseks, pealtväetuse efektiivsuse määramiseks ja kastmis- ning väetusnormide ja -aegade kindlaksmääramiseks. Bioloogiline kontroll võimaldab aretusmaterjali täielikumat ja täpsemat hindamist.

TOLMLEMISE, VILJASTAMISE JA SEEMNETE EMBRÜO ARENEMISE FÜSIOLOOGIA

Uue organismi tekkimine algab viljastamisega, s. t. isas- ja emasgameedi liitumisega. Taimorganismi ontogenees algab sügoodi esimese jagunemisega. Sugurakkude tekkimine märgib üheaastastel taimedel elutsükli lõpulejõudmist ja polükarpsete taimede üksikutel õisi kandvatel võsudel aastase tsükli lõpulejõudmist. Viljastamisel tekib kahekordse pärilikkusega organism, mis on muutuvates keskkonnatingimustes suure eluvõimega. Soo ja sugulise protsessi tekkimine on kiirendanud evolutsiooni tempot. Risttolmlemine soodustab muutlikkust ja annab häid võimalusi looduslikuks ja kunstlikuks valikuks.

[1] Näiteks kogumikus «Биологический контроль в сельском хозяйстве». Изд. МГУ, 1962.

Praegustel taimedel kohtame mitmeid sugulise protsessi vorme. Kui mõnedel alamatel taimedel (nutthallituselistel) liituvad sugulises protsessis morfoloogiliselt sarnased +- ja —-mütseelid, siis kõrgematel õistaimedel on mitut tüüpi ja keeruka ehitusega generatiivsed organid, kus tekivad sugurakud ning toimub viljastamisprotsess.

Viljastamisel ei liitu sugurakkude sisaldis lihtsalt, mehaaniliselt, vaid see on keerukas füsioloogiline protsess. Niisugune ettekujutus sugulisest protsessist on tunnustust leidnud alles lähemas minevikus.

Esimesena nägi taimede viljastamise füsioloogilist olemust Ch. Darwin. Ta ei käsitanud sugulist protsessi mitte kui lihtsalt kahe suguraku mehaanilist ühinemist, vaid kui tolmuterade ja emakasuudme eritiste ning hiljem ka seemnealgmete sisaldise vastastikust toimet. Ta näitas, et uus organism tekib vanemtaimede diferentseeritud suguelementide vastastikuse toime ja ühinemise tulemusena. Ch. Darwin näitas kujukalt viljastamisprotsessi bioloogilist kasulikkust. Ta väitis, et seemnete tekkimiseks ja nendest elujõulise järelpõlve saamiseks on vaja, et viljastamisest võtaks osa palju õietolmu, et emakas oleks tolmutorudest küllastatud.

Suguline protsess on üks tähtsamaid bioloogilisi protsesse, millele alluvad kõik ülejäänud protsessid organismis ja mille alusel mõjutavad vastastikku üksteist ühelt poolt õietolm, tolmutorud, spermiumid ning teiselt poolt munarakk koos teda ümbritsevate rakkudega.

Katteseemnetaimede tolmuterad sisaldavad kontsentreeritud kujul kogumiku mitmesuguseid füsioloogiliselt aktiivseid aineid (fermente, vitamiine ja auksiine) ning samuti tärklist, lipoide, karotinoide, proteiide ja aminohappeid. Õietolmus on avastatud üle 20 fermendi, sealhulgas amülaasi, β-fruktofuranosidaasi, proteaase, lipaasi, pektinaasi, nukleaase, fosfataase, katalaasi, dehüdrogenaase, peroksüdaasi jt. Vitamiinidest esinevad õietolmus B_1, B_2, C, PP, E, provitamiin A jt. Õietolm sisaldab vitamiine tunduvalt rohkem kui ükski teine taimeosa. Tolmuterades olevad karotinoidid ei esine mitte plastiidides, vaid lahustunud olekus. Peale füsioloogiliselt aktiivsete ainete on õietolmus avastatud ka inhibiitoreid, s. t. füsioloogilisi protsesse pidurdavaid aineid. Sellepärast võib tolmuterade vastastikune toime mitmelt taimeliigilt võetud õietolmu segudes olla kas stimuleeriva või pidurdava iseloomuga.

Õietolmu kvaliteet sõltub õisikute asendist ilmakaarte suhtes, õie ja õisiku asukohast, ainevahetuse tingimustest ja muudest teguritest. Ultraviolettkiired mõjuvad õietolmule hävitavalt.

Tolmuterade kesta histokeemilised uurimised on näidanud, et seda läbivad pinnani ulatuvad ülipeened protoplasmaharud ja et see kujutab endast elusat, füsioloogiliselt aktiivset struktuuri,

mis peale valkude sisaldab veel fermente ja askorbiinhapet. Sellega on seletatav tolmuterade protoplasti võime peaaegu silmapilkselt emakasuudme rakkude protoplastidega vastastikusesse toimesse asuda. Elaval tolmuteral on suur ärritatavus, läbilaskvus ja valikuvõime. Õietolmu vananemisel langeb fermentide aktiivsus, ja sellele ongi rajatud mõned õietolmu eluvõime määramise meetodid. Õietolmu füsioloogia uurimisel ja tema eluvõime määramisel kasutatakse sageli õietolmu idandamise meetodit kunstlikes keskkondades.

Emakasuudmele sattunud õietolmu hulga suurenemisel suureneb ka selle idanemisprotsent ja tolmutorude pikkus. Mõnikord võib aga rikkalik tolmlemine, vastupidi, pidurdada idanemist, mis tuleneb õietolmusekreetide hüpertroofilisest mõjust õietolmu ja emakasuudme vastastikuse mõjutamise protsessis.

Tolmutera emakasuudmele sattumisest kuni kaheliviljastamiseni kulub aega 20—30 minutist (korvõielised, kõrrelised) kuni mitme kuuni (kaselised, pöögilised, käpalised). Nende äärmuste vahele mahuvad kõik üleminekud. Enamikul taimedel toimub viljastamine aga 10—50 tunni jooksul pärast tolmlemist.

Tolmutorude liikumisteed eri taimeliikide emakakudedes on erinevad. Enamiku üheiduleheliste taimede emakakaelas on kanal, mis on seestpoolt kaetud väljaulatuvate näsakestega, suuremal osal kaheidulehelistel taimedel aga on emakakaelas pikkadest rakkudest koosnev kobe juhtkude. Esineb ka üleminekutüüpi ehitusega emakakaelu.

Tolmuterade ja kasvavate tolmutorude sisaldisel on nõrgalt leelisene reaktsioon (pH veidi üle 7), sest õietolmu hüdrolüütilised fermendid on kõige aktiivsemad, kui pH = 4—6.[1] Emakasuudmel olevate näsakeste reaktsioon on happeline, see on optimaalne õietolmu hüdrolüütilistele fermentidele. Erinevused õietolmu ja emakasuudme pH suhtes võivad kõrreliste juures ulatuda 1,2—2 pH ühikuni. Nii on õietolmu emakasuudmele sattumisel tagatud õietolmu hüdrolüütiliste fermentide aktiviseerumine ja tolmutorude moodustumine. On ka kindlaks tehtud, et isoelektrilise punkti (IEP) pH võrdub tolmutorudel neljaga ja emakasuudmerakkudel 2,4—2,8-ga. Piki emakat võib jälgida juhtkudede füsioloogiliste ja biokeemiliste omaduste otstarbekohast muutumist suunaga emakasuudmest lootekottide poole. Emaka happesus väheneb, oksüdeerivate ja hüdrolüütiliste fermentide aktiivsus muutub ja muutub järk-järgult ka suhkrute, lämmastikuühendite, C-vitamiini jne. hulk. Sellepärast võib tolmutorude kasvamist emakasuudmest seemnealgmete poole seletada emakakudede

---

[1] pH — vesiniku näitaja, mis võrdub vesiniku ioonide kontsentratsiooni vastupidise märgiga logaritmile $pH = -\log (H^+)$; pH=7 korral on protoplasma või rakumahla reaktsioon neutraalne, pH>7 juures on reaktsioon leelisene, pH < 7 juures on reaktsioon happeline.

füsioloogilise polaarsusega ja õietolmu ning emaka biokeemiliste erisustega. Tolmutoru emakas liikumise teel esinevad tingimused, mis tagavad ainevahetuse aktiivsuse tolmutoru ja emakakudede vahel.

Küpse õietolmu ainevahetus on madalamal tasemel kui emaka oma, mida võib vaadelda kui kohastumist. See väldib tolmuterade toitainete piiratud varude ebatootliku kulutuse enne tolmuterade emakasuudmele sattumist.

Emakakudedes kasvamise puhul neelavad tolmutorud ümbritsevatest rakkudest suhkruid, aminohappeid ja teisi aineid. Emakakoed avaldavad kasvavatele tolmutorudele tugevat mõju. Kaughübridiseerimisel esineb juhuseid, kus tolmutorud lõpetavad emakakudede toimel kasvamise, pöörduvad ümber ja hakkavad vastassuunas kasvama.

Tolmuterade ja emakasuudme ning tolmutorude ja emakakudede vastastikune toime on mõlemapoolselt aktiivne. Tolmlemise puhul ühinevad õietolmu ja emakasuudme vastuolulised füsioloogilis-biokeemilised süsteemid ja see kutsub esile rohkearvuliste füsioloogiliste reaktsioonide laviinitaolise puhangu, et tagada tolmutorude kiiret kasvamist lootekottideni ja seega ka viljastamist.

Sugurakkude liitumise protsessi viljastamisel on põhjalikumalt uuritud ainult morfoloogilisest küljest, protsessi füsioloogilis-biokeemilist osa on tehniliste raskuste tõttu veel vähe selgitatud. On teada, et ka siin on tegemist füsioloogilis-biokeemilise polaarsuse ja protsesside vastuoluga, mis tingib ainevahetuse kõrget taset sugurakkude liitumisel ja seemneembrüo arenemisel.

Emassugurakkudes on avastatud vähesel hulgal desooksüribonukleiinhapet (DNH), isassugurakkudes on aga rikkalikult mõlemat nukleiinhapet (DNH, RNH). Pärast viljastamist suureneb sügoodiplasma ribonukleiinhappesisaldus ja -tuumade desoksüribonukleiinhappesisaldus. Sügoodi jagunemise momendiks suureneb nukleiinhapete sisaldus järsult, mis tõestab nimetatud hapete tähtsat osa nii sügoodi edasise arenemise stimuleerimisel kui ka seemneembrüo kujunemisel.

Viljastatud munarakust arenev seemneembrüo on väga elujõuline ja muutub järk-järgult bioloogiliselt aina aktiivsemaks. Tavaliselt eristatakse embrüo arenemises kolme faasi. Esimeses faasis on kiirelt arenev endosperm füsioloogiliselt aktiivsem embrüost, millel puudub veel kasvukuhik ja mis pole ühelgi tingimusel võimeline idanema. Teises faasis areneb embrüo endospermist kiiremini. Sel ajal diferentseeruvad seemneembrüo algelised elundid ja seeme muutub idanemisvõimeliseks. Kolmandas faasis on embrüo täielikult diferentseerunud ja temasse kogunevad varuained, endosperm kas atrofeerub või muutub varuainete mahutiks, ja embrüo saavutab suurima idanemisvõime.

Areneva seemne endosperm on nagu vahendajaks emataime ja embrüo vahel. Varuainete kuhjumisel langeb endospermi füsioloogiline aktiivsus.

Arenev seeme muutub külgetõmbetsentrumiks toitainetele, mis tulevad temasse emataimelt. Samal ajal võib tähele panna ühtede kudede arenemist teiste arvel. Embrüo toitub endospermi lagunemise produktidest, endosperm areneb nutselli ehk tuumiku rakkude arvel, nutsell aga lahustab ja imab teataval määral kesti (integumente).

Seemnete arenemise ja küpsemisega kaasneb tunduv kuivainekaalu suurenemine. Samal ajal toimuvad seemnekestades struktuuri muutused, rakuseintes tekib ja ladestub tselluloos, ligniin, suberiin, kutiin ja teised ühendid. Need ained annavad seemnekestadele mehaanilise tugevuse ja omaduse vett mitte läbi lasta.

Küps seemneembrüo on väga eluvõimeline ja rikas fermentide, füsioloogiliselt aktiivsete ainete ning varuainete poolest. Mõnedel taimesugukondadel esinevad varuained ja füsioloogiliselt aktiivsed ained nii embrüos kui ka endospermis. Sel juhul erinevad embrüo ja endospermi varuained: kui embrüos on rasva, siis on endospermis tärklist ja vastupidi.

Varuvalgud esinevad embrüos ja endospermis tavaliselt aleuroonteradena. Uuemate uurimuste põhjal pole seemne varuvalgud mitte inertsed, vaid fermentatiivselt aktiivsed ained. Embrüos esinevad paljud aminohapped, millest osa stimuleerib kasvuprotsesse, osa aga (trüptofaan, alaniin) pidurdab neid.

Paljude taimede embrüorakkudes on leitud alkaloide (teobromiin, berberiin jt.), glükosiide, eeterlikke õlisid ja teisi aineid.

Küpsed embrüod sisaldavad rohkesti fermente: peroksüdaasi, tsütokroomoksüdaasi, fenooloksüdaase, dehüdrogenaase, katalaasi, amülaasi, β-fruktofuranosidaasi, proteaase, fosfataase, lipaasi jt., samuti ka füsioloogiliselt aktiivseid aineid, askorbiinhapet, sulfhüdrüül- ehk tioolrühma sisaldavaid ühendeid, heteroauksiini jt. Fermentide ja füsioloogiliselt aktiivsete ainete sisaldus langeb seemne küpsemisel ja üleminekul puhkeperioodi. Idanevates seemnetes suureneb fermentide ja füsioloogiliselt aktiivsete ainete sisaldus ning aktiivsus järsult. Kiirelt ja üheaegselt suureneb idanevatel seemnetel peroksüdaasi, tsütokroomoksüdaasi ja dehüdrogenaaside aktiivsus; ka leidub neis suurel hulgal askorbiinhapet ja heteroauksiini.

Viimastel aastatel uuritakse arenevate seemneembrüode füsioloogilisi iseärasusi kunstlikus toitekeskkonnas isoleeritud embrüode kultuuri abil.

Varrelüli suure kasvuperioodi vaatlus. Mõõdame kõige nooremat aedoa-, põldoa-, maapirni- vms. varrelüli iga päev ühel ja samal tunnil seni, kuni ta lõpetab kasvamise. Mõõtmisi alustame sel ajal, kui varrelüli alles hakkab kasvama. Mõõtmiseks kasutame sentimeeter- ja millimeeterjaotusega õhukest joonlauda. Kujutame igapäevast juurdekasvu suure kasvuperioodi kõverana. Selleks märgime horisontaalsele teljele (abstsissile) võrdsete vahedega vaatluspäevad, vertikaalsele teljele (ordinaadile) aga teatava pikkusega joonte abil juurdekasvud. Ühendame ordinaatteljele kantud juurdekasvupunktid ja saame kõvera, mis kujutab taime varrelüli suurt kasvuperioodi.

Näide. Aedoa varrelüli esialgne pikkus on 6 mm. Mõõtmisi tehti iga päev kella kolme ajal.

Päevad	Pikkus (millimeetrites)	Juurdekasv (millimeetrites)	Päevad	Pikkus (millimeetrites)	Juurdekasv (millimeetrites)
5/III	6	—	10/III	85	30
6/III	10	4	11/III	100	15
7/III	18	8	12/III	114	14
8/III	30	12	13/III	119	5
9/III	55	25	15/III	119	0

Temperatuuri mõju kasvukiirusele. Määrame iga päev hästi kasvava noore aedoataime juurdekasvu. Esimese ja kolmanda ööpäeva jooksul hoiame aedoapotti klaaskupli all toatemperatuuris, teisel ja neljandal ööpäeval aga asetame poti jäässe ja katame kupliga, või paneme külmutuskappi. Missuguse varrejuurdekasvu saame esimesel ja kolmandal ööpäeval ja missuguse teisel ja neljandal?

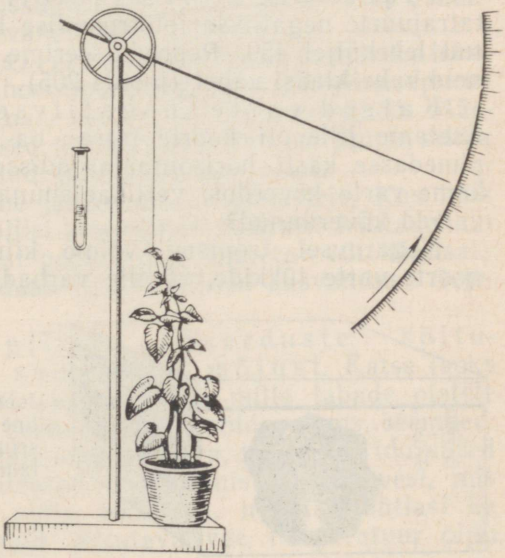
Suvisel ajal iga päev mõõtes humalavõsu pikkust ja ööpäevast õhutemperatuuri, võib kergesti märgata võsu kasvukiiruse sõltuvust temperatuurist.

Valguse mõju kasvukiirusele. Mõõdame kaht ühevanust aedoataime, millest üks areneb valguse käes ja teine pimedas, iga päev ühel ja samal ajal. Märkame, et ühe ja sama temperatuuri juures kasvab taim valguse käes aeglasemalt kui pimedas. Tuleb siiski meeles pidada, et pimedas toimub ainult orgaaniliste ainete ümberjaotumine ja mitte nende kogunemine. Pimedas omandavad taimed haiglase (väljaveninud) kuju, valguse käes aga normaalse (terve) kuju.

Näide

Valguse käes arenev aedoavars			Pimedas arenev aedoavars		
päevad	pikkus (cm)	ööpäevane juurdekasv (cm)	päevad	pikkus (cm)	ööpäevane juurdekasv (cm)
1	13,0	—	1	13,0	—
2	13,8	0,8	2	14,1	1,1
3	14,6	0,8	3	15,0	0,9
4	15,0	0,4	4	16,5	1,5
5	15,5	0,5	5	20,5	4,0
6	16,0	0,5	6	24,0	3,5
Üldine juurdekasv viie päeva kohta on 3 cm			Üldine juurdekasv viie päeva kohta on 11 cm		

Varre kasvamise vaatlus. Valmistame lihtsaima taime kasvukiiruse mõõtmise seadise, auksanomeetri (joonis 215). Monteerime statiivile ploki, mille külge kinnitame pika ja peenikese osuti (näiteks pillirookõrre). Üle ploki tõmbame peenikese siidniidi, mille ühe otsa seome kasvava varre ladva külge, teise otsa aga riputame raskuse, mis hoiab niiti nõrgalt pingul olekus. Kinnitame vastavale alusele valge kartongilehe, millele joonestame osutiotsa käigu järgi kaare. Varre vähimalgi pikenemisel nihkub osutiots märgatavalt edasi. Asetame seadise katse jaoks riiulile, mis on kinnitatud toa seina külge, nii et ei esineks mingeid põrutusi. Mulla potis kastame hästi läbi ja kolme tunni



Joonis 215. Lihtne taimede kasvukiiruse mõõtmise seadis.

pärast alustame vaatlustega. Märgime ööpäeva kestel iga tunni järel ära osutiotsa asukoha kartongil. Pärast seda mõõdame millimeetrites ära märkidevahelised kaugused ja arvutame varre juurdekasvud (suurendatud mastaabis) iga tunni kohta.

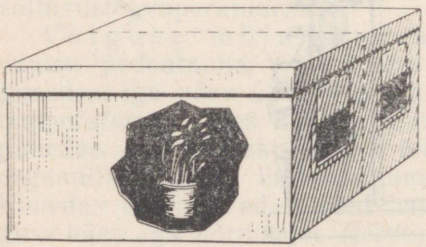
Saadud vaatlusandmed joonestame kõverana, mis kujutab varre ööpäevast kasvamist. Samal ajal registreeritakse õhutemperatuuri (iga tunni järel), päikese tõusu ja loojumise aega ning muid tegureid. Vastame järgmistele küsimustele. Missugustel tundidel kasvab taim kiiremini? Kas taim kasvab kiiremini ööseł või päeval? Kuidas mõjutavad kasvukiirust ööpäevased temperatuurikõikumised?

Varte positiivse fototropismi vaatlus. Fototropismi katsete jaoks vajame fototroopilist kambrit, s.t. puust või kartongist kasti, mis on seest mustaks värvitud (kasti umbkaudne suurus: pikkus 25 cm, kõrgus 20 cm ja laius 15 cm). Kasti ülemine kaas on avatav. Kasti ühes vertikaalseinas on 3—4 cm läbimõõduga ava, mida võib liikuva siibri või korgi abil sulgeda (joonis 216). Niisuguseid fototroofilisi kambreid peab olema mitu või siis üksainus, aga selle-eest lai ja mitme avaga, sõltuvalt uuritavate taimede arvust (näiteks viki, sinepi, hirsi ja maisi jaoks). Külvame seemned aegsasti enne katsete algust väikestesse lillepottidesse ja paigutame potid pimedasse kohta. Kui ilmuvad taimede etioleerunud tõusmed, asetame taimed fototroopilistesse kambritesse, mille avad keerame valguse poole. Nüüd vaatleme varte positiivset fototropismi. Mitme minuti pärast on taimevartel märgata fototroopilisi kõverdusi? Sooritame sama katse ka sinepi- ja hirsiidanditega.

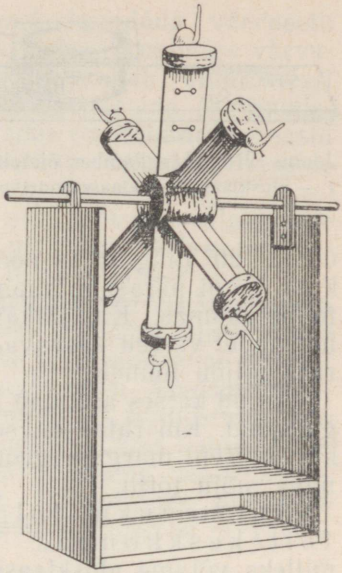
Juurte negatiivse fototropismi vaatlus. Katset tatrajuurte negatiivse fototroopilise kõverduse kohta on kirjeldatud leheküljel 459. Reprodutseerime selle, idandades tatraseemneid kahe klaasi vahel (joonis 205).

Katsed varte negatiivse geotropismi kohta. Asetame lillepoti noorte tatra-, oa-, maapirni- vms. taimedega pimedasse kasti horisontaalasendisse. Mõne tunni pärast märkame varte kõverdusi vertikaalsuunas. Missugustes kohtades on varred kõverdunud?

Negatiivset tropismi võime kiirelt avastada ka kõrreliste noorte varte tükkide, võilille varbade ja paljude teiste värskete



Joonis 216. Kaheosaline fototroopiline kamber. Joonisel on külgmine sein näidatud avatuna, et oleks näha taimevarte fototroopilisi kõverdusi.



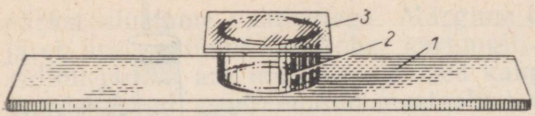
Joonis 217. Ratas juurte kasvatamisele suunavalt mõjuva raskusjõu kõrvaldamiseks. Seemned kinnitatakse nööpnõeltega metallist labade otstes olevate korgiseibide külge. Ratas pannakse liikuma veekraanist voolava veejoa abil.

varte juures. Puistame laia ja lameda klaasist tassi põhja 3—4 cm paksuselt hästi niisutatud liiva. Kuhjame liiva vallina tassi ühte äärde ja torkame sinna eespoolnimetatud varred. Katame tassi pealt klaaskupliga (joonis 206, üleval). Vastame järgmistele küsimustele. Mitme minuti pärast ilmnevad varte kõverdused? Missugustes kohtades on varred kõverdunud? Millist osa etendavad sõlmed kõrreliste vartes? Missugused kõrreliste varred on võimelised tõusma, kas noored või vanad (joonis 207)?

Katsed juurte positiivse geotropismi kohta. Kinnitame niiskes kambris horisontaalasendisse mõned saepurus idanenud sirgete juurtega oa-, maisi- või herneseemned. Märgime juurtele tuši abil jaotused (joonis 208). Tervete juurte sekka paigutame ka 2—3 vigastatud juurekübaraga juurt.

Järgmisel päeval vastame järgmistele küsimustele. Kas kõik juured on andnud geotroopilisi kõverdusi? Millistel kohtadel on juured kõverdunud? Kummal poolel (kas kumeral või nõgusal) toimub geotroopiliste kõverduste juures kiirem kasvamine? Seletame vaatluste tulemusi.

Taimede geotroopiliste kõverduste sõltuvus Maa raskusjõu suunavast mõjust. Katse jaoks vajame tsentrifugaalmasinat (joonis 217), mille labade otstele kinnitame näiteks idanevad herne-, aedoa-, põldoa- vms. seemned. Iga seeme tuleb kinnitada kahe nööpnõelaga, kusjuures idujuured võivad olla igale poole suunatud. Veekraanist voolav vesi, mis paneb tsentrifugaalmasina ratta pöörlema, niisutab ühtlasi ka idanevaid seemneid. Seemneid niisutava vee temperatuur olgu



Joonis 218. Märgkamber õietolmu idandamiseks rippuvas tilgas:
1 — alusklaas; *2* — klaassilindrike; *3* — katteklaas.

umbes 20° ning ratas pöörelgu küllalt kiiresti ja ühtlaselt. Juba kuue tunni pärast märkame, et juured kasvavad tsentrifugaaljõu toime suunas. Kui jätkame katset kuni varte tekkimiseni, siis näeme, et varred kasvavad ratta keskkoha poole, s. t. vastu tsentrifugaaljõu toimele.

Antud katses asendab Maa raskusjõu suunavat mõju tsentrifugaaljõud. Kui ratas on seisma pandud, võib veel kuni seemnete kuivamiseni märgata geotroopilisi kõverdusi Maa raskusjõu suunava mõju tõttu.

Nurmenuku tolmuterade idanemise vaatlus toitekeskkonnas. Valmistame Van-Tigemi märgkambri, milleks võtame alusklaasi ja kinnitame sellele kas vaseliini või sulatatud parafiini abil klaasist või kartongist silindri kõrgusega 1 cm ja läbimõõduga 1,5 cm (joonis 218). Toitekeskkonnana kasutame steriilset 1%-list agar-agari lahust, mis sisaldab 10% puhast sahharoosi. Enne tööle asumist steriliseerime toitelahuse veel kord veevannis, ta peab olema küllalt kuum, sest jahtudes muutub lahus sülditaoliseks massiks. Asetame veetilga Van-Tigemi kambrisse. Tõstame klaaspulgakese abil katteklaasi puhtale pinnale tilga toitelahust ja puistame sinna pintseti abil natuke nurmenuku (*Primula obconica grandiflora*) õietolmu, mida võtame õitsvate taimede küpsetest tolmukapeadest. Nüüd keerame katteklaasi ümber, nii et toitelahusetilk jääb allapoole, ja katame sellega Van-Tigemi kambri. Et katteklaas kohalt ära ei nihkuks, määrime kambri ääred vaseliiniga. Õietolmu idanemise kiirendamiseks asetame kambri termostaati, kus temperatuur on 25—30°. 45—60 minuti pärast paneme kambri mikroskoobi alla ja uurime õietolmu. Mikroskoobi vaateväljas näeme kasvavate ja idanema hakkavate tolmutorudega tolmuterasid. Õietolmu idanemise meetodit toitekeskkonnas kasutavad sordiaretajad, et määrata õietolmu eluvõimet.

Märkus. Nurmenuku õietolmu asemel võime idandamiseks kasutada ka sarapuu õietolmu. Juhul kui me teostame töö talvel või varakevadel, lõikame metsast isasurbadega sarapuuoksi, leotame neid 10—15 minutit soojas vees ja hoiame pärast seda 5—6 päeva toatemperatuuriga vees. Selle aja jooksul avanevad urvad ja neist hakkab varisema õietolmu, mida on kerge sahharoosi sisaldavas toitekeskkonnas idandada.

Õietolmu eluvõime määramine hingamisfermentide (dehüdrogenaaside) aktiivsuse järgi.

Meetod põhineb dehüdrogenaaside võimel taandada värvusetu 2, 3, 5-trifenüültetrasooliumkloriidi (TTK) lahus erepunase värvusega formasaaniks. Kõige täpsemalt iseloomustab eluprotsessi rakkude hingamine ja see teostub dehüdrogenaaside (hingamisfermentide) osavõtul. Elavates tolmuterades on dehüdrogenaasid aktiivses seisundis, surnud õietolmus võrdub dehüdrogenaaside aktiivsus aga nulliga.

Eluvõimeliste tolmuterade protsendi määramiseks valmistame 0,5—1%-lise TTK-lahuse Sörenseni $^1/_{15}$ molaarse fosfaat-puhversegu baasil, mille pH on 7,2. Kümne ml fosfaat-puhverlahuse valmistamiseks (pH-7,2) võtame 7 ml $Na_2HPO_4 . 2H_2O$ $^1/_{15}$ M lahust ja lisame sellele 3 ml KH_2PO_4 $^1/_{15}$ M lahust. Paneme alusklaasile 1—2 tilka TTK lahust ja asetame sellesse veidi uuritavat nurmenuku-, sarapuu- vms. õietolmu. Segame segu klaaspulgaga, katame katteklaasiga ja paneme 15—20 minutiks termostaati, kus temperatuur on 37°. Pärast seda uurime mikroskoobis kahte-kolme preparaati vähemalt viies vaateväljas ja arvutame nende koguarvust värvunud tolmuterade protsendi. Tolmuterade punaseks värvumine näitab nende eluvõimet. Surnud tolmuterad ei värvu.

SISUKORD

Üheksanda trüki eessõna 5
Sissejuhatus 7
Taimede tähtsus looduses ja inimese elus 7
Botaanika — taimeteadus. Botaanika harud 8
Taimeriigi arenemine. Ch. Darwini õpetuse põhiteesid ja tähtsus loodusteaduse arenemises 11
Taimeorganite, kõrgemate ja alamate taimede mõiste 15

1. TAIMEANATOOMIA JA -MORFOLOOGIA

I peatükk. TAIMEDE RAKULINE EHITUS 21

Rakud ja nende osad 21
Protoplasma 22
Rakutuum 25
Plastiidid 26
Rakukest 29
Vakuoolid 32
Rakuturgor ja plasmolüüs 34
Varuained taimerakkudes 36
Laboratoorsed tööd (rakk) 40

II peatükk. TAIMEKOED 51

Algkoed ja rakkude paljunemine 51
Kattekoed 54
Tugikoed 58
Juhtkoed 60
Põhikoed 63
Laboratoorsed tööd (koed) 65

III peatükk. JUUR 74

Juure morfoloogiline ehitus ja tähtsus 74
Juure anatoomia 76
Laboratoorsed tööd (juur) 82

IV peatükk. VARS 87

Varre ja võsu morfoloogia 87
Varre anatoomia 98
Laboratoorsed tööd (võsu ja vars) 105

V peatükk. LEHT 109

Lehe morfoloogia 109
Lehe anatoomia 114
Laboratoorsed tööd (leht) 116

VI peatükk. ÕIS. TOLMLEMINE JA VILJASTAMINE 124

Taimede õitsemine 124
Õis, selle tekkimine ja ehitus 124
Õisikutüübid 134
Tolmlemine 137
Viljastamine 141
Laboratoorsed tööd (õis) 145

VII peatükk. VILJAD JA SEEMNED 153

Viljade ja seemnete arenemine ja valmimine 153
Viljaliigid 153
Üldmõisteid seemnetest 158
Kaheiduleheliste taimede seemnete morfoloogia 159
Kõrreliste terise morfoloogia ja idanemine 161
Viljade ja seemnete levimine 164
Laboratoorsed tööd (vili ja seeme) 165

2. **PÕHITEADMISI TAIMESÜSTEMAATIKAST JA -GEOGRAAFIAST** 169

VIII peatükk. TAIMERIIGI MITMEKESISUS 171

Taimesüstemaatika- ja klassifikatsioonialaste teadmiste arenemine . . 171
Liik, perekond, sugukond 174
Liikide arv, liik, teisend, sort 175
Taimenimetused ja süstemaatika arenemine 176

IX peatükk. ALAMAD TAIMED — RAKISTAIMED EHK TALLO-FÜÜDID 177

Vetikad (*Algae*) 177
Laboratoorsed tööd (vetikad) 188
Bakterid (*Bacteria*) 190
Üldiseloomustus 190
Bakterite suurus, kuju ja paljunemine 190
Bakterite tähtsus looduses ja põllumajanduses 193
Roiskumine ja nitrifikatsioon 193
Käärimised 196
Patogeensed bakterid 198
Bakterite hävitamine ja nende elutegevuse halvamine 199
Bakterite kasvatamine želatiinil 200
Laboratoorsed tööd (bakterid) 202
Limaseened, seened, samblikud 204
Limaseened (*Myxobionta*) 204
Seened (*Fungi*) 206
Üldiseloomustus 206
Alamad seened 209
Kõrgemad seened 212
Kottseened (*Ascomycetes*) 213
Kandseened (*Basidiomycetes*) 218
Teisseened (*Fungi imperfecti*) 227
Samblikud (*Lichenes*) 227
Laboratoorsed tööd (limaseened, seened ja samblikud) 230

X peatükk. KÕRGEMAD TAIMED — TÜVENDTAIMED 234

Sammaltaimed (*Bryophyta*) 234
Üldiseloomustus 234
Turbasamblad 235
Päris-lehtsamblad 237
Laboratoorsed tööd (samblad) 239
Sõnajalgtaimed (*Pteridophyta*) 240
Sõnajalad 241
Osjad 243
Kollad 244
Laboratoorsed tööd (sõnajalgtaimed) 246
Paljasseemnetaimed (*Gymnospermae*) 248
Üldiseloomustus 248
Okaspuud 249

Laboratoorsed tööd (paljasseemnetaimed) 252
Katteseemnetaimed (Õistaimed) (*Angiospermae*) 253
Üldiseloomustus 253
Kaheidulehelised (*Dicotyledoneae*) 255
Lahkkroonlehised (*Dialypetalae*) ja kroonlehitud (*Apetalae*) 256
Sugukond tulikalised (*Ranunculaceae*) 256
Sugukond karusmarjalised (*Grossulariaceae*) 258
Sugukond roosiõielised (*Rosaceae*) 259
Sugukond liblikõielised (*Papilionaceae*) 263
Sugukond linalised (*Linaceae*) 271
Sugukond kassinaerilised (*Malvaceae*) 272
Sugukond pärnalised (*Tiliaceae*) 273
Sugukond piimalillelised (*Euphorbiaceae*) 274
Sugukond ruudilised (*Rutaceae*) 275
Sugukond viinapuulised (*Vitaceae*) 276
Sugukond vahtralised (*Aceraceae*) 278
Sugukond sarikalised (*Umbelliferae*) 279
Sugukond magunalised (*Papaveraceae*) 282
Sugukond ristõielised (*Cruciferae*) 283
Sugukond maltsalised (*Chenopodiaceae*) 287
Sugukond nelgilised (*Caryophyllaceae*) 291
Sugukond tatralised (*Polygonaceae*) 292
Sugukond pajulised (*Salicaceae*) 294
Sugukond kaselised (*Betulaceae*) 295
Sugukond pöögilised (*Fagaceae*) 296
Sugukond mooruspuulised (*Moraceae*) 298
Sugukond nõgeselised (*Urticaceae*) 298
Alamklass liitkroonlehised (*Sympetalae*) 299
Sugukond kassitapulised (*Convolvulaceae*) 300
Sugukond karelehelised (*Boraginaceae*) 301
Sugukond maavitsalised (*Solanaceae*) 302
Sugukond mailaselised (*Scrophulariaceae*) 305
Sugukond huulõielised (*Labiatae, Lamiaceae*) 306
Sugukond kõrvitsalised (*Cucurbitaceae*) 308
Sugukond korvõielised (*Compositae*) 311
Üheidulehelised (*Monocotyledoneae*) 315
Sugukond liilialised (*Liliaceae*) 315
Sugukond kõrrelised (*Gramineae*) 318
Sugukond lõikheinalised (*Cyperaceae*) 334
Praktilised tööd (katteseemnetaimede süstemaatika) 337
Taimede määramine 337
Taimede herbariseerimine 338

XI peatükk. TAIMEGEOGRAAFIA 341

Taimekooslused 341
NSV Liidu taimkattevööndid 343

3. TAIMEFÜSIOLOOGIA 351

XII peatükk. TAIMEDE KEEMILINE KOOSTIS JA AINETE TUNGIMINE RAKKU 353

Taimede elemendiline koostis 353
Taimede biokeemiline koostis 354
Lämmastikuvabad ühendid 354
Lämmastikuühendid 360
Vitamiinid, fütohormoonid, fütontsiidid ja alkaloidid 363
Ainete tungimine rakku 366
Laboratoorsed tööd (taimede keemiline koostis) 371

XIII peatükk. FOTOSÜNTEES (SÜSINIKU ASSIMILEERIMINE) . . 372

Üldmõisted 372
Kloroplastid ja klorofüll 375
Klorofülli lagunemine ja tema tekkimine taimes 376
Klorofüllispekter 378
Gaasivahetus ja fotosünteesi tingimused 380
Orgaaniliste ainete kogunemine fotosünteesil ja fotosünteesiproduktid . 382
Fotosünteesi tähtsus 384
Fotosünteesialaste teadmiste arenemine 386
Laboratoorsed tööd (fotosünteesi) 388

XIV peatükk. TAIMEDE TOITUMINE 392

Ained, mis tulevad juurestikku mullast 392
Taimede uurimise vegetatsioonimeetod 393
Juurestiku kaudu taime tungivate elementide tähtsus 398
Väetiste tähtsus 401
Taimede lämmastiktoitumine 402
Lämmastiku omastamine liblikõieliste taimede poolt 404
Sünteetiline ammoniaak ja lämmastiku ringkäik looduses 408
Parasiitide, poolparasiitide, saprofüütide ja putuktoiduliste taimede toitumine 410
Mükoriisa juurtel 413
Laboratoorsed tööd (taimede toitumine mineraalainetest) 414

XV peatükk. AINETE LIIKUMINE VARRES. VEE AURAMINE TAIMEST 415

Tõusev ja laskuv vedelike vool 415
Ainete liikumise põhjused. Vee taimesse tungimine 416
Transpiratsioon 421
Taimede põuakindlus 423
Taimede külma- ja talvekindlus 425
Laboratoorsed tööd (ainete liikumine varres ja vee auramine lehtede kaudu) 427

XVI peatükk. AINETE MUUNDUMINE TAIMEDES. HINGAMINE . . 432

Ainete tarbimine taimede poolt 432
Fermendid ja orgaaniliste ainete muundumine 432
Seemnete idanemise füsioloogia 436
Taimede hingamine 440
Anaeroobne hingamine ja alkoholkäärimine 444
Süsiniku ringkäik looduses 446
Laboratoorsed tööd 447

XVII peatükk. TAIMEDE KASVAMINE, TROPISMID, LIIKUMISED JA ARENEMINE 452

Taimede kasvamine ja suur kasvuperiood 452
Taimede kasvukiiruse mõõtmise viise 454
Välistingimuste mõju taimede kasvamisele 454
Taimede kasvamise ööpäevane ja aastane perioodilisus 456
Taimede liikumine ja tropismid 458
Vään- ja ronitaimede liigutused 464
«Õite uinak» ja «lehtede uinak» 465
Taimede ontogeneesi mõiste, monokarpsed ja polükarpsed taimed . . . 467
Taimede kasvamise ja arenemise vastastikune seos 468
Organogenees ja selle seos taimede arenemisega 472
Tolmlemise, viljastamise ja seemnete embrüo arenemise füsioloogia . . 473
Laboratoorsed tööd (kasvamine, tropismid, liigutused, tolmlemise ja viljastamise füsioloogia) 478

487

Исаин В. Н. и Юрцев В. Н. БОТАНИКА
(Теоретический и практический курс.) Девятое, перераб. и дополнен. изд.
На эстонском языке. Обложа Э. Тали. Издательство «Валгус». Таллин, Пярнуское шоссе, 10

Toimetajad A. Arak ja U. Grišakova. Kunstiline toimetaja R. Tungla. Tehniline toimetaja T. Linkvist. Korrektorid A. Kalberg ja H. Kull.

Laduda antud 6. IX 1968. Trükkida antud 26. II 1969. Läti NSV Staicele Paberivabriku trükipaber nr. 1, 60×90/16. Trükipoognaid 30,5. Arvestuspoognaid 32,84. Trükiarv 4000. Tellimuse nr. 7860. Trükikoda «Kommunist», Tallinn, Pikk t. 2. Hind 1 rbl.

Rbl. 1.-

A
29804
74252

TARTU ÜLIKOOLI RAAMATUKOGU
1 0300 00122561 6