V. Issain

BOTAANIKA



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1956

V. N. ISSAIN

BOTAANIKA

TEINE,
PARANDATUD TRÜKK

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1956

Originaali tiitel:

В. Н. Исаин

БОТАНИКА

Шестое, переработанное издание. Государственное издательство сельскохозяйственной литературы
Москва — 1951

Tõlkinud: E. Kattai, O. Tigane, G. Vilbaste

NSV Liidu Põllumajanduse Ministeeriumi poolt lubatud kasutada õpikuna põllumajandustehnikumides.

2
Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
40785

SISSEJUHATUS

1. BOTAANIKA JA TEMA ÜLESANDED

Teadust, mis uurib taime elu, tema ehitust, samuti ka maakeral esinevate taimorganismide mitmekesisust, nimetatakse botaanikaks. Selle teaduse ülesandeks on taimede igakülgne tundmaõppimine selleks, et juhtida nende arenemist ja ümber kujundada loodust sotsialistliku ühiskonna huvides.

Botaanika on väga vana teadus. Sõna botaanika tuletub kreekakeelsest sõnast «botane», mis tähendab köögivili, rohelus, rohi. Botaanikas õpitakse tundma taimi, s. o. organisme, mis moodustavad ühes loomadega ühtse elava looduse. Teadust elusloodusest nimetatakse bioloogiaks, järelikult on botaanika osa bioloogiast.

2. TAIM KUI ELAV ORGANISM

Taime elu on tihedas seoses ümbritseva keskkonnaga: taim saab mullast, veest ja õhust aineid, mida ta omastab (assimileerib), s. o. kasutab ära oma keha ülesehitamiseks. Taimorganism erinebki selle poolest looduse elutuist kehadest, et ta toitub, hingab, kasvab, areneb, paljuneb ja ehitab üles oma keha vastavalt ümbritsevatele tingimustele. Kui isoleerida taim ümbritsevast keskkonnast, siis lakkab ta olemast elavana, sest katkevad elu põhiprotsessid — ainevahetus, assimilatsioon (ainete omastamine) ja dissimilatsioon (hingamine, ainete lagunemine).

Elav taim ehitab oma keha ümbritseva keskkonna tingimuste abil, olles nendega ja oma pärilikkusega täielikus vastavuses. Välistingimuste muutumine tingib ka taimorganismi muutumise. Taimel märkame vahel aeglast ja märkamatut, vahel aga kiiret kasvu, milleks on tema keha kudedele ja elundeile algust andvate peenimate osakeste — rakkude — paljunemine ja suurenemine. Taimerakkude kvantitatiivne suurenemine põhjustab vastavates tingimustes neis rakkudes kvalitatiivseid muutusi. Need muutused põhjustavad taime ülemineku ühest arenemise staadiumist järgmistesse, viivad taime järelpõlve moodustamise ja paljunemiseni.

3. TAIMEDE TÄHTSUS LOODUSES JA INIMESE ELUS

Kaasaegne taimeriik on äärmiselt rikas ja mitmekesine. Taime elu on tihedalt seotud ümbritseva väliskeskkonnaga (õhuga, veega, mullaga), kust ta saab vajalikke gaase ja soolasid. Pidev ainevahetus taime ja väliskeskkonna vahel on vajalikuks elutingimuseks. Taimed mõjutavad ümbritseva õhu koostist; peale selle on nad üheks mullatekke teguriks. Samuti loob ka iga keskkond endale vastava taimestiku. Näiteks kuivade liivmuldade taimed erinevad niiskete rohumaade taimedest. Tundrate, metsade, steppide, kõrbete taimestikul on oma erinevad tunnused. Mägedel ja orgudes me näeme samuti omavahel tugevasti erinevaid taimi. Mitte ainult mulla ja õhu koostis, vaid ka nende niiskus, temperatuur, samuti ka valguse tugevus ja päevane valgustuse kestus avaldavad mõju taimedele. Nad on tihedas vastastikuses seoses väliskeskkonnaga, toituvad, hingavad, arenevad, paljunevad ja omandavad vastavuses selle keskkonnaga isesuguseid omadusi, mis antakse pärilikkuse teel järelpõlvedele edasi. Jõgede, järvede, merede ja ookeanide vees kasvavad samuti taimed, mis sobivad sellesse keskkonda.

Sõnad taim, taimkond kutsuvad meis kõigepealt esile kujutluse aasade, põldude, metsade rohelisest värvusest. Rohelised taimed sisaldavad oma rakkudes klorofülli, tänu millele nad on suutelised kinni püüdma päikesekiiri ja kasutama neid orgaanilise aine ehitamiseks. Orgaanilise aine ehitamise protsessi anorgaanilistest ainetest (süsihappegaasist ja veest) klorofülli ja valguse abil nimetatakse süsiniku assimileerimiseks ehk fotosünteesiks. Roheliste taimede tähtsus seisabki just selles, et nad *koguvad tohutuid orgaanilise aine varusid,* mis on vajalikud nii taimede endi kui ka loomade ja inimese toitmiseks. Fotosünteesil läheb süsihappegaas kas atmosfääriõhust või vees lahustunud õhust taime rohelistesse rakkudesse, taimest aga eritub hapnikku — inimese, loomade ja enamiku taimorganismide hingamiseks vajalikku gaasi. *Atmosfääri rikastamine hapnikuga* — see on roheliste taimede teine tähtsus, mis on niisama oluline kui esimenegi.

Inimene, kasutades põllumajanduslikus tootmises päikesekiirte tasuta energiat, saab endale roheliste taimede kaudu looduses kõige enam levinud anorgaanilistest ainetest (veest, süsihappegaasist, sooladest) vajalikke orgaanilisi aineid (süsivesikuid, valke, rasvu, vitamiine ja palju muud). Neid orgaanilisi aineid kasutab inimene kas otseselt oma tarveteks või töötleb neid loomakasvatuse kaudu veel hinnalisemateks ja vajalikumateks aineteks (rasv, liha, piim, või, juust, munad, vill).

«Toit on jõuallikaks meie organismile ainult seepärast, et ta pole midagi muud, kui *päikesekiirte konserv.*»[1]

[1] К. А. Тимирязев, Избранные сочинения, М. 1948, т. 1, стр. 203.

Inimene saab taimedelt mitte ainult mitmesuguseid toiduaineid, vaid ka lõpmatus mitmekesisuses temale vajalikke saadusi: kiudu, eeterlikke õlisid, vaike, arstimeid, kautšukit, puitu, tselluloosi jt. Isegi niisugused ained, nagu turvas, nafta, kivisüsi, pärinevad maakeral ammu elunenud taimedest. Nende taimede poolt kinnipüütud päikesekiirte energia vabaneb põlemisel ja kasutatakse ära kaasaegses tööstuses.

Kuid mitte kõigil taimedel, nagu me edaspidi näeme, ei ole rohelist värvust. Seened, bakterid ja ka mõned kõrgemad taimed on ilma klorofüllita ning on seepärast võimetud tootma fotosünteesi teel endale orgaanilist toitu anorgaanilistest ainetest. Sellised mitterohelised, sageli palja silmaga nähtamatud taimed (saprofüüdid), elunedes suurel hulgal taimede ja loomade suremisel tekkinud elutul orgaanilisel substraadil, kasutavad viimast oma toiduks, lõhuvad, mineraliseerivad seda ja muudavad ta uuesti rohelistele taimedele kasutatavaks. Selles seisab mitteroheliste — klorofüllita — taimede positiivne tähtsus. Kuid nende seas esineb ka palju kahjulikke parasiittaimi, mis elunevad elavatel organismidel ja toovad viimastele haigusi ning hävi.

4. TAIMED JA LOOMAD KUI ÜHTNE ELAV LOODUS

Milles seisab erinevus ja milles sarnasus taimede ning loomade vahel?

Oluline erinevus roheliste taimede ja loomade vahel on nende toitumise viisis. Rohelised taimed valmistavad ise endale toitu anorgaanilistest ainetest: veest, süsihappegaasist ja mineraalsooladest; kasutades päikese energiat, loovad nad orgaanilist ainet, ehitavad sellest oma organid ja talletavad seda ka varuks. Loomad toituvad valmis orgaanilisest toidust, mida toodavad taimed. Roheliste taimedeta ei saaks elada loomad ega inimesed: nad häviksid ilma toiduta, nad lämbuksid ilma õhuhapnikuta. Rohelised kultuurtaimed toodavad ainult siis meile vajalikul hulgal orgaanilist ainet, kui inimene, mõistes taimede elulisi tarbeid ja mehhaniseerides oma tööd, harib hästi mulda, külvab parimaid seemneid ning hooldab taimi. Eriti soodsais kliima- ja mullaoludes arenevad metsikult kasvavad taimedki lopsakalt, näiteks Altai eelmäestikus, Musta mere rannikul, põlistes troopikametsades ja pampades.

Roheliste taimede võime toota anorgaanilistest ainetest orgaanilisi aineid peegeldub ka nende välisel kujul: erinevalt loomadest on suuremal osal hulkraksetel rohelistel taimedel tugevasti liigendunud varred ja oksad. Atmosfäärist valguskiirte ja süsihappegaasi tabamiseks on taimel arenenud lehepind; mullast vee ja mineraalühendite kinnipüüdmiseks on tal tohutu juurestik. Atmosfääris ja mullas hajutatud anorgaanilised ained püütakse kinni taimede keha liigendunud pinna poolt, kuna taimed, erinevalt loo-

madest, on võrdlemisi liikumatud. Seega lähevad taimede kaudu käibele looduses kõige enam levinud anorgaanilised ühendid, mis taimede poolt kogutakse ja töödeldakse orgaanilisteks ühenditeks. Tähtsat osa etendab seejuures vesi. Loom on valmis orgaanilise toidu otsimisel omandanud liikuvuse ja kiire reageerimisvõime välismõjutustele. Me osutasime siin olulisele erinevusele roheliste taimede ja loomade vahel, kuid ka taimede seas on palju valmis orgaanilise toiduga toitujaid (saprofüüdid, parasiidid); leidub isegi putukasööjaid taimi. Taimede toitumine valmis orgaanilise toiduga esineb alati ka seemnete idanemisel. Roheliste taimede arenemisel lähevad fotosünteesi produktid — orgaanilised ained — ka uute rakkude ehitamiseks ja hingamisprotsessiks.

Kuna orgaaniliste ainete sünteesis etendab tähtsat osa päikesevalgus, siis on *rohelised taimed peamiselt energiat koguvaiks organismideks, mitterohelised taimed ja loomad aga energiat kulutavaiks organismideks.*

Kuigi roheliste taimede ja loomade toitumises esineb olulisi erinevusi, on looduse kahe riigi — taime- ja loomariigi vahel siiski ka palju sarnasust. Nii on loom- ja taimorganismide ühiseks tunnuseks nende rakuline ehitus. Rakkude ehitamiseks kulutatakse ühtesid ja samu aineid, kuigi keemiliselt koostiselt ja ehituselt erinevad taimsed rakud loomseist rakkudest suurema vee ja süsivesikute sisalduse, vakuoolide ja tsellulooskestade esinemise ning muude erisustega.

Taimedele ja loomadele on ühine ka h i n g a m i s p r o t s e s s, mis toimub elavais rakkudes vahetpidamatult. Ka k a s v a m i n e on omane mõlemale. L i i k u m i s v õ i m e t, kuigi piiratult, esineb ka taimedel — ühtedel suuremal, teistel vähemal määral, milles me veendume botaanika kursuse õppimisel. Ehkki taimorganismidel puudub närvisüsteem, mis etendab väga tähtsat osa loomade elus, võib kahtlemata taimedegi juures tähele panna tundlikkust ja reageerimisvõimet välistele ärritustele, kuigi aeglasemate liigutustega. Lihtsamate taim- ja loomorganismide seas leidub palju esindajaid, mis on omavahel väga sarnased isegi välistunnuste poolest. Vaatamata loom- ja taimorganismide välisele erinevusele, vaatamata olulistele erisustele nende toitumises, leiame me palju ühiseid sisemisi omadusi, mis on omased nii looma- kui ka taimeriigile. *Need ühised omadused kõnelevad meile taim- ja loomorganismide ühisest päritolust; mõlemad on saanud alguse ainuraksetest organismidest.* Kui me loomadest räägime, et nad «elavad», siis võime sama terminit kasutada ka taimede kohta.

Taimede maailm — see on osa elusloodusest. Paljude miljonite aastate eest ilmunud taimed ja loomad jätkavad pidevat arenemist ning on omavahel arvutute niitide ja vastastikuste suhetega seotud. Ühtede elu on sõltuvuses teiste omast: loomad tarvitavad hapnikku, rohelised taimed eritavad seda valguse käes; taimed koguvad energiat, loomad kulutavad seda; taimed koguvad endasse

soolasid ja orgaanilisi aineid, loomad (ja mitterohelised taimed) toituvad nendest. Teisest küljest on omavahel tihedalt seotud ka taimed ja eluta loodus. Taimed arenevad eluta looduse arvel: mullas on nad ümbritsetud vee ning sooladega, õhus on nad ümbritsetud mitmesuguste gaasidega; need ained tungivad taimesse, tarvitatakse selle keha moodustamiseks ja pöörduvad uuesti tagasi mulda, vette, õhku. *Rohelised taimed on siduvaks lüliks anorgaanilise looduse ja loomade vahel.*

5. ÕPETUS ELUSORGANISMIDE EVOLUTSIOONIST

DARWINI-EELNE PERIOOD

XVIII sajandi teisel poolel pidasid õpetlased nii botaanikas kui ka zooloogias kinni arvamusest taimede ja loomade «jumaliku» põlvnemise kohta. Kõiki organismide keerukaid eluprotsesse seletati tavaliselt «salapärase elujõu» abil, mis juhtivat elu. Taimede ja loomade liigid olevat muutumatud ja neid olevat niipalju, kuipalju lõi neid looja maailma loomisel. Seda legendi organismide «jumalikust» põlvnemisest ja nende muutumatusest pooldas isegi oma aja suur õpetlane Karl Linné. Ent katseid elava looduse päritolu materialistlikuks seletamiseks esines juba vana-kreeka ja rooma filosoofidel (Herakleitos, Empedokles, Lucretius jt.). Kuid alles XVIII sajandi lõpul ja XIX sajandi algul jõuti kujutluseni elusorganismide evolutsioonist (arenemisest) ja liikide muutlikkusest. Neid ideid väljendasid paljud vene ja välismaa filosoofid ning loodusteadlased — Charles Darwini eelkäijad.

Juba suur vene õpetlane M. V. Lomonossov (1711—1765. a.) avaldas mõtteid kogu maailma ja maakera muutumise ning arenemise kohta. M. M. Terehhovski (1775. a.), arendades õpetust mikroorganismide tekkimisest, kõneles elusolendite ühtsest astmikust. Afanassi Kaverznev — õpetlane ja silmapaistev mesinik — avaldas vaateid selle kohta, et kõik liigid on suguluses ja et loomad põlvnevad ühisest tüvest. Teda peetakse töö «Filosoofilised arutlused loomade ümbersünnist» kirjutajaks. Filosoof A. N. Radištšev avaldas arenemise ideid kirjutises «Inimesest, tema surelikkusest ja surematusest». Õpetlane G. L. Buffon rääkis, et kui maakerale ilmusid elusorganismid, siis muutusid nad koos elutingimuste muutumisega. Sama mõte esines ka Erasmus Darwini, Geoffroy Saint-Hilaire'i, Goethe, Lamarck'i (1809. a.), P. F. Gorjaninovi (1834. a.), Moskva Ülikooli professori K. F. Ruljee (1851. a.) ja teiste töödes.

Esimese põhjalikuma katse orgaaniliste vormide põlvnemise seletamiseks evolutsiooni vaatepunktist tegi Lamarck. Oma raamatus «Zooloogia filosoofia» püstitas Lamarck küsimuse organismide evolutsioonist ja märkis ära selle küsimuse lahendamise

teed. Milliseid vahendeid on loodusel arvutute looma- ja taimeliikide loomiseks? Kuni Lamarck'ini vastati sellele tavaliselt nii: liigid on loodud looja poolt ja nad jäävad muutumatuks. Lamarck andis teise vastuse: liigid tekkisid järk-järgult, loomulikul teel ja keerukamad tekkisid lihtsamaist. Lamarck lõi loomade klassifikatsiooni nende ajaloolise arenemise alusel. Oma õpetuses tõi Lamarck palju väärtuslikke tõendeid selle kohta, et taimed muutuvad välistingimuste (mulla ja kliima) otsesel mõjul. Lamarck tunnustas väliskeskkonna mõju organismi kujunemisele ja organismi poolt omandatud tunnuste pärandatavat edasiandmist järelpõlvele. Lamarck'i väärtuslikke põhiseisukohti liikide muutlikkusest ja keskkonna mõjust organismile ei hinnanud tema kaasaegsed, ning õpetus liikide muutumatusest püsis veel pool sajandit, kuni Ch. Darwini õpetuse ilmumiseni. Ei hinnatud omal ajal ka vene õpetlase — Darwini eelkäija — P. F. Gorjaninovi töid, kes juba 1834. aastal koostas taimede evolutsioonilise arenemise süsteemi.

CH. DARWINI EVOLUTSIOONITEOORIA

1859. aastal ilmus suure õpetlase Charles Darwini raamat «Liikide tekkimine loodusliku valiku teel ehk soodustatud tõugude säilimine olelusvõitluses»[1], mis tõi täieliku pöörde tolle ajani valitsenud kujutlustesse orgaanilisest maailmast. Darwini geniaalne töö purustas kõik sajandite vältel kujunenud vana vaate alused elule, loodusele ja looduses toimuvaile nähtustele.[2]

Tohutu hulga faktide ja nende faktide teadusliku analüüsi abil tõestas Darwin, et elu Maal muutub ja areneb; samuti andis ta ka seletuse organismide täienemise põhjuste, nende ümbritsevale keskkonnale kohanemise põhjuste ja nende ehituse suhtelise otstarbekuse kohta.

Tuginedes Darwini teooriale, võime järeldada, et esimesed lihtsaimad organismid, mis tekkisid keerukaist orgaanilistest ühenditest, allusid edasistele muutustele. Arenemise protsessis, looduse stiihiliste jõudude tegevuse tulemusena tekkisid üha uued ja uued, mitmesugustele tingimustele kohanenud liigid. Ühed liigid tulid teiste asemele, arenesid üha keerukamad vormid. Kaasaegne orgaaniline maailm osutub Darwini järgi järkjärgulise arenemise (evolutsiooni) protsessi produktiks, mille kestus nüüdisaegsete andmete põhjal oli umbes üks miljard aastat.

---

[1] Järgnevates teaduslikes töödes («Loomade ja taimede muutumine kodustamise olukorras», «Inimese põlvnemine ja suguline valik» ja paljudes teistes) tõi Darwin palju uusi tõendeid oma õpetusele ning süvendas ja laiendas liikide tekkimise küsimust.

[2] Evolutsiooniõpetuse tähtsamatele järeldustele tuli üheaegselt, sõltumata Darwinist, ka teine õpetlane Alfred Wallace. Oma raamatu nimetas Wallace «Darwinismiks», tunnistades sellega Darwini prioriteeti evolutsiooni seaduspärasuste avastamisel looduses.

Darwini materialistlik teooria orgaaniliste vormide evolutsioonist oli teaduse suurimaks võiduks XIX sajandi keskel. Ta valgustas täiesti uuel alusel bioloogia põhiküsimusi ja oli tohutute edusammude allikaks loodusteaduse mitmesugustes harudes.

Darwini õpetuse tähtsuse üle võib otsustada marksismi aluste rajajate sõnade järgi. Nii kirjutas Marx «Liikide tekkimise» kohta, et «... see raamat annab meie vaadetele loodusloolise aluse»[1].

Engels kirjutas «Anti-Dühringis»: «Loodus on dialektika katsekivi ja kaasaegne loodusteadus, mis pakub selleks katsetuseks äärmiselt rikkalikku, iga päevaga rohkenevat materjali, on seega tõestanud, et looduses toimub kõik lõppeks dialektiliselt, mitte aga metafüüsiliselt, (et ta liigub mitte igavesti üht ja sama ning alatasa korduvat ringi mööda, vaid elab läbi tõelise ajaloo. Siin tuleb eelkõige mainida Darwinit, kes andis metafüüsilisele loodusekäsitusele tugevaima hoobi, tõestades, et kogu praegune orgaaniline loodus, taimed ja loomad, ja järelikult samuti ka inimene, on miljoneid aastaid kestnud arenemisprotsessi produkt).»[2]

Darwini õpetus pidas vastu aja katsele, ja juba palju hiljem kirjutas V. I. Lenin, et «... Darwin tegi lõpu vaatele, et looma- ja taimeliigid ei ole omavahel millegagi seotud, on juhuslikud, «jumala poolt loodud» ja muutumatud, ning esimesena asetas bioloogia täiesti teaduslikule pinnale, tehes kindlaks liikide muutlikkuse ja järjekestvuse nende vahel»[3].

Millised tegurid on siis orgaanilise maailma arenemise protsessi aluseks? Darwin osutas kolmele, looduses alaliselt toimivale tegurile: muutlikkusele, pärilikkusele ja looduslikule valikule.

Võime muutuda on orgaaniliste olendite üks silmapaistvamaid omadusi. Oma õpetuse esitamist alustas Darwin just looduses täheldatavate loom- ja taimorganismide muutumiste kirjeldamisega.

Kuid selleks, et mingil kujul peegelduda järelpõlves, peavad need muutused säilima, s. t. peavad päranduma, edasi antama järelpõlvele. Ja Darwin tõi esile rikkaliku materjali, millega tõestas pärilikkuse kõige mitmekesisemaid väljendusi, mis tagavad uute, tekkivate iseärasuste säilimist, suurenemist ja kuhjumist.

Need kaks tegurit — muutlikkus ja pärilikkus — võivad tagada orgaaniliste vormide laialdast mitmekesisust.

Kuid organismid on mitte üksnes mitmekesised, vaid nad on ka täiusliku, ümbritsevale keskkonnale kuni peensusteni kohanenud ehitusega. Kuni Darwinini valitses teaduses arvamus, et «organismide otstarbekohasus» on seoses nende üleloomuliku päritoluga ja et neisse on sisendatud endatäiustamise püüe».

---

[1] К. Маркс и Ф. Энгельс, Сочинения, т. XXII, стр. 551.
[2] F. Engels, Anti-Dühring, Tallinn 1951, lk. 21.
[3] V. I. Lenin, Teosed, I köide, Tallinn 1948, lk. 121—122.

Oma õpetuses tõendas Darwin, et organismide ehituse otstarbekohasus on nende organismide ümbritsevatele tingimustele kohanemise väliseks väljenduseks. Ainult need organismid jäävad ellu, mis omandasid muutlikkuse ja pärilikkuse tagajärjel oma eluks kasulikke omadusi. Otstarbekohasus on suhteline, kaugeltki mitte absoluutne nähtus. Tarvitseb ainult olemasolu välistel tingimustel muutuda ja otstarbekohane ehitus osutub mitteotstarbekohaseks, ning taolise ehitusega organismid loovutavad koha teistele, mis on rohkem kohanenud uutele tingimustele.

Darwin pööras tähelepanu koduloomade tõugude ja kultuurtaimede sortide mitmekesisusele ja uurinud nende juures muutlikkuse ning pärilikkuse küsimusi, tõestas nende põlvnemist metsikuist esivanemaist. Uute loomatõugude (tuvi-, koera-, hobuse-, veise- jt. tõugude) kui ka uute taimesortide (kapsa-, nisu-, odra- jt. sortide) aretamisel kasutab inimene — Darwini sõnade järgi — k u n s t l i k k u v a l i k u t, s. o. sugupõlvede pikas reas jätab tõuloomaks või seemneks kasulikumad (soovitavamad) organismid, ülejäänud aga kasutab majanduslikeks otstarveteks, mitte lastes neid paljuneda.

Kunstliku valiku olemus seisab järgmises: inimene valib suure hulga tema poolt kasvatatavate loomade ja taimede seast välja need indiviidid, milledel on kas majanduslikust või mõnest teisest vaatepunktist soovitavaid individuaalseid iseärasusi. Just need indiviidid jätab ta paljundamiseks ja saab neist soovitavate individuaalsete tunnustega järglasi. Nii toimitakse põlvest põlve, kuni saadakse soovitav tõug või sort.

Kunstlikku valikut hakati kasutama plaanikindlalt ja metoodiliselt juba XVIII sajandil. Valiku abil, mida nimetatakse ka selektsiooniks, loodi palju loomatõuge ja taimesorte, mida selektsionäärid hoiavad puhtaina, hoolega kõrvaldades ja hävitades need indiviidid, mis ei rahulda püstitatud nõudeid.

Kui eri tõugudesse või sortidesse, mõnikord ka eri liikidesse kuuluvaid organisme ristata, siis saadakse hübriidid (järelpõlv), milledel on nii ema- kui ka isaorganismi omadusi. Peale selle on hübriididel sageli ka uusi tunnuseid, mis võivad kinnistuda järelpõlves sel juhul, kui hübriidid ei kaota oma sigivust. Sel teel on saadud palju väärtuslikke tõuge ja sorte.

Darwin näitas, et valik inimeste poolt toimub alaliselt, ka siis, kui nad üldse ei mõtlegi tõugude või liikide täiustamisele. Seda valikut nimetas Darwin e b a t e a d l i k u k s v a l i k u k s. Sellel valikul saavutatakse tõu või sordi täiustamine ilma ühegi kavatsuseta, seda täiustamist põhjustab vaid iga inimese loomulik soov omada võimalikult paremaid loomi või taimi.

Näidates, kuidas inimene sai valiku teel loomade kultuurtõuge ja taimede kultuursorte, tõestas Darwin, et ka looduses toimub samasugune halastamatu valik, mille tulemusena kõrvalduvad vähem kohanenud ja vähem väärtuslikud, ellu aga jäävad ja säilivad paremini kohanenud, täiuslikumaks osutunud organismid.

Seda valikut nimetas Darwin looduslikuks valikuks. Nii ilmuvad Darwini arvates muutlikkuse, pärilikkuse ja loodusliku valiku tulemusena vana liigi süsteemis mitmesugused uued vormid, mis on paremini kohanenud olemasolu tingimustele.

Darwini evolutsiooniõpetus tõi täieliku pöörde inimeste vaadetesse elavate organismide põlvnemise ja arenemise küsimustes. See õpetus võeti soojalt vastu kogu maailma progressiivsete teadlaste poolt, teda koheldi aga vihavaenuga liikide muutumatuse ja «saladusliku elujõu» kaitsjate — reaktsionääride ja idealistliku õpetuse esindajate poolt. Darwini õpetus purustas täielikult idealistide legendi liikide muutumatusest ja nende jumalikust päritolust. Kunstliku ja loodusliku valiku teooria abil selgitati see «otstarbekohasus» elavas looduses, millele alatasa toetusid bioloogid-idealistid kui tõendile organismide «ettenähtud» täiuslikkusest. Peale selle tõendas Darwin oma teoorias, et orgaanilisel maailmal on oma minevik, olevik ja tulevik ja et ta areneb loodusseaduste põhjal. Darwini õpetuse võtsid vastu ja arendasid edasi paljud vene teaduse korüfeed: V. O. Kovalevski, I. I. Metšnikov, I. M. Setšenov, A. N. Severtsov, K. A. Timirjazev jt.

Suur vene teadlane K. A. Timirjazev näitas eredate näidetega taimede elust muutlikkuse ja loodusliku valiku kõikvõimsat jõudu. Ta mitte ainult et tõestas Darwini õpetuse õigsust, vaid arendas edasi ja süvendas seda õpetust kui põhiliselt materialistlikku; ta kõneles vajadusest välja töötada meetodeid organismide arenemise juhtimiseks. K. A. Timirjazev andis vastulöögi igasugustele katsetele, mis püüdsid moonutada Darwini õpetuse materialistlikku alust ja vähendada selle tähtsust. Kaasaegsed nimetasid K. A. Timirjazevit õigusega «vene Darwiniks». Darwini ideede kajastajaks oli Inglismaal Huxley, Saksamaal Haeckel.

6. NÕUKOGUDE MITŠUURINLIK AGROBIOLOOGIATEADUS — UUS ETAPP BIOLOOGIATEADUSTE ARENEMISES

Darvinistlik evolutsiooniteooria andis hoobi idealismile, metafüüsikale ja religioonile. Samal ajal kasutas kodanlik teadus mõningaid vääraid seisukohti selles teoorias, näiteks teesi «olelusvõitlusest» asumaade rahvaste rõhumise poliitika õigustamiseks, töölisklassi ekspluateerimiseks kapitalistide poolt, tugevate ülemvõimu kaitseks, idealistlike seisukohtade propagandaks jne.

Juba F. Engels, andes positiivse hinnangu darvinistlikule õpetusele, osutas samal ajal tema vääradele seisukohtadele. Darwin tuletas loodusliku valiku olelusvõitlusest ja arvas, et kõige ägedam on võitlus ühe ja sama liigi esindajate vahel, s. o. liigisisene võitlus. Oma autobiograafias märgib Darwin, et mõttele üldisest olelusvõitlusest viis teda Malthuse raamat «Rahvastusest». See reaktsiooniline inglise majandusteadlane püüdis tõestada valitsevate klasside meeleheaks, et rahva hädad ja vaesus olevat tingi-

tud igavesest looduse «seadusest», mille järele rahvastiku kasv toimub geomeetrilises progressioonis, elatusvahendite kasv aga aritmeetilises progressioonis. Siit järeldab ta olelusvõitluse möödapääsematust.

Sel puhul kirjutas F. Engels: «Kogu Darwini õpetus olelusvõitlusest kannab lihtsalt Hobbes'i[1] õpetuse kõikide sõjast kõikide vastu, kodanliku majandusteaduse konkurentsiõpetuse ja Malthuse rahvastusteooria üle ühiskonnast elava looduse valdkonda.»[2]

Nõukogude mitšuurinlik agrobioloogiateadus ei eita organismide võitlust ja konkurentsi looduses. Tõesti, mitmesugused taimede (ja loomade) liigid ja perekonnad konkureerivad omavahel toidu, vee, ruumi ja valguse pärast. Kuid kõrvuti võitluse ja konkurentsiga esineb looduses liikide vahel ka vastastikust abistamist, kui eri liikide indiviidid ühinevad ühiseks võitluseks elu eest. Need ühinemised tekivad nii teiste liikide indiviidide vastu, kes on vaenlasteks ja konkurentideks, kui ka mitmesuguste ebasoodsate looduslike olude vastu võitlemiseks.

Sõnad «võitlus», «konkurents», «vastastikune abistamine» on taimeriigi suhtes tinglikult kasutatavad, sest ei ole leitud terminit, mis kajastaks õnnestunumalt vastastikusi suhteid, mis taimede vahel valitsevad. Juba Darwin hoiatas, et ta kasutab väljendust «olelusvõitlus» kui metafoori, s. o. mitte otseses, vaid ülekantud tähenduses. Veel vähem sobivad terminid «võitlus» ja «konkurents» liigisisestele vastastikustele suhetele, sest nad on suunatud ainult antud liigi oleluse kindlustamiseks, tema laiendamiseks ja tema õitsenguks.

Darwini väärseisukohtade hulka tuleb arvata samuti seda, et ta alahindas keskkonna mõju organismidele. «Minu kõige suurem viga,» kirjutas Darwin, «on see, et ma alahindasin keskkonna otsest toimet organismile, s. o. kliima, toidu jm. mõju sõltumatult loodusliku selektsiooni toimest»[3].

Mitšuurinlik agrobioloogiateadus arvab, et taim on elus organism, mis on tihedalt seotud ümbritseva väliskeskkonnaga (õhu, vee, mullaga), millest ta saab vajalikke toiteelemente — gaase ja soolasid. Katkestamatu ainevahetus taimede ja väliskeskkonna vahel on elu vajalik tingimus.

Taimed avaldavad mõju ümbritseva õhu koosseisule, muudavad mulla koosseisu. Veel suuremal määral mõjutab ümbritsev keskkond taimi. Näiteks kuivade liivmuldade taimed erinevad niiskete niitude taimedest. Tundrate, metsade, steppide ja kõrbete taimestikul on talle omased iseärasused sõltuvalt tsoonist ja kasvukohast. Mägedes ja orgudes näeme samuti taimi, mis omavahel tugevasti erinevad. Mitte ainult mulla ja õhu koosseis, vaid ka nende niis-

---

[1] Hobbes — kodanlik inglise filosoof.

[2] К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. XXVI, lk. 406—409.

[3] Darwini kirjast Wagnerile (1876. a.). Tsiteeritud V. I. Lenini nimelise Üleliidulise Põllumajandusteaduste Akadeemia sessiooni (1948. a.) stenograafilise aruande järgi. Olukorrast bioloogiateaduses, Tartu, 1948, lk. 229.

kus, temperatuur, samuti valguse tugevus ja päevase valgustuse kestus avaldavad suurt mõju taimedele. Viimased, olles tihedas vastastikuses seoses väliskeskkonnaga, toituvad, hingavad, arenevad, paljunevad ja omandavad iselaadseid omadusi, mis pärilikult edasi antakse. Välistingimuste muutumise tagajärjeks on samuti ka organismi omaduste muutumine. Elus organism ja teda ümbritsev keskkond moodustavad ühtse terviku — lahutamatu ühtsuse.

Organismide ajalooline arenemine maakeral toimus Darwini evolutsiooniteooria järgi järk-järgult, kasulike tunnuste märkamatu kuhjumise teel. Vastupidiselt arenemise dialektilisele, marksistlikule käsitusele kinnitas Darwin, et «loodus ei tee hüppeid». Oma loodusliku valiku teooria rajas ta ainult evolutsioonile, kodanlikule arusaamale arenemisest. Käesoleval ajal on teadusel palju fakte, mis tõendavad, et liikide muutumine teostub väikeste, märkamatute kvantitatiivsete muutuste kuhjumise teel organismis, mis valmistavad ette uue omaduse, uue päritava tunnuse, uue vormi hüppelist sündi.

Puudusi ja väärseisukohti Darwini õpetuses kasutasid kodanliku idealistliku teaduse pooldajad nn. «kromosoomilise pärilikkuseteooria» loomiseks.

See reaktsiooniline «teooria» lähtub väärseisukohast, et tunnused, mis on organismide poolt elu jooksul omandatud ümbritseva keskkonna mõjutusel, ei saa pärilikkuse teel vanematelt järglastele edasi kanduda, et pärilike omaduste edasikandmiseks on organismis mingisugune salapärane «pärilikkusaine» ehk «iduplasma».

Pärilikkusaine olelevat sõltumatult elava organismi kehast, ta olevat surematu, ei sündivat millalgi ja juhtivat kogu organismi, mis on ainult «idurakkude taimelavaks». Selle «õpetuse» rajaja saksa zooloog Weismann kinnitas, et pärilikkusaine asub ülipisikestes kehakestes, rakutuuma kromosoomides, mispärast see valeõpetus saigi «kromosoomilise pärilikkuseteooria» nimetuse. Ameerika geneetik Morgan jätkas ja «arendas» seda «õpetust». Tema järel võtsid «kromosoomilise pärilikkuseteooria» omaks ka teised reaktsionäärid teaduses ja hakkasid kinnitama, et ainult sugurakkude kromosoomide kaudu antakse organismi pärilikud omadused edasi vanematelt järglastele. Nende «õpetuse» kohaselt surematut pärilikkusainet ei tekita keha, ta ei ole sõltuv välistingimustest, ei muutu ja seetõttu organismi omadused, mis on omandatud välistingimuste mõjul, ei saa olla pärandatavad. Mõned meie õpetlased, nõndanimetatud formaalsed geneetikud, võtsid samuti selle «teooria» omaks ja esitasid seda kui teaduse viimast saavutust.

Suur looduse ümberkujundaja I. V. Mitšurin, paljude väärtuslike puuvilja- ja marjataimede ning dekoratiivtaimede sortide ja liikide looja, tõestas, et vanematepaaride vastava valiku ja ristamise, samuti pookimiste teel võib «kõigutada» taimede pärilikku loomust ja kasutades noorte istikute suunatud kasvatamist, muuta seda ja saada uusi, majanduslike tunnuste poolest väärtuslikke

taimesorte ja -vorme, mis pärandavad oma omadused järglastele. I. V. Mitšurin tõestas, et pärilike omaduste edasiandmine võib toimuda mitte ainult sugulisel teel, vaid ka vegetatiivselt, näiteks taimede pookimisel aluselt pookoksale ja ümberpöördult — järelikult ilma igasuguse kromosoomide osavõtuta.

V. I. Lenini nimelise Üleliidulise Põllumajandusteaduste Akadeemia augustisessioon (1948) tunnistas, et «mitšuurinlik suund bioloogias on darvinistliku õpetuse loov arendamine ja materialistliku bioloogia uus kõrgem etapp». Ta lähtub seisukohast, et taimede ja loomade poolt elutingimuste mõjul omandatud uute omaduste edasipärandamine on võimalik ja vajalik. Mitšuurinlik õpetus varustab põllumajanduse praktikuid põllumajandustaimede sortide ja loomatõugude plaanipärase parandamise meetoditega.

Taimede elu seaduspärasuste uurimise aluseks on akadeemik T. D. Lõssenko poolt väljatöötatud «stadiaalse arenemise teooria». Lõssenko tegi kindlaks, et taimed läbivad oma elu jooksul — seemnest kuni viljakandmiseni ja uute seemnete moodustamiseni — rea üksteisele järgnevaid arenemise staadiume[1]. Taimede stadiaalse arenemise teooriat kasutatakse meie maal laialdaselt taimede kasvatamise praktikas.

Mitšuurinlik agrobioloogiateadus, mis on tihedalt seotud sotsialistliku põllumajandusega, taimekasvatuse ja loomakasvatuse eesrindlastega, avab piiramatud võimalused kõigi põllumajanduskultuuride saakide tõstmiseks ja loomakasvatuse produktiivsuse suurendamiseks, sotsialistliku põllumajanduse rikastamiseks uute põllumajandustaimede sortide ja vormidega, uute loomatõugudega.

7. BOTAANIKA JAOTAMINE JA BOTAANIKA ARENEMINE

Kaasaegsed teadmised taimedest on nii laialdased ja mitmekesised, et botaanika tuli jaotada osadeks, milledest tähtsamad on järgmised: taimemorfoloogia, -süstemaatika, -anatoomia ja -füsioloogia. Igas loetletud osas rakendataval uurimismetoodikal on oma erisusi.

TAIMEMORFOLOOGIA

Taimemorfoloogia uurib taime organite välisehitust. See on õpetus taime keha kujust ja selle osade vastastikusest asendist ning vahekorrast. Taime mitmesuguste organite kuju ja nende teisendeid on vajalik teada, sest need teadmised võimaldavad taimi kirjeldada ja määrata. Väliskuju peegeldab taime iseärasusi, mis on tekkinud nii ümbritseva keskkonna ja inimese mõjutamise tulemusena kui ka vanemailt pärandatud omadustena. Taimede väliskujud on mitmekesised.

[1] Stadiaalse arenemise teooriast vaata lk. 521.

TAIMESÜSTEMAATIKA

Taimesüstemaatika ülesandeks on Maakeral leiduvate taimede kirjeldamine ja liigitamine. Süstemaatikas jagatakse kõik taimed hõimkondadesse (laialdasemad rühmad), klassidesse, seltsidesse, sugukondadesse, perekondadesse, liikidesse ja teisenditesse. Taimesüstemaatika tundmine on tohutu teadusliku ja praktilise tähtsusega. Iga taimekasvataja-spetsialist peab oskama täpselt määrata taimede teaduslikke nimetusi ja teadma taimede kuuluvust ühte või teise sugukonda, perekonda või liiki. See oskus aitab vajalikul momendil leida kirjandusest antud taime kirjeldust ja ka paremini meeles pidada selle taime väliseid tunnuseid. Süstemaatika põhineb eelkõige taimede morfoloogilisel kirjeldamisel.

Süstemaatika kursuses kirjeldatakse põhjalikult taimi, tuuakse nende jooniseid ja peale selle paigutatakse taimed tunnuste järgi loomulikku süsteemi, mis mitte ainult ei aita eristada taimi, vaid valgustab *ka taimeriigi fülogeneesi, s. o. seda, kuidas toimus maakeral taimede arenemine, kuhu suundub see arenemine ja milline on taimede omavaheline sugulus.*

TAIMEANATOOMIA

Taimeanatoomia on õpetus taime rakkudest ja kudedest, milledest koosnevad taime organid, õpetus taimede mikroskoopilisest ehitusest. Taimeanatoomia tekkis alles *mikroskoobi* leiutamisel. Mikroskoop on aparaat, mis võimaldab näha esemeid, mida on võimatu näha palja silmaga ja luubi abil. Mikroskoobid annavad 100-, 200-, 300- ja enamkordset (kuni 2000-kordset) suurendust.[1] Taime osade vaatlemisel mikroskoobis tuleb valmistada õhuke mikroskoopiline preparaat, kuna muidu pole taime ehitus nähtav, sest koed ja rakud on paksu kihina vähe läbipaistvad.

Mikroskoop avab meie ees loomade ja taimede nähtamatu maailma. Mikroskoobi abil uuritakse üksteisega sarnanevate loom- ja taimorganismide üksikasjalist ehitust. Peale selle võimaldab mikroskoop leida üksteisega sarnanevate taimede erinevaid tunnuseid sellistel juhtudel, kui taimede morfoloogia pole suuteline neid avastama. Mikroskoopiline uurimine tungib ikka sügavamale elava organismi ehituse nähtamatuisse «salakambreisse», taime ja looma rakusse, millel on erakordselt keerukas ehitus. Taimeanatoomia on tihedalt seotud taimefüsioloogiaga, sest ainult taime üksikasjalik uurimine võimaldab seletada ühtesid või teisi füsioloogilisi nähtusi. Õppida tundma tervikut ja uurida elu funktsioone on võimalik

[1] Optilist mikroskoopi kasutavad õpetlased taimede uurimiseks juba üle 288 aasta. Kuid pole veel möödunud üle kahe aastakümne sellest ajast, kui pisimate objektide vaatlemiseks hakati tarvitama uut suurendusaparaati — elektronmikroskoopi. Selles kasutatakse mitte valguskiiri, vaid elektrone, s. o. negatiivse elektri kiiresti lenduvaid osakesi. Selle mikroskoobi abil võib saada juba kümne- ja isegi sajatuhandekordset suurendust.

ainult organismi üksikosade tundmaõppimise teel nende vastastikustes suhetes. *Hulkrakne taim koosneb keerukalt ehitatud kudedest ja organeist, mis kujutavad endist mitmesuguse ehituse ja funktsioonidega rakkude süsteemi.*

Taimeanatoomiast eraldatakse iseseisva haruna t s ü t o l o o g i a, mis uurib raku ehituse detaile, ja e m b r ü o l o o g i a, mis uurib suguta ja sugulise paljunemise organite tekkimist, samuti seemne ja selle osa — idu arenemist.

TAIMEFÜSIOLOOGIA JA TEISED BOTAANIKA OSAD

Taimefüsioloogia uurib kõiki taimedes toimuvaid eluprotsesse, nagu toitumine, ainevahetus, hingamine, kasvamine ja arenemine. See on botaanika kõige olulisem osa, mille tundmine on vajalik kõigile taimedega tegelejaile, s. o. taimekasvatajaile. Paljud teadlased on kahandanud füsioloogia ülesandeid selleni, et lahutada taime elu keerukad nähtused reaks lihtsaiks füüsikalis-keemilisteks nähtusteks ja sel teel uurida taime füüsikalis-keemilist loomust. Kuid *oma olemuselt omavad taimorganismid (samuti nagu loomad) sügavaid kvalitatiivseid erinevusi looduse surnud kehadest. Nad alluvad mitte ainult lihtsaile füüsikalis-keemilistele, vaid ka kõige keerukamaile füsioloogilistele seaduspärasustele, millede uurimine annab võtme taimede mitmesuguste tarvete mõistmiseks, järelikult ka taimede täielikumaks kasutamiseks.*

Taimefüsioloogia ülesannetesse kuulub mitte ainult taimede elunähtuste seletamine, vaid ka nende loomuse ja arenemiskäigu muutmine meile kasulikus suunas. Taimefüsioloogia soodustab põllumajanduse tõstmist kõrgemale tasemele. Teiste sõnadega — taimefüsioloogia on taimekasvatuse alus. Taimede elu uurimiseks kasutab füsioloogia vaatlusi ja katseid, millede kaudu ta avastab elu seadusi.

Suure vene teadlase ja botaanikute-füsioloogide vene koolkonna rajaja K. A. Timirjazevi sõnade järgi ei või füsioloog rahulduda passiivse vaatleja osaga nagu katsetaja, vaid ta on tegutseja, looduse valitseja. Paljale empirismile pole füsioloogias kohta, sest ainult katsete ning vaatluste ühendamisel tõeliselt teaduslike teoreetiliste järeldustega, mida vaadeldakse tihedas seoses sotsialistliku põllumajanduse praktikaga, saab lahendada taimede elu kõige keerukamaid küsimusi.

Kuna taime organite ehituse ja elutegevuse vahel on kindel sõltuvus, siis on füsioloogia tihedalt seotud anatoomia ja morfoloogiaga.

Peale ülalloetletud nelja põhilise osa on botaanikal veel teisi: paleobotaanika, taimegeograafia, ökoloogia ja geobotaanika.

P a l e o b o t a a n i k a tegeleb nende taimede uurimisega, mis levisid eelmistel geoloogilistel ajastutel. Uurimine toimub maakoore kihtidest väljakaevatavate kivististe põhjal. Kivistunud taimede jäänused või isegi terved taimed on suurepäraselt säilitanud

oma ehituse, mida on võimalik uurida isegi mikroskoobi abil. Mõnikord leidub kivimitekihtidel, näiteks kivisöel, miljonite aastate eest elutsenud taimede peenimaid jäljendeid. Väljakaevatavate kivististe järgi taastatakse mineviku taimestiku pilt. Paleobotaanika andmed osutuvad vaieldamatuks tõendiks, et kaasaegseile katteseemnetaimedele ehk õistaimedele eelnesid mõned väljasurnud paljasseemnetaimed ja teised arhegoniaalsed taimed, mis olid eriti lopsakalt arenenud kivisöeajastul ja mis andsid kivisöelademeid. Sellele perioodile eelnesid teised, meist miljonite aastatega eraldatud perioodid, mil taime- ja loomariik koosnes organismidest, mis veel enam erinesid kaasaegseist. Paleobotaanika ei vasta meile, millised olid esimesed organismid, sest selle esimese elu jäljed on hävitatud maakoore järgnevate muutumistega.

Taimegeograafia uurib taimede jaotumist maakeral tsoonidesse ja vööndeisse ning taimede ühinemist flooradeks. Uuritakse ka taimede paiknemise põhjusi ja määratakse kindlaks areaalid, s. o. üksikute taimede levimisrajoonid. Suurt edu selles mõttes on saavutatud viimasel ajal tänu Üleliidulise Taimekasvatuse Instituudi rohkearvulistele ekspeditsioonidele. Taimegeograafiale, samuti taimefüsioloogiale on lähedane taimeökoloogia, mis uurib spetsiaalselt taimede ja neid ümbritseva keskkonna vastastikuseid suhteid, samuti ka taimede ehituse tüüpe ja taimede elu iseärasusi mitmesugustes tingimustes.

Seoses ökoloogiaga areneb geobotaanika, mis uurib «taimekooslusi», s. o. metsikult kasvavate taimede looduslikke rühmitusi. Asi seisab selles, et taimeliigid esinevad looduses (rohumaal, metsas, stepis) äärmiselt harva isoleeritult; tavaliselt koonduvad nad paljudest liikidest koosnevaiks komplitseeritud rühmadeks. Õpetus taimekooslustest seab endale ülesandeks uurida nende koosluste üksikelemente, nende levikut, taimkatte suhet keskkonnaga ning nende vastastikust mõju.

Viimase kolme-neljakümne aasta jooksul on teadmised taimedest arenenud nii kaugele, et botaanika iga põhiosa on omakorda jagunenud mitmeks osaks. Võib osutada näiteks fütopatoloogiale, mis uurib parasiitsete taimede elu ja arenemist ning nende tõrje vahendeid. Samuti võib mainida mikrobioloogiat, mis uurib mikroorganisme, nende poolt põhjustatud tulu ja kahju ning nende kultiveerimise viise.

BOTAANIKA ARENEMINE

Nüüdisaegsed teadmised taimedest on taimorganismide elust kogutud tohutu hulga faktide ja taimorganismide arenemise vaatluste teoreetilised üldistused, samuti ka kogu inimkonna ajaloo vältel paljude maade teadlaste poolt teostatud arvukate uurimiste ja katsete tulemuste üldistused. Eriti tähtsat osa teadmiste kogumises taimedest on etendanud tootmise huvid ja inimese poolt taimedest saadav kasu.

Toidu ja elamumaterjalide ning kehakatte hankimisel pöörasid juba ürginimesed tähelepanu taimedele: nad kaevasid välja muredaid juuri ja mahlakaid sibulaid, kogusid seemneid ja metsikult kasvavate taimede vilju, korjasid varsi ja lehti onnide jaoks ning kütet lõkketuleks. Esimesi teadmisi taimedest saadi ka ravimtaimede otsimise tulemusena. Selles mõttes etendasid vanal ajal teatavat osa apteekrid ja rohtude müüjad, samuti ka taimede herbariseerijad, kes hoolikalt uurisid, joonistasid ja kirjeldasid taimi.

Teadmiste kogumist taimedest ja nende teadmiste arenemist põhjustasid aga peaasjalikult areneva tootmise nõuded.

Antiikse majanduse areng vanas Kreekas, eriti põllumajanduse, kaubanduse, meresõidu jne. arenemine andis tõuke taimede edasisele uurimisele ja nende kasutamisele inimese tarvete rahuldamiseks.

Kuulus kreeka filosoof Aristoteles ja tema õpilane Theofrastos, kes elasid umbes 300 aastat enne meie ajaarvamist, tegid katset koguda ja süstematiseerida olemasolevad teadmised taimedest. Theofrastose teostes kirjeldatakse kuni 450 taime. Kõik taimed olid jaotatud puudeks, rohtudeks ja põõsasteks, kusjuures kultuurtaimi kirjeldati eraldi metsikult kasvavaist. Teadmised taimede elust olid tol ajal algelised. Aristoteles arvas näiteks, et taime juurekaelas asub hing, et taimede paljunemine toimub «väljahigistatava mahla» kaudu või «isesündimise» teel. Leidub ainult mõningaid viiteid taimede organeile ja taimede paljunemisele seemnete kaudu, kusjuures seemneid võrreldi lindude munadega. Õie tähtsust ei tuntud.

Rooma riigis oli kultuurtaimede kasvatamine väga levinud, millele osutavad taimede ladinakeelseist nimedest tuletatud vanade patriitside perekonnanimed: Lentulus'ed — läätsest *(Lens)*, Cicero'd — põishernest *(Cicer)*, Fabius'ed — oast *(Faba)*, Piso'd — hernest *(Pisum)*.

Esimesel sajandil ja hiljem olid hinnatavad Plinius Vanema ja Dioskoridese teosed. Need autorid laiendasid kirjeldatavate taimede arvu kuni tuhandeni ja jaotasid need toidu-, ravim-, aromaatseiks ja piiritusjooke andvaiks taimedeks.

Järgneva viieteistkümne sajandi botaanilistes teostes võime tähele panna kummardumist Aristotelese, Theofrastose ja Dioskoridese autoriteedi ees. Feodaalne tootmisviis ja sellele vastav filosoofilis-religioosne ideoloogia tingisid suhtelist seisakut teaduse arenemises, eriti aga teadmistes taimede elust, kuigi mõnesugust faktilist materjali taimede uurimiseks koguti ka feodalismi ajal.

Feodalismi laostumine ja kapitalistliku tootmisviisi arenemine kutsusid esile teaduse tormilise arenemise. Kaubanduse ja meresõidu arenemine, Aafrika, India ning Ameerika loodusvaradega tutvumine põhjustasid uute taime- ja loomaliikide avastamise.

«Kui teadused pärast keskaja pimedat ööd äkki uuesti oota-

matu jõuga elustuvad ja imeväärse kiirusega arenema hakkavad, siis selle ime eest me võlgneme tänu jällegi tootmisele.»[1]

Samal perioodil (alates XVI sajandist) arenevad kiiresti ka teadmised taimedest, kuigi zooloogia ja botaanika jäävad veel kauaks ajaks vaid fakte koguvaiks teadusteks ja ainult hiljem, tänu Linné'le, saavutavad nad mõningat täiuslikkust.

Kõigi maade botaanikud kirjeldavad ja joonistavad mitte ainult oma kodumaa taimi, vaid ka uusi, reisijate poolt kaasatoodud taimi. Nõnda koostati taimi kirjeldavaid teoseid. Samal ajal rajati esimesed botaanikaaiad Itaalias, Hollandis ja Prantsusmaal. XVII-ks sajandiks kasvab kirjeldatud taimede hulk kuue tuhandeni. Itaalia botaanik Cesalpino lõi esimese taimede klassifikatsiooni, jaotades need vilja, seemne ja idu ehituse järgi 15-sse klassi. Sealjuures järgib ta ka Aristotelese vaateid ja kirjeldab eraldi puid ning rohtseid taimi.

1667. aastal avastas Robert Hooke tema poolt täiustatud mikroskoobi abil taimede rakud ja võrdles nende ehitust mesilaste kärgedega.

Õigusega peetakse kaht teadlast — Nehemiah Grew'd Inglismaal ja Marcello Malpighi't Itaalias (1671. a.) — taimeanatoomia rajajaiks. Oma teostes kirjeldasid nad väga hoolikalt taimede kõigi organite rakulist ehitust ja pöörasid erilist tähelepanu soontele, mida nimetasid trahheedeks.

Taimeanatoomia tekkimise ajal oli teadlastel väga segane ettekujutus taimedes toimuvaist eluavaldustest. Malpighi arvas, et trahheed, nagu putukatel, on täidetud õhuga ja et vesi liigub «kiude mööda». Lehtedele omistas ta suurt tähtsust, arvates, et need päikesekiirte mõjul töötlevad juurtest tulevat «toormaterjali».

Teadlane Hales (1677.—1761. a.) uuris mahlade liikumist taimes. Täpsete füsioloogiliste katsete najal tõestas ta juurerõhu olemasolu ja vee auramist lehtede kaudu. Hales'i katsete juures rakendati nähtuste kvantitatiivset arvestust, mistõttu tema järeldused olid rangelt teaduslikud ja mõned neist pole kaotanud tähtsust kuni meie ajani. Silmapaistvaim avastus, mis puudutab roheliste taimede tähtsust loomsete organismide elule, toimus teadlase Pristley (1772. a.) poolt, kes tõestas, et taimed on võimelised eritama hapnikku.[2]

Kaheksateistkümnes sajand oli kehv avastuste poolest taimeanatoomia valdkonnas.

Esimesed uurijad taimeanatoomia alal pöörasid tähelepanu rakkude kestale ning kujule ja alles XIX sajandi esimesel poolel avastati rakkudes tuum ning protoplasma. Vene õpetlane Gorjaninov uuris 1834. a. üksikasjalikult taimede rakulist ehitust, hiljem aga loodi õpetlaste Schleiden'i ja Schwann'i poolt organismide rakulise ehituse teooria. XIX sajandi teisel poolel uurisid ja kirjeldasid

[1] К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. XIV, стр. 439.

[2] Teadmiste arenemise ajalugu süsiniku assimilatsiooni kohta vt. käesoleva raamatu XIII peatükist.

vene õpetlased I. D. Tšistjakov, V. I. Beljajev ja I. I. Gerassimov üksikasjaliselt raku tuuma ja raku jagunemisprotsessi ning XIX sajandi lõpul avastas S. G. Navašin õistaimede kahekordse viljastamise protsessi. Nõnda loodi õpetus raku tuumast.

Kõik füsioloogide saavutused on tihedalt seotud kuulsate avastustega: aine jäävuse seaduse avastamisega suure vene õpetlase M. V. Lomonossovi ja hiljem — XVIII sajandi lõpul — teadlase Lavoisier' poolt; orgaanilise aine — kusiaine — kunstliku saamise avastamisega õpetlase Wöhler'i poolt (1828. a.), samuti ka energia jäävuse seaduse avastamisega M. V. Lomonossovi ning tunduvalt hiljem — möödunud sajandi 40-ndail aastail — Robert Mayeri poolt. Füüsika ja keemia edusammud avaldasid suurt mõju eksperimentaalse taimefüsioloogia arenemisele. Katsed ja vaatlused saavad taimede ning loomade uurimise aluseks.

Kuigi üksikuid avastusi taimede elust esines juba XVIII sajandil, hakkas taimefüsioloogia iseseisva teadusharuna arenema alles XIX sajandi keskel, milliseks ajaks teadmised botaanika alal olid tugevasti avardunud ja mil Lääne-Euroopa kui ka Peterburi, Moskva ja teistes ülikoolides avati iseseisvad taimefüsioloogia kateedrid ning pärast eri instituudid Teaduste Akadeemia juures.

Taimede toitumise alal olid suure tähtsusega füsioloogi Dutrochet' osmootsete nähtuste vaatlused. Samasse perioodi kuuluvad ka teadlaste Wigman'i, Liebig'i, Sachs'i ja Boussingault' tööd, mis panid aluse taimede mineraalse ja eriti lämmastikulise toitumise küsimuste uurimisele. Sama perioodi vene teadlased A. S. Famintsõn, S. A. Ratšinski, N. I. Železnov, I. P. Borodin kui ka hilisemal perioodil — XIX sajandi lõpul ja XX sajandi algul — töötanud teadlased K. A. Timirjazev, V. I. Palladin, S. P. Kostõtšev, P. S. Kossovitš, E. F. Vottšal, F. N. Krašeninnikov, V. R. Viljams, D. N. Prjanišnikov ja teised meie kodumaa suurimad teadlased lõid taimede toitumise, hingamise, kasvamise, mahlade liikumise õpetuse alused, samuti ka õpetuse mullast ja väetamisest.

Kõigi botaanikute-füsioloogide seas omab erilist kohta K. A. Timirjazev, kes oli mitte ainult suurim uurija süsiniku assimilatsiooni ja valguse osatähtsuse alal rohelise taime elus, vaid ka väljapaistev darvinist, selle õpetuse arendaja ja populariseerija, ning samal ajal nii oma aja kui ka järgnevate põlvede eesrindlike teadlaste ideeline juht. Peale selle populariseeris ta suurepäraselt rahvahulkades teadmisi taimede elust.

XIX sajandi keskpaika ja XX sajandi algust tähistas mikrobioloogia sünd ja arenemine. Tohutu tähtsusega olid sel alal Louis Pasteur'i, I. I. Metšnikovi, S. N. Vinogradski, V. L. Omeljanski ja paljude teiste teadlaste tööd.

Taimefüsioloogia ja mikrobioloogia küsimusi uuritakse käesoleval ajal mitte ainult NSV Liidu Teaduste Akadeemias ja selle filiaalides, vaid ka kõrgemate koolide kateedrite juures.

Tõukeks botaanika edasisele arenemisele taimesüstemaatika valdkonnas olid õpetlase Karl Linné (elas XVIII sajandil) tööd.

Enne Linné'd valitses botaanikas kaos, sest ei olnud täpseid taimede nimetusi, ei olnud täpseid morfoloogilisi oskussõnu ja olemasolevad rohkearvulised teadmised olid süsteemitud. Tol ajal oli teada üle 6000 taimeliigi. Linné määras kindlaks «perekonna» *(genus)* ja «liigi» *(species)* mõiste, varustas taimed täpsete, teaduslike (ladinakeelsete) nimetustega, andis täpsed taimede kirjeldused, töötas välja kuni 1000 morfoloogilist terminit ja lõi taimede jaotamise k u n s t l i k u süsteemi (1735. a.).

Linné süsteemi nimetatakse kunstlikuks seepärast, et ta ei peegelda taimorganismide põlvnemist ega sugulust, vaid jaotab õistaimed meelevaldselt, üksnes hõlpsuse mõttes tolmukate arvu, nende kinnitumise ja kokkukasvamise viisi alusel 23 klassi. Eri klassi eraldas Linné õiteta taimed, kuhu asetas vetikad, seened, samblad ja sõnajalad. Linné poolt antud täpsed morfoloogilised oskussõnad ja paljud taimede nimetused on osutunud käesoleva ajani ületamatuiks ja püsivad suuremalt jaolt teaduses edasi.

Enne Linné'd nimetati näiteks kibuvitsa *Rosa silvestris vulgaris flore odorato incarnato* (harilik metsroos lõhnavate kahkjaspunaste õitega), Linné andis aga lühida nimetuse *Rosa canina* L. (koeraroos, koerkibuvits).

Linné süsteem tõi korra botaanikasse (ja zooloogiasse). Tunnustades Linné kui süstemaatiku teeneid, tuleb siiski märkida, et tema süsteemi aluseks oli ebaõige arusaamine taimeliigist.

Taimeliigina mõistis Linné taimede kogu, mis sarnanevad omavahel rohkem kui kõigi teiste taimedega ja mis on võimelised muutumatult edasi andma oma järelpõlvele kõiki päritavaid põhitunnuseid. Käesoleval ajal me arvame, et liik pole absoluutselt muutumatu, kuna ta koosneb paljudest üksikutest indiviididest, mis arenevad ja muutuvad, sõltuvalt keskkonnast ja seesmistest protsessidest, ning mis alluvad inimese mõjutusele.[1]

Süstemaatika arenemine meie kodumaal muutus eriti hoogsaks alates Teaduste Akadeemia asutamisest (1725. a.) ja Peterburi ning Moskva ülikooli avamisest. Kuni selle ajani jäi meie suure riigi floora vähe uurituks. XVIII sajandi algul rajati Peeter I algatusel botaanikaaiad Peterburis ja Moskvas, mis algul olid ravimtaimede kogudeks, hiljem aga omandasid suure teadusliku tähtsuse. Tänapäeval leidub meie kodumaal peale suurte botaanikaaedade Krimmis ja Kaukaasias botaanikaaedu veel kõigis ülikoolilinnades. Laialdased taimede herbaariumid botaanikaaedades, ülikoolide juures, NSV Liidu Teaduste Akadeemias ja selle paljudes filiaalides soodustavad meil kodumaa floora uurimist. Käesoleval ajal antakse välja suurt taimemäärajat «NSV Liidu floora», milles kirjeldatakse üle 20 tuhande metsikult kasvava taimeliigi, mis esinevad meie kodumaa territooriumil.

Maailmakirjanduses seisavad vene botaanikute tööd esikohtadel. Me võime uhked olla oma suurtele õpetlastele — süstemaatikutele,

[1] Üksikasjalisemalt sellest vaata I ja VIII peatükist.

kes teostasid XVIII, XIX ja XX sajandil suure hulga ekspeditsioone. Nende hulka kuuluvad I. G. Gmelin, S. P. Krašeninnikov, P. S. Pallas, K. I. Maksimovitš, V. I. Lipski, A. N. Krasnov, A. J. Gordjagin, A. N. Beketov, G. I. Tanfiljev, V. L. Komarov ja palju teisi.

Linné kunstlik süsteem, mis sai taimede süstemaatika aluseks, ei rahuldanud liikide ja perekondade muutlikkuse idee ilmumisega enam paljusid õpetlasi. 1819. a. ilmus De Candolle'i süsteem, milles taimeliigid rühmitatakse perekondadeks ja viimased sugukondadeks (*familia*) rea tunnuste terviku alusel. De Candolle määras taimede sugukonnad kindlaks täpsemalt, ühendades neid suuremaisse rühmadesse — klassidesse ja hõimkondadesse. Kuid De Candolle'i süsteem on ikkagi veel kunstlik: ta on ehitatud alaneval printsiibil, s. o. esmalt kirjeldatakse kõrgemaid taimi, pärast aga alamaid. Rohkem põhjendatud loomulikud süsteemid (Engleri, Kuznetsovi, Kozo-Poljanski, Buši jt.) võisid ilmuda alles pärast seda, kui bioloogia vabanes metafüüsika ainuvalitsusest ja pääses lõplikult võidule evolutsiooni idee — orgaanilise maailma arenemise idee.

Botaanika arenemisel etendasid juba varematel aegadel tähtsat osa vene õpetlased. Veel suuremat osa etendavad meie õpetlased maailma teaduses käesoleval ajal, mil botaanika kui bioloogia osa on meie kodumaal vabanenud veismannistlik-morganistliku «teaduse» idealistlikest ja metafüüsilistest orientatsioonidest ning ehitatakse tervenisti ümber mitšuurinliku üldbioloogilise õpetuse alusel.

Revolutsioonieelsel Venemaal ei tunnustatud ega võidudki tunnustada mitšuurinlikku õpetust. Pärast Suurt Sotsialistlikku Oktoobrirevolutsiooni loodi kõik vajalikud tingimused progressiivse teaduse arenemiseks, mis on lahutamatult seotud praktika ja tootmisega.

Mitšuurinliku bioloogia rajaja I. V. Mitšurin ning ühes temaga rohkearvulised mitšuurinlased — õpetlased, agronoomid ja kolhoosnikud — on tõestanud, et sotsialistliku põllumajanduse edu sõltub teooria ja praktika ühtsusest.

Üleliiduline põllumajandusnäitus annab meile täie ettekujutuse neist võimalustest, mis on meie maal olemas tootlikkuse edasise suurendamise ja põllumajandusliku tootmise kvaliteedi parandamise alal nii taime- kui ka loomakasvatuse valdkonnas. On vaja hoolikalt tundma õppida näitusel esitatud kogemusi.

Nõukogude Liidu Kommunistlik Partei ja NSV Liidu Valitsus on püstitanud suure ülesande: viia 1960. aastaks teravilja toodang meie maal vähemalt 11 miljardi puudani aastas. Suur sotsialistlik põllumajandus, mis on varustatud eesrindliku masinatehnikaga, annab võimaluse rahuarmastavatele Nõukogude Liidu rahvastele täita püstitatud ülesanne ja anda peale teravilja kõike, mis on vajalik meie kodumaa täisväärtuslikule elule.

Meie maa põllumajandus sammub edasise arenemise teed. Mitte-

küllaldaste ja ebaühtlaste atmosfääriliste sademetega rajoonides on vaja jätkata võitlust vee eest metsaistandike, niisutamise, lume kinnipidamise abil, ratsionaalse mullaharimise teel ja põuakindlate ning suuresaagiliste taimesortide kasutamisega.

Toitainete puudust mullas tuleb täiendada mineraal- ja orgaaniliste väetistega eriti väärtuslike tehniliste ja köögiviljakultuuride, maisi, kartuli ja taliteraviljade jaoks. Õige külvikord on samuti üks põhilisi tingimusi püsivate saakide saamisel. On tarvis pidada võitlust kultuuride lamandumise vastu ja saagikaduде vastu koristamisel, taime- ja loomariigist pärinevate kahjurite vastu. Tuleb edasi arendada söötade tootmist, puuvilla-, puuvilja-, marja- ja viinamarjakasvatust.

Kõiki vahendeid võitluses saagi eest tuleb kasutada põllumajandusteaduse ja põllumajanduse eesrindlaste poolt väljatöötatud võtete rakendamise teel.

Uudis- ja jäätmaade kasutuselevõtmine Siberis, Kasahstanis, Kaug-Idas ja Alam-Volgamaal võimaldab tunduvalt suurendada meie teraviljaressursse. Külvipindalade kasvule kogu maal peab kaasnema maaviljeluse ja loomakasvatuse kultuuri tõstmine.

ESIMENE OSA

TAIMEMORFOLOOGIA JA -ANATOOMIA ÜHES FÜSIOLOOGILISTE PÕHJENDUSTEGA

I PEATÜKK

TAIMEDE ORGANITE, LIIKIDE, PEREKONDADE, SUGUKONDADE JA KLASSIDE MÕISTE

1. TAIME ORGANID

Vaadeldes mullast väljakaevatud ja puhtakspestud rohtset õistaime, märkame, et taim koosneb juurest, varrest, lehtedest, õitest, viljadest ja seemneist. Kõiki neid osi nimetatakse t a i m e o r g a n e i k s.

Võtame näitena ilutubaka (*Nicotiana affinis*), mis õitseb hilissügiseni ja on suurte õitega (joonis 1).

Vaatleme tema välist ehitust.

Tubaka p e a j u u r on sammasjuur, millele kinnituvad k ü l g j u u r e d. Tervena juurt välja kaevata ei õnnestu, kuna sügavale maasse minev juure peen osa katkeb. Külgjuured hargnevad ja lõpevad j u u r e n a r m a s t e g a, s. t. peenimate juurtega, milledele kleepuvad tihedalt mullaosakesed. Mulla kleepumine toimub tänu juurekarvadele, mis katavad rikkalikult juurenarmaid. Juurekarvu on palja silmaga raske näha. Peajuur, külgjuured, juurenarmad ja juurekarvad moodustavad tubaka j u u r e s t i k u. Juurestiku kaudu lähevad taimesse vesi ja selles lahustunud mineraalsoolad, mis on vajalikud taime kasvuks ning arenemiseks. Peale selle kinnitavad taimed end juurtega mulda. Vesi ja mineraalsoolad liiguvad juurestikust varde, mida mööda nad suunduvad lehtedesse. Suurem osa veest aurab seejuures lehtede kaudu ära.

Juure varreks ülemineku koht on jämenenud. See jämenenud koht asub allpool maapinda ja seda nimetatakse j u u r e k a e l a k s.

Tubaka v a r s on roheline, rohtne, püstine, hargnenud, ümmargune ja kaetud näärekarvakestega, samuti nagu taime teisedki maapealsed osad. Vars on toitainete juhtijaks; ta kannab endal lehti.



Joonis 1. Ilutubakas. *(Nicotiana affinis)* maavitsaliste sugukonnast:
1 — peajuur külgjuurtega, juurenarmastega ja juurekaelaga; 2 — osa varrest kahe piklikteritunud, sulgroodse laskuva lehega, millede kaenlast arenevad külgvõsud; 3 — tubaka lõhnavad õied (avanevad öösel ja tolmeldatakse ööliblikate poolt).

Lehtede kinnituskohti varrel nimetatakse s õ l m e d e k s, sõlmede vahesid aga — v a r r e l ü l i d e k s.

L e h t koosneb l e h e r o o t s u s t ja l e h e l a b a s t. Rootsu abil kinnitub leht varrele. Rootsu puudumisel nimetatakse lehte r o o t s u t u k s ehk i s t u v a k s. Nurka lehe rootsu ja varre vahel nimetatakse l e h e k a e n l a k s. Lehe kaenlas areneb pung. Ülemised lehed on alumistest väiksemad. Tubakal laskub lehelaba varrele, mille tõttu varred näivad tiivulistena. Tubaka lehelaba on piklik-teritunud, terveservaline. Tal on näha nurga all ja sulgjalt hargnevad rood. Sellist roodude asetust ehk roodumist nimetatakse s u l g r o o d s e k s. Rood annavad lehele tugevuse ja juhivad lahustunud aineid lehte mööda laiali. Roodusid mööda tulevad lehte vesi ja mitmesugused soolad ning toimub ka orgaaniliste ainete äravool.

Lehtede tähtsus seisab süsiniku assimileerimises ja vee aurumises nendest. Edaspidi me tutvume üksikasjalikult nende protsessidega, nüüd aga mainime ainult, et süsiniku assimilatsiooni ehk fotosünteesi all mõistetakse suhkru ja primaarse tärklise tekkimist lehes. Roheline aine — lehele värvust andev klorofüll — etendab siinjuures tähtsat osa. Assimilatsioon toimub rohelises lehes ainult valguse käes. Suhkru (ja tärklise) tekkimine toimub mööda roodusid lehte voolava vee ja õhust lehte tuleva süsihappegaasi arvel. Lehest eraldub õhku hapnik. Peale selle aurab lehtedest ümbritsevasse õhku vett.

Õ i s tekib õiepungast. Õievarreks on õieraag ja õiepõhi; raoga kinnitub õis varrele. Õiepõhjale kinnituvad kõik õie osad. Lehekeste väline ring — õ i e t u p p — koosneb omavahel kokkukasvanud ja vastu krooni surutud viiest rohekast t u p p l e h e s t. Lehekeste seesmine ring — õ i e k r o o n — koosneb alumises osas pikaks putkeks kokkukasvanud viiest valgest k r o o n l e h e s t. Tuppe ja õiekrooni üheskoos nimetatakse õ i e k a t t e k s. Õiekate etendab kahesugust osa: ühelt poolt on ta õie sisemiste ja tähtsamate osade kaitseks, teiselt poolt aga on krooni heledad valged lehed signaliseerijaiks putukaile, kes külastavad õit n e k t a r i ehk m e s i m a h l a pärast selle sisemuses. Päeval on tubaka õied tavaliselt suletud, avanevad aga õhtul ja öösel ning levitavad erilist, ööliblikaid juurdemeelitavat aroomi (joonis 2).

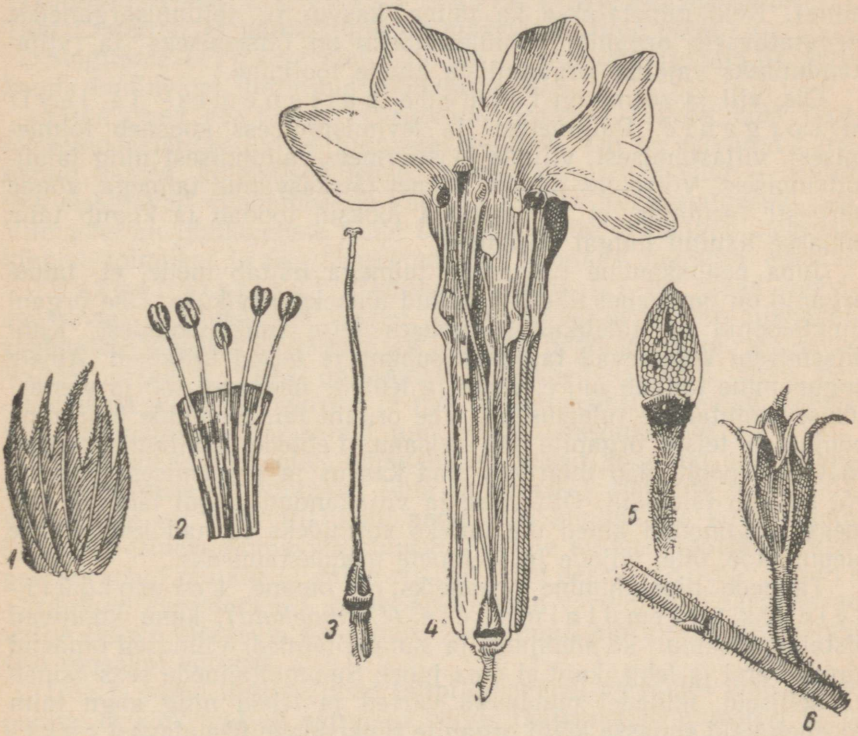
Õie sees asuvad kolmas ja neljas tugevasti muundunud lehekeste ring. Kolmas ring moodustab õie t o l m u k k o n n a ehk a n d r ö t s e u m i *(androeceum)* [1], mis koosneb krooni putkele kinnitunud viiest t o l m u k a s t; neljas lehekeste ring ehk nn. viljalehtede ring moodustab õie e m a k k o n n a ehk g ü n e t s e u m i *(gynaeceum)*[2]. Tubaka günetseum koosneb ühest ainsast e m a k a s t. Emaka aluse juures asub n e k t a a r i u m, m e e n ä ä r e, mis eritab magusat mahla — nektarit. Iga tolmukas koosneb peenest osast — t o l m u k a n i i d i s t ja ülemisest jämenenud osast — t o l m u k a-

[1] Andrõtseum — mehe *(«andrós»)* elamu, maja *(«oikos»)*.

[2] Günetseum — naise *(«gunė»)* elamu, maja *(«oikos»)*. Paljud botaanilised terminid põlvnevad kreekakeelseist sõnadest.

peast. Tolmukapeas valmivad väga peened tolmuterad (õietolm), millede sees arenevad isassugurakud ehk isasgameedid.

Emakas koosneb sigimikust — alumisest osast, pikast emakakaelast — keskmisest osast ja emakasuudmest — ülemisest osast. Sigimikus asuvad seemnepungad ehk seemnealgmed ja igaühes nendest moodustub emassugurakk, mida nimetatakse munarakuks ehk emasgameediks. Õie emakas, nimelt sigimik, muundub viljaks. See muundumine toimub tavaliselt sel juhul, kui tolmuterad satuvad emakasuudmele ja teostub viljastamine, kusjuures õietolmu edasikandmine võib toimuda ühe õie piirides, kuid sagedamini toimub see eri indiviidide õite vahel.



Joonis 2. Ilutubaka avatud õis, õie osad ja vili:
1 — liitlehine tupp; 2 — krooni putke külge kasvanud 5 tolmukat (krooni tipmed on eemaldatud); 3 — emakas; 4 — avatud õis; on näha krooni tipmed ja putk, mis osutavad viie kroonlehe kokkukasvamisele (all on õieraag); 5 — avatud vili — kupar; 6 — vilja väline kuju.

Tubakal ja üldse paljudel taimedel toimub õietolmu edasikandmine öösel putukate abil, teistel aga tuule abil. Õietolmu ülekandmise protsessi tolmukailt emakasuudmele nimetatakse tolmlemiseks, millele järgneb veel viljastamine, s. o. isassugurakkude liitumine emassugurakkudega. Nende protsesside üksik-

asju õpime tundma hiljem, nüüd aga märgime, et õied on taimel viljade ja seemnete tekkimiseks.

Tubaka vilja nimetatakse kupraks. Ta areneb sigimikust. Kupar on kaua aega säilivast tupest ümbritsetud. Kupras valmib hulk platsentale ehk seemnekandjale kinnitatud seemneid. Seemnete abil toimub taimede paljunemine ja levimine. Vili kinnitub varrele viljarao abil.

Tubakas on üheaastane taim: ta läbib oma arenemistsükli ühe vegetatsiooniperioodi kestel.

Meie poolt sooritatud vaatlusest võime järeldada, et taime organite funktsioonid on mitmesugused. Juur, vars ja leht on vegetatiivsed organid (sõnast «vegetatsioon» — kasvamine). Neid nimetatakse ka taime kasvu- ja toitumisorganeiks. Vegetatiivsete organite põhiülesandeks on õitsemiseks ja viljakandmiseks vajalike orgaaniliste ainete tootmine.

Õis, vili ja seeme on taimede paljunemis- ja levimisorganid. Paljunemis- ja levimisprotsess koosneb tolmlemisest, viljastamisest, viljade ja seemnete valmimisest ning laialikülvumisest. Võrreldes tubaka seemet täiskasvanud taimega, võime kergesti veenduda, et arenemisaja jooksul toodab ja kogub taim endasse tohutul hulgal toitaineid.

Juba pealiskaudne tutvumine taimega näitab meile, et taime organid on omavahel tihedalt seotud ühtseks tervikuks. Ühe organi funktsioonid on täielikus sõltuvuses teise funktsioonidest. Kuni õitsemiseni kogunevad taimesse suhkur ja teised toitained. Ainete kogunemine toimub juure, varre ja lehtede üheaegse töö ja vastastikuse mõjutamise tulemusena. Ühe organi funktsioonide häirimine põhjustab teiste organite töö seisaku. Lehtede hävitamise puhul röövikute poolt jääb taim kas oma kasvus ja arenemises peatuma või hukkub täielikult. Õitsemise ja viljakandmise ajal lähevad taimesse kogunenud ained üle uuteks vormideks ja nad kulutatakse õiepungade, õite, viljade ja seemnete moodustamiseks.

Taimede liigendumine organeiks on omane kormofüütidele ehk tüvendtaimedele *(Cormophyta)*, kuhu kuuluvad õistaimed, samuti ka sõnajalg- ja sammaltaimed. Viimased omavad ainult varsi ja lehti, kuid ei oma juuri. Sammaltaimede seas esineb ka selliseid, milledel puuduvad varred ja lehed ning kogu taim koosneb vaid endasse kõigi organite funktsioone ühendavast rakisest ehk tallusest. Selliste sammalde hulka kuulub näiteks helvik *(Marchantia polymorpha)* (joonis 155), mille tallusel on rohelise plaadi kuju, mis on liigendunud maksa sagaraid meenutavaiks hõlmadeks. Seepärast nimetatakse helvikut ka «maksasamblaks». Alamad taimed — samblikud, seened, vetikad — ei moodusta millalgi juuri, varsi ja lehti. Nende rakisel on omapärane kuju: kas plaadikeste, kübarakese ja jalakese, ämblikuvõrgu taolise mütseeli, üksikute või omavahel kummaliselt läbipõimunud niitide kuju. 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 süstemaatika kursuses.

2. LIIGI, PEREKONNA JA SUGUKONNA MÕISTE

Juba Linné ajast on botaanikas tarvitusel taimede kahesõnaline ehk binaarne nomenklatuur, s. o. iga taime nimetatakse kahe ladinakeelse oskussõnaga: esimene sõna näitab, missugusesse perekonda taim kuulub, teine sõna on liiki iseloomustav täiend, näiteks: punane ristik (*Trifolium pratense* L.), valge ristik (*Trifolium repens* L.), roosa ristik (*Trifolium hybridum* L.). Täht L. näitab, et antud liigid on määratud Linné poolt.

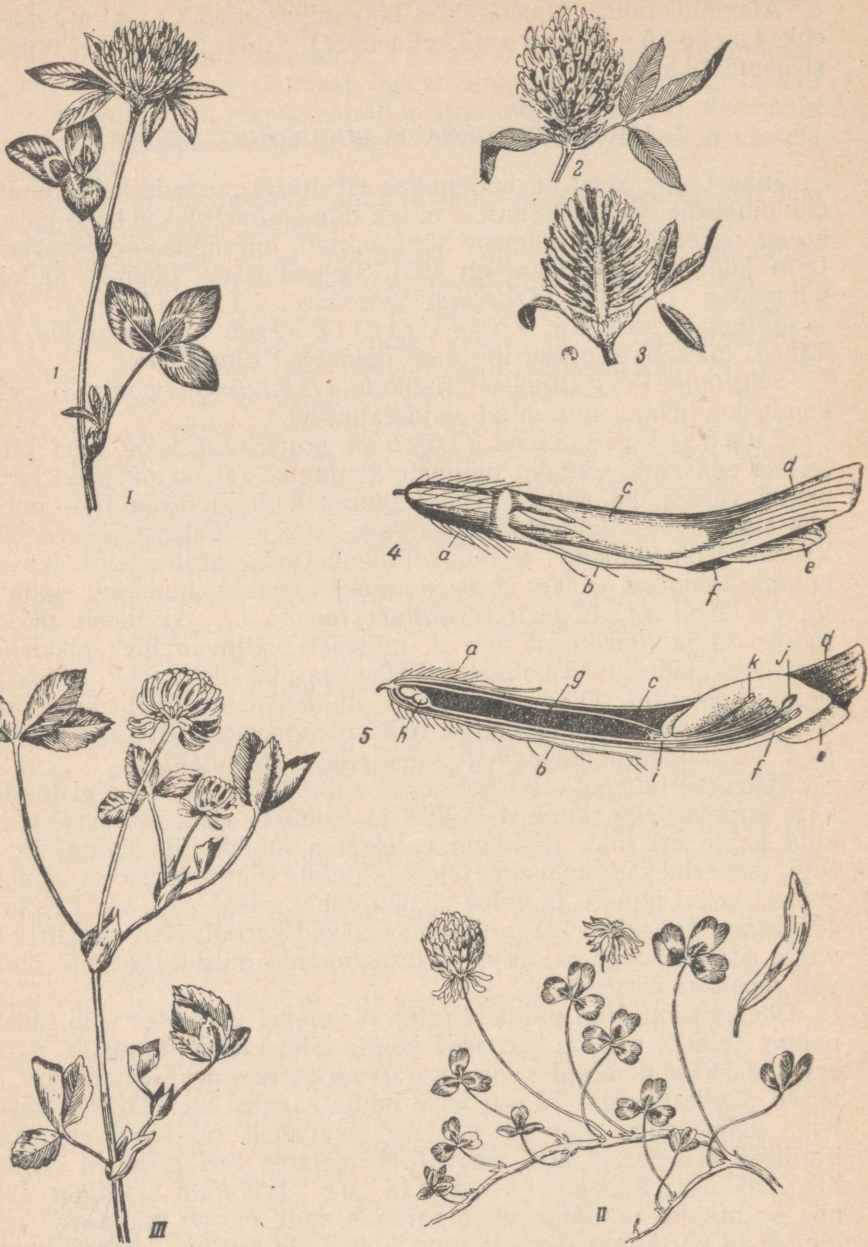
Selgitame liigi mõistet ristikute (*Trifolium*) (joonis 3) perekonda kuuluvatel üldtuntud söödataimedel.

Punasel ristikul (*Trifolium pratense* L.) on oma järglastele edasiantav kindel tunnuste kogumik. Tal on püstised hargnenud varred, kolmetised lehed, suured kerajad õisikud — nutid, mis sisaldavad viiehambalise karvase tupega lillakaspunaseid õisi. Viimastel on liblikõieliste tüüpi liitlehine mitte äralangev õiekroon, kümme tolmukat ja üks üheseemneseks kaunaks muunduv emakas.

Valgel ristikul (*Trifolium repens* L.) on maad mööda roomavad ja juurduvad varred, milledelt väljuvad üles pikkadele rootsudele kinnituvad kolmetised lehed ja pikkadel vartel asetsevad valged õienutid. Õied on samuti liblikõieliste tüüpi, kuid neil on lühema putkega õiekroon ja nad on esimestest paremad meetaimed, võimaldades hõlpsamat juurdepääsu mesimahlale.

Mõlemad taimed, olles omavahel sarnased ja samal ajal tunduvate erinevustega, kuuluvad ühte ja samasse ristikute perekonda, kuid kahte eri liiki. Ristikute perekonda kuulub üle kolmekümne liigi, mis erinevad omavahel täiesti kindlate tunnuste poolest. Vahepealsel kohal punase ja valge ristiku vahel seisab roosa ristik (*Trifolium hybridum* L.), millel on tõusvad varred; õied sarnanevad valge ristiku õitega ja on samuti koondunud nuttidesse, kuid omavad roosakat värvust.

Ühe ja sama liigi paljusid taimi omavahel võrreldes võib tähele panna, et kõik nad on sarnased kõigis tähtsamais tunnustes, välja arvatud individuaalsed erinevused (suurus, õite arv, lehtede arv ja teised pisitunnused). Täiesti teise mulje saame, kui hakkame võrdlema kõigi kolme liigi eksemplare omavahel; sel juhul esinevad liigilised erinevused eriti teravalt. Nimetame veel mõnesid ristiku liike, näiteks keskmist ristikut (*Trifolium medium* L.), mis on punase ristikuga väga sarnane, kuid erineb viimasest suuremate ja purpurpunasemate ning üldkatteta nuttide, karvastumata tuppede ja veidi nurkjalt kõverdunud varte poolest. Pealiskaudselt vaadeldes me ei eralda teda punasest ristikust. Mägiristikul (*Trifolium montanum* L.) on küll valged nutid, kuid, erinevalt valgest ristikust, püstised varred.



Joonis 3. Mitmesuguseid ristiku liike:
I — punane ristik (*Trifolium pratense*): 1 — taime üldkuju; 2 — õisik — nutk; 3 — nutt läbilõikes; 4 — ristiku õis; 5 — õis läbilõikes; *a* —tupp; *b* — tupe pikk hambake; *c* — õiekrooni putk; *d* — puri; *e* — tiib; *f* — laevuke; *g* — vaba tolmukas; *h* — sigimik; *i* — emakakael; *j* — emakasuue; *k* — tolmukapea. II — valge ristik (*Trifolium repens*); III — roosa ristik (*Trifolium hybridum*).

Eespool loetletud ristikud on head söödataimed, kusjuures paremaiks neist on rohumaadel kasvav ja põldudel kasvatatav punane ristik ja ka valge ristik, mis oma hästi tallamist taluvate roomavate varte tõttu on karjamaadel asendamatu.

Teistest ristikutest võib nimetada veel üheaastasi ristikuid. Neist ristikute liikidest esinevad umbrohtudena kollaste, hiljem tumepruuniks muutuvate nuttidega kuldristik (*Trifolium agrarium* L.) ja kassiristik (*Trifolium arvense* L.), mille varred, lehed ja eriti nutid on udekarvased, tupplehed on tihedalt kattunud laiuvate karvakestega, õiekroonid aga on vaevalt märgatavad, roosakasvalged.

Kõigil eespool kirjeldatud ristikute liikidel on omavahel palju ühiseid tunnuseid. Sellisteks on õisikud — nutid (pikergused ja ümmargused), liitlehised, pärast õitsemist mitte äralangevad õiekroonid, kümme tolmukat, milledest üks on vaba, teised üheksa aga alusel kokku kasvanud putkeks ja kinnitunud õiekroonile; abilehed on leherootsudega kokku kasvanud; viljad on väikesed, sisaldavad üht kuni nelja seemet. Kõik ristikute liigid ühendatakse ühte ristikute (*Trifolium*) perekonda.

Ristikuga sarnane lutsernide (*Medicago*) perekond on veidi teistsuguste tunnustega ja nimelt: õied on kobarais, sigimik on alusel kõverdunud, viljad spiraalsed või sirpjalt kõverdunud. Lehed on kolmetised, kuid erinevad ristiku lehtedest selle poolest, et keskmise lehekese roots on pikem.

Harilik lutsern (*Medicago sativa* L.) on väärtuslik, ristikuga võrdne söödataim (joonis 4, I). Teda kasvatatakse lõunarajoonides põldudel, kuigi tema leviku põhjapoolne piir ulatub kuni Moskva oblastini. Lutsernil on sinakasvioletsed meerikkad õied paljuõielistes kobarates, udejalt karvastunud spiraalselt $3^1/_2$ ringi keerdunud kaunad ning püstised, kuni 1,2 m kõrgused varred. Juur tungib mulda 2 m ja vahel isegi kuni 15 m sügavuseni.

Sirplutsernil (*Medicago falcata* L.) on peaaegu sirged või kaarjalt kõverdunud kaunad ja peened paljuõielised kokkusurutud kollased kobarad. Taime kõrgus on 20—60 sm. Abilehed on süstjad, alumised hambulised. Taime söödaväärtus on madalam eelmisest.

Humallutsernil (*Medicago lupulina* L.) on neerjalt kõverdunud ja ainult tipul keerdunud kaunad. Abilehed on ovaalsed, peaaegu terved. Õisikud on väikesed nutitaolised kobarad kollaste õitega. Varred on enamasti lamavad. Söödaväärtus on väike.

Üldse esineb meil Nõukogude Liidus üle 10 lutserniliigi.

Neist näiteist näeme, et iga taimeliik erineb teisest liigist vahel vähe märgatavalt, vahel aga teravalt silmapaistvate tunnuste poolest. Peale selle erinevad liigid omavahel mitte ainult ühe tunnuse, vaid ka tunnuste kogumi poolest; samuti on neile iseloomulik suur püsivus oma iseärasuste edasiandmises järglastele. Juba Linné kirjeldas ristiku kõiki loetletud liike ja paljusid teisi taimi, ning kuni käesoleva ajani, s. o. 180 aastat hiljem, säilitavad need taimed oma

tunnuseid näiliselt täiesti muutumatuina. Kuid see liikide näiv püsivus saab arusaadavaks, kui võtame arvesse, et metsikult kasvavad taimeliigid tekkisid (ja olelevad) mitte kümnete ja sadade, vaid paljude aastatuhandete jooksul.



Joonis 4.

I — harilik lutsern *(Medicago sativa)*: A — õis; B — vili. II — harilik espar sett *(Onobrychis sativa)*: C — õis; D — vili.

Vaatleme veel kolmandat perekonda — esparsetti *(Onobrychis)* (joonis 4, II). Tal on paaritusulgjad lehed, kobarais õied ja lapergused pähkeljad üheseemnelised, ogadega ja võrkjalt asetsevate roodudega kaunad. Õied on roosakaspurpursed ja meerikkad. Esparseti liike on mitu, kuid suurima tähtsusega on neist söödataimena harilik esparsett (*Onobrychis sativa* L.).

Meie poolt analüüsitud kolmel taimeperekonnal on omavahel sarnasust terves reas silmapaistvais tunnustes, ja sellepärast kuu-

luvad nad ühte sugukonda — liblikõielised (mis omakorda kuulub laiemasse rühma — kaunviljaliste seltsi).

Liblikõielised on rohttaimed, harvemini põõsad ja puud. Lehtede asetus on vahelduv, lehed on liitlehed (välja arvatud leetpõõsas), kas kolmetised, sõrmjad või sulgjad, abilehtedega. Kobarais või nuttides asetsevad õied on korrapäratud, kroon viielehene, liblikõieliste tüüpi; ristikul on kroonlehed kokku kasvanud putkena, tupp liitlehine ja viie hambakesega; tolmukaid on 10, mis on oma niitidega kokku kasvanud putkeks (üherühmased) või üks tolmukas on vaba (kaherühmased). Emakaid on üks, sigimik on kas ühepesane või jaotunud ebavaheseintega. Vili on kaun, ühe- või mitmeseemnene, avanev või mitteavanev. Kõik liblikõielised taimed on lämmastikukogujad ja omavad juurtel mügaraid. Mügarais elunevate bakterite kaudu kasutavad nad õhulämmastikku valkainete moodustamiseks. Juured on neil sügavale ulatuvad sammasjuured. Paljud liblikõielised on väärtuslikud söödataimed. Kõik nende organid, eriti seemned, on valgurikkad.

Peale ülalpool loetletud taimede kuulub liblikõieliste hulka palju teisi perekondi ja liike, mida me vaatleme teisal.

Seega on perekond rühm omavahel lähedasi liike, milledel on sarnasust õite, viljade ja seemnete põhiehituses ja mis erinevad teisejärgulistes iseärasustes (lehtede, varte ja õisikute kujus, karvasuses, õiekrooni ning seemnete värvuses jne.).

Sugukond on laiem rühm, koosnedes omavahel suguluses olevaist perekondadest, mis sarnanevad üksteisega nii levimis- ja paljunemisorganite kui ka mõnikord vegetatiivsete organite ehituses. Selgitame seda veel ühe näitega. Kõrreliste sugukond on laialdane taimede rühm, mis koosneb paljudest perekondadest: odrad, nisud, kaerad, maisid, nurmikad, lusted jt. Igaüks neist perekondadest jaguneb liikideks, näiteks kahetahuline oder (*Hordeum distichum* L.), neljatahuline oder (*Hordeum vulgare* L.), kuuetahuline oder (*Hordeum hexastichum* L.) (joonis 244).

Sarnased taimede sugukonnad ühendatakse seltsideks, seltsid klassideks, klassid hõimkondadeks, viimased aga kahte suurde rühma: alamad ehk rakistaimed (tallofüüdid) ja kõrgemad ehk tüvendtaimed (kormofüüdid). Taimede liigitamisest räägime põhjalikumalt taimesüstemaatika kursuses, siin aga anname vaid lühikese kujutluse kahest õistaimede klassist: kaheidulehelistest (*Dicotyledoneae*) ja üheidulehelistest (*Monocotyledoneae*), sest nendele tuleb meil viidata aine edasisel käsitlemisel.

Kaheidulehelisi (ristik, vikk, päevalill jt.) *iseloomustab kaks idulehte seemne idus; peajuure olemasolu, mis püsib kas kogu taime arenemise kestel või ainult arenemise algul; lahtiste ja ühes ringis asuvate kiudsoonte kimpude ja kambiumi olemasolu varres; liht- ja liitlehtede võrkroodsus ning viietine, neljatine või mitmetine õie ehitus.*

Üheidulehelisi taimi (kaer, tarn, liilia jt.) *iseloomustab*

ühe idulehe olemasolu seemne idus; narmasjuurestik; kinniste kiudsoonte kimpude hajaasetus ja kambiumi puudumine; terveservaliste, pikenenud lihtlehtede rööp- või kaarroodsus; kolmetine õie ehitus.

II PEATÜKK

TAIME RAKUD, NENDE SISALDISED, RAKKUDE PALJUNEMINE, RAKUD JA KOED

1. TAIME RAKUD JA NENDE OSAD

Kõrgema õistaime kõik organid koosnevad paljudest rakkudest, s. o. pisimaist suletud, iseseisvaist põiekestest ehk kambreist, mis on täidetud poolvedela sisuga ja eraldatud tihedate, enamasti vedelaid aineid läbilaskvate seinakestega. Tavaliselt on rakud nähtamatud nii paljale silmale kui ka luubiga vaatlemisel ja seepärast kasutatakse nende vaatlemiseks mikroskoopi.

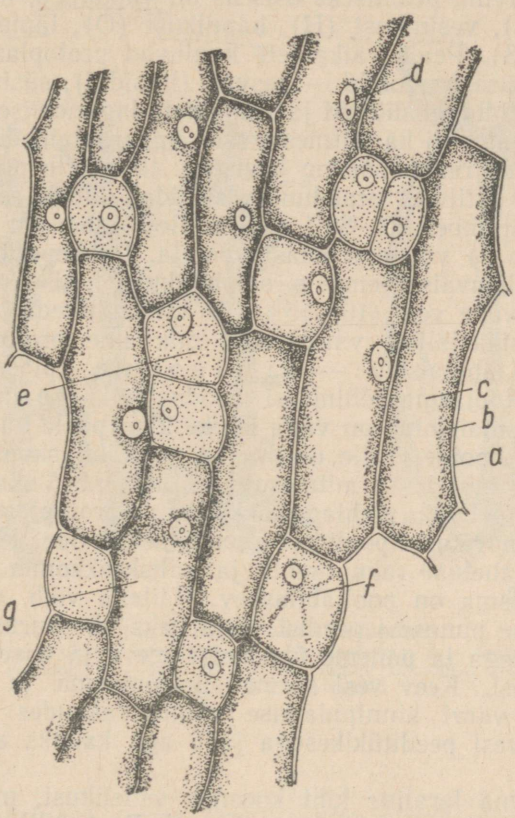
Taime rakkude seas esineb ka palja silmaga või luubiga nähtavaid «hiigelrakke». Valminud õuna katkimurdmisel näeme läikivaid punkte — põiekesi, milledest koosneb viljaliha. Sedasama näeme me valminud arbuusi õhukestel viilakutel. Juurekarvad — üherakulised moodustised — ulatuvad vahel 2—8 mm pikkuseni ja on nähtavad. Lina varre kiud on pikaks veninud ja üle 4 sm pikad rakud, puuvilla kiud on aga veelgi pikemad. Mõnede vetikate *(Chara, Nitella)* rakud ulatuvad 10 sm pikkuseni. Kuid õistaimede rakkude tavaline suurus kõigub 10—60 μ[1] piirides. Kõige väiksemad on üherakuliste organismide, bakterite rakud: 0,5—10 μ. Taimede rakulist ehitust on võimalik näha enamikul juhtudel 60—80-kordsel suurendamisel, kuid rakkude ehituse uurimisel tuleb kasutada 400—600-kordseid ja vahel ka üle 1000-kordseid suurendusi.

Mõiste «r a k k» on antud Robert Hooke'i poolt, kes oli esimesi raku uurijaid XVII sajandi keskel. Esimesed uurijad võrdlesid taime ehitust mesilaste kärgedega. Peamist tähelepanu pöörasid nad taime mitmesugustes organites esinevate rakkude kõige mitmekesisematele vormidele. Taime rakkude teravalt piiratud kuju sõltub raku sisu katvast k e s t a s t (joonis 5). Noores elavas rakus asub raku sisu (protoplast), mis koosneb tavaliselt teralisest limasest massist — p r o t o p l a s m a s t ehk t s ü t o p l a s m a s t ja r a k u t u u m a s t. Kasvamise puhul tekivad raku protoplasmas raku mahla sisaldavad õõned — v a k u o o l i d.

Protoplasmas leiduvad veel raku elavad osad — p l a s t i i d i d ja k o n d r i o s o o m i d, samuti ka mitmesugused sisaldised. Rakke on kerakujulisi, neljatahulisi, mitmetahulisi, tähekujulisi, haralisi ja lõpuks nii keeruka kujuga, et üksainus rakk meenutab endast tervet taime, nagu seda näeme vetikatel b o t r ü ü d i u m i l

[1] Üks mikron (μ) võrdub 0,001 mm.

(Botrydium) ja k a u l e r p a l *(Caulerpa)* (joonis 122) [1]. Vahel on rakud tugevasti pikaks veninud ja omandanud teritunud käävja kuju. Niisuguseid rakke nimetatakse p r o s e n h ü ü m s e i k s, vastandina p a r e n h ü ü m s e i l e, milledel arenemine toimub kõigis suundades enam-vähem ühtlaselt.



Joonis 5. Taime rakud sibula soomuse epidermises (tugevalt suurendatud):
a — raku kest; *b* — protoplasma; *c* — vakuool; *d* — tuum ja tuumakesed; *e* — noor rakk; *f* — keskmise vanusega rakk; *g* — vanem rakk.

[1] Neid vetikaid ja samuti ka nuivetikat *(Vaucheria)* on kirjeldatud IX peatükis. Nende keha jagunemise puudumine hulkadeks rakkudeks annab mõnedele teadlastele aluse asetada need taimed mitterakuliste organismide hulka, milliseid esineb ka loomade seas.

Protoplasma

Raku p r o t o p l a s m a on tavaliselt poolvedel läbipaistev ja värvitu aine, mis täidab noore raku kogu õõnt, vanemal rakul aga katab seestpoolt raku seina ja läbib kogu raku õõnt peenimate niitidena. Protoplasmal on erakordselt keerukas struktuur ja keemiline koostis. Tema peamiseks osiseks on valkained, mis koosnevad süsinikust (C), vesinikust (H), hapnikust (O), lämmastikust (N) ja väävlist (S). Peale valkainete kuuluvad protoplasma koostisse raku elutegevuse produktid — rasvad (lipoidid), süsivesikud, alkaloidid, glükosiidid, ensüümid ja valkainete lagunemise produktid — amiinhapped, samuti ka mitmesugused mineraalained.[1]

Protoplasma reaktsioon on leelisene: ta värvib punase lakmuse siniseks. Elu aktiivses staadiumis sisaldab taime rakkude protoplasma endas umbes 70—80% vett, mille tõttu ta on vedela limase konsistentsiga ja võimega edasi voolata. Puhkeperioodis olevates rakkudes (puhkavais seemneis, samblikkude rakises jne.) sisaldab protoplasma vähe vett (10—15%) ja tal on tiheda veniva massi välimus. Üksikasjalisel vaatlemisel märkame protoplasmas kaht kihti: väline läbipaistev — k i l e t a o l i n e (plasmalemma) ja seesmine, protoplasma põhimassi moodustav — t e r a l i n e (mesoplasma). Plasmalemma on väga õhuke kile; peale valkainete sisaldab ta palju lipoide. Talle on omane poolläbilaskvus, s. o. võime mitteühtlaselt läbi lasta mitmesuguseid aineid. Vakuoole omavais rakkudes koosneb raku mahlaga kokkupuutuv protoplasma kiht samuti kilest, mis on rikas lipoididest (tonoplast). See kiht reguleerib samuti ainevahetust raku mahla ja väliskeskkonna vahel. Ainult elav protoplasma on poolläbilaskev. Näitena võib olla järgmine katse: lõikame punasest peedist välja kaks ühesuurust tükki, loputame neid veega ja paneme ühe neist keeva ja teise külma veega täidetud klaasi. Keev vesi surmab protoplasma ja selle kileline kiht kaotab värvi kinnipidamise võime rakkudes — vesi värvub. Külm vesi peeditükikesega jääb aga kauaks ajaks värvusetuks.

Protoplasma teraline kiht koosneb vedelikust, milles leiduvad peened terakesed — m i k r o s o o m i d. Peale mikrosoomide võib märgata protoplasmas k o n d r i o s o o m e, s. o. peeni kepikesi või lühikesi niite. On alust arvata, et kondriosoomid muutuvad suuremateks kehakesteks — plastiidideks, milledest me räägime edaspidi.

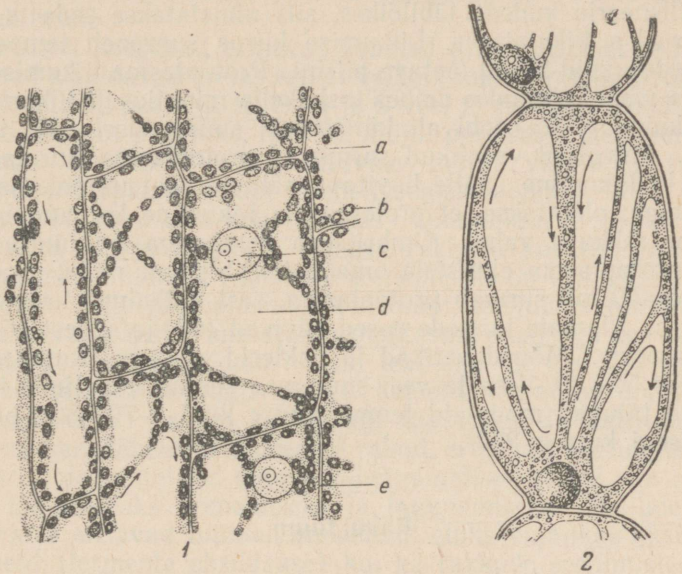
Protoplasma ehitust pole veel küllaldaselt uuritud; see pole püsiv ja muutub välise keskkonna tähtsusetute muutuste tõttu. Protoplasma uurimisel rakud fikseeritakse, s. t. surmatakse piirituse või teiste vedelikkudega ja pärast seda värvitakse värvidega. Selle juures muutub kahtlemata protoplasma ehitus. Joodi mõjul

---

[1] Neist aineist on kõnet üksikasjalisemalt XII peatükis.

muutub protoplasma kollaseks, lämmastikhappe mõjul võtab ta samuti kollase tooni; suhkrulahuse ja väävelhappe mõjul värvub ta aga punaseks. Aniliinvärvide toimel värvub protoplasma kas siniseks või roheliseks.

Paljudel taimedel on protoplasma liikuvas olekus (joonis 6). Protoplasmal eristatakse ringlevat ja tiirlevat liikumist. Protoplasma ringlevat liikumist võib jälgida kõrvitsa karvades, Põhja-



Joonis 6. Protoplasma liikumine:
1 — tiirlev liikumine vesikatku lehe rakus; *a* — protoplasma; *b* — kloroplastid; *c* — tuum ja tuumake; *d* — vakuool; *e* — raku kest: *2* — ringlev liikumine *Tradescantia virginica* tolmukaniidi karva rakus.

Ameerikast pärineva taime *Tradescantia virginica* tolmukaniitide karvades, nõgese karvades, arbuusi ja tomati viljalihas ning kilbuka *(Hydrocharis morsus ranae)* juurekarvades. Ringlevat liikumist esineb neis rakkudes, milledes on peale rakuseinte läheduses asuva protoplasma kihi veel palju protoplasmaniite, mis suunduvad seintelt tuuma juurde. Neis niitides võib jälgida protoplasma voolusid, mis on märgatavad peenimate terakeste (mikrosoomide ja kondriosoomide) liikumisest kas tuumale lähenevas või tuumast kaugenevas suunas. Protoplasma tiirlevat liikumist võib jälgida rakkudes, milledes protoplasmat on ainult raku seinte läheduses. Neis rakkudes voolab protoplasma piki raku seinu, jõuab nurgani, käändub külgmisele ja sealt vastas asuvale seinale ning liigub siis tagasi. Raku tuum ja plastiidid, kaasa kantuna proto-

plasma voolu poolt, teevad liikumise rohkem märgatavaks. Protoplasma tiirlevat liikumist on sobiv vaadelda vallisneeria *(Vallisneria)* ja vesikatku *(Helodea)* lehe rakkudes ning vetika nitella *(Nitella)* suurtes rakkudes. Liikumist, mida näeme raku normaalsetes elutingimustes vigastamata taimedel, näiteks taimede karvades, tolmutorudes ja vetikate rakkudes, nimetatakse primaarseks liikumiseks. Tekib aga protoplasma liikumine rakkudes taime vigastamise tulemusena, näiteks vesikatku ärarebitud lehes või vallisneeria kudede läbilõikes, siis nimetatakse seda sekundaarseks liikumiseks. Liikumise kiirus suureneb temperatuuri kõrgenedes, kuid ainult teatava piirini. Protoplasma liikumise kiirus on väga väike, võrdudes umbes taskukella minutiosuti liikumiskiirusega, kuid mikroskoobi all küllaldasel suurendusel näib ta üsna kiirena. Mürgised vedelikud surmavad protoplasma, surmaga aga lakkab ta liikumine. Selle huvitava nähtuse tähtsus pole seniajani päris selge; oletatakse, et protoplasma liikumine kergendab ainete vahetust rakkude vahel. Ümbritseva keskkonna tingimused avaldavad protoplasma elulistele omadustele tugevat mõju. Soojendamine 50—60°-ni surmab protoplasma, sest valkained kalgenduvad seejuures. Alamate taimede eosed hävivad 100° ja sellest kõrgemas temperatuuris. Mõned vetikad ja bakterid elunevad kuumaveeallikate vees 50—70°-lises ja veel suuremas soojuses, paljude taimede seemned taluvad madalaid temperatuure kuni —70—80°, bakterite eosed isegi kuni —250°.

Raku tuum

Raku tuum asub alati raku protoplasmas. See on kõikide rakkude vajalik osa, kuid bakteritel ja sinivetikatel pole ta märgatav, sest et neil on tuumaine jaotatud üle kogu protoplasma. Igas taime rakus on tavaliselt üks tuum, ning ainult mõnede seente ja vetikate rakkudes esineb neid kaks, mitu või palju. Seemnetaimede piimasoonte ja lootekottide rakud on samuti paljutuumalised. Tuumad on harilikult kera- või ellipsoidikujulised, kuid prosenhüümrakkudes on nad käävjad.

Tuumal, nagu protoplasmalgi, on kolloidne ehitus; ta on tihedama konsistentsiga ja murrab tugevamini valguskiiri. Elusas rakus näib tuum struktuurituna (homogeensena) ja koosnevana ühesugusest tuumaine (karüoplasma) massist, mis on mõnikord kergelt teraline, ühe või mitme värvitu tuumakese ja sageli tiheda kilega. Võrreldes protoplasmaga, värvuvad tuum ja eriti tuumakesed reaktiivide mõjul eredamalt ja muutuvad seepärast nähtavamaks. Tuuma ja üldse raku uurimisel on rakendatud alati fikseerimismeetodit püirituse ja teiste mürgiste vedelikkudega, mille järel tuum värvitakse aniliinvärvidega. Surmatud ja värvitud tuumas toimub valkude kalgendumine ning temas ilmub tuumavõrk, mis koosneb värvimatust ainest (akromatiinist), millesse on poetunud ker-

gesti värvuva aine (kromatiini) peeni terakesi. On oletatud, et tuumavõrgu silmustes asub tuuma mahl (karüolümf). Nõukogude teadlase P. V. Makarovi kaasaegsed uurimused näitavad, et elavatel normaalsetel rakkudel tavaliselt puuduvad tuumalised struktuurid ning viimased ilmuvad fiksaatorite tegevuse mõjul, mis surmavad rakud ja põhjustavad valkude kalgendumist. Kasutades rakkude töötlemiseks osmiumtetroksüüdi, sai P. V. Makarov fikseeritud preparaate tuuma mikroskoopilisest ehitusest, mis vastavad elustuuma ehitusele.

Keemiliselt koostiselt erinevad tuumad protoplasmast selle poolest, et nad sisaldavad endas erilisi valke (nukleoproteiide), millede koosseisu kuulub peale C, H, O, N ja S veel P (fosfor). Joodi mõjul värvuvad tuumad pruuniks, fuksiini mõjul punaseks, metüleensinise mõjul aga siniseks. Valgureaktiivide mõjul värvuvad tuumad samuti kui protoplasma, kuid intensiivsemas toonis.

Tuumal on raku elus suur tähtsus. Oletatakse, et ta on seoses paljude raku funktsioonidega. Suurte rakkude kunstlik jaotamine kaheks pooleks näitab, et edasiseks arenemiseks on võimelised ainult need pooled, mille protoplasmas on tuum, kusjuures protoplasma ümber tekib raku kest. Tuumatud protoplasma osad aga kas surevad või nende kasvamine lakkab. Vene teadlane Gerassimov sooritas möödunud sajandi 90-ndail aastail katseid keermikvetika *(Spirogyra)* rakkudega. Ta sai kunstlikult tuumatuid ja kahetuumalisi rakke ning pani tähele, et tuumatud rakud, erinevalt ühetuumalistest rakkudest, pole suutelised elama, kahetuumalised rakud aga on võimelised hoogsamaks arenemiseks ja jagunemiseks. Paljude teadlaste arvates eritavad tuumad endast nii eluks vajalikke oksüdeerivaid aineid (fermente oksüdaase) kui ka rakkude seedimistegevust soodustavaid aineid. Peale sellise tähtsa elufunktsiooni etendavad raku tuumad veel koos protoplasmaga tähtsat osa rakkude jagunemisel. Kuid tuuma tähtsus ei ole veel täielikult selgitatud. Formaalsed geneetikud omistavad raku tuumale erilist tähtsust organismi pärandatavate omaduste edasiandmisel. Mitšuurinlik teadus purustas selle väärteooria ja tõestas, et pärilikkust ei oma mitte ainult raku tuum, vaid ka iga teine raku osake, iga rakk tervikuna, iga kude, iga taime organ ja isegi mahlad, mis ringlevad taimes ja toidavad teda.

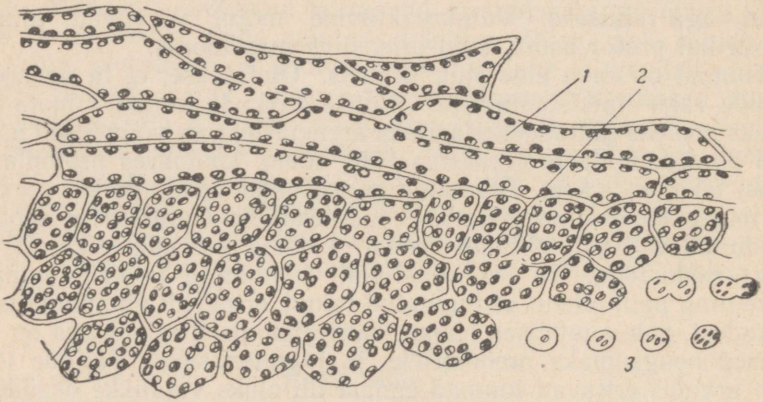
Plastiidid: kloroplastid, leukoplastid ja kromoplastid

Peale meie poolt vaadeldud taimeraku osade (protoplasma, tuum) esineb rakkudes väga sageli p l a s t i i d e, mis on protoplasti osiseks.

Plastiidid on raku protoplasmas esinevad mitmesuguse kujuga kehakesed. Neid on kolmesuguseid: r o h e l i s e d — kloroplastid, m u u v ä r v i l i s e d (punased, kollased, oranžid) — kromoplastid ja v ä r v u s e t u d — leukoplastid.

2.50

Kloroplastid ehk klorofülli terad on taimedel laialt levinud. Kõrgemail taimedel on nad kas ümmarguste või hulktahuliste roheliste terade kujulised. Põllu-, rohumaa- ja metsataimestiku roheline värvus kevadel ja suvel sõltub kloroplastidest. Kõige sagedamini on roheliseks värvunud lehed ja varred. Kui võtta rohelisi lehti ja asetada need piiritusse, siis värvub piiritus mõne aja pärast roheliseks, lehed aga muutuvad värvusetuiks; see tähendab, et piiritus lahustas endas rohelise värvi — klorofülli, millega olid immutunud arvukad kloroplastid lehtede rakkudes. Kõige paremini võib näha kloroplaste sambla (näiteks tähtsambla) lehtedes, sest viimased koosnevad ühestainsast rakkude kihist (joonis 7). Mikro-



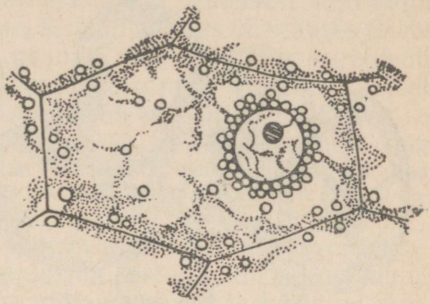
Joonis 7. Kloroplastidega täidetud tähtsamba *(Mnium)* lehe rakud:
1 — lehe serva pikenenud ja teritunud otsadega rakud (prosenhüümsed); 2 — ühtlaselt arenenud rakud (parenhüümsed); 3 — kloroplastid (tugevasti suurendatult) jagunemise ja primaarse tärklise moodustamise seisundis.

skoobis näeme, et lehe rakkudes esineb suur hulk ümmargusi, vähe laperguse kujuga rohelisi teri. Iga tera koosneb põhiainest (ehk stroomast); see sisaldab rohelist klorofülli, mis moodustub taimedes harilikult valguse käes. Kui lehed enne nende vaatlemist olid valguse käes, siis võib märgata kloroplastides valguse mõjul tekkinud valgeid primaarse tärklise[1] terakesi. Öö jooksul tärklis harilikult kaob kloroplastidest, muundudes suhkruks, mis läheb taimedele toiduks. Kloroplastid paljunevad kaheks pooleks soondumise teel (joonis 7).

Tärklise moodustumine toimub vee arvel, mis kloroplastideni voolab, ja õhu süsihappegaasi arvel, mis niisamuti vabalt nendeni pääseb. Seejuures vabanev hapnik eraldub õhku. Tärklise tekkimise protsessi kloroplastides nimetatakse assimilatsiooniks ehk süsiniku

[1] Nimetatakse ka assimilatsioonitärkliseks. *Toim.*

sarnastamiseks. Kuna see protsess teostub päikesekiirte abil, siis kannab ta praegu fotosünteesi nimetust. Kloroplastides toodetakse orgaanilisi aineid, mis lähevad maakera asustavate organismide toitmiseks. Tänu kloroplastidele täiendub atmosfäär elustava hapnikuga. Kloroplastid asuvad roheliste lehtede mesofüllis, õhulõhede sulgrakkudes, rohtsete varte rakkudes, noorte puude koores, harvemini lisajuurtes (näiteks maisil), mõnikord epidermise karvades (kõrvitsal) ja harvemini epidermise rakkudes (sõnajalgadel ja vahel ka katteseemnetaimedel). Nende arv rakkudes on väga muutuv, ulatudes 20-st kuni 50-ni, mõõtmed aga kõiguvad 4—6 μ vahel.



Joonis 8. Leukoplastid maisi terise endospermi rakkudes.

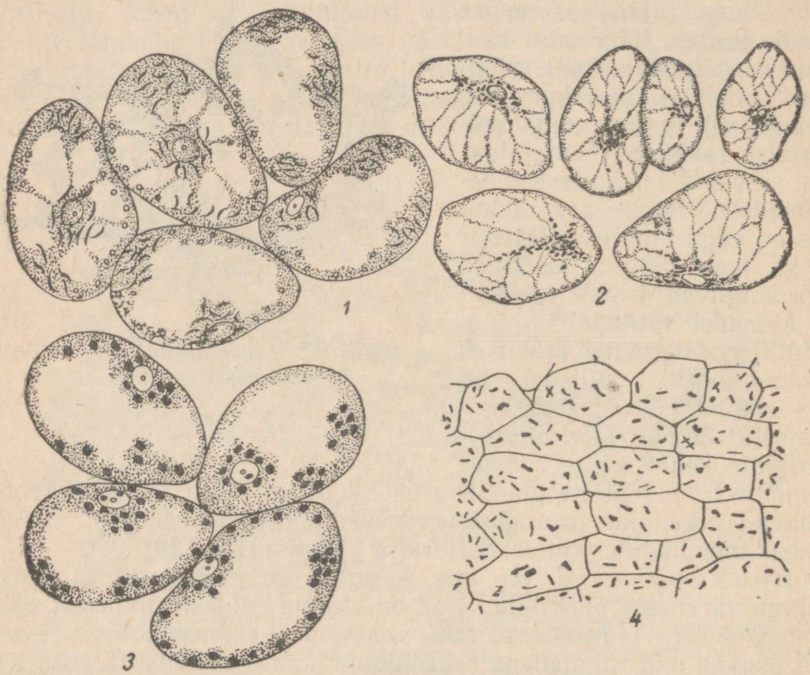
Mõnedel vetikatel on klorofülliterade asemel rohelised kromatofoorid, milledel on kas ebaühtlaste äärtega spiraalsete lintide *(Spirogyra)*, karikjate kehakeste *(Chlamydomonas)* või tähtjate plaadikeste *(Zygnema)* kuju. Kromatofoorid omavad pürenoide, s. o. peeni värvusetuid valgukehakesi, millede ümber moodustub primaarne tärklis (joonis 117, 120).

Leukoplastid on kas kerajad või pikerguste kehakeste kujuga värvuseta plastiidid. Nad on kloroplastidest tunduvalt väiksemad ja vähe märgatavad raku vaatlemisel mikroskoobis. Tavaliselt asuvad nad rühmadena raku tuuma kõrval (joonis 8). Kui leukoplastid asuvad mugulais, juurtes, puu tüves ja seemneis, siis on nad tekkimiskohaks sekundaarsele tärklisele[1], mis moodustub lehtedest tuleva glükoosi arvel. Leukoplastid on tärklise moodustajad.

Kromoplaste esineb punase, oranži või kollase värvusega õiekroonide rakkudes; nad annavad ka värvuse aedporgandi juurtele ja kibuvitsa, pihlaka ning punapipra viljadele (joonis 9). Lehtede sügisene värvus sõltub samuti osaliselt kromoplastidest ja ainult osaliselt antotsüaanist. Kromoplastid erinevad välimuselt teistest plastiididest; nende kuju meenutab kas ebakorrapäraseid sagaraid ja kolmnurkseid plaadikesi, kepitaolisi kehakesi või ebakorrapäraseid teralisi moodustisi. Nende värvus sõltub neis esinevast kahest pigmendist: oranžist — karotiinist ja kollasest — ksantofüllist. Kromoplastid asetsevad protoplasmas harilikult ühtlaselt, kuid mõnedel juhtudel kogunevad nad ümber raku tuuma.

[1] Nimetatakse ka säilitustärkliseks. *Toim.*

Sel juhul kui kromoplaste esineb õiekroonides ja valminud viljades, on nad signaliseerijaiks putukaile — tolmeldajaile ja loomadele — seemnete levitajaile. Kromoplastide ülesanne maa-aluseis organeis on veel selgitamata.[1]



Joonis 9. Kromoplastid rakkudes:
1 — pihlakal; 2 — tomatil; 3 — füsaalisel; 4 — porgandil.

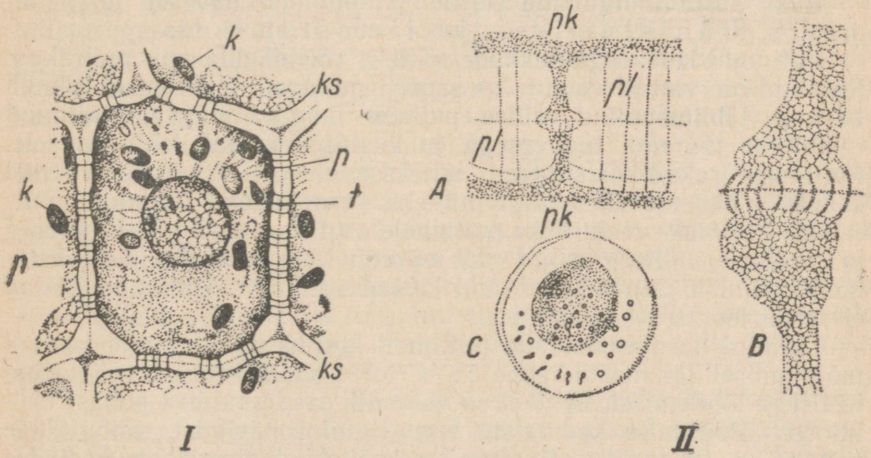
Kõneldes plastiididest, tuleb mainida nendel paljudel juhtudel täheldatavaid muutusi: nii muunduvad leukoplastid vahel kloroplastideks, viimased aga muunduvad sügisel tavaliselt kromoplastideks (tomati rohelised viljad muutuvad punaseks). Plastiidide päritolu pole lõplikult selgitatud. Omal ajal arvati, et plastiidid tekivad alati ainult jagunemise teel. Kuid on olemas viiteid sellele, et plastiidid moodustuvad samuti kondriosoomidest, s. o. neist pisimaist sisaldistest, mida leidub alati protoplasmas.

[1] Õiekroonide kollane värvus sõltub ka erilise pigmendi antokloori olemasolust raku mahlas. Kroonlehtede valge värvus sõltub mitte plastiidide olemasolust, vaid paljudest õhuga täidetud rakuvaheruumidest. Kase *(Betula)* tohu valge värvus sõltub valge aine, betuliini olemasolust.

Raku kestal on taime elus suur tähtsus, kuigi paljaste organismide (amööbid jt.) olemasolu tõendab, et elu oma algelistes vormides on võimalik ka kestadeta. Siiski koosneb iga vähegi keerukam taimorganism kõva kestaga ümbritsetud rakkudest. Üksikud rakud ei ole umbselt kokku liitunud. Rakud eralduvad üksteisest vaid väga õhukeste kesklamellidega ja ühe raku sisu on tihedas ühenduses teiste rakkude sisuga. Seoses sellega peame vaatlema taimorganismi mitte kui üksteisest eraldatud rakkude kolooniat, vaid kui ühtset tervikut, mis omab nagu ühist protoplasma massi.

Paljude taimede raku kestades on õnnestunud värvivate reaktiivide abil kindlaks teha peenimate protoplasmaniitide olemasolu. Need niidid asuvad raku kesta läbivais väga peentes kanalikestes ja neid nimetatakse plasmodesmideks (joonis 10).

Kest on protoplasma ja tuuma tegevuse produkt. On tähele pandud, et ainult sel juhul kattub protoplasma kestaga, kui tal on tuum. Raku kesta kasvamine toimub tema väljavenimisel ja kestaine uute osakeste sissetungimisel varem moodustunud osakeste vahele. Neis kohtades, kus kesta läheduses asub tuum, toimub kesta kasvamine kiiremini. Raku kest pakseneb raku vananemisel, kusjuures uued kihid asetuvad vanadele. Tavaliselt toimub paksenemine seestpoolt. Harvadel juhtudel toimub paksenemine üleni; siis sureb raku sisu kiiresti. Mõnikord paksenevad kestad osade kaupa. Eristatakse poorilist, rõngalist, spiraalset, võrgulist jt. kesta paksenemisi (joonis 23, 24). Poorilise paksenemise korral tekkivad poorid kujutavad



Joonis 10.

I Raku d, milledel on paksenenud kestas poorid. Ühe raku protoplasma eraldub naaberraku protoplasmast ainult peenima esikestaga: *p* — poorid; *k* — kloroplastid; *t* — tuum; *ks* — kest. II Plasmodesmid palmi seemne rakkudes: A — kesta pundunud osa; *pk* — kahe naaberraku poorkanalid, mis on täidetud protoplasmaga. Sulgevas kiles on näha õrnu plasmodesme. Peale selle läbistavad plasmodesmid — *pl* — raku kesta (375-kordne suurendus). B — naabruses asuvate poorkanalite sisu ja sulgeva kile plasmodesmid (suurendus 1500×); C — poorkanali suue ja sulgeva kile plasmodesmid (suurendus 1500×).

endast neid kohti kestas, mis jäävad paksenemata ja soodustavad ainete vahetust rakkude vahel, mille tulemusena rakud püsivad kaua elavana. Teist liiki paksenemised annavad rakkudele tugevust. Harukordadel esineb raku kesta välist paksenemist. Seda nähet võib jälgida mõnede tolmuterade tekkimisel tolmukapeades ja eoste (spooride) moodustumisel sporangiumides, mil nende pind kattub valmimisel ogade, harjakeste ja mustritega (joonis 89).

Raku kest koosneb süsivesikuist, s. o. orgaanilisest ainest, mis sisaldab endas süsinikku (C), vesinikku (H) ja hapnikku (O). Nimetus «süsivesikud» anti varem seepärast, et enamiku nende ainete molekulides on vesinikku — nagu veeski — kaks korda rohkem hapnikust. Praegu aga loetakse süsivesikute hulka palju aineid, milledes vesinik ja hapnik on teises vahekorras kui vees, kuid nimetus «süsivesikud» on säilinud. Raku kesta ainet nimetatakse kiudaineks ehk tselluloosiks, ja selle keemiline koostis on $(C_6H_{10}O_5)_n$. Puhta tselluloosi näiteks on harilik puuvillavatt ja filterpaber. Kloortsink-joodi lahusega mõjutamisel värvub tselluloos violettsiniseks; see reaktsioon on iseloomulik tselluloosile. Peale tselluloosi sisaldab raku kest endas veel pektiinaineid, mis kleebivad üksikute rakkude kesti omavahel kokku. Eriti palju koguneb neid mandariini, apelsini, pomerantsi, sõstra, karusmarja jt. viljadesse.

Pektiinained lahustuvad, kui neid keeta kas lämmastikhappe ja bertolee soola segus või kroomhappes. Sel teel teostatakse taimekudede matsereerimist, s. o. nende lahutamist üksikuiks rakkudeks. Looduslikus olukorras toimub rakkude üksteisest eraldamine viljade (tomati, arbuusi, õuna) liha täielikul valmimisel.

Raku kesta muutumine seisab puitumises, korgistumises, ränistumises ja limastumises.

Puitunud kestadega rakkude näiteks võivad olla puu puitrakud. Rohttaimede varred vananedes samuti puituvad. Puitumisel toimub kestade läbiimbumine erilise puitaine ligniiniga. Puitunud rakud on suurema tugevusega ja vastupidavamad kõdunemisele. Puitumisel rakud kas surevad, näiteks puidusooned, või jäävad veel kauaks ajaks elavaiks, nagu näiteks varuainetega täitunud puitrakud. Parimaks reaktiiviks puitainele on floroglutsiin $[C_6H_3(OH)_3]$ ja soolhape, millede mõjul puit värvub kirsspunaseks. Aniliinsulfaadi mõjul muutuvad puitunud kestad kollaseks. Puitunud kestad ei seedu looma seedeorganeis.

Ligniini saab eemaldada puitunud kestadest kas puidu kestval mõjutamisel lämmastikhappe ja bertolee soola seguga või sööbeleelisega töötlemisel. Sel teel on võimalik saada puidust puhast tselluloosi. Puitumise kadumist, s. o. ligniini hävimist, võib tähele panna ka looduslikes tingimustes, näiteks kivisrakkude kestades pirni ja küdoonia viljade valmimisel.

Puidust valmistatav tselluloos läheb paberi, kunstsiidi ja püroksüliini (lõhkaine) valmistamiseks. Teda on võimalik töödelda ka suhkruks.

Tselluloossete kestade korgistumine seisab nende läbiimbumises

rasvataolise korkainega — suberiiniga. Korgistunud kestad ei lase endast läbi ei vett ega gaase. Selliste seintega rakud peavad vältimatult surema. Suberiiniga sarnane on kutiin, mis sageli immutab taimeorganite pinnal asuvate rakkude väliseid seinu. Mõnede taimede pinda katvat õhukest tihedat kutiinkihti (kilet) nimetatakse kutiikulaks.

Korgistumine ja kutineerumine on taimedele kaitsevahendeiks vee kao ning mikroorganismide vastu. Värvi sudaan III mõjul värvuvad kork ja kutiikula punaseks. Happeis ja leelistes lahustuvad korgistunud kestad halvasti.

Raku kesta ränistumine on tugevasti arenenud kõrrelistel, tarnadel ja osjadel. SiO_2 mõjul saadav varte karedus neil taimedel on kaitsevahendiks limuste (tigude) vastu. Räni, muutes taimed karedaks, alandab tunduvalt nende söödaväärtust. Raku kestade limastumist esineb näiteks lina, sinepi jt. seemnetel. Kestad imevad endasse suurel hulgal vett, paisuvad ja muutuvad limaks. Seda liiki normaalne limastumine soodustab vee säilimist paisunud seemneis ja seemnete kleepumist mullapinnale, mis omakorda kergendab idanemist. Kummivaigu — «kirsivaik» — tekkimine toimub samuti kestade ja rakkude limastumise tagajärjel. Seda liiki limastumisi (gummoos) kutsuvad esile patoloogilised (haiguslikud) protsessid.

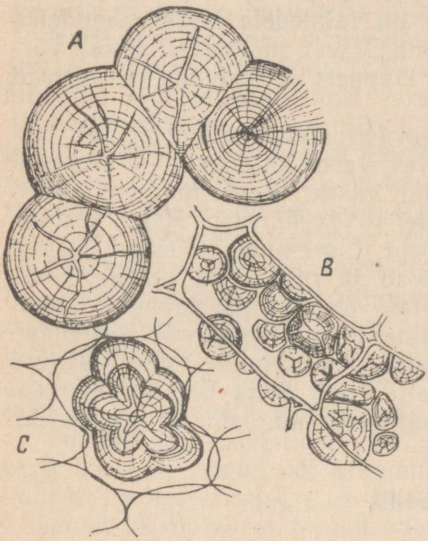
Vakuoolid

Seni, kui taime rakud on veel noored, täidab protoplasma neid täielikult. Kasvamisel muutub nende ehitus: protoplasmasse ilmub mitmesuguseid sisaldisi ja moodustub järk-järgult hulk vakuoole, s. o. rakumahlaga täidetud õõsi. Paljud ülipeened plasmaniidid ulatuvad protoplasma õhukesest seinalähedasest kihist kuni keskkohani, kuhu koondub tuuma sisaldav protoplasma osa. Plasmaniitide vahel asetsevad vakuoolid, mis raku edasisel kasvamisel liituvad üheksainsaks suureks vakuooliks, hõivates suurema osa raku ruumist. Raku tuum kas siirdub raku mõne seina juurde ja peatub seal, piiratuna protoplasmast, või ta tõmmatakse kaasa protoplasmast, juhul kui viimases esineb tiirlev voolus.

Raku kestaga toimub samuti rida olulisi muudatusi: ta kasvab kuni teatava piirini raku sees suureneva pinge mõjul, seejärel aga pakseneb seestpoolt ja omandab kindla elastsuse, mille tõttu raku edasine kasv lakkab.

Raku mahlal on keerukas keemiline koostis; ta koosneb peamiselt veest, milles on lahustunud mitmesugused soolad, orgaanilised happed, pigmendid, suhkrud, valk- ja parkained, glükosiidid, alkaloidid ja inuliin. Sooladest esinevad kaaliumkloriid, kaltsiumnitraat, magneesiumsulfaat, kaaliumvesinikfosfaat, raudkloriid ja paljud teised. Orgaanilistest hapetest esinevad sidrun-, õun-, oblik-, viin-, merivaik- jt. happed. Raku mahla reaktsioon on tavaliselt hapu.

Raku mahlas esinevad suhkrud on süsivesikud; üht neist nimetatakse viinamarjasuhkruks (ka glükoosiks ehk dekstroosiks) koostisega $C_6H_{12}O_6$, teist kutsutakse fruktoosiks ja sel on samasugune keemiline koostis. Põhireaktiiviks glükoosile ja fruktoosile on Fehlingi lahus, mis annab soojendamisel suhkruga vase alahapendi tellispunase sademe[1]. Sageli esineb taimedes ka roosuhkrut ehk sahharoosi, koostisega $C_{12}H_{22}O_{11}$. Glükoosi ja fruktoosi esineb alati viinamarjades ja teistes marjades, samuti ka ploomides, kirssides, õuntes ja pirnides. Roosuhkrut saadakse kas suhkruroo vartest või suhkrupeetide juurtest, kus teda leidub 15—25%.



Joonis 11. Inuliini sferokristallid:
A — aeglase sadenemise puhul lahusest; B — daalia mugulate rakkudes pärast ööpäeva-pikkust mõjutamist piiritusega; C — kauemat aega piirituses viibinud tükkides.

Maapirni mugulais ja vaagi *(Inula)* ning teiste korvõieliste juurte raku mahlas esineb eriline süsivesik, mis meenutab koostiselt tärklist ja mida nimetatakse inuliiniks. Nende taimede tükikeste hoidmisel piirituses kristalliseerub inuliin hästi märgatavate sferokristallidena (joonis 11). Inuliin on tärklist asendav toitaine.

Mõnede taimede raku mahl sisaldab alkaloide, s. o. mitmesuguseid mürke: lupiniini — lupiinis, atropiini — karumustikas, nikotiini — tubakas, solaniini — kartulis. Paljusid alkaloide kasutatakse arstiteaduses. Sellisteks ravimtaimedeks on palderjan, magun ja paljud teised. Ravim- ja mürktaimed on vahel laste ja koduloomade mürgituste põhjuseks.

Raku mahlas esinevad pigmendid annavad taime mitmesugustele osadele värvuse. Nii on pigment antotsüaan kas punase, sinise, helesinise või lilla värvusega, pigment antokloor aga kollase värvusega (näiteks nõiahamba, hariliku käokannuse ja kollase daalia kroonlehtedes).

Antotsüaani *(anthos* — õis, *küaneos* — sinine) olemasolu põhjustab lõosilmade, kannikeste, rooside, magunate ja kellukate õiekroonide värvust. Temast on tingitud ka punase kapsa lehtede ja paljude eredavärviliste lehtedega ilutaimede sinine või punane värvus. Rukki idandid, eriti külma ilmaga, on värvunud antotsüaani

[1] Fehlingi lahus koosneb kolmest lahusest: vasevitriolist ($CuSO_4$), seigneti soolast ($KNaC_4H_4O_6$) ja sööbekaaliumist (KOH).

toimel punakaks. Selle pigmendi levik looduses on väga laialdane. Happesuse muutumisel võtab antotsüaan mitmesuguse värvuse. Kui keeta sinise kapsa lehti, siis värvub vesi lillakaks, lehed aga muutuvad roheliseks. Järelikult antotsüaan ei asenda rohelist klorofülli, vaid ainult maskeerib seda. Antotsüaanilahusele lahjendatud happe, näiteks sidrun- või soolhappe lisamisel muutub tema lilla värvus punaseks. Leelise lisamisel muutub antotsüaani värvus siniseks, roheliseks ja kollaseks.

Taimedel võime tähele panna sellist värvuse muutumist punasest lillaks looduses kevadlilledel. See nn. polükroismi nähtus on arenenud näiteks kareleheliste sugukonna taimedel — kopsurohu *(Pulmonaria)*, lõosilmal *(Myosotis)*, kurgirohul *(Borrago)* jt. Õite värvust on võimalik kunstlikult muuta järgmisel teel: klaaskupli alla asetatakse punane priimula õisik ja klaas ammoniaagilahusega. Punane värvus muutub helesiniseks ja hiljem kollaseks.

Aianduse praktikas saavutatakse hortensia *(Hydrangea)* õite värvuse muutumist alumiiniummaarjase juurdelisamisel mullale. Sel teel saadakse täiesti ebatavalised helesinised hortensiad. Kasvatades lõosilmi mitmesuguses temperatuuris, saadakse helesiniste, roosade ja siniste õite mitmesuguseid värvitoone. Temperatuuri mõju antotsüaani tekkimisele võib kergesti jälgida rukki idanditel.

Raku mahl etendab väga suurt osa raku turgori loomisel.

Raku turgor ja plasmolüüs

Kuna vee sisenemine vakuoolidesse läbi raku kesta ja protoplasma on tavaliselt kiirem kui ainete väljumine rakust, siis surub raku mahl protoplasmat tihedasti vastu raku seina ja viimane on seetõttu pingelises seisundis. Raku sisu survet kestale, mida tasakaalustab kasvava kesta vastupanu, nimetatakse raku turgoriks. Turgorrõhuga on rakud tihedalt üksteise vastu surutud, mis annab taime organeile elastsuse. Taimede elus etendab turgor tähtsat osa. Turgori tõttu asuvad taimede rohtsed osad (lehed, varred, õied) väljasirutunud, «ergus» olekus ja kõik eluprotsessid — assimilatsioon, ainete liikumine, auramine, kasv — toimuvad normaalselt. Tänu rakkude turgorile, võivad juured kasvamise ajal kõrvale nihutada mülla osakesi; taimede lehtedel ja vartel asuvate õhulõhede sulgrakkude avamine toimub turgori tõttu.

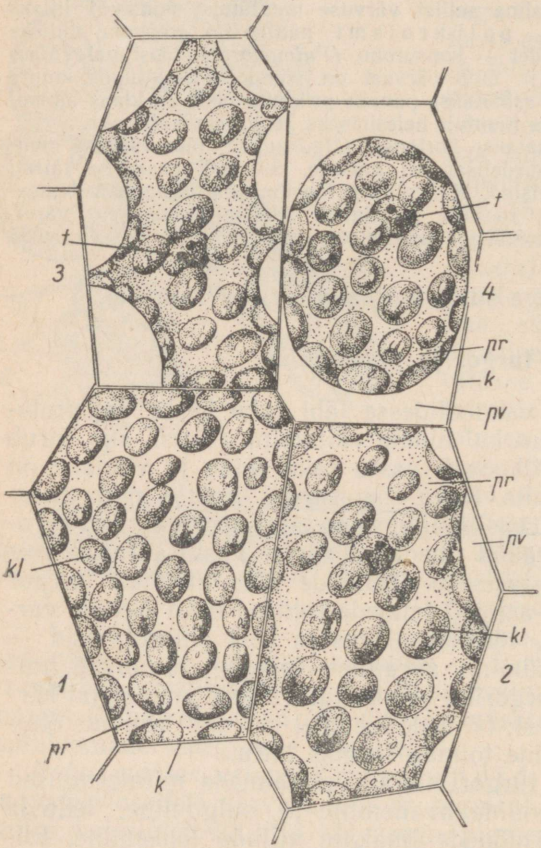
Peale selle toimuvad turgori tagajärjel taimede mitmesugused liigutused, näiteks õiekroonide avanemine ja sulgumine, lehtede kokkutõmbumine ööseks, mõnede lihakate viljade lõhkemine, tolmukate liikumine jne.

Raku turgorit on võimalik kõrvaldada plasmolüüsi abil. Kui asetada noored rohtsed varred (näiteks võilille õievarvad või lehed) 30%-lisse suhkrulahusesse või 10%-lisse salpeetrilahusesse, siis närbuvad taimed mõne tunni jooksul. Nende pikkuse mõõtmine näitab teatavat lühenemist.

Näide:

Noore kartulivarre esialgne pikkus	9	sm
Varre pikkus vees ühe tunni pärast	9	„
Varre pikkus suhkrulahuses ühe tunni pärast . . .	8,3	„

Mikroskoobis on näha, kuidas plasmolüüsi mõjul hakkab raku protoplasma seintelt eralduma (joonis 12). Nõrgal plasmolüüsil (lahjades lahustes) toimub see protoplasma eraldumine vaid osaliselt, tugeval plasmolüüsil aga (kangetes lahustes) on see eraldumine täielik ja protoplasma koguneb tombuna raku keskele. Juhul kui plasmolüüsitud rakud jäävad ellu, võib teostada deplasmolüüsi, s. o. taastada turgor, milleks rakud tuleb asetada puhtasse vette.



Joonis 12. Mitmesugused plasmolüüsi faasid tähtsambla rakkudes:
1 — rakk turgorrõhuga; 2—3—4 — üksteisele järgnevad plasmolüüsi faasid; *t* — tuum; *pr* — protoplasma; *k* — kestad; *kl* — kloroplastid primaarse tärklisega; *pv* — plasmolüüsiv vedelik.

Turgori ja plasmolüüsi nähted on tihedas seoses paljude põllumajanduse praktika küsimustega. Mulla üleliigse, ettevaatamatu väetamise puhul võib mullalahuse kontsentratsioon tõusta selliste piirideni, milles raskendub vee pääsemine juurestikku ning võib toimuda juurerakkude ja juurekarvade plasmolüüs. Sel puhul lakkab täielikult taimede arenemine ja tõusmed võivad kas hävineda või üldse mitte ilmuda. Raku turgor soodustab taimede kasvu.

Osmootne rõhk

Rakkude turgorit põhjustab osmootne rõhk, mille tekitavad taime raku mahla soolade kontsentratsioon ja protoplasma erilised omadused. Mitmesugused taimed erinevad omavahel osmootse rõhu poolest. Atmosfäärides väljendatud osmootse rõhu jõud rakkudes kõigub eri taimedel tugevasti. Vähima (1—3 atm.) osmootse rõhuga on veetaimed. Kuivamaataimede osmootne rõhk ulatub 5—10 atm-ni. Kuivades tingimustes ja eriti soolakumuldadel kasvavail taimedel on väga kõrge osmootne rõhk, mis ulatub üksikjuhtudel 60—100 atmosfäärini. Eriti silmapaistvad on ses suhtes halofüüdid (soolakutaimed), näiteks soolarohi (*Salicornia*), millede rakkudesse koguneb suur hulk naatriumkloriidi, kuna teistel taimedel seda soola esineb tühisel määral (joonis 265).

Raku mahla osmootse rõhu suuruse määramiseks on mitu menetlust. Kõige enam levinud on järgmine. Taime rakud asetatakse mitmesuguse, varem kindlaks määratud kontsentratsiooniga salpeetri- või roosuhkrulahustesse. Mikroskoobi abil tehakse kindlaks, millise kontsentratsiooniga lahuses algab rakkude plasmolüüs, s. o. protoplasma kõige väiksem eraldumine kestast. Niisugust lahust nimetatakse võrdosmootseks plasmolüüsivaks lahuseks, sest see tõmbab endasse vett ligikaudu sama jõuga nagu raku mahlgi. Paljudel taimedel algab plasmolüüs 3—4%-lises salpeetrilahuses, teistel — 10—12%-lises, halofüütidel aga 30- ja enam protsendilises lahuses.

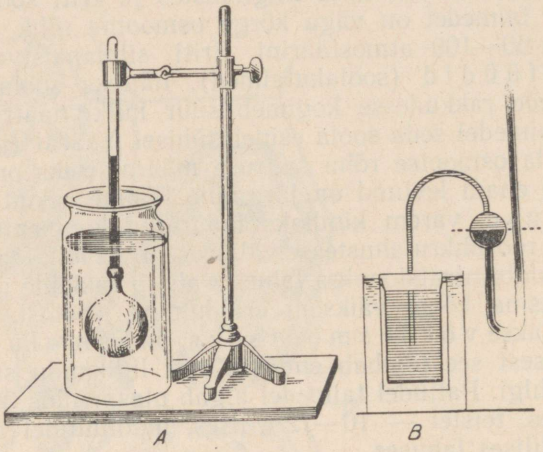
Ainete sisenemine rakku

Ainete sisenemine rakku ja ainevahetus rakkude vahel toimub vedelikkude ja gaaside difusiooni- ning osmoosinähtuste abil, mis toimuvad taime (ja looma) organismis võrratult suurema keerukusega kui lihtsais füüsikalis-keemilistes aparaatides, milledes demonstreeritakse nende nähtuste katseid.

Vedelikkude difusiooniks nimetatakse kahe vahetult kokkupuutuva vedeliku segunemist omavahel. Seda nähtust võib demonstreerida järgmise katsega. Klaassilindrisse asetatakse esiteks kirsisiirupit ja sellele valatakse ettevaatlikult pipetiga vett, nii et vedelikkude vahele jääks terav piirjoon. Silinder jäetakse rahulikult seisma. Mõne päeva pärast võib näha, et järsk piirjoon vedelikkude vahel kaob ja üks vedelik seguneb aegamööda teisega. Kahe vedeliku segunemine toimub ka sel juhul, kui nende vahel asub õhuke loomne või taimne kile, mis on läbistatud ülipeente nähtamatute augukestega. Viimast nähtust nimetatakse osmoosiks.

Veega täidetud klaasi lastakse klaastorukese otsa seotud ja suhkrulahusega täidetud kolloodiumpõis (joonis 13). Suhkrulahus hakkab põiest väljuma ja vesi klaasist tungib põide. Vee tungimine põide (endosmoos) toimub alati kiiremini kui suhkruosakeste väljatungimine põiest (eksosmoos), mistõttu esialgu toimub kiire vee imemine põie poolt ja selle tulemusena nii vedeliku mahu kui ka sisemise rõhu suurenemine põies. Vedeliku pind torus hakkab esialgu kiirelt tõusma, hiljem aga ikka aeglasemalt, sest suhkrulahuse kontsentratsioon põies ja klaasis hakkab järk-järgult tasakaalustuma. Pärast seda kui vedeliku tõus

torus lakkab, hakkab tema pind laskuma. See toimub siis, kui lahuste kontsentratsioon sees- ja väljaspool tasakaalustub. Katse algul ületas veeosakeste sissetung põide suhkruosakeste väljaujumise põiest, s. o. endosmoos ületas eksosmoosi ja seepärast tekkiski põie sees niinimetatud osmootne rõhk, mis põhjustas torus vedeliku tõusu. Osmootse rõhu suurus sõltub nii lahuste kontsentratsioonide vahest kui ka difusioonist ja osmoosist osavõtvate ainete molekulide suurusest. Nii on veeosakeste läbitungimine kiirem kristalloidide osakeste omast; kristalloidide peened osakesed aga levivad kümneid kordi kiiremini suurtest kolloidsetest osakestest, mis vahel ei suuda üldse kiledest läbi tungida.



Joonis 13.
A — Dutrochet' osmomeeter; B — Pfeffer'i osmomeeter.

Võtame kaks kolloodiumkotikest ja täidame ühe neist vedela tärkliskliistrilahusega, teise aga nõrga joodilahusega. Esimese kotikese laseme nõrga joodilahusega täidetud, teise kotikese aga vedela tärkliskliistrilahusega täidetud klaasi. Esimeses kotikeses muutub tärkliskliister siniseks, joodilahuse värvus aga muutub kahvatumaks joodi kadumise tõttu klaasist. Teises katses toimub vastupidine nähe: tärkliskliister klaasis muutub siniseks, joodilahus kotikeses aga kahvatub. See katse ütleb meile, et jood kui kristalloid läbistab kile, tärklis aga kui kolloid ei läbista seda. Selles katses ei saa lahuste kontsentratsioon tasakaalustuda, sest läbi põie tunginud joodiosakesed ühinevad kohe tärklisega ja tekib uus ühend — joodtärklis. Sel teel imetakse tärkliskliistri poolt välja kõik joodiosakesed.

Katsed näitavad, et mineraalsoolad ja väikeste molekulidega lahustuvad orgaanilised ained difundeeruvad kiiresti, kuna tärklis, valk ja tanniin, milledel on suured molekulid või mis koosnevad molekulide agregaatidest, difundeeruvad läbi kilede äärmiselt aeglaselt. Eelnev katse selgitab peale selle teataval määral ka seda, kuidas tulevad taimesse need toitained, mis muudetakse ja tarbitakse taimes. Kujutleme endale näiteks mullas vähesel määral leiduvaid salpeetriosakesi. Juurtesse tunginud salpeeter kandub edasi lehtedesse ja kulutatakse seal orgaaniliste lämmastikainete moodustamiseks. Salpeetri puudus taimes põhjustab selle uut juurdetulekut mullast.

Raku ehitus on väga keerukas. Rakk kujutab endast kolloidsüsteemi. Vedelaid kolloidsüsteeme nimetatakse soolideks ehk eba-

lahusteks, mis erinevad pärislahustest suhteliselt suurte aineosakestega (mis siiski ei ületa läbimõõtu 0,1 μ); mittevedelaid kolloidsüsteeme näiteks želeetaolisi aineid nimetatakse geelideks. Läbi raku kesta, mis on peenepoorilise ehitusega ja kujutab endast piiratult paisuvat s ü l d i l i s t g e e l i, tungivad mineraalained ja vesi samal viisil nagu difusioonikatseteski. Kuid protoplasma, mis kujutab endast üsna paksu s o o l i, säilitab pindpinevust omava vedeliku omadused, millele osutab tema kerataoline kuju, mis tekib protoplasma väljatulekul rakust. Vesi, valkained ja rasvataolised ained (lipoidid) asuvad protoplasmas dispersses, s. o. pihustatud olekus. Protoplasma laseb ühtesid aineid vabalt läbi, teisi aga peab kinni. Protoplasma väline ja sisemine kiht (plasmalemma ja tonoplast) on niinimetatud p o o l l ä b i l a s k v a d. Tänu sellele omadusele, võivad raku vakuoolidesse koguneda rakule kõrget osmootset rõhku loovad ained.

Teatavat, kuigi üsna kauget sarnasust rakuga omab o s m o m e e t e r, milles saadakse kunstlikul teel poolläbilaskev kile. Poorsesse savist silindrisse kallatakse nõrka vasevitriolilahust ja pärast seda asetatakse silinder nõusse, milles asub kaaliumferrotsüaniidi (kollase veresoola) lahus. Mõlemad vedelikud kohtuvad silindri poorides ja nende kokkupuutekohal tekivad vaskferrotsüaniidi ülipeened s a d e m e l i s e d k i l e d, mis täidavad poore. Savist silinder täidetakse suhkru- (või mõne teise katsetatava vedeliku) lahusega ja suletakse korgiga, millest väljub manomeetriline toruke elavhõbedaga (joonis 13, B). Savist silinder asetatakse nõusse, milles on destilleeritud vesi. Vesi imbub vabalt läbi kile, kuid suhkur (või mõni teine lahustatud aine) ei pääse 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 lahuse molekulkaaluga; ta suureneb temperatuuri tõustes.*

Osmomeetrit nimetatakse kunstlikuks rakuks, kuid elavail rakkudel on rida erinevusi, sest protoplasma füüsikaline ja keemiline struktuur on võrratult keerukam vaskferrotsüaniidi kilest. Peale selle on osmomeetril kõvad seinad, taimerakkudel aga on elastne ja veniv kest.

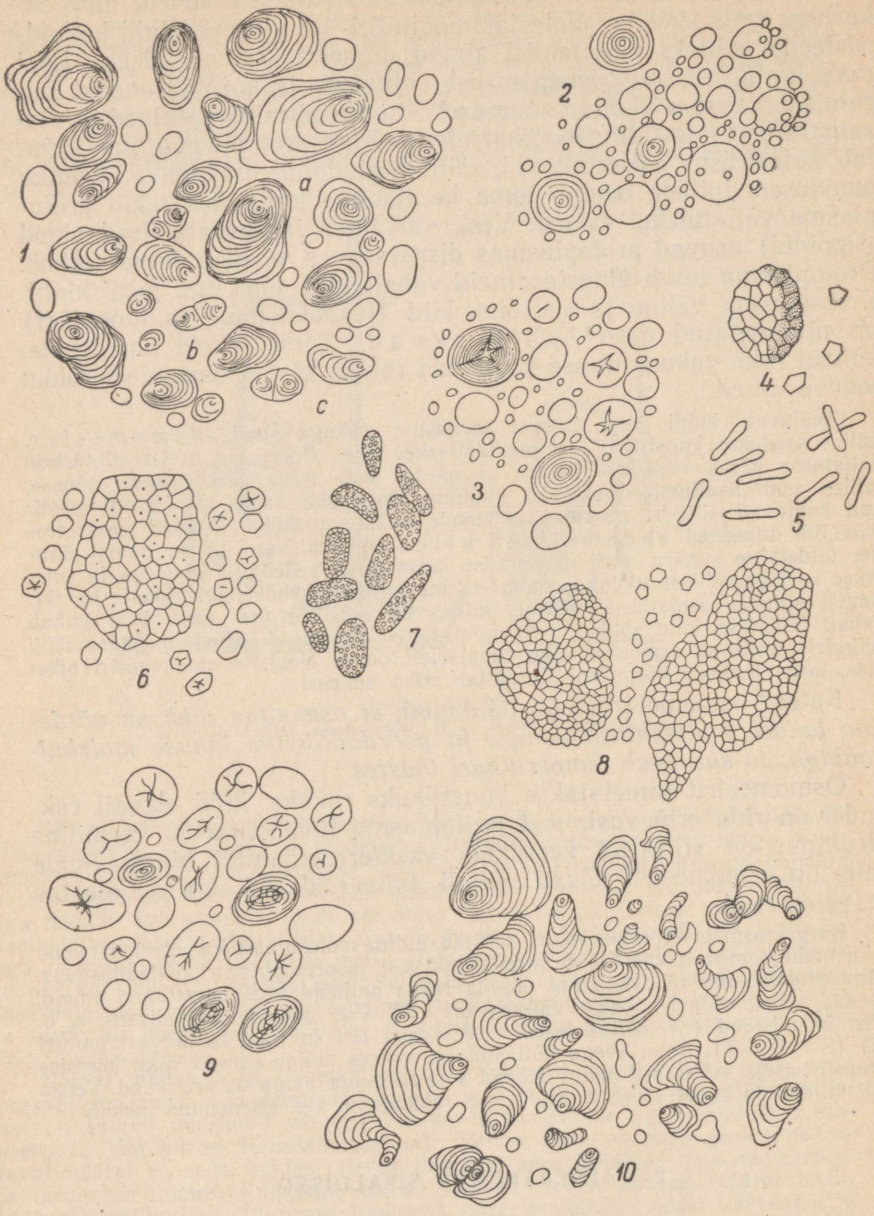
Kõrget osmootset rõhku rakus säilitab üldine molekulaarne kontsentratsioon raku mahlas, mille poole liigub väljastpoolt vesi, ja protoplasma poolläbilaskvus. Tänu protoplasma võimele kinni pidada rakus paljusid vees lahustunud aineid, imevad elavad rakud endasse väljastpoolt vett. Vee imemise intensiivsus, s. o. raku imemisjõud (S), sõltub osmootsest rõhust (P) ja raku kesta vastupanust (T) ($S = P - T$). Raku veega küllastumise suurus mõjub samuti raku imemise intensiivsusele: veevaesed rakud imevad vett suurema jõuga kui veerikkad. Veega küllastunud ja suurt turgorit omavaisse rakkudesse vee sisenemine lakkab.

2. TAIMERAKKUDE SISALDISED

Tärklis

Tavaliselt talletatakse tärklis mugulaisse, seemneisse, kooresse, puitu ja säsisse. Keemiliselt on tärklis sama koostisega süsivesik nagu tsellulooski $(C_6H_{10}O_5)_n$, kuid erineb selle poolest, et ta värvub

TRÜ Raamatukogu



Joonis 14. Mitmesuguste taimede tärklisteri:
1 — kartulil: *a* — lihttera; *b* — liittera; *c* — pool-liittera; 2 — nisul; 3 — rukkil; 4 — kaera liittera; 5 — piimalillel; 6 — maisil; 7 — nisulillel; 8 — tatral; 9 — aedoal; 10 — õisrool *(Canna'l)*.

joodilahuse toimel siniseks ja violetseks[1]. Keeva vee mõjul muutub tärklis kliistriks. Vees tärklis ei lahustu, kuid loomade süljes oleva fermendi ptüaliini ning taimedes leiduva fermendi diastaasi mõjul muundub tärklis suhkruks. See tärklise suhkruks muundumine toimub taimede lehtedes alaliselt ja eriti tugevasti just seemnete ning mugulate idanemisel. Nagu juba öeldud, on sekundaarse tärklise moodustajaiks leukoplastid. Igale taime liigile on omane oma tärklisterade kuju; viimane sõltub leukoplastide kujust ja tärklise tekkimiskohast leukoplastides. Kujude mitmekesisus on küllaltki suur (joonis 14).

Kaunalistel (hernes, aeduba jt.) on nad tavaliselt ovaalse kujuga, keskel asuva tekkimiskeskusega ning kontsentrilise kihisusega; rukkil, nisul ja odral on nad ümmargused, läätsjad, kontsentrilise kihisusega; kartulil on nad mitmesuguse kujuga, sagedamini aga munajad ja ekstsentrilise kihisusega; mõned kartuli tärklisterad on liitterad, mitme tekkimiskeskusega; kui liittera osad on aga ümbritsetud ühistest kihtidest, siis nimetatakse teri pool-liitteradeks.

Kartuli tärklise liit- ja pool-liitterad esinevad mikroskoobi vaateväljal üksikult tohutu hulga lihtterade keskel. Paljudel tärklisteradel on radiaalses suunas praod; sellistes terades toimub nende suhkruks muundumise protsess. Pragude radiaalne asetus osutab nende sferokristalsele ehitusele, sest nad koosnevad radiaalselt asetatud peenimaist kristalsetest nõeltest. Polariseeritud valguses annavad kartuli tärklisterad musta risti kuju. See annab põhjust pidada tärklisteri varjatud kristalseteks sferokristallideks, mis koosnevad väga väikestest osakestest, mida nimetatakse trihhiitideks. Tärklisterade kihisus pole alati selgelt märgatav. Ta on tingitud kohedamast ja tihedamast aine ehitusest, mis sõltub suhkru mitteühtlasest juurdevoolust päeval ja öösel. Vähem tihedad ja enam veerikkad tumedad kihid tekivad öösel, kuna heledad, laiemad ja tihedamad kihid moodustuvad päeval.

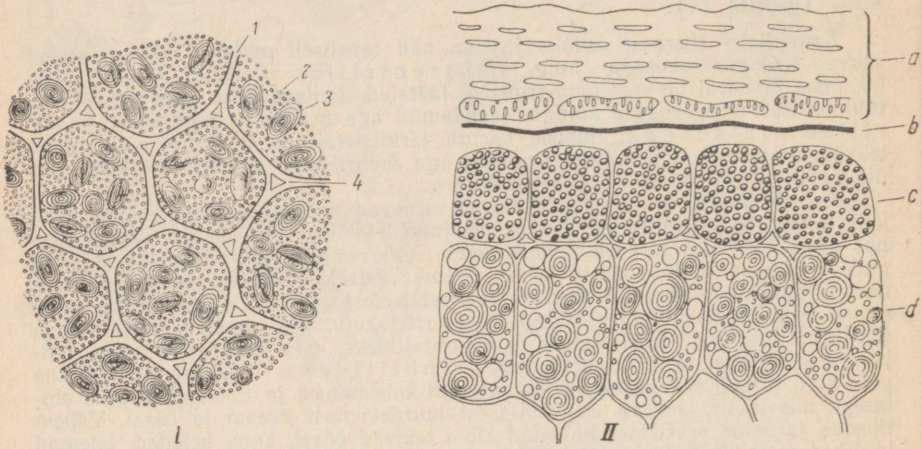
Keerukas ehitus on kaera ja tatra tärklisteradel, mis on tekkinud paljude lihtterade kokkukasvamisel ja mis on hulktahulise kujuga. Kaeral koosnevad need kokkukasved vähesest arvust lihtteradest ja on ümmarguse või ovaalse kujuga, tatral aga täidavad nad kogu raku ja võtavad endale selle kuju. Vaatamata erinevale kujule, on kõigi taimede tärklisteradel ühesugune tähtsus ja ühised omadused.

Tärklis on varuaine, mis tekib suhkrust ja millel on võime uuesti muunduda kergelt lahustuvaks suhkruks. Nende muundumiste skeem on järgmine: primaarseks, lehtedes tekkivaks orgaaniliseks aineks on suhkur, mis tekib kloroplastides ja mis muundub suuremas osas taimedes tärkliseks. Kloroplastide tärklist nimetatakse primaarseks tärkliseks. Soodsais tingimustes täidab see kiiresti kloroplaste. Primaarne tärklis muundub suhkruks, mis osmoosi teel ja juhtkudede kaudu tungib lehtedest teistesse elunditesse, kus kulub osaliselt hingamisprotsessiks, osaliselt aga läheb üle sekundaarseks tärkliseks, mis tekib leukoplastides.

[1] Arv n pole eri süsivesikutes täpselt kindlaks tehtud.

Aleuroonterad ja taimeõlid

Sageli esinevad taimedes varuainetena ka valgud aleuroon- või proteiinteradena. Eriti palju on neid kaunaliste (viki, herne, aedoa jt.) seemneis, samuti ka kõrreliste (odra, rukki, nisu jt.) teristes. Kaunaliste seemneis asuvad aleuroonterad tärklisterade vahel ühtedes ja samades rakkudes (joonis 15, I). Nad on



Joonis 15.
I — orgaaniliste ainete paigutus herne tera rakkudes: 1 — raku kest; 2 — protoplasma ja aleuroonterad; 3 — tärklis; 4 — rakuvaheruumid. II — nisu terise välisosa ristlõige: *a* — vilja kate; *b* — seemne kest; *c* — aleuroonkiht; *d* — endospermi tärkliskiht.

ümmargused, üsna väikesed, läikivad ja kergesti eristatavad tärklisest preparaadi mõjutamisel joodiga, mille toimel nad värvuvad kollaseks. Kõrreliste teristes on aleuroonteradega täidetud otse seemnekesta all olevad rakud. Seda rakkude kihti nimetatakse aleuroonkihiks. Nisul ja rukkil on rakke üks rida (joonis 15, II), odral aga mitu. Terise ristlõigu mõjutamisel joodiga värvuvad aleuroonterad kollaseks, samal ajal kui sügavamal asuvad tärklisega täidetud rakud värvuvad violetseks.

Aleuroon on varuaine. Tema tekkimise põhjuseks peetakse protoplasma põhiainesse tekkinud vakuoolide sisu tihenemist. Aleuroonkiht eritab endast aineid (ensüüme), mis soodustavad orgaaniliste ainete lahustumist.

Vaadeldes riitsinuse (*Ricinus communis*) seemne endospermi ristlõiku vesipreparaadis, võib hästi näha keerukama ehitusega aleuroonteri. Neil on muna kuju ja nad sisaldavad endas kehakesi — globoide, mis koosnevad fosforhappest ja magneesiumist. Aleuroontera ülejäänud osas on näha valgukristalle, ühe või mitmekaupa igas teras. Riitsinuse seemnete protoplasma on rikas ka õlitilkade poolest.

Taimeõlisid esineb laialdaselt säilitusainena õlitaimede (lina, kanepi, sinepi, päevalille jt.) seemneis, milledest õlisid saadakse. Nende taimede seemnete pressimisjäätmeist valmistatud õlikoogid on samuti rikkad õli ja valgu poolest ning kuuluvad jõusöötade hulka. Teiste taimede (sojaoa, maisi) seemneis on õli koondunud idusse, olles sellele arenemise algul väärtuslikuks ja eriti vajalikuks toitaineks. Taimeõlid, nagu paljud teisedki sisaldised, asetsevad rakkude protoplasmas. Alkannatinktuuri, s. o. alkanna juurte piiritusleotise mõjul värvuvad taimeõlid punaseks, osmiumhappe mõjul aga mustaks. Ühed taimed annavad kuivavaid õlisid (magun, lina, kanep), teised aga mittekuivavaid (maapähkel, riitsinus).

Kristallid ja tsüstoliidid

Sageli esineb taimedes veel oblikhapu kaltsiumi kristalle. Neil on oktaeedri, kuubi, prisma või mõni teine lihtne kuju; esineb ka lihtsate vormide ja kokkukasvete kombinatsioone, mida nimetatakse druusideks. Huvitavad on ka nõelataolised kristallid — rafiidid, mis meenutavad nõelatoosi asetatud nõelakesi (joonis 16).

Oblikhapu kaltsiumi kauneid kristalle võime leida spinati, bergeenia ja fuksia lehtedes, kuutõverohu maa-alustes vartes, pärna koores, begoonia leherootsus, kibuvitsa viljade lihas ja sibula ning küüslaugu kuivades soomustes.

Kanepi, nõgese ja kummipuu lehtede epidermises esinevad erilised moodustised — tsüstoliidid — koosnevad süsihapust kaltsiumist, mis on sadestunud rakukesta väljaulatuvale paksendile. Tsüstoliit (joonis 16) ripub suurenenud raku õõnes ja koosneb lühikesest jalakesest ning paksenenud tsellulooskestast, mis on kaetud süsihapust kaltsiumist kühmukestega; viimased lahustuvad kergesti nõrkades hapetes.

Kõigi eespool loetletud moodustiste bioloogiline tähtsus pole veel täielikult selgitatud. Võib ainult oletada, et oblikhapu kaltsiumi kristallid ja tsüstoliidid on jäätmed, milledest taim, kellel pole erilisi eritusorganeid, vabaneb lehtede, koore ja väliste soomuste (nagu sibulal) äraheitmise teel. On võimalik, et nõeljad rafiidid, samuti kui ränihappeühendidki, on samaaegselt ka kaitseks loomade (eriti limuste) vastu.

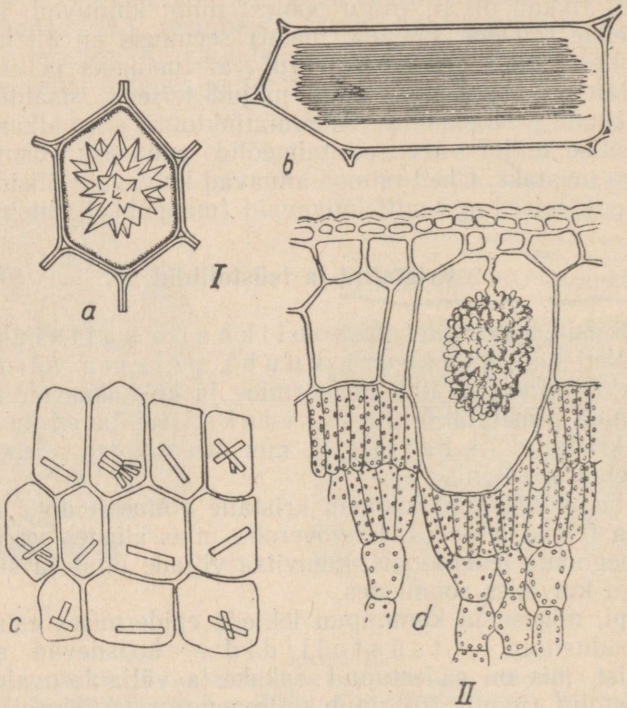
Nüüd, teades, milliseist aineist koosnevad taimeraku osad, saab meile arusaadavaks ka peamiste ainete jaotus taimes.

Valkaineid esineb kõikjal, kus leidub elavaid taimerakke.

Mida nooremad on rakud, seda rohkem on neis protoplasmat ja järelikult ka valkaineid. Viimaseid on palju seemneis, pungades, kasvavais noortes võsudes, noortes juurtes, eriti nende otstes, samuti ka plastiidide-rikaste roheliste lehtede rakkudes.

Oma kasvu lõpetanud taime osad sisaldavad vastupidiselt vähem valkaineid; neid pole harilikult väljasurevais organeis, millede

rakud kaotavad oma sisu. Tärklist, suhkrut ja rasva leidub alati suurte hulkadena taime organeis, mis täidavad varupanipaikade ülesannet.



Joonis 16. Kristallid ja tsüstoliit:
a — druus begoonia leherootsus; *b* — rafiidid kuutõverohu maa-aluses varres; *c* — üksikud kristallid ja ristitaolised kokkukasved sibula kuivas soomuses; *d* — tsüstoliit kummipuu lehe epidermises.

Hulga poolest on ülekaalus sagedamini tärklis, kuid ka suhkur ja rasvad on looduses väga levinud ning kogunevad vahel kokku tohutuis hulkades (näiteks suhkur suhkrupeedis ja õli õlitaimede seemneis). Mugulais, lihakais juurtes, vartes, sibulais, seemneis — kõikjal leiame toitainete varusid.

3. RAKKUDE PALJUNEMINE

Juba noores eas hakkavad rakud paljunema jagunemise teel. Eriti hoogsalt jagunevad rakud varte ja juurte kasvupunktides, sugurakkude valmimiskohtades ja ka neis varre osades, kus toimub varre jämenemine (kambiumikiht). Neil juhtudel, kui taime kude saab vigastada, on haava kohal näha uue, valge haavakoe (kallus)

kasvamist, näiteks puude vääristamisel, taimede paljundamisel pistikutega jne.

Rakkude jagunemine toimub energilisemalt öötundidel, samuti ka soodsamas temperatuuris. Kogu jagunemisprotsessiks kulub 1—1½ tundi, mõnikord aga kuni 6 tundi. Bakterite rakud jagunevad juba 20 minuti jooksul.

Rakkude jagunemise kiirus ei sõltu üksnes taime liigist, vaid ka ümbritsevaist tingimustest. Tavaliselt algab raku jagunemine tuuma jagunemisega, kusjuures tuuma ehituses toimub terve rida enam või vähem keerukaid muutusi.

Eristatakse raku otsest, kaudset (karüokinees ehk mitoos)[1] ja reduktsioonjagunemist ehk meioosi (meioo — vähendan). Otsene jagunemine (amitoos) seisab raku tuuma, vahel ka kogu raku kaheks osaks soondumises. Seda jagunemisviisi nimetatakse teisiti veel tükeldumiseks. Seda võib tähele panna hariliku sibula soomustes, tulbi noortes organites, mõnede vetikate paljutuumalistes rakkudes ja mujal. Varem arvati ekslikult, et otsene jagunemine on kõrgematel taimedel harva esinev haiglane nähtus, mis ilmneb vananevates, vigastatud ja väljasurevates rakkudes. Arvati, et sel paljunemisviisil ei ole, vähemalt kõrgemate taimede juures, erilist tähtsust. Viimasel ajal tuuakse üha sagedamini näiteid amitoosi esinemise kohta taimedel.

Tuuma kaudset jagunemist — mitoosi — esineb pidevalt taime kasvavates osades (joonis 17). See jagunemisviis on kõige enam levinud. Raku jagunemisele eelneb alati tuuma jagunemine.

Raku tuuma ehituse kirjeldamisel viitasime sellele, et elavate rakkude tuuma vaatlemisel mikroskoobis on näha ühtlast, vahel kergelt teralist massi, milles leidub üks või mitu värvuseta tuuma. Tuum on piiratud kilega ja on protoplasmast tihedam.

Tuuma jagunemine algab tema suurenemisega; seejuures ilmuvad tuumas peened, sageli pikuti pooldunud kromatiinniidid. Edaspidi kromatiinniidid — kromosoomid — lühenevad, paksenevad ja võtavad kõverdunud kuju.

Tuumas leiduvad tuumakesed kaovad järk-järgult, kromosoomid aga lõhenevad pikuti pooleks. Selleks momendiks ilmuvad raku poolustelt tuuma suunas väga peened akromatiinniidid, mis võtavad kahe kuplikese kuju. Sellega lõpeb tuuma jagunemise esimene, ettevalmistav faas, mida nimetatakse profaasiks.

Pikuti pooldunud kromosoomide pooled asetuvad raku keskmisse (ekvatoriaalsesse) ossa tuumaplaadi või -tähe kujul. Selleks momendiks kaob tuuma kile ja tuum kaotab oma tavalised piirjooned. Akromatiinniidid pikenevad raku poolustelt kromosoomideni ja võtavad käävi kuju. See tuuma jagunemise faas kannab metafaasi nime.

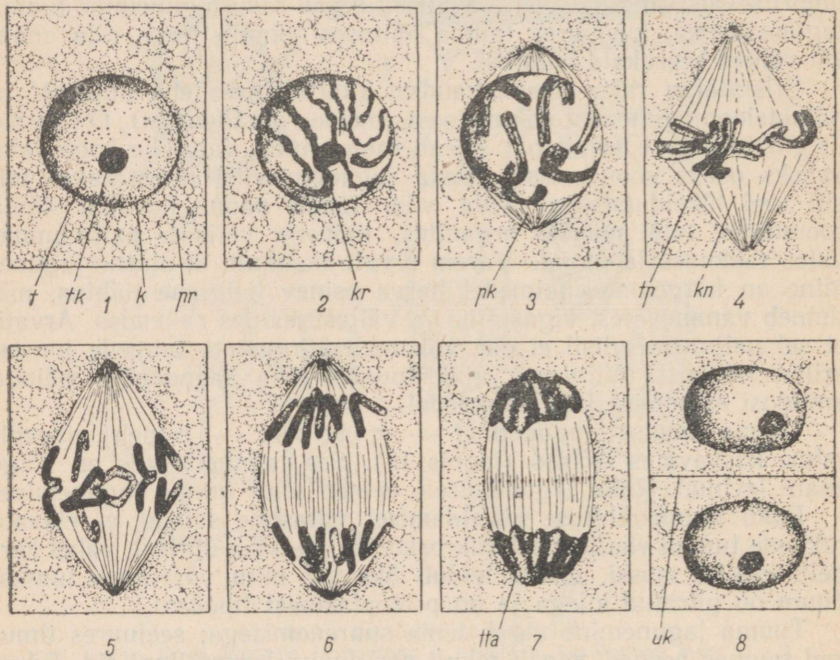
Metafaasile järgneb kromosoomide lahkuminek, mis seisab sel-

---

[1] Karüokinees — «*karyon*» — tuum, «*kinesis*» — liikumine, «*mitos*» — niit.

les, et kromosoomi üks pool siirdub raku ühele poolusele, sama kromosoomi teine pool aga vastaspoolsele poolusele. On võimalik, et kromosoomide lahkuminekul etendavad akromatiinniidid tähtsat osa. Seda tuuma jagunemise faasi nimetatakse anafaasiks.

Anafaasi lõpul hakkab käävi keskmises osas ilmuma uus raku kest. Kummaski raku pooluses asuvad sinna kogunenud kromosoo-



Joonis 17. Üksteisele järgnevad tuuma ja raku jagunemisfaasid embrüonaalses koes:

t — tuum; *tk* — tuumake; *k* — tuuma kest; *pr* — protoplasma; *kr* — kromosoomid; *pk* — polaarkuplikesed; *kn* — kääv; *tp* — tuuma plaadike; *tta* — uute tuumade algmed; *uk* — uus kest rakkude vahel. Faasid: 1 — tuum puhkeseisundis; 2—3 — kromosoomide eraldumine, jämenemine ja pikuti pooldumine; 3 — kuplikeste tekkimine; 4 — kromosoomide asetumine raku keskele, käävi ja tuumaplaadikese moodustumine; 5—6 — kromosoomide poolekeste lahkuminek poolustele; 7—8 — uute tuumade moodustumine ja tütarrakkude vahele uue kesta tekkimine. 1—3 — profaas; 4 — metafaas; 5—6 — anafaas; 7 — telofaas; 8 — uute rakkude ja tuumade moodustumine — tsütokinees.

mide pooled algul tähekujuliselt, hiljem liituvad nad aegamööda uuteks tuumadeks, milledesse ilmuvad tuumakesed. See tuumade moodustumise faas kannab telofaasi nime.

Tuuma jagunemine lõpeb raku jagunemisega, kusjuures protoplasmas tekib raku kest, mis eraldab raku kaheks pooleks. Viimast protsessi nimetatakse tsütokineesiks.

Raku kest tekib raku jagunemisel protoplasma ja tuuma elutegevuse produktina. Alguses tekib kahe noore raku vahele kesklamell. See koosneb pektiinainest. Kesklamelli peale ladestab

kumbki rakk omalt poolt õhukese esmase rakukesta. Esmased kestad koosnevad tselluloosist. Nõnda tekkinud rakukestale ladestuvad kummaltki poolt tselluloosse teisese kesta kihid. Nii toimub kesta paksenemine, mis võib olla mõnikord üsna tunduv. Mainisime juba, et teiseste kestade paksenemine ei toimu tavaliselt lausaliselt, vaid et kohati jäävad poorid või arenevad mitmesugused seesmised paksendid.

Raku tuuma ja raku jagunemise uurimine on seotud suurte raskustega, sest uuritavad objektid on väga väikesed. Tuleb märkida, et nende keerukaimate nähtuste selgitamisel on etendanud väga suurt osa vene teadlased. Nii avastas I. D. Tšistjakov möödunud sajandi 70-ndail aastail esimesena kromosoomide poolte lahkumineku raku eri poolustele. Raku reduktsioonjagunemise avastas esimesena V. I. Beljajev. Rakkude jagunemise keerukamaid protsesse seoses taimede sugulise paljunemisega valgustas vene teadlaste-tsütoloogide koolkond, mille rajajaks oli suur vene teadlane S. G. Navašin.

Nõukogude teadlaste (P. V. Makarovi jt.) hilisemad arvukad tsütoloogilised uurimused kummutavad kodanliku väärõpetuse, mis väidab, et pärilikkude omaduste kandjaiks on geenid ja et kromosoomid on püsivad.

Mitoosi põhiolemus seisab nähtavasti selles, et tütarrakud saavad emarakult enam-vähem võrdse hulga kromatiinainet. Rakuteadus — tsütoloogia — osutab suurt tähelepanu raku tuumale ja kromosoomidele, samuti kui teistelegi raku osadele. Kromosoome uuritakse peenima mikroskoopilise tehnika abil. Uuritakse mitte üksnes kromosoomide välist kuju, nende suurust, vormi ja arvu, vaid ka nende seesmist ehitust. Teadusse koguneb ikka enam ja enam fakte, mis tõendavad, et kromosoomid tekivad ainult tuuma pooldumise protsessis, profaasi ja telofaasi vahel ja et *taimedes ei esine kromosoomide pidevat püsimist.*

Kromosoome esineb nii taimedel kui ka loomadel. Taimedel uuritakse neid tavaliselt metafaasi staadiumis noorte juurte ristlõikudes, millal on kergem ära määrata kromosoomide arvu ja kuju.

Ühe ja sama liigi kromosoomide arvu ja kuju peeti veel lähemas minevikus kindlaks ning muutumatuks. Leiti, et näiteks hariliku nisu *(Triticum vulgare)* rakkudes on kromosoomide arv 42; kõval nisul *(Triticum durum)* — 28, kaeral *(Avena sativa)* — 42, odral *(Hordeum vulgare)* — 14, hernel *(Pisum sativum)* — 14, vikil *(Vicia sativa)* — 12, kartulil *(Solanum tuberosum)* — 48, haaval *(Populus tremula)* — 8, koertubakal *(Crepis)* — 6. Loomorganismidest on solkmetel 2 kromosoomi, kõdukärbsel — 8, hobusel — 60 jne.

Kuid teaduslikus kirjanduses tuuakse palju tõendeid *ühe ja sama liigi kromosoomide arvu muutlikkusest* välistingimuste mõjul. Näiteks kartuli, peedi ja teiste taimede jagunevais rakkudes suureneb temperatuuri tõusmisel kromosoomide arv, temperatuuri langemisel aga väheneb. Ühe ja sama taime eri kudedes on kromosoomide arv sageli erinev. *Ühe ja sama liigi kromosoomid omavad tunduvat muutlikkust kujus ja mõõtmeis,* sõltuvalt väliskeskkonna tingimustest. Seepärast võib kõnelda ainult kromosoomide arvu ja kuju suhtelisest püsivusest antud liigil, mitte aga anda neile absoluutset tähtsust.

Eespool toodud kromosoomide arv mitmesugustel taimeliikidel esineb vegetatiivsete elundite jagunevais rakkudes. Niisugust rakkude jagunemist, nagu juba öeldud, nimetatakse mitoosiks.

Erinevalt mitoosist esineb veel reduktsioonjagunemist ehk meioosi, milles kromatiinaine (ja kromosoomide) hulk tütarrakkudes väheneb (kaks korda), võrreldes emarakuga. Niisugune jagunemine toimub taimedel eoste moodustamisel, millele järgneb isas- ja emassugurakkude (gameetide) arenemine. Viimaste tuumades on ainult pool kromatiinaine (kromosoomide) hulgast, võrreldes vegetatiivsete rakkudega. Taimede suguline protsess seisab kahe suguraku (isas- ja emassuguraku) liitumises. Kui ei toimuks kromatiinaine reduktsiooni, s. o. tema massi vähenemist poole võrra, siis suureneks selle aine mass vältimatult igas uues põlvkonnas.

Eoste moodustamisel täheldataval rakkude reduktsioonjagunemisel ei toimu kromosoomide pikuti pooldumist, anafaasis aga võib tähele panna tervete ühetüübiliste kromosoomide lahkuminekut raku eri pooluste juurde. Tulemusena saab iga uus tekkiv rakk endale poole kromatiinaine hulgast. Niisuguseid tuumi nimetatakse haploidseiks, vastandina taime vegetatiivseid elundeid moodustavaile vegetatiivsete rakkude diploidseile tuumadele.[1]

Tavaliselt järgneb tuuma reduktsioonjagunemisele vahetult teine jagunemine, mis sarnaneb tüüpilise mitoosiga. Tulemusena tekib neli rakku — eoste tetraad, millede tuumad on haploidsed. Sugurakkudes (gameetides) on samuti tuumad tavaliselt haploidsed, s. o. poole kromatiinaine hulgaga, ja ainult pärast viljastamisprotsessi muutuvad rakutuumad jälle diploidseiks.

Kodanlikud teadlased — formaalsed geneetikud — omistavad sugurakkude tuumadele ja kromosoomidele mitte ainult liigset tähtsust, vaid moonutavad ka nende ülesannet. Nad arvavad, et ainult kromosoomid on organismi pärilikkude omaduste kandjaiks, et nad (kromosoomid) jäävad antud liigil muutumatuks, et neisse on koondunud «pärilikkusaine». *Mitšuurinlik teadus on teinud kindlaks, et raku tuumad ja neis olevad kromosoomid on kogu organismi kui terviku elutegevuse produktiks ja seepärast kromosoomid, tekkides tuuma jagunemise protsessis, võivad muutuda väliskeskkonna mõjul nagu kõik teisedki taime osad; kromosoomid ei sisalda endis mingisugust erilist «pärilikkusainet».*

4. RAKUD JA KOED

Rakkude elu

Hulkrakne taimorganism koosneb suurest hulgast väga väikestest ja üsna keeruka ehitusega rakkudest.

Rakkude elu väljendub selles, et nad hingavad, võtavad vastu

[1] Haploidsed — sõnast *«haploos»* — lihtne;
diploidsed — sõnast *«diploos»* — kahekordne.

toitu, seedivad ja omastavad selle, kasvavad, loovad uusi aineid, paljunevad ja surevad. Peale selle on raku protoplasmal ärritumis- ja liikumisvõime. Rakkude hingamine seisab selles, et raku protoplast neelab õhu hapnikku ja eritab süsihappegaasi. Oksüdeerivate fermentide (oksüdaas jt.) vahendusel toimub orgaaniliste ainete üleminek lihtsamaiks aineiks kuni vee ja süsihappegaasini. Hingamise tulemusena vabanev energia kulutatakse nii üksikute rakkude kui ka kogu organismi eluprotsessideks.

H i n g a m i n e on kõigi organismide ühine omadus. Samasuguseks ühiseks omaduseks on ka t o i t u m i n e ja a i n e t e o m a s t a m i n e (assimileerimine), s. o. toitainete muundumine raku koostisosadeks ning uuteks rakkudeks. Kõigi organismide elu koosneb kahest vastupidisest protsessist: a s s i m i l a t s i o o n i s t ja d i s s i m i l a t s i o o n i s t.

Rohelised taimerakud, erinevalt mitterohelistest (taime- ja looma-) rakkudest, on võimelised valguse käes anorgaanilistest ainetest välja töötama orgaanilist ainet. Seda protsessi nimetatakse s ü s i n i k u a s s i m i l a t s i o o n i k s ehk f o t o s ü n t e e s i k s. Ta on seotud süsihappegaasi neelamisega õhust ja hapniku eritamisega õhku. Süsiniku assimileerimise protsess toimub umbes 20 korda energilisemalt hingamisprotsessist, mistõttu roheliste taimede hingamist valguse käes õnnestub avastada vaid täpseimate katsete abil. Rohelistes rakkudes töötatakse valguse käes välja keerukad orgaanilised ained (suhkur ja tärklis).

Raku tundmaõppimisel nägime, et ainete sisenemine rakku on võimalik ainult vedelas ja gaasilises olekus. See sisenemine toimub difusiooni ja osmoosi abil läbi kesta ning protoplasma.

Taimede seas, nagu me edaspidi näeme, esineb ka ainurakseid.

Ainuraksete taimorganismide erinevus kõrgemate taimede rakkudest seisab selles, et esimesed on universaalrakud: iga rakk on organism. Hulkraksete taimede — eriti kõrgemate taimede — rakud on spetsialiseerunud — nad on organismi osakesed.

Suure hulga üksikute rakkude elust kujuneb kogu taime elu, mis paistab silma kvalitatiivse ja kvantitatiivse omapärasusega; see omapärasus sõltub nii välistingimuste mitmekesisest mõjust kui ka taime sisemisest organisatsioonist. Välistingimuste hulka kuuluvad vesi, õhk, soojus, taime toit, s. o. kõik, mis assimileeritakse taime poolt; sisemise organisatsioonina mõistetakse aga organismi ennast, s. o. seda, mis assimileerib. Väliskeskkonnast taime rakkudesse tulev toit teeb läbi rea muutusi ja muundub lõpuks taime koostisosadeks, s. o. väline muundub sisemiseks. Saagi hulk ja headus sõltuvad rakkude ning kogu organismi elutegevusest tervikuna.

Vaid paljude miljonite aastate vältel, mis on möödunud elu tekkimisest, saavutasid keerukad taimorganismid oma praeguse seisukorra; sellele seisukorrale vastab ka taime rakkude ehitus, sest rakud elasid oma olemasolu aja jooksul samuti üle pideva muutuste protsessi.

Mitmesugused taimerakud erinevad oma omadustelt ja ainevahetuse laadilt. Peale raku koostisosade mikroskoobis jälgitava ümberpaigutuse toimub rakus veel pidev ainevahetus naaberrakkudega ja ümbritseva keskkonnaga, samuti ka kogu taime arenemist soodustavate ainete tekkimine ja lagunemine. *Rakud vajavad mitte ainult vastastikust ainevahetust, vaid ka ümbritseva keskkonna kindlaid tingimusi, millega nad on pidevas vastastikuses seoses. Kui isoleerida rakud väliskeskkonnast, siis lakkavad nad olemast elavatena — nad surevad.*

Õpetuses taimede rakulisest ehitusest valitses kuni viimase ajani seisukoht, et rakud võivad tekkida ainult rakkudest — jagunemise teel. Raku uurimine aga näitab, et rakk ise on keeruka ehitusega ja temas toimuvad keerukad eluprotsessid, mistõttu rakkude tekkimisele pidi eelnema elu arenemise rakueelne periood. Juba F. Engels väljendas mõtet, et «madalaimad elusolendid, keda me tunneme, pole nimelt midagi muud kui lihtsad valgutombukesed ning nende juures ilmnevad juba kõik olulisemad eluavaldused[1].»

Taime koed

Kõik taime organid koosnevad mitmesugustest kudedest.

Taime kude koosneb rakkudest, milledel on enamikus omavahel sarnane ehitus, mis etendavad üht ja sama füsioloogilist osa ja on ühesuguse päritoluga.

Tähtsamad taime koed on järgmised.

E s i m e r i s t e e m ehk primaarne algkude, mida leidub näiteks varre ja juure kasvukuhikuis. Tema rakud on ühtlased, parenhüümsed, üleni täidetud protoplasmaga koos suurte tuumadega, õhukeste kestadega ja ilma rakuvaheruumideta. Rakkudel on suur jagunemisvõime.

Varre kasvukuhikuga võib tutvuda vesikatku (*Helodea canadensis*)[2] ladvapungas. Punga arvukate lehtede järk-järgulisel ettevaatlikul kõrvaldamisel pintsetiga — kuigi mõningate raskustega — võib eraldada kasvukuhiku, mis on väikese pikliku kühmukese kujuline. Pärast preparaadi läbipaistvaks muutmist Javelle'i lahuses võib mikroskoobis näha kasvukuhiku tipul esimeristeemi. Kuhiku alumises osas on märgata kühmukesi — tulevaste *lehtede, sõlmede ja varrelülide* algmeid. Kõrgemate taimede esimeristeemi arvukad rakud asuvad lakkamatu jagunemise seisukorras (joonis 18).

Paljude eostaimede (sõnajalad, osjad, kollad) varre (ka juure) kasvukuhikus asub kolme- või neljatahuline rakk (kiirdrakk), millest arenevad järjestikuse jagunemise teel võsu muud rakud.

Kasvukuhiku rakud pole kvalitatiivselt ühesugused. Ümbritseva keskkonna tingimuste (temperatuuri, niiskuse, õhu, valguse ja toitainete juurdepääsu) ühise mõju all elavad jagunevad rakud üle

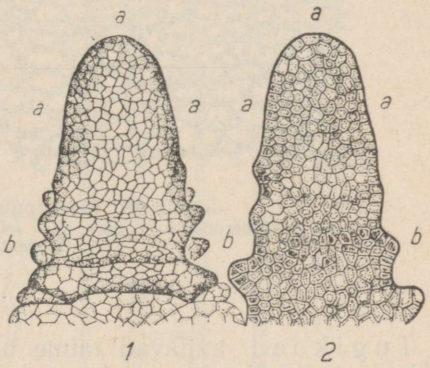
[1] F. Engels. «Anti-Dühring», Tallinn, 1951, lk. 73.

[2] Vesikatk on harilik taim Euroopa tiikides ja jõgedes. Levinud Ameerikast. Kasvatatakse ka akvaariumides.

kvalitatiivseid muutusi, millede tulemusena taimed läbivad teatavaid arenemise staadiume (vt. peatükk XVIII). Kvalitatiivsed stadiaalsed muutused on lokaliseeritud neis rakkudes, milledes nad toimusid ja neid saab edasi anda ainult emarakkudelt tütarrakkudele, mitte aga varem tekkinud rakkudele.

Esimeristeem annab alguse kõigile teistele püsikudedele, sest tema rakud muutuvad, diferentseeruvad. Kaheiduliste taimede vartes ja juurtes on erilistel jagunevail rakkudel võime eluaeg hoogsalt jaguneda. Need rakud kannavad k a m b i u m i nimetust. Nende abil toimub varre ja juure paksenemine.

K a t t e k u d e s i d on nii primaarse kui ka sekundaarse päritoluga. Primaarseks kattekoeks on e p i d e r m i s, mis tekib esimeristeemi pindmisest kihist ja katab kõiki taime organeid seni, kuni nad on noored. Epidermis on neile kaitseks ja ühtlasi asuvad temas ka õhulõhed gaasivahetuseks. Peale selle on maapealsete organite epidermis varustatud mitmesuguste karvadega, mis on kaitseks liigse auramise või heleda valguse vastu ja mis mõnikord on eeterlikke õlisid ning teisi aineid eritavateks näärmeteks. Noorte juurte epidermisel asuvad aineid sisseimevad juurekarvad. Epidermis koosneb elavaist rakkudest (üksikasjalisemalt vaata epidermisest lk. 125).

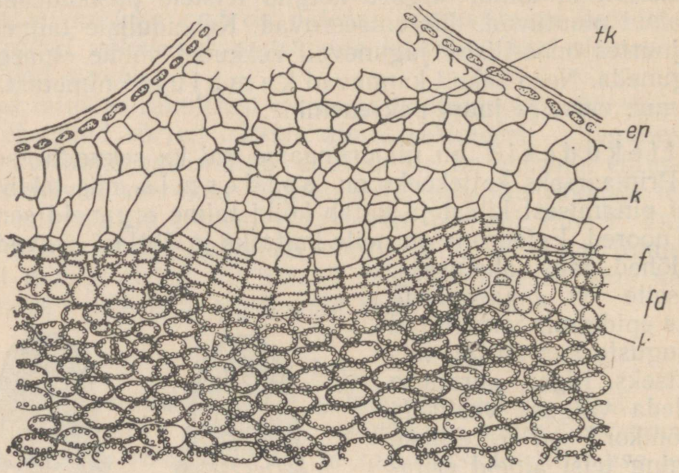


Joonis 18. Varre kasvukuhiku ehitus: 1 — väline vaade; 2 — vaade läbilõikes; *a—a* — primaarse algkoe rakud; *b—b* — lehealgmed.

Sekundaarse päritoluga kattekudede hulka kuulub p e r i d e r m. Ta tekib sekundaarselt, s. o. mitte esimeristeemist, vaid teistest kudedest ja tavaliselt sel ajal, kui epidermis ei suuda enam täita kaitsefunktsioone. Periderm tekib vanadele juurtele, vartele ja mõnikord lehtedele ning viljadele (haavade puhul). Peridermil on pruun värvus, sest rakud on läbi imbunud suberiiniga. Väljastpoolt koosneb periderm mitmest reast korgistunud ja surnud rakkudest (korkkude), nende all asub fellogeen ehk korgikambium — teismeristeemi elavate rakkude tegev kiht, siis felloderm, millel on parenhüümrakkudega sarnased elavad rakud.

Korkkoe rakud on kitsad ning asetunud korrapäraselt — radiaalsete ridadena. Fellogeeni rakud annavad jagunemisel alguse korkkoele ja fellodermile. Periderm kaitseb taime kuivamise ja infektsiooni eest. Õhulõhede asemel moodustuvad peridermis l õ v e d, millede kaudu toimub gaasivahetus (joonis 19).

Paljudel puudel kuulub periderm k o r b a, s. o. koore välise surnud osa hulka, mis praguneb ja kestendab (kask, tamm). Korgitammel ja amuuri korgipuul koguneb korkkude paksude kihtidena koore pinnale.



Joonis 19. Leedripuu lõve läbilõige:
ep — epidermis; *k* — kork; *f* — fellogeen; *fd* — felloderm; *tk* — täitekude.

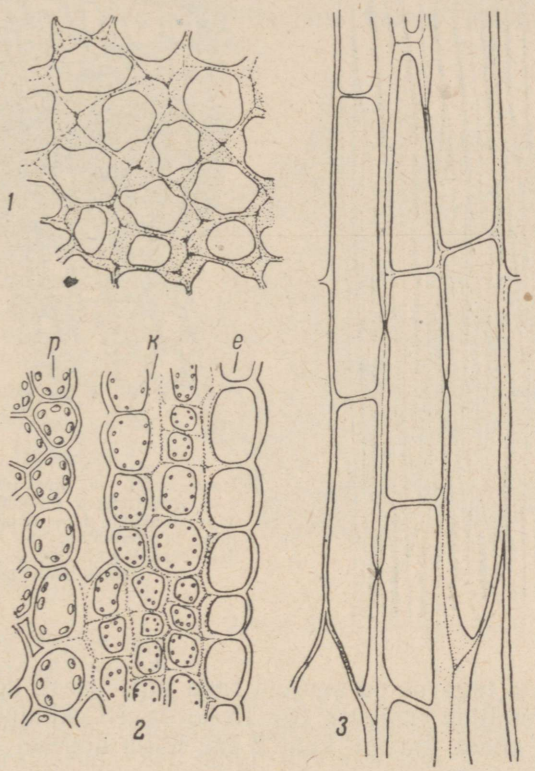
T u g i k o e d annavad taime organeile tugevuse. Tugikudede rakkude tugevus saavutatakse rakukestade paksenemise teel. Pikkusse kasvavatel organitel (varred, juured) on tugikudede rakud tavaliselt prosenhüümsed, ühtlaselt kasvavail organeil aga sagedamini parenhüümsed (vaata lk. 35). Tugikudesid on mitut tüüpi.

a) K o l l e n h ü ü m i k s nimetatakse tugikude, mis koosneb elusaist, sageli pikkusse väljavenitatud rakkudest. Kui raku seinal on paksendid ainult nurkades, siis on tegemist n u r k k o l l e n h ü ü m i g a, esinevad paksendid aga ainult ees- ja tagaseinal, siis nimetatakse seda p l a a t k o l l e n h ü ü m i k s (joonis 20). Kollenhüümi esineb harilikult kaheidulistel taimedel ja ta asetseb pidevate kihtidena varte välispinna lähedal või koguneb varre nurkadesse (sarikalised ja teised).

Kollenhüümrakkudes on protoplastid ja sageli ka klorofüllterad. Ainevahetus rakkude vahel toimub kestade õhukeste kohtade kaudu. Kloor-tsink-joodilahuse mõjul värvuvad kollenhüümi kestad siniseks, järelikult on nad tselluloosist.

b) S k l e r e n h ü ü m i k s nimetatakse tugikude, mis koosneb surnud prosenhüümseist, paksuseinalistest rakkudest. Sklerenhüümi

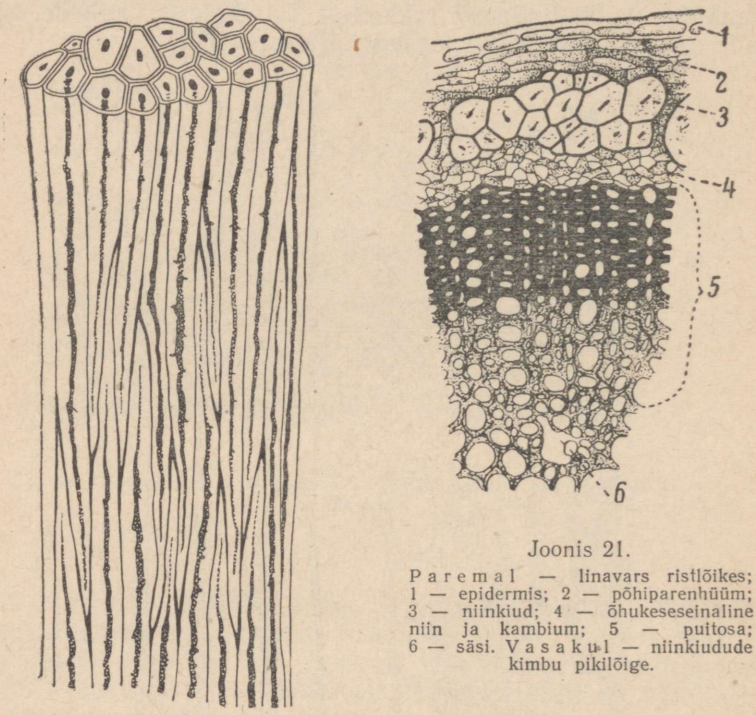
rakud on alati prosenhüümsed, kiulise ehitusega ja saavutavad mitmesentimeetrise pikkuse. Sklerenhüümi seinad on sageli läbistatud vildakate pilutaoliste pooridega. Kiud on harva üksteisest eraldatud, sagedamini on nad koondunud kimpudesse, millede pikkus võrdub kogu taime pikkusega. Kimbud koosnevad käävjatest kiududest, mis tungivad oma teravate otstega üksteise vahele. Seejuures on kiud omavahel pektiinainetega kokku kleepunud. Ristlõikes koosneb sklerenhüüm hulktahulistest rakkudest (kiududest), millede õõned kestade paksenemise tõttu peaaegu ära kaovad.



Joonis 20. Tugikuде — kollenhüüm:
1 — nurkkollenhüüm salvei leherootsus, ristlõikes; 2 — plaatkollenhüüm tähtputke *(Astrantia)* leherootsus; 3 — nurkkollenhüüm pikilõikes; *e* — epidermis; *k* — kollenhüüm; *p* — põhiparenhüüm.

Kui kiud asetsevad koores või säsis, on tegemist p ä r i s - s k l e r e n h ü ü m i g a. Kui nad kuuluvad niine koosseisu, siis nimetatakse neid kas p a k s u s e i n a l i s e k s n i i n e k s ehk n i i n k i u d u d e k s; asuvad nad aga puidus, siis kutsutakse neid l i b r i f o r m i k s. Mõnikord on libriformi rakud jaotatud ristvahesein-

tega; sel juhul nimetatakse teda lüliliseks libriformiks. Sklerenhüüm, paksuseinaline niin ja libriform koosnevad puitunud kestadega rakkudest, mis värvuvad floroglutsiini ja soolhappe mõjul punaseks. Kiutaime (lina) niinkiudude kestad jäävad tselluloosseks ja värvuvad kloor-tsink-joodi mõjul siniseks (joonis 21).



Joonis 21.

Paremal — linavars ristlõikes; 1 — epidermis; 2 — põhiparenhüüm; 3 — niinkiud; 4 — õhukeseseinaline niin ja kambium; 5 — puitosa; 6 — säsi. Vasakul — niinkiudude kimbu pikilõige.

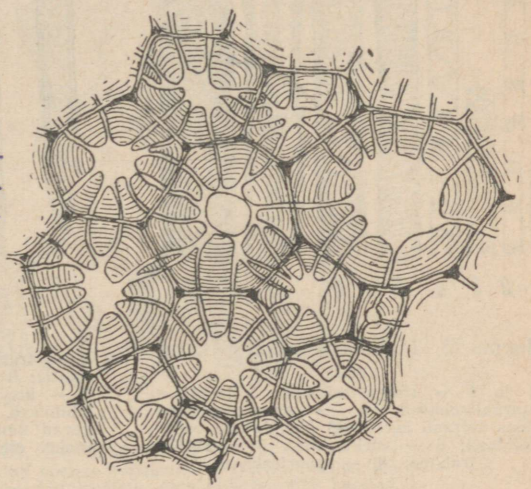
Niinkiudude tugevus on suurem raua tugevusest, nende venivus aga ületab metallide venivuse 10—15 korda. Niinkiudude pikkus on linal 4 sm ja enam, kanepil kuni 2 sm, hiina nõgesel *(Boehmeria)* kuni 30 sm ja enam.

c) Sklereiidid ehk kivisrakud on tugikoe parenhüümrakud, milledel on poorilistest kanalikestest ristsuunas läbistatud paksud puitunud kestad. Naaberrakkude kanalikesed satuvad omavahel kokku, mille tõttu püsib kaua aega ainete vahetus läbi õhukese kesklamelli. Lõpuks rakud surevad ja seepärast nende õõnte sisu kas puudub täielikult või jääb järele pruuni surnud massi näol. Sklereiide esineb pirni ja küdoonia viljades, pojengi mugulais ja paljude taimede lehtede rohelises põhiparenhüümis (joonis 22). Viimasel juhul etendavad nad toe osa, mis kaitseb lehte lömastumise eest. Mõnikord on sklereiidid hargnenud.

Tugikudede jaotus varres ja juures pole ühtlane. Vartes võtavad nad peamiselt väljaspoolse asendi (kõrred ja teised õõnsad varred), millega saavutatakse suurim vastupanu murdumisele (sest õõnsad torud on alati tugevamad kui samast materjali hulgast valmistatud umbsed varvad). Nelja- ja mitmekandilistes vartes asetsevad tugielemendid kantides pikuti. Juurtes on tugikudedel tsentraalne asetus, millega saavutatakse suurim vastupidavus rebenemisele (näiteks nöör on vastupidavam niisama jämedast torust) (joonis 34).

Juhtkoed juhivad mööda taime vett, mineraalsoolasid ja orgaanilisi aineid. See edasiliikumine toimub palju kiiremini kui ainete edasiminek osmoosi teel.

Juhtkoed koosnevad puitosast (ksüleemist) ja niinosast (floeemist). Puitosa juhib vett ja soolasid vart mööda lehtedesse, niinosa aga orgaanilisi (plastilisi) aineid lehtedest vart mööda alla juurtesse. Esimest vedelikkude voolu nimetatakse tõusvaks, teist aga laskuvaks vooluks. Muide pole ka haruldased juhud, kus orgaanilised ained samuti tõusevad taime mööda üles, näiteks varte tippudesse, õitesse ja viljadesse.



Joonis 22. Kivisrakud pirni viljalihast.

Rohtsetes vartes on aineid juhtivad rakud harilikult koondunud juhtkimpudesse, mis koosnevad ksüleemist ja floeemist.[1] Enamail juhtudel on noortes vartes kimbud üksteisest eraldatud. Sel juhul, kui kimpude koosseisu kuuluvad sklerenhüümkiud, nimetatakse kimpe kiudsoonte kimpudeks.

Puude tüvedes, vanades rohtsetes vartes ja juurtes puuduvad kimbud ning sellepärast moodustub seal pidev niine- ja puidumass.

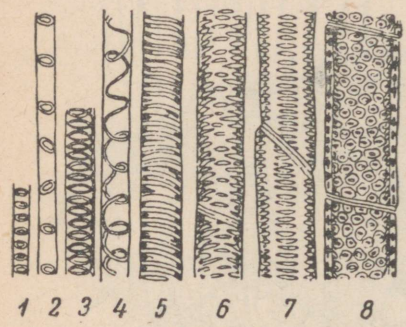
Vettjuhtivad puiduelemendid on kahte liiki. Ühtesid nimetatakse trahheedeks (soonteks), teisi trahheiideks.

Trahheed on pidevad õõnsad sooned, mis kulgevad piki kogu taime. Nad moodustuvad pikkade vertikaalsete rakkude reast, mis oma sisu kaotavad. Selliste rakkude rõhtvaheseinad lahustuvad

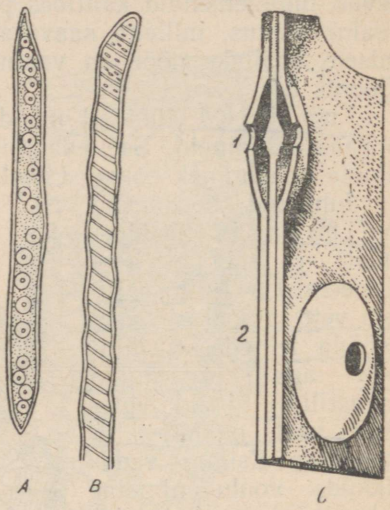
[1] Ksüleem tuleb kreekakeelsest sõnast *«ksylon»* — puit; floeem — sõnast *«floios»* — koor.

ja neist jääb järele vaid kitsas rattapõiakujuline jälg. Vertikaalseinte kest pakseneb kas võrgu-, rõnga-, spiraali- või astmete kujuliselt või pakseneb üleni, jättes sisse vaid peeni poore.

Sõltuvalt paksenemise viisist, tehakse vahet võrk-, rõngas-, spiraal-, astrik- ja poortrahheede vahel (joonis 23).



Joonis 23. Trahheede (soonte) kujusid:
1 ja 2 — rõngastrahheed; 3 ja 4 — spiraaltrahheed; 5 — spiraaltrahheed ühes spiraali keerdusid ühendavate vahelülidega; 6 — võrktrahhee; 7 — astriktrahhee; 8 — poortrahhee.

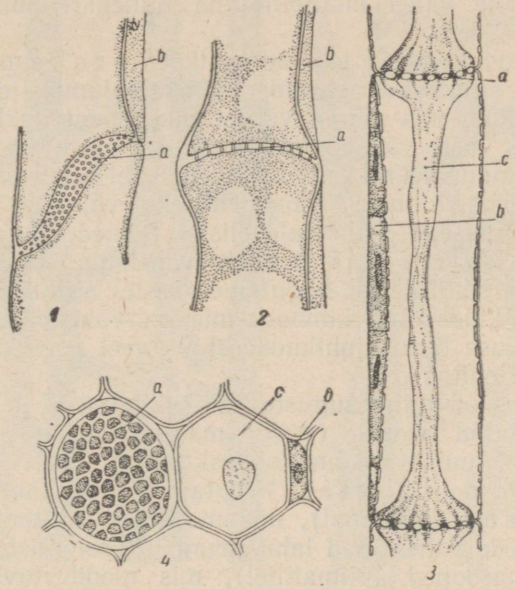


Joonis 24. Trahheiidid:
A — trahheiid koobaspooridega radiaalsetel seintel; B — spiraalse paksendiga trahheiid; C — koobaspoori ehituse skeem; 1 — poor läbilõikes, näha on poori õõned, neisse külgevad ümmargused avad ja primaarne kest keskel oleva paksendiga; 2 — poor pinnalt vaadatuna.

T r a h h e i i d i d on prosenhüümsed rakud, mis tekivad parenhüümrakkude pikenemisel ja nende teritunud otste tungimisel rakkude vahele. Trahheiididel on samuti paksendeid, mis on sagedamini spiraalsed, rõngasjad, astmelised ja poorilised. Trahheiidid asuvad trahheede vahel. Lehtpuudel tekivad nad puidus esimestena ning alles hiljem ilmuvad suuremad trahheed. Üldiselt tuleb märkida, et organi arenemise varasemas staadiumis, mil toimub tema hoogne kasv, on ülekaalus rõngasjate ja spiraalsete paksenditega rakud, sest seda liiki paksendid ei takista rakkude pikenemist. Prosenhüümsete rakkude pikenemine toimub niinimetatud libiseva kasvamise teel, kusjuures rakkude pikenevad teritunud otsad nagu libisevad teiste rakkude vahele. Okaspuude puit koosneb trahheiididest. Trahheiidide radiaalsed seinad on varustatud k o o b a s p o o r i d e g a (joonis 24). Lehtpuude puidus leiduvate trahheede ja trahheiidide vahel esineb ka veel teisi puidu elemente. Tavaliselt on sooned ümbritsetud puiduparenhüümi elavate rakkudega ja librifor-

miga. Puiduparenhüümi rakud täituvad varuainetega: tärklisega, õliga ja valgu- (aleuroon-) teradega. Okaspuudel esinevad trahheiidide vahel vaigukäigud, mis koosnevad seestpoolt vaiku eritavate epiteelrakkudega kaetud pikkadest õõntest.

Evolutsiooniprotsessis tekkisid taimedel trahheiidid varasemal perioodil kui trahheed.



Joonis 25. Kõrvitsa varre sõeltorud:
1 — põigiti asetatud sõeljas vahesein *(a)* sõeltoru kahe lüli vahel; 2 — toru külgseintele perpentikulaarselt asetsev vahesein *(a)*. Rakkudes on näha protoplasma ja vakuoolid. Küljelt on näha saaterakud *(b)*, mis on täidetud tiheda protoplasma ja tuumaga; 3 — sõeltoru ja saateraku *(b)* üldvaade; toru sisul on väädi kuju; 4 — sõeltorude ristlõige; *a* — sõeljas vahesein; *b* — saaterakk; *c* — keskmisest osast risti läbilõigatud sõeltoru, keskel on näha protoplasmaline väät; 1 ja 2 — lõiked värsketest vartest; 3 ja 4 — piirituses hoitud varte lõiked. Piirituse mõjul on protoplasma, mis normaalselt asetseb õhukese kihina vastu raku seina, vääditaoliselt raku keskele kokku tõmbunud.

Orgaanilisi aineid juhtivaid õhukeseseseinalisi niinosa (floeemi) rakke nimetatakse s õ e l t o r u d e k s. Nende kestad ei puitu, vaid jäävad tselluloosseiks. Noorte sõeltorude rakkudes on alati protoplasma ja tuum, vanades aga tuumad tavaliselt kaovad. Sõeltorud moodustuvad reast pikenenud torujatest rakkudest, millede ristvaheseinad ei kao, vaid uuristuvad sõelataoliselt läbi paljudest avadest. Nende avade kaudu on ühenduses sõeltorude sisu. Talveks sulguvad sõelataoliste vaheseinte avad nn. mõhnpaksenditega. Sõeltorude

külgseintes leiduvad samasugused sõeljad avad, millede kaudu toimub orgaaniliste ainete edasiliikumine rõhtsuunas. Ühe- ja kaheiduleheliste taimede sõeltorud on varustatud veel saaterakkudega (joonis 25).

Saaterakk moodustub sõeltorust pikisuunas eraldumise teel. Nendel rakkudel on alati protoplasma ja tuum, kuid nende ülesannet pole seni veel suudetud selgitada. Peale saaterakkude asuvad sõeltorude vahel laialipillatuna niineparenhüüm ja niinkiud.

Esmasel moodustumisel tekivad juhtkoed prokambiumist, viimane ilmub aga esimeristeemis. Prokambiumiks on esimeristeemi õrnad rakud, mis pärast vähest pikenemist hakkavad jagunema, eraldades varre välispoolele floeemiks, varre sisepoolele aga ksüleemiks muunduvaid rakke. Üheiduleheliste taimedel lõpeb prokambiumi tegevus kinnise (jämenemiseks võimetu) kiudsoonte kimbu moodustumisega, kaheiduleheliste taimedel aga säilib osa prokambiumist kambiumi õhukese vahekihina floeemi ja ksüleemi vahel, mis säilib taime kogu eluea kestel. Viimasel juhul arenevad lahtised kiudsoonte kimbud, mis on võimelised jämenema kambiumi tegevuse tõttu (juhtkudedest vt. veel peatükk IV: Varre mikroskoopiline ehitus).

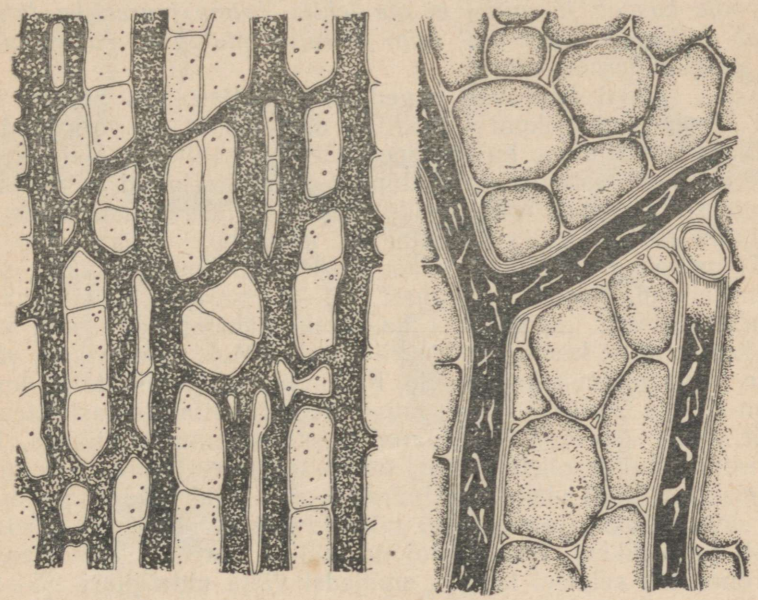
Eriline ehitus on mitmesuguste kautšukitaimede ja üldse piimmahlaga varustatud taimede (võilill, magun, tausagõss, vereurmarohi, hevea, gvajuula, eukommia, askleepias, siberi koerakoole, piimalill jt.) piimasoontel. Neil taimedel on kaht liiki piimasooni: lüliliised (magunal), mis moodustuvad tervest hulgast rakkudest, millede vaheseinad lahustuvad ja protoplasma liitub; ja lülitud piimasooned (piimalillel), mis moodustuvad üksikute rakkude pikakskasvamise teel. Ühed kui ka teised piimasooned on paljutuumalised, hargnevad tugevasti ja annavad harude kokkukasvamisel tihedaid võrke.

Piimmahl on valge, punane või oranž vedelik, milles leidub suhkrut, valku, tärklist, rasva ja samuti ka kautšukit ning gutti, milledest valmistatakse kummi ja gutapertši (joonis 26).

Põhiparenhüüm. Koe enda nimetus näitab, et ta koosneb parenhüümrakkudest, milledel on järgmised iseärasused. Nende kuju on kas hulktahuline või kerajas, vahel natuke pikenenud, kuid ilma teritunud otsteta. Rakukestad on vähe paksenenud, tselluloossed. Põhiparenhüümi rakud on elusad ning neis on peale protoplasma ja raku tuuma veel plastiide ja varuaineid. Põhiparenhüüm on rikkalikult varustatud rakuvaheruumidega, mis vahel muutuvad õhukäikudeks (eriline aerenhüümne kude vee- ja sootaimedel). Rakuvaheruumide ülesanne on õhustamine, mis on vajalik rakkudele gaaside vahetuseks. Põhiparenhüümis, mis täidab kogu ruumi teiste kudede vahel, toimuvad järgmised tähtsad protsessid: orgaaniliste ainete fotosüntees lehe assimileerivas parenhüümis; varuainete talletamine ja säilitamine juurte, mugulate, varte ja viljade säilituskoes; vee kogumine

vesikoesse, mis koosneb suurtest rakumahlarikastest rakkudest (sukulentidel: suur kukehari, kaktused jne.).

Põhiparenhüüm annab mõnikord alguse niinimetatud eritusmahutitele, mis on täidetud eeterlike õlide, vaikude, kummiaine, nektari ja teiste samataoliste ainetega. Okaspuude puit ja



Joonis 26. Piimasooned:
A — lülilised (salatil); B — lülitud (piimalilledel).

koor on läbistatud vaiku eritavate vaigukäikudega. Okaspuude vaigust saadakse tärpentinõli, tärpentini, kampolit ja teisi saadusi.

Eritiste mahutid on skisogeensed, mis moodustuvad samuti kui raku vaheruumid rakkude eraldumise teel, ja lüsigeensed, mis tekivad rakkude rühma lahustumise teel. Skisogeensete mahutite moodustumisel vooderduvad õõned või käigud seestpoolt õrnade epiteelrakkudega, mis on võimelised endast eritama õõntesse kogunevaid vedelikke.

Me tutvusime taime rakkude ja kudedega. Me õppisime tundma taimede pisimaid osi. Meid peavad huvitama need osad mitte ainult üksikosadena, vaid nende ühtsuses tervikuga ja seepärast asume tundma õppima seda, milliseis keerukais vastastikustes suhetes ja vastastikuses tegevuses asuvad taime organid taimorganismis.

TAIME JUURED

1. JUURESTIKU TÄHTSUS JA ARENEMINE

Juur on taime põhiorgan, mis oma tipuga piiramatult tavaliselt allapoole kasvab ja millel ei ole lehti. Taime juurestiku tähtsus seisab selles, et tema abil taim kinnitub mulda ja saab mullast vett ning mineraalsoolasid.

Kuna juured kasvavad sagedamini mullas, siis polnud meil kuni lähema minevikuni juurestiku arenemisest ja vormidest nii täielikku ettekujutust kui maapealsetest organitest. Meie harilik ettekujutus juurestikust on ebatäpne: oleme harjunud taime juurte üle otsustama nende juure osade järgi, mis jäävad meie kätte, kui me taime mullast välja tõmbame või kaevame.

Enam-vähem täielikult saab juurestikku mullast välja võtta järgmisel teel. Teataval kaugusel (50—100 sm) üksikult kasvavast taimest (lutsern, lupiin jne.) kaevatakse korrapärase ringi kujuline kraav, mille keskel asub uuritav taim. Muld tuleb visata väljapoole ja võimalikult kaugemale. Kui kraavi sügavus ulatub umbes 0,5 m-ni, siis uhetakse ümber taime jäänud mullasammast ettevaatlikult veega (sõelaga varustatud kastmiskannust) niikaua, kuni juurestik on välja uhetud. Muld uhtub seejuures kraavi. Kui mullasammas on laiali uhetud ja juurestik mõningal määral paljastub, siis süvendatakse jälle kraavi niipalju kui võimalik ja uhetakse uuesti juurestikku. Kui töö toimub küllalt korralikult ja püsivalt, siis õnnestub sel teel kergeil muldadel välja uhta juuri 1,5—2 m sügavuseni ja veelgi enam.

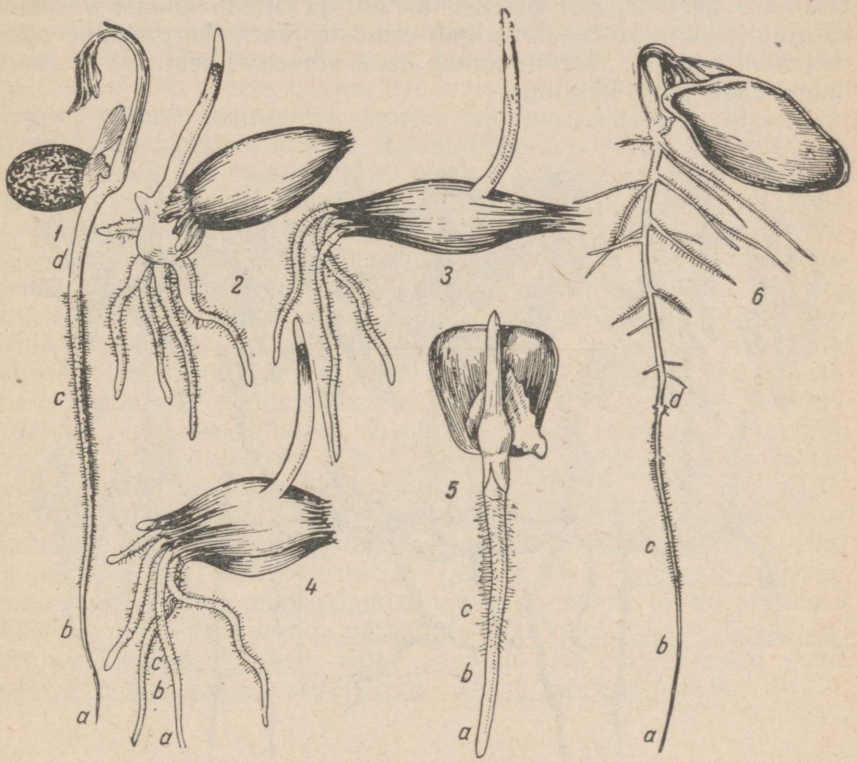
Mitmesuguste põllumajandustaimede juurestiku tundmaõppimiseks kasvatatakse neid taimi madalates puust kastides (mõõtmetega 1,5—2 m), mis on kaevatud mulda vertikaalselt. Pärast taimede arenemist kaevatakse kastid mullast üles, avatakse üks külg ja uhetakse juured ettevaatlikult mullast välja. Osutub, et juured moodustavad tiheda juurenarmaste võrgu, mis läbistavad mulda igas suunas.

Spetsiaalseis kaevikuis, erilistes «pimikutes», vaadeldakse juurte arenemist, sundides neid kasvama piki laudadega kindlustatud kallakuid seinu, milledesse tehakse vaatluste jaoks klaasist aknakesed.

Sellised uurimised näitavad, et taimede juurestik hargneb tugevasti ja tungib mulda mitme meetri sügavusse ning levib künnikihist alamale. Tihedas mullas levib ta vihmausside ning teiste mulda uuristavate loomakeste käike mööda, kobedas mullas rajab aga ise endale teed sügavamale. Nii levivad mustmullas kaera juured 1,3—1,4 m ja piimohaka juured üle 6 m sügavuseni. Lutserni juuri on leitud kaevude kaevamisel üle 15 m sügavuses.

Juurestiku arenemise esimeste järkude vaatlused, mis on kergesti teostatavad seemnete idandamisel filterpaberil vertikaalselt

asetatud klaasplaadikeste vahel, näitavad, et juurestik suundub oma arenemisel kiiresti allapoole (joonis 27). Kasvu esimestel päevadel pikenevad juured vartest kiiremini; see on suure bioloogilise tähtsusega, sest ainult sügavamad mullakihid varustavad juurestikku küllaldase hulga niiskusega.



Joonis 27. Mitmesuguste taimede esmased juured:
1 — viki idandi peajuur; 2 — rukki idandi narmasjuured; 3 — sama kaeral; 4 — odral; 5 — maisi idandi peajuur; 6 — kõrvitsa pea- ja külgjuured. Kõigil joonistel: *a* — kasvukuhik; *b* — kasvuvööde; *c* — imev juurekarvade vööde; *d* — juurekarvade suremise ja külgjuurte tekkimise vööde.

Põua-aastail panevad kuivusele vastu need taimed, millede juured jõuavad tungida sügavale mulda, enne kui muld on jõudnud ära kuivada. Ses suhtes on põua vastu võitlemisel väga suure tähtsusega niisugused vahendid, nagu varajased külvid ja igasugused taimede arenemist kiirendavad võtted (jaroviseerimine, väetamine, taimede hooldamine).

Juure alge on olemas juba seemnes. Seemnete idanemisel ilmub esimesena seemne kesta alt tavaliselt juur. Seejuures võib juures-

tiku arenemises märgata teatavaid erinevusi: kui üheidulehelistel taimedel ilmub tavaliselt idanemisel mitu juurt, siis kaheidulehelistel tekib üksainus juur. Nii ilmub nisul sageḍamini kolm esmast juurt, odral on neid neli ja viis, maisil ilmub algul üks juur ja alles tunduvalt hiljem tekivad järgmised, mis hakkavad kiiresti kasvama ja jõuavad kasvus esimesele järele (joonis 27). Kaunalistel ilmub alati üks peajuur, mis pikeneb kiiresti ja annab endast varakult külgjuuri, kuna kõrrelistel algab esmaste juurte hargnemine alles neljandal nädalal. Kõrvits annab hästi arenenud peajuure ja suure hulga väga pikki külgjuuri.



Joonis 28. Põldohakas *(Cirsium arvense)*: raskelt väljajuuritav ja juurevõsudega paljunev umbrohi. Isegi väikesed juure tükid annavad lisapungi, milledest arenevad uued õitsvad varred.

Peale toitmise ja taime mullasse kinnitamise on juurtel ka teine tähtsus. *Mõnikord talletatakse juurtesse orgaaniliste ainete varusid* (lihakad juured). Teistel juhtudel hoiavad juured taime vertikaalasendis (näiteks maisi lisajuured). Mõnedel taimedel moodustuvad hingamisjuured, mis varustavad taime õhuga ja tungivad selleks soisest pinnasest üles (sooküpress Põhja-Ameerikas). Õhujuured, rippudes alla, imevad aplalt vihma- või hügroskoopsusvett

erilise käsnataolise katte abil. Neid esineb troopikametsade epifüütidel, mis elunevad puude koorel.

Mõnede troopiliste sõnajalgade, orhideede ja võhaliste taimede juured, hargnedes tugevasti, moodustavad põimikuid, milledesse kogunevad huumusained, mida taimed kasutavad toiduks eriliste lisajuurte abil. Paljudel troopilistel orhideedel etendavad õhujuured lehtede osa. Nad muutuvad lamedaiks, lähevad klorofülli tekkimise tagajärjel roheliseks ja assimileerivad süsinikku, mitte selles osas maha jäädes tõelistest lehtedest. Juurte roheliseks muutumist valguse käes võib tähele panna ka maisil ja mõnedel veetaimedel. Organi ehituse muutumist seoses elufunktsioonide muutumisega nimetatakse metamorfoosiks. Rakistaimedel (vetikad, seened) puudub juurestik. Ka sammaldel ei ole juuri. Mõnedel neist taimedest täidavad juurekarvade ülesannet üheraksed karvad — r i s o i d i d.

Pärisjuured ilmuvad sõnajalgtaimedel, õistaimedel aga saavutab juurestik täiuslikuma arenemisastme. Harva esineb ka kõrgemate taimede seas niisuguseid, milledel puuduvad juured ja kus juurte ülesannet täidavad lehed. Nii täidavad putukasööjal veetaimel vesihernel *(Utricularia)* juurte osa tugevasti jagunenud lehed, milledel esinevad veel erilised põiekesed — püünised väikseimate loomakeste püüdmiseks. Ka salviinial *(Salvinia)* — veesõnajalal — puuduvad juured, kuna juurte osa etendavad tugevasti jagunenud lehed (joonis 162). Juurte abil toimub ka mõnede taimede (daalia, pojeng) vegetatiivne paljunemine. Juurtega paljunemist esineb ka põllu- ja aiakultuuride kurjematel vaenlastel — umbrohtudel —, põld-piimohakal *(Sonchus arvensis)* (joonis 228) ja põldohakal *(Cirsium arvense)* (joonis 28). Tugevasti väljaarenenud juurevõsude moodustamise võime on nende juurte arvukatel lõikudel, mis jäävad mulda pärast maalat kündi. Juurevõsude abil paljunevad pappel, haab, valge akaatsia ja paljud teised puud, millede ümber kasvab sageli terve noorte taimede padrik.

2. JUURTE KUJUD

Juurte väline kuju sõltub nende ülesandest ja arenemistingimustest. Eristatakse kaht omavahel erinevat juurestikku — sammasjuurestikku ja narmasjuurestikku (joonis 29).

S a m m a s j u u r e s t i k u p e a- e h k s a m m a s j u u r on pikenduseks varrele, millega ta ühineb juurekaela kaudu. Peajuurelt väljuvad k ü l g j u u r e d, mis hargnevad ja lõpevad juurenarmastega. Sammasjuurestik on omane kaheidulehelistele taimedele, kuigi kaheiduleheliste seas leidub ka selliseid taimi, milledel puudub peajuur (näiteks teeleht). Suuremal osal kaheidulehelistel (redis, lutsern, hernes jt.) areneb peajuur tugevasti ja tungib sügavale mulda. Erilist pikkust saavutavad sammasjuured kõrbetaimedel (kuni 15 m ja enam).

N a r m a s j u u r e s t i k on omane üheidulehelistele taimedele.

Selles juurestikus peajuur kas sureb varakult välja, ei arene üldse või kasvab võrdselt teiste juurtega, mis moodustavad terve kimbu peeni narmasjuuri. Kõrrelistel on narmasjuurestik.

Peajuure olemasolu paljude üheiduleheliste taimede idus ja selle pärastine kadumine seemnete idanemisel on tõendiks, et üheiduleheliste taimed põlvnevad ühest iidsest kaheiduleheliste rühmast.

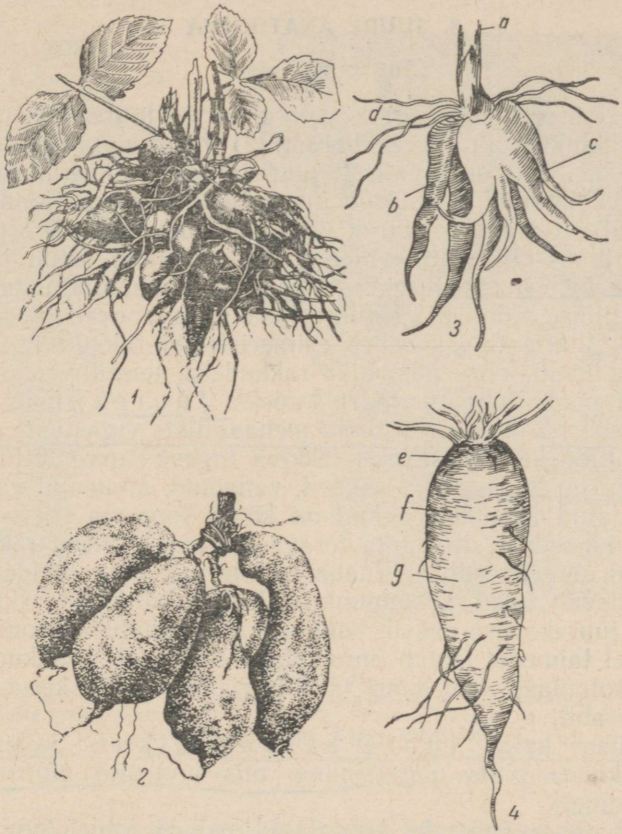


Joonis 29. Juurte liigid:
I — võilille pea-(sammas-)juur: *a* — juurekael; *b* — peajuur; *c* — külgjuured; *d* — juurenarmad; II — suure teelehe narmasjuured; III — maisi lisajuured; IV — lisajuured begoonia lehel.

L i s a j u u r e d (joonis 29) on sellised juured, mis tekivad täiendavalt varrel või mõnedel taimedel ka lehtedel. Nende moodustumist võib kunstlikult kiirendada varte muldamisega. Tomat, kartul ja mais annavad pärast muldamist palju lisajuuri, mis kinnitavad taimi ja soodustavad nende toitumist.

Paljude kahe- ja mitmeaastaste taimede juured täituvad toitainete varudega ja muunduvad l i h a k a i k s j u u r t e k s ning j u u r e m u g u l a i k s (joonis 30). Esimeste näiteks on porgandi, peedi, naeri, kaalika ja teiste kaheaastaste taimede juured. Esimesel

aastal moodustavad need taimed lehekodariku, mis väljub lihaka juure ülemisest osast. Peedi ja porgandi seemneistikud säilitatakse ületalve ja istutatakse kevadel välja. Neist kasvavad varred, mis kannavad õisikuid ja vilju. Peedi seemneistik pole juur. Ainult selle alumine osa, alates peenenevast kohast, kus moodustuvad külgjuured, on juur. Peedi seemneistiku ülemine osa — pea, s. o. lühenenud



Joonis 30. Lihakad juured:
1 — daalia mugulad; 2 — bataadi mugulad; 3 — laialehelise käpa (*Orchis latifolia*) mugulad; *a* — vars; *b* — vana mugul; *c* — noor mugul; *d* — lisajuured; 4 — söödanaeri lihakas juur; *e* — lühenenud vars (pea); *f* — juurekael; *g* — lihakas juur külgjuurtega.

vars, — on kaetud möödunud aasta lehtede jäänuste ja pungadega, milledest kasvavad välja varred. Vars moodustub idulehepealsest varrelülist, epikotüülist. Seda osa juurviljast, mis asub pea ja juure vahel, nimetatakse k a e l a k s. Ta pärineb idulehealusest varrelülist, hüpokotüülist.

Juuremugulad moodustuvad lisajuurtest nende täitumisel orgaaniliste varuainetega ja tugeval jämenemisel. Juuremugulate näiteks võivad olla bataadi *(Ipomoea batatas)*, daalia, käppade *(Orchis)*, kanakoolme *(Ficaria)*, suure kukeharja *(Sedum maximum)* ja teiste juured. Juuremugulate abil taim talvitub ja paljuneb vegetatiivselt.

3. JUURE ANATOOMIA

Juure vöötmed

Juurel võib eristada järgmisi vöötmeid: 1) juure tipp, mis koosneb kasvukuhikust ja juurekübarast; 2) hoogsaima kasvu vööde; 3) imev vööde, mis on tavaliselt juurekarvadega kaetud ja 4) väljastpoolt korgistunud rakkudega juure ülejäänud osa (joonis 31, I).

Filterpaberil areneval juurel võib kõiki neid osi näha palja silmaga või luubi abil. Mullast ettevaatlikult väljavõetud juurel on imev vööde ümbritsetud tugevasti külgejäänud mullatombukestega.

Narmasjuure vaatlemisel mikroskoobiga avanevad juure ehituse üksikasjad. Juure tipp koosneb esimeristeemi rakkudest, milledest ühed muunduvad juure püsivaiks rakkudeks, teised aga, mis asetsevad otsa pool, juurekübara rakkudeks. Juurekübar, piirates algkudet, kaitseb juure õrna tippu mehaaniliste vigastuste eest, mis võivad juhtuda kasvamise ajal tekkiva tugeva surve tõttu. Juurekübara kuju on koonusjas. Välised, vanemad, arenenud vakuoolide ja kõrgendatud turgoriga rakud on kõige suurema surve all, mis tekib hõõrdumisel vastu mulla teravaid osakesi. Need rakud rebenevad kogu aeg hulgaliselt maha ja surevad ning nende asemele asuvad pidevalt uued, kasvupunktist juurde sündivad rakud. Selle tõttu jääb juurekübara paksus kogu aeg muutumatuks (joonis 31, II).

Paljudel taimedel leidub juurekübara keskmistes rakkudes peale hariliku protoplasti veel suuri tärklisteri, mida võib kergesti avastada joodi abil.

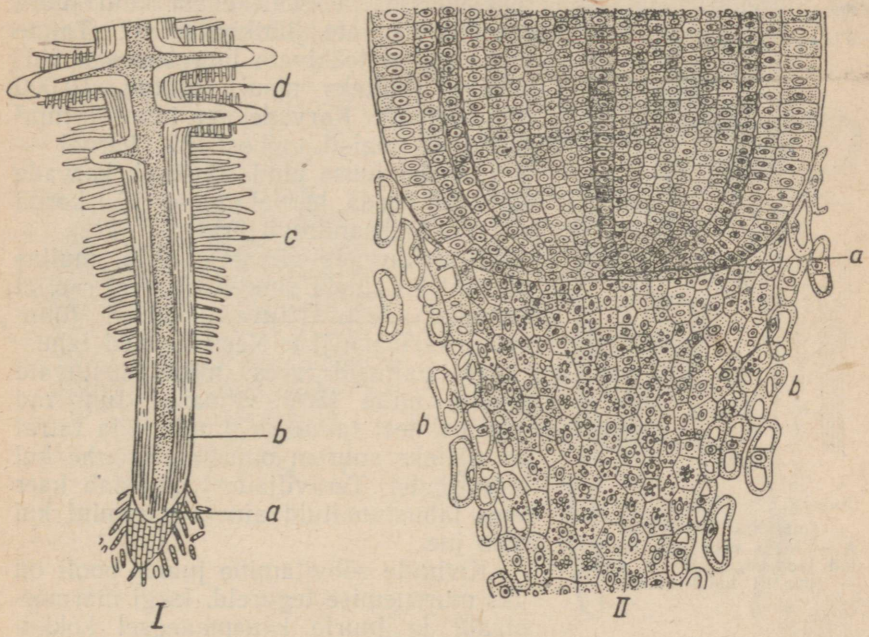
Juurekübar katab juure kasvukuhikut. Selles toimub algkoe rakkude pidev jagunemine, mis annavad alguse kõigile juure rakkudele.

Kõrgematel eostaimedel (sõnajalad, osjad) esineb juure kasvukuhikus (ka varre kasvukuhikus) üks kolmetahuline rakk (kiirdrakk), mis saab kolmes suunas jagunemise teel alguseks kõigile ülejäänud rakkudele. Seemnetaimedel on selliseid rakke mitu või palju. Üheiduleheliste taimede juurekübaral on eriline algkude.

Juuretipust pisut eemal (2—10 mm) asub juure kiirejma kasvu vööde, kus toimub rakkude mõõtmete suurenemine. Veel kaugemal juure tipust toimub rakkudes sisemine eristumine, mille tulemusena moodustuvad juure koed. Kui teha tušiga jaotused noore juurekese igale mm-le, siis võib järgmisel päeval märgata, et juure otsast 2—3 mm kaugusel olevad jaotused on kõige enam laiali nihkunud (joonis 32).

Juure kasvuvööde läheb üle imevaks vöötmeks, mille

alguses võib mikroskoobi abil näha juurekarvade tekkimist epidermise rakkudest. Algul ilmuvad rakkudele vaevalt märgatavad kühmukesed, mis pikenedes muunduvad peenikesteks üherakulisteks juurekarvadeks, mis ei eraldu vaheseintega neid tootvatst rakkudest. Nende pikkus suureneb juure otsast kaugenemisel.

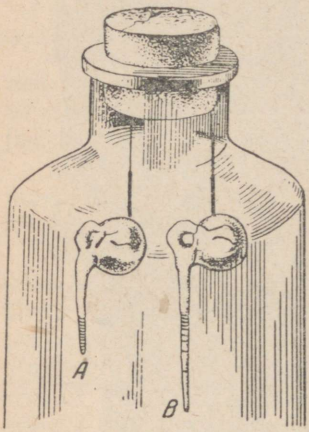


Joonis 31.
I — juure võõtmed: *a* — juurekübar ja kasvukuhik; *b* — kasvuvööde; *c* — imev vööde; *d* — külgjuurte vööde (skeem). II — juure tipu ehitus: *a* — algkoe rakud; *b* — juurekübara rakud (tugev suurendus).

Imev vööde on eri taimede juurtel eri pikkusega. Peale selle sõltub imeva võõtme pikkus, nagu teiste võõtmete pikkuski, juure kasvamise kiirusest, mullast ja teistest tingimustest. Juurekarvad on lühiealised (efemeersed): saavutanud oma täieliku arenemise, surevad nad ja nende asemele, juure tipu lähedusse, ilmuvad uued. Sel teel paigutub juure imev vööde kogu aeg ümber teistesse kohtadesse, mistõttu on võimalik uute vee- ja toitainete varude kasutamine. Juurekarvade pikkus on mitmesugune. Vees võivad nad jääda päris arenematuks; sel juhul toimub ainete sisseimemine epidermise pinna kaudu. Niiskes õhus muutuvad nad paljale silmale nähtavaks ja ulatuvad 2—8 mm pikkuseni. Nende väline kuju muutub samuti. Vabalt (näiteks niiskes atmosfääris) areneval juurekarval on korrapärane silindriline kuju. Tema kest on õhuke,

vakuool on arenenud, protoplasma asub õhukese kihina kesta läheduses, tuum asub protoplasmas karva tipu lähedal. Mullas on juurekarvadel ebakorrapärane kuju: nad käänduvad, põimivad mulla osakesi ja asuvad mullaga kõige tihedamasse kokkupuutesse. Juurekarvad ei ime mitte ainult mullast vett ja mineraalaineid, vaid annavad ka tuge kasvavale juurele.

Ainete sisenemine toimub osmoosi tõttu, kusjuures ained tungivad juurekarvadest naaberrakkudesse ja sealt edasi kuni juure tsentris asuvate juhtkimpudeni. Taime eluea kestel tekkivate juurekarvade üldpikkus (näiteks nisul) ulatub 10 000 kilomeetrini. Karvade arv juure 1 mm² kohta on maisil umbes 425, hernel — 232. Maisi juure pind suureneb karvade tõttu 5,5 korda, hernel aga — 12,4 korda (V. G. Aleksandrovi järgi).



Joonis 32. Juure kasvamiskoha leidmine:
A — herne noor juur märgitud jaotustega; B — sama juur 24 tunni pärast.

Juurekarvade võimet imeda mullas olevaid toitaineid suurendab veel see, et juurekarvadest erituvad happed (õunhape, süsihape jt.). Need happed lahustavad paljusid vees mittelahustuvaid aineid, mille järel viimased tungivad osmoosi teel taimesse. Lupiinil ja tatral on näiteks suurem omastamisvõime kui teraviljadel. Teraviljadest omastab kaer vees lahustumatuid aineid paremini kui nisu jne.

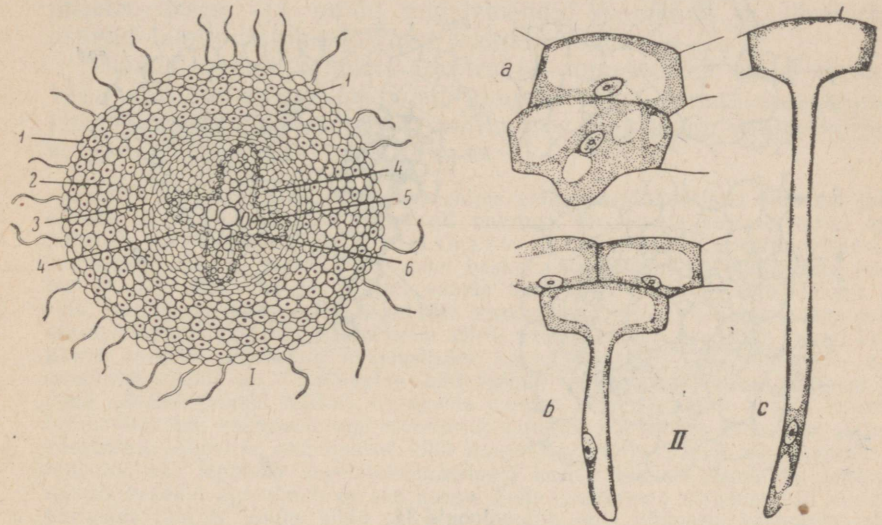
Kivimite söövitamine juurte poolt on üks murenemise tegureid. Isegi marmorplaadi ja juurte kauemaaegsel kokkupuutumisel jääb sellele juurte jälgi. Kui asetada niiskele sinisele lakmuspaberile juurtega idandeid, siis tekib juurekarvade ja paberi kokkupuute kohtadel selgelt nähtav punane värvus, mis viitab juurte happelisele reaktsioonile. Peale selle juured, tungides kivide ja kaljude pragudesse ning jämenedes seal, soodustavad nende purustamist. Imeva vöötme järel asetseb juure kõige enam arenenud korgistunud vööde. Seal puuduvad juurekarvad, epidermis on asendunud korkkihiga, hiljem aga peridermi ja korbaga, mis katab alati puude vanu juuri.

Juure anatoomiline ehitus

Noore juure imevast vöötmest tehtud ristlõikes on näha, et juur koosneb järgmistest osadest: välisest, mis moodustab juure koore, ja sisemisest — sisesilindrist, mis koosneb peamiselt juht- ja tugikudedest (joonis 33). Koort katvaist epidermise rakkudest arenevad juurekarvad.

Juurekarvade suremisel asendub epidermis korkkihi surnud rakkudega.

Juure koores võib märgata kaht osa: välist, mis koosneb mitmekandilistest üksteisega tihedalt külgnevaist rakkudest, ja sisemist, mis koosneb kobedalt ühendatud rakkudest, millede vahel on suured rakuvaheruumid. Koore elusad rakud moodustavad põhiparenhüümkoe, milles tavaliselt leidub orgaanilisi varuaineid, samuti ka kristalle, vaike jm. Parenhüümrakkude mõõtmed nende kaugenedes välistest kihtidest algul suurenevad, pärast aga järk-järgult vähenevad.

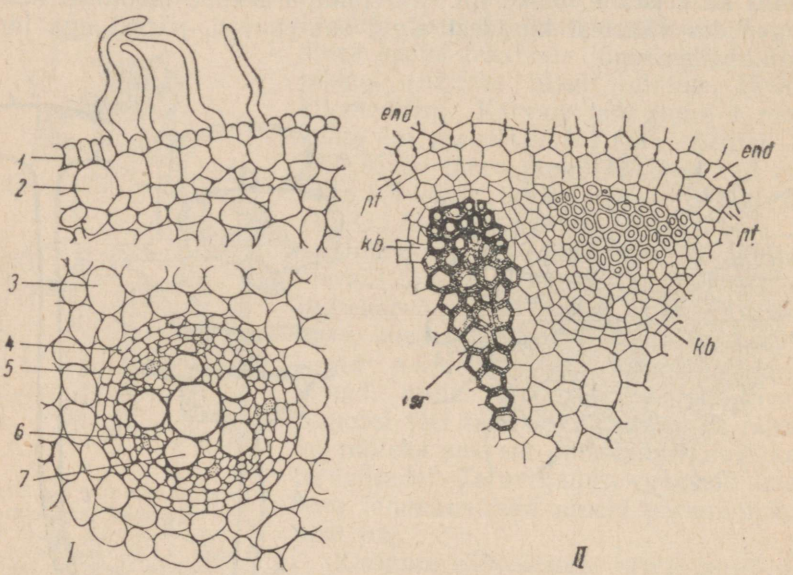


Joonis 33.
I — tulika juure ristlõige: 1 — epidermis ja juurekarvad; 2 — juure koor; 3 — endodermis ja peritsükkel; 4 — esifloeem; 5 — esiksüleem; 6 — kambiumi rakud. II — juurekarva arenemine epidermise rakust; *a* — epidermise rakk, mille kest on välja veninud kühmukese taoliselt; *b* — noor karv; *c* — vanem karv.

Juure koore kõige seespoolsem kiht moodustab endodermise, mis piirab sisesilindrit ja loob terava piiri koore ning juure sisemise osa vahele. Endodermis koosneb parenhüümseist, veidi pikenenud rakkudest, milledel on kas radiaalseintel tumedad laigud (Caspary' laigud) või tugevasti paksenenud sisemised ja külgmised kestad. Need moodustised sageli puituvad ja korgistuvad ning kaotavad seega vee läbilaske võime. Viimasel juhul esineb paksenenud kestadega endodermise rakkude seas vertikaalsete ridadena läbilaskerakke, milledel on õhukesed tselluloossed kestad. Nad asuvad täpselt vastu puidukimpe ja nende ülesanne on vee ning soolade edasiandmine juurekarvadest ja koore rakkudest puitosa soontesse.

Endodermise all asub juure sisesilinder, mille väline

kiht (peale väheste erandite) koosneb õhukesekestalistest elavatest rakkudest. Seda kihti nimetatakse p e r i t s ü k l i k s. Temast algab tavaliselt külgjuurte moodustumine, mis kasvavad pärast läbi esikoore ja väljuvad (joonis 34). Külgjuured moodustuvad kas vastu puidukiiri või vastu vahekohti, mis eraldavad puitosa niinosast, ja seepärast asetsevad nad juurel korrapäraste ridadena, kas vastavalt puidukiirte arvule või nende kahekordsele arvule.



Joonis 34.
I — ü h e i d u l e h e l i s e t a i m e j u u r e r i s t l õ i g e: 1 — epidermis juurekarvadega; 2 ja 3 — juure koor; 4 — endodermis; 5 — peritsükkel; 6 — floeem; 7 — esiksüleemi sooned. II — o s a p õ l d o a j u u r e s i s e s i l i n d r i r i s t l õ i k e s t teiskasvu algul: *end* — endodermis; *pt* — peritsükkel; *sr* — üks soonte rühmadest; *kb* — kambium.

Sisesilindris asub juhtkude. See koosneb trahheedest (soontest) ja trahheiididest — prosenhüümseist rakkudest, mis moodustavad e s i p u i d u (ksüleemi), — nîng sõeltorudest ühes saaterakkudega, mis moodustavad e s i n i i n e (floeemi).

Ksüleemi asetus on radiaalne. Need kiired kujutavad endast kolmnurki, millede tipud koosnevad õige peentest, varem tekkinud trahheiididest ja on suunatud vastu peritsüklit; tsentri poole suunatud kolmnurkade alused aga koosnevad suurtest, hiljem tekkinud trahheedest. Puidukiirte arv juurtes on erinev (2—4, kõrrelistel aga kuni 20). Kolmnurkade laiu aluseid moodustavad trahheed kas ühtivad juure keskkohas või jätavad ruumi säsile, mille koosseisu kuuluvad parenhüümrakud, mõnikord aga ka sklerenhüümkiud.

Kui puidusooned ühtivad keskkohas, siis on neil ristlõikes kiirja tähe kuju (joonis 34, I).

Esifloeemi alad asetsevad esiksüleemi alade vahel. Kui võrrelda nende kuju kolmnurkadega, siis on nende kolmnurkade tipud pööratud tsentri poole, alused aga peritsükli poole. Puitosa ja niinosa vahel asuvad parenhüümrakud.

Ksüleem koosneb spiraal-, rõngas-, võrk-, poor- ja astriktrahheedest ning -trahheiididest ja ta ülesandeks on vee juhtimine üles varresse; floeemi sõeltorude kaudu aga laskuvad orgaanilised ained varrest alla ning lähevad juure rakkude moodustamiseks ja toitmiseks. Niine ja puidu tugielemendid (niinkiud ja libriform) asuvad laialipillatuna juhtkoe rakkude vahel.

Üheiduleheliste taimede juurtes on muudatused eluea jooksul väga väikesed. Nad seisavad juurekarvade suremises, paljude juurerakkude paksenemises ja puitumises ning koore väliste kihtide korgistumises.

Juure ülalkirjeldatud primaarne ehitus elab kaheidulehelistel taimedel juba esimese eluaasta vältel üle sügavaid muutusi, järgnevate aastate kestel aga jämeneb juur tugevasti. Juure t e i s k a s v algab sellest, et sisesilindri parenhüümrakud floeemi ja ksüleemi vahel hakkavad jagunema ja muunduma (joonis 34, II). Ksüleemi ja floeemi vahele tekib tegevkihi — k a m b i u m i — riba, mis annab sissepoole teispuiduks muunduvaid rakke, väljapoole aga teisniineks muunduvaid rakke. Ksüleemi kiirte vastas asuvad peritsükli rakud hakkavad samuti jagunema, moodustades vastu puidukiiri parenhüümkoe, mis muundub säsikiireks. Kambiaalne kiht sulgub ümber sisesilindri ksüleemi ja tema edasisel toimel kasvab sissepoole puitosa, mis on ainult kohati läbistatud säsikiirtest; väljapoole aga moodustub niinosa, mis nihkub esipuidust järjest kaugemale. Algul on kambiaalsel kihil lainja joone kuju, pärast aga muutub ta rõngaks, mis tegutseb vegetatsiooniperioodi kestel. Sügisel kambiumi tegevus lakkab, kevadel aga ilmub ta uue hooga. Selle tulemusena moodustuvad mitmeaastastes juurtes puidu kihid ja juur muutub oma ehituselt varresarnaseks. Vanade juurte erinevaks tunnuseks, võrreldes vartega, on esipuit, mis jääb püsima juure tsentrisse radiaalsete kiirte näol. Mitmeaastastes juurtes toetuvad säsikiired esipuidule, varres aga toetuvad nad alati säsile. Juure teiskasvu puhul sureb sageli täielikult juure väline ja sisemine koor, sest peritsükli rakud hakkavad jagunema ja moodustavad korgikambiumi; see loob peridermi, mis eraldab koore ülejäänud juure osast.

Ksüleemi ja floeemi elemendid lähevad vahetult üle varresse, kus nad asetuvad mitte radiaalsete kiirtena, nagu see on juure esmasel ehitusel, vaid tavaliste kinniste (üheidulehelistel) või lahtiste (kaheidulehelistel) kiudsoonte kimpudena. Ksüleemi ja floeemi elementide ümberrühmitumine toimub hüpokotüülis ja juurekaelas.

Peedi, porgandi, naeri ja kaalika lihakate juurte ehitus erineb normaalsest juure ehitusest; see on tingitud toitainete varude talletamisest juuresse. Porgandi ja peterselli juurtel on tugevasti arenenud teisniin, millesse talletatakse toitainete varud. Söödanaeri, naeri, rõika ja kaalika juurtes täidab seda ülesannet teispuit, peedi juure sees aga on näha kontsentrilisi kihte, mis koosnevad juhtkimpe piiravast parenhüümist. Peedi juur pakseneb mitme üksteist järk-järgult asendava kambiumsilindri elutegevuse toimel. Seesmiste kihtide kiudsoonte kimbud suunduvad juurepea kaudu vani-

mate väliste lehtedeni, väliste kihtide kimbud suunduvad aga noortesse, uuesti tekkivaisse seesmistesse lehtedesse.

Põllumajandustaimede juurestikud ei arene ühesuguselt: kõrreliste juured arenevad peamiselt pinnalähedases kihis, kuigi üksikud juured tungivad ka sügavamaisse kihtidesse; kaun- ja juurviljadel arenevad juured sügavamal. See nähe on suure tähtsusega kultuuride järjestuse määramisel põllul ja köögiviljaaedades mullaviljakuse ühtlase ärakasutamise huvides. Sügav künd loob paremad tingimused kultuurtaimede juurestiku arenemiseks. Sügavat künnikihti vajavad eriti rühvelviljad (juur- ja mugulviljad).

Taimede, eriti kõrreliste juured läbistavad tiheda võrguna mulda igas suunas; nad on tihedas kokkupuutes mullasõmerakestaga, põimides neid ümber igalt küljelt. Akadeemik V. R. Viljams oma õpetuses mullast omistas väga suurt tähtsust mulla püsivale peenesõmeralisele struktuurile. Sellise struktuuri tekkimiseks on vajalik mitmeaastaste kõrreliste ja liblikõieliste heintaimede segu kasvatamine heinaväljakülvikordades, milliseid kasutatakse kamar-leetmuldade vööndis.

Käesoleval ajal teostatakse hulgalisi katseid uue mullaharimise viisi (T. S. Maltsevi viisi) uurimiseks. Selle kohaselt toimub kündmine hõlmata adraga 40—50 sm sügavuselt ilma künniviilu ümberpööramiseta üksainus kord nelja-viie aasta tagant. Vahepealsetel aastatel haritakse mulda pinnapealselt ketaskoorijatega. Omistades mulla struktuurile ja viljakusele suurt tähtsust, kinnitab T. S. Maltsev, et mulla struktuuri parandavad mitte ainult mitmeaastased hõredapuhmikulised kõrrelised ja liblikõielised, vaid ka üheaastased kõrrelised ja et üldse kõik põllumajanduslikud taimed omavad seda võimet. Mulla struktuuri ja viljakuse hävinemine toimub aga iga-aastase hõlmatradega künni tagajärjel. Taimede juured peavad bakterite toimel kõdunema ja muunduma huumuseks samades mullakihtides, kus nad arenesid, s. t. anaeroobsetes tingimustes. T. S. Maltsevi teooria tõestatakse «Zavetõ Iljitša» nimelise kolhoosi-katsejaama poolt, kus põua-aastate tingimustes on saadud kõrgeid ja püsivaid saake kõigilt põllumajanduskultuuridelt.

IV PEATÜKK

TAIMEDE VARRED JA VÕSUD

1. VARTE TÄHTSUS JA NENDE ARENEMINE

Varre tähtsus taimele on samuti mitmesugune kui juuregi tähtsus. Esmajoones toimub taime varres mahlade edasiliikumine: üks vedelikuvool (vesi ja soolad) suundub juurtest lehtedesse, teine aga (orgaanilised ained) — lehtedest kogu taime mööda laiali.

Peale selle toetab vars oksi, lehti, õisi ja vilju. Okste ja lehtede

kogumikku nimetatakse puudel võraks. Varre ja selle okste abil on saavutatud taime maapealsete osade liigendumine ning tohutu assimileeriva ja aurava pinna moodustumine, mis ületab paljukordselt taime poolt enda alla võetava pindala. Lehtede suur roheline pind püüab kinni valgust ja süsihappegaasi.

Rohttaimede rohelised varred sisaldavad oma rakkudes klorofülli ja etendavad osaliselt roheliste lehtede osa. Vahel on varred taimedel ka vegetatiivseks paljunemiseks. Näiteks võib olla teede ääres leviv ja veiste poolt meeleldi söödav taim hanijalg, mis omab juurduvaid võsundeid. Taimede vegetatiivse paljunemise võimet kasutatakse ka põllumajanduse praktikas: pistikute ja võrsikutega paljundatakse sõstart ja paju, sibulatega paljundatakse harilikku sibulat, võsunditega paljundatakse mets- ja aedmaasikat.

Troopikataimede (kaktuste) lihakad varred täituvad niiske ilma puhul veega, mida tarbitakse aeglaselt kuival ajal. Kaheja mitmeaastastel taimedel on varred veel toitainete varupaikadeks, näiteks kapsa lihakad varred, puude tüved, juurikad.

Vart ühes temal asetsevate lehtede ja pungadega nimetatakse võsuks.

Varres eristame sõlmi — lehtikandvaid varre osi ja varrelülisid — sõlmede vahel olevaid varre lõike. Sisenurka lehe ja varre vahel nimetatakse lehe kaenlaks. Lehtede kaenlais arenevad varrel pungad, mis on alguseks uutele võsudele (okstele). Mõnedel taimedel on sõlmed paksenenud (lemmaltsalised, tatralised, huulõielised), sagedamini aga ei erine sõlmed jämeduselt varrelülidest, kuid nende sisemine ehitus erineb tugevasti, sest osa kiudsoonte kimpe läheb üle sõlmedest lehtedesse. Pungades on varrelülid tugevasti lühenenud, kuna võsudes nad tavaliselt pikenevad.

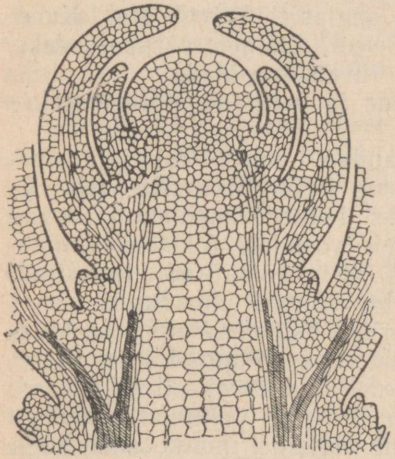
Varre latv lõpeb ladvapungaga, millesse on peitunud lehtedega kaetud kasvukuhik. Kasvukuhikus asub algkude, mis koosneb kogu aeg energiliselt jagunevaist rakkudest. Teataval kaugusel kasvupunktist tekivad kühmukesed — need on lehtede algmed (joonis 35). Hiljem need kühmukesed pikenevad veel enam, kujunevad lehtedeks, mis ümbritsevad kasvukuhiku. Nii on kasvupunkt kaitstud väliste ebasoodsate mõjude eest suure hulga lehtedega, millede vahel asub palju õhuga täidetud õõsi. Ladvapungale lähemad varrelülid on vähe arenenud, nende pikenemine toimub varre kasvamise protsessis.

Suuremal osal taimedel (kaheidulehelistel) toimub varre kasvamine tema tipus ja kasvupunktile lähimais varrelülides. Varre kasvuvööde on pikem juure kasvuvöötmest. Varre kasvamine koosneb kasvupunkti rakkude paljunemisest ja tipust veidi kaugemal olevate rakkude pikenemisest. Varre kiireima kasvu vööde asub teatavas kauguses kasvukuhikust.

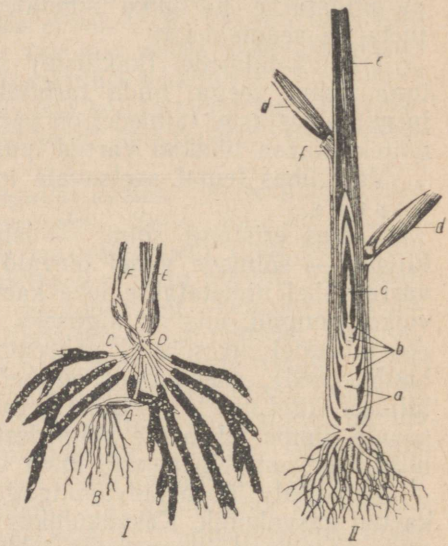
Teistel taimedel (üheidulehelistel, näiteks kõrrelistel, tarnadel, liilialistel) kasvavad varred peamiselt varrelülide alumiste osadega; siin asub neil algkude, mis on kaitstud lehetupega. Nii-

sugust varte kasvamise viisi nimetatakse vahe- ehk interkalaarseks kasvuks.

Vars on taime põhiorgan, mis kasvab ülespoole oma tipuga ja varrelülidega ja mis kannab endal lehti, pungi, õisi ning vilju. Kuna vars on telgorgan, siis tema sisemine kui ka väline ehitus on tavaliselt radiaalne ja ta kasv on piiramatu, välja arvatud tema mõningad erikujud (lühenenud varred, astlad, köitraod). Vars kui vee ja toitainete juhtimise organ on sidelüliks juurestiku ja lehtede vahel. Varte hargnemine soodustab lehtede pindala suurenemist. Sageli täidavad varred toitainete varude talletuskoha ja mõnikord ka vegetatiivse paljunemise ülesannet.



Joonis 35. Varre tipu pikilõike skeem.



Joonis 36.
I — noore odrataime alumine osa: A — terast järelejäänud kestad; B — esmased juured; C — maa-alune varrelüli; D — võrsumissõlm, millest väljuvad teised lisajuured ühes neile külgejäänud mullaosakestega; E — peavõsu; F — tupeleht. II — noore kõrrelise avatud võsu: *a* — varre sõlmed; *b* — varrelülid; *c* — pea; *d* — lehed (labad); *e* — lehe tupp; *f* — keeleke.

Kõrreliste taimede varte arenemisel etendab tähtsat osa võrsumissõlm, mis areneb mullapinna all varsti pärast tõusmete ilmumist. Võrsumissõlmest kasvab välja palju lisajuuri ja ka lisavõsusid. Võrsumissõlmest tehtud pikilõigetes võib näha varre alget, mis koosneb varrelülidest, sõlmedest ja sõlmedele kinnitatud lehtedest ning ladvaõisikust (joonis 36). Lisavõsude arenemine näitab, et kõrreliste võrsumine on varre maa-alune hargnemine.

Taime varre arenemine on väga mitmesugune: esineb niinimetatud varretuid taimi (võilill, teeleht jt.), millede vars on niivõrd lühenenud, et lehed näivad juurest väljuvatena. Tegelikult asuvad nendel taimedel kõik lehed lühenenud varrel, moodustades lehekodariku. Niisugused varretud taimed kasvavad tavaliselt lagedail kohtadel. Neil pikeneb ainult ülemine varrelüli õitsemise ajaks, muundudes õievarvaks.

Rohttaimede seas leidub taimi, millede varred on ainult mõne sentimeetri pikkused (varane kevadik jt.). Vastandina neile esineb taimede seas tõelisi hiiglasi, millede varred (tüved) on tohutu jämeduse ja kõrgusega. Kuuse, männi, tamme kõrgus on 40—50 m, ahvileivapuu jämedus 10—12 m, mammutipuu kõrgus — 120—140 m, eukalüpti kõrgus — 140—150 m. Paljude puude laiuva võra all leiavad endale palaval päeval varju terved karavanid. Liaanitaolistel palmidel (rotangidel) on kuni 300 m pikkused varred, kusjuures nende jämedus on kõigest kuni 4 sm.

Eluea kestuselt erinevad taimed samuti tublisti üksteisest. On palju üheaastasi taimi, mis jõuavad ühel kasvuperioodil lõpetada arenemise ja jätta endast järele järglasi. Kaugel põhjas on saartel palju taimi, mis $1^1/_2$—2 kuu jooksul jõuavad läbida oma arenemistsükli. Umbrohud varane kevadik *(Draba verna)* ja kilbirohi *(Alyssum)* annavad juba kevade lõpul seemet. Neid nimetatakse üheaastasteks efemeerideks[1]. Siia kuuluvad ka vesihein *(Stellaria media)*, murunurmikas *(Poa annua)* ja harilik ristirohi *(Senecio vulgaris)*. Need taimed arenevad kiiresti ja jõuavad anda suve jooksul mitu põlvkonda.

Üheaastaste taimede hulka kuulub ka suurem osa meie põldude kultuurtaimi (kaer, oder, vikk, tatar, mais, põlduba jt.). Kõigile neile taimedele on omane rohtne vars ja maa-aluste varte ning lihakate juurte puudumine.

Kaheaastaste taimede hulka kuuluvad need, mis oma elu esimesel aastal koguvad juurtesse, vartesse ja vahel ka lehtedesse toiduvarusid, kuna teisel aastal annavad nad õitsvaid võsusid, kannavad vilju ja seemneid ning surevad. Kultuurtaimedest kuuluvad siia peet, porgand, söödanaeris, kaalikas, kapsas jt.

Mitmeaastasteks taimedeks nimetatakse neid, millede eluea kestus on üle kahe aasta (maapirn, niiduheinad jt.). Näiteks kasvavad heinamaale külvatud niiduheinad kolm, neli, viis aastat (ja isegi üle kümne aasta), kusjuures pärast seda paljud neist kaovad heinkamarast täielikult.

Puud elavad sadasid ja tuhandeid aastaid: valgepöök kuni 150, õunapuu kuni 200, mänd kuni 500, pöökpuu kuni 600, siberi seedermänd, pärn ja kuusk kuni 1000, tamm kuni 1200, kastan kuni 2000, küpress ja jugapuu kuni 3000 aastat, mammutipuu kuni 5000 aastat.

[1] Kreekakeelsest sõnast «*efemeros*» — ühepäevane, lühiajaline.

Mitmeaastaste taimede iseloomustavaks omaduseks on puitunud varre (põõsal või puul) või risoomi, s. o. maa-aluse varre olemasolu. Puitunud vartesse talletatakse taimele järgnevaks aastaks vajalikud toitainete varud; neid võib leida säsis, koores ja osaliselt puidus. Maa-alustes vartes leidub samuti tärklist, suhkrut, valku ja rasvu. Mitmeaastased taimed, mis omavad maa-aluseid varsi, paljunevad ka nende kaudu.

Mitmeaastaste taimede hulka kuuluvad ka kiiresti äraõitsevad kevadised taimed (efemeroidid), nagu näiteks sibultaimed — siniliiliad *(Scilla)*, tulbid *(Tulipa)*, samuti ka mugulatega taimed — kanakoole *(Ficaria)*, lõokannus *(Corydalis)* ja maa-aluste vartega taimed — ülased *(Anemone)*.

Taimesüstemaatikas märgitakse taimede eluea kestust järgmiste tingmärkidega: puud ja põõsad — ♄, mitmeaastased taimed — ♃, kaheaastased — ☉, üheaastased — ☉. Käesoleval ajal on palju tõendeid selle kohta, et taimeriigi fülogeneesis on üheaastased taimed hilisema põlvnemisega kui mitmeaastased.

3. VARTE KUJUD

Varte väline kuju on väga mitmekesine. See sõltub ühelt poolt antud taimeliigi iseärasustest, teiselt poolt aga neist tingimustest, milledes areneb taim. Kui vaadelda avaral kohal ja soodsates valgustustingimustes arenenud puud ning sama liiki puud kehvades valgustusoludes, võime veenduda selle puutüve ja võra väliskuju suures muutuvuses.

Sedasama märkame ka rohttaimede vaatlemisel. Näitena võtame rohu sees ja lagedal kohal kasvava kassitapu: esimesel juhul põimub selle vars ümber teise taime, teisel juhul aga roomab vars mööda maad.

Suuna ja kasvamisviisi poolest on varred: püstised (ohakas, rõikhein), tõusvad (kukehirss, linnurohi), roomavad ehk lamavad (maajalg, roomav akakapsas, hanijalg), päripäikest (paremale) väänduvad (humal), vastupäikest (vasakule) väänduvad (kassitapp) ja ronivad (vikk, kõrvits) ja lühenenud varrega — (teeleht, võilill) (joonised 37, 38 ja 227).

Ristlõike järgi on varred: ümmargused (surmaputk), kolmekandilised (kartul, tarn), neljakandilised (karuputk, veiste-südamerohi), mitmekandilised (palderjan), tiivulised (karuohakas, mets-seahernes) ja lapikud (liaanid) (joonis 39).

Konsistentsi järgi on varred: rohtsed (rohud), puitunud (põõsad ja puud), säsikad (leedripuu), õõnsad (rukis) ja lihakad (nuikapsas).

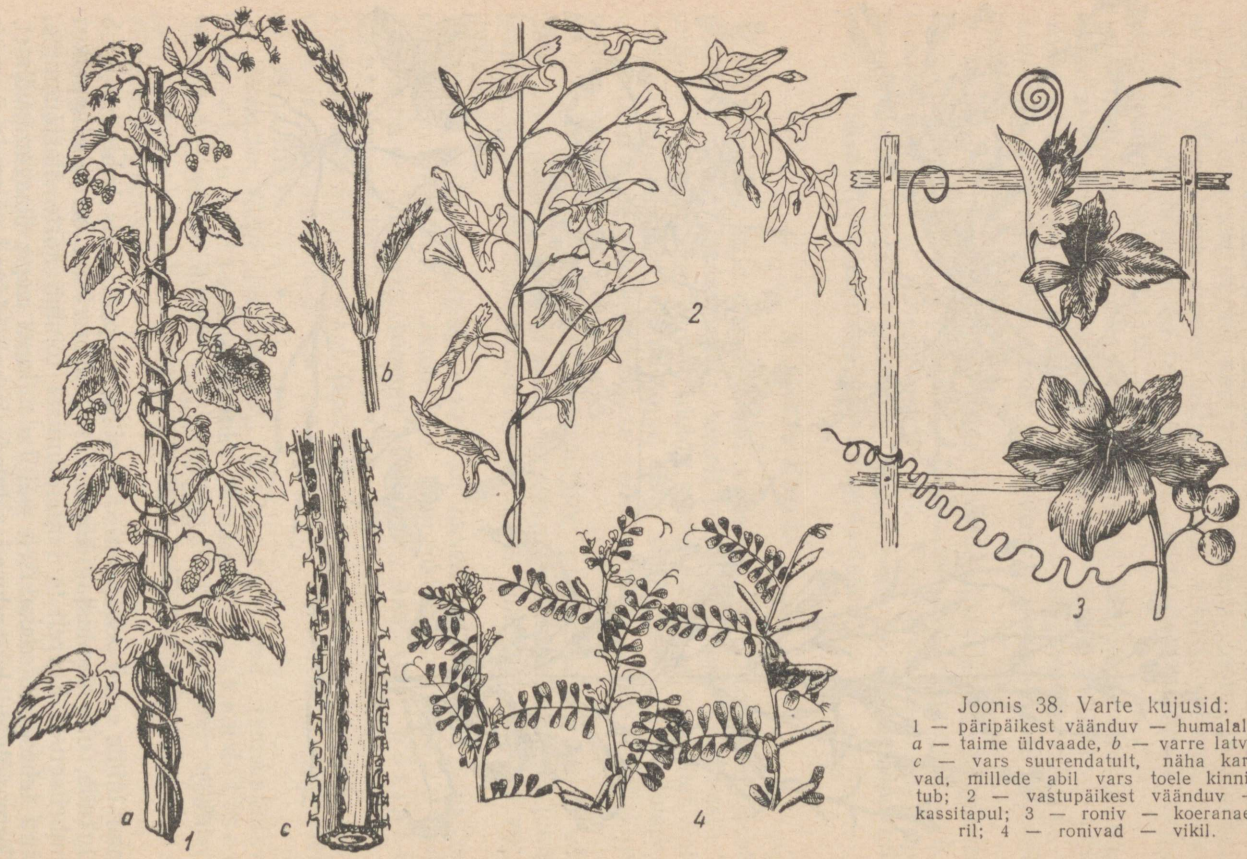
Välispinna järgi on varred: paljad (varsakabi), vahakirmega kattunud (õlikaalikas), karvastunud (vägiheinad) ja ogadega kattunud (kibuvits). Eriline ehitus on kõr-

r e l. Ta koosneb õõnsaist lülidest, mis on üksteisest eraldatud vaheseintega — kõrresõlmedega. Kõrresõlmele kinnitub lehe alus, mis moodustab kõrresõlme ümber paksendi — lehesõlme. Kõige õrne-

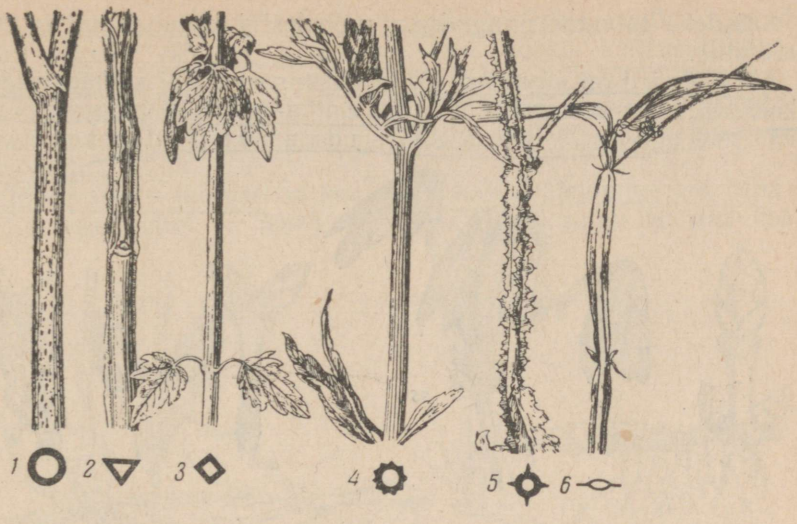


Joonis 37. Varte kujusid:
1 — püstine — ohakal; 2 — tõusvad — linnurohul; 3 — roomavad — hanijalal; 4 — roomav võsund — maasikal.

mad lülide osad asetsevad otse sõlmede peal; neis kohtades asub algkude, mis soodustab kõrre kasvu. Kõrrelülid on lehetuppedest ümbritsetud. Kõrreliste lamandumisel toimub kõrte ülestõusmine, tänu lehesõlme omadusele säilitada kaua aega kasvamisvõimet. Kõrre põlvjad kõverdused sõlmede kohal tekivad sõlmede ülemise ja alumise poole mitteühtlase kasvamise tagajärjel (joonis 40).



Joonis 38. Varte kujusid:
1 — päripäikest vänduv — humalal; *a* — taime üldvaade, *b* — varre latv; *c* — vars suurendatult, näha karvad, millede abil vars toele kinnitub; 2 — vastupäikest vänduv — kassitapul; 3 — roniv — koeranaeril; 4 — ronivad — vikil.



Joonis 39. Varte kujusid ristlõike järgi:
1 — ümmargune (surmaputk); 2 — kolmekandiline (kartul); 3 — neljakandiline (veiste-südamerohi); 4 — mitmekandiline (palderjan); 5 — tiivuline ümmargune (karuohakas); 6 — tiivuline lapik (seahernes).

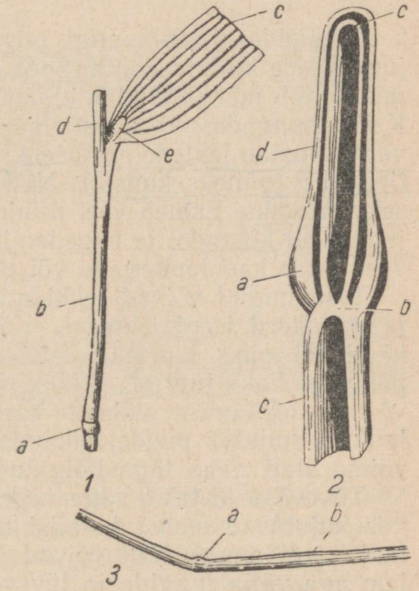
Mitmesuguste varre tüüpide kirjeldamisest näeme, et taime vars nagu juur ja lehedki, võib oma välist kuju tugevasti muuta. See-juures muundub sageli mitte ainult vars kui telgorgan, vaid ka kogu võsu, s. t. vars ühes temal asuvate lehtede ja pungadega.

4. VÕSUDE ERIKUJUD

Võsude väline kuju võib niivõrd muunduda, et mõnikord on neis raske ära tunda seda põhiorganit, millest nad põlvnevad.

Selleks, et kindlaks teha taime ühe või teise osa kuuluvust varre juurde, tuleb pöörata tähelepanu vähemärgatavaile tunnustele (lehesoomused, silmade asetus jne.) ja mõnikord ka ehituse mikroskoopilistele iseärasustele.

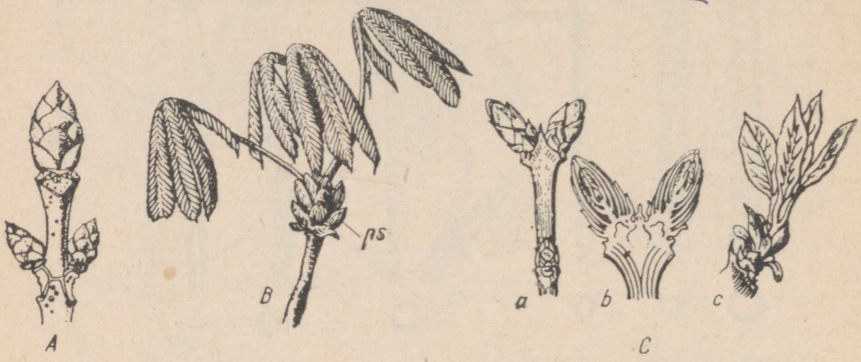
Võsu erikujudena võib nimetada pungi, maa-aluseid varsi ehk risoome, mugulaid, sibulaid, kladoode ja astlaid.



Joonis 40. Kõrre ehitus:
1 — lehest kaetud kõrrelüli: *a* — lehesõlm; *b* — lehetupp; *c* — lehelaba; *d* — kõrs; *e* — keeleke; 2 — sõlme pikilõige: *a* — lehesõlm; *b* — kõrresõlm; *c* — kõige õrnem (kasvav) lüli osa; *d* — lehetupp; 3 — kõrre geotroopiline kõverdus (sõlmes): *a* — sõlm; *b* — kõrrelüli.

Esiteks tutvume pungadega, milledest tekivad võsud ja nende erikujud.

P u n g a d on algelised võsud (joonis 41). Kui nad tekivad lehe kaenlas, siis nimetatakse neid k a e n l a- ehk küljepungadeks; tekivad nad aga varre ladvas, siis l a d v a p u n g a d e k s.



Joonis 41. Puude pungad:
A — hobukastani ladvapung ja kaks kaenlapunga. Armid pungade aluse juures on lehtede kinnituskohad. B — hobukastani lahtipuhkenud pung. Punga soomused *(ps)* pole veel maha langenud ja lehed pole veel jõudnud välja sirguda. C — sireli pungad: *a* — vaade väljastpoolt; *b* — pikilõige; *c* — punga soomused on ära pöördunud ja vars on hakanud pikenema.

Vaadeldes kaenlapungi talvel, näeme varrel iga punga aluse juures lehe kinnituskohta. Seda kohta nimetatakse l e h e a r m i k s, millel võib märgata punkte, mis on lehte läinud juhtkimpude jäljed. Kaenlapungadest moodustuvad uued võsud. Kaenlapungade asetus varrel vastab lehtede asetusele. Ladvapungad asuvad varre ja okste tippudes (näiteks kuusel). Nad on vajalikud varre ja okste edasiseks kasvuks. Esineb veel niinimetatud l i s a p u n g i, mis tekivad juhuslikel kohtadel ja sagedamini organi seest. Neist arenevad lisavõsud kas kaenlapungade või põhivõsude juhuslikul hävimisel.

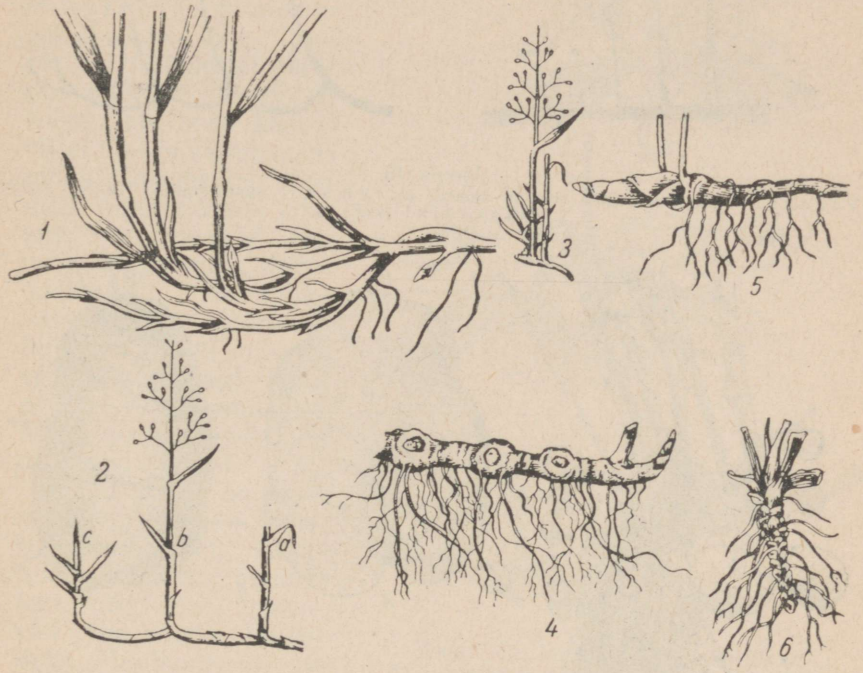
Lisapungad võivad tekkida mitte ainult vartel, vaid ka juurtel ja mõnikord isegi lehtedel. Kännu- ja juurevõsud paju ja haava kändudel ning juurtel, vesivõsud viljapuude pookealustel, võsud põldpiimohaka juurtel — kõik need arenevad lisapungadest. Noorte võsude tekitamise võimet vartel, õigemini tüvedel, kasutatakse laialt aianduses puude lõikamisel ja vormimisel. Võsude tekkimist võime alati näha tagasilõigatud paju tüvedel.

Tüvevõsusid tekib väga sageli k a u i n u v a i s t p u n g a d e s t, mis kujutavad endist tavalisi mittearenenud ja koorega ülekasvanud kaenlapungi. Nad võivad palju aastaid säilida koore all, hiljem aga välja tungida ja tüvevõsusid anda, näiteks tammel, pöökpuudel, pajul ja paljudel teistel puudel.

Eristatakse veel õ i e- ja l e h e p u n g i. Esimesed on suuremad; õunapuul näiteks asetsevad nad erilistel lühenenud võsudel (viljaoksad); teine liik pungi on peenemad ja nad asetsevad pikenenud võsudel.

Iga pung koosneb lühenenud teljest (varrest), millel asuvad lehtede algmed. Punga lühenenud vars lõpeb kasvukuhikuga. Punga sisemised lehed on kollakad ja rohekad, välised aga soomusjad, pruunid ja korgistunud ning eritavad sageli vaikaineid. Pungasoomused on seesmistele osadele kaitseks kuivamise ja külma vastu.

Lehtede asetus pungas on kas sirge, kokkukäändunud või rullunud. Esimesel juhul on lehed rullumata, teisel juhul on nad kas

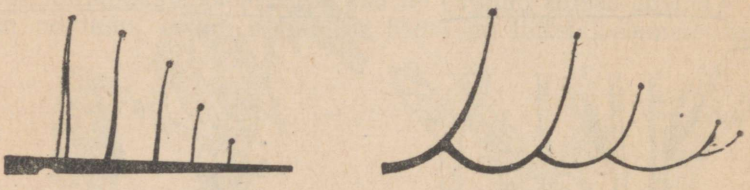


Joonis 42. Mitmesuguseid risoome:
1 — orasheina roomav risoom; 2 — tarna risoom; a — vana surnud vars; b — käesoleva aasta õitsev võsu; *c* — lehevõsu, mille aluselt risoom jätkab pikenemist; 3 — mitmeaastase puhmikkõrrelise lühenenud risoom; 4 — kuutõverohu *(Polygonatum multiflorum)* lihakas risoom. Igal aastal kasvab juurde lüli, millel areneb võsu. Võsust järelejäänud «märkide» arvu järgi võib otsustada taime vanuse üle; 5 — ülase *(Anemone)* risoom; 6 — nurmenuku vertikaalne lühenenud risoom.

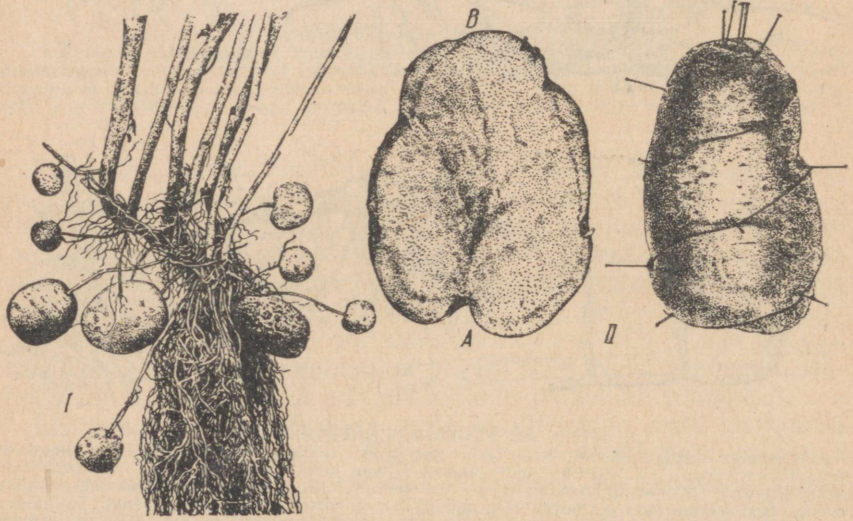
kesk- või külgroodusid pidi kokku käändunud, kolmandal juhul aga on lehed rullunud toruna. Kaenlapungade arenemine võsuks võib toimuda kas pungade tekkimise aastal (rohttaimedel) või pärast talvitumist (puudel).

Maa-alused varred ehk risoomid esinevad mitmeaastastel taimedel ja on neile vegetatiivseks paljunemiseks ning talvitumiseks. Risoomidega taimed on väga levinud (orashein ja niidukõrrelised, tarnad, piibeleht, kuutõverohi, ülane, aspar, nurmenukk, sõnajalg jt.) (joonis 42).

Risoomid on maa-alused, harva mööda maad roomavad (võhumõõgal) võsud või varred. Risoomid erinevad maapealseist võsudest oma pruunika või tumeda värvuse, roheliste lehtede puudumise ja peamiselt maa-aluse paiknemisega; risoomi juurest eraldavaiks tunnusteks on kuivanud lehtede jäänused kas pruunide soomuste, kõdunenud leherootsude või armide näol. Risoomil pole



Joonis 43.
Vasakul — monopodiaalse risoomi skeem; paremal — sümpodiaalse risoomi skeem (Borodini järgi).



Joonis 44.
I — kartuli mugulate moodustumine maa-alustel vartel (stoloonidel). (Keskmine, tumedam mugul on emamugul, millest arenes taim.) II — kartuli mugulad kui muundunud võsud. Kui igasse mugula silma torgata nööpnõel ja ühendada nööpnõelad niidiga, siis moodustab viimane küllalt korrapärase spiraali, mis näitabki, et silmad on asetatud «spiraalselt», niisama nagu lehedki kartuli varrel. Pikilõikes on näha, et mugulal on alus A ja tipp B; viimasel on rohkem silmi.

juurekübarat ega juurekarvu. Risoomil arenevad lisajuured, samuti areneb ka ladvapung ja kaenlapungad. Risoom areneb varrest. Seemnest arenev taim talvitub, kusjuures varre maapealne osa sureb, maa-alune aga jääb juure ja varre osa näol ellu ning keva-

del arenevad varre maa-alustest pungadest rohelised võsud. Samuti jätkub arenemine ka järgmisel aastal. Peajuur sureb aegamööda välja, maa-alune vars aga muutub lisajuurte ja pungadega varustatud risoomiks. Risoomi asend võib olla *vertikaalne*, *kallak* või *horisontaalne* — roomav. Ühest otsast risoom kasvab, teisest aga sureb välja. Roomavad risoomid on omased näiteks orasheinale *(Agropyrum repens)* ja tarnadele *(Carex)*.

Roomavad risoomid jaotatakse veel *sümpodiaalseiks* ja *monopodiaalseiks* (joonis 43). Esimestel paindub pungast arenev risoomi latv oma kasvamisel üles ja väljub maapinnale maapealse võsu näol, kuna risoomi edasine kasv maa all toimub külgpungast. Monopodiaalseil risoomidel kasvab latv määramatult pikka aega maa all ega välju kunagi. Sümpodiaalsed risoomid esinevad palju sagedamini monopodiaalseist.

Risoomidele on omane suur elujõud; orasheina risoomid, lõigatuna 5—10 sm pikkusteks tükkideks, kasvavad jälle uuteks taimedeks. Mõnikord on risoomid lihakad ja muguljate jämenditega.



Joonis 45. Maapirn ehk topinambur: A — pesakond maa-aluste vartega (stoloonidega), millede otstel on tekkinud mugulad; B — varre latv ühes lehtedega; C — üksik mugul kumerate silmadega.

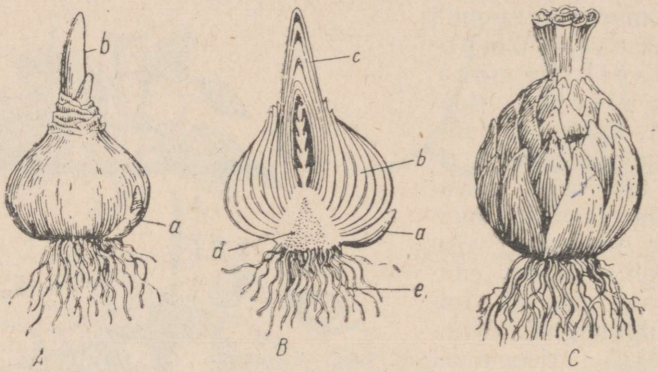
Üldse koguneb risoomidesse suurel hulgal toitainete varusid (hapuoblikas, mürkputk, ussitatar).

Ka *kartuli mugulad* on muundunud maa-alused võsud. Mugulad arenevad maa-alustel vartel (stoloonidel) nende otste jämenemisel ja neisse toitainete varude talletamisel (joonis 44, I). Mugula pinnal asuvad *silmad*, s. o. põiki mugulat piklikud süvendid, milledes asetsevad pungad. Silmi on rohkem mugula tipul ja vähem aluse poolel. Silmade asetus mugulal on spiraalne, samuti nagu pungade asetus varrelgi. Kartuli mugula pungadest arenevad võsud (joonis 44, II). Maapirni mugulail on sama päritolu mis kartuli mugulailgi (joonis 45).

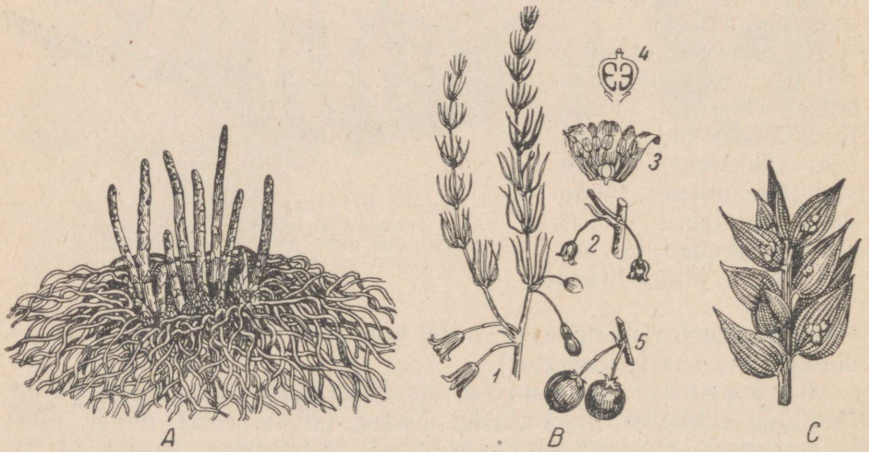
Maapealsete varremugulate näitena võib tuua *nuikapsa*

paisunud varre (joonis 184) ja mõnede troopiliste orhideede — epifüütide (puude okstel kasvavate taimede) varsi.

S i b u l koosneb lühenenud ja jämenenud varrest, mida nimetatakse s i b u l a k a n n a k s. Viimasel asuvad valged lihakad l e h e d — s o o m u s e d, mis sisaldavad endas toitainete varu peamiselt suhkrutena. Sibulad (joonis 46) on väljastpoolt kaetud kui-



Joonis 46. Sibulad:
A — hüatsindi kestsibul; B — sama pikilõikes: *a* — tütarsibul; *b* — lihakad soomused; *c* — rohelised lehed; *d* — kand; *e* — lisajuured; C — liilia soomussibul.



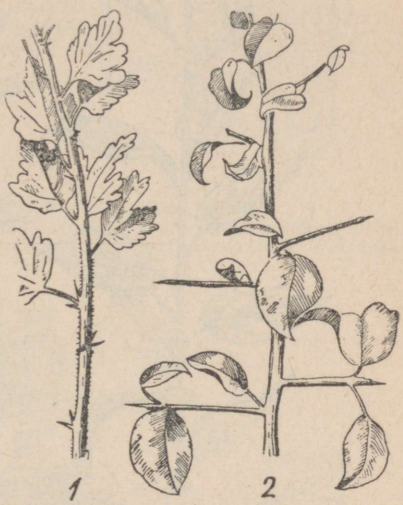
Joonis 47. Muundunud võsud:
A — aspari *(Asparagus officinalis)* risoom; B — 1 — nõeljate kladoodidega kaetud õitsev oks; 2 — aspari õied ühes abilehtedega; 3 — pikuti läbilõigatud õis; 4 — sigimik; 5 — vili; C — ruskuse kladoodid.

vade soomusjate lehtedega, mis kaitsevad seesmisi mahlakaid osi kuivamise ja kõdunemise eest. Sibula toitainete varud lähevad õitsvate võsude moodustamiseks. Tütarsibulad tekivad lehtede kaenlas

ja nad on vegetatiivseks paljunemiseks. Sibula kanna tipus asub ladvapung, millest areneb uus võsu. Sibultaimed on omased palavatele ja kuivadele maakohtadele, sest sibulad taluvad hästi põuda.

Kladoodid on muundunud võsud ja etendavad lehtede osa. Nad arenevad niiskuse puuduses kasvavail ja oma tõelised rohelised lehed kaotanud taimedel. Kladoodid esinevad kas roheliste plaatjate moodustiste (ruskus) või roheliste nõeljate oksakeste (aspar) näol (joonis 47). Kui kladoodidel on lehe kuju, siis nimetatakse neid fülloklaadideks (kreeka k. *fyllos* — leht, *klados* — oks).

Astlad on samuti muundunud oksad. Nad on kaitseelundeiks loomade vastu (viirpuu, pirnipuu). Astel eemaldub oksalt ühes puidutükiga. Oga on hulkrakne muundunud karv; ta tuleb ära ühes koore pindmise osaga (joonis 48).

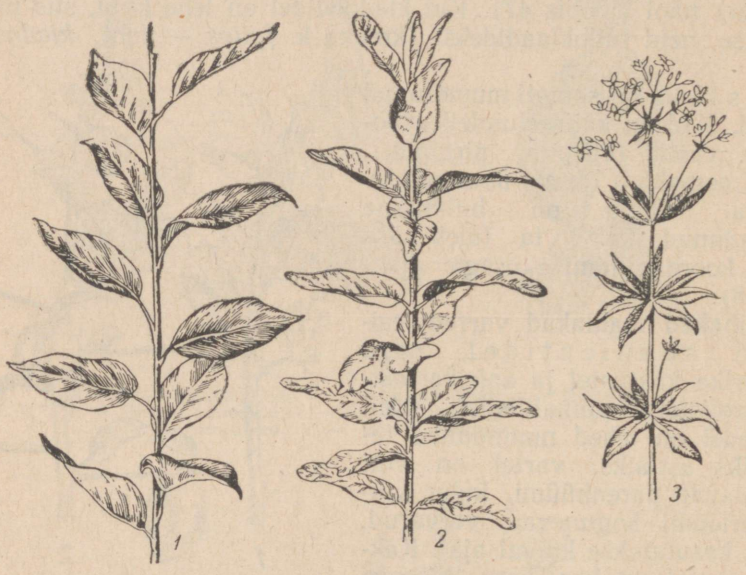


Joonis 48. Ogad karusmarja varrel (1) ja astlad metsiku pirnipuu varrel (2). Oga on hulkrakne muundunud karv; astel on muundunud oks.

Lihakad mahlakad varred esinevad sukulentidel, nagu ameerika kaktustel ja aafrika kaktusetaolistel piimalilledel. Neil taimedel on lehed muundunud teravaiks astlaiks, vartel on vett sisaldavat parenhüümi, kuhu vihmaperioodil kogunevad veevarud, mida kasutatakse kuival ajal. Kaktuse vartel on kas kera, silindri või plaadi kuju *(Opuntia)*. Teadlasel Burbank'il läks korda selektsiooni teel saada selle taime mitmesuguseid sorte, milledel puuduvad astlad, ja seda taime võidi hakata kasvatama kultuurtaimena. Kloroplastide külluse tõttu etendavad kaktuse varred roheliste lehtede osa. Meie taimedest kuuluvad sukulentide hulka kukeharjad *(Sedum)*, mägisibulad *(Sempervivum)* (joonis 62) ja teised.

Meie poolt tundmaõpitud võsude kui ka teiste organite muundumised kõnelevad sellest, et taimeriik on mitmekesine ja pidevalt arenev. Taime üks ja sama organ, üks ja sama ka põlvnemiselt, allub sügavatele kvalitatiivsetele muutustele ja võtab endale teiste organite funktsioone. *Me näeme, et vars esineb vahel ainete juhtijana, vahel orgaanilisi varusid endasse koguva maa-aluse või maapealse organina, vahel kaitsva organina või talvituva pungana, vahel aga rohelise lehena.*

Lehed ja pungad asetsevad varrel mitmesuguselt (joonis 49). Juhul kui üks leht asub teise vastas, nimetatakse lehtede asetust v a s t a k u k s (huulõielised). Niisuguse lehtede asetuse puhul asetsevad lehtede paarid tavaliselt ristamisi, s. o. nii, et ülemine lehtede paar ei varja alumist. Kui ühele sõlmele kinnitub kolm või enam lehte, siis on asetus m ä n n a s e l i n e (osjad, madarad, ka-



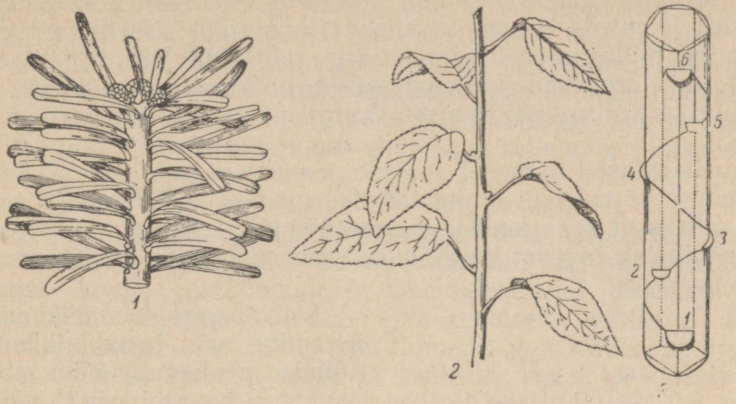
Joonis 49. Lehtede asetus:
1 — spiraalne — pirnipuu; 2 — vastak — askleepias *(Asclepias)*; 3 — männaseline — varjulill *(Asperula)*.

dakas, oleander, ussilakk). Lehtede männaselise asetuse puhul on alumise männase lehed paigutatud ülemise männase lehtede vahekohtadesse ja nad kasutavad järelikult parimaid valgustustingimusi. Asetsevad lehed üksikult, siis nimetatakse nende asetust s p i r a a l s e k s ehk vahelduvaks (pirnipuu, toomingas jt.). Tõmmates lehtede spiraalse seisu puhul alumise lehe juurest ülemiste juurde niidi, võib märgata, et see moodustab ühe või mitu spiraali, enne kui jõuab samal vertikaaljoonel (ortostihhil) asuva leheni.

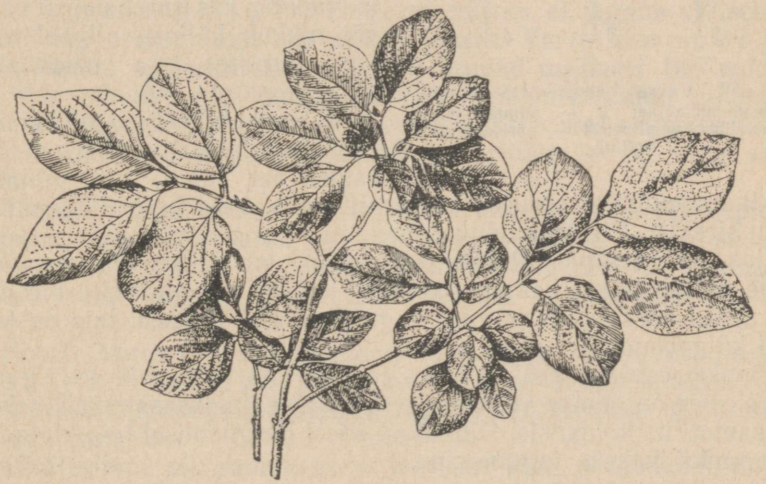
Kitsad lehed asetsevad tavaliselt suuremas hulgas vertikaalridades kui laiad lehed (joonis 50).

Lehtede asetust väljendatakse murruna, mille lugeja näitab spiraali keerdude arvu kahe ühel ja samal vertikaaljoonel (ortostihhil) asuva lehe vahel, nimetaja aga näitab antud tsüklis asuvate lehtede arvu: $^1/_2$, $^1/_3$, $^2/_5$, $^3/_8$, $^5/_{13}$ jne. Igal taime liigil ja mõnikord ka tervetel sugukondadel on oma lehtede asetus, näiteks kõrrelistel — $^1/_2$, tarnadel — $^1/_3$, ristõielistel — $^3/_8$, jasmiinil — $^5/_{13}$ jne.

Spiraalse asetuse puhul tekib lühenenud varrel lehekodarik (võilill, teeleht, üheksavägine).



Joonis 50. Spiraalne lehtede asetus:
1 — siberi nulu võsu; tal on kitsad lehed, mis asetsevad suure hulga vertikaalridadena; 2 — toominga võsu; tal on laiad lehed, mis asetsevad viies vertikaalses reas; 3 — lehtede asetus $^2/_5$.



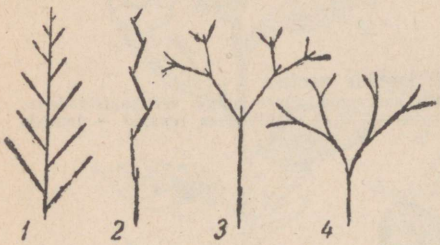
Joonis 51. Hariliku kuslapuu *(Lonicera xylosteum)* oks. Oks on võetud metsatihnikust. On nähtav lehtede mosaiikne asetus

Lehtede korrapärane asetus varrel soodustab valguse täielikumat kasutamist, ühtlast raskuse jaotust varrel ja ühtlast toitainete juurde- ning äravoolu. Valguse ühekülgne suund tingib ka lehelabade asetuse vastavat muutumist. Metsas, põllumajanduslike kultuurtaimede tihedate külvide korral jne. võime alati näha väga huvitavat lehelabade mosaiikset asetust, kusjuures leherootsud teevad vastavaid kõverdusi, millega lehelabad asetuvad üksteise vahekohtadesse (joonis 51).

6. HARGNEMINE

Varte hargnemine on samuti mitmesugune. See sõltub pungade asetusest ja nende arenemise viisist (joonis 52). Kui varre ladval asub pung, millest areneb vars (0-järgu telg), külgharud (1-se järgu teljed), mis arenevad küljepungadest, ei kasva varrest ette, siis nimetatakse niisugust varre hargnemist *monopodiaalseks*.

Mitmeaastastel taimedel (näiteks kuusel) ei sure monopodiaalse hargnemise korral ladvapung talveks, vaid katkestab ainult arenemise, selleks et seda kevadel uuesti jätkata. Ladvapunga vigastamine põhjustab tugevat külgvõsude arenemist, milledest üks muundub peavarreks.



Joonis 52. Varre hargnemise skeem: 1 — monopodiaalne; 2 — sümpodiaalne; 3 — ebadihhotoomiline; 4 — pärisdihhotoomiline.

Ladvapunga loomulik väljasuremine või tema nihkumine küljele põhjustab *sümpodiaalset hargnemist* (pärn, paju, õunapuu). Siin areneb ladvapunga naabruses asuv pung haruks, mis muundub peavart pikendavaks võsuks. Selle võsu ladvapung kas sureb uuesti välja või nihkub küljele, allpool asuvast pungast aga moodustub uus «peavõsu» jne.

Ebadihhotoomiline (ehk harkjas) *hargnemine* esineb sel juhul, kui väljasureva ladvapunga naabruses asub mitte üks, vaid kaks küljepunga (nagu sirelil). Siis muunduvad mõlemad pungad võsudeks ja tekib harkjas hargnemine. Rohttaimede seas on selline hargnemine omane nelgilistele. Ebadihhotoomilise kui ka sümpodiaalse hargnemise puhul koosneb kogu vars nagu üksikuist lülidest, mis on tekkinud külgvõsudest.

Lõpuks esineb veel *pärisdihhotoomiline hargnemine*. See on omane vetikate ja sammalde (maksasammal) rakistele, samuti ka koldadele. Dihhotoomilisel hargnemisel toimub ladva kasvupunkti kaheks jagunemine.

7. VARRE MIKROSKOOPILINE EHITUS

Varre ehitus on mitmesugustel taimedel väga mitmekesine ja keerukas. Taimede vartes esinevad kõik juba ülalpool loetletud kudede liigid, kuid eriti suure tähtsusega on juhtkoed. Juurte abil imetud mullalahus toimetatakse lõpuks lehtedesse; järelikult esineb taimes *vedeliku tõusev vool*. Teisest küljest aga töötatatakse lehtedes välja orgaanilised (plastilised) ained, milledeta on elu mõeldamatu. Need ained liiguvad edasi kõigi ülejäänud orga-

nite juurde, s. t. taimes esineb ka vedeliku laskuv vool — lehtedest mööda vart juurtesse. Need kaks vedeliku voolu kulgevad juhtkoe eri teid mööda: juhtkoe puitosa (ksüleem) on tõusva voolu juhtimiseks, juhtkoe niinosa (floeem) aga laskuva voolu suunamiseks. Tuleb siiski meeles pidada, et niinimetatud «plastiliste ainete laskuv vool» liigub taimedes igas suunas, näiteks vart mööda üles kasvupunktidesse, valmivate seemnete juurde jne.

Juhtkudede tundmaõppimisel osutasime sellele, et juhtkoed tekivad prokambiumist, s. o. esimeristeemi õrnadest rakkudest, millede hoogsal jagunemisel moodustubki floeem ja ksüleem. Termin kiudsoonte kimbud näitab, et juhtkudedega neis kaasnevad tugikoe kiud. Puuduvad aga kimbus sklerenhüümkiud, siis nimetatakse niisuguseid kimpe juhtkimpudeks. Üheidulehelistel taimedel lõpeb prokambiumi tegevus suletud (jämenemiseks võimetu) kimbu moodustumisega, kaheidulehelistel taimedel aga säilib osa prokambiumist õhukese kihina floeemi ja ksüleemi vahel — kambiumina, mis püsib alal taime kogu eluea jooksul. Kaheidulehelised taimed on kas lahtiste (s. o. jämenemisvõimeliste) kiudsoonte kimpudega või nad on kimpudeta, omades väljaspool pideva rõngana floeemi, seespool aga ksüleemi, nende vahel asub kambiumi vahekiht.

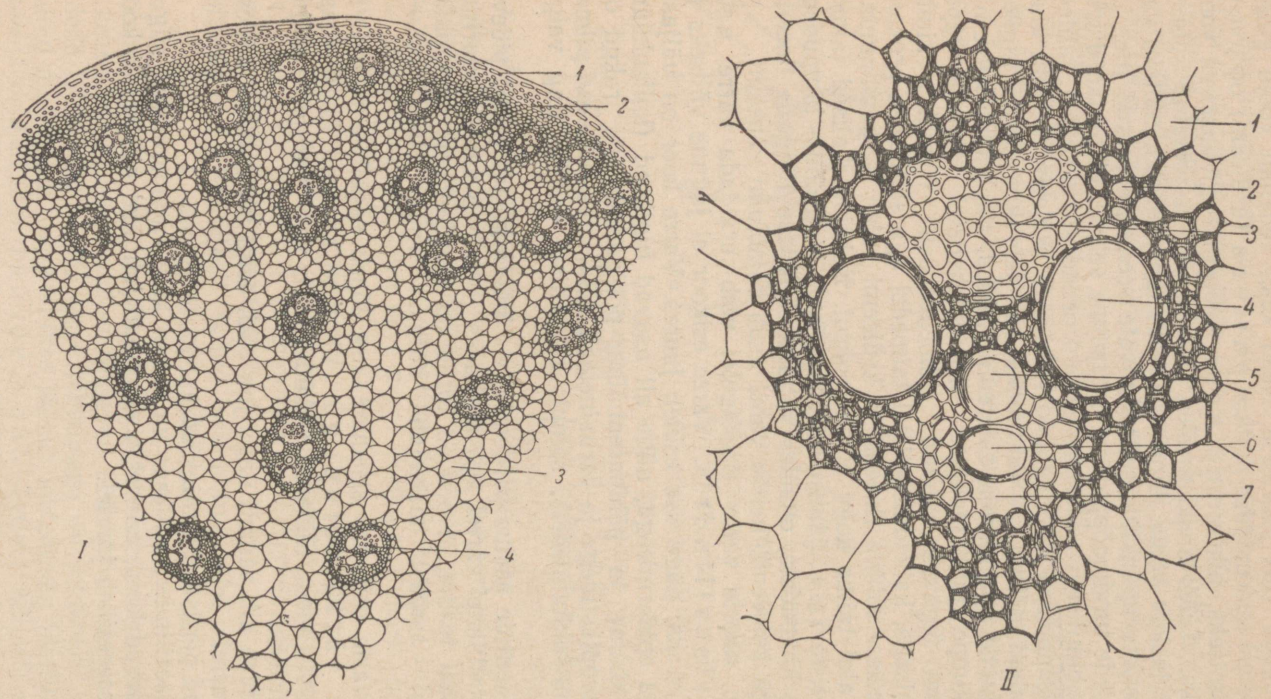
Taimede noorte varte ristlõigetel võib eraldada varre esikoort ja sisesilindrit. Varre esikoor ei jagune väliseks ja sisemiseks osaks, nagu see esineb juures. Varre koor on väljastpoolt kaetud epidermisega, mille all asuvad tugikoed (kollenhüüm või sklerenhüüm) ja põhiparenhüüm; põhiparenhüümi rakud on täidetud kloroplastidega ja varuainetega. Esikoores esinevad piimasooned (kautšukitaimedel), samuti ka eritiste — õli ning vaigu mahutid.

Tugielementide asetus perifeerial — ümmargustel vartel pideva rõngana, kandilistel vartel aga nurkades — annab vartele suurima tugevuse, sest teame, et õõnsad torud on murdumisele vastupidavamad kui samast materjali hulgast valmistatud umbsed kangid.

Noorte varte esikoore sisemine osa lõpeb sageli endodermise ehk tärklisetupega. Viimane koosneb ühest reast suurte tärklisteradega täidetud rakkudest, mis värvuvad joodi mõjul teravalt siniseks.

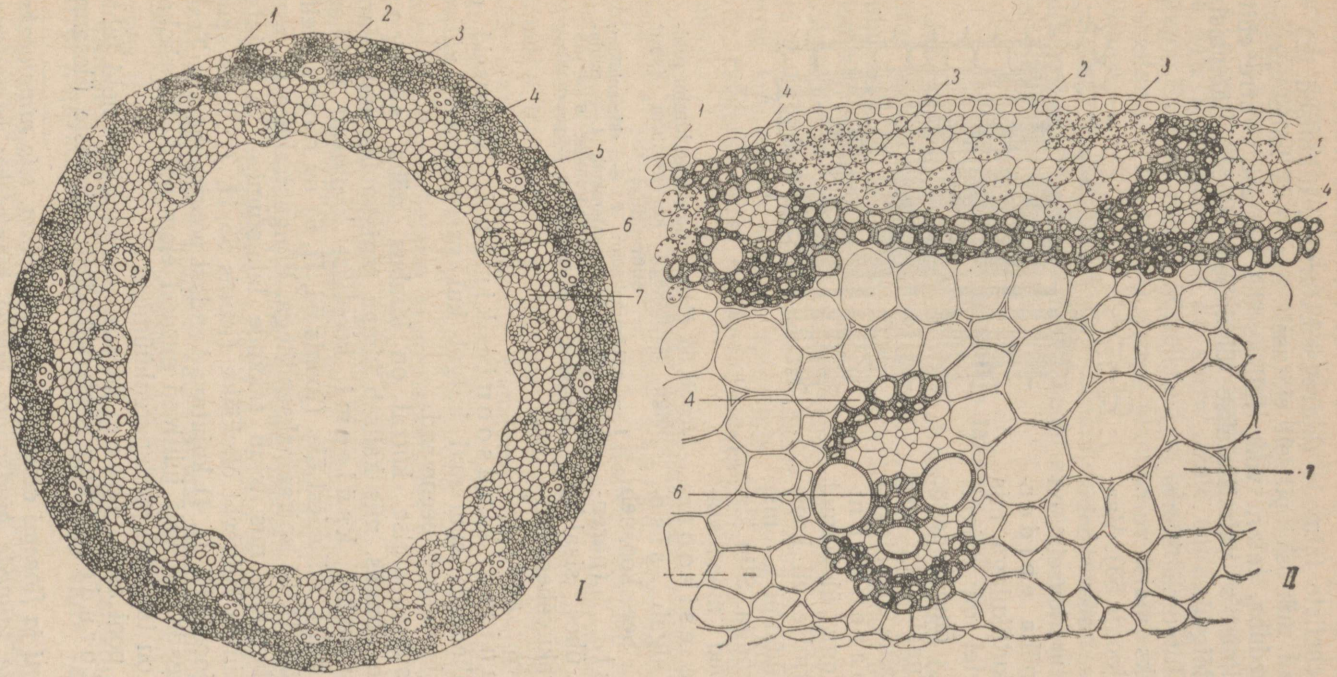
Tärklisetupe all, samuti nagu juureski, asub peritsükkel, millest arenevad varrele selle muldamise puhul lisajuured. Kiutaimedel moodustuvad peritsüklist niinkiud.

Varre sisesilinder, millesse kuuluvad kõik endodermisest sügavamal asetsevad koed, ei eraldu enamikul juhtudel nii järsult koorest, nagu see esineb juurtel.



Joonis 53. Maisi varre ehitus ristlõikes:

I — osa maisi varrest väikesel suurendusel: 1 — epidermis; 2 — tugikude (sklerenhüüm); 3 — põhiparenhüüm; 4 — kiudsoonte kimbud, milledes floeem on suunatud väljapoole, ksüleem aga sissepoole. II — kinnine kiudsoonte kimp tugeval suurendusel: 1 — põhikude; 2 — tugikude (sklerenhüüm); 3 — floeemi sõeltorud (suuremad) ja saaterakud (väiksemad); 4 — suure poortrahhee ööös, mis on ümbritsetud parenhüümrakkude kihiga; 5 — spiraaltrahhee; 6 — rõngastrahhee; 7 — õhuruum.



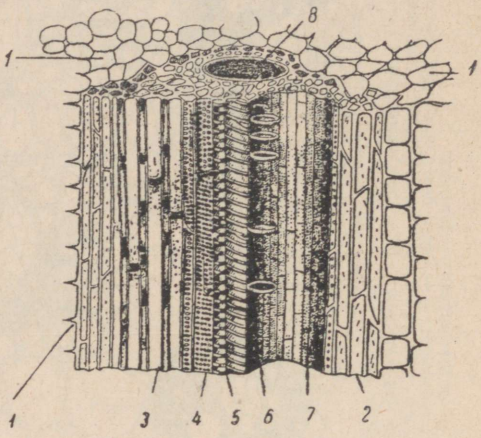
Joonis 54. Rukki kõrre ristlõige:

I — väikesel suurendusel: 1 — epidermis; 2 — õhulõhe; 3 — klorofülli sisaldava parenhüümi alad, millede vastu asuvad epidermise õhulõhed; 4 — tugikude (sklerenhüüm); 5 — peenemad kiudsoonte kimbud, asetsevad perifeeriale lähemal; 6 — suuremad kiudsoonte kimbud; 7 — põhiparenhüüm; II — osa varrest tugeval suurendusel (tähistused samad).

Üheiduleheliste taimede varred

Üheiduleheliste taimede (kõrrelised, tarnad, liilialised jt.) varred erinevad mikroskoopiliselt ehituselt tugevasti kaheiduleheliste taimede (aeduba, tatar, vikk, tulikas jt.) vartest. Varre ehituse tundmaõppimiseks valmistatakse õhukesed, täiesti läbipaistvad rist- ja pikilõigud.

Esiteks tutvume kõrreliste, näiteks maisi varre ehitusega (joonis 53). Vaadeldes seda mikroskoobis väikesel suurendusel, on väljaspool näha epidermis ühes kutiikulaga, mis noortel vartel on paiguti varustatud õhulõhedega. Õhulõhede naabruses asuvad kloroplaste sisaldavad varre parenhüümrakud. Kogu ülejäänud ruum epidermise all koosneb sklerenhüümist, mis moodustab rõnga. Siin kirjeldatud koed moodustavad varre esikoore, mille alt algab sisesilinder. See koosneb põhikoest (parenhüümrakud ühes sisaldisega ja rakuvaheruumidega), milles asetsevad hajuvil kinnised kiudsoonte kimbud. Viimaseid on perifeeria läheduses suuremal hulgal kui varre keskel; välised kimbud on sisemistest peenemad.



Joonis 55. Maisi kiudsoonte kimbu pikilõige ristlõikega kõrvutatuna (suur suurendus):
1 — põhiparenhüüm; 2 — sklerenhüüm; 3 — sõeltorud ja saaterakud; 4 — puiduparenhüüm; 5 — spiraaltrahhee; 6 — rõngastrahhee; 7 — õhukäik; 8 — poortrahhee.

Tugeva suurendamise korral on kimbus näha sklerenhüümtupe rõngas, mis kaitseb kimpu pigistamise eest. Varre sissepoole suunatud ksüleemi koostisse kuuluvad trahheed (sagedamini neli), milledest üks (joonis 53, II, 6) on rõngas-, teine aga (joonis 53, II, 5) spiraalpaksenditega. Rõngastrahhee all asub suur rakuvaheruum, mis tekib rakkude lahustumisel ja kujutab endast piki kimpu kulgevat õhukäiku (joonis 53, II, 7); kaks suurt valendikku (joonis 53, II, 4) kujutavad endast poortrahheesid. Trahheed, nagu teada, on vett juhtivad surnud elemendid. Vahekohad soonte vahel on täidetud puiduparenhüümiga.

Perifeeria pool asuv floeem koosneb orgaanilisi aineid juhtivaist sõeltorudest ning saaterakkudest; viimaste ülesanne pole teada.

Et ksüleemi ja floeemi vahel puudub kambium, siis nimetatakse üheiduleheliste taimede kiudsoonte kimpe kinnisteks; saavutanud

jämeduse piiri, lakkavad nad jämenemast. Üheiduleheliste taimede varred enamikel juhtudel pole jämedad[1].

Maisiga sarnase ehitusega on teise rühma kõrreliste — hirsi, sorgo ja suhkruroo varred. Esimese rühma kõrreliste — rukki, nisu, kaera ja odra varred on õõnsad kõrred (joonis 54). Kuid põhiliselt on kõrre seinte ehitus taoline ülalkirjeldatuga. Esimese rühma kõrrelistest on kõva nisu *(Triticum durum)* ja speltanisu *(Tr. spelta)* varred ülemises osas täidetud põhiparenhüümiga.

Selleks et saada selget pilti üheiduleheliste taimede varre kudede ehitusest, tuleb vaadelda mikroskoobi all maisi või rukki kõrre õhukesi pikilõikeid (joonis 55).

Kaheiduleheliste taimede varred

Juba oma arenemise algul erineb kaheiduleheliste taimede varre ehitus pisut üheiduleheliste taimede varte omast, kasvamisel aga toimuvad neis uued muutused, mis teevad nende ehituse hoopis erinevaks esialgsest ehitusest.

Analüüsime esiteks kaheidulehelise rohttaime varre esmast ehitust (joonis 56). Noore varre ristlõikel võib näha, et väljaspool on varrel kutiikulaga kaetud epidermis; selle järel tuleb põhikude, mille rakkude vahel asetsevad korrapärase rõngana kiudsoonte kimbud.

Seda osa põhikoest, mis asetseb kiudsoonte kimpude poolt moodustatud rõnga sees, nimetatakse säsiks, kimpude vahel asetsevaid osi aga esisäsikiirteks. Kaheiduleheliste taimede kiudsoonte kimbud koosnevad samuti ksüleemist (sisemisest osast) ja floeemist (välisest osast). Kumbki neist osadest koosneb umbes samadest trahheedest ja torudest, mis esinevad üheiduleheliste taimede varteski. Ka nende elementide funktsioonid on samad: trahheed juhivad vedeliku tõusvat, sõeltorud aga laskuvat voolu. Ksüleemi ja floeemi vahel leiduvad õrnad elavad piklikud rakud, mis asetsevad korrapärastes tangentsiaalsetes ridades; see on kambium, mis põhjustab kimbu jämenemist. Ksüleemi poole tekitab kambium rakke, milledest arenevad ksüleemi elemendid, väljapoole aga rakke, milledest moodustuvad floeemi elemendid.

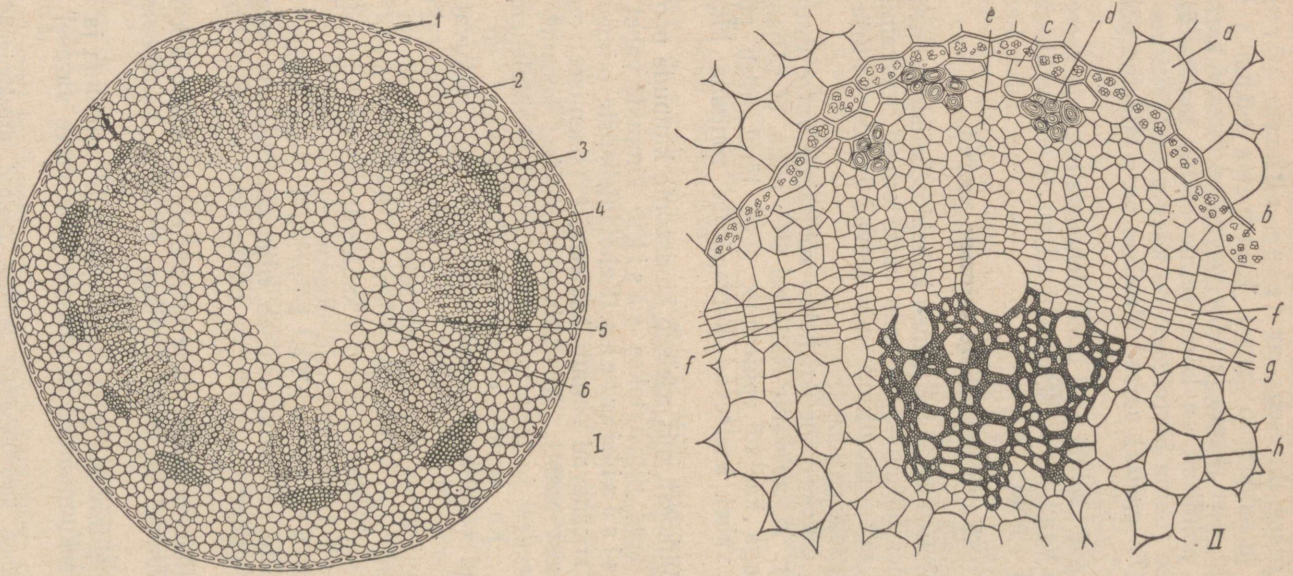
Lahtised kiudsoonte kimbud pole igast küljest tugikoega piiratud; viimane asetseb niinosas üksikute lappidena, niinkiudude kimpudena, samuti ka puidu soonte vahel libriformi näol.

Kaheiduleheliste taimede varte selline ehitus säilib kogu eluea kestel ainult mõnedel taimedel (tulikas, vesiroos, kanakoole, vesihernes jt.).

Enamiku kaheiduleheliste taimede (päevalill, riitsinus ja teised) varrel algavad sekundaarsed muutused juba varre varasel elueal.

---

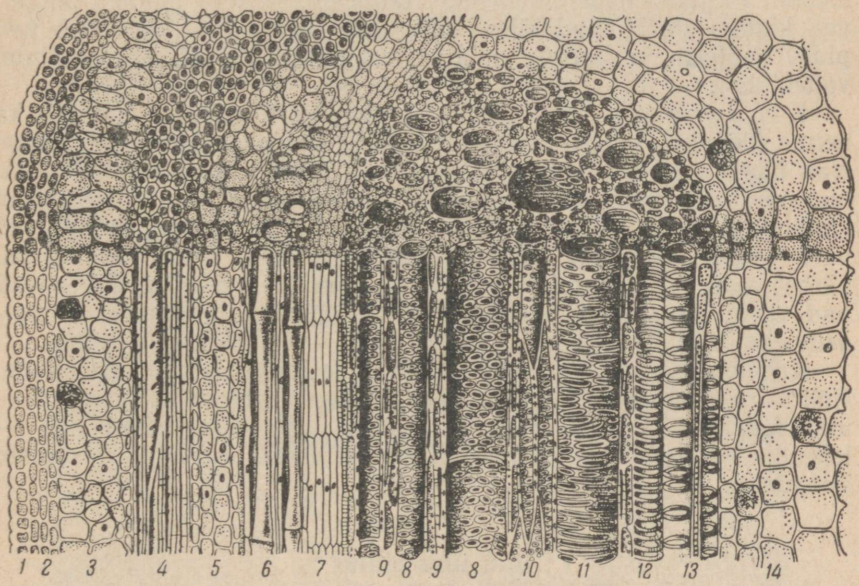
[1] Mõnikord esinev üheiduleheliste taimede (aaloed, draakonipuud) varre jämenemine toimub kambiumirõnga ilmumise tõttu esikoores.



Joonis 56. Kaheidulehelise taime varre ristlõige:
I — kudede asetuse skeem väikesel suurendusel; 1 — epidermis; 2 — koore parenhüüm; 3 — lahtine kiudsoonte kimp; 4 — säsikiir; 5 — säsi; 6 — varre õõs. II — Riitsinuse *(Ricinus communis)* kiudsoonte kimbu ristlõige: *a* — esikoore parenhüüm; *b* — tärkliserõngas; *c* — peritsükkel; *d* — niinkiud; *e* — floeem; *f* — kambium; *g* — ksüleem; *h* — parenhüümi rakud.

Juhtkimpude vahel asuvad esisäsikiirte rakud hakkavad jagunema ja muunduma kimbuvaheliseks kambiumiks, millest tekivad uued kiudsoonte kimbud. Kimbuvaheline kambiumiriba ühineb kimbukambiumiga ja tekib pidev varre jämenemise kiht ehk kambiumirõngas (joonis 57).

Ksüleemi poole jaguneb kambium energilisemalt kui floeemi poole, mistõttu ka esimene kasvab palju kiiremini kui viimane. Kambiumi tegevuse tulemusena tekib juba esimese suve jooksul



Joonis 57. Kaheidulehelise taime varre radiaalne piki- ja ristlõige (K. K. Serebrjakovi järgi):
1 — epidermis; 2 — kollenhüüm; 3 — esikoore parenhüüm; 4 — sklerenhüüm; 5 — floeemi parenhüüm; 6 — sõeltorud; 7 — kambium; 8 — poortrahheed; 9 — ksüleemi parenhüüm; 10 — trahheiidid; 11 — võrktrahhee; 12 — spiraaltrahhee; 13 — rõngastrahhee; 14 — säsiparenhüüm.

üksikute kiudsoonte kimpude asemele kambiumist väljapoole pidev floeem (niin), varre sissepoole aga pidev ksüleem (puit). Päevalilles toimub edasine varre jämenemine juba esimesel eluaastal, mitmeaastaste taimede vars jämeneb aga ka järgnevail aastail.

Üheiduleheliste taimede ülalkirjeldatud ehitusega kinnisi ja kaheiduleheliste taimede lahtisi kiudsoonte kimpe nimetatakse kollateraalseiks.

Kõrvitsaliste ja maavitsaliste sugukonna taimedel (kõrvits, kurk, maavits jt.) esineb veel floeemi lisakimpe, mis liituvad kimbu puiduga seestpoolt. Seega koosnevad kimbud ksüleemist, millega floeemi alad nii seest- kui ka väljastpoolt kokku puutuvad. Kimbu jämenemine toimub välispoolse kambiumi tegevuse

tõttu. Kõrvitsa varre ristlõikel on näha, et juhtkimbud asetsevad kahe korrapärase ringina. Kokku on 10 kimpu, milledest viis suuremat on ühes reas, asetsedes viiel varre sisemisse õõnsusse tungival mügaral; viis väiksemat aga asetsevad suuremate vahel ja moodustavad teise ringi. Kimpudes võib isegi palja silmaga märgata suurte puidusoonte valendikke.

Mõnede õis- ja paljude eostaimede kiudsoonte kimbud, mis on vahel liitunud, erinevad oma kontsentrilise ehituse poolest, kusjuures keskel on floeem, teda ümbritseb aga ksüleem (piibeleht jt.) või vastupidi — ksüleem on keskel, teda aga piirab igast küljest floeem (sõnajalg).

See varte kimbulise ehituse tüüp ei esine kaugeltki kõigil taimedel. Paljudel kaheidulehelistel taimedel, näiteks puudel, puuduvad kiudsoonte kimbud täiesti ning juba varajases eas esineb neil pidev ksüleem ja floeem, mis on eraldatud üksteisest kambiumi vahekihiga.

Kiudsoonte kimpude kulg vart mööda, samuti ka nende üleminek lehest varresse on väga keerukas ja mitmesugune. Nad ühendavad omavahel juuri, vart ja lehti. Üheiduleheliste kimbud on samaaegselt nii varre- kui ka lehekimbud — nad on ühised kimbud. Kimbud, väljudes lehest ühe- või mitmekaupa, suunduvad vart mööda vildakalt allapoole peaaegu kuni selle keskkohani, pärast aga, järk-järgult vertikaalist kõrvale kaldudes, lähenevad nad varre pinnale. Tunduvalt allpool ühineb kimp mõne alamalasuva teise kimbuga.

Kaheidulehelistel taimedel on kimpude kulg väga mitmesugune. Neil esineb varres kaht liiki kimpe: ühed — varreomased kimbud — ulatuvad kuni varre ladvani, ulatumata lehtedesse, teised aga — leheomased kimbud — minnes lehest varresse, liituvad varreomaste kimpudega.

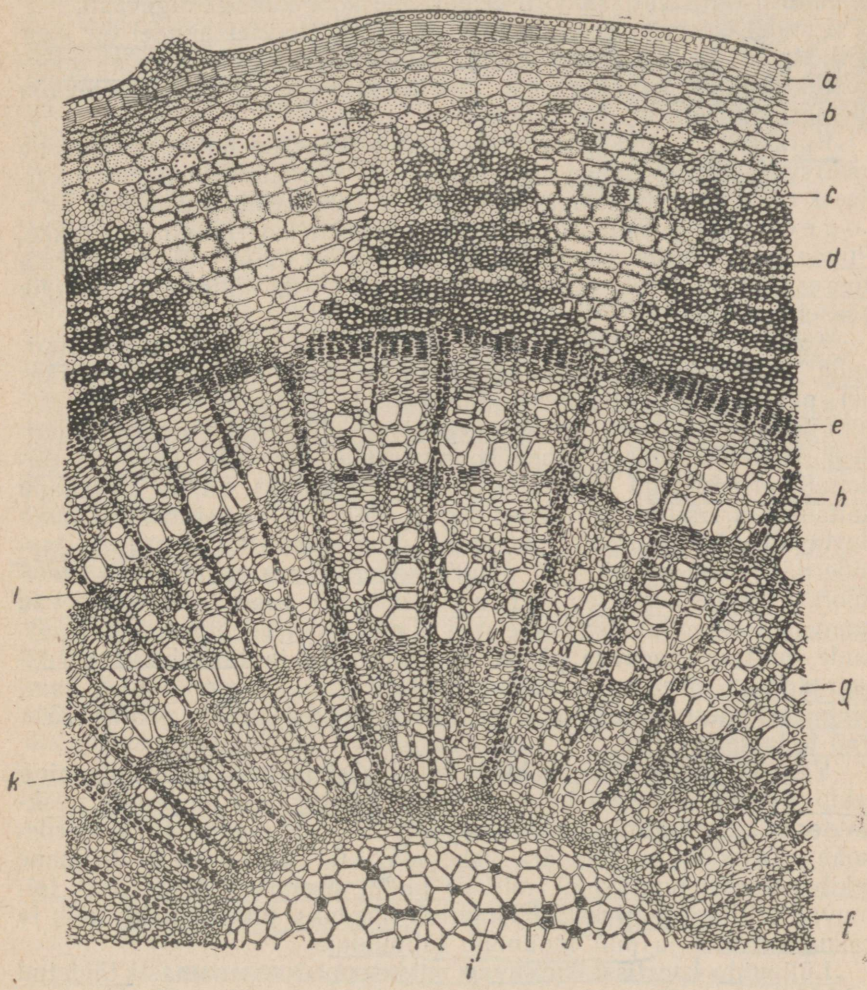
Puu tüve ehitus

Puu tüvi erineb oma ehituselt tugevasti rohttaimede varrest (joonis 58). Prokambiumist varakult tekkiv pidev kambiumirõngas loob sissepoole ksüleemi, väljapoole aga floeemi (teiskoor). Sel teel toimub ksüleemi juurdekasv väljastpoolt, floeemi juurdekasv aga seestpoolt. Kuna kambiumirakud nihkuvad tüve jämenemisel väljapoole, siis jagunevad nad mitte ainult tangentsiaalsete (s. o. paralleelselt tüve pinnaga), vaid aeg-ajalt ka radiaalsete vaheseintega (s. o. perpendikulaarselt tüve pinnaga), mistõttu suureneb ka kambiumi üldine ümbermõõt.

Mitmeaastastel taimedel on kambium sügise ja talve jooksul tegevuseta, kuid elustub uuesti esimese kevadise mahlade liikumisega. Kevadel loob kambium suuremaid, suvel aga väiksemaid ja paksuseinalisi puidusooni. Kambiumi sellise tegevuse tulemusena kujuneb järsk piir suviste ja kevadiste soonte vahele ning tüves tekivad aastarõngad. *Aastarõngaste arvu järgi võib täpselt teada saada puu vanust.* Aastarõngaste paksus sõltub kasvu tingimustest: soodsail kasvuaastail tekib paksem kiht ja vastupidi.

Vaadeldes saja-aastase puu jämedat kändu, võime puidu aastarõngaste paksuse järgi otsustada ilmastiku seisu üle möödunud aastail. Aastarõngaste paksus sõltub ka mullast, milles puu kasvab. Rabas võime alati leida kääbusmände, millede vanus on 30—50 aastat ja kõrgus mitte üle poole meetri.

Peale soonte toodab kambium puidusse veel parenhüümrakke, näiteks s ä s i k i i r i ja p u i d u p a r e n h ü ü m i. Esimeses aasta-



Joonis 58. Pärna tüve mikroskoopiline ehitus:
a — korkkude ühes epidermise jäänustega; *b* — varuainetega täidetud esikoore rakud; *c* — koorele tugevust andvad niinkiud; *d* — sõeltorud, mida mööda liiguvad edasi orgaanilised ained; *e* — kambiumirakkude kiht, mis annab ühele poole sekundaarse koore, teisele poole aga puidurakke; *f, g, h* — mitmesugustest puidusoontest koosnevad 1-, 2- ja 3-aastased puidukihid, mida mööda vesi tõuseb lehtedeni; *i* — varre keskel olev säsi, mille rakkudesse talletatakse varuained. Säsist lähevad kooreni esisäsikiired *k*, teiselt aastarõngalt aga — teissäsikiired *l*.

rõngas algavaid säsikiiri nimetatakse e s i s ä s i k i i r t e k s, teises ja järgmistes aastarõngastes algavaid aga — t e i s s ä s i k i i r t e k s. Säsikiired koosnevad parenhüümrakkudest ja nad on samuti kui puiduparenhüümrakudki varuainete panipaikadeks ning ainete edasiliikumisteedeks rõhtsuunas. Väljapoole loob kambium floeemi, millest mitmeaastastel taimedel moodustub koor.

Koore poole loob kambium umbes kümme korda vähem rakke kui puidu poole; selle tõttu, ja ka koore surnud osa (korba) alatise kestamise tõttu väljastpoolt, ei paksene koor kunagi tugevasti.

Puudel eristame e s i- j a t e i s k o o r t. Noortel puudel on koor väljastpoolt kaetud epidermise ja kutiikulaga. Epidermise all moodustub peatselt k o r k k u d e, mis koosneb mitmes reas asetsevaist tumepruunidest rakkudest.

Korkkude, nagu epidermiski, kuulub kattekoe hulka; ta kaitseb hästi vart kuivamise ja vigastuste eest. Korkkude moodustub erilisest rakkude reast, mida nimetatakse korgikambiumiks ehk f e l l o g e e n i k s ja mille all asub mitu kihti fellodermi elusaid rakke. Puude ja põõsaste noortel korkkoega kaetud okstel võime märgata koores läätsjaid lõhesid — need on l õ v e d, millede kaudu õhk pääseb vartesse (joonis 19).

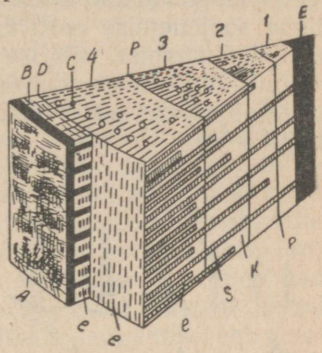
Korkkoe all asetseb k o l l e n h ü ü m; see on eriline liik tugikude, mille rakkude kestad on ainult mõnes kohas, näiteks nurkadel, paksenenud; selle tõttu jääb kestade keskkoht lahustele läbitungitavaks. Kollenhüüm koosneb sisuga täidetud elavaist rakkudest. Kollenhüümile järgneb kooreparenhüüm, mille rakud on täidetud varuainetega (tärklise, valgu, suhkruga) ja ka oblikhapu kaltsiumi kristallidega (druusidega). Kõik ülalloetletud koed moodustavad e s i k o o r e. Kooreparenhüüm ulatub kolmnurksete lappide näol kuni kambiumini. Nende kolmnurkade vahel asuvad teiskoores trapetsikujulised n i i n e (floeemi) alad, mis koosnevad omavahel vahelduvaist valgeist n i i n k i u d u d e kimpudest (tugikude, millest saadakse pärnal roguskiniint) ja tumedatest s õ e l t o r u d e s t ühes saaterakkudega. Puu tüve teiskoor areneb kambiumirakkudest. Puu keskmises osas asub säsi, mille rakkudes asuvad toitainete varud.

Vanade puude tüves hakkab vahel säsi ja puit kõdunema ning tekib tüveõõs. T ü v e õ õ s on haiglane nähtus, mis on seoses roiskbakterite sissetugimisega väljastpoolt läbi kõdunenud oksa murdekoha. Tüveõõnt ei tule ära vahetada l ü l i p u i d u g a. Viimane tekib paljudel puuliikidel, millede puidu sisemises terves osas toimuvad erilised muutused: ta muutub tihedaks, tumedamaks, kõik ta rakud surevad ja puit muundub lülipuiduks.

Lülipuidu koostisse kuuluvad puidusooned on enamasti täidetud t ü l l i d e g a. Viimased on soonega külgnevad ja selle õõnsusse kasvavad elavate rakkude kasvundid. Lülipuitu mööda ei toimu enam mahlade liikumist ja vedeliku tõusev vool teostub nendel puudel puidu noort osa, m a l t s p u i t u mööda. Maltspuit esineb heledama ja pehmema puiduna ning on tisleritööstuses lülipuidust

vähem hinnatav. Lülipuitu esineb tammel, saarel, männil ja viljapuudel.

Selleks et saada õiget ettekujutust varre ehitusest, tuleb vaadelda nii varre rist- kui ka pikilõiget. Varre pikilõiked võivad olla: radiaalsed — piki raadiust ja tangentsiaalsed — aastarõngastega paralleelsed. Pärna koore pikilõikes on näha korkkude, kollenhüüm, kooreparenhüüm ja eriti silmapaistvalt niinkiudude kimbud, mis koosnevad pektiinainete abil omavahel kokkukleepunud üksikuist kiududest. Sõeltorusid on raske näha, kuna nad on peened ja lõigete tegemisel kergesti lagunevad. Puidu pikilõigetes märkame mitmesuguse kujuga sooni ehk trahheesid. Nende kesta sisemisel pinnal on mitmesuguseid paksendeid ja nende seinad on sageli läbistatud pooridest. Peale selle on puidus näha veel orgaanilisi varuaineid sisaldavaid puiduparenhüümrakke ja libriformi, mis täidavad tugikoe ülesannet. Säsikiired koosnevad mitmest parenhüümrakkude reast. Nad on samuti varuainete talletamiseks. Sama ülesannet täidavad ka säsirakud, eriti rakud sellest säsi osast, mis asub primaarse puidu läheduses (perimedulaarne vöönd).



Joonis 59. Nelja-aastase männi tüve ehituse skeem. Ülalpool on nähtav ristlõige, paremal — radiaallõige ja vasakul — tangentsiaallõige: A — koore välispind (korp); B — floeem; C — vaigukäigud; D — kambium; E — säsi; *e—e—e* — säsikiired; K — kevadine puit; S — sügisene puit; 1, 2, 3, 4, — aastarõngad; P — piir aastarõngaste vahel.

Okaspuude tüve ehituse iseärasused seisavad selles, et nende puit on soonteta ja koosneb suurte koobaspooridega varustatud trahheiididest (joonis 24). Puu tüve ehitus rist-, radiaal- ja tangentsiaallõikes selgub joonise 59 vaatlemisel.

Kambiumi kevadisel ja suvisel elutegevusel ning okste ja tüvede omavahelise kokkukasvamise võimel põhjenevad mitmesugused aianduses kasutatavad pookimisvõtted.

V PEATÜKK

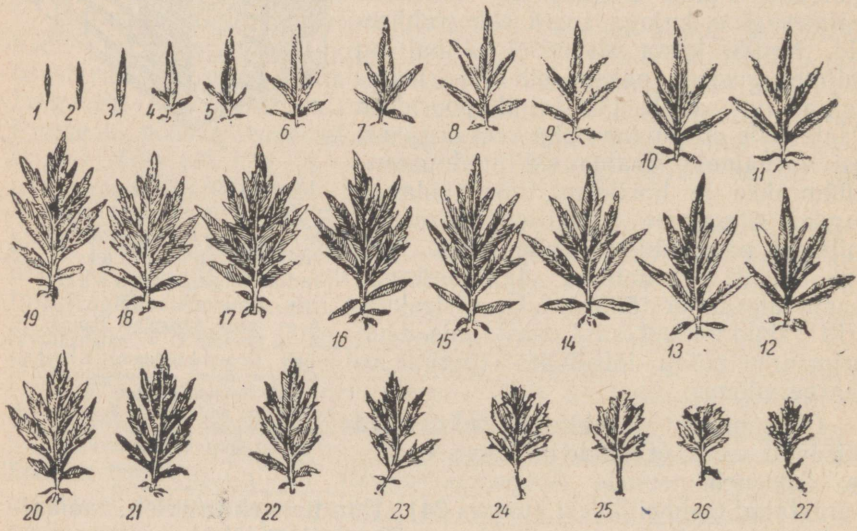
TAIME LEHED JA NENDE ERIKUJUD

1. LEHE PINNA TÄHTSUS JA LEHTEDE ARENEMINE

Taimede lehtede rohelise pinna (mis võib vahel olla tohutu suur) põhiülesandeks on süsiniku assimileerimine ja vee auramine.

Rohelised lehed püüavad oma ülemise pinnaga valguskiiri, millede energia kulutatakse orgaanilise aine (suhkru, tärklise ja val-

kude) moodustamiseks lehtede poolt õhust neelatava süsihappegaasi ja juurestikust vart mööda voolava vee ning mineraalainete arvel. Ainult tähtsusetu osa veest kulub orgaanilise aine moodustamiseks; peamine hulk sellest (üle 99%) aga läheb transpireerimisprotsessiks (vee auramiseks õhku), mis loob taimes vajaliku pideva veevoolu, soodustab mineraalainete võtmist mullast ja kaitseb taime liigse soojenemise eest. Lehelabade pindala väljaarenemises tuleb näha kohanemist valguse kinnipüüdmiseks ja gaasivahetuse ning vee auramise suurendamiseks, kohanemist, mis on välja arenenud aastatuhandete kestel ümbritseva keskkonna ja loodusliku valiku mõjul.



Joonis 60. Hariliku puju *(Artemisia vulgaris)* (korvõieliste sugukonnast) ühe taime lehti:
1 — taime kõige ülemine leht; 27 — taime kõige alumine leht. Kõige arenenumad on keskmised lehed. Näeme lehtede igasuguseid üleminekuid kergelt sopilis-hambulistest kuni sügavalt sulgjagusteni.

Asudes alalise soodsa niiskuse tingimustes, moodustavad taimed tavaliselt suuri lehti. Kuid kõrvuti selliste tingimustega esineb looduses alaliselt mitteküllaldase niiskuse tingimusi, mis mõnikord muutuvad niiskuse täielikuks puudumiseks. See tegur on mõjunud otse vastupidiselt, põhjustades taimedel lehtede pindala vähenemist ning paljusid teisi kohastumisi, mis on suunatud sellistele taimedele osakssaavate kehvade veevarude püüdmiseks ja kinnihoidmiseks.

Esimeste lehtede algmed leiduvad seemneis, kas idulehtedena või üliväikeste arenemata osadena, milledel puudub roheline värvus. Idandite esimesed lehed on lihtsama kujuga; paljudel taimedel

muutub lehtede kuju nende arenedes järk-järgult keerukamaks. Kuid see keerukamaks muutumine toimub ainult nendel taimedel, milledel on üldse rohkem jagunenud lehed (joonis 60).

Lehtede algmeid leidub ka pungades, kus nad arenevad kasvukuhiku kühmukestest, esinedes seal kas kokkupandult või rullunult. Tekkimise algul kasvavad lehed oma tippudelt, varsti aga levib kasvamine ka alustele. Kaheiduleheliste lehed kasvavad kogu oma pinnalt. Sõnajalgade lehed kasvavad tippudest.

Lehtede elu kestus taimedel võrdub tavaliselt ühe kasvuperioodiga, olles vahel ka lühem. Lehtpuud heidavad meie kliimas igal aastal lehed maha. Päeva pikkuse lühenemine ja soojuse vähenemine sügisel on taimedel välja arendanud lehtede mahaheitmise võime. Talvised lumesajud oleksid laialehelistele taimedele hävitavad, sest võra oksad murduksid lume raskuse all, mida võib näha varase lumesajuga aastail, kui lehed pole veel varisenud. Peale selle halvab madal temperatuur juurestiku tegevust, mistõttu lehtede langemist tuleb vaadelda kui kohandumist auramise, s. o. vee kao vähendamiseks taimes. Troopikamaadel heidavad taimed lehed maha palava ja kuiva ilma saabudes. Lehtede langemise eel moodustub leherootsu alusele korkkoest vahekiht, mis lahutab leherootsu võsust. Ülalpool korkkude rakud eralduvad üksteisest, juhtkimbud katkevad ja leht variseb; võsule jääb arm juhtkimpude jälgedega.

Igihaljail taimedel, millede hulka kuuluvad okaspuud ja paljud lähistroopilised taimed, toimub lehtede vahetus järk-järgult ning märkamatult. Lume all talvituvad uibulehtede, pohla, jõhvika, metspipra ja mõnede teiste keskmise põhjalaiuse taimede rohelised lehed. Lähistroopilistes maades esinevad igihaljaste taimedena pukspuu *(Buxus),* loorberipuu *(Laurus),* teepõõsas, eukalüpt, tsitrused, rododendronid, luuderohi, astelpõõsas, igihaljas türnpuu jt. Nende taimede lehed elavad 1—4 aastat. Männi okkad elavad üle 3 aasta, kuusel ja jugapuul aga 10 aasta ümber. Eriti kestva eluga — üle 100 aasta — on Edela-Aafrika kõrbetes esineva velvitšia kaks hiigellehte.

Leht on taimes fotosünteesi ja transpiratsiooni põhiorganiks, ta areneb varrel.

2. LEHE FUNKTSIOONIDE MUUTUMINE

Eespool nimetatud põhiülesande kõrval võivad lehed, olles väga plastilised ja muundumisvõimelised, muutuda isegi uuteks, teisi funktsioone omavaiks organeiks. Pungades ja sibulates on välised soomusjad lehed sisemiste osade kaitsjaiks kuivamise ja kõdunemise eest. Sama osa etendavad ka maisi tõlvikut ümbritsevad lehed ja katteleht võhaliste tõlviku alusel. Peale oma põhifunktsiooni täitmise kaitsevad ohakate ja karuohakate torkivad lehed (joonis 61) veel taimi loomade eest. Kukerpuul (joonis 61, III), mõnedel hundihammastel ja kaktustel muunduvad lehed täielikult

asteldeks. Valgel eba-akaatsial muunduvad asteldeks ainult abilehed (joonis 61, II).

Kapsapea lihakad lehed ja sibula lihakad soomused koguvad endasse toitainete varusid. Mõnikord kogunevad lehtedesse veevarud, mida hiljem põua ajal ära kasutatakse, näiteks agaavidel, aaloel, mägisibulal, kukeharjal jt. (joonis 62).



Joonis 61. Torkivad lehed:
I — tuliohakal *(Cirsium lanceolatum)*; II — valge eba-akaatsia *(Robinia pseudoacacia)* torkivad abilehed; III — täiesti asteldeks muundunud kukerpuu *(Berberis vulgaris)* lehed, millede kaenlast väljuvad lühenenud võsud.

Köitraod esinevad samuti mõnikord muundunud lehtedena või lehtede osana, näiteks hernel, seahernel ja püvililel *(Fritillaria)*. Köitraagude abil haaravad need taimed ümbruses olevaid esemeid ja sel teel hoiduvad nende nõrgad varred püsti.

Paljudel austraalia akaatsiail on liitlehtede labad ära kadunud ja laienenud leherootsud on võtnud endile lehelaba funktsioonid. Niisuguseid laienenud leherootse nimetatakse fülloodideks.

Peale nende mitmesuguste muutuste muunduvad lehed putukasööjatel taimedel (joonis 299) veel püünisteks putukate ja teiste pisimate loomade kinnipüüdmiseks.

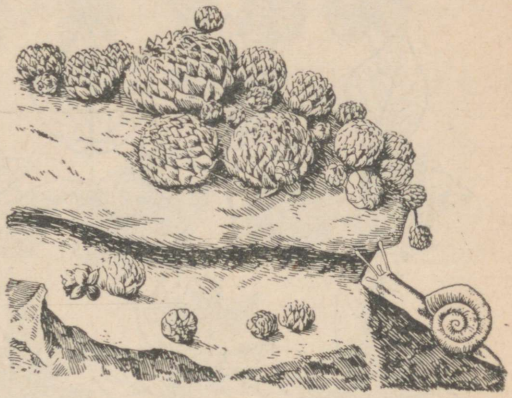
Mainisime juba, et lehed omandavad vahel juurte funktsioone (mõnedel ujuvatel taimedel); siinkohal aga nimetame veel, et idulehed seemneis on esimesteks lehtedeks ja et õistaimede õite osad on lehtede teisendid.

Harvemail juhtudel täidavad lehed taimedel vegetatiivse paljunemise ülesannet (begoonia, jürilill, brüofüllum) (joonis 29).

Lehelabad on kujult väga mitmesugused. Taimede kirjeldamiseks ja määramiseks on vajalik teada lehtede kujude nimetusi. Lehtede kuju ja nende roodumine on üks liigi, perekonna, sugukonna ja klassi tunnuseid.

Laba kuju järgi jagunevad lehed liht- ja liitlehtedeks.

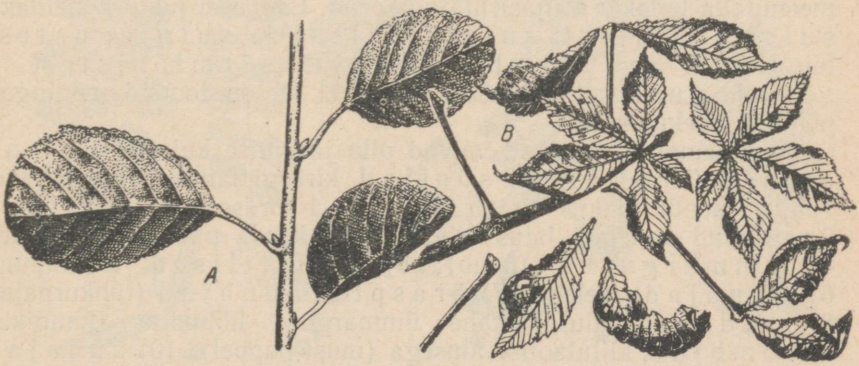
Lihtleht koosneb ühest leherootsust ja ühest — kuigi vahel tugevasti lõhestunud lehelabast. Lehtede langemisel variseb lihtleht tervikuna (joonis 63, A).



Joonis 62. Lihakate lehtede ja võrsikutega mägisibul *(Sempervivum soboliferum)*.

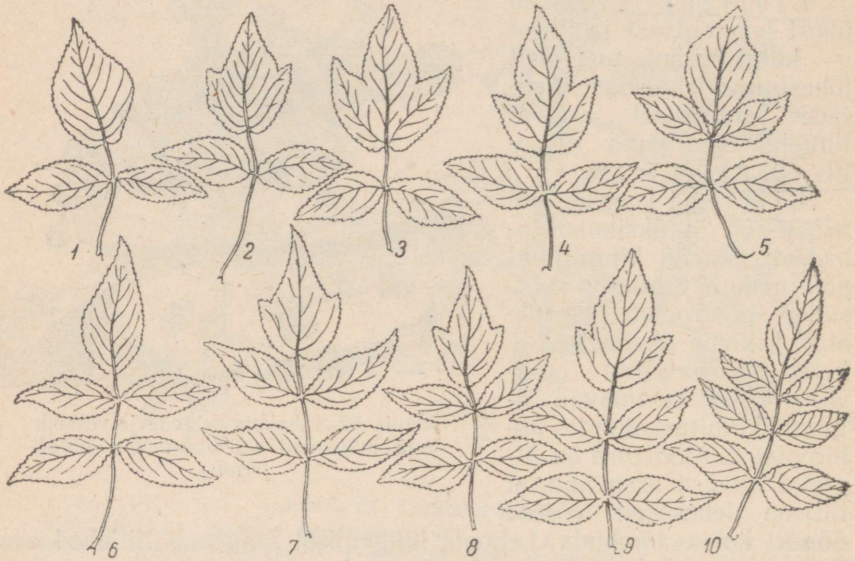
Liitleht koosneb põhirootsust ja üksikuist labadest, mis on kinnitunud põhirootsule lühikeste rootsude, põhirootsu harude abil. Liitlehe üksikud lehekesed sarnanevad omavahel kujult ja omavad liigeseid kinnituskohtades põhirootsule. Mõnikord on liigesed niivõrd arenenud, et liitlehe lehekesed võivad ööseks kokku tõmbuda. Lehtede langemisel langevad liitlehed osadena liigeste kohalt (joonis 63, B).

Liitlehed on tekkinud lihtlehtedest põhilehelaba jagunemisel mitmeks üksikuks labaks. Lehe kuju keerukamaks muutumist võib nende hoolikal tundmaõppimisel näha paljudel taimedel (joonis 64).



Joonis 63. A — lihtlehe osad: lehe laba ja lehe roots. Lehtede kaenlas asuvad pungad. B — hobukastani *(Aesculus hippocastanum)* lehtede langemine.

Lihtlehed võivad olla: jagunematud, kui lehtedel pole mingeid sügavamaid sisselõikeid; hõlmised, kui sisselõiked ulatuvad lehe serva ja keskrao vahelise kauguse $^1/_3$-ni; lõhised, kui sisselõiked ulatuvad eelmisest sügavamale, kuid laba osad on aluse juures veel ühenduses; jagused, kui sisselõiked ulatuvad keskraoni ja muudavad laba üksikuiks segmentideks. Hõlmad, osad ja



Joonis 64. Leedripuu lehelaba järkjärguline keerukamaks muutumine (N. P. Krenke järgi).

segmendid hõlmistel, lõhistel ning jagustel lehtedel võivad kas asetseda pearao külgedel sulgjalt, või lähtuda rootsu otsast ning meenutada labakäe väljasirutatud sõrmi. Esimesel juhul kõneldakse sulghõlmistest, sulglõhistest ja sulgjagustest, teisel juhul aga sõrmhõlmistest, sõrmlõhistest ja sõrmjagustest lehtedest. Joonisel 65 on toodud mõningaid põhilisi lehekujusid.

Jagunematud lihtlehed võivad olla järgmise kujuga: 1) lineaalsed (kõrrelised); 2) süstjad, kirurgi lantsetti meenutavad (paju); nende pikkus ületab laiuse 3—4-kordselt; 3) piklikud, ümardunud otstega, laius ületab 2—3 korda pikkuse (tõnnike); 4) ümmargused (haab); 5) elliptilised (kuslapuu); 6) munajad (teeleht); 7) äraspidimunajad (tuhkurpaju); 8) südajad alusel kahe ümmarguse hõlmaga (kannike); 9) rombjad, kiilutaolise alusega (must pappel); 10) südajalt teritunud (lehtertapp); 11) odajad, alusel teravate, külgedele ahenevate hõlmadega (kassitapp); 12) nooljad, alusel tera-



Joonis 65. Lehelaba kujusid (seletused tekstis).

vate sirgete hõlmadega (kõõlusleht); 13) mõlajad (akakapsas); 14) kilpjad, lehelaba keskelt väljuva rootsuga (mungalill ehk kress); 15) neerjad, sarnased südajatega, kuid arenenud rohkem laiusse kui pikkusse (metspipar).



Joonis 66. Lehelaba serva kujusid (1-st kuni 6-ni). Lehtede roodumine (7-st kuni 12-ni) (seletused tekstis).

Hõlmiseid lihtlehti on järgmise kujuga: 16) sulghõlmised (tamm); 17) kolmehõlmased (humal); 18) viiehõlmased (puuvill); 19) sõrmjalt viiehõlmased, teravate hõlmadega (vaher); 20) neerjad, 9 hõlmaga (kortsleht); 21) sügavalt hõlmised, teritunud (okasõun).

Lõhiseid lihtlehti on järgmise kujuga: 22) sulglõhised

kaarhambuliste osadega (võilill); 23) sulglõhised, laiade osadega (hiirekõrv); 24) sulglõhised kaheks hargnevate torkivate osadega (tuliohakas); 25) sõrmjalt viielõhised, terveservalised (kannatuslill); 26) sõrmjalt seitsmelõhised, rombjate, saagjate tipmetega (villasevöödiline käoking); 27) sõrmjalt viielõhised, harvsaagjad (veiste-südamerohi).

Jaguseid lihtlehti on järgmise kujuga: 28) sulgjagused, süstjate segmentidega (palderjan); 29) katkestunult sulgjagused (kartul); 30) katkestunult sulgjagused sulgjalt täkiliste segmentidega (tomat); 31) kaheli-sulgjagused, lineaalsete sulgjalt täkiliste segmentidega (raudrohi); 32) kolmetiselt jagused, kolmelõhiste segmentidega (roomav tulikas); 34) mitmekordselt sulgjagused, lineaalsete segmentidega (koirohi); 35) kanneljad, sügavalt sulgjagused, munajate segmentidega (vereurmarohi) (kanneljatel lehtedel on otsasegment teistest suurem).

Liitlehed: 36) paaritusulgjad (valge eba-akaatsia); 37) paarissulgjad, suurte elliptiliste lehekestega ja tipus niiditaolise teravikuga (põlduba); 38) paarissulgjad, kahe süstja lehekesega, köitraoga ja abilehtedega (mets-seahernes); 39) sõrmjad (kollane lupiin); 40) kolmetised, munajate lehekestega (punane ristik); 41) kolmetised, süstjas-elliptiliste lehekestega (keskmine ristik); 42) paarissulgjad, munajate lehekestega, suurte abilehtedega ja hargnenud köitraoga (hernes); 43) kahelisulgjad (gleditšia).

Loetletud lehekujud ei hõlma kaugeltki kogu looduses esinevat mitmekesisust, kuid nende teadmine kergendab siiski suuresti taimede määramist.

Lehelaba serva järgi on lehed (joonis 66): 1 — terveservased (sirel); 2 — hambulised, kui lehe serv on lõigatud temaga enam või vähem perpendikulaarselt asetsevate hambakestega (tuliürt); 3 — kahelihambulised, kui hambad on erineva suurusega (sarapuu); 4 — täkilised, kui hambad on ümardunud (maajalg); 5 — saagjad, kui hambad asetsevad kallakuti, saehammaste taoliselt (kõrvenõges); 6 — sopilised, kui süvendid hammaste vahel on ümardunud (võilill).

Lehtede serval asetsevate hammaste ülesandeks on vahel vee eritamine piiskadena, vahel vee kadu vähendavate vaikainete eritamine ning vahel, kui hambad on karedad, on nad kaitsevahenditeks loomade vastu.

4. LEHTEDE ROODUMINE

Lehelaba ehitust vaadeldes võib kergesti märgata, et seda läbistab tihe roodude võrk. Rood kujutavad endist leherootsu ja varde kulgevaid kiudsoonte kimpe. Leheroodude mitmesugune paigutus tingib mitmesuguse roodumise. Üheiduleheliste taimede lehed on

enamuses pikad ja neil esineb kaar- või rööproodne roodumine, mis sõltub lehe pikkusest ja laiusest (joonis 66, 7 ja 8). Kaar- ja rööproodsed lehed on tavaliselt terveservalised. Kaheidulehelistel taimedel on roodumine sagedamini võrkroodne. Roodude paigutuselt jaguneb see roodumistüüp sulgroodseks (9), sõrmroodseks (10) ja tähtroodseks (11).

Eriti hästi on rood nähtavad matsereeritud lehtedel, millede mesofüll on kõdunenud. Mõnikord söövad röövikud niivõrd ära lehe mesofülli, et jäävad järele ainult rood. Rood meenutavad veejuhtimissüsteemi, mille peamagistraalist väljuvad külgtorud, mis omakorda hargnevad üha peenemate torude võrguks. Kuid see võrdlus on vaid jäme skeem, sest tõeliselt on roodude võrgul väga keerukas ehitus. Lehe rood pole midagi muud, kui kiudsoonte kimbud, mida mööda toimub mahlade liikumine lehes ja mis on taime varre kiudsoonte kimpude vahetuks jätkuks. Vedelikkude liikumine kiudsoonte kimpe mööda toimub kahes suunas: üks vool (vesi ja soolad) suundub lehe rakkude juurde, teine aga (plastilised ained) liigub kogu aeg vastassuunas.

Jämedad leherood on igast küljest piiratud tiheda tugikoega. Need rood on hästi tugevad ja on ühtlasi toeks leherootsule ning lehelabale. Paljudel suurtel lehtedel võib näha, kuidas nende servad on rebenemise vastu roodudega kindlustatud (näiteks mädarõikal ja päevalillel).

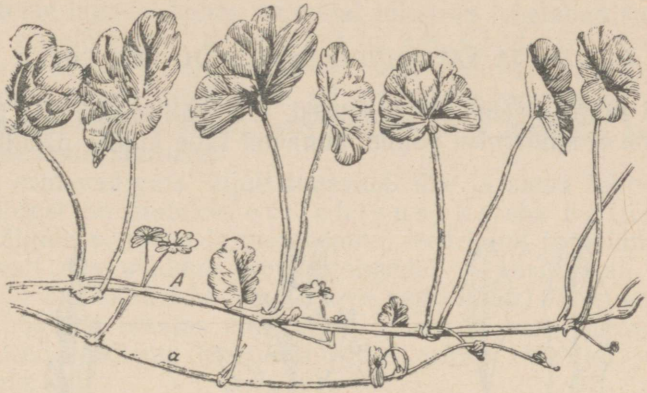
Peenimad rood lehes koosnevad ainult trahheiididest; nad lõpevad suletud otstega ja on peale selle omavahel seoses peenimate ühenduskaartega, mida nimetatakse anastomoosideks. Kui lõigata läbi lehe pearood (näiteks tammel), siis lehe toitumine ei lakka, sest ainete liikumine toimub sel juhul külgteid mööda anastomooside kaudu. Sõnajalgadel, okaspuudel ja väljasureval ginkgol puuduvad anastomoosid. Ginkgol esineb dihhotoomiline roodumine (joonis 66, 12).

Taimesüstemaatikas on lehtede roodumisel suur tähtsus. Sama tähtis on roodumine ka taimefüsioloogias. On alust arvata, et vanemaks roodumise tüübiks oli dihhotoomiline roodumine, millest arenes sõrmjas roodumine sel teel, et dihhotoomiliselt roodunud lehe kaks pearoodu liitusid. Sõrmroodseist lehtedest on põlvnenud enamiku üheiduleheliste taimede kaar- ja rööproodsed lehed. Suuremal osal kaheidulehelistel on algelisemaist sõrmroodseist lehtedest tekkinud täiuslikumad sulgroodsed lehed, millistel keskroo ja selle külgharude arenemine toimub kõige tugevamini ja saavutatakse tihedam anastomooside võrk.

5. LEHTEDE VARRELE KINNITUMISE VIISID

Leherootsu olemasolu puhul nimetatakse lehte rootsuliseks (joonis 67). Leherootsudel on võime kasvamise ajal kõverduda ja anda lehele valgustuse suhtes soodsaim asend. Leherootsu puudu-

misel nimetatakse lehte r o o t s u t u k s ehk istuvaks. Kui rootsutud lehed haaravad ümber varre aluse, siis nimetatakse neid v a r r e ü m b r i s t e k s (joonis 68). Rootsutud ja lühirootsulised lehed on tavaliselt pikkade labadega (lina, paju, nisulill) ja vastupidi — laiade labadega lehed on tavaliselt rootsulised. Väga sageli on taimede ülemised lehed rootsutud, alumised aga rootsulised; sel juhul



Joonis 67. Maajalg *(Glechoma hederacea)* huulõieliste sugukonnast. Vars on roomav, lehtede asetus vastak; vastu maad suunatud leherootsud käänduvad ülespoole. A — peavõsu; *a* — külgvõsu.



Joonis 68, I — seakapsa *(Cirsium oleraceum)* varreümbrine kõrvakestega leht. II — hariliku maarjalepa *(Agrimonia eupatoria)* abileht lehe alusel; III — naadi *(Aegopodium podagraria)* leht ühes tupega.

heidavad ülemised lehed alumistele vähem varju. Mõnedel taimedel laieneb leherootsu alus või kogu roots ning muundub lehetupeks. Tupega lehti esineb kõrrelistel, tarnadel ja putkelistel (joonis 68). Peale selle on paljudel taimedel lehe alusel *abilehed* (joonis 68) — väikesed lehekesed, mis vaid mõnedel taimedel tugevasti laienevad ja siis lehtede osa etendavad.

6. SISE- JA VÄLISTINGIMUSTE MÕJU LEHTEDELE

Kuigi taime sisemised omadused, s. t. väliskeskkonna teatavate tingimuste omandamise võime, annavad talle kindla päriliku väli-



Joonis 69.
I — *võililLe lehed*: A — veeauruga küllastatud atmosfääris; B—B¹ — normaalseis tingimustes kasvanud. Tugevasti vähendatud; A — tegelik pikkus umbes 60 sm, B — 15 sm ja B¹ — 12 sm (*Palladini* järgi). II — *kompasstaim* — noollehine salat (*Lactuca scariola*): 1 — vaade idast; 2 — vaade lõunast.

kuju, võib taim siiski tugevasti muutuda välistingimuste muutumise mõjul. Vaatleme lehtede suurust ja kuju mitmesuguses õhuniiskuses arenenud võililledel teadlase Palladini poolt korraldatud katsetes (joonis 69). Veeauruga küllastunud atmosfääris kasvanud lehed võivad olla kuni 60 sm pikad, kuna normaalseis tingimustes kasvanud lehtede pikkus on 12—15 sm. Taolist erinevust võib jälgida võilille lehekodarikkudes, milledest üks on arenenud tihedas rohus ja teine lagedal kohal; esimesel juhul on lehelabad suuremad ja vähem sisselõikunud, teisel juhul on aga lehed väiksemad ning sügavamate, peaaegu kuni keskmise rooni ulatuvate sisselõigetega. Kui idandada tatart klaaskupli all (niiskes atmosfääris) ja ilma kuplita (kuivas atmosfääris), siis ilmneb järsk erinevus isegi esimeste idulehtede suuruses.

Sageli erinevad oma kujult tugevasti ühe ja sama taime lehed. Sellist nähtust nimetatakse e r i l e h i s u s e k s ehk h e t e r o f ü l l i a k s. Jälgida võime seda mooruspuul, leedripuul ja põldmurakal, eriti teravalt aga avaldub see veetaimedel — vesitulikal, kõõluslehel jt. Nii on kõõluslehe *(Sagittaria sagittifolia)* õhus kasvavail lehtedel tüüpiline nooljas kuju, kuna täielikult vees olevad lehed on lineaalsed. Mõlema lehetüübi vahel esineb rida järkjärgulisi üleminekuid.

Lehelabade kujud on kahtlemata seoses valguse, niiskuse jt. välistingimustega. Harilikult on taime ülemised lehed alumistest väiksemad ja sageli ka lihtsama kujuga. Tiheda metsa varjus leiame palju tugevasti jagunenud lehelabadega taimi (sõnajalg, putkelised jt.), mis lasevad valgust läbi oma lehtede vahelt ja varjavad maapinda vähem kui jagunematute lihtlehtedega taimed.

Seega näitab roheliste lehtede morfoloogiline uurimine, et kogu nende ehitus on kohandatud valguskiirte võimalikult suureulatuslikumaks kinnipüüdmiseks ja võitluseks kuivusega. Lehelabad, peale väheste erandite, asetsevad perpendikulaarselt langevate päikesekiirtega; ainult «kompasstaimedel» — eukalüptidel, noollehisel salatil jt. — asetsevad lehed keskpäeval servaga päikesekiirte suunas (joonis 69, II). Ühe taime kõigi lehtede kogumik moodustab lehtede rohelise pindala, mis ületab kümneid ja isegi sadu kordi sama taime all oleva maa-ala. See nähtub järgmistest andmetest:

Kõrreliste ja kaunaliste lehtede pindala ühe ha (10 000 m²) kohta (ruutmeetrites):

Odral	145 000
Talirukkil	156 000
Suvinisul	175 000
Kaeral	211 000
Ristikul	216 000
Esparsetil	380 000
Kartulil	400 000
Lutsernil	850 000

Siin näeme teatavat analoogiat nähtega, mida me kohtasime taimede juurestiku tundmaõppimisel: taimede juurestik on jagunenud

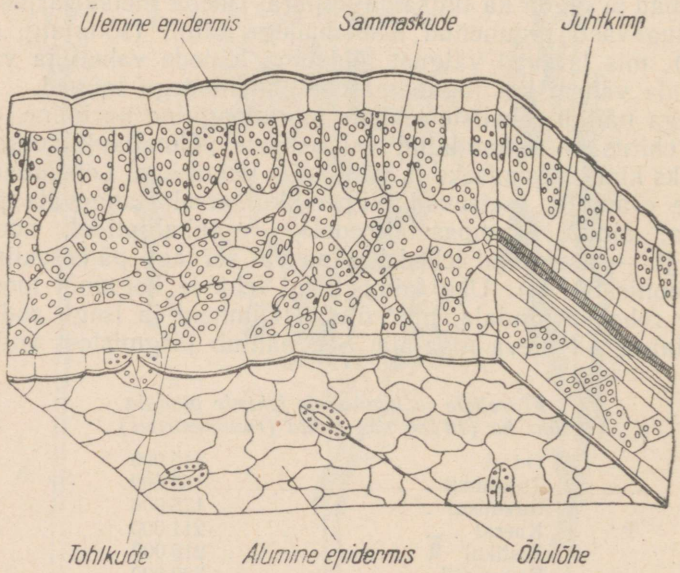
juurenarmasteks ja juurekarvadeks, millede abil saavutatakse hiiglasuur kokkupuutepind mullaosakestega, milledest taim saab vett ja mineraalseid toitaineid. Samuti kannab ka vars kõigil oma harudel palju rohelisi lehti, millede välis- kui ka siseehitus vastab neile omastele funktsioonidele: püüda kinni valgust ja süsihappegaasi, töödelda viimast ja mõningaid mullast lehe rakkudesse saabuvaid anorgaanilisi aineid orgaanilisteks aineteks ja toimetada need edasi varde; samuti ka eritada taimest sinna sattunud vee ülejääk ning fotosünteesiprotsessi tulemusena tekkinud hapnik.

Kui süsihappegaasi sisaldavasse vette asetada vesikatku roheline oks ja valgustada seda päikesekiirtega või tugeva elektrilambiga, siis märkame kohe hapnikumullikeste eritumist. Fotosüntees etendab väga tähtsat osa taimorganismide elus. Põhjalikumalt tutvume selle protsessiga taimefüsioloogia osas.

7. LEHE MIKROSKOOPILINE EHITUS

Lehe mikroskoopiline ehitus, nagu morfoloogilinegi, on mitmekesine ja sõltub liigi iseärasustest ning taimede arenemistingimustest.

Tüüpilisel k a h e p o o l s e l lehel, mille ülemine pind erineb tun-

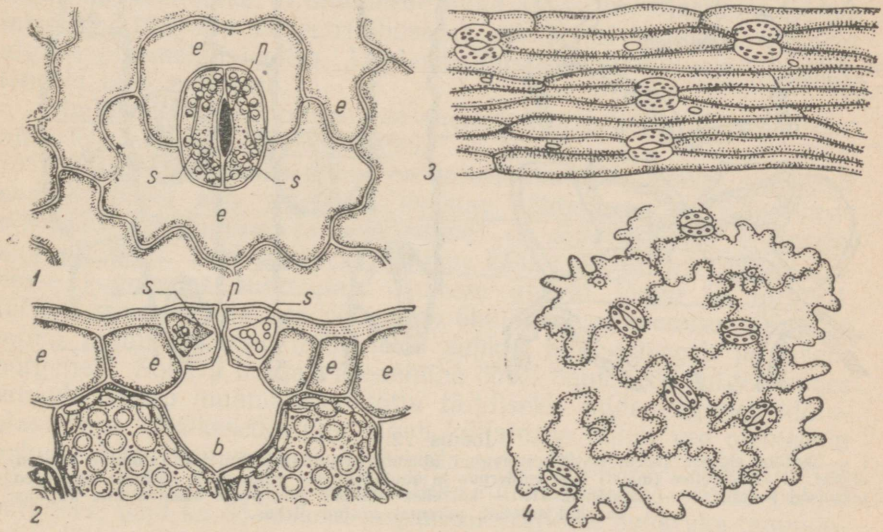


Joonis 70. Lehe mikroskoopiline ehitus. Lehe alumisel pinnal on näha epidermise rakud ja kolm õhulõhet. Ristlõikes on näha: ülemine epidermis, sammaskude (sammasparenhüüm), tohlkude (tohlparenhüüm) ja alumine epidermis (N. A. M a k s i m o v i järgi).

duvalt alumisest (näiteks põldoal, peedil jne.), võib ristlõikes selgesti märgata järgmisi kudesid: ülemisel ja alumisel poolel asetseb kattekude — epidermis, keskosa on täidetud põhiparenhüümiga (mesofülliga), mis jaguneb lehes ülalpool asuvaks sammasparenhüümiks ja allpool asuvaks tohlparenhüümiks (joonis 70). Juhtkoel on lehe ristlõikes risti läbilõigatud juhtkimpude välimus, mis on enamikul juhtudel ümbritsetud tugikoega. Peatume üksikasjalisemalt igal koel.

Epidermis ja õhulõhed

Ristlõikes kujutab epidermis endast ühekihilist täisnurksete rakkude kihti. Rakud on elavad, läbipaistvad, sisaldavad protoplaste,

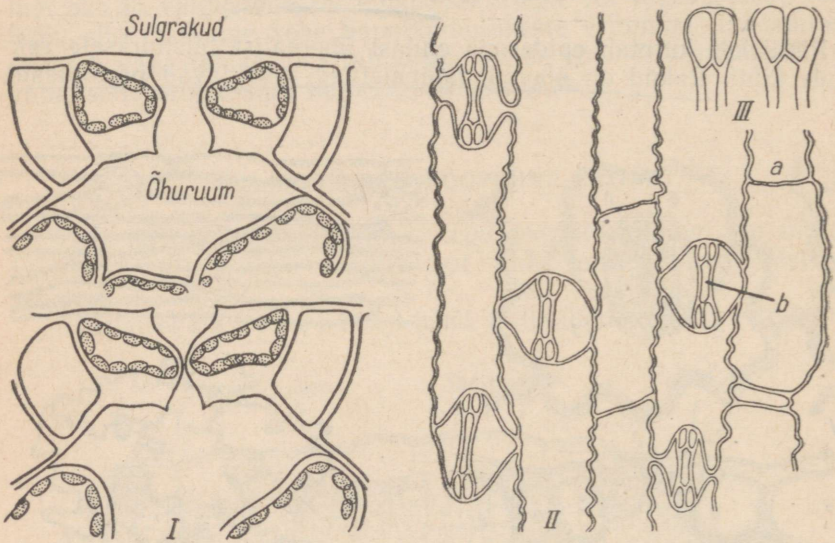


Joonis 71. Õhulõhede ehitus:
1 — epidermise rakud pealtvaates; *e* — *e* — epidermis; *p* — õhulõhe pilu; *s* — *s* — sulgrakud; 2 — ristlõige: *b* — õhuruum; *e* — *e* — epidermise rakud; *s* — *s* — sulgrakud; *p* — õhulõhe pilu esi- ja tagaõuega; 3 — epidermis õhulõhedega liilia pikalt lehelt; 4 — epidermis õhulõhedega herne lehelt (1 ja 2 — suur suurendus, 3 ja 4 — väike suurendus).

on ainult harva varustatud antotsüaaniga ning liituvad omavahel tihedalt ilma vaheruumideta (joonis 71). Plastiididest esinevad neis tavaliselt leukoplastid, mis on koondunud tuuma ümber. Enamikus epidermise rakkudes puuduvad kloroplastid; ainult sõnajalgadel, vcetaimedel ja varjus kasvavail taimedel on epidermis kloroplastide tõttu roheline. Lehe väga õhukeste ristlõigete vaatlemisel esinevad selle alumisel pinnal sageli õhulõhed, mis on risti läbi lõigatud;

lehe ülemisel pinnal on õhulõhesid tavaliselt vähem ja seepärast esinevad nad lõigetes harvemini.

Iga õhulõhe koosneb õhulõhe pilust — lehe sisemusse viivast rakuvaheruumist. Õhulõhe pilu on piiratud kahe sulgrakuga, mis erinevad naaberrakkudest nii oma kuju ja väiksuse kui ka alalise kloroplastide sisaldusega. Ristlõikes on näha, et sulgrakkude kestad on ebaühtlaselt paksenenud: kummagi raku väline ja sisemine kest on tugevasti paksenenud eriti neis nurkades, mis asuvad õhulõhe pilu naabruses, kuna külgmised kestad



Joonis 72.
I — õhulõhe ehituse skeem ristlõikes avatud (ülemine kujund) ja suletud (alumine kujund) olekus. II — kõrrelise (maisi) lehe epidermis ja õhulõhed: *a* — epidermise rakkude loogelised, pikutised kestad; *b* — õhulõhed. III — kõrrelise õhulõhe ühe poole skemaatiline kujutus: vasakul suletud, paremal avatud olekus.

jäävad õhukesteks. Sulgrakkude need külgmised kestad, mis piiravad õhulõhe pilu, on õhenenud ainult oma keskmises (kumeras) osas, kuna sulgrakkude vastaspoolseil külgedel jäävad kestad täielikult õhukesteks. *Need kestade ebaühtlased paksenemised soodustavad sulgrakkude kuju muutumist ja tingivad õhulõhede avanemist ning sulgumist. Rakkude turgori suurenedes õhulõhed avanevad, turgori vähenedes aga sulguvad.*

Turgori suurenedes venivad sulgrakud välja perpendikulaarselt lehe tasapinnaga; selle tõttu vastu pilu olevad raku kestad muutuvad lamedamaks ning pilu avaneb. Turgori vähenemine toob endaga kaasa sulgrakkude kitsenemise, nad muutuvad laperguseks ja vastu

õhulõhe pilu olevad raku kestad muutuvad jälle kumeramaks ning pilu selle tõttu sulgub.

Õhulõhe ristlõikes on nähtavad veel järgmised osad: esiõu, tagaõu ja õhuruum. Viimane ühendab õhuga lehe sisemisi rakuvaheruume. Kõik need osad on nähtavad joonisel 72, I.

Lehe alumiselt pinnalt käristatud epidermist vaadeldes näeme suurel arvul epidermise rakke, milledel on tihedalt üksteisega kokkupuutuvad lainelised seinad; epidermise rakkude vahel märkame aga õhulõhesid, millede pilud on laialabalistel lehtedel suunatud igasse külge, kitsalabalistel aga asetsevad lehe pikkuse suunas. Eriti suuri õhulõhesid võime näha liilialistel (liilia, hüatsint jt.). Lehe vaatlemisel pinna poolt meenutavad sulgrakud oma kujult kaht sissepoole painutatud külgedega vastamisi asetatud aedoa seemet. Igas sulgrakus leidub peale protoplasti veel rohelisi kloroplaste (joonis 71).

Valguse käes olnud lehelt võetud epidermise vaatlemisel veetilgas me veendume, et õhulõhede pilud on avatud. Asetades epidermise aga 10%-sse salpeetrilahusesse, näeme, et õhulõhed sulguvad algava plasmolüüsi tõttu. Deplasmolüüsi teel võime sundida õhulõhesid jälle avanema.

Õhulõhede kaudu toimub vee auramine ja gaaside difusioon õhuning lehe sisemiste kudede vahel.

Küllaldase niiskuse puhul on taime õhulõhed päeval tavaliselt avatud, öösel aga suletud. Otsustav tähtsus selles «õhulõhede mängus» (sulgumine ja avanemine) on sulgrakkudes leiduvatel kloroplastidel. Nad toodavad valguse käes suhkrut, mis sulgrakkudesse kogunedes suurendab viimaste imevat jõudu ja turgorit, turgori suurenemine aga põhjustab õhulõhede avanemise. Öösel ei toimu assimilatsiooni, mille tõttu suhkru hulk väheneb ja turgor nõrgeneb. Suhkru hulga vähenemine öösel õhulõhede sulgrakkudes toimub suhkru muundumise tõttu tärkliseks, mida koguneb kloroplastidesse. Päikesetõusuga algab küllaldase hulga vee olemasolu puhul suhkru kogunemine õhulõhede sulgrakkudesse. See protsess ei toimu mitte üksnes kloroplastide suhkrutootmise võime põhjal valguses, vaid ka öö jooksul kogunenud tärklise suhkruks muundumise tõttu. Oma võimega muundada öösel suhkrut tärkliseks ja päeval tärklist suhkruks erinevad sulgrakud teistest lehe rohelistest rakkudest, millede kloroplastidesse tärklis päeval koguneb, öösel aga sealt kaob.

Palaval, hästi päikesepaistelisel päeval, eriti tuule käes, sulguvad tavaliselt õhulõhed vee puudusel. Soojadel suveöödel aga on õhulõhed vahel avatud, sügisel aga on nad terved ööpäevad suletud.

Õhulõhede avanemise määra kindlakstegemine toimub kas mikroskoobi abil või ilma selleta. Esimene viis seisab selles, et taime lehelt tõmmatakse kiiresti maha tükike epidermist ning asetatakse see kohe absoluutsesse alkoholi. Õhulõhed fikseeruvad selles seisukorras, nagu nad olid taimel ning võivad nii säilida kaua aega. Nende mikroskoopilisel uurimisel mõõdetakse pilu laiust erilise mõõteaparaadi (okulaar-mikromeetri) abil.

Õhulõhede pilude laiuse uurimiseks kasutatakse ka meetodit, mis seisab jäl-

jendite võtmises õhulõhedest kas tselloidiini või kolloodiumi abil. Selleks kantakse pintslikesega lehe pinnale õhuke kiht ühest neist aineist. Õhu käes kuivab see kiht kiiresti ja muutub õhukeseks kileks, mis laseb end pintsetiga kergesti eemaldada. Temale jäävad jäljenditena kõik lehe ebatasasused, ka õhulõhede pilud. Neid vaadeldakse nüüd mikroskoobis ja mõõdetakse okulaarmikromeetriga.

Ilma mikroskoobita tehakse õhulõhede avanemise määr kindlaks mõnede vedelikkude (petrooleum, bensiin, bensool, piiritus) abil, milledel on erinev sissetungimise kiirus avatud õhulõhedega lehesse. Bensool näiteks tungib kiiremini läbi õhulõhede kui piiritus. Suletud õhulõhede puhul ei tungi ükski vedelik lehesse; on õhulõhed natuke avatud, siis tungib bensool lehesse, piiritus aga mitte. On õhulõhed laialt avatud, siis tungib nii bensool kui ka piiritus kiiresti lehesse. Vedelikkude lehesse sissetungimise üle otsustatakse poolläbipaistvate laikude kaudu, mis ilmuvad lehesse selle vaatlemisel vastu valgust. Seda uurimismeetodit nimetatakse infiltratsioonimeetodiks.

Õhulõhede arv lehtedel on üsna suur: ühel pärna lehel on neid kuni üks miljon, ühel vahtra lehel — kuni kaks miljonit. Kapsa lehe ühe mm² kohta tuleb neid kuni 700, tervel kapsa lehel aga on neid kuni 10 miljonit. Laiade lehtede alumisel poolel on õhulõhesid tavaliselt rohkem kui ülemisel; näiteks õunapuul pole neid lehe ülemisel poolel üldse, tulikal on 1 mm² kohta ainult 50; sama suurel pinnal lehe alumisel poolel on neid õunapuul 240, tulikal — 108. Ujulehtedega taimedel on olukord vastupidine; valgel vesiroosil on neid ühe mm² kohta ülemisel poolel 460, kuna alumisel poolel nad puuduvad (Zalenski andmed).

Õhu läbimineku võimalust õhulõhedest ja edasiliikumist rakuvaheruume mööda on kerge tõestada õhu puhumise teel läbi vesiroosi lehe. Kui lehe laba asetada vette ja läbi lehe rootsu puhuda õhku, siis on näha õhumullide väljatulekut õhulõhede kaudu.

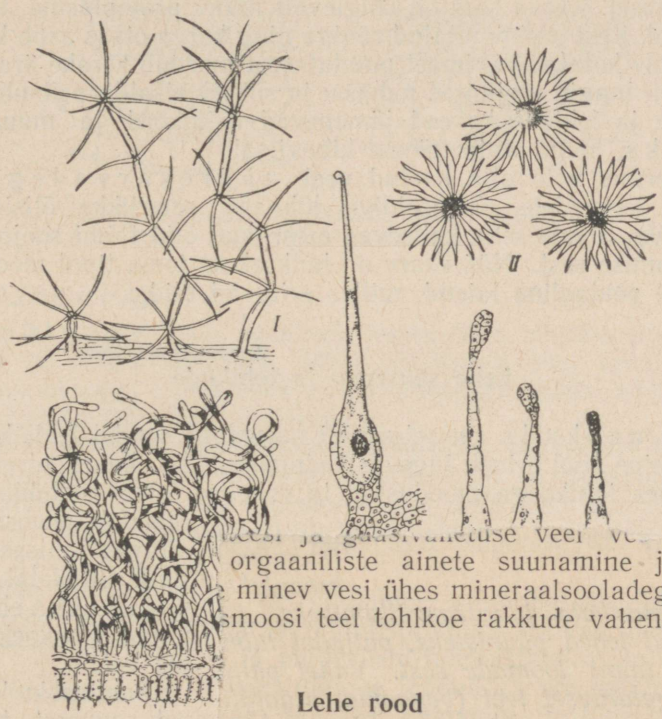
Kõrreliste ja mõnede teiste üheiduleheliste taimede *lineaalsetel lehtedel* erineb ülemine pool vähe alumisest. Niisuguseid lehti nimetatakse *ühepoolseiks*. Õhulõhede arv on kõrrelistel harilikult lehe ülemisel poolel suurem, näiteks ühel mm²-l on ülemisel poolel 70 õhulõhet, alumisel aga — 49. Põua ajal pöörduvad kõrreliste lehtede servad ülespoole, millega moodustub auramist aeglustav toru. Põhikoe jagunemine sammas- ja tohlkoeks kõrrelistel peaaegu puudub. Õhulõhed asetsevad siin epidermisel sirgete ridadena.

Kõrreliste õhulõhede ehituses on rida iseärasusi (joonis 72, II). Kõrreliste õhulõhe koosneb kahest sulgrakust. Kummagi sulgraku silmapaistvaks erisuseks on põietaolised laiendid raku mõlemas otsas. Nende laiendite õõned ei ole üksteisest isoleeritud, vaid on ühendatud peene kanaliga, mis läbib tselluloossete kestadega paksenenud telge. Teine samasuguse ehitusega sulgrakk puutub esimesega kokku oma põite kaudu. Rakkude turgori suurenemine toob endaga kaasa põite kestade väljavenimise, telgede eemale nihkumise ja õhulõhede avanemise.

Kaitseseadised epidermisel

Lehtede õhulõhed on võimsaks regulaatoriks gaasivahetusel ja vee eritamisel aurustunud olekus. Kuivade kasvukohtade taimedel asetsevad õhulõhed lohkudes. Ka rohtsete varte pinnal esineb õhulõhedega epidermist. Epidermise rakkudel on välised kestad

tavaliselt paksenenud. Peale selle on kestade välised kihid läbi imbunud kutiiniga, mis moodustab pinnal kile — k u t i i k u l a. Viimane kaitseb taime vee kao eest. Eriti paks on kutiikula igihaljaste taimede (okaspuud, mandariinid ja teised) nahkjatel lehtedel, samuti ka kaktuste ja teiste sukulentide vartel. V a h a k i h t epidermise pinnal etendab sama osa mis kutiikulagi. Ristõielistel (kaalikas jt.) ja kõrrelistel esineb ta sinaka kirmena. Kui hõõruda sõrmega rukki kõrt või kapsa lehte, siis jääb sõrmest jälg, sest vahakiht hõõrdub maha.



I — v ä g i h e i n a h a r mise eest; II — h õ b e lehti vee liigse aurami jälgida protoplasma r V — k a s s i u r v a l a dusel.

orgaaniliste ainete suunamine juhtkoesse. minev vesi ühes mineraalsooladega antakse smoosi teel tohlkoe rakkude vahendusel.

Lehe rood

kuuluvad kiudsoonte kimbud. Peale juhtkoe d veel tugikoe kollenhüüm- ja sklerenhüümad lehele tugevuse.

voolavad varrest lehte vesi ja mineraalained, da toimub orgaaniliste ainete äravool lehest. ud on tavaliselt kinnise ehitusega, kuid palmail roodudel on ksüleemi ja floeemi vahel

Eriti arenenud on e
kaitse osa. Karvad kuju
ja neid on ühe- ning h
on mitmesugused. Vä
omavahel läbipõimunu
vilti (joonis 73, I ja V).

*) *asub lehe ülemise pinna, niinosa (floeem) ole. Et kiudsoonte kimbud suunduvad lehteduvad allapoole, siis pöördub ksüleem varres a väljapoole.*

soomusjad, lintjad jne. Niisugused karvad kaitsevad taime ereda valguse, tugeva soojenemise eest päeval ja tugeva jahtumise eest öösel ning takistavad liigset vee auramist. Eriti selgesti ilmneb see kuivades kaguosa steppides, kus taimedel on karvade mõjul valkjashõbedane värvus.

Mõnikord on karvad kaitseks loomade vastu. Karedad karvad muudavad paljud taimed — näiteks karelehelised — mittesöödavaks. Nõgese vartel ja lehtedel levinud kõrvekarvad (joonis 73, III) põhjustavad naha «kõrvetamist». Iga kõrvekarv on üksainus järk-järgult peenenev suur rakk, mis asub hulkraksel alusel. Karva sees on ringlevalt liikuv protoplasma, tuum ja vakuoolid. Kest on immutatud räniga ning karva otsas asub kergesti äramurduv kerake. Vähimast puudutusest murdub kerake ära, karva terav tipp tungib seejuures nahasse ja sööbiv sisaldis pritsub haava.

Varre ja lehtede karvad jämenevad mõnikord ja muunduvad ogadeks, nagu seda näeme kibuvitsal.

Epidermis võib olla kaetud veel näärekarvadega, mis eritavad loomadele ebameeldiva lõhnaga eeterlikke õlisid (joonis 73, IV). Peale selle kaitsevad eeterlikud õlid taimi soojuse öise ärakiirgamise eest. Näärekarv on hulkrakne; tema tipul moodustub tavaliselt peataoline laiend, milles erituvad õlid.

KORBEKUDE

Lehe sammas- ja tohlkude

Sammaskude on selgemini märgatav nendel lehtedel, millede ülemine pool erineb tugevasti alumisest, s. t. kahepoolsetel lehtedel; ühes tohlkoega moodustab ta rohelise leheparenhüümi, mis

[illegible] kõrreliste peaaegu puudub. Õhulõhed ase[illegible] sirgete ridadena.

Kõrreliste õhulõhede ehituses on rida is[illegible] Kõrreliste õhulõhe koosneb kahest sulgrak[illegible] silmapaistvaks erisuseks on põietaolised [illegible] otsas. Nende laiendite õõned ei ole ükstei[illegible] ühendatud peene kanaliga, mis läbib tsellul[illegible] nenud telge. Teine samasuguse ehitusega [illegible] sega kokku oma põite kaudu. Rakkude tu[illegible] endaga kaasa põite kestade väljavenimise, te[illegible] ja õhulõhede avanemise.

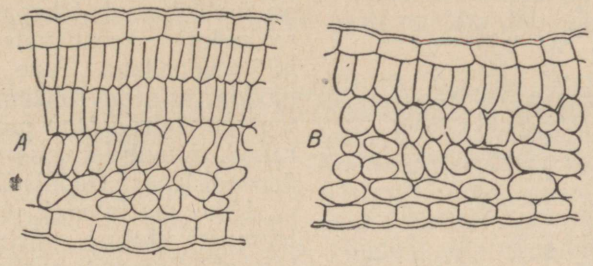
etendab peaosa fotosünteesiprotsessis ja mida nimetatakse mesofüllikseks ehk assimilatsioonikoeks (joonis 74).

Sammaskude koosneb suurest hulgast tihedalt asetsevatest ja lehe ülemise pinnaga perpendikulaarselt s. t. suunas, milles päikesekiired läbistavad lehelaba, väljavenitatud rakkudest. Vaadeldes seda kudet ülemise epidermise poolt, võib näha sammaskoe rakkude ümmargust kuju.

Kaitseseadised epidermi[illegible]

Lehtede õhulõhed on võimsaks regula[illegible] ja vee eritamisel aurustunud olekus. Kuiva[illegible] del asetsevad õhulõhed lohkudes. Ka rohtse[illegible] õhulõhedega epidermist. Epidermise rakku[illegible]

Intensiivses valgustuses kasvavail taimedel on sammaskude tugevamini arenenud kui väheses valguses kasvavail taimedel. Valgusetaimedel koosneb ta kahest (või enamast) rakkude reast ning ulatub mõnikord lehe alumise poolenigi. Varjutaimedel võib sammaskude täielikult puududa ja kogu leheparenhüüm koosneb sel juhul tohlkoest (joonis 75).



Joonis 75. Maasika lehe ristlõige:
A — heledas päikesevalguses kasvanud; B — varjus kasvanud.

KOBE KUDE

Tohlkude asub tavaliselt vastu lehe alumist poolt. Tema rakud on ebakorrapärased, vahel käärulised ning arenenud rakuvaheruumidega. Sammaskoe rakud puutuvad kokku tohlkoe rakkudega kas üksikult või mitmekaupa.

Kõik mesofülli rakud sisaldavad rohelisi kloroplaste ja neis toimub fotosüntees. Kuid kloroplastidest rikas sammaskude on rohkem kohanenud selleks protsessiks kui tohlkude. Viimase ülesandeks on peale fotosünteesi ja gaasivahetuse veel vee auramine ning lehes tekkivate orgaaniliste ainete suunamine juhtkoesse. Roodude kaudu lehesse minev vesi ühes mineraalsooladega antakse sammaskoesse edasi osmoosi teel tohlkoe rakkude vahendusel.

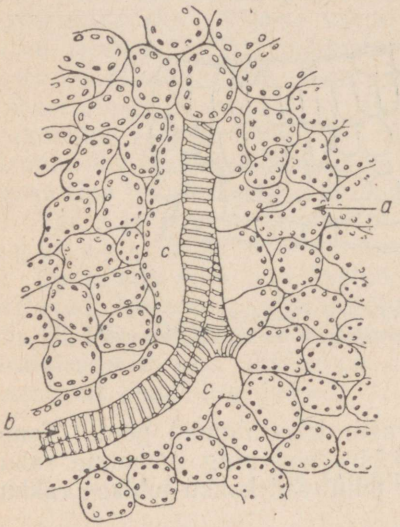
Lehe rood

Roodude koosseisu kuuluvad kiudsoonte kimbud. Peale juhtkoe koosnevad lehtede rood veel tugikoe kollenhüüm- ja sklerenhüümrakkudest, mis annavad lehele tugevuse.

Puidusoonte kaudu voolavad varrest lehte vesi ja mineraalained, kuna sõeltorusid mööda toimub orgaaniliste ainete äravool lehest. Lehe kiudsoonte kimbud on tavaliselt kinnise ehitusega, kuid paljude taimede jämedamail roodudel on ksüleemi ja floeemi vahel kambium.

Puitosa (ksüleem) asub lehe ülemise pinna, niinosa (floeem) aga alumise pinna poole. Et kiudsoonte kimbud suunduvad lehtedest vartesse ja painduvad allapoole, siis pöördub ksüleem varres sissepoole, floeem aga väljapoole.

Roodude tugev hargnemine lehes soodustab ainete kiiret edasiliikumist ja fotosünteesi. Kuivades kohtades kasvavail taimedel on roodusid tihedamalt kui niiskete kohtade taimedel. Hargnemisel muutub rood üha lihtsamaks. Peentes roodudes puuduvad trahheed ning järele on jäänud ainult trahheiidid, millede kest on spiraalselt paksenenud ja mis lõpevad lehe tohlkoes. Peenimad trahheiidid on ümbritsetud leheparenhüümi rakkudest koosnevate parenhüümtuppedega. Tupe rakkusid mööda, mis on rohkem pikenenud kui teised lehe parenhüümrakud, toimub lahustuvate ainete äravool lehest (joonis 76).



Joonis 76. Juhtkimbu lõpp lehes: *a* — lehe parenhüümrakud; *b* — spiraalsete paksenditega trahheiidid; *c* — parenhüümtupe rakud (tugevasti suurendatud).

Lehe morfoloogilise ja anatoomilise ehituse uurimine näitab, et olles eriti suure plastilisusega, on ta võimeline tugevasti muunduma, omandades kõige mitmekesisemaid funktsioone.

Leht kui osa tervest organismist täidab taime elus kõige mitmekesisemaid ülesandeid: esiteks on leht fotosünteesi (süsiniku sarnastamise) ja vee auramise organiks. Mõnikord talletuvad lehtedes orgaaniliste toitainete (idulehed) või vee (sukulentsed taimed) varud. Õie kroonlehed kui muundunud lehed on putukate juurdemeelitamiseks. Putukasööjatel taimedel muunduvad lehed püünisteks, paljudel taimedel aga astlaiks, mis kaitsevad taimi loomade eest. Vahel paljunevad taimed lehtede kaudu vegetatiivsel teel (begoonia, brüofüllum).

VI PEATÜKK

TAIMEDE PALJUNEMINE

Paljunemine, s. o. isendite arvuline suurenemine, on üks elusorganismide põhiomadusi. Taimed paljunevad suguta ja suguliselt.

1. SUGUTA PALJUNEMINE

Erinevalt loomadest on taimede seas laialt levinud suguta paljunemine, kusjuures uued taimed tekivad eostest, mis eralduvad suurel hulgal emataimest. Eostega paljunemine on levinud nii

alamatel kui ka kõrgematel taimedel. Eosed ehk spoorid (kreekakeelsest sõnast — külv, külvamine) koosnevad tavaliselt ühest ainsast pisimast rakust, harvemini rakkude rühmast. Nad kanduvad laiali kas tuule või vee abil. Viimasel juhul võivad nad aktiivselt edasi liikuda protoplasmaliste viburite abil ja meenutavad siis kiiresti ujuvaid mikroskoopilisi loomi, millest nad saidki zoospooride nimetuse. Paljunemisega eoste abil tutvume üksikasjalisemalt alamate ja arhegoniaalsete taimede süstemaatika kursuses (IX peatükk).

Suguta paljunemise teine variant on vegetatiivne paljunemine, kusjuures uued taimed arenevad vegetatiivseist organeist — juurtest, vartest, lehtedest, võsudest, samuti ka nende muundustest — sibulaist, mugulaist, juurikaist. Alamail taimedel toimub vegetatiivne paljunemine ühe- või hulkrakse rakise jagunemisel osadeks, milledest kasvavad uued taimed. Kuna emataimest eraldatud osadel on regenereerimisvõime, s. o. võime kaotatud elundite taastamiseks, siis võib paljusid taimi tükeldada peenteks osadeks ja neist osadest kasvatada uusi taimi. Kaotatud osade regenereerimisvõime on eriti arenenud vartel ja juurtel; neid organeid kasutatakse seepärast sagedamini kunstlikuks paljundamiseks.

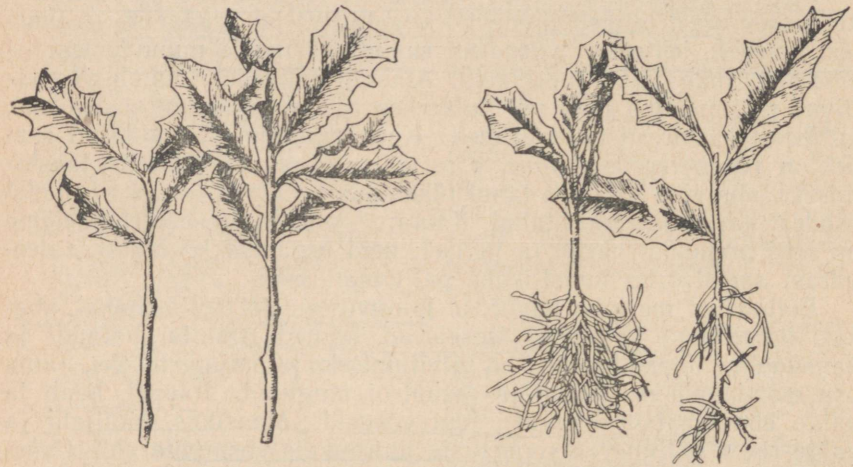
Eeltoodust me juba teame, et juurevõsundeist (piimohakal, ohakal, kassitapul) kasvavad iseseisvad taimed. Daalia, bataadi ja kanakoolme lihakad juured on talvitumiseks ja paljunemiseks. Sama osa etendavad ka kartuli ja maapirni mugulad. Pappel, haab ja valge eba-akaatsia annavad juurevõsusid. Maasikas, hanijalg ja valge ristik paljunevad roomavate juurduvate võsundite abil. Orâsheina ja piibelehe paljunemine risoomiga, küüslaugu, sibula ja liilia paljunemine sibulatega on samuti vegetatiivse paljunemise näiteiks. Inimene kasutab laialdaselt vegetatiivset paljunemist uute taimede saamiseks.

Sõstart, karusmarja ja viinapuud paljundatakse pistikute ja võrsikutega, milledel pärast väljaistutamist tekivad lisajuured ja uued võsud. Tuiskliiva ja uhtorgusid kindlustatakse paju pistikute istutamisega. Isegi lihtsalt maasse löödud värske pajuteivas juurdub ja muutub iseseisvaks taimeks. Begoonia, jürilille, brüofüllumi ja mõnede liiliate lehed, olles mullaga kaetud, annavad pungi, lisajuuri ja võsusid, võimaldades seega vegetatiivset paljunemist.

Taimede paljundamisel pistikutega on tähele pandud, et paremini juurduvad lehtedega varustatud pistikud. Raskelt juurduvate taimede paljundamiseks asetatakse nende pistikud alumiste otstega 24 tunniks juurte moodustamist ja kasvu stimuleeriva aine (β-indolüüläädikhappe) vesilahusesse, mille kontsentratsioon on 1 : 2500 või 1 : 5000 (joonis 77).

Sageli kasutatakse vegetatiivset paljundamist väärtusliku sordi tunnuste kinnistamiseks, sest emataime paljundamisel saadud järglaskond säilitab hästi emataime tunnused juhul, kui välised kasvutingimused sarnanevad nende tingimustega, milledes kujunes emataim.

Taimede pookimine ehk transplantatsioon, mida laialt kasutatakse aianduses, kuulub samuti vegetatiivse paljundamise alla. See taimede omaduste parandamise viis seisab selles, et osa elavast taimest (pung või pookoks) kantakse teisele taimele, millel on oma juured. Pookimine põhineb võsude omavahelise kokkukasvamise võimel, tänu kambiumi kevadisele ja suvisele tegevusele. Seda taime, millele poogitakse, nimetatakse pookealuseks, seda taimeosa aga, millega poogitakse, — pookoksaks. Pookealuseks võib olla kas kogu antud taim või ainult

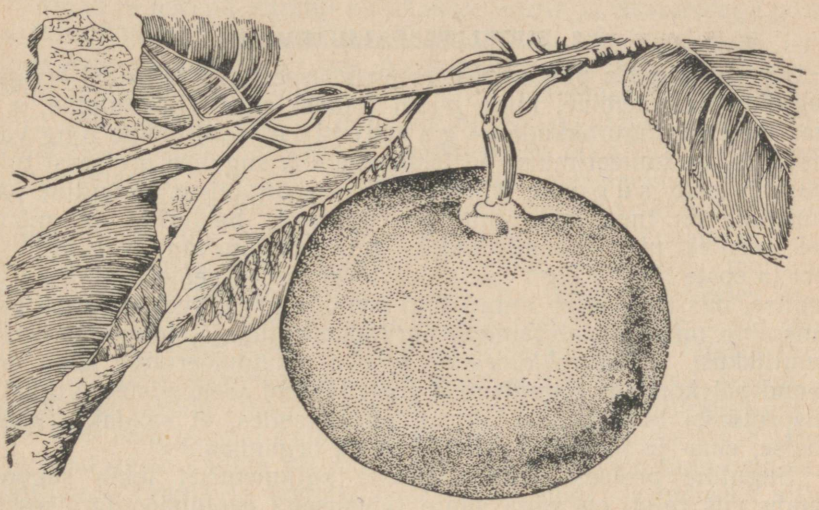


Joonis 77.
Lahja β-indolüüläädikhappe lahusega mõjutatud astelpõõsa pistikud (paremal) ja kontrollpistikud (vasakul). (N. A. Maksimovi järgi).

varre alumine osa ühes juurtega; pookoksaks on kas osa võsust ühes teatava hulga pungadega või üksainus silm (pung). Pookimisviise on palju: jätkamine, koore alla pookimine, lõhesse pookimine, silmastamine jt. Kõigil juhtudel kas liidetakse terava noaga lõigatud pookoks tihedalt pookealuse lõikega või asetatakse koore alla ning seotakse kõvasti kinni. Teatava aja järel on kaks taime kokku kasvanud. Pookimist teostatakse kambiumikihi hoogsaima tegevuse ja mahlade liikumise perioodil. Eespool mainitud pookimisviisidest kasutatakse kolme esimest kevadel, silmastamist aga suve teisel poolel.

Käesoleval ajal, tänu I. V. Mitšurini ja paljude mitšuurinlaste töödele, on tehtud kindlaks, et taimed võivad oma omadusi toitemahlade kaudu edasi anda pookealuselt pookoksale ja vastupidi. Pookimiste abil sai I. V. Mitšurin palju vegetatiivseid hübriide. Nii pookis ta näiteks (silmastamise teel) kolmeaastase pirni metsikule alusele üheaastase «600-grammise antoonovka» silmi. Kahe aasta pärast arenes pirni alusel pookoksa — õunapuu võra. Lehtede kuju ja karvastuse ning võsude tüübi järgi sisaldas taim endas õuna- ja

pirnipuu tunnuseid. Kahe aasta pärast vabastati pookoks pirni alusest ja viidi oma juurtele. Taim arenes jõudsasti ning kaldus välimuselt õunapuu poole. Viljakandmise esimesel aastal domineeris viljadel pirnikujuline tüüp. Järgnevail aastail kaldusid viljad õunapuu viljade poole, kuid neil säilisid ka mõned pirni viljade tunnused — mügerik viljavarre juures, samuti ka viljaliha värvus ja ehitus. Saadud vegetatiivset hübriidi nimetas I. V. Mitšurin «Bergamott-renetiks». See sort on arvatud Vene NFSV 19 oblasti standard-



Joonis 78. I. V. Mitšurini poolt saadud vegetatiivne hübriid «Bergamott-renett».

sortimenti ja ta säilitab kindlalt oma tunnuseid juba poole sajandi jooksul. Teadlane-mitšuurinlane S. I. Issajev ristas sugulisel teel «Bergamott-renetti» mitme õunapuusordiga. Sugulistest hübriididest saadud seemneist kasvatati üles õunapuud, millede viljadel oli viljavarre aluse juures mügerik. Järelikult pärandus vegetatiivsel hübridiseerimisel saadud tunnus edasi ka sugulisel paljundamisel (joonis 78).

I. V. Mitšurinil õnnestus m e n t o r i- (-kasvataja-)meetodi abil parandada paljusid viljapuude sorte (vaata ka lk. 159).

Akadeemik T. D. Lõssenko ja teised mitšuurinlased tõestasid arvukate faktidega lõplikult pärilikkude tunnuste edasiandmise võimalust ühelt taimelt teisele pookimise teel nii mitme- kui ka üheaastastel taimedel. Näiteks kui pookida jaguste lehtede ja valgete viljadega tomat kartulilehise ja punaste viljadega tomatile, siis võib pookimise aastal märgatavaid muudatusi ka mitte esineda. Kuid järgnevate põlvkondade taimedel, mis on saadud aluselt kogutud

seemneist, osutuvad pookoksa lehtede jagusus ja viljade valge värvus täiesti märgatavaks, kuna pookoksa seemneist kasvatatud taimedel ilmuvad punased ja kollased viljad. Sellist viljade värvuse mitmekesisust ühel ja samal taimel esineb vegetatiivsetel hübriididel sageli. Teises seemnelises põlvkonnas on viljade muudetud värvus samuti märgatav.

Mitšuurinlaste tööd vegetatiivsete hübriidide saamiseks tõestavad, et *pärilikke omadusi antakse edasi ühelt taimelt teisele mitte ainult sugulises protsessis, vaid ka pookimistel, toitemahlade vahetamise teel, järelikult ilma igasuguse kromosoomide osavõtuta.*

2. SUGULINE PALJUNEMINE

Kõrvuti suguta paljunemisega on kaasaegsetel taimedel levinud suguline paljunemine, mille puhul toimub enne viljastumine, s. o. isas- ja emassugurakkude — g a m e e t i d e — liitumine ning vastastikune assimileerimine. Viljastumise ehk sugulise protsessi tulemusena tekib s ü g o o t, millest tekib uus organism. Suguline paljunemine on tundmatu ainult sinivetikatel, bakteritel ja mõnedel seentel ning samblikkudel, mis paljunevad vegetatiivsel teel ja eoste abil. Kõigil teistel taimedel esineb peale suguta paljunemise, mis suurendab antud liigi isendite arvu, veel suguline paljunemine, mis rikastab taimede pärilikkuse alust ja suurendab nende muutlikkust. «Sugurakkudes on otsekui akumuleerunud kogu eelnenud põlvkondade organismide poolt läbitud arenemistee. Viljastamisprotsessi bioloogiline tähtsus seisab selles, et saadakse kahepoolse, ema- ja isapoolse pärilikkusega organismid.»[1]

Suguline protsess, kus sugulisel paljunemisel tekib sügoodi kaudu uus taim, on väga suure tähtsusega evolutsiooniprotsessis. Sel viisil paljunevad liigid on vastupidavamad olelusvõitluses.

Alamate ja arhegoniaalsete taimede sugulise paljunemise tundmaõppimisel kohtume sugulise protsessi mitmesuguste viisidega. Toome siinkohal mõned neist. Gameedid (isas- ja emasgameedid) ei erine sageli teineteisest: mõlemad on liikuvad, omavad vibureid ja, eraldudes kas ühe ja sama isendi või sagedamini eri isendite rakkudest, liituvad ning moodustavad liikumatu sügoodi. Teistel juhtudel isas- ja emasgameedid erinevad suuruselt ning kujult: isasgameedid on siis emasgameetidest väiksemad ja liikuvamad. Kõrgematel taimedel esineb kolmas viis, mil emasgameet — m u n a r a k k — on liikumatu ja mõõtmeilt suurem paljudest üliväikestest isasgameetitest, mis omavad vibureid ja on erakordselt liikuvad.

Okaspuudel ja kõikidel katteseemnetaimedel on nii munarakk kui ka isasgameedid (spermiumid) liikumatud. Isasgameedid kantakse tolmutoru kaudu munaraku juurde ja nad viljastavad selle. Katteseemnetaimede sugulise sigimise protsess saab meile arusaadavaks, kui tutvume õiega, selle tolmlemise ja viljastamisega.

[1] Akad. T. D. L õ s s e n k o, Agrobioloogia, Tartu, 1949, lk. 577.

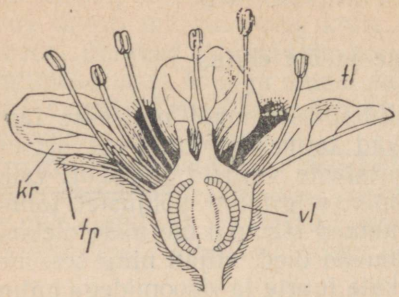
Taimede õitsemine ja õie ehitus

Taimede õitsemine on üks silmapaistvamaid protsesse taime elus. Õitsemise momendiks jõuavad taime vegetatiivsed organid juba koguda endasse küllaldasi toitainete varusid: suhkrut, valku, rasva jm. Seni veel mittetäielikult selgitatud põhjustel toimub taime arengus järsk murrang: varuained lähevad üle uude olekusse ja vegetatiivsete osade asemele ilmuvad õied, viljad ning seemned.

Puud ja põõsad, samuti ka lihakate juurte ja risoomidega mitmeaastased taimed õitsevad tavaliselt kevadel või suve algul nende toitainete varude arvel, mis on kogunenud eelmise suve jooksul. Meie puuviljaaedade viljapuud pakuvad õitsemise ajal värviküllast pilti. Juba ammu enne viljapuude õitsemist, alates peaaegu lume sulamise ja maa lumikatte alt vabanemise ajast, vahel isegi enne lume sulamist, ilmuvad üksteise järel kirjuvärvilised kevadõied. Ajal, mil kevadel metsas puhkevad ja tolmlevad sarapuu isasõied, võime juba leida mitmeid õitsvaid taimi, nagu lõokannus, ülane, kuldtäht, muskuslill, seljarohi, kopsurohi, paiseleht, metspipar, kanakoole, nurmenukk ja palju teisi. Iga järgnev soe päev äratab elule üha uusi ja uusi liike ja viljapuude õitsemise ajaks võime leida metsas ning põldudel kolm- kuni nelikümmend õitsvat taimeliiki. Enamik kevadtaimi õitseb eelmise suve jooksul kogunenud toitainete varude arvel. Kogu suve kestel ja kuni hilissügiseni õitseb ikka uusi ja uusi sadasid taimeliike. Paljud üheaastased taimed jõuavad mõne nädala või mõne kuu jooksul moodustada oma vegetatiivsed organid ja koguda õitsemiseks ning edaspidiseks viljade valmimiseks vajalikke orgaaniliste ainete varusid.

Taimede õitsemine on seotud taime kindla vanusega, kuigi välised tegurid — valgus, soojus, niiskus ja toitesoolad — võivad õite ilmumist kas kiirendada või pidurdada. On teada, et lämmastiku ja niiskuse küllus pidurdab õitsemist (kõrrelised, kartul), kuna vee ja mineraalse toidu puudus sunnib halvasti arenenud taimi enneaegselt õitsema (tatar). Puude õitsemist saab kiirendada ja suurendada, kui nende tüved tihedalt ümbritseda raudvitsaga. Sel juhul võivad juba viieaastased õunapuud vilja anda.

Vaadeldes tähelepanelikult õitsvaid taimi kasvuperioodi vältel, tuleme järeldusele, et nende seas esineb suur hulk vähemärgatavate õitega eksemplare. Ühtede selliste taimede (paju, pärn, reseeda) õied on, nagu eredate õitega taimedelgi, aromaatsed ja meelitavad enda juurde suurel hulgal mesilasi, kimalasi, liblikaid ja teisi tolmeldajaid; teised aga on mitte ainult vähemärgatavad, vaid ka ilma igasuguse aroomita (lepp, mänd, kask, rukis). Esimesi taimi nimetatakse putuktolmlejaiks (entomofiilseiks), teisi aga tuultolmlejaiks (anemofiilseiks). Anemofiilsetel taimedel on tolmlemisprotsess võimalik ainult tohutu suure tolmuterade hulga puhul, sest tolmlemise edu sõltub tuule sihist ja tugevusest.



Joonis 79. Kiviriku õie osad:
tp — tupplehed; *kr* — kroonlehed; *tl* — tolmukad; *vl* — emakat moodustavad viljalehed.



Joonis 80. Valge vesiroos *(Nymphaea alba)*:
A — taime väline kuju; B — tolmukad ja kroonlehed.

Õis kui muundunud võsu

Õite lähem vaatlus näitab, et neil on tavaliselt järgmised osad: tupest ja kroonist koosnev õiekate, tolmukate ring (andrötseum) ja viljalehtede ring (günetseum) (joonis 79). Esimesel pilgul võib selline õie organite mitmekesisus näida imelikuna.

Vaadeldes valge vesiroosi *(Nymphaea alba)* õie ehitust, võib kergesti märgata järkjärgulist üleminekut tupplehtedelt kroonlehtedele ja kroonlehtedelt tolmukatele.

Õis — see on lühenenud sõlmevahedega muundunud (metamorfoseerunud) võsu, mille lehed on vähem või rohkem muundunud ja muutunud üksikuiks õie osadeks, mis kinnituvad õiepõhjale kui lühenenud varrele (joonis 80).

Õie võsu alumine osa on sageli õieraona välja veninud; viimase ülesandeks on õie kinnitamine varrele. Lühenenud õieraagude puhul näivad õied raotuina. Võsu ja lehtede õieks muundumise nähet nimetatakse metamorfoosiks; seda nähet tõestas esimesena poeet ja naturalist Goethe. Selle tõestuseks võib peale valge vesiroosi tuua veel palju teisi fakte. Osutame kas või täidisõitele (magunal, nelgil, pojengil jt.), milledel on märgata tolmukate ja emakate muundumist kroonlehtedeks (joonis 81, I ja II).

Õied on viljade ja seemnete tekkimiseks, kusjuures viimased tekivad kas pärast

viljastamist või, harukordsetel juhtudel, ka ilma viljastamiseta (partenogenees). Viimane juhus esineb näiteks võilillel, hundituba-kal ja teistel taimedel. Seemneta kurkidel, õuntel, pirnidel, viinamarjadel ja banaanidel toimub mahlaka sigimiku arenemine ilma samaaegse seemnete arenemiseta (partenokarpia). Partenokarpsed viljad arenevad ilma viljastamisprotsessita. Valdaval enamikul juhtudel eelneb viljade ja seemnete tekkimisele kaks protsessi: t o l m l e m i n e ja v i l j a s t a m i n e. Nende kahe protsessi edukaks teostamiseks ongi kohandatud õite ehitus, mispärast tutvume järgnevalt õie ehituse üksikasjadega.

Õiekate

Õiekate on kas kahekordne, koosnedes tupest ja kroonist (pojeng, kartul, maran), *või lihtne,* koosnedes ühetaolistest lehekestest.



Joonis 81. Õiekatte liike:
I — lihtõielise pojengi õiekroon; II — täidisõielise pojengi õiekroon; III — kahekordse õiekattega pojengi õie ehitus (pikilõige): *õr* — õieraag; *t* — tupp; *k* — kroonleht; *e* — emakas; *tl* — tolmukad; IV — lihtsa õiekattega upsujuure õis; V — soovõha õiekatteta õis.

Lihtne õiekate võib olla kas t u p j a s, mis koosneb rohelistest lehtedest (kanep, peet), või k r o o n j a s, mis koosneb värvilistest lehtedest (tatar, upsujuur) (joonis 81). Vahel õiekate kas puudub täielikult või esineb algelisel kujul; neil juhtudel etendavad tema osa soomused, karvad, harjased jne. (kõrrelised, tarnad, pajud).

Õiekatte ülesanne seisab ühelt poolt õie õrnemate ja tähtsamate osade (tolmukate, emakate) kaitsmises kuivamise ja külma eest, teiselt poolt aga on ta ere värvus entomofiilsetel taimedel signaliseerijaks putukaile. Kahekordse õiekatte korral täidab esimest ülesannet tupp, teist aga kroon, s. t. ta on putukate juurdemeelitamiseks.

T u p p koosneb kas omavahel kokkukasvanud rohelistest tupplehtedest (joonis 82) (kassinaeriliste, huulõieliste ja liblikõieliste



Joonis 82. Õietuppede liike:
Korrapärane: 1 — koerapõõrirohul, 2 — põisrohul. Korrapäratu: 3 — ristikul, 4 — salveil. Kahekordne: 5 — maranal. Lendkarvadest koosnev: 6 — karuohakal.

liitlehine tupp) või üksikuist, eraldi olevaist tupplehtedest (tulikaliste, ristõieliste, linaliste lahklehine tupp). Vahel kaitseb tupp ainult õiepunga ning langeb hiljem ära, näiteks maguna kaks tupplehte. Paljudel juhtudel ei piirdu tupe osatähtsus üksnes kaitsefunktsioonidega. Osaliselt etendab ta ka assimilatsiooniorgani osa ning jääb püsima ja suureneb vilja ümber, olles sellele kaitseks valmimise perioodil. Mõnikord muundub tupp lendkarvadeks, soodustades sellega viljade laialikandmist (korvõielised).

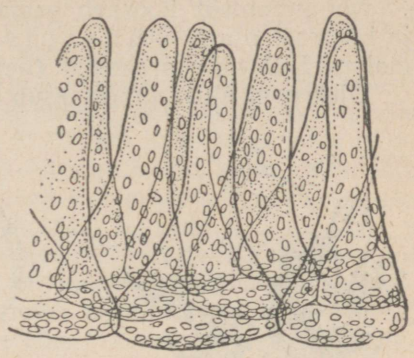
V ä l i s t u p e k s nimetatakse õitel vahel esinevat välist lehtede rida (roosõielised, kassinaerilised) (joonis 82, 5). Nad moodustuvad kas abilehtedest (roosõielistel) või kattelehtedest (kassinaerilistel).

Õ i e k r o o n koosneb kroonlehtedest — muundunud lehtedest,

mis on mitmesuguse värvusega; kõik valguskiired, olles seetõttu on kroonlehe parenhüüm eriti rikas õhuga täidetud rakuvaheruumidest. Õiekrooni mitmesugune ere värvus, nagu juba mainitud, sõltub kolmest põhjusest: 1) pigment antotsüaanist, mis on kas punase, tumesinise või helesinise värvusega (magun, kopsurohi, ussikeel); 2) pigment antokloorist, mis annab kollase värvuse (kollane daalia, nõiahammas, käokannus); 3) kromoplastidest, mis on kas oranži või kollase värvusega (päevalill, mungalill).

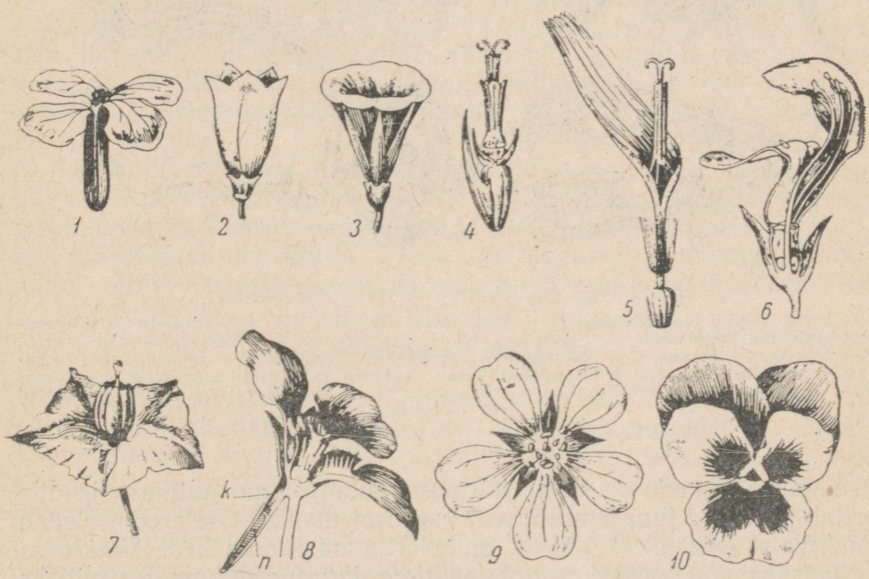
Kroonlehtede välispind on sageli kattunud papillidega, mis annavad kroonlehtedele sametja ilme (joonis 83).

mõnikord peegeldavad nad tagasi valge värvusega. Viimasel juhul



Joonis 83. Osa priimula kroonlehe epidermisest.
Epidermise rakud on välja veninud papillideks, mis teevad kroonlehe pinna pehmelt konarliseks, sametjaks. Rakkudes asuvad kromoplastid (suurendatud 500 ×).

Õiekroon on liitlehine (kõrvits, ristik, tomat), kui kroonlehed kasvavad omavahel kokku, ja lahklehine (tulikas, magun, kapsas), kui kroonlehed eralduvad vabalt üksteisest. Kokku-

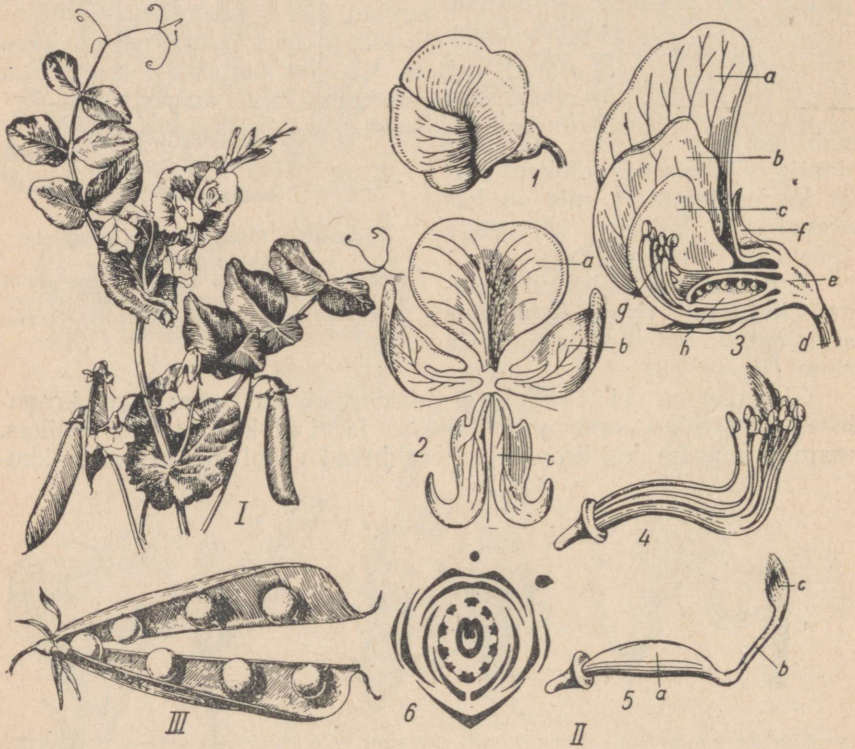


Joonis 84. Õiekroonide liike:
1 — ristikukujuline; 2 — kellukjas; 3 — lehterjas; 4 — putkjas; 5 — keeljas; 6 — kahehuuleline; 7 — ratasjas; 8 — kannusega (k) kroon, millesse koguneb nektar — n; 9 — korrapärane (aktinomorfne) õis; 10 — korrapäratu (sügomorfne) õis.

kasvamise määra järgi võib liitlehine kroon olla h a m b u l i n e, h õ l m i n e, l õ h i n e ja j a g u n e.

Iga kroonleht koosneb peenemast osast — p i n n u k e s e s t ja laiemast osast — n a a s t u s t, mis on kas väiksemal või suuremal määral välja arenenud (nelk).

Õiekrooni aluse juures asub sageli kas pinnukesel või õiepõhjal



Joonis 85. Söögihernes ja selle õie ehitus:

I — varre ülemise osa üldvaade: II — korrapäratu õie osad; 1 — õie üldvaade; 2 — üksteisest eraldatud kroonlehed: *a* — puri, *b* — tiivad, *c* — laevuke; 3 — õis pikilõikes; *a* — puri, *b* — tiivad, *c* — laevuke, *d* — õieraag, *e* — õiepõhi, *f* — tupplehed, *g* — tolmukad, *h* — emakas; 4 tolmukad, milledest 9 on putkeks kokku kasvanud ja piiravad emakat; 5 — emakas; *a* — sigimik, *b* — emakakael, *c* — emakasuue; *6* — õie diagramm. III — pakatanud vili — kaun.

m e e n ä ä r e, mis on vahel kattunud soomustega (tulikas) ja mis eritab putukaid juurdemeelitavat magusat mahla. Õie aroom oleneb lenduvaist eeterlikest õlidest, mida eritavad kroonlehed. *Õiekrooni peamiseks ülesandeks on tolmeldajate juurdemeelitamine,* milleks ongi ta ere värvus, aroom ja nektar.

Õiekroonide kujud on väga mitmesugused. Joonisel 84 on toodud mõningad neist: r i s t i k u j u l i n e lahklehine kroon, mis

koosneb neljast, tupplehtedega vahelduvast kroonlehest (ristõielised); kellukjas — meenutab kujult mõningal määral kellukest (kellukõielised); lehterjas on lehtri kujuga (kassitapp); putkjas (korvõielised) kujutab endast altpoolt vähe laienevat toru; keeljas — esineb sageli korvõielistel (võilill jt.), koosnedes viiest omavahel lameda plaadina kokkukasvanud kroonlehest; kahehuuleline koosneb kahest huulest, mis on kujunenud viie kroonlehe kokkukasvamisel toruks, kusjuures kaks kroonlehte moodustavad tolmukaid kaitsva kiiverja ülemise huule, kolm kroonlehte aga alumise huule, mis on tavaliselt kolmehõlmaline (niisugune õiekroon esineb huulõieliste perekonna taimedel); ratasjas (kartul) on lühikese putke ja laia lameda naastuga; kannusega (mungalill) õiekrooni alumine osa on välja venitunud pikaks kannusetaoliseks jätkeks, millesse koguneb magusat mahla (nektar); korrapärane lahklehine (kurereha); korrapäratu lahklehine kroon (kannike).

Omapärase ehitusega on liblikjad õiekroonid liblikõieliste sugukonna taimedel (hernes jt.) (joonis 85). Nad koosnevad purjest — suurest kroonlehest, kahest tiivast — külgmistest kroonlehtedest ja laevukesest, mis on tekkinud kahe kroonlehe kokkukasvamisel. Tavaliselt on tolmukad peitunud laevukesse. Putukad vajutavad oma raskusega tiibadele, viimased tõmbavad laevukese allapoole, kusjuures tolmukad löövad vastu putuka tagakeha ja puistavad sinna oma tolmuteri.

Kõik üialloetletud õiekatte kujud jagunevad kahte rühma: korrapärased ehk aktinomorfsed (kiirjad), milledest võib läbi tõmmata mitu vertikaalset sümmeetriatasapinda, ja korrapäratud ehk sügomorfsed, milledest võib läbi tõmmata ainult ühe sümmeetriatasapinna, mis jaotab õie kaheks sümmeetriliseks pooleks.

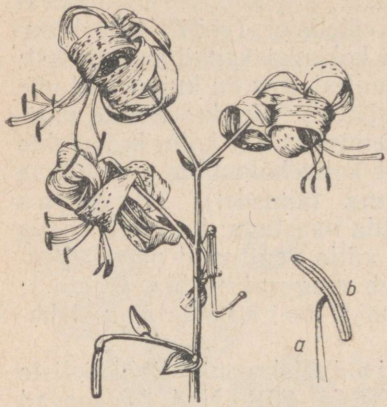
Looduses esinevad mitmesugused õiekatete kujud, vahel üpris kummalised, on välja arenenud taimede pikaajalisel kohanemisel putukate mitmesuguste vormidega. Kahtlemata kohanevad ka putukad-tolmeldajad omakorda õitega ja koguvad loodusliku valiku mõjul endile kasulikke omadusi, mis kinnistuvad nende järglastes.

Tolmukad ja emakad

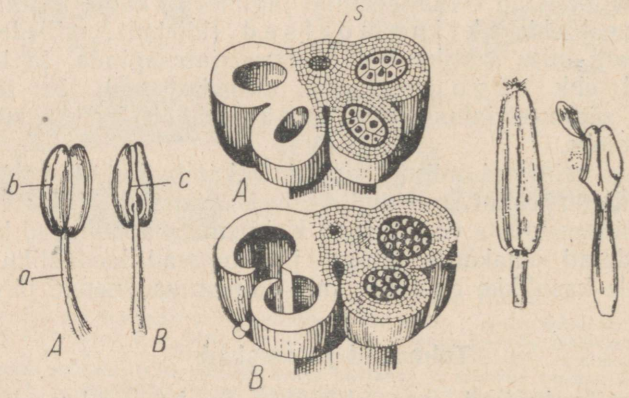
Sama mitmekesised oma ehituselt on ka tolmukad ja emakad, mis samuti põlvnevad plastilisest organist — lehest. Tolmukate arv andrötseumis on mitmesugune. Kui neid on alla 12-ne, siis näidatakse täpselt nende arv; on neid aga üle 12-ne, siis öeldakse, et neid on palju.

Iga tolmukas koosneb tolmukaniidist ja tolmukapeast. Küpsel tolmukapeal on kaks tolmukotti, mis on teineteisest eraldatud vahemise osaga, nn. seosega, millele kinnitub tolmukaniit. Tolmukaniidi ja seose vaheline liigestus võib olla kas liikumatu või liikuv. Esimesel juhul on tolmukapead liikumatud, teisel juhul aga kõiku-

vad (joonis 86). Kõikuvate tolmukapeadega on tegemist ka siis, kui tolmukaniit on pikk ja peenike (rukis). Androtseum ehk tolmukkond võib koosneda kas vabadest või omavahel kokkukasvanud tolmukatest. Kokku kasvada võivad kas tolmukapead (korvõielistel) või tolmukaniidid. Seejuures eristatakse *üherühmalisi* tolmukaid, kui omavahel kasvavad kokku kõik tolmukad (tokkroos), ja *kaherühmalisi*, kui tolmukad kasvavad kokku kaheks kimbuks või kui üks tolmukas jääb vabaks (hernes). Tolmukate kõige olulisemaks osaks on mikroskoopiliselt väikesed moodustised — *tolmuterad* (mikrospoorid), mis täidavad suurel hulgal tolmukapea pesi. Tolmuterad tekivad tolmukapea pesades mesofülli-rakkudest nende jagunemisel nelja ossa. Tekkinud *tetraadid* lagunevad küpsemisel üksikuiks tolmuteradeks.



Joonis 86. Türgi liilia (*Lilium martagon*) liilialiste sugukonnast. Kõikuvate tolmukapeade näide:
a — tolmukaniit; *b* — tolmukapea.



Joonis 87. Tolmuka ja tolmukapea ehitus:
Vasakul kaks koerapõõrirohu tolmukat: A — väljastpoolt, B — seestpoolt; *a* — tolmukaniit, *b* — tolmukapea, *c* — seos. Joonise keskel — kaks ristlõiget tolmukapeast; A — enne tolmukapea avanemist, B — pärast avanemist, *s* — juhtkimp. A-s arenevad veel tolmuterad, B-s — tolmuterad on küpsed. Paremal — kartuli ja kukerpuu tolmukad (*Borodini* järgi).

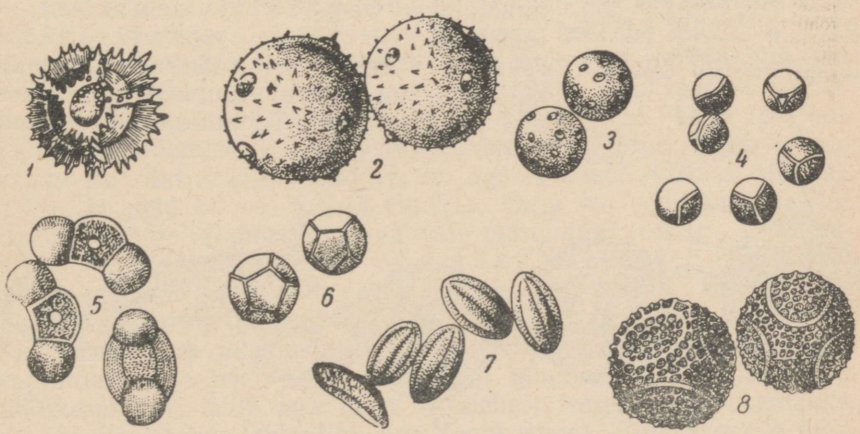
Tolmukapeade uurimine mikroskoobi abil näitab, et varasemas arenemise staadiumis on neil neli pesa ja ainult küpsetel tolmukapeadel laguneb vahesein kõrvutiste pesade vahel ning moodustub

kaks pesa (joonis 87). Tolmukapeade avanemine küpsemisel toimub mitmel viisil: 1) piki tolmukotte kulgevaid lõhesid (kapsas, päevalill), kusjuures ühtedel juhtudel tekivad lõhed välisel küljel, teistel juhtudel aga sisemisel; 2) otstes olevate augukeste kaudu (kartul) ja 3) eriliste kaanekeste kaudu (kukerpuu). Tolmukapea sein koosneb kolmest kihist: väljaspool asub e p i d e r m i s, selle all kiuline ehk f i b r o o s n e k i h t ja seespool — t a p e e t k i h t.

Fibroosne kiht koosneb perpendikulaarselt tolmukapea pinnaga väljaveninud sammasrakkudest. Nende rakkude kestadel on hõreda spiraalina paksenenud puitunud ribad. Fibroosse kihi olemasolu tingib tolmukapea küpsemisel kudede ebaühtlast kokkutõmbumist ja soodustab selle seinte lõhkemist. Tapeetkiht koosneb lamedaist epiteelrakkudest, mis etendavad tähtsat osa valmivate tolmu-

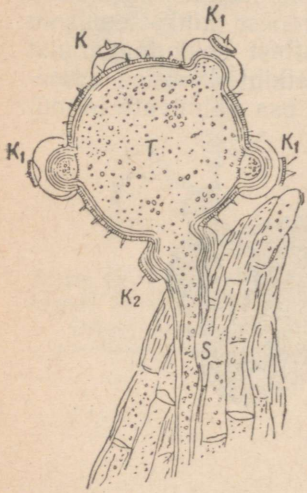


Joonis 88. Liilia tolmuka ehitus:
1 — tolmukas: *a* — tolmukaniit; *b* — kõikuv tolmukapea; *c* — tolmuterad; 2 — kuus tolmukat ja üks emakas; 3 — liilia tolmukapea läbilõikes: *a* — epidermis; *b* — fibroosne kiht; *c* — tapeetkiht; *d* — juhtkimp; *e* — seose põhikude; *f* — tolmukapea õõs; *g* — tolmuterad.



Joonis 89. Tolmuterad (suurel suurendusel):
1 — siguril; 2 — kõrvitsal; 3 — kassitapul; 4 — kanepil; 5 — männil; 6 — nelgil; 7 — salveil; 8 — kannatusliillel.

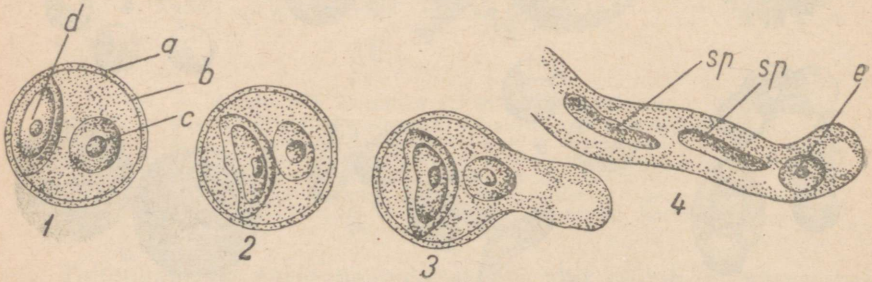
terade toitmisel (joonis 88). Tolmuteri võib üksikasjaliselt tundma õppida ainult tugeval suurendusel. Luubiga on nad vaevalt märgatavad ja ainult suurimad neist (kõrvitsal) on eraldatavad palja silmaga ülipeene pulbri näol. Mikroskoop võimaldab eristada tolmuteradel mitmesuguseid väliskesta paksendeid ogade, mustrite, harjakeste ja teiste konaruste näol, mis soodustavad õietolmu paremat kleepumist emaka suudmele (joonis 89). Üldse sõltub tolmuterade väliskuju tolmlemisviisidest. Tuultolmlejail taimedel on nad kerged ja kuivad ning puistuvad seepärast kergesti tolmukapeadest välja ja kanduvad tuulega laiali. Putuktolmlejail taimedel on tolmuterad suuremad, kleepuvad ning nende kestal on mitmesuguseid väliseid paksendeid. Paljasseemnetaimede (okaspuud) tolmuterad on varustatud kahe õõnsa õhukotiga, mis on tekkinud väliskestast.



Joonis 90. Tolmutera (T) idanemine emaka suudmel S (suur suurendus): K — kesta ava sulgev kaaneke; tolmutera paisuva sisu rõhu tõttu kerkivad need kaanekesed idanemise puhul üles (K_1); üks neist (K_2) on nihkunud päris kõrvale ja on avanud läbipääsu pikenevale torule.

Mitmesuguste taimede tolmuterade üksikasjaline vaatlus näitab, et peale väliskesta, mis on rikas kutiiniga sarnastest ainetest ja mida nimetatakse eksiiniks, on veel sisemine õhuke pektiinkest — intiin. Väliskest on varustatud peale paksendite veel mitme avaga, mis on vahel kattunud kaanekestega. Avade kaudu tulevad välja tolmutorud, mis tekivad intiini väljasopistumise tagajärjel (joonis 90).

Valminud tolmutera koosneb kahest tuumaga rakust, mis pole teineteisest tsellulloosse kestaga eraldatud; suuremat neist nimetatakse vegetatiivseks, teist — läätsekujulist — generatiivseks rakuks. Viimane on väiksem ja asub küljepool, ta koosneb tuumast ja eraldunud protoplasmast. Tolmuterad sisaldavad

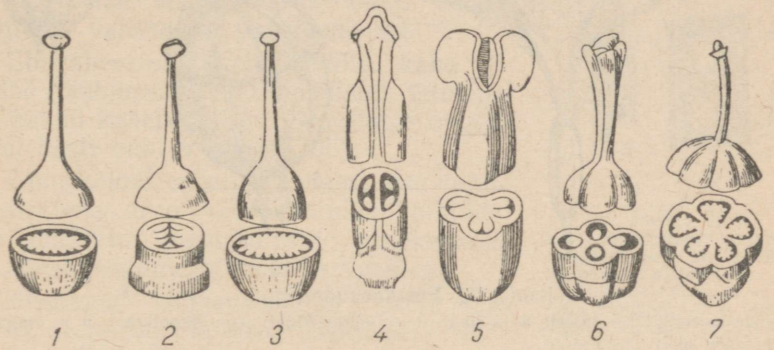


Joonis 91. Tolmutera ehitus ja idanemine:
1 ja 2: *a* — väliskest (eksiin); *b* — sisekest (intiin); *c* — vegetatiivne tuum; *d* — generatiivne tuum; 3 — tolmutera idanemise algus; 4 — tolmutoru ots; *e* — vegetatiivne tuum; *sp* — *sp* — generatiivse raku jagunemisel tekkinud gameedid (spermiumid).

mitmesuguseid keemilisi aineid: valke, süsivesikuid, rasvu, tuhk- ja pektiinaineid ning mitmesuguseid fermente.

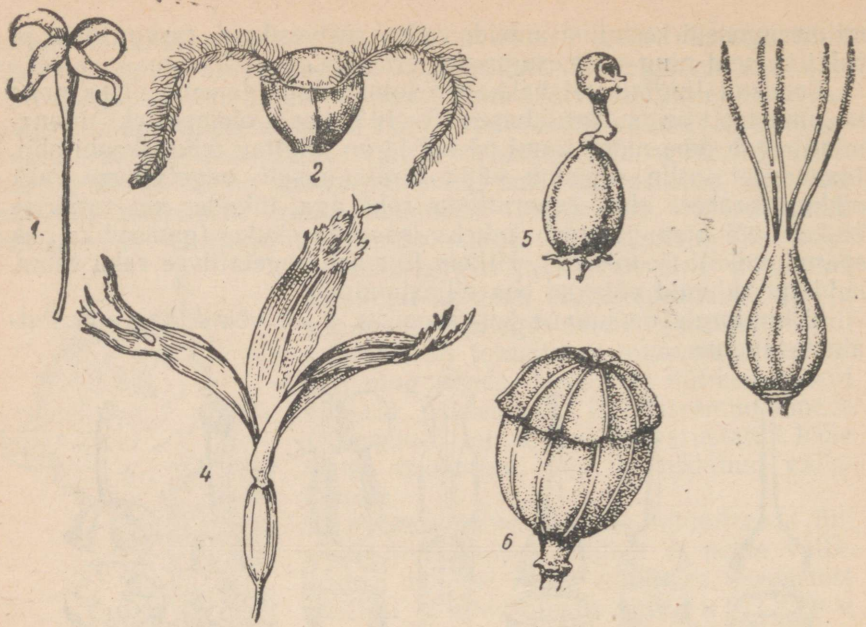
Soodsail tingimustel hakkavad tolmuterad idanema. Üks neist tingimustest on suhkrulahuse (5—10%-lise) olemasolek. Idanemine algab juba mõne tunni pärast ja on jälgitav mikroskoobi abil. Idanemisel intiin sopistub välja torukujuliselt, vegetatiivne rakk nihkub torukese otsa, generatiivne rakk aga, liikudes kas torukese keskele või otsa, jaguneb kaheks isassugurakuks (gameediks ehk spermiumiks) (joonis 91). Hiljem laguneb vegetatiivse raku tuum, kuid spermiumid võtavad osa viljastamisest.

Tolmutorule on omane kemotropism, s. o. võime kasvada toitainete suunas.



Joonis 92. Mitmesuguse kujuga emakad risti läbilõigatud sigimikkudega: 1 — nurmenukul; 2 — ubalehel; 3 — maavitsal; 4 — kuldlakil; 5 — tulbil; 6 — raudürdil; 7 — kuningakübaral.

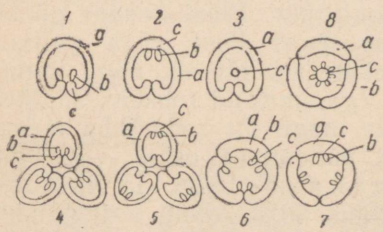
Asume nüüd analüüsima *günetseumi* ehk emakkonna, s. o. õie kõige sisemise osa ehitust. Günetseum koosneb ühest või mitmest *emakast*, mis on moodustunud tugevasti muundunud lehtedest, nn. *viljalehtedest* (joonis 92). Emakate arv günetseumis võib olla väga mitmesugune, ühest kuni väga paljuni. Taime kirjeldamisel märgitakse emakate arv täpselt, nagu tolmukategi arv, kui neid on kuni 12; on aga emakaid rohkem, siis öeldakse, et neid on palju. Iga emakas, nagu me seda juba teame, koosneb kõige alumisest (tavaliselt pundunud) osast — *sigimikust*, keskmisest osast — *emakakaelast* ja ülemisest osast — *emakasuudmest* (joonis 93). Juhul kui puudub emakakael, nimetatakse suuet *istuvaks* (näiteks magunal). Kui emakas on moodustunud mitme viljalehe omavahel kokkukasvamise tagajärjel, siis nimetatakse günetseumi liitviljalehiseks (sünkarpseks); tekib aga igast viljalehest iseseisev vaba emakas, siis on günetseum lahkviljalehine (apokarpne). Emaka osade ülesanded on järgmised: emakasuue võtab vastu tolmuteri tolmlemisprotsessil; emakakael ühendab suuet sigimikuga ja tõstab suudme



Joonis 93. Emakasuudmeid:
1 — põdrakanepil; 2 — lustel; 3 — linal; 4 — võhumõõgal; 5 — kannikesel; 6 — magunal.

kõrgemale; sigimikus asuvad seemnepungad ehk seemnealgmed (makrosporangiumid), millest pärast viljastumist arenevad seemned. Sigimik ise muundub viljaks. Seega on sigimik ühes oma seemnealgmetega günetseumi kõige olulisemaks osaks.

Seemnealgmete asetus sigimikus sõltub viljalehtede arvust ja nende kokkukasvamise viisist (joonis 94). Eristatakse ühe-, kahe-, kolme- ja mitmepesalisi sigimikke. Ühepesalised sigimikud võivad olla moodustunud kas ühest või mitmest viljalehest. Seejuures kasvavad viljalehed kokku servadelt ja sellele veidi paksenenud kokkukasvamiskohale, mida nimetatakse seemnekandjaks ehk platsentaks, kinnituvad seemnealgmed. Seda liiki platsentasid nimetatakse seinmisteks. Kahe- ja mitmepesalistel sigimikkudel toimub kokkukasvamine viljalehtede servade kokkukäändu-



Joonis 94. Sigimikkude ristlõigete skeem:
1—3 — ühelehesed sigimikud platsenta mitmesuguse asetusega; 4—5 — kolmelehesed ja kolmepesased sigimikud; 6—8 — kolmelehesed ühepesased sigimikud platsentade mitmesuguse asetusega: *a* — sigimiku sein; *b* — seemnealgmed; *c* — platsenta (seemnekandja).

mise teel; seejuures satuvad platsentad ühes seemnealgmetega tsentrisse, mistõttu sellist platsentat nimetatakse **kesksekss** ehk **tsentraalseks**.

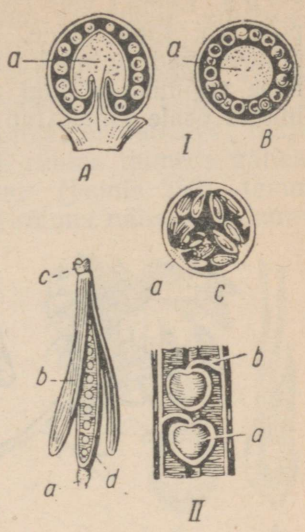
Telgmiseks nimetatakse niisugust platsentat, millel on ühepesalise sigimiku põhjalt tõusva sambakese kuju, kusjuures see sigimik on moodustunud mitmest viljalehest (nurmenukulistel ja mõnedel nelgilistel). Telgmise platsenta moodustumine toimub viljalehtede kokkukasvamise puhul ainult nende servi mööda ühes sellele järgneva vaheseinte purunemisega.

Ebavaheseina tekkimise tõttu kahe viljalehe õmblusest on ristõielistel taimedel sigimikud kahepesalised. See ehitus on viljadel hästi nähtav (joonis 95).

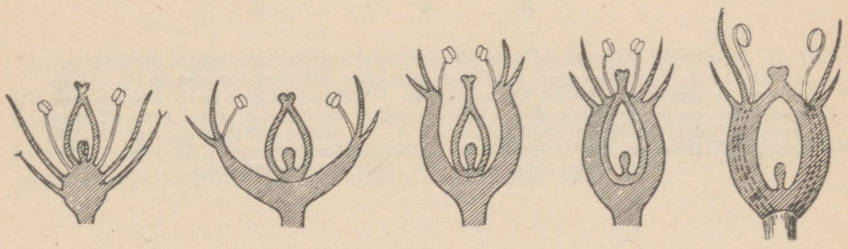
Günetseumi moodustamisest osavõtnud viljalehtede arvu võib enamikul juhtudel ära määrata olemasolevate emakakaelte või emakasuudme hõlmade arvu järgi.

Lühenenud sõlmevahedega varre osa, millel arenevad õie osad (õielehed), nimetatakse **õiepõhjaks**.

Õiepõhja vähese väljaarenemise puhul asetseb sigimik õiepõhja tipus ja õie kõik ülejäänud osad kinnituvad allapoole sigimikku. Sellist õit nimetatakse **vaba ülemise sigimikuga** õieks. Kui õiepõhi omandab välja arenedes karikataolise kuju ja sigimik asub kas ühel kõrgusel ülejäänud õie osade kinnituskohaga või sellest madalamal, siis on õis **vaba keskmise sigimi-**

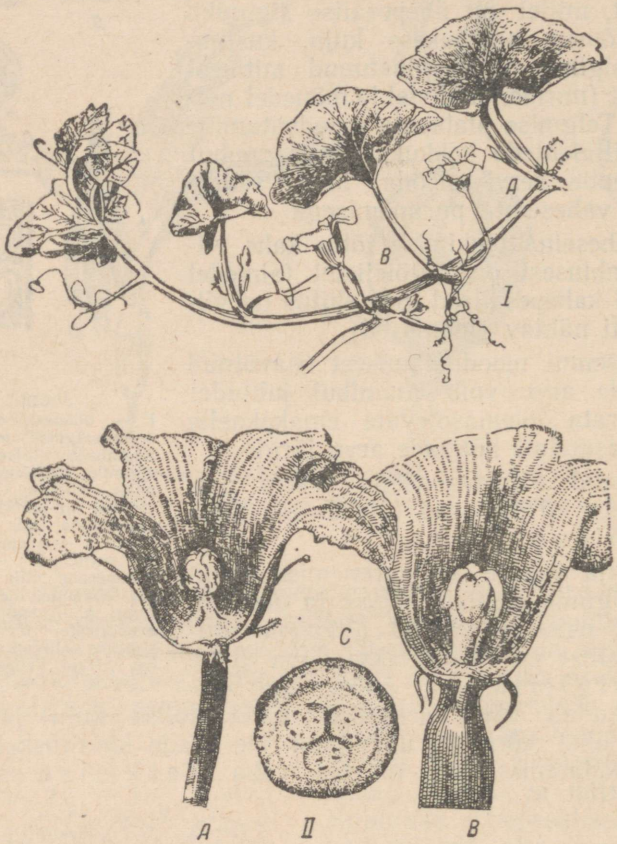


Joonis 95.
I — ühepesased sigimikud; seemnealgmed on kinnitatud telgmisele platsentale; A — sigimiku pikilõige; B — sigimiku ristlõige; C — seemnealgmed on kinnitatud kolmele platsentale, mis asuvad piki seinu: *a* — seemnekandja ehk platsenta; II — ristõielise kahepesane vili: vasakul levkoi lõhkenud kõder: *a* — õieraag; *b* — kõdrapoole; *c* — emakasuue; *d* — seemneid kandev vahesein; paremal — osa levkoi vaheseinast: *a* — seeme; *b* — seemnejalg.



Joonis 96.
A — ülemise sigimikuga õie skeem. B ja C — keskmise sigimikuga õie skeemid. D — alumise sigimikuga õie skeem, — sigimik on moodustunud viljalehtede kokkukasvamisel õiepõhjaga. E — alumise sigimikuga õie skeem, — sigimik on moodustunud viljalehtede kokkukasvamisel tupplehtede, kroonlehtede ning tolmukate alumiste osadega.

kuga. Lõpuks võib õis olla alumise sigimikuga, kui õiepõhi või tupplehtede, kroonlehtede ja tolmukate alumised osad ümbritsevad sigimikku ning kasvavad sellega tihedalt kokku. Alumise sigimikuga õitel näivad õiekate ja tolmukad sigimiku ülemisele osale kinnitatud olevat (joonis 96).



Joonis 97. Kõrvits *(Cucurbita pepo)* kõrvitsaliste sugukonnast: I — taime üldvaade: varred on haaravad, kõitraod hargnenud; A — isasõis; B — emasõis; taim on ühekojane; II — kõrvitsa õied; õiekatte eesmine osa on eemaldatud; A — isasõis: näha on õieraag, tupplehed, liitlehise krooni lehed ja kokkukasvanud tolmukad; B — emasõis: näha on alumine sigimik, tupplehed, liitlehine kroon, emakakael ja kolmehõlmane suue; C — sigimik läbilõikes; on näha kolm pesa ühes seemnealgmetega.

Andrötseumi ja günetseumi esinemine ühes ja samas õies on iseloomulik nn. kahesugulistele ehk hermafrodiitsetele õitele (rukis, hernes, päevalill). Peale niisuguste õite, mille-

del on andrötseum ja günetseum, esineb looduses ka ühesugulisi õisi, kusjuures isasõied omavad ainult tolmukaid, emasõied aga ainult emakaid. Isasõisi märgitakse märgiga ♂, emasõisi aga märgiga ♀. Ühesugulised õied, nii isas- kui ka emasõied, võivad asuda ühel ja samal taimel; sel juhul nimetatakse taime ühekojaseks. Juhul kui isas- ja emasõied asuvad eri taimedel, nimetatakse taime kahekojaseks. Esimese rühma taimede näiteks võivad olla kurk, kõrvits (joonis 97), mais (joonis 256), tamm, kask, sarapuu (joonis 172), mänd jt., teise rühma näiteks — kanep



Joonis 98. Kanep *(Cannabis sativa)*, kahekojane taim:
A — isastaim ja selle isasõitega *(a)* pööris. B — emastaim emasõitega *(b)* varre ladvas ja lehtede kaenlas. Vili — pähklike *(c)*.

(joonis 98), humal, paju (joonis 171), haab jt. Paljudel taimedel on osa õisi oma suguorganid täiesti kaotanud. Niisuguseid õisi nimetatakse sugutuiks, näiteks äärmised õied korvõieliste õiekorvides (rukkilill, päevalill); nende ülesandeks on ainult putukate juurdemeelitamine oma eredate õielehtede abil.

Õievalemid ja -diagrammid

Õievalemeid ja -diagramme kasutatakse mõnikord lühendatud tingmärkidena taimede kirjeldamisel. Sel juhul märgitakse lihtne õiekate tähega P *(Perigonium)*, tupp — tähega K *(Calyx)*, õiekroon — tähega C *(Corolla)*,

andrõtseum — tähega A *(Androeceum)*, günetseum — tähega G *(Gynaeceum)*. Osade arv igas ringis märgitakse ära numbritega, suurem arv (palju) aga lõpmatuse märgiga (∞). Klambrid tähendavad õieosade kokkukasvamist; ülemine sigimik märgitakse kriipsuga günetseumi numbri all, alumine sigimik aga kriipsuga günetseumi numbri peal. Korrapäratud, sügomorfsed õied märgitakse vertikaalse noolega ↕, korrapärased aga tähekesega ✻.

Näiteid:

Tulbi õis (joonis 231) märgitakse: ✻ P6, A6, G(3).

Herne õis (joonis 85) märgitakse ↕ K(5), C3+(2), A(9)+1, G1.

Tulika õis (joonis 168) märgitakse: ✻ K5, C5, A∞, G∞.

Õie diagramm joonestatakse ristlõikeist, mis on mõtteliselt tõmmatud läbi õie. Loomulikult tuleb õit enne hoolikalt uurida morfoloogilise analüüsi abil (joonised 184, 202, 232).

4. ÕISIKUTE LIIGID

Ainult suured õied asuvad taimel üksikult, väikesed on tavaliselt koondunud õisikuisse (joonis 99, I ja II).

Õisikutes asuvad õied õieraagudel. Õieraagude alustel leidub sageli erilisi lehti, mida nimetatakse kattelehtedeks. Mõnikord asuvad kattelehed tihedalt õisiku alusel ja moodustavad katted. Õisikud jagunevad kobarõisikuiks ja ebasarikõisikuiks.

Kobarõisikud ehk monopodiaalsed õisikud: 1) kobar on õisik, mille telje ladvas asuvad vahelduvas järjekorras märgatavate, järjest pikenevate õieraagudega õied (redis, piibeleht); 2) kännas tekib kobara alumiste õite õieraagude pikenemisel nii, et kõik õied asuvad umbes ühel tasapinnal (viirpuu, pirnipuu); 3) pööris on mitmekordselt hargnenud, harude otstes asuvad õied (pööriskõrrelised); 4) urb on pehme rippuva pearaoga, mille lühenenud harudele on kinnitunud õied (sarapuu); 5) pea sarnaneb kobaraga, kuid tema õied on raotud ja kinnituvad vahetult pearaole (teeleht); 6) liitpeal on pähikud pearaol (päised kõrrelised); 7) tõlvik — sarnaneb peaga, kuid on tugevasti paksenenud pearaoga (mais); tõlvik on tavaliselt varustatud kattega; 8) sarika õied asetsevad õieraagudel, mis väljuvad vihmavarjutraatide taoliselt ühest kohast; alusel esineb kate (kurekael, kirss, sibul); 9) liitsarikal on ühest kohast väljuvate sarika põhiharude otsas veel omakorda sarikad (putkelised); 10) nutt on tihedalt koondunud külgmiste õitega, mis istuvad lühenenud teljel (ristik); 11) korvõisik koosneb laienenud õiepõhjast, mis võib olla kas lame, kumer või õõnes ja millel tihedalt üksteise kõrval asetsevad üldkattega piiratud õied (päevalill).

Kõigil loetletud õisikutel esineb monopodiaalne hargnemine. Iga õisiku põlvnemine saab arusaadavaks, kui võrrelda seda levinuma õisikuga — kobaraga.

Ebasarikõisikud on dihhotoomilised või sümpodiaalsed: 12) dihaasium (e. kaheharuline ebasarikas) on õisik, millel esineb varre ebadihhotoomiline hargnemine (nelgilised), kusjuures kõik harud lõpevad õitega; 13) keeris on spiraalselt keerdunud sümpodiaalne õisik, millel kõik uued teljed tekivad ühel ja samal



Joonis 99. Õisikud:
I — peamiste õisikutüüpide skeeme: 1 — kobar; 2 — kännas; 3 — pööris; 4 — pea; 5 — liitpea; 6 — tõlvik; 7 — sarikas; 8 — liitsarikas; 9 — nutt; 10 — korvõisik; 11 — ebasarikas ehk dihaasium; 12 — võnkõisik; 13 — keeris, II — õisikud: 1 — toomingal; 2 — pirnipuul; 3 — nurmikal; 4 — teelehel; 5 — raiheinal; 6 — soovõhal; 7 — kirsil; 8 — porgandil; 9 — ristikul; 10 — takjal; 11 — nelgil, 12 — maranal; 13 — lõosilmal.

küljel; kõik teljed lõpevad ühele poole suunatud õitega (kopsurohi, lõosilm ja teised karelehelised); 14) võnkõisik on samuti sümpodiaalne õisik, mille külgmised teljed lõpevad õitega ja ilmuvad vaheldumisi kahelt küljelt (võhumõõk, kuremõõk, ojamõõl); 15) pleiohaasiumil on õiega lõppev peatelg; allpool õit areneb mitu kõrvaltelge, milledest igaüks lõpeb õiega jne. Pleiohaasiumi nimetatakse mitmeharuliseks ebasarikaks (piimalill).

5. TOLMLEMINE

Taimede tolmlemiseks nimetatakse tolmuterade (õietolmu) ülekandmist tolmukailt emakasuudmeile. Teame juba, et tuultolmlejail taimedel on tolmuterad kerged ja kuivad, putuktolmlejail taimedel aga on õietolm suhteliselt jäme, kleepuv ja varustatud eksiini väliste paksenditega. Vastavalt sellele on ka emakasuudmeil mitmesuguseid kohastumisi tolmuterade kinnipüüdmiseks. Esineb järgmisi suudmete kujusid: sulgjaid, hõlmiseid, nutjaid, niitjaid, tähtjaid jt. (joonis 93).

Tolmuterade ülekandmine tolmukailt emakaile toimub, nagu juba öeldud, kas tuule või putukate abil. Harvadel juhtudel toimub tolmlemine vee abil (vallisneeria). Troopikamaades on tolmeldajaiks ka väikesed linnud (kolibri jt.). Mõnedel juhtudel tuleb taimede kultiveerimisel (näiteks kurkide kasvatamisel kinnistes ruumides, kasvuhoonetes, lavades) kasutada kunstlikku tolmeldamist. Sedasama viisi kasutatakse ka sordiaretuses.

Kurkide kunstlikku tolmeldamist kasvuhooneis katsutakse asendada loomuliku tolmeldamisega mesilaste abil; selleks paigutatakse kasvuhooneisse tarusid.

Tolmukate ja emakate esinemine kõrvuti ühes ja samas kahesugulises õies annab põhjust arvata, et looduses on levinud isetolmlemine, s. o. tolmuterakeste otsene kandumine õie emakasuudmele sama isendi piirides. Isetolmlemist (autogaamia) esinebki tegelikult kleistogaamsete õitega taimedel. Kleistogaamseiks nimetatakse väikesi mitteavanevaid, isetolmlemiseks täiesti kohanenud õisi. Neid esineb tavaliste õite kõrval näiteks kannikesel, vikil, valgel iminõgesel, tähtheinal, maapähklil jt.

Isetolmlejate taimede hulka kuuluvad ka paljud kultuurtaimed: hernes, vikk, põlduba, sojauba, nisu, oder, kaer, hirss. Isetolmlemisele kohanenud taimed omavad kestva kultiveerimise mõjul püsivaid sorte, milledel on siiski sageli kalduvusi mandumiseks. Kõigil ülalloetletud põllumajandustaimede liikidel on väga palju püsivaid sorte. Sedasama ei saa öelda risttolmlejate taimede (rukis, mais) kohta, milledel toimub tolmuterade ülekandmine ühe indiviidi õielt teise õiele. Nende taimede sordid alluvad suuremal määral muutustele. Seejuures on aga risttolmlemisel oma eelised, võrreldes isetolmlemisega, millele osutas juba Ch. Darwin. Sel tolmlemisviisil saadakse elujõulisem järglaskond. Rist-

tolmlemine on üks taimede muutlikkuse põhjusi ja ta soodustab taimestiku liigilise koosseisu suurenemist. Sortidevahelist kunstlikku risttolmeldamist kasutatakse laialdaselt uute sortide aretamisel. Paljudel taimedel toimub isetolmlemine sel juhul, kui risttolmlemist mingil põhjusel ei teostunud.

Risttolmlemist (ksenogaamia) esineb looduses sagedamini kui isetolmlemist. Kõik kahekojased taimed on risttolmlejad. Ühekojastel taimedel toimub tolmlemine ühe ja sama taime eri õite vahel,



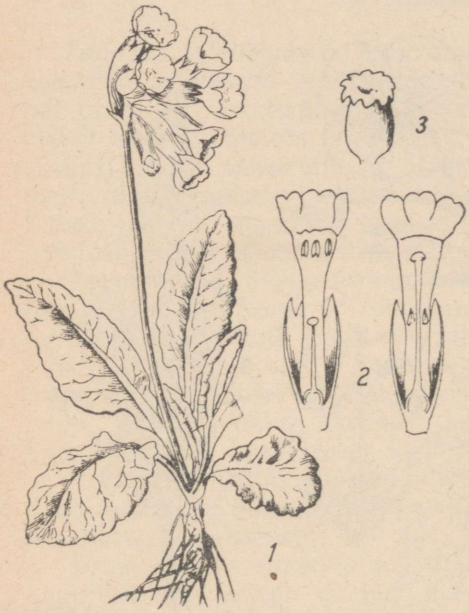
Joonis 100. Dihhogaamia näiteid:
I — aaskurereha *(Geranium pratense)* kurerehaliste sugukonnast: A — on näha sõrmlõhised lehed, viietised paaris asuvad õied, kure pead ja nokka meenutavad viljad. Aaskurereha õis (pärast tupe ja krooni eemaldamist): B — tolmukad on juba valminud ja avanenud, emakasuue aga pole veel küps; C — vähe hiljem — tolmukate niidid on paindunud ja osaliselt õietolmu kaotanud, emakasuue on aga avanenud ning valmis õietolmu vastuvõtuks; D — pakatanud vili, II — teelehe õisik. Õite avanemine ei toimu üheaegselt. Kõige ülemised õied pole avanenud, veel suletud keskmistest õitest ulatuvad välja tolmlemiseks valmid emakakaelad (♀). Alumised õied on juba oma emakakaelad kaotanud, kuid see-eest on pikad tolmukad lahti rullunud (♂).

kuid suuremalt osalt teostub nendelgi risttolmlemine eri isendite vahel, tänu isas- ja emasõite mitteüheaegsele valmimisele.

Kahesuguliste õitega taimedel on palju mitmekesiseid kohastumisi risttolmlemise teostamiseks. Neil on laialt levinud dihhogaamia — tolmukate ja emakate mitteüheaegne valmimine. Tolmukate varajasem valmimine (protandria) esineb rukkil,

kellukõielistel, korvõielistel, putkelistel, kassinaerilistel ja kurerehalistel (joonis 100). Varajasem emakate valmimine (protogüünia) on vähem levinud nähe. Seda võib tähele panna maarjaheinal, koerapöörirohul ja teelehel (joonis 100, II).

Nurmenuku, tatra, kukesaba ja teiste taimede õitel esineb nähtus, mida nimetatakse erikaelsuseks (heterostüüliaks). Selle nähtuse mõistmiseks tutvume hariliku nurmenukuga *(Primula officinalis)* (joonis 101).



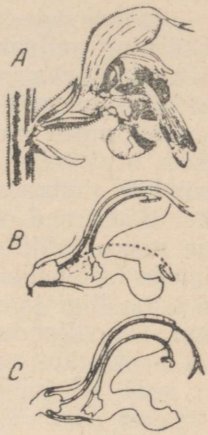
Joonis 101. Erikaelsuse näide. Harilik nurmenukk *(Primula officinalis)*:
1 — taime üldvaade; 2 — õied eri isenditelt; 3 — vili.

Selle rohumaataime kõik õied on koondunud õisikusse — sarikasse, mis asub lehtedeta varrel. Õied on kollased ja pöördunud ühele poole. Ühtede isendite õitel on tolmukad kinnitunud krooni putke ülemisele osale; neil õitel on emakakael lühike. Teistel isenditel on tolmukad kinnitunud aga krooni putke keskele; neil on emakakaelad pikemad. Niisugune õite ehitus soodustab risttolmlemist, mis toimub kimalaste abil. Oletame, et kimalane istus õiele, mille tolmukad on peidetud sügavale krooni putkesse; siis määrib kimalane õiemahla otsimisel oma suised õietolmuga. Lennates nurmenuku teistele isenditele, milledel on õied lühikeste emakakaeltega ja õieneelu kõrval asuvate tolmukatega, puudutab kimalane oma suistega lühikese emaka suuet ja tolmeldab seda, oma pea aga määrib ta kokku antud õietolmuga. Edasi lennates teisele taimele, mille õied on pika emakakaelaga, kannab kimalane oma peaga õietolmu pikakaelalise emaka suudmele, oma suised aga määrib ta sügavamal asetsevate tolmukate tolmuga jne. Kui sellele veel juurde lisada, et nende ja teiste õite tolm erineb omavahel oma suuruselt ja on võimeline idanemiseks ainult eritüübiliste õite emakasuudmetel, siis selgub, et kohanemine risttolmlemisprotsessiks on nurmenukul jõudnud teatava täiuslikkuseni. Nurmenuku õite kahekujulisust nimetatakse teisiti dimorfseks heterostüüliaks. Muud osad on nurmenuku õitel sarnased: tupp on vähe pundunud, liitlehine ja viie hambakesega; kroon on liitlehine,

pika silindrilise putkega, mis ülalpool on laienenud, krooni naast on lame ja sopiliste tipmetega.

Õige suure täiuslikkuse on saavutanud aas-salvei *(Salvia pratensis)* tolmlemine (joonis 102). Salvei õied asetsevad männastena lehtede kaenlas. Kahehuuleline tupp koosneb omavahel kokkukasvanud tupplehtedest; võrreldes krooniga on ta väike. Kroon on suur, sinine ja koosneb viiest kokkukasvanud kroonlehest, mis moodustavad kaks suurt huult — ülemise ja alumise. Ülemine huul on kiiverjas ja tema võlvi all on peidus tolmukad ning emakas; alu-





Joonis 102. Aas-salvei *(Salvia pratensis)* huulõieliste sugukonnast.
Kroonid on kahehuulelised, sinised, kahe tolmukaga ja ühe emakaga. Tuped on kahehuulelised. Lehtede asetus on vastak. Varred on neljakandilised. A — kimalase poolt tolmeldatav salvei õis; B — sama õis pikilõikes; C — täielikult väljaarenenud emakaga salvei õis.

mine huul on aga kolmehõlmane, olles salveid tolmeldavaile kimalastele istumiskohaks. Tolmukaid on salveil kõigest kaks. Nad on kinnitunud õiekrooni putke külge. Kumbki tolmukas koosneb lühikesest tolmukaniidist, millele on kinnitatud tugevasti suurenenud seos; viimase pikem ots lõpeb tolmukotiga, lühem ots aga on natuke jämenenud ning paindunud. Kogu tolmukas meenutab endast ebavõrdõlgset kangi. Kimalane, küünitades sügaval krooni tupes asuva nektari järele, puudutab kangide lühemaid õlgu ja saab selga löögi kahelt tolmukalt, milledelt puistub tema seljale kleepuvat õietolmu, mis jääb putuka karvasele kehale. Salvei vane-

mate õite emakas kasvab niivõrd, et ulatub oma kahehõlmase suudmega õiel istuva kimalase seljani ja sel teel kandub tolm ühelt õielt teisele. Toimub risttolmlemine.

Tutvuda arvukate kohastumisnähtustega risttolmlemise protsessiks on kõige parem suvel elavate õite vaatlemise teel.

Agronoomilise tegevuse praktikas ei hinnata kaugeltki alati putukate kui tolmeldajate osatähtsust. Tuleb võimalikult laiemalt arendada mesindust, sest mesilased annavad meile mitte üksnes mett ja vaha, vaid taimede tolmeldamisega tõstavad nad ka paljude kultuuride saagikust. Mesilased, kogudes õiemahla ja õietolmu, tolmeldavad tatart, kirsse, ploome, õunapuid, pirnipuid, aprikoose ning paljusid köögiviljа- ja rohumaataimi. Viimasel ajal on pööratud tähelepanu sellele, et ka punase ristiku *(Trifolium pratense)* seemnesaak sõltub mesilaste tegevusest, sest ristikut tolmeldavad mitte ainult kimalased, vaid mõnedel juhtudel ka mesilased.

Mesinduse arendamiseks tuleks külvata ja kasvatada meetaimi, milledest tähtsamad on tatar, pärn, keerispea, kurgirohi, ussikeel, valge ja roosa ristik, valge eba-akaatsia ja teised.

Taimede looduslikul risttolmlemisel satub emakasuudmele mitte üksnes sama liigi ja sordi õietolmu, vaid ka teiste liikide ja sortide oma. Puuviljanduses märgati juba ammu, et aed annab siis paremat saaki, kui seal peale põhisordi leidub veel teisi sorte. Näiteks saab sel juhul vilju rohkem, kui «Vladimiri kirsi» istanduses kasvab sort «Šubinka» ja teisi hapukirsisorte. Teiste sortidega tolmeldamine tõstab kirsi-, õuna-, pirni- ning muude puuviljade saaki. Ka risttolmlejatel põllutaimedel (rukkil, maisil, ristikul jt.) tõusevad saagid mitme sordi koos külvamisel. Taimed, mis on kasvanud hübriidseist seemneist, s. o. seemneist, mis on saadud eri liikidesse või sortidesse kuuluvate taimede ristamisel, osutuvad haiguskindlamaiks ja viljakamaiks. Mitmesugusest õietolmust, mis satub emakasuudmele, teostab viljastamist ainult parem tolm, sest taim omab viljastumisel valikuvõimet, nagu seda on tõestanud mitšuurinlik agrobioloogiateadus. Selle avastuse põhjal on tühistatud määrus, mis keelas puhtasordilist rukist külvata lähemale kui kilomeetri kaugusele teistest sortidest. Sordisisene ristamine, s. o. isetolmlejate taimede (nisu, kaera, odra, herne jt.) risttolmeldamine ja sortidevaheline ristamine parandab samuti külvise kvaliteeti, mistõttu see võte leiab sordiaretustöös üha laialdasemat rakendamist. Niisuguse ristamise läbiviimiseks on vajalik takistada isetolmlemist; seda saavutatakse õitest tolmukate kõrvaldamise ehk kastreerimise teel, mille järel õied tolmeldatakse vabalt kastreerimata naabertaimede õite poolt.

Risttolmlejate põllumajandustaimede saagikus langeb sageli ebasoodsate looduslike tingimuste tõttu, mis põhjustavad paljude õite mittetolmlemist. Negatiivselt mõjub tuuleta ilm, suhhoveid, udu ja vihmane ilm õitsemise ajal. Lünklikud ja tühikutega pead rukkil, maisil, kanepil ning teistel taimedel on sageli põhjustatud

halbadest tolmlemise ja viljastamise tingimustest, tuues endaga kaasa saagi langust 10—30% võrra. Viimasel ajal rakendatakse meie põllumajanduspraktikas mõnede kultuuride täiendavat tolmeldamist. Seda saavutatakse kas taimede raputamisel kätega või nööri vedamisel õitsvate taimede latvu mööda kahe inimese poolt või teiste eriliste seadiste abil.

Kaasaegne mitšuurinlik teadus kasutab laialdaselt risttolmlemise eeliseid. I. V. Mitšurin sai ise palju väärtuslikke taimi hübridiseerimise, s. o. taimede mitmesuguste sortide ja liikide omavahelise kunstliku ristamise teel. Hübriidid on suure kohanemisvõimega uutele tingimustele ja seepärast võib nende arenemist juhtida soovitavas suunas. Vanematepaaride valikul arvestas ta alati nii ema- kui ka isataime eelnevaid bioloogilisi nõudeid. I. V. Mitšurin «kõigutas» hübridiseerimise teel taimede pärilikkuse konservatiivset loomust ja sai hübriidsete seemikute suunava kasvatamise ning parimate taimede valiku kaudu väärtuslikke taimesorte ja -liike. Talvekindlate ja kõrgeväärtuslike õuna- ja pirnisortide aretamiseks kasutas ta geograafiliselt kaugete vormide ristamist, tuginedes sellele, et niisugusel teel saadud hübriidsed seemikud alluvad kergemini kasvatamisele vajalikus suunas. See seletub sellega, et mõlemad vanemad on sel juhul võrdsel määral kohanematud kohalikele tingimustele ja seepärast ei domineeri hübriidi arenemisel ainult ühe vanema tunnused. Ristates näiteks väärtuslikku pirnisorti «Rojaali võipirn» metsiku ussuuri pirni noore seemikuga ja rakendades hübriidi suunavat kasvatamist, sai I. V. Mitšurin väärtusliku pirnisordi «Tali-võipirn», millel on suurepärane maitse ja küllaldane külmakindlus. Samasugusel teel sai ta ka talvekindla viinamarja sordi.

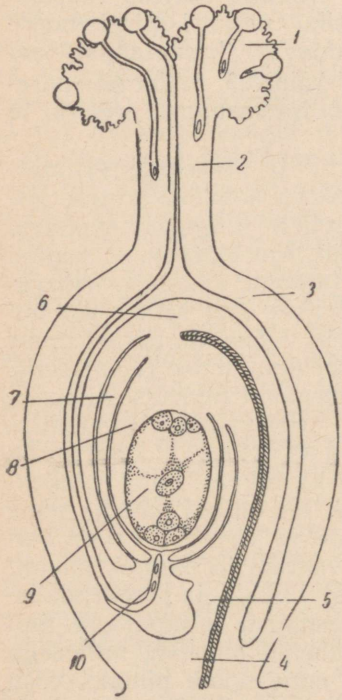
Palju väärtuslikke kirsi-, ploomi-, pirni- ja õunasorte (viimastest näiteks «Kandil-kitaika» jt.) sai Mitšurin kohalike sortide ristamisel teiste maakohtade sortidega ja sellele järgneval suunaval kasvatamisel ning noorte seemikute valikul. Kui tema poolt saadud sort ei omanud mõnd soovitud omadust (aroomi, säilivust, suhkrusisaldust), siis pookis ta noore sordi võrasse oksi sellelt või teiselt vanalt sordilt, mis omas neid tunnuseid. Mõne aja pärast ilmus uuele sordile puuduv omadus toitumistüübi muutumise tulemusena. Seda hübriidsete seemikute kasvatamise meetodit nimetas Mitšurin, nagu juba varem mainitud, mentori- (kasvataja-) meetodiks.

I. V. Mitšurin töötas välja süstemaatiliselt kaugete taimede hübridiseerimise meetodid ja sai ka liikide- ning perekondadevahelisi sugulisi hübriide. Laialdaselt on tuntud näiteks tema poolt saadud hübriidid kirsisordi «Ideaal» ja virgiinia roosa toominga (tserapadus), pihlaka ja viirpuu, vaarika ja pampli, mandli ja persiku, karusmarja ja sõstra ristamisest. Liikide- ja perekondadevahelise ristamise raskuse ületas ta mitmesuguste meetoditega. Selleks et saada näiteks pirni ja pihlaka vahelist hübriidi, milledega tavaline ristamine ei õnnestu, pookis ta enne noore pihlaka võsu vana pirnipuu oksale. Järgnevail aastail arenes pihlaka võsu pirni-

puu lehestiku mõjul ja muutis järk-järgult oma omadusi. Pärast pihlaka õite tolmeldamist pirni õietolmuga õnnestus saada nende kahe taime vahelisi hübriidseid seemneid (joonis 103). Käesoleval ajal on meie teadlastel õnnestunud saada perekondadevahelisi hübriide rukki ja nisu, nisu ja orasheina ning paljude teiste vahel.

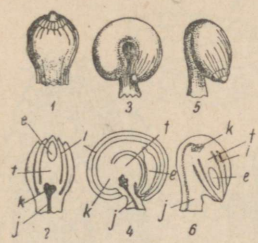


Joonis 103. Pihlaka pookimine pirnipuule. Ristamise raskuse ületamine eri perekondade vahel. On näha aluse mõju pookoksale (I. V. Mitšurini järgi).

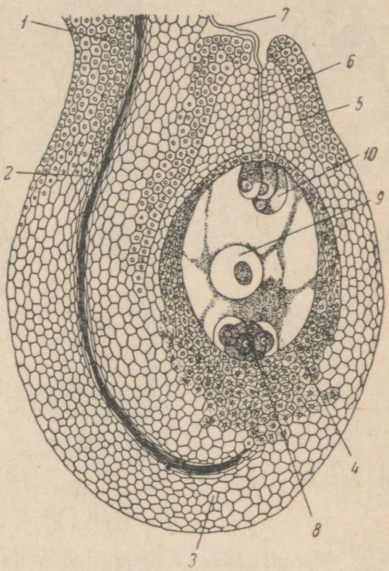


Joonis 104. Emaka pikilõike ja viljastamise skeem:
1 — emakasuue ühes temal idanevate tolmuteradega; 2 — emakakael; 3 — sigimiku sein; 4 — seemnekandja (platsenta); 5 — jalg; 6 — kalatsa; 7 — seemnealgme katted; 8 — seemnealgme sõdamik; 9 — lootekott; 10 — tolmutoruke.

Selleks et hästi aru saada viljastamisprotsessist, tuleb tutvuda seemnealgme (seemnepunga, makrosporangiumi) ehitusega. Emaka sigimikus on neid üksainus kuni mitu tuhat. Vaadeldes mikroskoobis väikesel suurendusel, paistab seemnealge vähe lapiku kerataolise hulkrakse moodustisena, millel on jalg (funiikul) ja katted (integumendid); jalaga kinnitub ta platsentale, katted



Joonis 105. Seemnealgmete skemaatiline kujutus:
1 ja 2 — püstine seemnealge; 3—4 — kõverdunud seemnealge; 5—6 — käändunud seemnealge; *e* — lootekott; *i* — seemnealgme sisemine ja väline kate; *k* — kalatsa; *t* — seemnealgme südamik; *j* — jalg.



Joonis 106. Nartsissi käändunud seemnealgme ehituse skeem:
1 — jalg; 2 — juhtkimp; 3 — kalatsa; 4 — seemnealgme südamik; 5 — katted; 6 — mikropüül; 7 — tolmutoru; 8 — antipoodid; 9 — lootekoti teistuum; 10 — munarakk ja kaks sünergiidi.

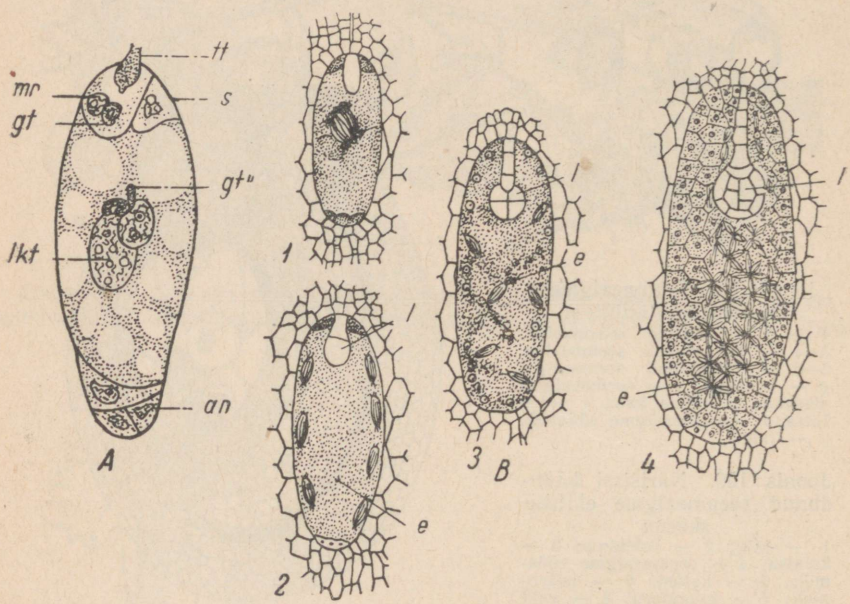
aga ümbritsevad seemnealgme hulkrakset südamikku *(nucellus)*. Katteis esinevat ava ühes seemnealgme südamiku juurde viiva kanaliga nimetatakse seemnealgme suuks ehk mikropüüliks *(micropyle)*. Mikropüüli vastaspoolses otsas asuvat seemnealgme osa nimetatakse kalatsaks *(chalaza)* (joonis 104).

Seemnealgmed on kas püstised, käändunud või kõverdunud. Esimestel asub mikropüül platsentale vastaspoolses otsas; teistel on seemnealge oma tipuga käändunud platsenta suunas ning jalg on tugevasti kõverdunud; kõverdunud seemnealgmetel jääb jalg sirgeks, seemnealge ise aga kõverdub; sel juhul on mikropüülil sama asend nagu käändunud seemnealgmelgi, kuid ta on rohkem ligistunud kalatsale. Kõik need kolm seemnealgme tüüpi on näha joonisel 105.

Seemnealgme südamikus asuval lootekotil (idaneval makrospooril) on sama keerukas ehitus kui varem vaadeldud tolmuka

tolmuteralgi (mikrospooril). Lootekott koosneb seitsmest rakust. Keskmisel, suurimal rakul on tsentris teistuum, mis on moodustunud kahest tuumast; koti sees kummaski otsas asub kolm paljast rakku, milledest igaühel on oma tuum ja oma, kuid tselluloosse kestaga eraldamata protoplasma.

Mikropüüli juures olevad kolm rakku moodustavad niinimetatud muna-aparaadi, mis koosneb munarakust (emasgameedist) ja kahest abirakust (sünergiidist). Lootekoti vastas-



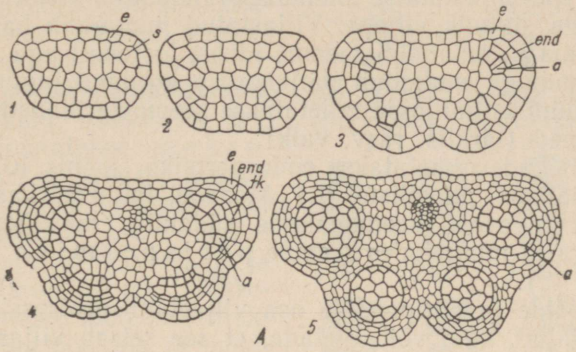
Joonis 107. Kahekordne viljastamine ja idu arenemine:
A — liilia lootekott; *mr* — munarakk; *gt* — munarakku viljastav esimene spermium; *gt''* — lootekoti tuuma *(lkt)* viljastav teine spermium; *an* — antipoodid; *tt* — tolmutoruke; *s* — sünergiid, B — 1, 2, 3, 4 — suspensori, idu ja endospermi arenemise järkjärgulised faasid: *l* — suspensor ühes iduga, *e* — endosperm.

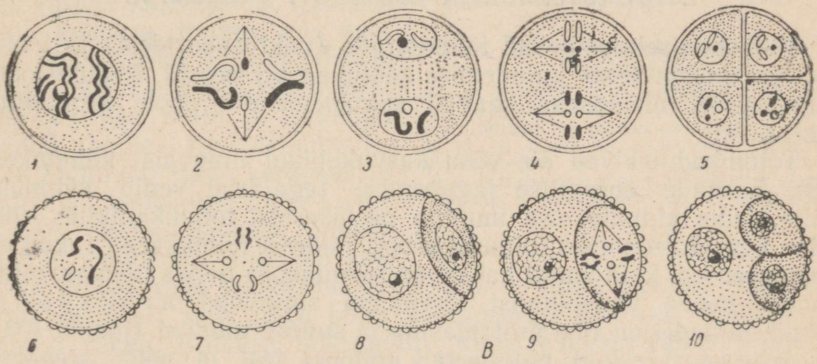
poolses otsas asub kolm rakku, mida nimetatakse antipoodideks (joonis 106).

Viljastamisprotsess seisab selles, et emaka suudmele sattunud tolmuterad hakkavad juba mõne tunni, vahel isegi mõne minuti pärast idanema; moodustunud tolmutorud tungivad emaka suudmesse ja läbistades emakakaela kobeda koe, kasvavad sigimiku suunas, pärast siirduvad aga sigimiku seinu mööda seemnealgmete ning nende mikropüülide juurde. Tolmuterad sisaldavad toitaineid (tärklis, suhkur, õlid), mis koos nende toitainetega, mida eritatakse emakasuudme, emakakaela, sigimiku ja seemnealgme rakkude poolt, kulutatakse ära tolmutorukeste kasvuks liikumisel seemnealgme

mikropüüli suunas. Tolmutorude tee ulatub mõnikord 10—20 sm pikkuseni (mais, sügislill), kuid tavaliselt on see tunduvalt lühem.

Selguse mõttes kujutleme endile lihtsaimat juhtu, kus sigimikus esineb üksainus seemnealge (joonis 104). Hulk tolmutorukesi kasvab emakat mööda ühes suunas. Lõpuks jõuab kõige elujõulisem ja tugevam tolmutoru esimesena mikropüülini ning tungib seda kaudu seemnealgme südamiku ja lootekoti juurde. Meenutame, et tolmu-





Joonis 108. A — tolmukapea arenemine:
e — epidermis; *s* — subepidermiline kiht; *end* — endoteetsium (fibroosne kiht); *a* — arhespoor; *tk* — tapeetkiht. B — tolmuterade arenemise skeem (seletus tekstis).

toru otsas asub kaks isassugurakku. Nüüd algab tähtsaim akt viljastamisprotsessis: tolmutoru ots rebeneb ja spermiumid libisevad lootekotti. *Üks spermium liitub munarakuga, teine aga suundub lootekoti keskele ja liitub selle teistuumaga. Toimub kahekordne viljastamine* (joonis 107), mille avastas kuulus vene botaanik S. G. Navašin. Samal teadlasel läks korda märgata ka tolmutoru teist läbitungimise viisi, mida vahetevahel esineb käändunud seemnealgmetel, — nimelt vahetult läbi kalatsa (kasel, jalakal ja teis-

tel). Seda viisi nimetatakse kalatsogaamiaks, kuna esimest viisi kutsutakse porogaamiaks.

Viimasel ajal käsitatakse viljastamisprotsessi kui ainevahetust ja vastastikust assimilatsiooni ristatavate taimede sugurakkude vahel. Viljastamise tulemusena tekib sügoot, mis erineb kvalitatiivselt nii spermiumist kui ka munarakust, kusjuures sellest protsessist võib osa võtta mitu isasgameeti.

Kahekordse viljastamise tulemusena muundub seemnealge seemneks ja kogu sigimik viljaks. Viljastatud munarakk hakkab hoogsalt jagunema ja muundub seemne iduks, lootekott aga oma viljastatud teistuumaga muundub paljukordse korduva jagunemise teel põhiparenhüümiks, millesse talletatakse seemnete idanemiseks vajalikud toitained (tärklis, rasv, valk).

Seda toitekude nimetatakse endospermiks (joonis 107, B) (kõrrelistel, liilialistel, putkelistel jt.). Mõnedel taimedel kasvab pärast viljastamist tugevasti seemnealgme südamik *(nucellus)*, täitudes varuainetega ja muundudes seemne perispermiks (nelgilistel, maltsalistel jt.).

Sünergiidide ja antipoodide osa viljastamisprotsessis pole lõplikult selgitatud, kuid võib oletada, et see seisab viljastuvate elementide toitumise hoogustamises.

7. TOLMUTERADE JA LOOTEKOTI ARENEMINE

Viljastamisele eelnevad tolmuterade (mikrospooridest) ja lootekoti (makrospoorist) kujunemise keerukad protsessid. Reduktsioonjagunemise tulemusena saavad suguelemendid poole kromatiinainest.

Tolmukad tekivad õie võsu kasvukuhikul ilmuvaist kühmukestest. Rakkude energilise jagunemise tagajärjel venib kühmuke välja, tema alumine osa muutub peenikeseks tolmukaniidiks, ülemine aga jämedamaks tolmukapeaks. Tekkiva tolmukapea rakud on homogeensed, kuid varsti hakkavad tolmukapea neljas hõlmas, mitte kaugel nende välispinnast, eralduma suuremad arhespoori rakud, milledel on tihe protoplasma ja suured tuumad (joonis 108).

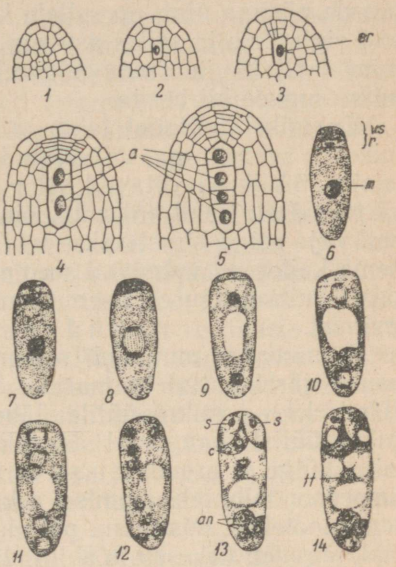
Arhespoori rakud paljunevad mitoosi teel ja neist arenevad emarakud, mis annavad alguse mikrospooridele.

Iga emarakk teeb läbi reduktsioonjagunemise; tekkinud tütarrakud jagunevad mitoosi teel kaheks; selle tulemusena kujunevad tolmukapea pesades mikrospoorid, mis on koos tetraadidena (neljakaupa). Enamikul taimedel lagunevad tetraadid üksikuiks mikrospooorideks.

Valmivas tolmukapeas järgneb suurenevail mikrospooridel veel üks jagunemine, mille tulemusena valminud tolmuterad koosnevad tavaliselt kahest rakust; suuremast — vegetatiivsest ja väiksemast — generatiivsest.

Seemnealgme ja lootekoti arenemine toimub järgmiselt: platsentale ilmub väike kühmuke, mis järk-järgult kasvades ja diferent-

seerudes muundub seemnealgmeks (joonis 109). Üks vastu mikropüüli asuvaist seemnealgme südamiku (nutselli) rakkudest hakkab kasvama ja muundub arhespoori rakuks. Arhespoori rakk on emarakk; ta teeb läbi esimese (reduktsioon-) ja teise jagunemise, mille tulemusena tekib neli rakku, mis asetsevad tavaliselt ühes reas piki seemnealgme südamikku. Need rakud erinevad teistest nutselli rakkudest suuremate mõõtmete ja tihedama sisuga. Nelja tekkinud rakku — tetraadi — nimetatakse makrospooride ks. Neist areneb edasi ainult üks, mikropüülist kõige kaugemal asuv, teised kolm aga surevad aegamööda ja hävivad. Järelejäänud makrospoorist kujuneb lootekott. Makrospoori tuum pooldub ja tekkinud kaks tuuma suunduvad raku eri poolustele. Siin poolduvad nad järjest kaks korda. Rakusse tekib kaheksa tuuma, mis asuvad neljati raku vastaspoolsetes otstes. Nüüd eraldub kummastki rühmast üks tuum ja suundub tsentri poole (polaartuumad). Nad kohtuvad raku keskosas ja liituvad lootekoti teistuumaks. Raku pooluste juurde jäänud tuumadele koguneb igaühele ümber oma protoplasmakiht, mis eraldub üldisest lootekoti protoplasmast; selle tõttu tekib kummassegi lootekoti tippu kolm väikest rakku. Kolmest mikropüüli juures asuvast rakust nimetatakse üht munarakuks, kaht ülejäänut aga sünergiidideks (abirakkudeks). Lootekoti vastaspoolses otsas asuvat kolme rakku nimetatakse antipoodideks.



Joonis 109. Seemnealgme ja lootekoti arenemine:
er — emarakk; *a* — reduktsioonjagunemised makrospooride tekkimisel: 1, 2, 3, 4, 5 — tetraadi arenemine emarakust; 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 — lootekoti arenemine makrospoorist; *vs r* — väljasurevad rakud, *m* — makrospoor; *s* — sünergiidid; *c* — munarakk; *tt* — teistuum; *an* — antipoodid.

VII PEATÜKK

VILJAD JA SEEMNED

1. SEEMNETE JA VILJADE ARENEMINE NING VALMIMINE

Seemnete ja viljade arenemine algab pärast viljastamist. Pärast isassugurakkude (spermiumide) tungimist makrosporangiumi lootekotti ning pärast nende vastastikust assimileerumist munarakuga

ja lootekoti teistuumaga algavad õies järsud muudatused. Õiekroon närbub kiiresti ja variseb, mõnikord ka kuivab. Harvadel juhtudel tabab tuppegi sama saatus; sagedamini aga jääb ta areneva vilja juurde püsima ning on sellele kaitseks. Erilised muudatused toimuvad sigimikus ja selles asuvais seemnealgmetes. Sigimiku muundumine viljaks ja seemnealgmete muundumine seemneiks toimub mitmesuguse kiirusega.

Enamikel juhtudel tekib vili viljastamise järel paisuvast sigimikust, seeme aga viljastatud seemnealgmest (makrosporangiumist). Mõnikord võtavad vilja moodustamisest peale sigimiku osa ka teised õie osad (õiepõhi, õiekate, tolmukad). Sigimikust arenenud vilja seina nimetatakse *viljakatteks ehk perikarbiks*. Tema kaitse all valmivad seemned ning tema pinnal arenevad väga sageli mitmesugused lisemed, mis soodustavad viljade ja seemnete levimist.

Seemnealge muundub seemneks järgmiselt. Kahekordse viljastamise järel kattub munarakk kestaga ja pooldub kaheks rakuks: ülemiseks — mikropüülile lähemal olevaks — ja alumiseks — mikropüülist kaugemal asuvaks. Ülemine rakk kasvab lootekoti seina külge ja areneb *suspensoriks* (joonis 107, B). Suurenev suspensor nihutab alumise raku endospermisse, mis hakkab arenema lootekoti teistuuma paljukordse jagunemise teel. Idu alumine rakk jaguneb vaheseinte abil neljaks rakuks, milledest igaüks jällegi jaguneb jne.

Idul tekivad *idulehed*: üheidulehelistel — üks, kaheidulehelistel — kaks. Moodustub *idujuur*, *hüpokotüül* ja *idupung*.

Üheaegselt idu kujunemisega toimuvad kogu seemnealgmes muudatused, mis muudavad ta seemneks. Seejuures muunduvad seemnealgme katted seemne kestaks, lootekott aga muundub *endospermiks*. Sünergiidid ja antipoodid kaovad viljastumise järel.

Endosperm moodustub järgmiselt: lootekoti teistuum jaguneb pärast viljastumist kaheks pooleks, mis eemalduvad teineteisest makrospoori seinte poole ja jätkavad jagunemist. Varsti täitub kogu lootekott jagunevate tuumadega, millede vahele samaaegselt tekivad vaheseinad ja moodustub endosperm, mis on idule toiduks.

Endospermiga seemnetel jääb idu väikeseks, endospermita seemneil aga kogunevad toitained idulehtedesse. Üheaegselt seemnete tekkimise ja valmimisega muundub sigimik viljaseinteks. Järelikult: *seemnealgmetest tekivad seemned, seemnealgmete katted muunduvad seemne kestaks, munarakk muundub iduks; lootekoti teistuuma sisaldav rakk muundub endospermiks ja kogu sigimik — viljaks. Varuained võivad korjuda pärast viljastamist ka nutsellisse (seemnealgme südamikku) ning sel juhul arenevad perispermiga seemned.*

Lihtsamad viljad arenevad ainult emakast, kuid esineb vilju, millede moodustamisest võtavad osa ka teised õie osad või kogu

õisik tervikuna. Seega on viljad ühtedel juhtudel pärast viljastamist muundunud ja paisunud emakad, teistel juhtudel aga samadele muudatustele allunud õied või isegi õisikud. Harvadel juhtudel arenevad viljad ilma viljastamiseta; siis nimetatakse neid partenokarpseiks viljadeks (seemnetud kurgid, pirnid ja banaanid).

Viljade ja seemnete valmimine kulgeb eri taimedel eri kiirusega. Paljud kevadtaimed (efemeerid) suudavad anda vilju kahe-kolme nädala jooksul. Rukis tavaliselt loob kaks nädalat, kaks nädalat õitseb, kaks nädalat kasvatab tera ja kaks nädalat valmib. Õitsemise algusest kuni koristamiseni kulub umbes poolteist kuud. Rukkil (ja ka teistel kõrrelistel) toimub valmimine kindlas järjestuses. Eristatakse 3 küpsuse faasi: esimeses, piimküpsuse faasis on tera pealt roheline ja täitunud vedela jahuse «piimja» sisuga. Sel ajal on taimed veel rohelised, kuid nende alumised lehed juba surevad. Teises, vahaküpsuse faasis on tera kollase värvusega ja laseb end küünega lõigata nagu vaha. Selles küpsuses taimed kolletuvad, nende alumised kõrresõlmed kuivavad ja ainult ülemised sõlmed jäävad veel mahlasteks ning rohelisteks. Kolmandas, täisküpsuse faasis eraldub tera kergelt pähikuist, kõveneb ja murdub. Sel ajal saavutab tera jahususe ja klaasisuse, taimed kuivavad ning isegi ülemised kõrresõlmed kaotavad oma rohelise värvuse.

Vee hulk väheneb küpsemise kestel 80%-lt kuni 12—15%-ni, suhkru hulk väheneb samuti 12-lt kuni 0,03%-ni, kuna tärklise hulk suureneb 27-st — 62%-ni. Väljakujunenud ja küps seeme on taimorganismis toimunud keerukate füsioloogiliste protsesside tulemuseks. Varisemise vältimiseks koristatakse teraviljad enne tera täielikku kõvenemist.

2. VILJADE LIIGID

Viljade valmimisel muunduvad sigimiku seinad viljakatteks (perikarp), mis koosneb viljalehtedest.

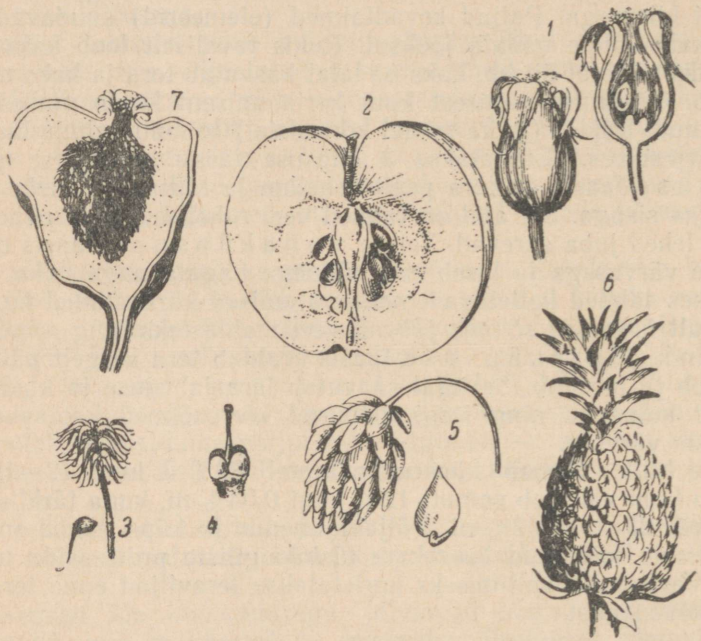
Vilju, mille moodustamisest võttis osa ainult sigimik, nimetatakse päris viljadeks. Mõnedel taimedel hakkab pärast viljastamist paisuma õiepõhi, mis ühes sigimiku, õiekatte ja tolmukatega võtab osa vilja moodustamisest. Sel juhul arenevad ebaviljad (kibuvits) (joonis 110).

Peale selle eristatakse veel liht- ja koguvilju. Esimesed tekivad sel juhul, kui õiel on üksainus emakas, teised aga siis, kui õies on mitu või palju emakaid (mõõl). On olemas veel jaguvilju, mis moodustuvad niisugusest emakast, millel alles valmimisprotsessis hakkavad viljalehed üksteisest eralduma, mistõttu vili jaguneb viljakesteks (kurgirohi).

Kogu- ja jaguviljadega ei tule ära vahetada liitvilju: need moodustuvad kogu õisikust, üksikõite kokkukasvamisel (näiteks peedi seemnekägarad, mooruspuu, viigipuu, ananassi liitviljad).

Viljad jagunevad kuivviljadeks ja lihakaiks viljadeks.

Kuivviljadena mõistetakse valmimisel kuivavaid vilju. Oma täisküpsuse momendil sisaldavad nad harilikult 10—15% hügroskoopsusvett. Kuivviljad jagunevad omakorda sulgviljadeks ja avaviljadeks. Sulgviljad kantakse laiali tervetena, avaviljad aga pillavad valmimisel laiali oma seemned. Viljade koristamine



Joonis 110.
1 — kibuvitsa ebavili tervena ja läbilõikes; 2 — marjataoline ebavili — õun; ta on tekkinud lihakaks muutunud viljakattest, tolmukaist ja sigimikust; 3 — mõõla koguvili, koosneb lihtviljakestest; 4 — jaguvili, kareleheliste neli pähklikest; 5 — humala liitvili — käbi; 6 — ananassi liitvili; 7 — viigipuu liitvili.

vajab erilist ettevaatlikkust. Hernest, lupiini, aeduba ja teisi liblikõielisi taimi on parem koristada hommikul, millal nende viljad nii kergesti ei pakata; ka ei tohi hilineda kapsa, õlikaalika ja porgandi viljade koristamisega.

Paljuseemneliste avaviljade hulka kuuluvad: 1) kukkurvili (kukekannus), mis on moodustunud ainsast servadest kokkukasvanud viljalehest. Valmimisel kukkurvili lõhkeb ühte õmblust mööda. Liit-kukkurvili (varsakabi, kurekell) koosneb mitmest lihtsast kukkurviljast; 2) kaun (kaunalistel) sarnaneb kukkurviljaga, kuid lõhkeb kaht õmblust mööda; vahel on kaun ühe- või kaheseemneline (esparsett, ristik, põishernes). Maapähklil valmivad kaunad maa sees ega avane. Esineb ka lülilisi kaunu — laguvilju (seradella); 3) kõder (ristõielistel) on kahest viljalehest koosnev kahe-

pesaline vili, mis lõhkeb kahe viljapoolmena alt ülespoole. Kõdral on ebavahesein, mille äärtele kinnituvad seemned. Kõtrade kujud on mitmesugused: nokaga, nokata; mõõkja jätkega. Kõdra pikkus



Joonis 111. Viljade liike:
1 — putkeliste kaksikseemnis: *a* — jagunemata, *b* — jagunenult; 2 — tiibvili (jalakal); 3 — kaksiktiibvili (vahtral); 4 — liit-kukkurvili (varsakabjal) ja lihtne kukkurvili (kukekannusel); 5 — kaunad (lupiinil); 6 — kõder (õlikaalikal); 7 — kõdrake (hiirekõrval); 8 — kannikese kupar; 9 — pusurohu kupar; 10 — maguna kupar; 11 — koerapöörirohu kupar; 12 — mari (sõstral); 13 — luuvili (kirsil); 14 — liitluuvili (vaarikal) pikilõikes: *õ* — õiepõhi; *e* — üksikud luuviljad; 15 — maasika ebavilja pikilõige: *õ* — õiepõhi, *üv* — üksikud viljad — seemnised; 16 — stepirohu isemattuv seemnis; 17 — lendkarvakestega seemnis (piimjuurel); 18 — seemnised (võililel); 19 — konksjate moodustistega seemnised (takjal); 20 — konksjate moodustistega seemnised (väärtakjal).

ületab tunduvalt laiuse. Rõikheina kõder on jaguvili, sest valmimisel jaguneb ta osakesteks. K õ d r a k e erineb suhteliselt väiksema pikkusega, ta pikkus on peaaegu võrdne laiusega või ületab selle ainult 2—3-kordselt. Kõdrakese vahesein on kas kitsas (litterhein, hiirekõrv) või lai (kogelejarohi, kuukress); 4) k u p a r tekib kahe või mitme viljalehega sigimikust ja on kas ühepesaline (magun, äiakas), kahepesaline, (koerapöörirohi), kolmepesaline (tulp) või mitmepesaline (lina). Kupar avaneb kas hammaste, kaanekeste või avade kaudu, pakatamisega või ei avane üldse (joonis 111).

Üheseemneliste sulgviljade hulka kuuluvad: 5) s e e m n i s (päevalill ja teised korvõielised) — kahest viljalehest arenev ühepesane vili, mille nahkjas viljakate ei kasva ühte seemnega. Seemnised on sageli varustatud lendkarvadega, mis arenevad õietupest ja millede ülesandeks on seemniste (ohakatel, palderjanil) laialikandmine tuule abil. Mõnikord areneb seemnisel tiivataoline lisand — viljakatte kasvund; sel juhul nimetatakse seemnist t i i b v i l j a k s (saarel, jalakal); vahtral kasvavad kaks seemnist ühte ja moodustavad k a k s i k t i i b v i l j a. Putkelistel jaguneb vili valmimisel k a h e k s s e e m n i s e k s, tulikalistel aga arenevad l i i t s e e m n i s e d; 6) p ä h k e l (sarapuul) sarnaneb seemnisega, kuid omab tihedat puitunud, kivisrakkudest koosnevat viljakatet. Pähkel asetseb mitmest lehekujulisest kattelehest moodustunud lüdis. Huulõieliste ja kareleheliste vili laguneb valmimisel neljaks pähklikeseks; 7) t õ r u sarnaneb pähkliga, kuid moodustub kolmest nahkjast viljalehest ja asetseb oma alusega lüdis, mis koosneb omavahel tihedalt kokkukasvanud kattelehtedest (tamm); 8) t e r i s on üheseemneline ja ühepesane kuivvili, mille viljakate asub tihedalt vastu seemne kesta; viljakatte kokkukasvamine seemnega toimub ainult platsenta juures. Terise seeme on toitaineterikka endospermiga, ja iduga, mis on tulevase taime algmeks.

L i h a k a d v i l j a d sisaldavad 75—85% ja veelgi enam vett. Valmimiseni on nad rohelised ja pole seepärast märgatavad lehestikus. Valmimisel muutub nende värvus eredaks kas antotsüaani või kromoplastide tekkimise tõttu rakkudes. Samuti muutub valmimisel suhkru kogunemise tõttu viljade maitse. Ere värvus meelitab juurde imetajaid loomi ja linde, kes toituvad viljalihast, seemned aga heidavad välja, sel teel neid levitades. On teada, et ühes marjadega allaneelatud seemned, läbides lindude seedetrakti, ei kaota oma idanevust, vaid omandavad isegi mõnikord parema idanemisvõime. Suur veeprotsent soodustab viljade kerget riknemist roiskumise teel. Tuleb meeles pidada, et lihakaid vilju kattev kest kaitseb neid nii kuivamise kui ka mikroorganismide ja seente sissetungimise eest. Seepärast tuleb puuviljade ja lihakate köögiviljade koristamisel rakendada kõiki ettevaatusabinõusid viljakesta mehaaniliste vigastuste vältimiseks.

Lihakate viljade hulka kuuluvad: 1) l u u v i l i (kirss, ploom, aprikoos jt.) — üheseemneline vili sigimiku suurekspaisunud lihaka seinaga. Luuviljas on näha 3 kihti, mis on omased viljakat-

tele (perikarbile): väliskate (eksokarp), s. o. väliskest, vahekate (mesokarp) — lihakas viljaliha — ja sisekate (endokarp) — kivisrakkudest koosnev kõva luu, mis kaitseb tema sees olevat seemet. Viirpuul ja paakspuul on mitu luud. Vaarikal, pamplil ja teistel taolistel taimedel areneb ühe õie mitmest emakast koguluuvili; 2) mari (viinapuu, maavits) on lihakas, sagedamini paljuseemneline vili, mis koosneb mitmest viljalehest. Marjad arenevad ülemisest sigimikust ja nad on kahe- või mitmepesased (kartul, tomat, baklažaan). Datli mari on üheseemneline.

Ebamarjad moodustuvad alumistest sigimikkudest (sõstar, karusmari, mustikas, jõhvikas). Kõrvitsalistel (kurk, kõrvits, arbuus) on marjataoline ebavili; ta areneb alumisest sigimikust ja tal on tihe väliskate, lihakas vahekate ning mahlakas (limastunud) sisekate. Ebaviljade hulka kuulub ka maasika vili — koguseemnis, mille moodustamisest võtab osa paisunud õiepõhi, millel asetsevad hulgaliselt seemnised.

Õunad ja pirnid on marjataolised viiepesased paljuseemnelised ebaviljad. Sisekate koosneb siin kiulistest kivisrakkudest, vahekate aga põhimisest mahlakast viljalihast. Väljastpoolt on viljakate ümbritsetud veel teise mahlaka viljaliha kihiga ja tiheda kestaga. Väliskate on arenenud tolmukate ja õiekatte alusest. Viljalihas on näha juhtkimbud (joonis 110).

Sidruni, apelsini jt. viljadeks on mitmepesased paljuseemnelised ja marjataolised pomerantsid. Nende viljade väline värvunud osa on rikas eeterlike õlide mahutite poolest. Seesmine osa koosneb viljalihast, mis on arenenud sigimiku seesmise epidermise hulgalistest karvakestest, milledel on vedela toitemahlaga täidetud kotikeste kuju. Jagusid eraldavad vaheseinad on rikkad pektiinaineist.

3. ÜLDISI MÕISTEID SEEMNEIST

Seemned on taimede paljunemiseks ja levimiseks. Seemnete väline kuju ja suurus on väga mitmekesine. Väikesed on seemned sinepil, õlikaalikal ja teistel ristõielistel, kuid nad on siiski suuremad orhideede ja soomukate seemneist, mis on palja silmaga vaevalt nähtavad. Üksainus soomuka taim annab kuni 100 tuhat seemet. Suurteks loetakse põldoa, tamme ja kreeka pähkli seemneid, kuid nad on siiski väikesed võrreldes seemnega, mida sisaldab kookospalmi luuvili.

Sageli vahetatakse omavahel ära mõisted «seeme» ja «vili». Botaanikas *nimetatakse seemneks viljastamise järel arenenud seemnealget (makrosporangiumi), mille katted on muundunud kestaks, munarakk — iduks ja lootekoti teistuuma sisaldav rakk — endospermiks.*[1] Katteseemnetaimede seemned arenevad sigimikku-

[1] Endospermita seemnetel kulub endosperm juba enne seemne valmimist idule toiduks.

des, mis muunduvad viljadeks. Seemnete näideteks võivad olla herne, maguna, sinepi jt. seemned.

Põllumajanduses nimetatakse sageli seemneiks vilju, mida külvatakse maha nagu seemneid. Näitena võib tuua päevalille, kanepi, tatra ja porgandi seemniseid ja rukki, kaera, maisi ning teiste kõrreliste teriseid.

Seemneiks nimetatakse vääralt ka peedi liitvilju, kuigi igas peedi kägaras leidub 2—5 vilja. Põllumajanduse praktikas nimetatakse vahel külviseks ka humala pistikuid, kartuli mugulaid ja peedi juuri, mida kasutatakse mahapanekuks. Kuid need on vegetatiivsed organid, mida ei tule seemnega ära vahetada, sest seeme on sugulise paljunemise vahend. Taimede vegetatiivsel paljunemisel kannab uus taim endas kõiki tolle taime tunnuseid, millest ta tekkis. Seemnetega paljunemisel omandab aga uus taim nii isa- kui emataime tunnuseid.

Pärilikkuse mõjul kannab seeme endas mitte 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 aretamisel. Õppides tundma seemneid, ei tule unustada, et *külvise kvaliteet on üks suure saagi tegureid.*

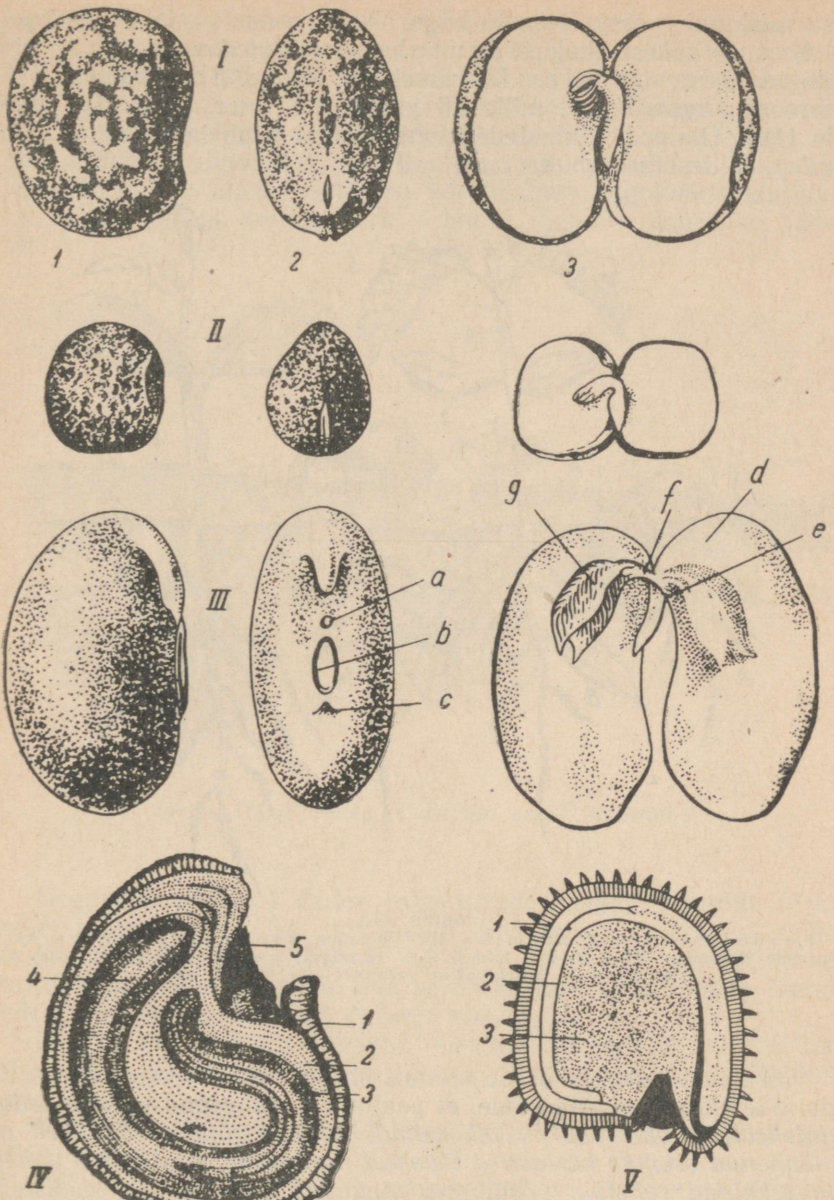
Vaatamata väliste ja sisemiste omaduste lõpmatule mitmekesisusele, on õistaimede seemneil nende ehituses ja funktsioonides palju ühiseid tunnuseid.

4. KAHEIDULEHELISTE TAIMEDE SEEMNETE MORFOLOOGIA

Kaheiduleheliste taimede klassi kuulub suur hulk omavahel paljude iseloomulike tunnuste poolest sarnanevaid taimi. Üks sellistest tunnustest on seemne ehitus.

Vaatleme tähelepanelikult vees paisunud a e d o a *(Phaseolus vulgaris)* ja h e r n e *(Pisum sativum)* seemneid. Aedoa seeme on kas valge või värvunud, pikergune, vähe kõverdunud. Herne seeme on kerajas, suhkruherne sortidel kuivas olekus kortsuline, värvuselt roheline või kollane. Kohta seemnel, millega ta kinnitub viljale, nimetatakse s e e m n e v a r r e a r m i k s. Paisunud seemneid sõrmede vahel pigistades pöörame tähelepanu kesta avale, millest väljub veetilk: see on seemnealgme suu ehk mikropüül. Käändunud seemnealgmetest arenenud seemneil on armi kõrval veel kühmuke (seemneõmblus), mis on tekkinud seemnealgme jala ühtekasvamisel kattega. Mikropüüli tuleb vaadelda luubi abil; ta asub täpselt vastu kesta all olevat idujuure otsa. Peamiselt selle ava kaudu tungib vesi seemnesse. Mõnikord on mikropüül kinni kasvanud ja sel juhul paisub seeme halvasti.

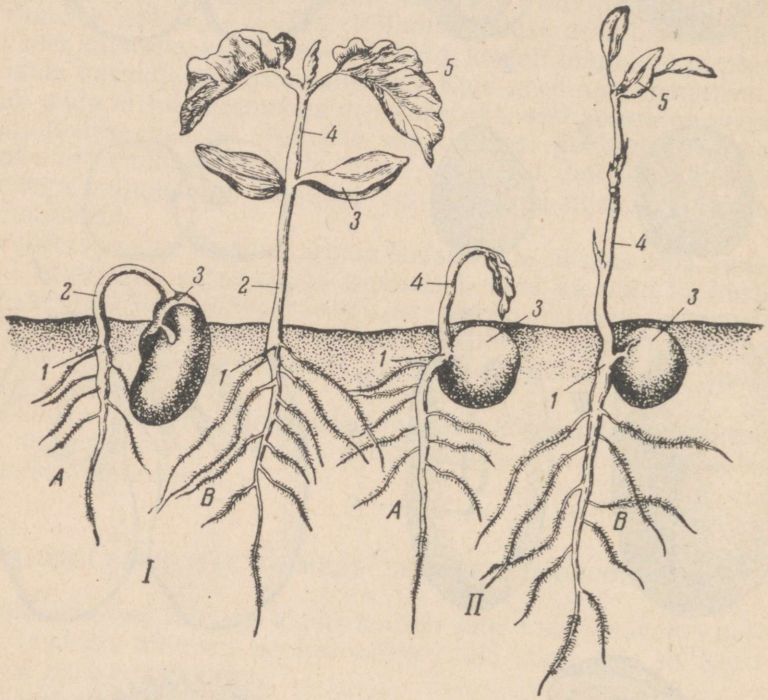
Kõrvaldades aedoa või herne seemnelt k e s t a, märkame, et idujuur asub kesta sopis. Kest on valge, vahel värvunud, poolläbipaistev ja vett raskesti läbilaskev kile. Ta kaitseb seemne sisemist



Joonis 112. Kaheiduleheliste taimede seemneid:

I — lupiinil, II — vikil, III — aedoal: 1 — küljelt; 2 — armipoolselt servalt; 3 — kaheks iduleheks jaotatult; *a* — mikropüül; *b* — arm; *c* — seemneõmblus; *d* — iduleht; *e* — idujuur; *f* — iduvars; *g* — idupung; IV — okasõuna seeme läbilõikes (suurendatud): 1 — kest; 2 — varu-toitekude — endosperm; 3 — idulehed; 4 — juur ja juurekübar; 5 — mikropüül; V — nisulille seeme läbilõikes (suurendatud): 1 — kest; 2 — idu; 3 — varu-toitekude — perisperm.

osa roiskumise eest. Seemne kogu sisemine osa — i d u *(embryo)* — koosneb kahest lihakast i d u l e h e s t *(cotyledones)*, mis on kinnitatud i d u v a r r e l e. Iduvarrel on lühike i d u l e h e a l u n e varreosa *(hypocotyle)*, mille all asub i d u j u u r *(radicula)* (joonis 112). Ülalpool idulehtede kinnituskohta asub i d u p u n g *(plumula)*, millest areneb t a i m e võ s u.

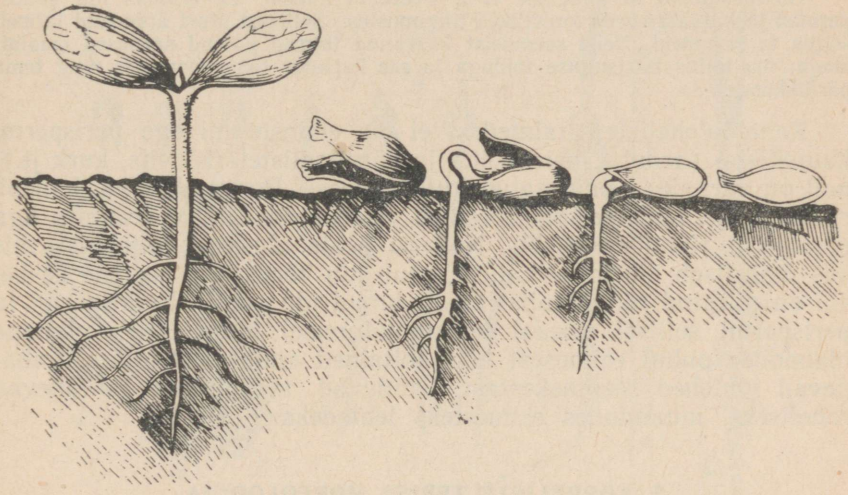


Joonis 113.
I — a e d o a s e e m n e i d a n e m i n e. II — h e r n e s e e m n e i d a n e m i n e. AA — tõusmete tärkamine; BB — noored taimed; 1 — juurekael; 2 — idulehealune varreosa; 3 — iduleht; 4 — idulehepealne varreosa; 5 — noored lehed.

Võrdleme aedoa ja herne seemne ehitust samade taimede noorte idandite ehitusega. Märkame, et peajuur on tunginud mulda, *aedoa idulehealune varreosa on pikenenud, mille tagajärjel idulehed on vabanenud seemne kestast ja tõusnud maa peale. Idulehtede vahele on tekkinud roheline võsu, mis muundub varreks ja rohelisteks lehtedeks.* Aedoa idulehed — esimesed lehed — lõid samuti haljendama; hiljem nad kortsuvad, sest kõik toitained lähevad neist taimesse; pärast seda kuivavad idulehed päriselt (joonis 113, I).

H e r n e s idaneb vähe teisiti. Tema esimesed lehed — i d u l e h e d — jäävad mulla alla, sest i d u l e h e a l u n e varreosa ei pikene, idupung aga tõuseb pinnale i d u l e h e p e a l s e varreosa

(epicotyle) pikenemise tõttu. Idulehed toidavad noort taime ka siis veel, kui ilmuvad juba rohelised lehed (joonis 113, II). Paljudel kaheidulehelistel taimedel tõusevad idulehed pinnale nagu aedoalgi, kuid selle vahega, et nad maapinnal rohkem haljenevad ja arenevad kaheks roheliseks lehelabaks, mis etendavad pärislehtede osa, kuid erinevad viimastest oma lihtsama kuju ja lühema eluea poolest. Niisugune idanemisviis on kõrvitsaliste sugukonda kuuluvail taimedel (kõrvits, melon, kurk, arbuus). Samuti idaneb ka päevalill.



Joonis 114. Kõrvitsa *(Cucurbita pepo)* idanemine.

Organeile pinevust andev raku turgor etendab idandite tärkamisel tähtsat osa. Üks huvitavaid bioloogilisi iseärasusi esineb veel kõrvitsalistel: seal kohal, kus juur läheb üle varreks, nimelt juurekaelal, tekib kühmuke, mis surub kestale ja soodustab idulehtede vabanemist viimasest (joonis 114).

I d u l e h t i m a a p i n n a l e t o o v a i d s e e m n e i d ei tohi sügavalt seemendada, sest siis takistavad idulehed tunduvalt taime tärkamist.

Taoliselt aedoale toovad idulehed maapinnale lupiin, ristik, porgand, redis, tatar ja paljud teised taimed. I d u l e h t i m a a p i n n a l e m i t t e t o o v a t e ja sügavamat seemendamist taluvate taimede hulka kuuluvad peale herne vikk, põlduba, õisuba *(Phaseolus multiflorus)* ja lääts. Epikotüüli pikenemise tõttu ei pidurda neil taimedel mulda jäävad idulehed idandi maapinnale tulekut.

Endastmõistetavalt tuleb seemendamise sügavuse valikul arvestada ka paljude teiste tingimustega (seemnete suurus, mulla niiskus ja liik, külvi viis jne.).

Kaheiduleheliste taimede seemned erinevad omavahel veel endospermi *(endospermum)* ja perispermi *(perispermum)* esinemise või puudumise poolest (vt. eespool: seemnete ja viljade arenemine). Endosperm ja perisperm koosnevad põhikoest, mille rakkudesse on talletatud toitainete varud (tärklis, valk jt.). Seemnete idanemisel muutuvad need varud fermentide mõjul teisteks, vees lahustuvaiks aineiks (suhkur, peptoonid), mis on vajalikud idu toitmiseks. Endospermi toitainete varu on taime esmane toit, ta on eeltingimus taime arenemiseks.

Huvipakkuvad on teadlase I. I. Prezent'i katsed. Ta eraldas idu endospermist ja kasvatas seda kunstlikes tingimustes. Sellisest idust arenenud taimelt kogus ta seemneid. Neist seemneist kasvanud taimed polnud sarnased emataimega; idu toitus teistsuguse toiduga ja see kajastus tema loomuses ning tema pärilikkuses.

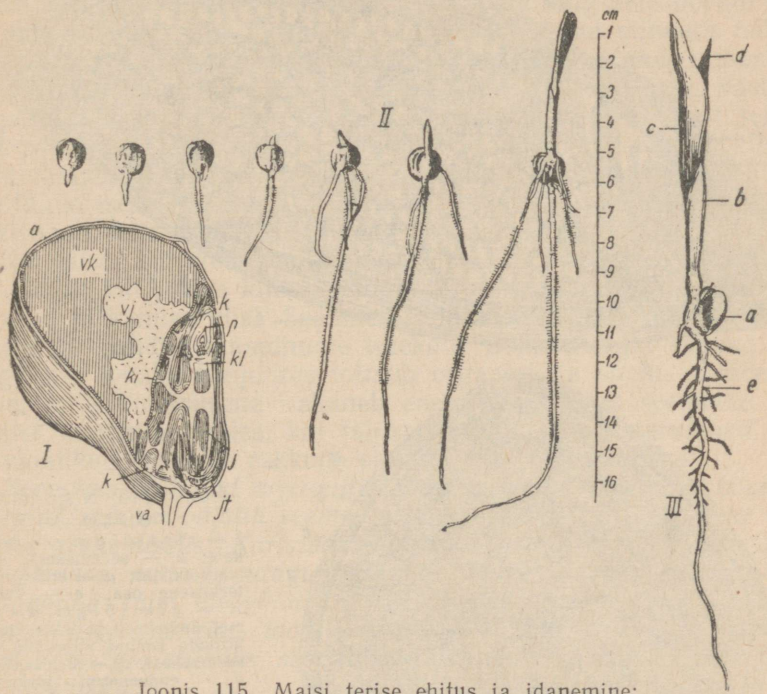
Kaheidulehelistest taimedest ei ole endospermi ega perispermi kaunalistel (aeduba, hernes jt.) ja kõrvitsalistel (kõrvits, kurk jt.); neil on varuained paigutatud idulehtedesse. Porgandi, lina, kanepi, riitsinuse ja tatra seemneis esineb endosperm, äiaka seemnes aga perisperm (joonis 112, V). Neil on peale idu veel toitekude, mis kas ümbritseb idu igast küljest, asub idu kõrval või seemne keskel või on piiratud rõngataoliselt paindunud idu poolt. Endospermi ja perispermi sellisel tihedal kokkupuutumisel iduga imeb viimane idanemise puhul esimesest kõik toitained endasse. Seejärel vabanevad idulehed seemnekestast, kanduvad maapinnale ja lähevad roheliseks, muundudes esimesteks lehtedeks.

5. KÕRRELISTE TERISE MORFOLOOGIA

Kõrreliste (rukki, odra, maisi jt.) teris on vili, mille viljakate asub tihedasti vastu seesolevat seemet. Suur teris esineb maisil, mistõttu see on kohasem vaatlemiseks (joonis 115). Terist väljastpoolt vaadeldes näeme siledat valge-, kollase-, sinise- või punasevärvilist kesta, sõltudes sordist. Maisi terise kuju on samuti mitmesugune. Hammasmaisil on ta lame, hammasjas, teritunud otsaga. Terise ühel küljel asuv i d u on veidi muljutud ja paistab läbi heledama osana. Paisunud terise pikilõikel, mis on tehtud perpendikulaarselt terise laiemate pindadega, võib näha endospermi ja idu. E n d o s p e r m i koostisse kuuluvad varuained, peamiselt tärklis ja valk, kusjuures endospermi klaasjas osa sisaldab palju valku, jahune osa aga palju tärklist. Endospermi kõrval asub idu, mis on maisil suurem kui teistel kõrrelistel. Idu koosneb j u u r e s t, v a r r e s t, ja l e h t e d e s t, mis asetsevad punga näol kuhikutaoliselt üksteise kohal. Endospermi ja punga vahel asub k i l b i k e, mis kujutab endast idulehte ja mis etendab tähtsat osa loote toitmisel. Terise idanemisel soodustab fermente eritav kilbike endospermi toitainete lahustumist ja imeb eriliste i m e v a t e r a k k u d e abil lahustunud orgaanilisi aineid (suhkur jt.), mis suunduvad idu-

juuresse ja idupungasse. Idus endas leiduvad taimse õli varud, mida samuti kasutatakse idanemisel.

Nisu või mõne teise kõrrelise terise pikilõikes võib mikroskoopilisel vaatlemisel (väike suurendus) näha üldiselt samasugust ehitust mis maisi teriselgi. Vahe seisab ainult selles, et nende kõrreliste terised on maisi omast tunduvalt väiksemad (joonis 116). Nisu idu on endospermiga võrreldes samuti tunduvalt väiksem kui maisil. Nisu idus näeme punga, vart, juurt, idulehte (kilbikest)



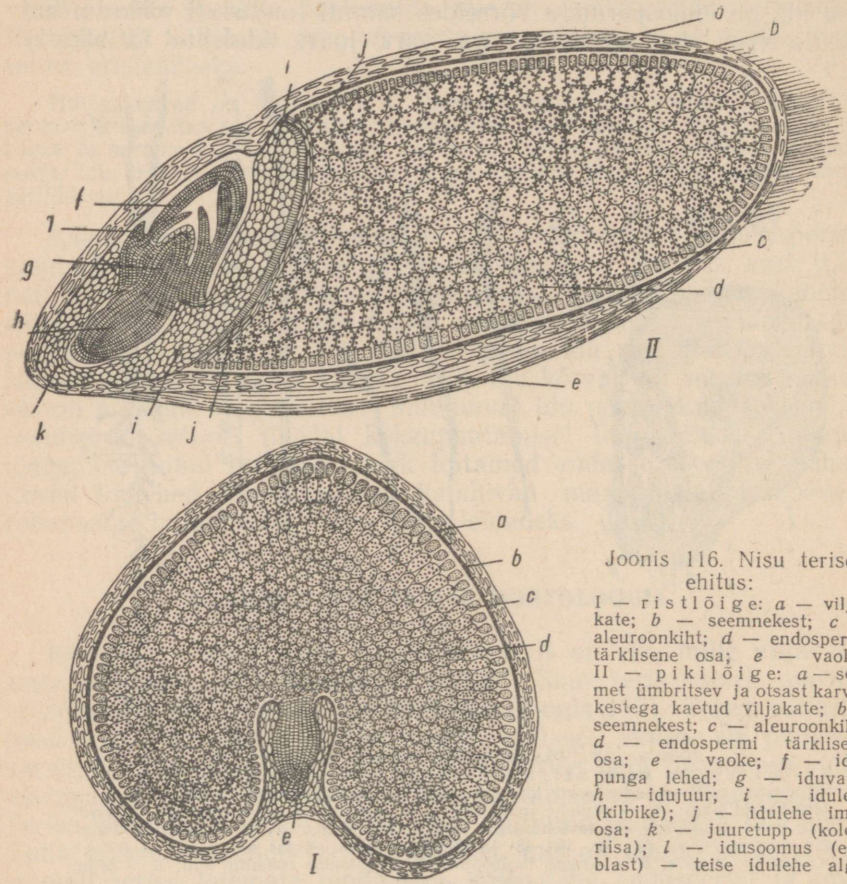
Joonis 115. Maisi terise ehitus ja idanemine:
I — maisi *(Zea mays)* vilja pikilõige: *a* — vilja kest — viljakate; *va* — vilja alus; *vk* — endospermi klaasjas osa; *vj* — endospermi jahune osa; *k* — iduleht (kilbike); *ki* — idulehe imev osa; *j* — juur; *jt* — juuretupp; *kl* — kõrrelüli: *p* — pung ühes noorte lehtedega, sees asub kasvukuhik; II — maisi idanemine: 7-, 8-, 10-, 12-, 16-, 18- ja 26-ndal päeval pärast külvi; III — noor taim: *a* — teris; *b* — singas (koleoptiil); *c* — esimene roheline leht; *d* — teine leht; *e* — juur.

ning arenematut idusoomust (epiblasti) — rudimentaarset organit, teise idulehe jäänust. Peale selle on nende kõrreliste terisel näha pikivagu, mis nähtavasti etendab tähtsat osa paisumisel. Paljude kõrreliste terisel on idule vastaspoolses otsas karvakesed (rukis, nisu, kaer).

Kõrreliste terised jagunevad veel paljaiks ja sõklalisteks. Esimesed pole sõkaldega kaetud ja seepärast kukuvad nad valmimisel nende vahelt välja (rukis, nisu, mais, timut), teised aga on kaetud kas terist tihedalt ümber haaravate või terisega kokku-

kasvanud sõkaldega (oder, kaer, hirss, aruhein). Polbnisul murdub pearaag peksmisel üksikuiks osadeks, mille tõttu teris on varustatud peale sõkalde veel pearao osakesega.

Kõik kõrrelised taimed kuuluvad *üheiduleheliste taimede* klassi, sest nende seemneis on hästi näha üksainus idu-



Joonis 116. Nisu terise ehitus:
I — ristlõige: *a* — viljakate; *b* — seemnekest; *c* — aleuroonkiht; *d* — endospermi tärklisene osa; *e* — vaoke; II — pikilõige: *a* — seemet ümbritsev ja otsast karvakestega kaetud viljakate; *b* — seemnekest; *c* — aleuroonkiht; *d* — endospermi tärklisene osa; *e* — vaoke; *f* — idupunga lehed; *g* — iduvars; *h* — idujuur; *i* — iduleht (kilbike); *j* — idulehe imev osa; *k* — juuretupp (koleoriisa); *l* — idusoomus (epiblast) — teise idulehe alge.

leht — kilbike. Sibula, liilia, tarna jt. taimede seemneis on samuti üksainus iduleht, mille tõttu ka need taimed kuuluvad samasse üheiduleheliste taimede klassi.

Vastupidine ehitus on okaspuude seemneil, milledel on kuni 10 idulehte. Siberi männi «pähkel» kujutab endast seemet, mis koosneb koorest ja õhukesest kestast ning nendega ümbritsetud õlirikkast endospermist. Endospermi keskel asub väike idu, millel on juur, idulehealune varre osa ja pung. Pungas leidub kasvukuhik ja kümme kitsast idulehte. Idanemisel areneb kümnest idulehest kümme esimest rohelist niitjat lehte (okkad).

Seemnete idanemine algab nende paisumisega. Seemned imevad endasse vett, kusjuures mikropüül etendab tähtsat osa kõige esimesena kasvama hakkava juure otsesel veega varustamisel. Seemnete idanemine on keerukas füsioloogiline protsess, millega kaasneb ainete keemiline muundumine ühest olekust teise. Raskesti lahustuvad orgaanilised ained muutuvad mitmesuguste fermentide ja vee abil lahustuvaiks ja lähevad kasvavate ning paljunevate idurakkude intensiivseks toitmiseks. Iduga toimuvad silmaga nähtavad muutused, mis seisavad tema juurdumises ja idandi ilmumises maapinnale. Idanemine kulgeb hästi soodsa mullaniiskuse, vastava temperatuuri ja õhu juurdepääsu korral (üksikasjalisemalt sellest XVI peatükis). Maapinnale ilmunud idandid hakkavad valguse mõjul haljendama neis tekkinud klorofülli tõttu; siit peale algab uue taime iseseisev elu. Tõusmete ilmumist jälgides tuleb pöörata tähelepanu selle protsessi kõikidele üksikasjadele.

Kõrrelised tungivad mullapinnale kuhikja idandina, mida kaitseb õhuke, kuid sitke kile — singas *(coleoptile)*. Kaheidulehelistel on mitu tärkamise viisi. Seemned kulutavad palju energiat idanemisele ja idandite maapinnale tulekule. Selle energia saavad nad hingamise kaudu, kusjuures toimub orgaaniliste ainete oksüdeerumine, mille tulemusena vabaneb energia. Jälgides seemnete idanemist veendume selles, kui tähtsad on taimedele varuained, mis on vajalikud esimeste rakkude ehitamiseks ja hingamiseks.

Seemneis leiduvad orgaanilised ained sisaldavad potentsiaalset energiat, mis on vajalik seemnete idanemiseks ja noore taime edasiseks arenemiseks. Koristades terasaaki, me kogume seega ka energiavaru, mida kasutame oma elus. Kuid me eksiksime arvates, et roheline taim on võimeline energiat looma. Taim, kasutades päikesekiirte energiat, loob orgaanilist ainet, mis on ise potentsiaalse energia allikaks, sest ta sisaldab endas oksüdeerumisvõimelist süsinikku.

Idanemisel hingavad seemned eriti hoogsalt. Seemnete hingamine on orgaaniliste ainete oksüdeerimisprotsess õhuhapniku arvel; seejuures toimub süsihappegaasi eraldumine. Veendume selles järgmise katse abil.

Laia kaelaga purgi põhjale asetame vette kastetud filterpaberi ja sellele puistame natuke niisutatud seemneid. Kahe-kolme päeva pärast, kui seemned on idanenud, suleme purgi tihedasti korgiga ja jätame ta mõneks ajaks seisma, näiteks ööks. Nüüd, pistes põleva peeru purki, võime veenduda, et seal puudub põlemist võimaldav hapnik — selle on asendanud süsihappegaas. Kontrolliks pistame põleva peeru samasugusesse, kuid ilma seemneteta või kuivade seemnetega purki. Kerge on avastada hingamisprotsessi ka õitel, juurtel, mugulatel ja taime rohelistel osadel, mis asuvad pimeduses.

Seemnete idanemise ja taime edasise arenemise protsess koosneb reast taimes toimuvaist järkjärgulise arenemise faasidest, mis

vahelduvad järskude stadiaalsete muudatustega. Taime omapärane vähe uuritud elu maa all külvi momendist kuni tärkamiseni vahetub uue elu vormiga sellest ajast peale, kui ilmuvad esimesed roheliseed lehed: kuni selleni taim vaid kulutas oma varuaineid hingamiseks ja idandi toitmiseks. Roheliseks muutumine muudab järsku kogu taime elu: aine kahanemine asendub tema kasvamisega, sissetulek ületab väljamineku.

Oma kvalitatiivsete omaduste poolest erinevate uute rakkude, kudede ja organite moodustumine taimes sõltub ümbritsevast väliskeskkonnast ning taimedesse kogunevaist aineist.

7. VILJADE JA SEEMNETE LEVIMINE

Valminud viljad ja seemned, eraldudes emataimest, ei lange samas kohas maapinnale, vaid levivad ühel või teisel teel ja võidavad endile uusi paiku. See levimine on taimeliikidele vajalik, sest vastasel korral toimuks taimede kuhjumine ühele kohale ja nad häviksid toidu ning valguse puudusel.

Viljade ja seemnete levimisviisid on väga mitmesugused: neid pillutakse laiali paiskevahendite abil ja kantakse edasi tuule, veevoolu, loomade ning inimeste poolt. Peatume veidi üksikasjalisemalt kõigil levimisviisidel.

P a i s k e v a h e n d i t e abil levivad näiteks lõhkevate kuivade viljade seemned (kaun, kõder, kõdrake), milledel valmimise momendiks tekib viljakatte välimistes ja sisemistes kudedes erisugune pinge, mille tulemusena viljakate praksudes lõhkeb ja seemned paisatakse igale poole laiali. Niisugust valminud viljade praksumist võib kuulda alati läätspuu, viki, herne, lupiini, kapsa jt. viljade kuivatamisel. Eriti huvitavad paiskevahendid on mitmesugustel kurerehaliikidel. Lihakad viljadki paiskavad vahel endist seemneid välja, näiteks niisketel kohtadel kasvav lemmalts *(Impatiens noli tangere)* ja lõunas kasvav pritskurk *(Ecballium elaterium)* (joonis 270).

Kurekaela *(Erodium cicutarium)* (joonis 190), selle köögiviljaaedade alatise umbrohu viljad koosnevad viiest pähklikesest, millede alumistel otstel on erilised tagasipöördunud karvadega nokakesed, ülemistel otstel aga pikad ohtelised jätked, mis kuni valmimiseni on kesksambakesega kokku kasvanud, valmimisel aga eralduvad sellest. Maa peale kukkunud viljakesed k a e v u v a d i s e mulda sel teel, et kuivamisel ohted keerduvad korgitõmbaja taoliselt, niiskumisel aga sirguvad. Taoline ehitus on ka stepirohu viljadel, mis on peale selle varustatud veel pikkade lendkarvadega, millede abil nad kanduvad tuulega laiali (joonis 111).

Ka tuulekaera viljad on varustatud ohtega, mis kuivamisel keerdub ja niiskumisel sirgub. See omadus võimaldab tuulekaera teristel roomata ühest kohast teise ning kaevuda mulda.

T u u l e a b i l kanduvad kauge maa taha võilille, piimjuure, piimohaka ja põldohaka kerged viljad ning paju, põdrakanepi ja

teiste seemned, mis on varustatud lendkarvakestega. Lähema maa taha kannab tuul tiivataoliste lisanditega varustatud vilju ja seemneid (vaher, saar, kask, mänd jne.). Puude latvadest maha langedes sooritavad nad tiirlevaid liigutusi ja langevad nagu kaldpinda mööda alla.

Veepinnal ujuvate seemnete levitajaks on ka v e s i. Valge vesiroosi seemned ujuvad veepinnal seni, kuni lõhkeb õhupõieke, mis asub seemet ümbritsevas kattes. Seejärel vajuvad nad veekogu põhja ja hakkavad idanema. Kookospalmide viljad sooritavad pikki teekondi üle ookeanide ja uhutakse lainete poolt kaldale uutes kohtades. Ka meie umbrohtude arvukad seemned kanduvad edasi vihmavee voolude poolt ja levivad sel teel (teeleht, linnurohi).

H a a g i k e s t e g a (konksjate lisanditega) varustatud viljad jäävad külge looma karvadele ja inimese rõivastele ning kantakse sel teel edasi kauge maa taha, kuhu nad maha jäävad karvade ja rõivaste puhastamisel nendest (maarjalepp, ruse, takjas jt.).

Paljud söödavad viljad ja seemned (tõrud, pähklid, käbid) varutakse oravate ning hamstrite poolt urgudesse, kus nad vahel söömata jäävad ning idanevad. Lihakate viljade seemneid kannavad laiali linnud; samuti kleepub hulk seemneid ühes poriga loomade ja lindude jalgadele ja kanduvad sel teel edasi kauge maa taha. S i p e l g a d kannavad oma pessa valgete mahlaste lisemetega varustatud vereurmarohu seemneid ja kaotavad neid teele, soodustades seega selle taime levimist.

Kõige kaugemale «rändavad» seemned laevadel jõgesid mööda või isegi üle ookeanide. Nii on Euroopasse Ameerikast üle toodud kanada õnnehein, valge rebashein, kuningakepp ja lõhnav kummel. Euroopast on rännanud Ameerikasse põldohakas ja tuulekaer.

Raudtee ääred, eriti neis kohtades, kus toimub kaubavagunite puhastamine, on väga kireva taimestikuga, mis sageli pole sugugi omane antud maakohale.

Lõpuks võib soodustada umbrohu*seemnete levikut* inimese enda halb majanduslik tegevus. Ühes halvasti puhastatud külvisega viiakse mulda tohutul hulgal umbrohuseemneid. Palju umbrohuseemneid satub ühes õlgedega sõnnikusse ja viiakse kõdunemata jäänuna sõnnikuga põllule, kus nad idanevad ja umbrohustavad mulda. Seepärast on puudulikult kõdunenud sõnnik ja kompost sageli suurteks mulla nakatajateks umbrohtudega, millede tõrje on raske. Raskendav on siin veel see asjaolu, et umbrohuseemnete idanevus säilib palju aastaid. Peale selle on paljude umbrohtude seemned võimelised seedimata läbima loomade seedetrakti ja satuvad sõnniku kaudu jälle mulda, näiteks maltsa, kummeli ja madara seemned.

Külvise hoolika puhastamise (sorteerimis-, tuulamismasinate jne. abil), sõnniku ja teiste kohalike väetiste õige tootmise ning kasutamise jne. teel tõkestab inimene umbrohuseemnete levimist. Umbrohtude seemned ise, peale mürgiste, on toitvad. Neid koguneb majandeis kümneid, sadu ja tuhandeid kilogramme viljapuhastamis-

masinate alla. Nende kasutamine loomasöödaks aga on ratsionaalne vaid eelneva põhjaliku jahvatamise või kuumutamise korral ning sel juhul, kui puuduvad mürgiste taimede seemned.

Sotsialistliku suurpõllunduse tingimustes, piiripeenarde kaotamise, maaharimise parandamise ja mehaniseerimise ning külvise massilise puhastamisega hävitatakse ka umbrohud, mis tingivad kolossaalset saakide langust. Viimasel ajal kasutatakse meie põldudel eduga ka keemilisi umbrohutõrje-viise.

TEINE OSA

PÕHITEADMISI TAIMESÜSTEMAATIKAST JA -GEOGRAAFIAST

VIII PEATÜKK

TAIMERIIGI MITMEKESISUS

1. TAIMEDE KLASSIFIKATSIOON

Taimeriik oma praeguses seisundis ei ole mingi juhuslik liikide kogu, vaid ühtne tervik, mille arvutud liikmed on üksteisega mitmesugustes sugulusastmeis ning on tekkinud taimedest, mis asustasid Maakera eelmistel geoloogilistel perioodidel. Vaatamata taimesüstemaatika kui teaduse kaheldamatule edule, oleme siiski veel kaugel meie planeedi taimede kogu mitmekesisuse täielikust tundmisest. Veel vähem teame me neist taimedest, mis kunagi ilmusid Maa pinnale ja arenesid siin eelmiste kaugete perioodide kestel, mitu miljonit aastat enne meie aega.

Taimede fossiilsed jäänused (kivistised, jäljendid kivimitel) annavad tunnistust eelmiste geoloogiliste perioodide taimede iseloomustavatest erinevustest. Meil oleks selge ülevaade taimeriigi evolutsioonist sel juhul, kui oleks leitud kõikide, kunagi Maakeral kasvanud taimede fossiile. Paleobotaanika annab küll mõningaid teadmisi neist taimedest, kuid taimkatte täielikku arenemispilti meil veel ei ole.

Praegu Maakeral esineva määratu suure arvu taimeliikide uurimine on võimalik tänu taimesüstemaatikale, mille ülesannete hulka kuulub praegu elavate taimede võimalikult täielik kirjeldamine ja nende kõrvutamine taimedega, mis on varem kasvanud Maakeral. Suguluse kindlaksmääramine taimeliikide, -perekondade, -sugukondade, -seltside, -klasside ja -hõimkondade vahel viib meid taimeriigi *fülogeneetilise süsteemi* loomisele, mis peab vastama sellele järjestikkusele, milles taimeriik on arenenud.

Taimeriigi arenemise fülogeneetiline süsteem erineb kunstlikust klassifikatsioonist sellepärast, et ta ei põhine mingisugusel ühelainsal tunnusel, mis on võetud meelevaldselt (nagu Linné süsteem; vt. sissejuhatus), vaid kõikide tunnuste kogumil, mis iseloomustab sugulust taimede vahel.

Suguluse kindlakstegemiseks taimede vahel uurib nüüdisaja

taimesüstemaatika taimi igakülgselt, eriti nende paljunemisorganeid. Süstemaatika keerukate küsimuste lahendamisel võtavad teadlased abiks füsioloogia, anatoomia, geneetika, paleobotaanika, geograafia ja teised teadused, mis annavad palju väärtuslikke juhendeid üksikute taimerühmade suguluse ja fülogeenia (üksikute taimerühmade tekkeloo), samuti aga ka mitmesuguste arenemisastmete kindlaksmääramiseks kogu taimeriigis tervikuna.

Ch. Darwini õpetus liikide muutlikkusest (taimedel ja loomadel) ja nende tekkimisest andis tõuke taimede fülogeneetiliste klassifikatsioonide loomiseks, milledest on tuntumad Engleri, Wettsteini, Grossheimi, Kuznetsovi, Pulle, Buši, Kozo-Poljanski jt. süsteemid. Kõigil neil süsteemidel on oma vaieldamatud eelised varasemate kunstlike süsteemidega võrreldes, kuid ükski neist ei ole üldiselt tunnustatud: igal süsteemil on oma eelised, aga ka puudused.

Meie ei vaatle nende süsteemide erisusi. Osutame ainult sellele, et nende iseloomustavaks tunnuseks on taimede kirjeldamine ülenevas järjestuses, alates alamatest taimedest ning üle minnes üha keerukamatele.

Taimeriik on mitmekesine. Ta jaotatakse alamateks taimedeks — rakistaimedeks ehk tallofüütideks *(Thallophyta)* ja kõrgemateks taimedeks — tüvendtaimedeks ehk kormofüütideks *(Cormophyta)*.

A l a m a t e t a i m e d e hulka kuuluvad kõik vetikate *(Algae)* ja seente *(Fungi)* hõimkonnad, bakterid *(Bacteriophyta)*, limaseened *(Myxophyta)* ja samblikud *(Lichenes)*. Nende taimede keha koosneb kas ühest rakust või hulkraksest rakisest, mis pole liigendunud varreks, lehtedeks ja juurteks. Toitainete imemine toimub neil kogu keha pinna kaudu, mõnedel aga on r i s o i d i d — karvakesed substraadile kinnitumiseks ja osaliselt ka vee imemiseks. Neil taimedel ei ole juhtkimpe.

Paljudele vetikatele ja seentele on iseloomustav o o g o o n i u m i d e, s. o. suuremate emas-sigimisorganite olemasolu. Oogoonium on rakk, mis sisaldab kas üht või mitut munarakku. Vetikate hõimkonnad on taimeriigis kõige vanemad. Taimede (ja loomade) elu tekkis vees. Vetikad andsid alguse kuivamaataimedele. Vetikad on a u t o t r o o f s e d, klorofülli sisaldavad organismid, mis omastavad süsihappegaasist süsinikku. Bakterid, limaseened ja seened on h e t e r o t r o o f s e d, klorofüllita taimed, mis suudavad toituda vaid valmisolevatest orgaanilistest ainetest. Samblikud on sümbiootilised organismid.

K õ r g e m a t e t a i m e d e hulka kuuluvad järgmised hõimkonnad: sammaltaimed *(Bryophyta)*, sõnajalgtaimed *(Pteridophyta)*, paljasseemnetaimed *(Gymnospermae)*, katteseemnetaimed *(Angiospermae)*. Põhiliselt on need kõik klorofülli sisaldavad, s. o. autotroofsed taimed. Nende keha, mis on liigendatud osadeks, on keerukamalt organiseeritud kui alamate taimede keha. Neist pole vaid sammaldel juuri ja ainult mõnedel sammaldel (maksasammaldel) on rakis. Kõigil ülejäänutel arenevad suuremal või väiksemal määral juured, varred ja lehed, mis koosnevad kudedest. Kõrge-

matel taimedel, välja arvatud samblad, on arenenud juhtkimbud. Sammal-, sõnajalg- ja paljasseemnetaimedel on sarnane emassuguorgani, arhegooniumi ehitus, see erineb alamate taimede oogooniumist ja koosneb paljudest munarakku katvatest rakkudest. Need kolm taimehõimkonda ühendatakse arhegoniaalsete taimede rühmaks.

Täielikum ja liikide poolest rikkam kõrgemate taimede hõimkond on katteseemnetaimed *(Angiospermae)*, mida nimetatakse ka emakalisteks *(Gynaeciatae)* või õistaimedeks *(Anthophyta)*. Need nimetused iseloomustavad hästi seda hõimkonda: seemnealge, milles on munarakk, on kattunud sigimiku seintega, mis muutuvad viljaseinaks. Viljaseina (viljakatte) kaitse all arenevad seemned. Neil taimedel on õis, mille tähtsaimaks osaks on emakas, mis on arenenud ühest või mitmest viljalehest. Kudede arenemine on neil taimedel saavutanud suurima täiuslikkuse. Nad on omandanud võime täielikumalt kasutada päikeseenergiat. Vegetatiivsed organid on neil täiuslikumad ja mitmekesisemad. Veel mitmekesisemad on neil õied, mis on kohanenud tolmlemiseks tuule ja vee, samuti ka putukate ja teiste loomade kaasabil. Katteseemnetaimed on nüüdisaja kõige täiuslikumad taimed; nad kasutavad kõige täielikumalt ümbritseva keskkonna tingimusi. Nende tekkelugu on jäänud seni selgitamata, kuid on alust arvata, et nad on tekkinud ühest väljasurnud paljasseemnetaimede rühmast.

Käesolevas kursuses kirjeldatakse alamaid (rakis-) ja arhegoniaalseid taimi IX peatükis, katteseemnetaimi X peatükis.

Iga taimede hõimkond jaotatakse klassideks, klassid seltsideks, seltsid sugukondadeks, sugukonnad perekondadeks, perekonnad liikideks.

2. LIIKIDE ARV. LIIK, TEISEND[1]

Hilja ajani oli tuntud ligi 300 tuhat taimeliiki (180 tuhat kõrgemat ja 120 tuhat alamat). Mõned teadlased arvavad, et liikide tõeline hulk siiski märksa ületab selle arvu.

Liikide täpse arvu kindlaksmääramine on raske, sest mitmed Linné poolt eraldatud taimeliigid, niinimetatud «linneoonid», omandavad kasvades mitmesugustes tingimustes uue kuju ja neid uusi vorme peetakse elementaarliikideks.

Nii näiteks eraldas teadlane Jordan Linné liigist «varane kevadik» *(Draba verna)* kuni 200 pisiliiki, niinimetatud «žordanooni», üsna väikeste iseloomustavate tunnustega. Samuti on jaotatud mitmeks elementaarliigiks harilik silmarohi *(Euphrasia officinalis)*, harilik kortsleht *(Alchemilla vulgaris)* ja paljud teised. «Žordanoonid» ei ole liigid: need on liigisisesed vormid, mis annavad ristamisel rohkesti sigiva järelpõlve.

---

[1] Liigi, perekonna ja sugukonna mõiste on selgitatud ristiku ja teiste liblikõieliste näidetega juba I peatükis, lk. 29. Vt. ka lk. 21.

Taimed, mis kuuluvad eri liikidesse või eri perekondadesse, ristuvad harilikkudes elutingimustes harva või ristuvad raskesti ning ei anna sigivat järelpõlve. Raskusi eri liikidesse ja eri perekondadesse kuuluvate taimede ristamisel saab ületada vaid eriliste võtete abil.

Liigid ei ole muutumatud, nagu arvasid Linné ja mitmed teised teadlased; nad alluvad kas aeglasematele või kiirematele muutustele. Kuid taimeliikidel on ka püsivaid iseloomustavaid tunnuseid, mille alusel me neid tundma õpime (vt. näiteks ristiku liikide tunnused, mida on kirjeldatud lk. 29).

Paljud taimeliigid, niihästi kultuurtaimed kui ka metsikult kasvavad, jaotatakse väiksemateks süstemaatilisteks ühikuteks, — teisenditeks (var. — *varietas),* mis on antud liigi mitmesugusteks olelemisvormideks.

Teisendi mõiste oli kasutusel juba Darwini ajal. Darwin arvas, et teisendid on tekkivad uued liigid. Tänapäeva teadmiste kohaselt on liik terve süsteem, mis koosneb teisenditest. Nii sisaldab näiteks nisu perekond 16 liiki, aga juba ainsa hariliku pehme nisu *(Triticum vulgare)* liigis on tuntud kuni 80 teisendit (näiteks *Triticum vulgare* var. *lutescens,* var. *milturum,* var. *ferrugineum* jne.).

Mitmesugustel levikukohtadel ja erilistes kliimatingimustes arenenud taimeliikide põhjalikum uurimine näitab, et välised mõjud (valgus, temperatuur) suruvad oma jäljendi mitte üksnes taimede välisele kujule, vaid ka nende füsioloogilistele omadustele. Nii on näiteks mäejalamil kasvavatel esparseti, lutserni ja ristiku liikidel põõsasjas kasv püstiste vartega, kuna samad taimed, kasvades mäenõlvadel ja eriti oma levikuala ülemisel piiril, on laiuva või lamava kujuga. Samalaadi muutusi esineb ka taimeliikidel, mis arenevad avaratel territooriumidel: muutub nende väline ilme, karvastus, vilja kuju, vegetatsiooniperioodi pikkus, muutub keemiline koostis jne. Nii luuakse uued taimevormid, mis tekivad nii väliskeskkonna mõju kui ka loodusliku valiku tulemusena. Keskkonna mõjutusel omandatud uued kasulikud omadused kinnistuvad järelpõlves ja muutunud taimed levivad ning vallutavad teatava territooriumi (areaali). Olelemistingimuste muutumine toob kaasa ka assimilatsiooni- ja ainevahetustüübi muutumise ning loob vormide mitmekesisuse liigis või ühe liigi muundumise teiseks.

Kultuurtaimede tundmaõppimiseks on kasutusele võetud veel mõiste sort, millega mõeldakse ühetaoliste taimeindiviidide rühmi, mis on sarnased väliste ja sisemiste tunnuste poolest, on majanduslikult samaväärtuslikud ja annavad oma tunnused edasi pärilikult. Sort on inimese tegevuse saadus. Sorte on väga palju; näiteks on tuntud kuni 3000 pehme nisu sorti, kuni 2000 õunasorti, ligi 1000 kartulisorti. Sorte õpitakse tundma taimekasvatuse kursuses.

3. TAIMEDE NIMETUS

Taimesüstemaatika tundmaõppimisel on vaja teada, millisesse sugukonda kuulub see või teine taim, samuti ka taime perekonna ja liigi nimetust. Juba Linné ajast (1753. a.) on liikide nimetami-

seks kasutusel binaarne (kahesõnaline) nomenklatuur, mille puhul esimene sõna märgib perekonda, kuhu vastav liik kuulub, teine sõna aga on liiki iseloomustav täiend. Taimede ladinakeelsed nimetused on erakordselt suure tähtsusega, sest need on kasutusel kõikides maailma rahvaste keeltes. Peale selle on ühel ja samal taimel rahva keskel väga sagedasti mitmesuguseid nimesid, paljudel taimedel aga polegi rahvapäraseid nimetusi. Seepärast tuleb agronoomil, kel on tegemist teadusliku kirjandusega, meeles pidada ka teaduslikud oskussõnad ja osata neid kasutada. Liigi nimetusele järgnevad teaduslikus kirjanduses (taimemäärajates ja teaduslikes artiklites) harilikult veel tähed — üks või mitu, mis tähistavad teadlase nime, kes esimesena kirjeldas antud liiki: L. — Linné; DC. — De-Candolle; Max. — Maksimovitš; Alech. — Aljohhin; Lam. — Lamarck; Petun. — Petunnikov; Zhuc. — Žukovski; Kom. — Komarov; Kell. — Keller jt. Toome näiteks mõned taimede teaduslikud nimed: *Medicago sativa* L. — harilik lutsern; *Larix europaea* DC. — euroopa lehis; *Triticum Timopheevi* Zhuc. — timofejevi nisu. Harilikult kirjutatakse ladina keeles perekonnanimi suure, liiki iseloomustav sõna aga väikese tähega. Viimane kirjutatakse suure tähega ainult sel juhul, kui see tähendab isiku nime, kelle auks on nimi antud. Liiki iseloomustav täiend soovitatakse kirjutada suure tähega ka siis, kui selleks on võetud perekonnanimi, näit. *Polygonum Convolvulus,* või rahvakeelne taimenimi, näit. *Zea Mays.*

Ei tule põlata rahvapäraste taimenimede kasutamist, sest suurem osa neist on väga tabavad ja jäävad kergesti meelde, näiteks tõrvalill *(Lychnis viscaria);* ussilakk *(Paris quadrifolia);* rukki-kastehein *(Apera spica-venti);* kukehirss *(Echinochloa crus-galli).* Käesolevas raamatus tuuakse esiteks eestikeelsed, siis ladinakeelsed nimetused.

IX PEATÜKK

RAKISTAIMED EHK TALLOFÜÜDID *(THALLOPHYTA)* JA ARHEGONIAALSED TAIMED *(ARCHEGONIATAE)*

1. VETIKAD *(ALGAE)*

Üldine iseloomustus ja vetikate jaotamine hõimkondadeks

Botaanika osa, mis uurib vetikaid, nimetatakse algoloogiaks. Vetikad on klorofülli sisaldavad taimed, milledel on vaid rakis ehk tallus, mis asendab kõrgemate taimede organeid. Vetikad on veetaimed, merede, järvede, jõgede, tiikide ja soode asukad. Igas kraavis, veeloigus on neid hulgana. Sageli leiame neid niiskel maapinnal, märgadel kividel, puude koorel. Neid leiame mitte üksnes mulla pinnal, vaid ka selle ülemises kihis.

2.10.

Vetikad on ainu- ja hulkraksed organismid. Nende suurus kõigub tublisti: paljusid neist võib näha ainult mikroskoobis, kuhjudes aga tekitavad nad «vee õitsemist», kuid surevad selle järel kiiresti. Hulkraksed smaragdrohelised peenikesed niidikesed, kinnitudes veealustele vaiadele ja kividele, saavutavad mõnekümnesentimeetrise pikkuse, kuid mõne merevetika keeruka ehitusega rakise pikkus ulatub mitmekümne meetrini ja niisugune vetikas elab palju aastaid.

Vetikad, nagu kõik rohelised taimed, on autotroofsed organismid: nad omavad klorofülli ja assimileerivad valguses süsinikku süsihappegaasist, mida esineb vees kas vabas või seotud olekus. Vetikate rakud koosnevad raku kestast ja sisust; rakke on ühe- ja paljutuumalisi. Raku kestad koosnevad tselluloosist, mõnikord ka pektiinainest ning limastuvad sagedasti. Protoplasma asetseb harilikult raku seinaäärses kihis; peale tuumade on selles veel k r o m a t o f o o r e — üks, kaks või rohkemgi. Kromatofoorid etendavad rakkudes sama osa, mis klorofülliterad kõrgematel taimedel — nad on süsiniku assimileerimiseks. Kromatofooridel on mõnikord kas tervete või tähetaoliste plaatide kuju; mõnikord esinevad nad ka rõngastena, või spiraalselt keerdunud lintidena, vahel aga ka teradena või neid ühendavate harude abil üksteisega seotud plaatidena. Mõnedel vetikatel meenutavad nad kõrgemate taimede kloroplaste. Kromatofoorid koosnevad ilma värvuseta valgulisest stroomast, mis on läbi imbunud klorofülli või teiste pigmentidega. Kromatofoorides on näha p ü r e n o i d e — tihenenud ümmargusi valgukehi, mille ümber koguneb tärklis; viimast esineb ka kromatofooride teistes osades. Teistest varuainetest on vetikates õlitilku, aga ka punast karotiinitaolist pigmenti, h e m a t o k r o o m i. Vetikate värvus on roheline, pruun, punane, sinine. Vakuoolid on vetikate rakkudes harilikult tublisti arenenud. Raku mahlas on suhkrut, parkaineid, orgaanilisi happeid, oblikhapu ja väävelhapu kaltsiumi sooli ja kristalle.

Vetikad imevad vett kogu rakise pinnaga. Peale vee ja valguse vajavad nad vastavat temperatuuri. Külmades meredes kasvavad näiteks l e h t a d r u d *(Laminaria)* ja a d r u d *(Fucus)*, soojades troopikameredes m a r i a d r u d *(Sargassum)* ja p i r n a d r u d *(Macrocystis)*.

Polaar- ja mägismaades värvuvad sulav lumi ja jää mõnikord punaseks, roheliseks või siniseks vetikatest, mis pole soojuse suhtes nõudlikud. Mõned sinivetikad elunevad seevastu kuumades allikates, kuni 69°-lises temperatuuris.

Nagu teistelegi taimedele, on vetikatele vajalik lämmastik, väävel, fosfor, kaalium, kaltsium, magneesium ja raud. Veekogude reostumine orgaaniliste jäätmetega, millega kaasub roiskumine ja lämmastik- ning fosforhappesoolade eraldumine, soodustab väga kiiret vetikate arenemist.

Mõnedel rohevetikatel, sinivetikatel ja ränivetikatel on võime omastada orgaanilisi aineid, s. t. nad olelevad saprofüütidena,

mõnikord ka parasiitidena. Nende ilmumine veekogudes suuremal hulgal näitab vee reostumist ja selle joogiks kõlbmatust.

Väikesi vetikaid järvedes ja meredes on planktoni koostises määratul arvul. P l a n k t o n koosneb vees hõljuvas olekus olevatest loomsetest ja taimsetest organismidest. Peale väga väikese erikaalu on planktonivetikatel veel langevarjutaolised seadised, nagu niitjad lisemed, plaatjad kasvundid või limaniidid, mis hoiavad neid vees nagu rippuvas olekus. Peale selle on nad rikkad õlist, mis vähendab nende erikaalu. Planktonivetikate levimise sügavus oleneb valguse tungimise sügavusest ja ulatub kuni 100 m, harvadel juhtudel kuni 400 m ja rohkem. Laskudes pikkamööda allapoole, surevad planktonivetikad lõpuks ja vajudes veekogu põhja, tekitavad nad kivimeid. Nii on näiteks tekkinud ränihiib, mis koosneb ränivetikate ränirikastest kestadest.

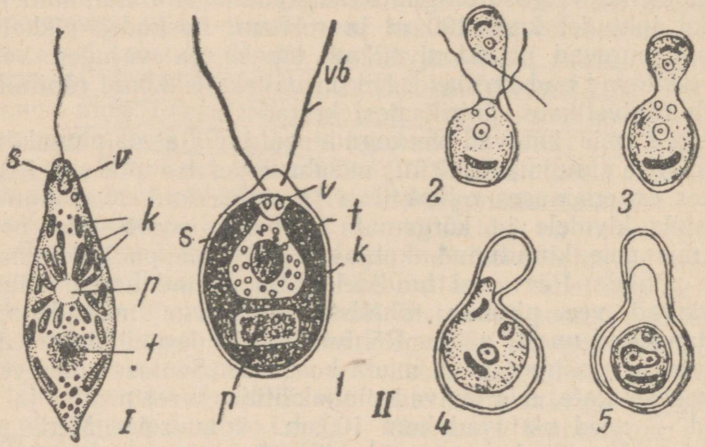
Vetikad, mis katavad veekogude põhja, alates pinnakihtidest kuni valguse tungimise piirini, moodustavad b e n t o s e. Magedates vetes on enamuses rohevetikad ja sinivetikad. Nad kinnituvad veealustele kividele ja kõrgemate taimede veealustele osadele. Need, mis pole kinnitunud, kuhjuvad roheliste padjanditena veekogude põhjale. Päevastel tundidel eritavad nad hapnikumullikesi ja kerkivad vee pinnale roheliste ja siniste massidena, mis öösiti langevad uuesti põhja. Ränivetikad ja desmiidiumilised kuuluvad veekogu põhjas oleva muda koostisse. Soolases merevees on peale rohevetikate, mis levivad pinnakihtides, veel pruun- ja punavetikaid — need ulatuvad kuni 100 m sügavusele. Mere põhjas moodustavad vetikad veealuseid niitusid ja terveid metsi. Kõige rohkem on neid kaldalähedases vööndis ja kuni 40 m sügavusel.

Vetikad paljunevad kas rakise osadeks jagunemise teel, s. o. vegetatiivselt, samuti ka sugutult, tekitades hulgaliselt eoseid (spoore), mis sagedasti on liikuvad (rändeosed ehk zoospoorid), või siis sugulise protsessi abil. Viimasel juhul toimub isas- ja emassugurakkude (gameetide) ühtimine, mille tulemusena tekib s ü g o o t, mis on mitmesuguste ebasoodsate tingimuste eest paksu kestaga hästi kaitstud ning on varustatud toitainete varudega. Sügoodid kasvavad mõnikord kohe, sagedamini aga pärast puhkeperioodi, uuteks vetikateks.

Vetikatel esineb kolm sugulise protsessi (s. o. isas- ja emasraku ühtimise) tüüpi: i s o g a a m i a (sõnadest: *isos* — sarnane, *gamein* — abielu), kui ühtivad liikuvad isas- ja emasgameedid, mis on väliselt üksteisega sarnased; h e t e r o g a a m i a (sõnast *heteros* — erinev), kui isasgameet on väiksem emasgameedist, mõlemad aga on liikuvad; o o g a a m i a (sõnast *oon* — muna), kui emassugurakk — munarakk — on liikumatu ja mitu korda suurem liikuvast isassugurakust (spermatozoidist).

Vetikatel on veekogude elus väga suur tähtsus: nad rikastavad vett hapnikuga ja on toiduks kaladele ning teistele loomadele. Kohati esineb laialdasi vetikate kogumikke. Näiteks hõlmavad vetikad mariadru *(Sargassum)* perekonnast Sargasso meres (At-

landi ookeanis) üle 60 000-ruutmiilise pindala. Vetikat füllooforat *(Phyllophora)* esineb väga suurel hulgal Mustas meres Doonau suudme, Sevastoopoli ja Odessa vahel. Lehtadru *(Laminaria)* levib põhjameredes. Juba Valges meres on tema varud $1^1/_2$ miljonit tonni. Ühelt hektarilt merepõhjalt võib korjata vetikaid, mille saak on võrdne 10 tonni kuivainega. Palju vetikaid leidub Kaug-Ida rannavetes. Merevetikaid võib pärast joodi eemaldamist neist kasutada loomasöödana; neid nimetataksegi mõnikord «merekap-



Joonis 117.

I — silmviburlane *(Euglena viridis)*: *v* — peamine vakuool; *s* — silmtäpp; *t* — tuum ja tuumake; *k* — kromatofoor; *p* — pürenoid; II — klamüdomoonas *(Chlamydomonas)* — ainurakne rohevetikas: 1 — raku ehitus; *t* — tuum; *k* — kromatofoor; *p* — pürenoid; *s* — silmtäpp; *v* — vakuool; *vb* — viburid; 2, 3, 4, 5 — klamüdomoonase suguline protsess (kopulatsioon).

saks». Nad on mitte ainult toitvad, vaid ka rikkad vitamiinidest. Tuhk, mida saadakse vetikatest, sisaldab kuni 30% kaalit ja kuni 3% joodi, mistõttu seda kasutatakse kaalisoolade ja joodi tootmiseks. Vetikatest saadakse ka algiinhapet, mida kasutatakse parima liimi valmistamiseks. Puna- ja pruunvetikatest saadakse ka väärtuslikku agar-agarit, mida kasutatakse laialdaselt mikrobioloogias kui ka kondiitritööstuses.

Vetikaid tuntakse üle 13 000 liigi. Lihtsamalt organiseeritud vetikad on lähedased lihtsamaile viburorganismidele, mis seisavad loomade ja taimede piiril. Üheks viburvetikate *(Flagellatae)* esindajaks on silmviburlane *(Euglena viridis)* (joonis 117, I), mis tekitab sageli reostunud vee «õitsemist». Sellise vee tilgas võib mikroskoobis näha suurt hulka edasi-tagasi liikuvaid rohelisi ainurakseid organisme, milledel on käävjas, kergesti muutuv kuju. Silmviburlase protoplasma on kattunud õhukese protoplasmalise kestaga

ja ta eesmisel otsal on vibur, mis koosneb protoplasmakihiga ümbritsetud elastsest niidist. Viburi alus asetseb protoplasmas olevas lohus, mis muutub peenikeseks kanaliks ja lõpeb peamise vakuooliga. Selle vakuooli ümber on veel väikesed pulseerivad vakuoolid, mis saadavad oma sisu peamisse vakuooli. Silmviburlase eesmises osas on punane täpike, «silmtäpp». Raku tagumises osas on protoplasmas tuum ja tuumake, keskmises osas aga rohelised kromatofoorid, milledest enamik on kiirjalt koondunud pürenoidi ümber. Kromatofooridesse kogunevad assimilatsioonisaadused, mis sarnanevad tärklisega. Kõikuva viburi abil liigub silmviburlane kiiresti edasi-tagasi ja pöörleb pikitelje ümber. Silmviburlane paljuneb raku pikutijagunemisega.

Vetikad jaotatakse hõimkondadeks: rohe-, erivibur-, räni-, pruun-, puna- ja sinivetikad.

Rohevetikad *(Chlorophyta)*

Rohevetikate hõimkond on suur ja mitmekesine. Sellesse kuulub üle $5^1/_2$ tuhande esindaja, levinud peamiselt magedas vees. Kromatofoori värvus on puhasroheline: klorofüll ei ole maskeeritud teiste pigmentidega. Rohevetikate hulka kuuluvad ainuraksed, koloonialised, hulkraksed ja mitterakulised vormid. Rohevetikate hõimkonda kuuluvad järgmised klassid: pärisrohevetikad ehk võrdviburvetikad *(Isocontae)*, ikkesvetikad *(Conjugatae)* ja mändvetikad *(Characeae)*.

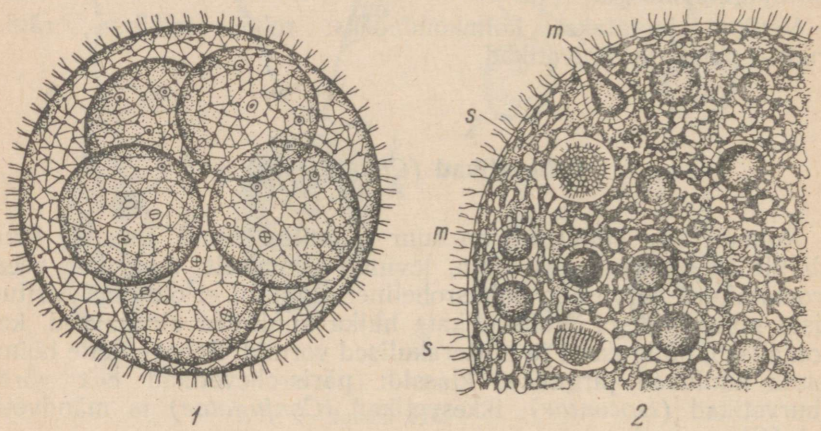
Võrdviburvetikate hulka kuuluvad järgmised seltsid: kerasviburilised *(Volvocales)*, algrohevetikad *(Protococcales)*, juusrohevetikad *(Ulotrichales)* ja mõikrohevetikad *(Siphonales)*. Kerasviburilistest vaatleme klamüdomoonast ja kerasviburlast.

K l a m ü d o m o o n a s *(Chlamydomonas)* (joonis 117, II). Esinedes hulgana värvivad nad vee loikudes ja tiikides roheliseks. Veega täidetud klaasnõus kogunevad klamüdomoonased valguse poole pööratud külje lähedale. Vaadeldes klamüdomoonastega veetilka mikroskoobis, on näha suurt hulka rohelisi rakukesi, mis liiguvad kiiresti kõigis suundades. Klamüdomoonas on ovaalse kujuga rakk, mille eesmises otsas on kaks võrdset viburit; nende abil rakk liigub. Viburite vahel on ninake, millel on teatav osa sugulises protsessis. Kromatofoor on karikakujuline ning sisaldab ühe pürenoidi. Ninakese lähedal asetseb punane «silmtäpp», ninakese all aga on kaks vakuooli. Kogu ülejäänud osa on täitunud protoplasmaga, milles asetseb tuum. Klamüdomoonastel on pektiinsed kestad.

Sugutul paljunemisel jääb rakk seisma, kaotab viburid ja raku sisu jaguneb kaheks, neljaks, mõnikord ka kaheksaks osaks. Iga osa muutub kahe viburiga varustatud rändeoseks; need väljuvad

ja lähevad laiali. Rändeosed kasvavad ruttu ja paljunevad uuesti samal viisil. Zoospooride tekkimine toimub harilikult öösel.

Sugulisel protsessil jaguneb klamüdomoonase sisu väiksemateks osadeks kui sugutul paljunemisel. Rakus tekib kuni 32, mõnikord aga ka kuni 64 väikest rakku (gameeti), mis väljuvad ja kopuleeruvad siis paariti, s. o. suruvad end esiteks üksteise vastu ninakestega ja siis ka külgmiste osadega ning, ujudes sellises seisundis mõne aja, jäävad siis seisma, kaotavad viburid ja ühtivad üheks isendiks. Tekib s ü g o o t, mis kattub paksu kestaga ja langeb puhkeperioodi. Kromatofoor harilikult lahustub, sügooti aga koguneb õli, hematokroomi ja teisi varuaineid. Sobivatel tingimus-

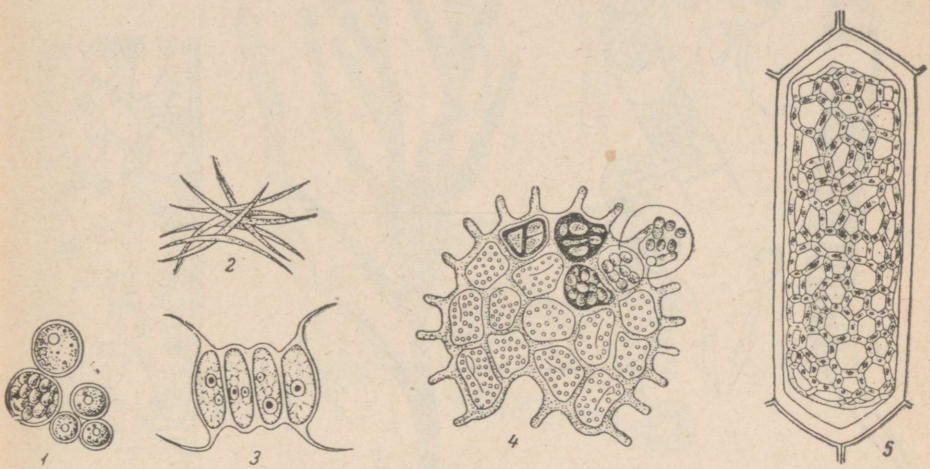


Joonis 118. Kerasviburlane *(Volvox)*:
1 — tütarkerad emakera sisemuses; 2 — osa kolooniast munarakkudega *(m)* ja spermatozoididega *(s)*.

tel lõpeb sügoodi puhkeseisund ja ta sisu jaguneb (reduktsiooniliselt) neljaks osaks, millest tekib neli uut klamüdomoonast; seejuures hävib neid ümbritsev kest. Nii on klamüdomoonasel kaks paljunemisviisi: sugutu ja suguline. Peale selle võib klamüdomoonastel sugulises protsessis esineda isogaamia, heterogaamia ja oogaamia. Ebasoodsatel tingimustel, eriti kui vesi veekogust ära aurab, kaotab klamüdomoonas oma viburid. Tema kest paisub limamassiks, mis kaitseb teda ärakuivamise eest. Selle limamassi sees asub vetikas liikumatus olekus, kuid tema elutegevus jätkub. Ta võib isegi paljuneda pooldumise teel. Tekkinud tütarrakud võivad omakorda poolduda. Nii tekib jagunevate rakkude süsteemist terve koloonia, mida ümbritseb ühine limane kest. Kui selline koloonia uuesti vette satub, ilmuvad rakkudel viburid, nad vabanevad limast, kasvavad suureks, ujuvad laiali ja jätkavad oma normaalset elukäiku.

K e r a s v i b u r l a n e *(Volvox globator)* on palja silmaga märgatav kerajas rakkude koloonia, mis saavutab 2-millimeetrise läbimõõdu ja koosneb üks-

teisega liitunud üksikutest rakkudest, millede arv ulatub kuni 50 000-ni (joonis 118). Kerasviburlase sisemine osa on täitunud vedela limaga, väline osa aga koosneb ühest reast rakkudest, mis on liitunud üksteisega protoplasmast jätketega. Kerasviburlase pind on võrkjas. Rakud, milledest koosneb kerasviburlane, on sarnased klamüdomoonastega. Igaühel neist on kromatofoor, protoplasma, tuum ja silmtäpp. Eesmises osas on rakkudel kaks viburit. Viburite kooskõlastatud liikumiste tagajärjel hakkab kera liikuma. Kerasviburlaste väikeste assimileerivate rakkude vahel esineb kera tagumises osas palju suuremaid rakke, mis võivad jaguneda ja mis on kaastegevad vegetatiivsel paljunemisel. Nendes rakkudes algab sisu pikutine jagunemine ja uute rakkude moodustumine, milledest järk-järgult areneb painduv plaat ja muutub õõnsaks keraks, mille rakud on emakeraga sarnase ehitusega. Selliseid tütarkerasid tekib mitu ja kõik nad



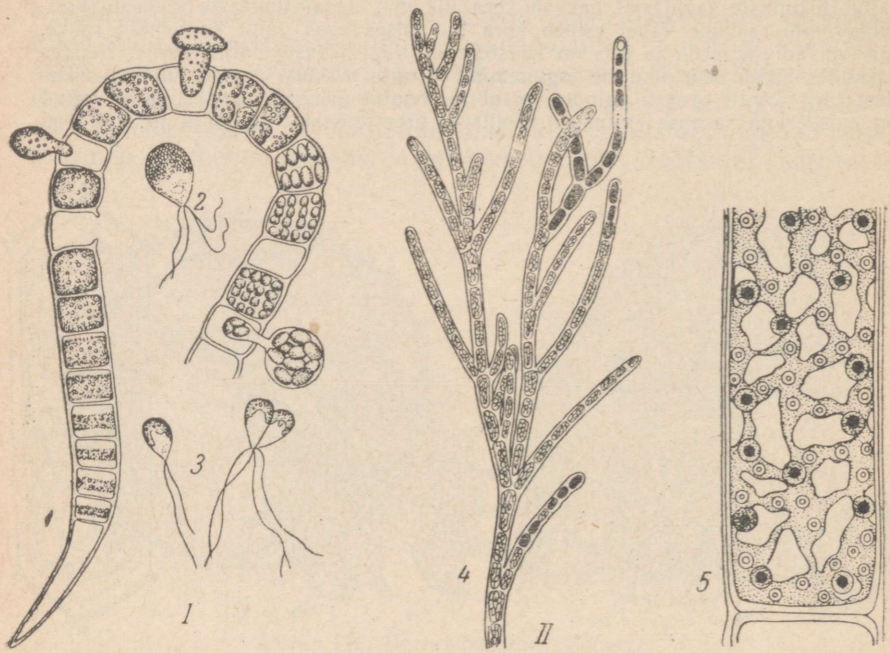
Joonis 119. Algrohevetikad:
1 — klorokokkum *(Chlorococcum)*; 2 — rafiidium *(Raphidium)*; 3 — stsenedesm *(Scenedesmus)*; 4 — pediastrum *(Pediastrum)*; 5 — vesivõrk *(Hydrodictyon)* — suur rakk noore koloonia sisemuses.

tungivad emakera sisemisse õõnde ja liiguvad seal. Nende suurenemine põhjustab emakera seinte kärisemise ja hävimise, kuna tütar-kerasviburlased ujuvad välja ja alustavad iseseisvat elu.

Kerasviburlastel esineb ka oogaamne suguline protsess. Kerasviburlaste liigid on levinud tiikides, järvedes ja jõekooldudes. Kerasviburlaste hulka kuuluvad ka järgmised perekonnad: p a n d o r i i n a, kelle koloonia koosneb 16 rakust, ja e u d o r i i n a, kelle koloonias on 32 rakku.

A l g r o h e v e t i k a t e (joonis 119) seltsi kuuluvad liikumatud ainuraksed ja koloonialised vetikad, millede rakud kaotavad varakult jagunemisvõime. Liikumisvõimelised on neil ainult zoospoorid, mis täidavad paljunemise ülesannet. Ainuraksetest algrohevetikatest võib nimetada k l o r o k o k k u m i *(Chlorococcum)*, mida esineb alati niiskel mullal, puude koorel, seintel ja lillepottidel kasvuhoonetes, mõnikord aga otse vees. Mikroskoobis on näha üksikuid väikesi liikumatuid kerajaid rakke, milledel on protoplasma, tuum, roheline kromatofoor ja tselluloosne kest. Paljunemisel jaguneb raku sisu 8-ks või rohkemaks osaks, millest igaüks muundub kahe viburiga zoospooriks. Zoospoorid ujuvad laiali, heidavad viburid ära ja rakud asuvad uutele kohtadele. Mõnikord märgatakse ka sarnaste gameetide kopulatsiooni. Puude koorel esinevad sagedasti ka veti-

kad pleurokokk, klorell, vees aga rafiidium ja koloonialised vormid stsenedesm ja pediastrum. Kõik loetletud algrohetikad on mikroskoopiliselt väikesed vormid. Samasse seltsi kuuluval vesivõrgul *(Hydrodictyon)* on suletud silinderja võrgu kuju, mis areneb mõnikord kuni 1 m pikaks. Niidid, mis moodustavad selle võrgu silmad, koosnevad rakkudest, millede pikkus on kuni 1 sm.

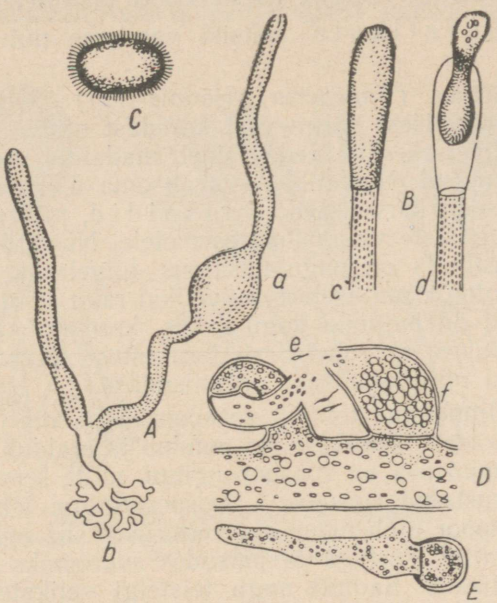


Joonis 120. Niitvetikad:
I — vesijuus *(Ulothrix)*: 1 — üksik niit; 2 — zoospoor; 3 — gameedid; II — karevetikas *(Cladophora)*; 4 — hargnev niit zoospooridega; 5 — rakk kromatofoori ja pürenoididega, tugevasti suurendatult.

Juusrohevetikate seltsist vaatleme niitvetikat vesijuust ja harulist karevetikat. Vesijuus *(Ulothrix zonata)* (joonis 120, I) esineb magedas vees väikeste ereroheliste murulappidena, mis asuvad veealustel esemetel. Vesijuus on niitvetikas, mis koosneb ühest väikeste rakkude reast, millede protoplasmas esinevad tuum ja kromatofoor sulgemata rõnga kujul. Vesijuukse niidid pikenevad rakkude ristsuunalise jagunemise teel. Iga niit kinnitub alumise otsaga veealustele esemetele värvitu basaalse raku (risoidi) abil.

Sugutul paljunemisel tekib mõnes rakus kas üks või neli zoospoori. Esimesel juhul on need suuremad, teisel väiksemad. Iga zoospoor on varustatud nelja viburiga. Pärast rakust väljumist lähevad nad laiali, kinnituvad substraadile ja kasvavad uueks vesijuukseks.

Sugulisel protsessil väljuvad vesijuukse niidi mõnedest rakkudest gameedid, mida tekib suuremal arvul kui zoospoore. Nad on zoospooridest väiksemad ja varustatud kahe viburiga. Toimub kopulatsioon eri niitidest väljunud gameetide vahel ning seepärast võib ühtesid niite tingimisi pidada isas-, teisi emasniitideks. Sellist näh-



Joonis 121. Nuivetikas. *(Vaucheria)* — ainurakne niitvetikas: **A** — noor taim, mis on tekkinud zoospoorist *a*, all risoid *b*. B — *c* ja *d* — zoospoori moodustav raku ots kahes järgnevas staadiumis. **C** — zoospoor, D — niidi osa anteriidiumiga *e* ja oogooniumiga *f*. E — kasvama hakanud oospoor.

tust nimetatakse heterotallismiks. Isasgameete märgitakse märgiga miinus (—), emasgameete aga märgiga pluss (+). Antud juhul on gameedid sarnased ja nende sugu pole võimalik eraldada. Järelikult on vesijuuksel suguline protsess isogaamne. Pärast kopulatsiooni tekib sügoot, mis langeb puhkeseisundisse, selle järel aga kasvab uueks niidiks.

Karevetikas *(Cladophora)* (joonis 120, II) on samuti niitvetikas, mis on levinud tiikides, järvedes, ojades ja jõgedes, samuti ka meredes. Teda on kerge eraldada suure hulga haruliste niitide tõttu, mis koosnevad mitmetuumalistest rakkudest. Raku kestad on paksud, tselluloossed, limastumatud. Kromatofoor suure hulga pürenoididega asetseb protoplasmas raku seinte ääres, tal on plaadi kuju, millel on mitmes kohas augud. Mõnel karevetika liigil *(Cladophora Sauteri)* kasvavad, hargnevad ja põimuvad rakise niidid nii tugevasti, et moodustavad küllaltki tihedaid kerasid, mis laskuvad veekogu põhja või ujuvad

vee pinnal, vastavalt ilmale ja päevaajale. Selle karevetika kerad arenevad apelsini, mõnikord isegi lapsepea suuruseks. Teistel karevetika liikidel on pikad rakised, mis kõiguvad jooksvates vetes veevoolu suunas, olles kinnitunud veealuste esemete külge. Nende paljunemine on vegetatiivne: see toimub vohavate ja purunevate rakiste abil; esineb aga ka sugutut paljunemist (zoospooridega). On tuntud ka isogaamne suguline protsess.

Sagedasti esineb ka p a i s v e t i k a t ehk ö d o g o o n i u m i *(Oedogonium)* iseloomulike tanukestega rakkudel. Ka see kuulub juusrohevetikate hulka.

Mõ i k r o h e v e t i k a t e seltsist vaatleme nuivetikat ja kaulerpat.

N u i v e t i k a s *(Vaucheria)* (joonis 121). Selle vetika rakis koosneb tumerohelisest hargnevast karedast niidist. Sageli põimuvad need niidid isekeskis. Teda esineb madalate veekogude põhjal või niiskel pinnasel. Nuivetikas kasvab oma ülemise otsaga, kuna alumises otsas on karvakesed — r i s o i d i d, millega vetikas kinnitub mitmesugustele veealustele esemetele. Nuivetikal ei ole üksikuid rakke, vaid ta on nagu üksainus hiigelrakk, mis mõnikord hargnebki. Protoplasma asetseb nuivetikal raku seinte ääres. Tuumi on palju; need on hajunud kogu rakus, kromatofoor aga koosneb üksikutest tillukestest rohelistest terakestest. Nuivetikat nimetatakse tingimisi mitterakuliseks organismiks.

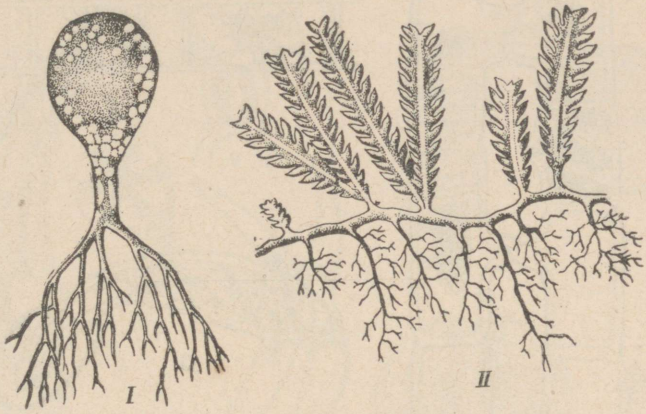
Sugutu paljunemine toimub zoospooridega, mis arenevad ühekaupa harude otsas. Torukese ots pundub ja eraldub vahega vetika õõnest. Pundunud osa on zoosporangium, mille sees valmib hulga viburitega varustatud zoospoor. Zoosporangium lõhkeb ja hulgaviburiline zoospoor ujub mõne aja vees, jääb siis aga seisma, kaotab viburid, kattub kestaga ja paisudes suuremaks muutub uueks niidiks, nuivetikaks. Samuti nagu teistelgi vetikatel, esineb nuivetikal ka suguline paljunemine. See seisab selles, et ta ühel küljel tekib puhetis — o o g o o n i u m, s. o. emassuguorgan. Puhetises on palju tuumi ja tihe protoplasma. Esimese puhetise kõrvale areneb teine, mis kasvab ja kõverdub sarvena — see on a n t e r i i d i u m, isassuguorgan. Anteriidium kasvab oma ülemise otsaga oogooniumi suunas.

Samal ajal tekivad anteriidiumis kui ka oogooniumi alusel vaheseinad, mis eraldavad neid emataimest. Kui oogoonium valmib, puruneb ta ülemises osas kest ja osa protoplasmast väljub. Valminud anteriidiumist väljuvad kesta purunemisel isas-sugurakud — liikuvad spermatozoidid, mis tungivad oogooniumi ja viljastavad munaraku. Viljastamisest võtab osa ainult üks tuum, sest teised tuumad lähevad oogooniumist tagasi niiti juba enne vaheseina tekkimist.

Viljastatud oogooniumist areneb pruuni värvusega oospoor, mis on kattunud paksu kestaga ja millest pärast puhkeperioodi areneb uus nuivetikas. Nii esineb mõnel nuivetikal hermafroditismi ehk sugukaksikluse nähtust, sest et ühel indiviidil tekivad oogooniumid ja anteriidiumid, s. o. emas- ja isassuguorganid.

Suure mõikrohevetika näiteks võib olla veel k a u l e r p a *(Cau-*

lerpa), mida esineb sageli Vahemeres. See vetikas saavutab 25—50 sm ja suuremagi pikkuse (joonis 122, II). Tema õõnsal rakisel on nagu horisontaalne tüvi, rohelised lehetaolised harud ja juuretaolised risoidid, mis kinnituvad mere põhja. Rakud selles taimes puuduvad: kaulerpa on mitterakuline organism. Rakise õõnes on protoplasma, palju tuumi, rohelised kromatofoorid, samuti ka tselluloossed vahetoed, mis kulgevad ühest seinast teise ja tugevdavad rakist.

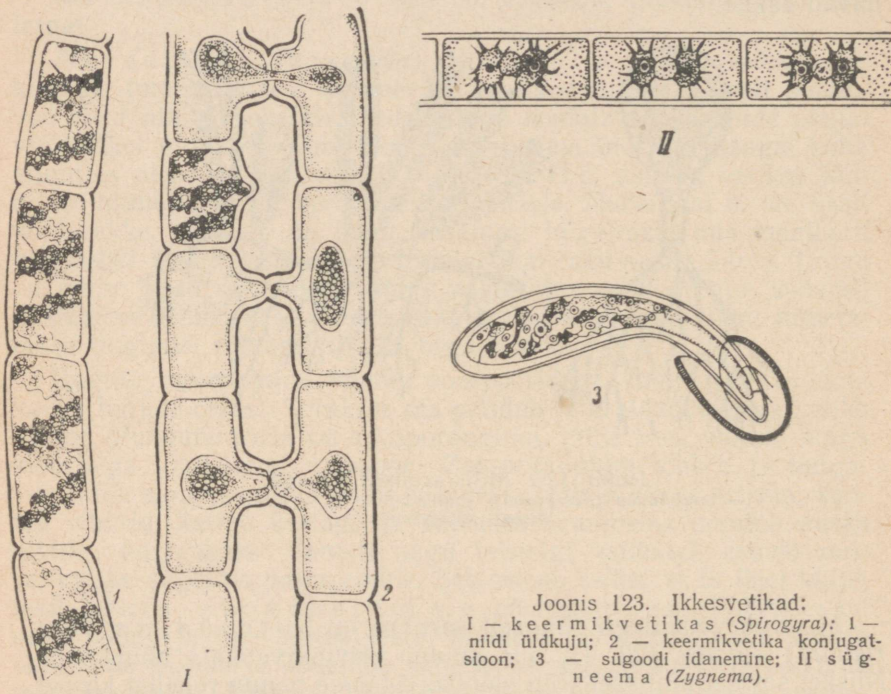


Joonis 122. Mitterakulised vetikad:
1 — botrüüdium *(Botrydium)*, suurendatult; II — kaulerpa *(Caulerpa)*, vähendatult.

Mõikrohevetikatega ehituselt sarnane on botrüüdium *(Botrydium)* (joonis 122, I), mis kuulub eriviburvetikate hõimkonda. Niiskel savisel pinnasel võib mõnikord tähele panna rohelist kirmet, mis koosneb botrüüdiumi rakistest, milledel on tillukeste põiekeste kuju. Ühe põiekese suurus ei ületa nööpnõelapea suurust. Alumises osas muutub põieke lühikeseks toruks, mis hargneb mitmekordselt peenimaiks niidikesteks — risoidideks, millega botrüüdium tungib pinnasesse. Botrüüdium on samuti mitterakuline organism. Põiekese sisemuses on paljutuumaline sisu roheliste kromatofooridega. Palavate ilmadega liigub sisu ülemisest osast alumisse (maa-alusesse) ja seal tekivad paksuseinalised rakud, mis suudavad üle elada põuaaja. Pärast vihma kasvavad need rakud uueks botrüüdiumiks või neist tekivad zoospoorid. Rohelised maapealsed põiekesed pakatavad vihma ajal ja neist väljuvad zoospoorid. Zoospoorid on botrüüdiumil eriviburilised: üks suur vibur suundub ettepoole ja on varustatud külgmiste harudega, teine lühike ja lihtne on suunatud tahapoole.

Rohelisi vetikaid, mis on ühendatud klassi ikkesvetikad *(Conjugatae)*, iseloomustavad roheline kromatofoor ja eri-

line suguline paljunemisviis, mida nimetatakse konjugatsiooniks. Selle puhul seostuvad kaks vetikat eriliste kasvundite abil, mis muunduvad kanaliks, mille kaudu kahe raku sisu ühtib. Liikuvaid zoospoore ja gameete ikkesvetikail ei arene. Ikkesvetikaist vaatleme keermikvetikat ja sügneemat, mis kuuluvad sügneemaliste sugukonda, samuti ka ainurakset vetikat klosteeriumi, mis kuulub desmiidiumiliste sugukonda.

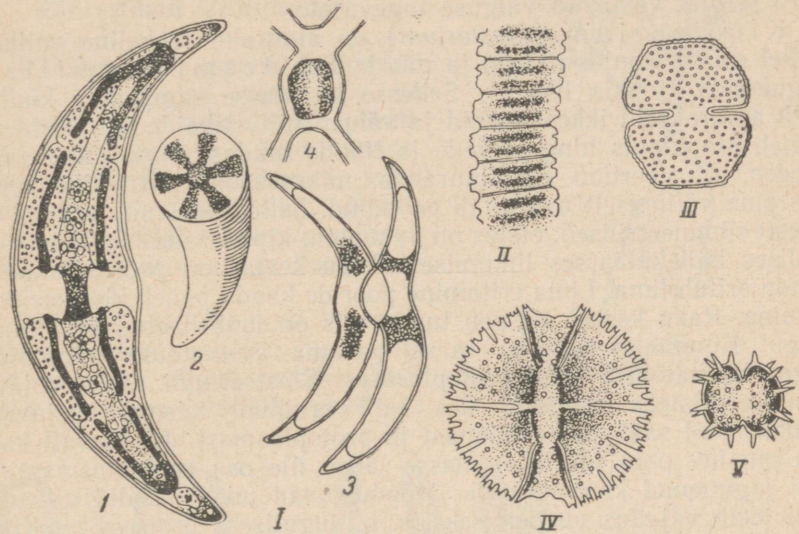


Joonis 123. Ikkesvetikad:
I — keermikvetikas *(Spirogyra)*: 1 — niidi üldkuju; 2 — keermikvetika konjugatsioon; 3 — sügoodi idanemine; II sügneema *(Zygnema)*.

Keermikvetikas *(Spirogyra)* on smaragdrohelise värvusega niitvetikas, mis mõnikord ujub vees, mõnikord katab pideva massina vanade veskite vesirattaid, kive, vaiu ja teisi esemeid vee all. Veepurgis päikese valguses tõuseb keermikvetikas vee pinnale, kaasakistuna hapnikumullikestest, mida ta eraldab.

Mikroskoobis on näha, et keermikvetika niidid koosnevad ühest reast silinderjatest rakkudest (joonis 123, I). Iga raku seinaäärses protoplasmakihis asetseb spiraalse rohelise lindina ebatasaste servadega kromatofoor. Mõnikord on rakus 2—3 ja rohkemgi spiraalselt keerduvat kromatofoori. Kromatofooris on hästi näha tärklisega ümbritsetud pürenoidid, mis asetsevad piki kromatofoori keskjoont. Tuum tuumakesega asetseb raku keskel protoplasmas, mille niidid suunduvad seinaäärsesse kihti. Kogu niitide vaheline osa on täitunud raku mahlaga. Raku kestad on keermikvetikal tselluloosist; väljast on need kattunud limakorraga.

Keermikvetika niit kasvab rakkude ristsuunalise jagunemise ning nende järgneva suurenemise teel. Raku jagunemine algab tuuma karüokineetilise jagunemisega. Kromatofoorid jagunevad samuti ristsuunaliselt. Uue raku kesta tekkimine algab perifeerialt ja ta eraldab järk-järgult uuesti tekkinud tuumi ja rakke. Noortes rakkudes eemalduvad tuumad põikvaheseinalt raku keskele. Tütarrakud kasvavad kiiresti emaraku suuruseks ja võivad uuesti jagu-



Joonis 124. Desmiidiumilised ikkesvetikad:
1 — klosteerium *(Closterium)*: 1 — üldkuju tugeval suurendusel; 2 — ristlõige, millel on näha kromatofoor; 3 — klosteeriumide konjugatsioon; 4 — sügoodi tekkimine; II — desmiidium *(Desmidium)*; III — kosmaarium *(Cosmarium)*; IV — mikrasteerias *(Micrasterias)*; V — ksantiidium *(Xanthidium)*.

neda. Rakkude jagunemine toimub harilikult öösel ja kestab ligi $1^1/_2$ tundi, kuid täisea saavutavad tütarrakud $1^1/_2$ päevaga. Keermikvetika vegetatiivne paljunemine toimub niidi juhusliku purunemise ja sellele järgneva hoogsa rakkude jagunemise teel.

Konjugatsioonil asetuvad keermikvetika niidid paralleelselt üksteise kõrvale ja kleepuvad limaga. Kahe naaberniidi raku kestad hakkavad kasvama üksteisele vastu, tekitavad puhetisi, mis suurenevad alatasa ja selle tulemusena puutuvad otstega kokku, nihutades seejuures niidid eemale. Iga niidipaar võtab nüüd redeli kuju. Vaheseinad puhetiste vahel lahustuvad ja isasvetika rakkude sisu liigub kanalikeste kaudu emasvetika rakkudesse. Kahe raku sisu ühtib ja areneb sügoot, mis on ümbritsetud kolme kestaga ja sisaldab varuaineid (õli, hematokroomi jt.). Sügoodi valmimisel toimub

tuumade ühtimine, isaskromatofoor lahustub, emaskromatofoor aga jääb. Pärast puhkeperioodi sügoot idaneb: tuum jaguneb (reduktsiooniliselt) ja neljast haploidsest tuumast kolm sureb, idusse aga jääb üks. Idu purustab kaks välist kesta ja väljub, olles kaetud sisemise kestaga, ning muundub ueks keermikvetikaks.

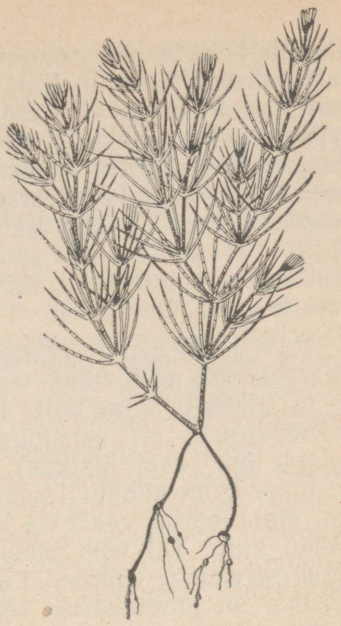
Ikkesvetikate hulka kuuluvad veel kaks sageli esinevat vetikat: sügneema *(Zygnema)* (joonis 123, II), millel kromatofoor koosneb kahest rohelisest tähtplaadist, ja mužootia *(Mougeotia)*, ühe plaatja kromatofooriga, mis pöördub valguse poole kord lapiti, kord serviti, vastavalt valguse tugevusele.

Klosteerium *(Closterium)* on ainurakne roheline vetikas, millel esineb konjugatsioon ja mis kuulub desmiidiumiliste sugukonda (joonis 124, I). Sellesse laialdasse sugukonda kuulub hulk ainurakseid ikkesvetikaid ja vähem niitvetikaid. Neid vetikaid esineb planktonis ning järvede ja tiikide mudas, samuti ka turbasoodes. Klosteerium on ainurakne, mikroskoopiliselt väike taim, mis oma välimuselt meenutab poolkuud. Selle «poolkuu» sarved on täiesti sümmeetrilised, otstes on vakuoolid kipsikristallidega, mis on alalises molekulaarses liikumises. Raku kestas on poorid, millede kaudu eritub lima. Lima eritamine pooride kaudu paneb klosteeriumi liikuma. Raku keskel asetseb tuum, mis on ümbritsetud protoplasmaga. Kummalgi poolkuu sarvel on oma kromatofoor pürenoididega; kromatofoor asub protoplasmas. Klosteeriumi rakk pooldub sümmeetrilisteks osadeks: üks sarv eraldub teisest, kusjuures kumbki pool saab poole tuumast ja protoplasmast. Järgnevalt kasvab puuduv pool juurde, temasse läheb üle osa protoplasmast ja pool jagunenud kromatofoori. Moodustuvad uued isendid niikaua, kuni tekib vajadus uuenemiseks, s. o. suguliseks protsessiks. Konjugatsioonil ühtivad kaks isendit. Nende vahele ilmuvad puhetised, millede vaheseinad lahustuvad, tekib laienenud limane kanal, millesse valgub kahe raku sisu. Tekkinud sügoot varustatakse toitainetega, seejärel kattub ta kestadega ja alles pärast puhkeperioodi ühtivad kaks tuuma. Sügoodi idanemisele kaasub kopulatsioonituuma jagunemine ühes nelja haploidse tuuma tekkimisega. Neljast tuumast kaks sureb, kaks aga läheb kahe idu moodustamiseks, millest areneb kaks klosteeriumi.

Peale klosteeriumi on desmiidiumiliste sugukonnas veel palju teisi perekondi ja hulk liike (desmiidium, kosmaarium, mikrasteerias, ksantiidium jt.); mõned neist on näidatud joonisel 124.

Roheliste kromatofooridega on ka mändvetikate klass. Sellesse kuulub rabe mändvetikas *(Chara fragilis)* (joonis 125). Seda taime esineb magedates vetes ja ta kasvab kuni 0,5 m pikkuseks. Mändvetika rakisel on piklik telg, mis koosneb sõlmedest ja sõlmevahedest. Sõlmedest väljuvad külgteljed, mis asetsevad männastena. Juuretaolised risoidid kinnituvad veekogu põhja, nendel arenevad mugulad tärklise kogumiseks. Peatelje latv lõpeb kasvupunktiga, mis koosneb kiirdrakust. Iga mändvetika sõlmevahe koosneb keskrakust (kuni 5 sm pikk) ja hulkraksest koorest. Rak-

kudes võib tähele panna protoplasma tiirlevat liikumist. Paljunemine on vegetatiivne ja suguline. Külgtelgede kaenlas arenevad oogooniumid ja anteriidiumid. Suguline protsess on oogaamne. Mändvetikaga sarnaneb nitella, kuid see on lihtsama ehitusega.

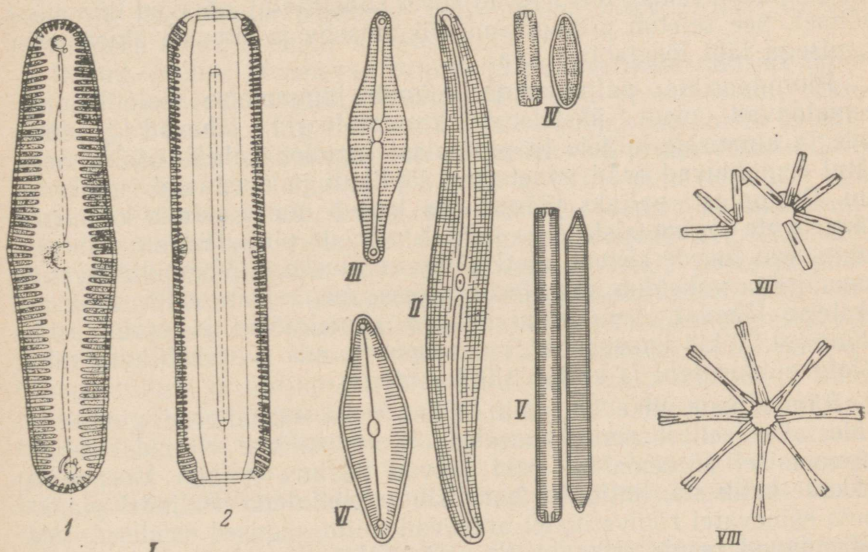


Joonis 125.
Mändvetikas *(Chara)*.

Ränivetikad *(Diatomeae)*

Ränivetikaid esineb hulganisti niihästi magedas vees kui ka merevees ning neid leidub planktonis kui ka bentoses. Nad moodustavad laialdase hõimkonna, kuhu arvatakse üle 5000 liigi. Nende hulka kuuluvad mikroskoopiliselt väikesed ainuraksed ja koloonialised vormid.

Ränivetikate raku kest koosneb pektiinainetest, mille välisel pinnal on püsiv ränist pantser, kest. Selle pantseri välisel, osalt ka



Joonis 126. Ränivetikad:
I — pinnulaaria *(Pinnularia)*: 1 — pealtvaade; 2 — külgvaade; II — *Pleurosigma;* III — *Navicula;* IV — *Diatoma;* V — *Synedra;* VI — *Cymbella;* VII — *Tabellaria;* VIII — *Asterionella.*

sisemisel küljel on peen struktuur kriipsjate, võrkjate ja mügarjate paksendite kujul. Kest koosneb kahest üksikust poolmest, millest suurem katab väiksema, nagu karp kaane. Suuremat nimetatakse pealiskaaneks *(epivalva)*, väiksemat aluskaaneks *(hypovalva)*. Kesta kaitse all on protoplast, mis koosneb protoplasmast, tuumast, kromatofooridest ja vakuoolist. Kromatofoorid sisaldavad rohelist klorofülli, mis harilikult on maskeeritud pruuni pigmendiga — diatomiiniga.Ränivetikate rakkudes puudub tärklis, kuid neisse koguneb õli. Paljudestränivetikate liikidest on magedas vees levinud pinnulaaria.

Pinnulaaria *(Pinnularia viridis)* on ainurakne vetikas. Mikroskoobis võib näha tema ehitust (joonis 126, I). Pealtvaates on tal piklik-ovaalne kuju; kaanel on näha peenikesed põikribad — paksendused, mis vahelduvad õhemate kohtadega. Kaane keskel kulgeb lõhe (raaf, õmblus) peenikese lookleva joonena. Peale selle on näha kolm kühmu (sõlme) — üks kaane keskel ja kaks otstel. Kui pinnulaariat vaadelda küljelt (vöö poolt), on tal pikliku püstküliku kuju. Tal võib tähele panna pealiskaant *(epivalva't)*, mis katab servadega väiksemat sisemist aluskaant *(hypovalva't)*. Protoplasmal on pinnulaarias seinaäärne asetus.

Pealtvaates on selles näha kaks pruuni riba: need on kromatofoorid, mis laiema küljega on vastu pantseri külgi. Kogu raku õõs on vakuool ja vaid keskmises osas, laias protoplasmalises sillas, asetseb raku tuum. Kõikjal protoplasmas on näha õlitilku. Pinnulaaria elavad rakud, mis asuvad kõval substraadil, omavad liikumisvõimet. See seletub protoplasma liikumisega ja limaste ainete eritamisega läbi lõhetaolise ava.

Pinnulaariate paljunemine toimub jagunemise teel: kaaned eemalduvad pisut üksteisest, kromatofoorid lähevad pealmisele ja alumisele küljele ja protoplast jaguneb kaheks osaks. Seejärel eemalduvad osad teineteisest lõplikult ja alustavad iseseisvat elu. Protoplasti paljaks jäänud osa kattub uue puuduva kaanega. Järgnevate jagunemiste reas toimub mõnede pinnulaariate vähenemine, sest juurde kasvab alati väiksem, aluskaas. Vegetatiivse paljunemisega vaheldub suguline protsess, mis seisab selles, et kahe üksteise lähedal oleva raku kaaned eemalduvad ja protoplastid ühinevad. Tekib kasvuspoor (auksospoor), mis suureneb kuni raku esialgse suuruseni ja kattub siis kaantega.

Ränivetikate liike on palju. Ühed neist sarnanevad pinnulaariale, olles sellest ainult suuremad. Koloonialistel vormidel rakud jagunemisel ei eemaldu, vaid jäävad püsima limaga kleepunult pikkade ketikeste, lintide ja haruliste kolooniatena. Paljudel planktonis esinevatel ränivetikatel arenevad mitmesugused seadised, mis vähendavad nende erikaalu (lk. 189). Mitmesuguseid ränivetikate liike on näidatud joonisel 126. Ränivetikate ränipantserid on suure vastupidavusega: nad säilitavad oma kuju pärast rakkude kõdunemist ja isegi pärast nende põletamist.

Pruun- ja punavetikad *(Phaeophyceae ja Rhodophyceae)*

Pruun- ja punavetikad moodustavad kaks iseseisvat hõimkonda. Kuna nad kasvavad ühesugustes tingimustes ja esinevad, välja arvatud harvad erandid, peamiselt merevees, siis kirjeldame neid ühiselt. Need vetikad kasvavad vees, kinnituvad veekogu põhja, merekarpidele, veealustele kividele, teistele vetikatele ja moodustavad sagedasti peamise osa bentosest. Pigment fukoksantiini ($C_{40}H_{56}O_6$) pruun värvus maskeerib sagedasti rohelise klorofülli pruunvetikate kromatofoorides, sellega on seletatav vetikate tumepruun värvus, mis mõnikord muutub peaaegu mustaks, vahel aga ka oliivroheliseks. Punavetikatel on kromatofoorides peale klorofülli sinist fükotsüaani ja punast fükoerütriini. Nende pigmentide koosmõjul on rakistel kollakas, sinakas, sagedamini aga erepunane värvus, mispärast neid vetikaid nimetataksegi punavetikateks.

Pruunvetikad elunevad kaldaäärsetes, madalama veega vööndites, punavetikaid aga esineb madalatest kuni sügavate kasvukohtadeni (40—60 m). On tähele pandud, et madalvee punavetikate liikidel on kahkjasroosa ja kollakas värvus, kuna suuremates sügavustes muutub värvus erepunasemaks ja süvamere vormidel on kõige tumepunasem värvus.

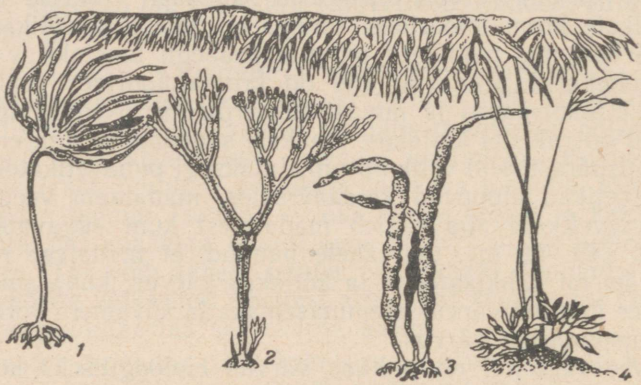
Süvavee vetikatel on punane värvus bioloogiliseks kohanemiseks elutingimustele. Nende leviku sügavusse tungivad valguse helesinised, sinised ja rohelised kiired, mis paremini püütakse punase värvusega kromatofooride poolt. Punavetikatel, milledel on klorofülli täiendavaid pigmente (fükotsüaan, fükoerütriin), toimub fotosüntees energilisemalt sinistes kiirtes.

Rakud, millest koosnevad pruun- ja punavetikate rakised, omavad tselluloosseid, sageli limastuvaid kesti, protoplasmat, rakumahla, üht tuuma ning harilikult teralisi ja pürenoididega kromatofoore. Süsiniku assimileerimise saadusteks on pruunvetikatel lihtsuhkrud, aga ka lahustuv laminariin, punavetikatel aga punavetikate tärklis, mis värvub joodist punakaspruuniks. Pruunvetikate raku mahla koguneb sagedasti parkaineid; punavetikate raku kestas võib tähele panna lihtsaid poore ja plasmodesme. Pruun- ja punavetikate rakiseid iseloomustab suur vormide mitmekesisus. Nende taimede klassidel on mõlemal perekondi ja liike, milledel on lihtsalt ehitatud rakis dihhotoomilise hargnemisega niitide ja lintjate plaatide kujul, aga ka perekondi ja liike, milledel on väga keeruka ehitusega rakis, mis koosneb arenenud risoidide ja diferentseerunud «kudedega» (mehaaniline kude, assimilatsiooni-, säilitus- ja juhtkoed) varre- ja lehetaolistest organitest. Rakiste mõõtmed kõiguvad mõnest sentimeetrist mitme meetrini.

Pruun- ja punavetikate elu- ja paljunemisviisidega tutvumiseks anname mõnest neist lühikese kirjelduse.

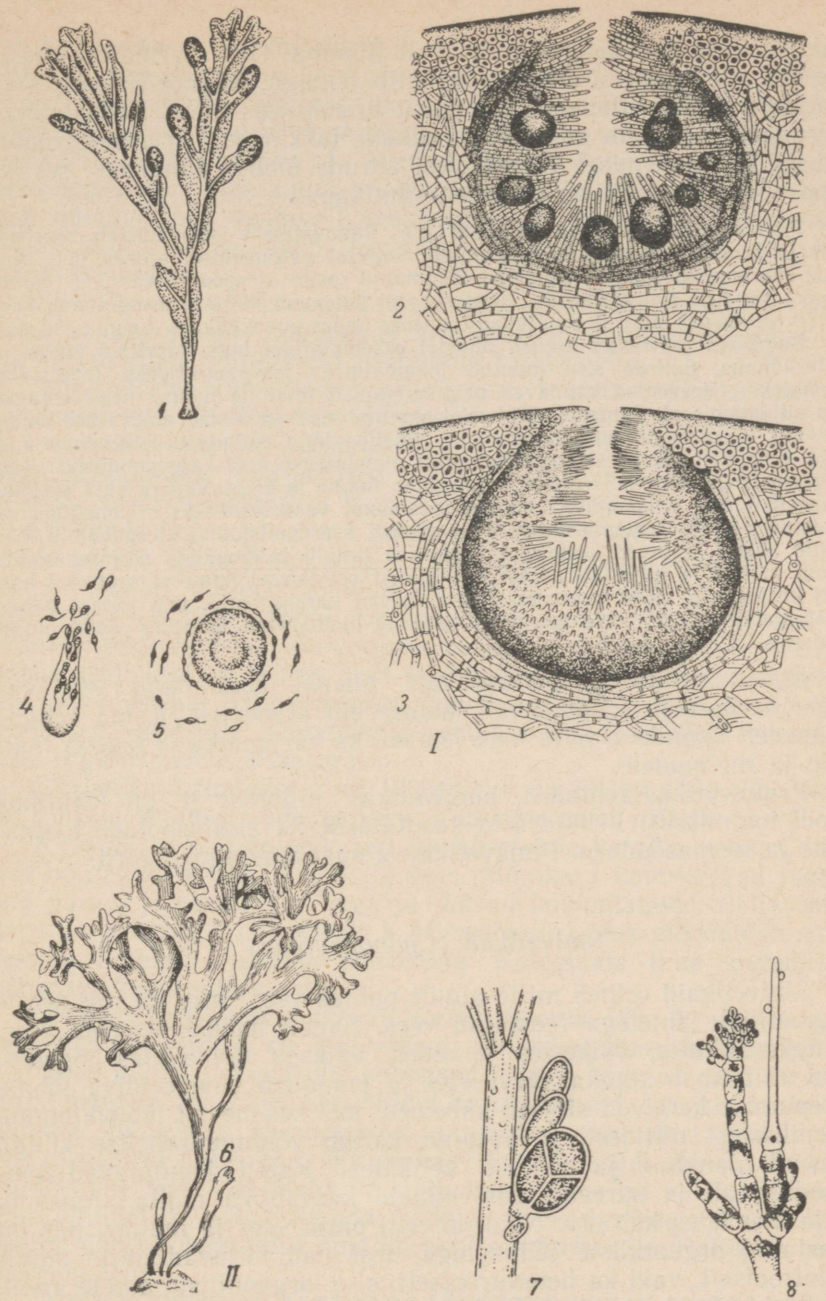
Lehtadru *(Laminaria)* on hulkrakne taim, mis kuulub laminaarialiste sugukonda. Sellesse sugukonda kuuluvad Vaikse ookeani hiiglasuured pirnadrud

(Macrocystis), millede pikkus on kuni 60 m ja rohkemgi. Lehtadrudel *(Laminaria saccharina)*, mis kasvavad Murmani rannikul, samuti ka Valges meres, on rakis kuni 5 m pikk. See koosneb varrest ja pikast lintjast lehelaba meenutavast osast (joonis 127, 3). Teisel lehtadru liigil *(L. digitata)* (joonis 127, 1) asub lehelaba kujuline osa varre tipus ja on sõrmjalt lõhestunud. Lehetaolise osa pinnal arenevad zoosporangiumid haploidsete zoospooridega. Ühtedest zoospooridest kasvavad mikroskoopiliselt väikesed isas-idud anteriidiumidega, milledes valmivad igas üksainus liikuv spermatozoid; teistest zoospooridest kasvavad samasugused väikesed emas-idud oogooniumidega, milledes valmib üks munarakk. Pärast viljastumist kasvab diploidsest sügoodist uus lehtadru.



Joonis 127. Pruunvetikad:
1 — sõrm-lehtadru *(Laminaria digitata)*; 2 — põisadru *(Fucus)*; 3 — suhkru-lehtadru *(Laminaria saccharina)*; 4 — pirnadru *(Macrocystis)*, tugevasti vähendatult.

P õ i s a d r u *(Fucus)* (joonis 127, 2) on pruunvetikas, mis on levinud Balti meres ja teistes põhjameredes. Adru rakis on lame, keskelt soonega, dihhotoomiliselt hargnenud ning saavutab viie aasta vanuses kuni 1-meetrise pikkuse. Rakisel arenevad õhupõiekesed, mis soodustavad taime veepinnal püsimist. Rakise alumisel osal on varretaoline kuju; selle varre alus on laienenud ja kasvab tihedalt veealuste kivide külge. Lehetaoline, lame rakise osa koosneb hulkraksetest, üksteisest läbi põimuvatest niitidest, mis moodustavad seespool hõredama, väljaspool tihedama koe. Adrul puudub sugutu paljunemine, suguline protsess aga toimub oogaamselt. Pruunidel rakise otstel ilmuvad heledama värvusega puhetised, milles arenevad kerajad õõned (skafiidid), mis avanevad väljapoole (joonis 128, I). Nendes õõntes arenevad peenimate hulkraksete niitide (parafüüside) vahel emassuguorganid — oogooniumid ja isassuguorganid — anteriidiumid, mõnikord ühes ja samas õõnes, kuid sagedamini eri eksemplaridel arenenud õõntes. Igas oogooniumis on harilikult 8 munarakku, kuna anteriidiumides, mis asetsevad hargnenud niitidel, areneb 64 spermatozoidi. Munarakud on spermatozoididest umbes 1000 korda suuremad. Niihästi oogooniumid kui ka anteriidiumid paiskuvad õõnest välja välisava kaudu ühes limatilkadega. Munarakud ja spermatozoidid vabanevad kestadest ja vees toimub viljastumine. Hulk spermatozoide ujub kiiresti muna-



Joonis 128. Pruun- ja punavetikate paljunemine:
I — pruunvetikas: 1 — põisadru rakis; 2 — oogooniumidega skafiidi läbilõige; 3 — anteriidiumidega skafiidi läbilõige; 4 — spermatozoidide väljumine anteriidiumist; 5 — munaraku viljastamine; II — punavetikas: 6 — rakis; 7 — tetraspoori tekkimine; 8 — haru anteriidiumide ja karpogoognidega.

raku ümber, mis hakkab pöörlevalt liikuma. Üks spermatozoididest tungib munaraku sisemusse ja ühtib temaga. Sügoot hakkab ilma puhkeperioodita idanema ja temast areneb uus adru. Reduktsioonjagunemine toimub adrul sugurakkude tekkimisel. Spermatozoidide massilisel arenemisel värvub vesi adrude ümber punakaks, sest et igal spermatozoidil on punane «silmtäpp».

Punavetikate paljunemine. Punavetikaid iseloomustab zoospooride ja liikuvate gameetide puudumine. Sugutul paljunemisel areneb neil suur hulk sporangiume, milles valmivad liikumatud rakud — spoorid, kas üks (monospoor) või neli (tetraspoorid). Need spoorid langevad välja sporangiumist, kantakse veevoolust laiali ja muutuvad idanedes uueks punavetikaks (joonis 128, II). Sugulises protsessis areneb ühtedel eksemplaridel hulk värvituid rakke — anteriidiume, millede sisu muutub liikumatuteks isasgameetideks (spermaatsiumideks). Veevoolud kannavad neid hulganisti laiali ja mõned neist võtavad osa viljastamisest. Samadel või teistel eksemplaridel arenevad ainuraksed emasorganid — oogooniumid, milledel on pudeljas kuju peenikese, pikenenud kaelaga. Erinevalt harilikest oogooniumidest nimetatakse neid karpogoonideks. Karpogooni laienenud osa — mõhk — sisaldab tuuma ja kromatofoori, kuid peenike, pikenenud osa (trihhogüün) on spermaatsiumi vastuvõtmiseks. Trihhogüün on täidetud värvitu protoplasmaga. Vees olevad spermaatsiumid kleepuvad trihhogüüni külge, kattuvad kestaga ja ühe sisu tungib trihhogüüni, seejärel karpogooni mõhku ja viljastab munaraku. Pärast oogaamset sugulist protsessi kasvab karpogooni mõhk suuremaks ja arenevad karpospoorid, mis pärast valmimist eralduvad, kantakse vee poolt laiali ja muunduvad idanedes vetika uueks rakiseks.

Rohe-, pruun- ja punavetikate tihedad kogumikud tekitavad mere bentose ja soodustavad loomse elu arenemist. Kalad saavad taimedelt hapnikku, toitu; nad leiavad ka varjupaika ja kaitset marjale ja maimudele.

Pruunvetikas lehtadru, punavetikas füllofoor jt. on kõlblikud joodi tootmiseks. Lehtadrusid kasutatakse ka algiinsoolade tootmiseks ja loomasöödaks. Punavetikatest saadakse agar-agarit.

Sinivetikad *(Cyanophyceae)*

Sinivetikaid esineb mitte ainult puhtas vees, vaid ka roiskuvate orgaaniliste ainetega reostatud vees. Sageli hakkab seisvas vees, näiteks tiikides, väikestes järvedes, vaikselt voolavates jõgedes, vesi «õitsema» sinaka värvusega ja omandab ebameeldiva lõhna. Veepinnale kerkivad sinised kübemed, mis koosnevad läbipõimunud peenikestest niitidest, ja veepind kattub võidunudrohelise kihiga surnud planktoni ja bentose vetikatest. Kalad kannatavad õhupuuduse all ja surevad. Sinivetikaid kasvab ka mulla pinnal ja selle ülemistes kihtides. Neid on eriti palju vees ja mullas, mis on reostatud orgaaniliste jäätmetega, sest nad toituvad mitte ainult autotroofselt, vaid ka heterotroofselt, s. o. orgaaniliste ainete arvel.

Sinivetikaid on ainurakseid ja hulkrakseid; viimastel on niidi kuju. Raku kestad koosnevad peamiselt pektiinainetest ja limastuvad kergesti. Raku protoplasma on tihe, ilma tuumata ja vakuoolideta. Väline kiht — koorekiht — on värvunud siniseks, sisemine

keskkeha aga ei ole värvunud ja sisaldab nukleiinaineid. Pigmentatsioon, mis loob välise kihi värvuse, koosneb rohelisest klorofüllist, oranžist karotiinist, sinisest fükotsüaanist ja mõnikord ka punasest fükoerütriinist. Nende pigmentide kombinatsioonist olenevad sinivetikate värvuse varjundid. Mitmesuguseid sinise ja rohelise värvuse varjundeid pole ainult eri liikidel, vaid ka iga vetika liik muudab oma värvust vastavalt keskkonna- ja valgustustingimustele. Raku soojendamisel kaob fükotsüaan ja surnud vetikas omandab rohelise värvuse.

Süsiniku assimilatsioonisaaduseks on glükogeen ja sellele lähedane anabeniin, mis kogunevad keskkehasse. Seinaäärses kihis on samuti märgata varuaineid peenimate terakestena.

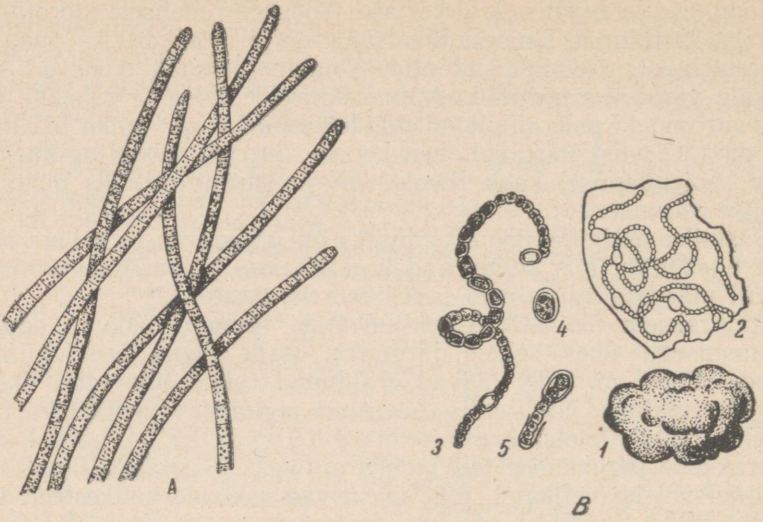
Ainuraksete sinivetikate paljunemine toimub rakkude pooleks jagunemisega ühes sellele järgneva osade koost eraldumisega. Koloonialistel vormidel jäävad eraldunud rakud lima abil üksteisega ühendatuks. Niiditaolised vormid jagunevad üksikuteks tükikesteks, mida nimetatakse hormogoonideks — need kasvavad rakkude jagunemise teel uuteks niitideks. Sagedasti ilmub niitvetikatel või ka vetikatel, mis koosnevad rakkude ketikestest, suuremaid rakke, milledel puudub protoplast — need on heterotsüstid, millede kohal toimub purunemine hormogoonideks. Mõnikord suurenevad sinivetikate tavalised rakud, neisse kuhjub varuaineid, kest pakseneb, nad vabanevad ja muunduvad eosteks, mis on vajalikud paljunemiseks. Zoospoore neil ei teki ja sugulist protsessi neil ei ole. Sinivetikaid peetakse ühtedeks kõige vanemateks organismideks Maakeral.

Sinivetikaid tuntakse kuni 150 perekonda ja ligi 1500 liiki. Nad on rohkem levinud magedas vees. Vaatleme neist mõnda.

Krookokk *(Chroococcus)* on ainurakne kerajas vetikas, esineb hulganisti niiskel mullal ja vees. Mõnikord ümbritsevad rakud end pärast jagunemist limaga ja jäävad kolooniatesse. Selle vetikaga on sarnane glöokapsa *(Gloeocapsa)*, mis moodustab suuremaid limaseid rakkude kolooniaid. Kolooniate lima kadumisel vabanevad sinised rakud.

Ostsillatooria *(Oscillatoria)* (joonis 129, A) ja temaga sarnased niitvetikad on sinivetikad. Esinedes massina moodustavad need niidid tumesiniseid kübemeid. Sageli koguneb neid akvaariumi seintele vee läheduses. Niidid on peenikesed. Iga niit koosneb hulgast lühikestest silinderjatest, omavahel sarnastest rakkudest, mis asetsevad ühes reas. Niitide kasv toimub ühest otsast rakkude jagunemise teel. Ostsillatooria niidi kasvav ots on veidi kõverdunud. Niitidel on võime liikuda, kõikuda ühele ja teisele poole ning ronida ühest kohast teise lima ühepoolse eritamisega. Paljuneb hormogoonidega.

Eelmisega sarnane on anabeena *(Anabaena)*, kuid tal esinevad heterotsüstid, millede kohalt niit paljunemisel puruneb; ka on tal suuri spoore. Artrospiira *(Arthrospira)* niit on korgitõmbajana keerdunud. Lüngbüa *(Lyngbya)*, tolüpootriks *(Tolypothrix)* on toruja tselluloosse tupega, mis niiti ümbritseb. Rivulaaria *(Rivularia)* koosneb otsast peenenevatest nii-



Joonis 129. Sinivetikad:
A — ostsillatooria *(Oscillatoria)*; B — pilvvetikas *(Nostoc)*: 1 — koloonia limatükina; 2 — sellise koloonia osa vähesel suurendusel: 3 — üksik niit tublisti suurendatult; 4 — spoor; 5 — spoor idanemisel.

tidest. Jäme ots lõpeb heterotsüstiga ja on ümbritsetud toruja tupega. Niidid on koondunud üldistesse kerajatesse kolooniatesse.

Pilvvetikas *(Nostoc)* (joonis 129, B) moodustab limaseid kerataolisi siniseid kolooniaid, mis ujuvad soostuvates järvedes. Kerad on kuni ploomi suurused ja neil on väljaspool tihe kile, mille all asetseb limane mass. Mikroskoobis on näha, et limases massis on hulganisti põimuvaid kõverdunud niite, mis koosnevad tillukestest sinistest kerajatest rakkudest. Niitidel on heterotsüstid ja kera lima kadumisel purunevad niidid hormogoonideks.

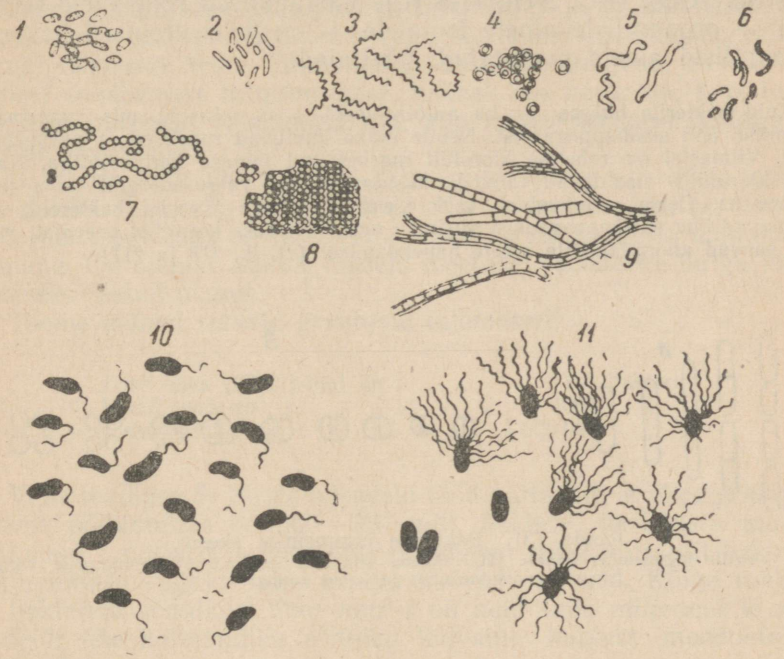
2. BAKTERID *(BACTERIA)*

Bakterite üldine iseloomustus

Bakterid on kõige väiksemad kõigist tuntud organismidest. Teadust, mis uurib baktereid, nimetatakse bakterioloogiaks. Bakterite suurus on mitmesugune — keskmiselt 0,3 kuni 3 μ, kuigi esineb ka väiksemaid ja suuremaid liike[1].

[1] μ (mikron) võrdub 0,001 mm. Bakteritest alla 0,2 μ teame vähe, sest nad pole nähtavad optilistes mikroskoopides. Neid avastatakse ultramikroskoopide ja elektronmikroskoopide abil, mis annavad suurenduse kümneid, isegi sadu tuhandeid kordi.

Bakterite kuju on samuti mitmesugune. Tüüpilised bakterid on ainuraksed taimed. Nende kuju võib elu mitmesugustel perioodidel muutuda. *Bakterion* on kreekakeelne sõna ning tähendab «kepike». Sellise kujuga on näiteks *Bacterium radicicola* liblikõieliste juuremügarates. Kuid alati ei ole bakterid kepikujulised, nagu on näha joonisel 130.

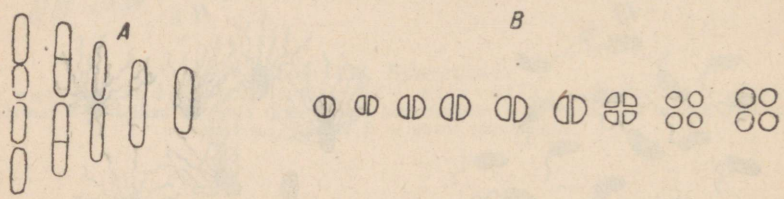


Joonis 130. Bakterid:
1 — bakterid; 2 — batsillid; 3 — spirohheedid; 4— kokid; 5 — spirillid; 6 — vibrioonid; 7 — streptokokid ja diplokokid; 8 — sartsiinid; 9 — niitjad; 10 — viburitega; 11 — ripsmelised.

Esineb veel järgmisi bakterite kujusid: batsillid — peenikesed pikad kepikesed (näiteks tuberkuloosi, siberi katku, kõhutüüfuse, katku ja teiste haiguste batsillid); spirillid — kruvikujulised; kokid — kerakujulised (näiteks meningiidi — ajukelmepõletiku kokk); spirohheedid — enam-vähem spiraalselt keerdunud kujuga ja pikemad kui spirillid (näiteks taastuva soetõve ja süüfilise spirohheet); vibrioonid — kõverdunud kepikesed (näiteks koolera vibrioon); diplokokid — kahe koki liitkokid (näiteks krupoosse kopsupõletiku diplokokk); streptokokid — kokkide ahelikud; sartsiinid — koosnevad kaheksast või rohkemast pambukestena liitunud kokist, ja niitjad kujud. Mõned bakterid omavad liikumisvõimet (heina-, tüüfuse-, soolebakter). Seda liikumist, mida võib märgata teatavas elueas, võimaldab viburite — peenimate plasmakasvundite olemasolu, samuti raku rütmilised kokkutõmbumised, nagu seda võib tähele panna spiraalselt keerdunud vormidel. Kuid enamik baktereist on passiivsed ja neid kannavad edasi vee- ja õhuvoolud. Mõned lima eritavad bakterid moodustavad paljunedes kogumeid — zooglõasid. Lima hoiab neid toiduallika kohal kinni.

Peale väheste erandliikide on bakterid ilma klorofüllita ja seepärast kuulub suurem osa neist heterotroofsete taimede hulka, s. t. nad toituvad valmisolevatest orgaanilistest ainetest, mida nad lagundavad lihtsamateks. Bakterite mitmesuguse tegevuse mõjul orgaaniline aine mineraliseerub, s. o. laguneb lihtsateks aineteks (CO_2, H_2O, NH_3, H_2S jt.). Vastupidiselt rohelistele taimedele — orgaaniliste ainete loojatele — on heterotroofsed bakterid orgaaniliste ainete purustajad, hävitajad.

Kuid bakterite hulgas on ka autotroofseid, s. o. selliseid, mis omastavad süsinikku õhu süsihappegaasist. Nende hulka kuuluvad rohelised ja purpurbakterid. Viimastel on roheline klorofüll maskeeritud punase karotinoidiga. Nagu kõik klorofülli sisaldavad taimed, kasutavad nad valgusenergiat oma elutegevuseks. Peale selle esineb veel kemosünteesivaid bakterеid, mis kasutavad õhu süsihappegaasist süsiniku omandamiseks keemilist energiat, mida nad saavad anorgaaniliste ainete hapendamisel (vt. lk. 213 ja 217).



Joonis 131. Bakterite jagunemise skeem:
A — batsilli jagunemine kohese tütarrakkude eemaldamisega; B — ümmarguste vormide jagunemine ühes ja kahes suunas.

Bakteri rakul on kest ja sisu. Raku sisul on aluseline reaktsioon. Raku kest koosneb valkainetest või hemitselluloosist, samuti ka rasvataolistest või vahataolistest ainetest. Mõnedel bakteritel limastub osa raku kestast ning tekib paks, tursunud väline kiht (limakapsel). Raku sisu — protoplasma — koosneb valkainetest, millesse koguneb rasv ja tärklise asemel glükogeen («loomne tärklis»). Raku tuumad ei ole tavaliselt märgatavad, kuid värvimisel näeme protoplasmas kehakesi, mis meenutavad tuumi. Arvatakse, et bakteritel on tuumaine difuusselt hajunud protoplasma osakeste vahele. Protoplasmas võib tähele panna veel vakuoole. Bakterid paljunevad jagunemisega ning see toimub küllalt kiiresti. Nii jaguneb heinabatsill 35°C temperatuuril iga 20—25 minuti tagant, 20—25° korral — 35 minuti tagant ja 12,5° korral iga 4—5 tunni tagant. Teadlased on välja arvestanud, et 2 μ pikkune ja 1 μ laiune batsill, jagunedes iga poole tunni järel (joonis 131), annab järglaskonna, milles kahe päeva pärast on 281 biljonit bakterit, mahuga 0,5 liitrit. Järgneva kolme ööpäeva kestel oleks takistamatul jagunemisel ühe bakteri järglaskond nii suur, et ta täidaks kõik mered ja ookeanid. Seda

siiski ei ole, sest baktereid hävib arvutul hulgal toidu puudusel ja mitmesuguste väliste ebasoodsate mõjude tõttu. Eoste (spooride) moodustamine kaitseb baktereid kahjulike mõjutuste eest, mis ohustavad neid looduses (kuivamisel, külmumisel jne.).

Eosed tekivad paljudel kepikujulistel bakteritel (batsillidel), samuti ka mõnedel kerakujulistel. Rakus toimub vakuoolidest vee eraldumise tagajärjel protoplasma tihenemine ja ta ümbritseb end vastupidava kestaga. Eos tekib raku sisemuses ja vabaneb rakust pärast emaraku kesta lahustumist. Sattunud soojuse ja niiskuse poolest soodsatesse tingimustesse, hakkab eos kasvama, s. o. tema tihe kest puruneb, vabanenud sisu aga kattub õhukese kestaga ja hakkab jagunema.

Bakterite hulk looduses on väga suur. Raske on leida kohta, kus poleks baktereid. Neid on hulganisti sõnnikus, mullas, piimas, vees jne. Isegi õhus on neid väga suurel arvul peenima nähtamatu tolmuna. On olemas küllalt täpseid meetodeid bakterite hulga määramiseks teatud mahus.

Toome mõned selliste arvutuste tulemused:

1 m^3 õhus põllu kohal on	100 bakterit
1 sm^3 vees on	1000 „
1 sm^3 piimas on	1 000 000 „

Vene teadlase S. N. Vinogradski tööd näitavad, et ühes grammis kehvas põllumullas on 300—500 milj. bakterit, keskmises mullas ligikaudu 1 miljard ja heas mullas rohkem kui 2 miljardit bakterit. Põllupinnase sügavamates osades kaovad bakterid. Kõige rohkem on baktereid sõnnikus: ühes mm^3-s on neid sadu miljoneid ja miljardeid; ühe kolmandiku sõnniku kuivaine kaalust moodustavad bakterid.

Õhuhapnikku suhtumise seisukohalt on kahesuguseid baktereid: aeroobid, mis arenevad hapniku juuresolekul, ja anaeroobid, mis arenevad hapnikuta. Fakultatiivsed aeroobid on sellised bakterid, mis võivad areneda õhuhapnikus, aga ka hapnikuta; obligaatsed aeroobid arenevad ainult hapniku manulusel; obligaatsed anaeroobid arenevad ainult hapnikuta keskkonnas.

Bakterite suhtumist valgusesse iseloomustab hästi vanasõna: «Kuhu ei vaata päikesekiir, sinna peab vaatama arst». Päikesekiired tapavad baktereid. Võib korraldada katse: võtta kaks katseklaasi ning valada mõlemasse läbipaistvat toitepuljongit; ühte neist tuleb varjutada musta paberiga, teine aga panna päikesepaistele. Katseklaasis, mis on varjutatud, muutub vedelik mõne aja pärast segaseks, sest selles hakkasid arenema juba bakterid, kuna teises katseklaasis jääb vedelik selgeks. Baktereid tapavad sinised, violetsed ja ultravioletsed kiired. Viimasel ajal kasutatakse valguskiiri mitmesuguste haiguste ravimisel, näiteks «kõrgustiku-päikest» luutuberkuloosi ja teiste haiguste puhul. Valgus on ka tähtsaimaks teguriks jõgede isepuhastumisel bakteritest.

Põllumajandusloomadele on määratu suure tähtsusega valgusküllased, avarad laudad, mida puhastatakse iga päev. Sellistes ruumides on vähem baktereid.

Bakterite tähtsus looduses ja põllumajanduses

Ühed bakterid on kasulikud, teised kahjulikud.

Bakterite positiivne tähtsus seisab kõigepealt selles, et nad põhjustavad ainete ringkäiku looduses. Bakterid mineraliseerivad keerukaid orgaanilisi aineid, muudavad neid lihtsamateks aineteks. Bakteriteta kattuks maakera varsti loomade laipade ja surnud taimedega ning elu poleks võimalik. Surnud orgaanilisest ainest, mille koostisse kuuluvad valgud, rasvad ja süsivesikud, vabastavad bakterid mineraalained, mis on tarvilikud elu edasiseks arenemiseks.

Mikroskoop on aidanud tõestada, et igas lagunevas kehas areneb suurel hulgal baktereid. Bakterite massilist ilmumist lagunevates ainetes seletatakse bakteritele soodsate paljunemistingimustega; nende bakterite spoorid langevad kehadele ümbritsevast keskkonnast. Näiteks kui tappa bakterid ja nende spoorid orgaanilises aines ja mitte anda uutele bakteritele võimalust tungida ümbritsevast keskkonnast sellele orgaanilisele ainele, siis ei toimu selles lagunemist, roiskumist. See möödunud sajandi avastus etendas määratu suurt osa tegelikus elus, näiteks konservitööstuses, kirurgias, mikrobioloogias, piimanduses jne.

Põllumajanduses on bakterite tähtsus eriti suur. Nende elutegevusest sõltub mulla viljakus. Bakterid on vahendajaks mulla ja rohelise taime vahel. Taimede juured on ümbritsetud mullaga, milles on tohutu hulk baktereid ja teisi mikroorganisme, mis moodustavad juurte ümber erilise, ainete taimesse sisenemist soodustava floora — risosfääri. Mitmesuguste bakterite tegevusel põhjeneb teataval määral ka gaasivahetus, mis toimub looduses. Põllumajanduses tuleb produktide säilitamisel arvestada baktereid. Rida käärimisi põhjeneb bakterite tegevusel.

Bakterid, mis elunevad surnud orgaanilisel substraadil, kuuluvad saprofüütsete organismide hulka, elusatel organismidel elunevad ja neid kahjustavad bakterid aga on parasiitsed organismid ja neid nimetatakse patogeenseteks bakteriteks. Viimased tekitavad loomadele, taimedele ja isegi inimestele infektsiooni- (nakkus-)haigusi.

Roiskumine ja nitrifikatsioon

Roiskumiseks nimetatakse selliste orgaaniliste ainete lagunemist, mis sisaldavad endas lämmastikaineid, peamiselt valkaineid. Roiskumisprotsess esineb looduses igal pool: roiskuvad surnud loomad ja taimed, liha- ja kalasaadused, vigastatud juurviljad, lehed

metsas, taimed veekogudes; sõnnikus ja mullas roiskuvad lämmastikained; loomade ja inimeste jäämesooles tekib toidujäätmete roiskumine. Roiskumisega kaasub süsihappegaasi, samuti ka paljude halvasti lõhnavate gaaside (indooli, skatooli, väävelvesiniku, metaani jt.) eritumine. Peale selle eritub roiskumisel orgaanilisi mürke — p t o m a i i n e. Seepärast ei tohi sööta loomi riknenud söödaga. Roiskumisprotsessist võtavad osa mitmesugused bakterite liigid, niihästi anaeroobsed kui ka aeroobsed. Ühed bakterid lagundavad keerukaid orgaanilisi aineid lihtsamateks, millest toituvad teised liigid; teiste bakteriliikide floora vahetub kolmanda liigiga jne., kuni orgaaniline aine mineraliseerub reaks lihtaineiks, nagu vesi, mineraalsoolad, süsihappegaas, ammoniaak, väävelvesinik jt. Seejuures vabaneb orgaanilises aines varjatud energia ja läheb bakterite elutegevuseks. Mõnikord muutub energia jääk soojuseks, näiteks lagunevais heintes, või see eraldub valgusena, niinimetatud valgusbakterite puhul, näiteks riknenud liha roiskumisel.

Järgnevalt käsitletakse b a k t e r i t e t e g e v u s t, m i s t o i m u b s õ n n i k u s j a m u l l a s. Kõigepealt tuleb meeles pidada, et sõnnik sisaldab suurel määral kusiainet $\left(CO\begin{matrix}NH_2\\NH_2\end{matrix}\right)$, mis 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 seob kaks molekuli H_2O ja läheb üle ammooniumkarbonaadiks $(NH_4)_2CO_3$:

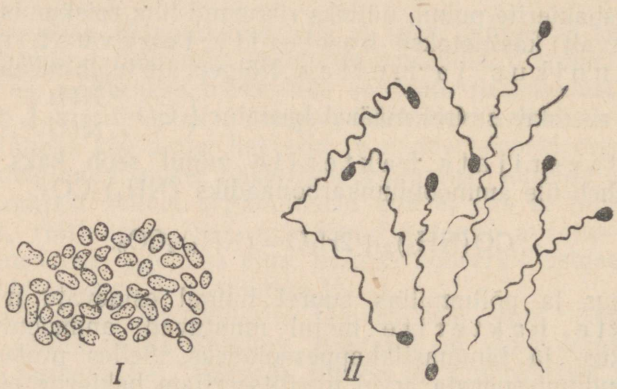
$$CO(NH_2)_2+2H_2O=(NH_4)_2CO_3.$$

Sõnnikus ja põllumullas suurel hulgal esinevate n i t r i f i t s e e r i j a t e b a k t e r i t e mõjul muutuvad ammooniumsoolad lämmastikus- ja lämmastikhappesooladeks. Selles protsessis toimub hapendumisenergia arvel nitrifitseerijate bakterite elutegevus. Nitrifikatsioon on salpeetri tekkimise protsess ning me teame juba, milline määratu suur tähtsus on selle soola esinemisel mullas roheliste taimede kasvuks. Et salpeetri tekkimine mullas on bioloogiline protsess, tõestasid esimestena teadlased Schloesing ja Müntz. Nad võtsid pikad jämedad klaastorud ja täitsid need liivaga. Siis valasid nad ülemisest otsast torusse ammooniumsoola lahust ja uurisid vedelikku, mis väljus toru alumisest otsast. Väljajooksnud vedelik sisaldas lämmastikhappesooli, ammooniumsoolad aga olid sellest kadunud. Mõjustades liivaga täidetud torusid kloroformiga või soojendades neid kuni 110° temperatuurini, tõestasid uurijad, et ammooniumsoolade muutumine salpeetriks sel juhul katkeb, millest nad järeldasid, et nitrifikatsioon oleneb mingisugustest elavatest mikroorganismidest.

Kuulus vene mikrobioloog S. N. Vinogradski eraldas 1889. a. mullast kahte liiki nitrifitseerijate bakterite puhaskultuure, millest esimene bakter *(Nitrosomonas)* (joonis 132, I) muudab ammoniaagi lämmastikushappeks ($2NH_3+3O_2=2HNO_2+2H_2O+158$ kalorit), kuna teine bakter *(Nitrobacter)* muudab lämmastikushappe lämmastikhappeks ($2HNO_2+O_2=2HNO_3+38$ kalorit).

Hiljem leiti ka kõikjal mujal põllumuldades samasuguseid bakterеid, millega on tõestatud, et nitrifikatsioon on väga laialt levinud protsess. Nitrifikatsiooni edu oleneb vajalikust niiskusehulgast mullas, küllaldaselt esinevatest kaltsiumisooladest lämmastikhappe sidumiseks, samuti ka õhu tungimisest mulda, sest nitrifitseerijad bakterid kuuluvad obligaatsete aeroobide hulka. Siit selgub, miks on tarvilik mulda õigesti ja sügavalt harida.

Nagu nähtub ülaltoodud reaktsioonide valemitest, kaasub nitrifikatsiooniga energia eraldumine. Seda hapendumise keemilist energiat kasutavad nitrifitseerijad bakterid süsihappegaasi lagundamiseks ja süsiniku kasutamiseks nende keha koostisse kuuluvate orgaaniliste ainete moodustamisel. Sellist orgaaniliste ainete sünteesi, kus toimub ühe keemilise energia vormi muundumine teiseks, nimetatakse kemosünteesiks.



Joonis 132.
I — *Nitrosomonas europaea* (suurend. 1000 korda) (nitrifitseerijad bakterid); II — *Azotobacter chroococcum* (lämmastikku siduvad bakterid).

Otse vastupidiselt neile kasulikele bakteritele esineb soostunud või väga tihedates muldades denitrifitseerijaid bakterеid, mis lagundavad lämmastikhappe sooli kuni vaba lämmastiku eraldamiseni õhku. Denitrifitseerimisprotsess on põllumajandusele kahjulik protsess, millega tuleb pidada alalist võitlust. Iga mulla tihenemine, mis on seoses ebaõige harimisega ja kooriku tekkimisega pinnale, suurendab seda kahjulikku protsessi, sest denitrifitseerijad bakterid on anaeroobid.

Peale kirjeldatud bakterite on veel väga huvitavaid ja kasulikke bakterеid, mis on võimelised siduma õhu vaba lämmastikku ning muutma seda kasutatavaks roheliste taimede toitumisel. Üks nendest bakteritest, *Azotobacter* (joonis 132, II), on aeroobne, teine aga — *Clostridium Pasteurianum* — anaeroobne. Lämmastikusidujate bakterite edukas arenemine on seotud mullavetikate arenemi-

sega. Viimased tekitavad süsivesikuid ja teisi lämmastikuvabu aineid, mis on vajalikud lämmastikusidujate bakterite arenemiseks.

Taimefüsioloogia õppimisel käsitleme üht kasulikku bakterit — mügarbakterit *(Bacterium radicicola)*, mis esineb mullas ja püüab õhust vaba lämmastikku ning nakatab liblikõieliste taimede juuri, milledel arenevad siis mügarad.

Käärimine

Suurem osa baktereid vajab oma arenemiseks orgaanilist ainet. Fermentide kaasabil lõhustavad nad selle lihtsamaiks ühendeiks. Lämmastikuvabade ühendite (süsivesikute) lagundamist bakterite (ja seente) kaasabil nimetatakse käärimiseks.

On tehtud kindlaks, et põllumajanduses on eriti suure tähtusega piimhappelise käärimise protsess, mida tekitavad mõned piimhappebakterite liigid *(Streptococcus lactis, Bacterium Bulgaricum, Bacterium caucasicum* jt.). Piimhappeline käärimine seisab selles, et piimasuhkur ehk laktoos muutub kaheks heksoosimolekuliks ($C_{12}H_{22}O_{11}+H_2O=2C_6H_{12}O_6$), kuna iga heksoosimolekul laguneb kaheks piimhappe molekuliks:

$$\underset{\text{suhkur}}{C_6H_{12}O_6}=2\underset{\text{piimhape}}{C_3H_6O_3}.$$

Piimas tekkiv hape kalgendab valgu — kaseiini — tihedaks massiks, mille tulemusena saadakse hapupiim. Piimhape takistab roiskbakterite paljunemist. Piima hapnemisel koguneb teda kuni 1%. Heade omadustega hapupiima valmistamiseks keedetakse või pastöriseeritakse[1] piim esialgselt ning nakatatakse piimhappebakterite puhaskultuuriga. Sellise hapupiima kasutamist toiduks soovitas silmapaistev teadlane I. I. Metšnikov, väites, et hapupiim takistab inimese sooltes toimuvate mürgiste roiskumisprotsesside arenemist ning kaitseb sellega inimest enneaegse vananemise eest.

Piimhappeline käärimine on väga tähtis silosööda valmistamisel. See tähtis sööda säilitamise viis nõuab edasist uurimist. Praegusel ajal on teada, et sööda sileerimisel toimuvad peale piimhappelise käärimise veel ka teised käärimise liigid. Seepärast tekib silosöödas peale piimhappe vähesel määral etüülalkoholi, süsihappe- ja teiste gaaside eraldamisel aga ka äädikhapet. Tekkinud happed kaitsevad silomassi roiskumise eest.

Piimhappebakterid võivad areneda õhuhapnikuta, kuid nad arenevad ka õhu juuresolekul. Optimaalseks temperatuuriks on neil 37—44°, kuid mõnede piimhappebakterite tegevus ei lakka ka 18—20°-ses temperatuuris. Kõrges temperatuuris toimub sileerimine kiiresti; seda nimetatakse kuumkäärimiseks; mada-

[1] Pastöriseerimiseks nimetatakse lühiajalist (2—3 minutit kestvat) piima soojendamist 80—85° temperatuuris või 20—30-minutilist soojendamist 63—65° temperatuuris. Erinevalt steriliseerimisest, milles hävivad kõik bakterid ja nende spoorid, hävib pastöriseerimisel vaid 99% haigusi tekitavaid ja piimhappebaktereid, kuid selle vastu säilivad suuremal määral kui piima keetmisel piima kasulikud osised (vitamiinid, piimasuhkur, rasvained jt.).

las temperatuuris aga aeglaselt — see on külmkäärimine. Kuumkäärimisel mahutatakse siloks määratud peenestatud roheline mass ühetasaste kihtidena silotorni või -auku kuni 1 m paksuselt, keskele aga pannakse raudvarb või termomeeter pika varre otsas. Käärimise tagajärjel tõuseb temperatuur massis 1—2 päeva pärast üle 40°, mõnikord isegi kuni 50°, mida otsustatakse umbkaudselt raudvarva soojenemise või täpselt termomeetri järgi. Soojenenud mass tambitakse kõvasti kinni ning pannakse selle peale uus kiht rohelist massi, mida samuti tihendatakse, kui see soojeneb. Samas järjekorras toimub kogu torni või augu täitmine. Kuumkäärimisel suureneb tublisti sileeritud koredate jämedavarreliste taimede (tarnad, kõrgekasvulised umbrohud jne.) söödavus. Rohkem levinud on külmkäärimine, mis seisab selles, et kohaletoodud roheline mass peenestatakse ja tihendatakse alalise tampimisega, eriti seinte ääres ja nurkades. Käärimine toimub siin pikaldasemalt kui eelmisel juhul ja temperatuur tõuseb ainult 20—30°-ni. Niihästi külm- kui kuumkäärimisel luuakse piimhappebakterite elutegevuseks soodsad tingimused, kuna teised, sileerimisel kahjulikud bakterid, nagu näiteks võihappe- ja äädikhappebakterid, samuti ka igasugused hallitused, ei leia endale sobivaid tingimusi. Silotorni või -augu täitmisel peetakse silmas järgmisi tingimusi: haljasmass tuleb hoolega puhastada porist; haljasmassi niiskus peab olema 65—70% ning peenestada tuleb ta 4—4,5 sm pikkuseks. Haljasmassi nakatamiseks piimhappebakteritega soovitatakse peenestatud haljasmassi piserdada juuretisega, s. o. taimse ekstraktiga, mis sisaldab neid baktereid. Käärimisel vajub sileeritud sööda mass tublisti alla, mistõttu mõni päev pärast silotorni täitmist tuleb ülal vabanenud tühi osa täiendavalt täita.

Võihappeline käärimine toimub õhuhapniku juurdepääsuta, sest seda tekitavad bakterid kuuluvad obligaatsete anaeroobide hulka. Need bakterid arenevad 35—38°-ses, kuid ka kõrgemas temperatuuris. Käärimisele allub glükoos, mis võihappebakterite mõjutusel laguneb üheks molekuliks võihappeks, kaheks molekuliks süsihappegaasiks ja kaheks molekuliks vesinikuks. See käärimine toimub vastavalt valemile

$$C_6H_{12}O_6 = C_4H_8O_2 + 2CO_2 + 2H_2$$

glükoos = võihape + süsihappegaas + vesinik

Võihappelist käärimist esineb sõnnikus, mullas, piimas, juustus, võis jne. Mõnikord kaasub sellele metaani, etüülalkoholi, piim- ja äädikhappe eraldumine.

Võihappebakteritest tuleb nimetada mullabakterit — *Clostridium Pasteurianum,* millest kõnelesime juba eespool, et see on võimeline omastama õhust lämmastikku. Sel bakteril on võime anda püsivaid eoseid (spoore). Teine selle bakteri liik *(C. butyricum)* põhjustab või ja keedetud piima mõrkjaks muutumist. Valmiva juustu lõhna tingib just võihappe lõhn.

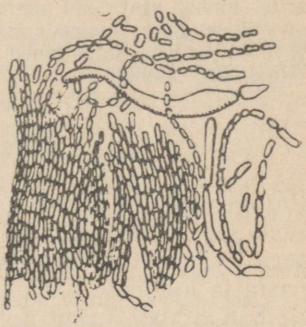
Peale selle on mullas veel baktereid, mis kääritavad tselluloosi, eritades selleks vastavaid fermente. Need bakterid lagundavad taimejäätmeid mullas ja sõnnikus. Esineb ka võihappebaktereid *(Granulobacter pectinovorum)*; need kääritavad pektiinaineid ja on tähtsad kiutaimede leotamisel.

Viimaks on olemas veel äädikhappeline käärimine, mis toimub rea äädikhappebakterite (näiteks *Bacterium aceti, Bact.*

Pasteurianum, Bact. Kützingianum jt.) mõjul (joonis 133). Kõigile on teada, et lahtiselt seisma jäetud vein muutub mõne aja pärast äädikaks. Sellise hapnenud veini pinnale tekib kile, mis koosneb paljunevaist baktereist. Äädikhappelisel käärimisel hapendub etüülalkohol ja muundub äädikhappeks vastavalt valemile

$$CH_3CH_2OH + O_2 = CH_3COOH + H_2O + 117 \text{ kalorit.}$$
etüülalkohol + hapnik = äädikhape + vesi

Üks äädika valmistamise menetlustest seisabki selles, et vein valatakse madalatesse tõrtesse $^2/_3$ kõrguseni ja nakatatakse äädikhappebakteritega. Äädikapesa levib kiiresti kogu pinnal ja umbes kahe nädala jooksul saadakse äädikas. Äädikhappebakterid on obligaatsed aeroobid. Nad arenevad 20—30°-ses temperatuuris.



Joonis 133. *Bacterium aceti* (äädikhappelise käärimise bakterid).

Looduses esineb veel kaks rühma huvitavaid baktereid — **väävlibakterid** ja **rauabakterid**. Esimesed neist neelavad väävelvesinikku (H_2S), mis eraldub valguühendite roiskumisel. Nad muudavad neelatud väävelvesiniku esiteks väävliks ja siis väävelhappeks ($H_2S+2O_2=H_2SO_4+115$ kalorit), mis läheb süsihappesoolade juuresolekul üle väävelhappeühenditeks ning muutub sellisena uuesti omastatavaks roheliste taimede toitumisel. Väävelvesiniku hapendumise protsess väävlibakteritega avastati vene teadlase S. N. Vinogradski poolt.

Väävlit esineb valkude koostises ja seepärast põhjustab lagunevate loomsete ja taimsete jäänuste kuhjumine mullas ja mõnede järvede, limaanide ja merede vees elavatele organismidele mürgise väävelvesiniku tekkimist ja kogunemist. Kuid vähene väävelvesiniku ja hapniku esinemine on vajalik tingimus väävlibakterite elutegevuseks, sest viimased kogunevad mõnikord määratu suurel hulgal mulda ja vette. Väävlibakterid muudavad väävelvesiniku väävelhappesooladeks ja sellisel teel puhastavad vee pinnalähedasi kihte, milles võib uuesti areneda rikkalik elu. Väävlibakterite hulgas esineb ainurakseid kerajaid ja hulkrakseid niitjaid vorme, neist niihästi liikumatuid kui ka liikuvaid. Nende hulgas on värvituid kui ka pigmendi mõjul purpurseks värvunud baktereid. Väävlibakterite iseloomustavaks eriomaduseks on nende võime koguda protoplasmasse läikivaid väävlitilku, mille järgi väävlibaktereid on kerge eraldada teistest bakteritest. Ainuraksete värvitute väävlibakterite hulka kuulub näiteks tiofüüsa *(Thiophysa)*, liikumatute niitjate väävlibakterite hulka — tiootriks *(Thiothrix)* ja liikuvate hulka — begiatoa *(Beggiatoa)*. Viimane meenutab kujult sinivetikat ostsillatooriat. Tema niitidel on ka võime kõverduda ja kohta muuta. Peenike niit on jaotatud suure hulga põikvaheseintega lühikesteks ja silinderjateks rakkudeks, millede sisu koosneb värvitust protoplasmast, tillukestest vakuoolidest ja väävliosakestest. Väävli rikkalik kogunemine teeb nähtamatuks põikvaheseinad, mis muutuvad nähtavaks vaid väävli kadumisel rakkudest selle täielikul hapendumisel.

Väävliühendite grandioossete muundumiste näitena looduses võib olla Musta mere vesi. On teada, et selle mere suurtes sügavustes ei ole väävelvesiniku kogunemise tõttu elu. Väävlibakterid, mis arenevad näiteks kahesaja

meetri sügavuses, puhastavad pinnapoolsemate kihtide vee mürgisest gaasist ja loovad sellega soodsad tingimused vetikate ja loomade eluks.

Rauabakterid (näiteks *Leptothrix ochracea)* elavad soovees ja rauda sisaldavates allikates. Need bakterid muudavad raua alahapendilised soolad (näiteks $FeCO_3$) hapendilisteks ühenditeks [näiteks $Fe_2(OH)_6$]. Hapendumine toimub järgmise võrrandi kohaselt: $2FeCO_3+3H_2O+O=Fe_2(OH)_6+2CO_2+29$ kalorit. Vististi on kõik näinud nende bakterite tegevuse tulemusi punakaspruunide raud-(III)hüdroksüüdi räitsakuliste massidena kuivendatavate soode vee pinnal. Rauabakter leptootriks koosneb peenimast hulkraksest hargnematust niidist, mis on ümbritsetud limase tupega ja immutatud raud-(III)hüdroksüüdiga. Väävlirauabakterid, samuti kui nitrifitseerijad bakterid, kuuluvad kemosünteesivate bakterite hulka, sest nad ammutavad oma elutegevuseks vajalikku energiat anorgaaniliste ainete hapendumisest. Kulutades osa energiat süsiniku assimileerimise protsessiks, võivad need bakterid elada, ilma et vajaksid toiduks valmis orgaanilisi aineid.

Patogeensed bakterid

Patogeensed bakterid on parasiidid, mis sattudes organismi paljunevad seal kiiresti nende arenemiseks soodsates tingimustes. Nad tekitavad väga mitmesuguseid nakkushaigusi inimestel ja loomadel. Inimeste ja loomade nahk kaitseb organismi hästi nakkuste eest ja ainult haavamistel ning putukate pistete puhul pääsevad patogeensed mikroobid verre.

Teiseks hellaks kohaks loomorganismis on suu- ja ninaava, mille kaudu mikroobid tungivad ninakoopasse, seede- ja hingamisorganitesse (kõhutüüfus, koolera, tuberkuloos ja mitmed teised haigused). Eriti soodsad kohad mikroobide arenemiseks on kurgumandlid ja karioossed hambad, millede väiksemategi vigastuste puhul mikroobid pääsevad vabalt verre ja nakatavad organismi (südamehaigused, reuma jt.). Suu- ja ninakoopa korrashoidmine on profülaktika, s. o. haiguste ärahoidmise tähtsamaid võtteid.

Mõned patogeensetest bakteritest, mis tekitavad haigusi, on veel avastamata, paljud neist on aga avastatud ja uuritud ning võitlust nendega peetakse mitmesugusel viisil.

Vaatleme pookemenetlusi, mille abil peetakse võitlust patogeensete mikroobidega.

Üks pookemenetlustest põhjeneb vastumürkide, niinimetatud *antitoksiinide* juhtimisel organismi. Nii süstitakse näiteks difteeriasse haigestumisel haigele difteeriavastast seerumit, mida saadakse hobuse verest, kes on kergesti haigestunud difteeriasse, mida on talle varem kunstlikult poogitud. Hobuse organism töötab oma veres välja vastumürgi — antitoksiini, mida sisaldab siis ka pookeseerum. Difteeriasse haigestumine algab inimesel valuga kurgus ja kõrgendatud temperatuuriga. Difteeria mikroobid tekitavad kurgus kilesid, mis muutuvad haavandeiks. Kurk tursub, verre aga koguneb mürke — toksiine, mida eritavad mikroobid. Organism töötab välja vastumürgi — antitoksiini, mis neutraliseerib toksiini. Õigel ajal tehtud kaitsepooge aitab inimesel haigusest võitu saada.

Kaitsepoogete menetluse teiseks näiteks võib olla tervele inimesele nõrga rõugete kultuuri pookimine selleks, et tekitada rõugehaigust kergel kujul. Kui organism on vastuvõtlik haigusele, siis haigestub ta kergelt pärast kaitsepookimist ning veres tekib antitoksiin, mis tõelisel nakkusel neutraliseerib mürgid, ja haigus likvideeritakse enne, kui ta jõuab arenedagi. Samal omadusel —

vastumürkide väljatöötamisel — põhjenevad ka kaitsepooked veiste, hobuste ja teiste loomade koleda taudi, siberi katku (põrnatõve), puhuks. Inimesele on see haigus enamikul juhtudel samuti surmav. Kaitsepoogeteks kasutatakse siberi katku bakterite nõrka kultuuri, mida kasvatatakse 43°C temperatuuris. Bakterite nõrkus oleneb nende kultuuride aeglasest arenemisest sellises temperatuuris. Pookides loomale esiteks siberi katku väga nõrka kultuuri, sunnitakse looma organismi välja töötama antitoksiini ning muutuma vähem vastuvõtlikuks haigusele. Pärast teistkordset kaitsepookimist, juba tugevamate kultuuridega, suureneb organismi vastupidavus ning talle pole nakkus tõelise taudi puhul enam hädaohtlik. Ei tule kunagi alahinnata kaitsepookimist ning kõigil vajalikel juhtudel tuleb kasutada sellist võimsat vahendit haiguste tõrjes.

Kõrgemate taimede haigusi, mis on tekitatud parasiitbakterite poolt, nimetatakse bakterioosideks. Taimed kannatavad parasiitbakterite läbi harvemini kui loomad, sest nad on hästi kaitstud (epidermisega, kutiikulaga, koorega) bakterite sissetungimise eest organismi sisemusse. Peale selle ei soodusta taimede rakumahla happeline reaktsioon bakterite elutegevust. Kuid siiski esineb bakterioose peedil, kartulil, puudel ning teistel taimedel ja neid tuntakse üle saja.

Kartuli mugulad kannatavad märjast ja kuivast mugulamädanikust, mida tekitab kepjas bakter *(Bacillus solaniperda)* jt. Mõnikord koltuvad kartuli alumised lehed, varre alumine osa aga mustub, muutub peenikeseks ja murdub kergesti kartuli varrepõletikku põhjustava bakteri *(Bacillus phytophthorus)* poolt tekitatud kahjustuse tõttu. Levinud on kartuli-ringmädanik, mida tekitab samuti bakter *(Bacterium sepidonicum)*. Selle haiguse korral nakatuvad kartuli varre kiudsoonte kimbud ja mugulad. Haigete mugulate katkilõikamisel on näha kiudsoonte kimpude ringi pruunistumist.

Bakterioosid kahjustavad ka tomatit — *(Phytobacter lycopersicum)*, peeti — *(Bacillus betae)*, kapsast — *(Bacterium campestre)*, porgandit jt. Esineb ka bakteriaalset juurevähki õunapuul, pirnipuul, persikul ja mitmel teisel taimel, mida tekitab kepjas bakter *(Bact. tumefaciens)*. Taimede juurtele ilmuvad vähkkasvajad, mis vahel on noorte istikute hävimise põhjuseks. Kepjad bakterid *(Bacillus amylovorum)* tekitavad mõnikord viljapuude bakteriaalset põletikku, mida nimetatakse ka «nekroosiks», kusjuures okste koor muutub pruuniks, tõmbub kortsu, lõheneb ja langeb osadena maha.

Igale bakterioosile vastavalt rakendatakse spetsiifilisi tõrjevahendeid, mida õpitakse tundma taimekaitse kursuses. Kuid kõiki kultuure kaitstakse haigestumiste eest järgmiste üldiste võtetega: tugevate ja vastupidavate taimede kasvatamine, seemnete ja istutusmaterjalide desinfitseerimine, vastupidavate sortide valik, seemnete head säilitamistingimused, haigete taimede või nende nakatatud osade kõrvaldamine, kaitse mehaaniliste vigastuste eest, tüvede ja nakatatud kohtade ravimine, õige külvikord ja taimede kasvatamiseks sobiva koha valik.

Taimede (ja loomade) elus etendavad suurt osa bakteriofaagid, mis lahustavad elavaid baktereid. Bakteriofaagid on nii väikesed, et nad pole nähtavad mikroskoobiga. Arvati, et nad parasiteerivad suurematel bakteritel ja hävita-

vad neid fermentide mõjul või soodustavad nende muutumist. Viimasel ajal on avaldatud arvamust, et bakteriofaagid on lõhestatud bakteriraku pisimad osad. Möödunud sajandi lõpul tegi vene teadlane D. I. Ivanovski, uurides mosaiikhaigust tubaka lehtedel, kindlaks, et selle haiguse põhjuseks on filtreeruv viirus. Mosaiikhaigust esineb ka kartuli, peedi, tomatite, kõrvitsa jt. lehtedel. Väliselt avaldub haigus selles, et lehtedele ilmuvad heledamad laigud, kus puudub klorofüll ja mis vahelduvad (mosaiigina) lehe tumeroheliste kohtadega, kus esineb klorofülli. Lehed keerduvad kokku ja saak väheneb. Kui haige taime mahla juhtida tervete taimede kudedesse, kandub haigus kergesti viimastele edasi. Haiguse tekitaja jäi tundmatuks ja seda nimetati «filtreeruvaks viiruseks», sest ta läks kergesti läbi kõikidest filtritest, mida kasutatakse mikrobioloogias. Viirushaigusi tuntakse üle kahesaja. Nende hulka kuuluvad näiteks rõuged, marutõbi, hobuste infektsiooniline aneemia ja palju teisi.

Bakterite kõrvaldamine mitmesuguste vahendite abil

Bakterite hävitamist mürgiste ainetega nimetatakse desinfektsiooniks. Selleks kasutatavateks mürkideks on sublimaat (1000 osa vee kohta 1 osa sublimaati), karboolhape (3—5%-line lahus), formaliin ja piiritus. Boorhappelahus ja vesinikülihapend on eelmistest nõrgemalt mõjuvad desinfektsioonivahendid. Peale selle võideldakse bakterite paljunemise vastu madala temperatuuriga (produktide säilitamine keldrites ja jääkeldrites), aga ka soolamise, marineerimise, suitsutamise ja teiste võtetega.

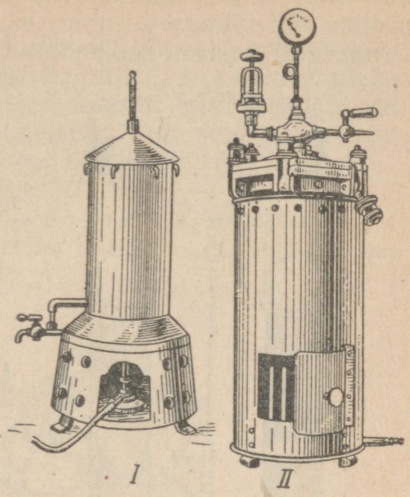
Steriliseerimiseks nimetatakse kõikide elavate bakterite ja nende eoste (spooride) hävitamist kõrge temperatuuriga — soojendamine, keetmine ja kuumutamine mõjuvad bakteritele hävitavalt. Opereerimisvahendid ja sidumismaterjalid peavad olema steriliseeritud.

Piima ja vee keetmisel, samuti ka toidu valmistamisel hävib enamik baktereid. Kuid ainult pikemaajaline soojendamine garanteerib täieliku bakterite puudumise. Bakteritele on tingimata hävitav nõude ja materjalide kuumutamine ühe tunni kestel 150—170°C temperatuuris. Keetmine 100° juures steriliseerib täielikult, kui seda toimetatakse korduvalt, näiteks kolm päeva järjestikku 20 minuti kestel. Keetmise vaheaegadel hakkavad bakterite spoorid kasvama, kuid järgneval keetmisel nad hävivad. Kuumutamine autoklaavis annab tulemusi palju kiiremini: nii steriliseerib 20—30-minutine kuumutamine +120—130°C temperatuuris 2—$2^1/_2$-atmosfäärise rõhumise juures küllaldaselt toiduaineid. Mõnede bakterite spoorid on eriti vastupidavad — siberi katku spoorid näiteks säilivad mullas kümneid aastaid. Seepärast tuleb olla eriti ettevaatlik siberi katku lõppenud loomade laipadega. Vastupidavad on ka kangestuskrambi bakterid, mis esinevad mullas.

On tõestatud, et mõnede bakterite spoorid kannatavad madalaid temperatuure kuni —250° ja peavad vastu ka kuumutamisele kuni +143° $^3/_4$ tunni kestel. Bakterid, milledel pole spoore, hävivad massiliselt +60—70° temperatuuris. Kuumades allikates aga elavad termofiilsed bakterid +50—70° juures. Steriliseerimisel kasutatakse erilisi kappe nõude ja tööriistade kuumutamiseks, samuti ka sterilisaatoreid ja autoklaave (joonis 134).

Vedelikke ja gaase filtreeritakse mitut süsteemi filtrite abil. Vatist korgid, milledega on suletud nõude suud, ei lase läbi baktereid.

Bakterite kasvatamiseks kasutatakse aparaati, mida nimetatakse termostaadiks. Tema ehitus on järgmine: välimuselt on see metallkapp kahekordsete seintega: seda soojendatakse isereguleeruva gaasilambi või elektriaparaadiga, millel on soojuse regulaator. Termostaadi eelis on järgmine: kui vajame näiteks temperatuuri 37°, siis võime soojendada aparaadi selle temperatuurini, kusjuures temperatuur kõrgemale ei tõuse ja meil püsib vajalik temperatuur kogu katse kestel. Termostaatidesse asetatakse bakterid toitepinnastel, söötmetel, millest on levinud liha-peptoon-želatiin[1].



Joonis 134.
I — sterilisaator steriliseerimiseks voolava auruga; II — autoklaav steriliseerimiseks auruga rõhu all; vasakul ülal — kaitseventiil, keskel — manomeeter, paremal — kraan õhu ja auru väljalaskmiseks.

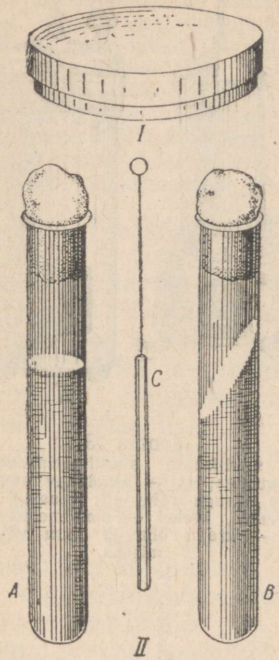
Bakterite kasvatamine želatiinil

Bakterite kasvatamine želatiinil toimub järgmiselt. Želatiin pannakse väikeste tükikestena kolbi, milles on läbipaistev lihapuljong, ning lisatakse bakterite toitmiseks suhkrut ja peptooni. Seejärel soojendatakse kolvis olevat segu ja valatakse Petri kaussidesse (joonis 135, I) või katseklaasidesse (joonis 135, II). Pärast seda kaetakse kausid klaaskaantega, katseklaasid aga suletakse vattkorkidega, selleks et sinna ei satuks enam baktereid. Siis steriliseeritakse Petri kausid ja katseklaasid[2]. Selleks et surmata kõik söötmes leiduvad bakterid, steriliseeritakse söödet aparaadis 20 minuti kestel kolm päeva järgemööda. Pärast želatiini ja ühes sellega ka kogu vedeliku keetmist peab segu hanguma Petri kaussides horisontaalseks, katseklaasides aga horisontaalseks või kaldpindseks. Siis võetakse eelnevalt kuumutatud plaatinanõelaga, mille pidemeks on klaaspulgake, baktereid ja nakatatakse nendega hangu-

[1] Želatiin on puhas kondiliim, mis on valmistatud kontide ja kõõluste keetmise teel.

[2] Katseklaaside ja kausside esialgne steriliseerimine toimub kuiva kuumusega kuivatuskapis 160°-ses temperatuuris 1½—2 tunni kestel.

nud želatiini kas tõmmates joone või tehes piste. Bakterid jäävad püsima toitepinnasele ning kui kausid ja katseklaasid asetada termostaati, mis on soojendatud vajaliku temperatuurini, hakkavad nad kiiresti arenema. Mõne aja pärast on neis kohtades, kuhu tehti piste, näha täpikesi. Nii võib kasvatada baktereid, lugeda aga ka täpikeste arvu, s. o. bakterite kolooniate arvu. *Ühetaoliste bakterite rühma järglasi, mis koosnevad ühesugustest rakkudest ja on vabad kõrvalistest organismidest, nimetatakse bakterite puhaskultuuriks.*



Joonis 135.
I — Petri kauss (klaasist); II — katseklaasid söötmega: A — söötme nakatamiseks pistega; B — viltuselt hangunud söötmega joonnakatamiseks; C — klaaspulga otsa sulatatud plaatinanõel.

Baktereid kasvatatakse veel ka agar-agaril, ainel, mida saadakse merevetikatest.

Väliselt meenutab hangunud agar-agar tarretist, kuid ta veeldub palju kõrgemas temperatuuris kui želatiin. Baktereid saab kultiveerida veel kartuli- ja õunalõikudel, mis on eelnevalt steriliseeritud. Baktereid eristatakse nende omaduste järgi ja nimelt: ühed on võimelised veeldama želatiini, teised võivad seda värvida punaseks, kollaseks, siniseks ja muuvärviliseks. Pigmentbakter *(Bacterium prodigiosum)*, mis mõnikord eluneb nisuleival, on veripunast värvust.

*

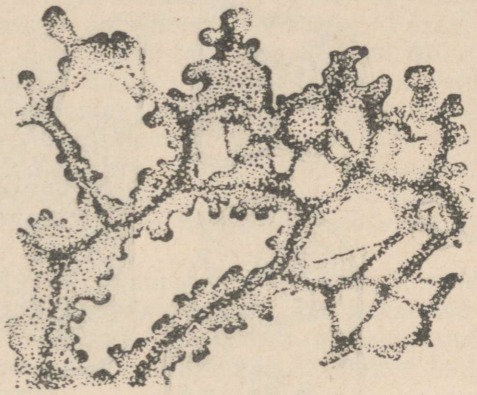
Meie lühike ülevaade bakterioloogiast näitab, millise hiiglasuure tähtsusega on need organismid niihästi ainete ringkäigus, mis toimub looduses, kui ka põllumajandusliku tootmise praktikas.

Paljude põllumajanduslike küsimuste lahendamisel peab mikrobioloogiale kuuluma tähtsaim osa. Põllumajanduskultuuride, samuti ka looduslike ja kultuurheinte saagi suurendamine on tihedas seoses mullastiku mikroorganismide elu ja tegevusega. Mulla rikastamine bakteritega, (näiteks liblikõieliste kultuuride puhul), sõnniku säilitamine, sileerimine, piimandus jne. on seoses bakterite elutegevusega.

Limaseente vegetatiivne keha koosneb paljast protoplasmalisest klorofüllivabast limasest massist, millel on omadus pikkamööda roomata ühest kohast teise. Limaseened erinevad oma ehituselt 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 e t a a l i u m i *(Aethalium septicum)* (joonis 136), mida esineb metsas kändudel, samuti ka puu-

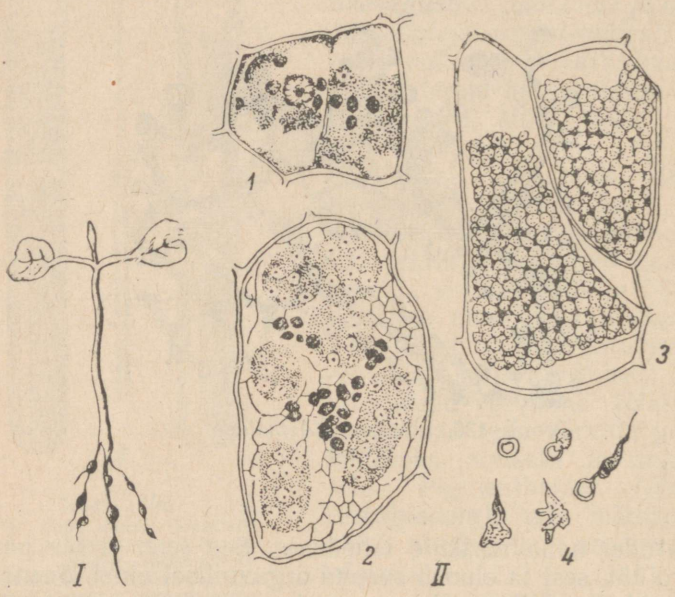


Joonis 136. Etaalium *(Aethalium septicum)*.

koorte varudel nahavabrikute läheduses. See seen ei ole parasiit, vaid saprofüüt, sest ta eluneb surnud orgaanilisel ainel. Seene plasmoodium ehk limastik on limane, protoplasmaline, hulgatuumaline mass, mille suurus ulatub peopesa suuruseni. Limaseen on kollase värvusega, meenutab kollast vahtu, mis roomab kännu või koore pinnal. Ta liigub kulendite (pseudopoodide) abil nagu gigantne amööb, kiirusega kuni 0,1 mm minutis. Tema soon-niredes võib tähele panna protoplasma liikumist. Temperatuuri tõusmisel kiireneb seene liikumine, kuid 50° juures lakkab. Plasmoodiumi niisutamine mürkidega, näiteks formaliiniga, lõpetab liikumise. Kui plasmoodium on küllaldaselt toitunud orgaaniliste ainetega, hakkab ta roomama kuivale kohale ning kuivab siin koogikeseks, mis on kattunud õhukese kilega. Protoplasma mass jaguneb üksikuteks kerakesteks, mis on varustatud raku tuumaga. Neist tekivad eosed, s. o. kergesti eralduvad ja täiesti iseseisvad rakud, mis on kohanenud liigi levitamiseks ja säilitamiseks. Seene kuivanud koogike on eoste (spooride) mahutiks, s. o. sporangiumiks.

Peale eoste arenevad sporangiumides veel peenimad torukesed (kapilliitsiumid), mis on otstest teritunud ning millede seintel on

spiraalsed paksendid. Nende omapäraste vedrude abil, mis kõverduvad kuivamisel, paisatakse eosed lõhkenud sporangiumist välja ning kantakse siis tuule poolt laiali. Kuivanult säilivad eosed kaua ning talvituvad. Niiskumisel hakkavad eosed idanema, s. o. nende kest lõhkeb, sisu valgub välja ja muutub liikuvaks zoospooriks viburiga eesotsal. Pärast paljunemist kaotavad zoospoorid viburi ja muunduvad lima-amööbideks (müksamööbideks), mis jätkavad paljunemist jagunemise teel ning ühtivad (kopuleerivad) paariti. Hiljem roomavad müksamööbide massid kokku ja liituvad ühisteks plasmoodiumideks.



Joonis 137.
I — nuutrist nakatunud kapsaistik; II — kapsanuuter *(Plasmodiophora brassicae)*: 1 — kapsa juure rakud, mis on täitunud müksamööbidega; 2 — müksamööbide liitumine limaplasmoodiumiks; 3 — eosed rakkudes, mis on tekkinud plasmoodiumist; 4 — eoste idanemine ja amööbide tekkimine.

Vene teadlase Voronini poolt on hästi uuritud limaseent *(Plasmodiophora brassicae)* (joonis 137), mis tekitab kapsa ja teiste ristõieliste juurtel kapsanuutrit.

Taimed, mis on haigestunud kapsanuutrisse, on kidurad, neil on päeval närtsinud välimus, nad kasvavad halvasti ja neid võib kergesti maast üles tõmmata; kapsa pead arenevad viletsalt või ei arene üldse. Kapsa juured on kattunud kägaratega — eriliste näsadega, mis on kreeka pähkli suurused või suuremad. Need kägarad arenevad väikesest näsast ja kasvavad pidevalt suuremaks. Algul on nad kõvad, pärastpoole aga tohletuvad ja mädanevad, levitades vastikut haisu. Mikroskoobi abil on näha kapsa juurerakkude eba-

normaalset kasvu ning ka nende ebaharilikku sisu: nad sisaldavad peale protoplasti veel suurema või väiksema hulga müksamööbe. Amööbid paljunevad rakkudes, kasvavad ja täidavad lõpuks kõik rakud. Et nad palju toitaineid vajavad, voolavad orgaanilised ained haigetesse rakkudesse ning kapsa arenemine kängub. Iga raku amööbid liituvad ühiseks plasmoodiumiks, mis siis hakkab jagunema väikesteks osadeks, mis kattuvad kestadega ja muunduvad eosteks.

Eosed vabanevad kapsa juurtest pärast nende kõdunemist. Nad levivad mullas vee kaudu, kantakse laiali vihmausside poolt ja ka mullaharimisriistadega töötamisel. Eosed on seenrakud, mis on ümbritsetud kestaga ja võivad talvituda. Pärast puhkeperioodi eosed idanevad. See toimub tavaliselt kevadel, kui kapsad istutatakse köögiviljaaeda. Eosest väljunud amööb on võimeline roomama kulendite (pseudopoodide) abil. Ta tungib kapsa juurekarva ja sealt juurenarmaste koorekudedesse, kus hakkab kiiresti paljunema, tekitades juurte kägarikke. Kapsanuuter parasiteerib peale kapsa ka teistel ristõielistel, niihästi kultuurliikidel (naeris, kaalikas, rõigas, redis ja sinep) kui ka metsikult kasvavatel (rõikhein, kollakas jt.).

Taimede nakatumine kapsanuutriga võib toimuda mitte ainult köögiviljaaias, vaid ka taimelavades, kus nakatatud muld sisaldab kapsanuutri eoseid. Kapsaistikud, mis on kapsanuutrist nakatatud, erinevad tervetest pikaks veninud kuju poolest ja tillukeste puhetiste poolest juurtel.

Nakatumist soodustab mulla happeline reaktsioon. See haigus on tugevasti levinud Leningradi oblastist kuni Kurski ja Voroneži oblastini. Kapsanuutri tõrjevahenditest tuleks nimetada vastupidavamate sortide valikut, õigeid külvikordi, mille korral kapsast ei tohi samasse kohta istutada varem kui nelja aasta pärast; mulda tuleb lubjata, pidada võitlust umbrohtude, eriti ristõieliste vastu, milledel esineb nuuter; ka tuleb kasutada terveid kapsaistikuid ja sügavat kündi; nakatatud kapsapead ja -juurikad hävitada.

4. SEENED *(FUNGI)*

Seente üldiseloomustus

Seened on klorofüllita heterotroofsed rakistaimed, s. o. nad on täielikult kohanenud toitumiseks orgaanilistest ainetest. Seentel puuduvad plastiidid. Kirjeldatud seente üldarv ulatub 70 tuhandeni.

Olles eriti kiire kasvu ja paljunemisega, on seened looduses laialt levinud. Kuna neil pole klorofülli, ei ole nad võimelised assimileerima õhust süsinikku ning elavad seepärast saprofüütidena ja parasiitidena. Seente negatiivne tähtsus inimese elus on suurem kui positiivne väärtus.

Saprofüütseened elunevad surnud orgaanilisel substraa-

dil. Niisutatud saiatükk, mis on kaetud kupliga, kattub juba mõne päeva pärast valge hallitusega, mis hiljem valminud sporangiumidest mustaks muutub. Hallitused arenevad eostest, mida on palju õhus, vees ja mullas. Paljud hallitused elunevad vigastatud juurviljal, hapendatud toiduainetel, keedistel jne., soodustades nende riknemist. Mõned saprofüütseened elunevad niiskel puidul ja purustavad selle. Nii muudavad näiteks majavammid (*Merulius lacrymans* jt.), elunedes puitehituses, mis on halvasti tuulutatud ja ehitatud toorest materjalist, kõik põrandad, seinad ja laed kiiresti kõlbmatuks: puit tumeneb, lõhestub ja muutub prügiks. Telegraafipostid, raudteeliiprid, puitlaevad ja -sillad, eriti soojas ja niiskes kliimas, kannatavad sagedasti saprofüütseentest, kui puitu pole eelnevalt immutatud antiseptiliste ainetega (naatriumfluoriidi või kloortsingiga, kreosoodiga jt.). Sõnnikus ja mullas mineraliseerivad saprofüütseened ühes bakteritega orgaanilisi aineid, tõstes seega mulla viljakust.

Metsades, orgaanilistest ainetest rikkal pinnasel, kasvavad kübarseened. Nende kasvamine ja toitumine toimub peenimate hargnenud niitide — hüüfide kaudu, mis põimivad mullaosakesi ja tekitavad valge seeneniidistiku ehk mütseeli. Sellel tekivad eoste moodustamise organid — viljakehad, mis koosnevad seenejalast ja -kübarast. Söögiseente korjamisel tuleb neid aluselt nii lõigata, et ei purustataks mullas olevat seeneniidistikku. Täielikul kuivatamisel kaotavad seente viljakehad kuni 90% vett. Kuivaine sisaldab 30—45% valkaineid, ligi 10—15% seeduvaid süsivesikuid (suhkrut, glükogeeni jt.) ja 1—2% rasvaineid. Meie metsad on rikkad söögiseentest. Kuivatatult, värskelt, soolatult ja marineeritult on seentel tähtis koht inimeste toitmises, kuigi nad kuuluvad raskestiseeduva toidu hulka. Nende seeduvus tõuseb kuivatamisel ja peeneks pulbriks muutmisel. Mõned kübarseened, näiteks šampinjonid, toituvad orgaanilistest ainetest, mida nad leiavad hobusesõnnikuga väetatud mullas, ja seepärast võib neid kultiveerida. Selleks kasutatakse šampinjonide kasvumaju, kus seened kasvavad huumusrikkal mullal. Neid kasvatatakse seeneniidistiku abil. Ühe ruutmeetri suuruselt pindalalt võib 8 kuu jooksul koguda kuni 8 kg seeni.

Mitmete metsas kasvavate kübarseente seeneniidid levivad kuni puude juurteni ja põimudes juurenarmastega, moodustavad mükoriisa, seenpõimiku, mille abil nad saavad puudelt valmis süsivesikuid. Mükoriisa esinemine paljude hästi kasvavate metsapuude, niidu- ja põllutaimede juurtel näitab, et seened võivad teiste taimedega olla kasulikus sümbiootilises kooselus. Mükoriisadest kõneleme üksikasjalikumalt XIV peatükis. Seente ja alamate taimede (vetikate) sümbioosi näiteks võivad olla samblikud, milledega tutvume järgmises peatükis.

Eriti levinud on looduses parasiitseened. Sagedamini elunevad nad kõrgematel taimedel, toitudes viimaste mahladest. Seejuures kurnab parasiit tugevasti peremeestaime või tapab ta koguni.

Elunedes kultuurtaimedel, tekitavad parasiitseened määratu suurt kahju põllu- ja metsamajandusele, mistõttu võitlus nendega on kohustuslik. Parasiitseeni taimedel tuntakse üle 10 000 liigi. Mõnikord parasiteerivad seened ka loomadel, tekitades neil nakkushaigusi. Siidiliblika röövikud kannatavad muskardiini all. Nutt- ja täpphallitusest haigestuvad lindudel hingamisorganid, veised aga haigestuvad vahel aktinomükoosi, mis tekib kiirikseentest. Nutt- ja täpphallitus ning kiirikseened tekitavad samasuguseid haigestumisi ka inimestel. Mõned seened sisaldavad mürke ja põhjustavad mürgitusi niihästi inimestel kui ka loomadel. Kübarseentest on eriti mürgised valge kärbseseen ja harilik kärbseseen. Teraviljadel arenevad mõned punakaste *(Fusarium)* liigid, mis jahusse või toitu sattudes põhjustavad alkoholimürgituse taolist mürgitust, näiteks kõrreliste uimastav punakaste. Hobused mürgituvad surmavalt koresöödast, mis on nakatatud stahhübotrüsega *(Stachybotrys alternans)*. Inimene haigestub raskesti septilisse angiini, kui ta kasutab toiduks teri, mis on talvel seisnud lume all ja nakatatud mürgistest seenekestest. Viimasel ajal on arstiteaduses määratu suure tähtsuse omandanud penitsilliin, mida toodetakse rohelisest hallitusest *(Penicillium)*. Mõnest kiirikseenest valmistatakse preparaati võitluseks tuberkuloosi vastu. Pärmi, samuti mõningaid nutthallituse liike (vt. lk. 232) kasutatakse piirituse saamisel ja leivaküpsetamisel.

Seene rakis koosneb peentest hüüfidest, seeneniitidest, mis alamatel seentel ei ole jagunenud rakkudeks, kõrgematel seentel aga on põikvaheseintega; need on sageli keskelt augulised. Hüüfidel on raku kest, protoplasma ja tuum. Raku kesta iseloomustab selle keemiline koostis: ta koosneb süsivesikutest (pektiinainetest), mis on sarnased tselluloosiga; neile lisanduvad veel lämmastikained, mis on koostiselt lähedased putukate kitiinile. Hüüfid kasvavad otstest, hargnevad, tungivad läbi substraadist, millel nad arenevad, ja tekitavad mütseeli, mis on kohanenud toitumisele osmootilisel teel. Alamatel seentel on mütseel lülitu (ainurakne), kõrgematel lüliline (hulkrakne).

Päriskoed, s. o. koed, nagu me neid tundma õppisime kõrgematel taimedel, puuduvad seentel, kuid sageli arenevad neil ebakoed, mis koosnevad üksteisest läbipõimunud hüüfidest, kuid ei ole ühendatud plasmodesmidega. Ebakudede hüüfid on mitmesuguse ehitusega ja mitmel viisil üksteisega ühinedes omandavad nad erisuguse füsioloogilise tähtsuse. Nii eristatakse vahel eba-algkude, ebakattekude, eba mehaanilist kude ja ebajuhtkude. Ehituselt ja suuruselt on seened väga mitmekesised: pärmseene rakis koosneb ühest tillukesest rakust, mis on võimeline punguma, kuid puutaela rakisel on keerukalt ehitatud kõva mitmeaastane viljakeha ja arenenud mütseel. Mõned seened, näiteks kännuseened, moodustavad pikki nööre — seenenööre, risomorfe, mida mööda liigub vesi. Murumuna rakise suurus võrdub mõnikord inimese peaga, erakordsetel juhtudel on ta läbimõõt isegi kuni 1,5 m. Seened ei vaja, vastupidiselt

klorofülli sisaldavatele taimedele, kasvamisel valgust ja ainult eoste moodustamise perioodil reageerivad nad positiivselt valgusele.

Seente eluks on vajalik toitekeskkond, niiskus, õhuhapnik, vastav temperatuur ja keskkonna happesus. Orgaanilised ained on seentele süsiniktoitumise allikaks. Peatähtsusega on süsivesikud — glükoos, sahharoos; tärklise ja tselluloosi muundavad seened lahustuvateks süsivesikuteks fermentide abil. Seened kasutavad toitumiseks valguühendite lagundamise lämmastiksaadusi, kuid rahulduvad ka ammooniumsoolade ja nitraatidega. Nagu teisedki taimed, vajavad seened peale süsiniku ja lämmastiku veel väävlit, fosforit, kaaliumi, magneesiumi, rauda ja kaltsiumi, mida nad saavad sooladest. Seentele on vajalik niiske substraat. Mõned neist on täiesti kohanenud veekeskkonnale, kuid suurem enamus seentest areneb hästi tilkvedela vee esinemisel. Substraadi suurem niiskus soodustab mütseeli arenemist, kuna suurem kuivus on kasulik eoste moodustamise organite valmimisel. Õhuhapnik on samuti tarvilik seentele, mis hingavad energiliselt, kuid nende hulgas on ka neid, mis võivad saada energiat hapnikuta hingamise teel, näiteks pärmseened.

Temperatuuri suhtes on seente nõuded sarnased kõrgemate taimede nõuetega: optimaalne temperatuur on enamikule seentele +20 —25°; minimaalne, mille nad kergesti välja kannatavad, on +1—5°, ja maksimaalne +30—35°. Mõned hallitused *(Aspergillus)* kannatavad heina isekuumenemisel temperatuuri üle 50°. Suurem osa seeni eelistab happelist keskkonda ja sellega erinevad nad bakteritest.

Peale valkude, mida sisaldavad protoplasma ja raku tuumad, koguvad seened endisse veel glükogeeni ja rasvõlisid. Tärklist seentesse ei kogune. Joodi mõjutusel omandab glükogeen punakaspruuni värvuse. Peale selle koguneb seente rakkudesse sagedasti mürkaineid, pigmente jt.

Seened paljunevad kiiresti. Neil esineb vegetatiivne ja sugutu paljunemine, aga ka suguline protsess. Vegetatiivne paljunemine toimub mütseeli üksikuteks osadeks ja üksikuteks rakkudeks jagunemise teel. Pärmseente pungumine on samuti vegetatiivne paljunemine. Sugutu paljunemine on rohkem levinud ja toimub mitmesuguste eoste abil, suguline protsess aga teostub kahe raku sisu ühtimisel ja sügoodi tekkimisel. Paljunemisviisidega tutvume põhjalikumalt üksikute seenterühmade esindajate kirjeldamisel.

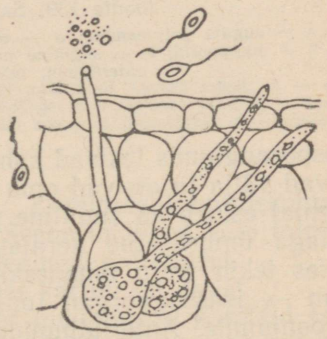
Evolutsiooniprotsessis peetakse seente eelkäijaiks vetikaid, milledest seened on saanud alguse. Kuid on siiski tõendusi, et seened on arenenud lihtsamatest klorofüllita viburorganismidest.

Seened jaotatakse kolmeks hõimkonnaks: ürgseened *(Archimycetes)*, vetikseened *(Phycomycetes)* ja pärisseened *(Eumycetes)*. Pärisseened jagunevad kaheks klassiks: kottseened *(Ascomycetes)* ja kandseened *(Basidiomycetes)*. Pärisseente hulka kuuluvad ka mittetäielikud seened *(Fungi imperfecti)*. Ürgseened ja vetikseened loetakse alamateks, kõik teised aga kõrgemateks seenteks.

Alamatel seentel kas pole üldse mütseeli või see koosneb ühest tugevasti hargnenud ja paisunud mitmetuumalisest rakust; alamate seente mütseelil ei ole mingeid sisemisi vaheseinu, s. t. neil on mitterakuline ehitus. Suuremal osal alamatel seentel esineb mitte ainult sugutu paljunemine, vaid ka suguline protsess.

Ürgseened *(Archimycetes)*

Mõned neist seentest parasiteerivad vetikatel ja teistel veetaimedel; teised parasiteerivad põllumajandustaimedel. Sagedasti haigestuvad kapsaistikud tõusmepõletikku: juurekaela ümbruses algab mustumine ja koore suremine; vars muutub peenikeseks ja istikud kuivavad. Mustunud kohtades, pinnapealsetes rakkudes võib mikroskoobi abil avastada seene *Olpidium brassicae* zoosporangiume, mis on arenenud paljastest protoplasmalistest kehakestest (joonis 138). Zoosporangiumid annavad torujaid kasvundeid, mille otsad ulatuvad välja epidermisest ja on üheviburilistele zoospooridele väljapääsuks. Niiskes mullas lähevad zoospoorid tervetele taimedele üle ja tungivad raku kesta kaudu epidermise rakkudesse, aga ka sügavamal asuvatesse rakkudesse, milles arenevad uued zoosporangiumid. Seenele ebasoodsates tingimustes tekivad konarliku kestaga eosed, milledest võib uuesti areneda sporangium. Nakatatud istikud tuleb hävitada või puistata neile liiva, et anda taimedele võimalust uute juurte kasvatamiseks. Hästi tuulutatud lavades pikeeritud istikutel ilmneb seda haigust harvemini.

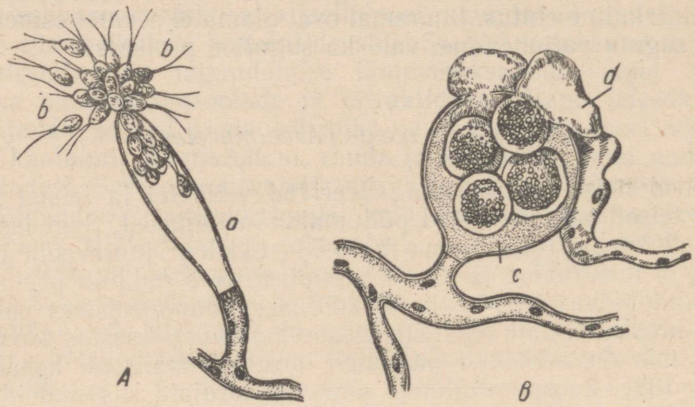


Joonis 138. *Olpidium brassicae*. Sporangiumid kapsa kudedes ja zoospoorid. Seen tekitab kapsal tõusmepõletiku.

Vetikseened *(Phycomycetes)*

Siia kuuluvad seened arenenud hargneva mitmetuumalise, kuid mitterakulise mütseeliga, mis koosneb vaheseinteta hüüfidest. Vetikseened jaotatakse kaheks klassiks: munasseened *(Oomycetes)* ja seigseened *(Zygomycetes)*. Munasseentest vaatleme saproleegniat *(Saprolegnia)*, mis elab vees saprofüüdina putukate laipadel ning parasiidina kalamarjal ja -maimudel (joonis 139). Kui viskame näiteks kärbse laiba vette, siis kattub see mõne päeva

pärast saproleegnia valge koheva mütseeliga. Seene mütseel kinnitub risoidide abil putuka kehale. Nõrgalt hargnenud hüüfidel puuduvad vaheseinad, neil on aga palju tuumi. Ainult piklikud zoosporangiumid, mis tekivad hüüfi tipus, eralduvad temast vahega.



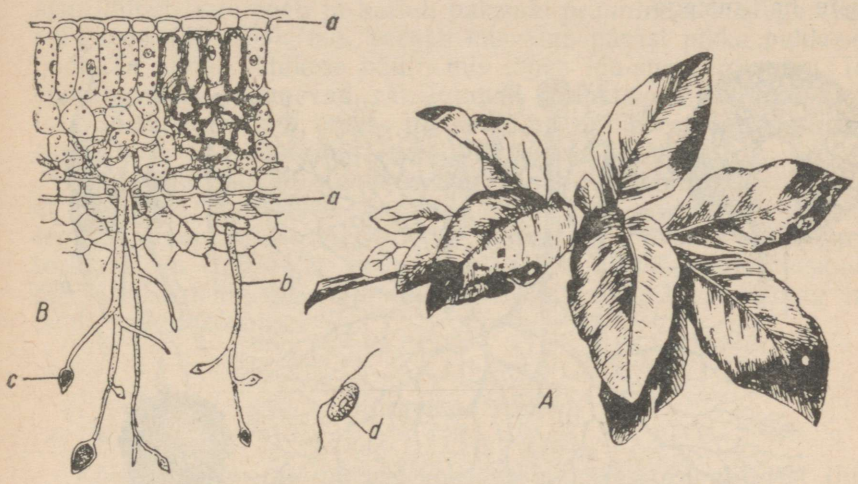
Joonis 139. Saproleegnia *(Saprolegnia)*:
A — suguta paljunemine: *a* — zoosporangium zoospooride väljumise momendil; *b* — zoospoorid; B — suguline protsess: *c* — oogoonium nelja oospooriga; *d* — anteriidium, mis on liibunud oogooniumile.

Zoosporangiumis tekivad kahe viburiga varustatud zoospoorid. Nad ujuvad välja ja otsivad oma arenemiseks uue putuka laiba. Saproleegnial esineb ka suguline protsess. Külgmisel harul tekib paksu kestaga ümbritsetud kerajas oogooniumi. Oogooniumi sisemuses tekib mitu munarakku. Teisel külgniidil kasvab anteriidium — isassuguorgan tuumadega silinderja rakuna, mis liibub oogooniumile. Anteriidiumidest tekivad jätked, mis tungivad õhemate kohtade kaudu oogooniumi kestas tema sisemusse munarakkudeni. Nende jätkete kaudu tungib anteriidiumi sisu oogooniumisse ja isastuumad ühtivad munarakkudega, mis muunduvad oospooridеks ja arenevad uuteks saproleegniateks.

Munasseente hulka kuulub ka fütoftora.

Seen fütoftora *(Phytophthora infestans)* on parasiitseen, mis põhjustab kartulihaigust kartuli-lehemädanikku (joonis 140). Ta tekitab kartuli lehtedele pruune laike, mille tagajärjel hävivad kartuli pealsed. Fütoftora toodi Euroopasse Ameerikast möödunud sajandi 30-ndatel aastatel ühes sealt sisseveetavate kartulisortidega. Selleks 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 «hallitus» ja just terve ja haige osa piiril. Kui «hallitust» ei ilmu, siis tähendab see seda, et lehtede pruunistumisel on mingi teine põhjus.

Seene mütseel pesitseb lehe kudedes, ja õhulõhede kaudu kasvavad välja lülieostekandjad niidid. Oma otstel annavad niidid lülieoseid, k o n i i d e. Fütoftora koniide esineb mitte ainult lülieostekandjate otstel, vaid ka külgedel, sest jalg koniidi all jätkab



Joonis 140.

A — kartuli-lehemädanikust *(Phytophthora infestans)* nakatatud kartuli lehed; B — seene paljunemisorganid: *a* — kartuli lehe epidermis õhulõhedega; *b* — lülieostekandjad ja konidiospoorid (lülieosed); *c* — koniidid, mis on muundunud zoosporangiumideks; *d* — zoospoor.

kasvamist ning nihutab selle küljele. Koniidide kinnituskohtadel lülieostekandjate okstel on puhetised. Seene levimine võib toimuda otse koniidide abil, mis lehtedel idanedes neid nakatavad.

Haigus tuleb nähtavale varsti pärast kartuli õitsemist.

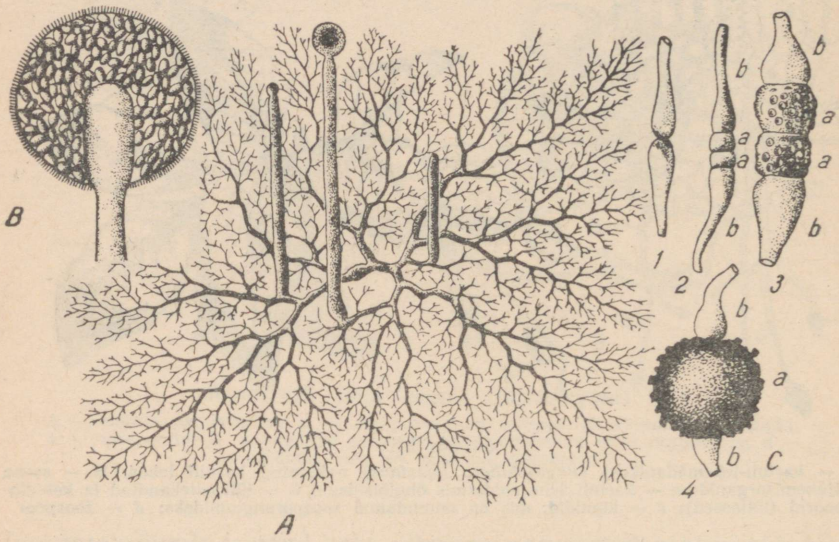
Hästi niisketes ilmastikutingimustes muunduvad koniidid sagedasti zoosporangiumideks, kusjuures koniidides arenevad zoospooride rakud, mis on varustatud kahe viburiga. Zoosporangiumidest vabanenud seene zoospoorid satuvad vihmade ajal teistele lehtedele ning nakatavad neid. Kartuli lehtedel ilmuvad ikka uued ja uued laigud ning pealsed roiskuvad. Kui sajab tugevat vihma, siis uhutakse zoospoorid ja koniidid maapinnale ning nad tungivad ühes veega mulda, nakatades kartuli mugulaid, mis siis viimaks riknevad. Hoidlais nakatavad haiged kartulid ka terveid ning kogu säilitatav kartulite hulk võib hakata mädanema.

Vihmastel aastatel teeb kartuli-lehemädanik kolossaalset kahju.

Kartuli-lehemädaniku ilmumisel pritsitakse kartulipõldu seenele mürgise bordoo vedelikuga. Enne kartulite mahutamist hoidlatesse tuleb neid hoolega valida ja kartulihoidlad desinfitseerida; kartuleid tuleb hoida mitte üle 4—5° temperatuuris. Seemnekartuliteks tuleb jätta ainult terved kartulid. Vastupidavate sortide aretamine on väga tähtis vahend võitluses kartuli-lehemädanikuga.

Munasseente hulka kuulub veel viinapuu-ebajahukaste *(Plasmopara viticola)*, mis tekitab jahukaste-haigust viinapuu lehtedel, vartel ja marjadel.

Seigseente klassi esindajaks võib olla nutthallitus. Nutthallitus *(Mucor mucedo)* (joonis 141) areneb kergesti sõnnikul ühes teiste hallitustega.



Joonis 141.

A — nutthallituse *(Mucor mucedo)* noor eksemplar; B — sporangium; C — sügospooride tekkimise üksikuid momente: 1 — sugupuhetiste ligistumine; 2 — otsmiste rakkude ehk gameetide *(a)* vaheseinaga eraldumine kopuleeruvatest harudest *(b)*; 3 — sügospoori tekkimise algus; 4 — valminud sügospoor.

Hallitusseente kultuuride kasvatamiseks talitatakse järgmiselt. Taldrikusse puistatakse liiva ja niisutatakse seda, liivale aga pannakse värsket hobusesõnnikut. Taldrik kaetakse klaaskupliga ning pannakse sooja ja pimedasse kohta. Kolme-nelja päeva pärast kattub sõnnik hallitusseente korraga, mis koosneb valgetest peenikestest niitidest — hüüfidest; neile ilmuvad hiljem mustad kerakesed, seene eospesad (sporangiumid). Nutthallitus areneb niisama kergesti ka niisutatud saial kupli all.

Vaatleme nutthallituse hüüfe ja sporangiume mikroskoobis. Esimesed on väga harulised, mitmetuumalised ning neil ei ole vaheseinu. Sporangiumid on eraldatud vaheseintega vertikaalsetest niitidest ning neil on seespool kesksammas, mille ümber on hulganisti eoseid.

Nutthallitusel on võime paljuneda ka suguliselt. Kopulatsioon (sisu ühinemine) toimub üksteise lähedal olevate naaberhüüfide lühenenud ja laienenud harude otstes. Nutthallituse mõnel vormil

kuuluvad kopuleeruvad hüüfid ühele ja samale mütseelile (homotalluslikud vormid), teistel nutthallituse vormidel aga eri mütseelidele (heterotalluslikud vormid). Hüüfidest arenevad külgharud, mis suunduvad üksteise poole, eralduvad vaheseintega, nende kokkupuutekohal aga lahustuvad kestad ning rakkude mitmetuumaline sisu ühineb, suureneb ja kattub paksude pruunide kestadega. Tekib s ü g o o t (püsieos), mis hakkab kasvama pärast pikka puhkeperioodi. Ta annab lühikese hüüfi, mis lõpeb idu-sporangiumiga. Idusporangiumis jagunevad rakutuumad reduktsiooniliselt ja temas tekivad ühesugulised emas- ja isaseosed, milledest arenevad mütseeli emas- ja isasvormid (heterotalluslikud vormid).

Sügoodid tekivad sõnnikus sügavamal, seepärast tuleb selleks, et neid leida, eemaldada sõnniku ülemine kiht ning võtta just osake tema sügavamast osast. Sügootide leidmiseks tuleb see osake panna teeklaasi ja loksutada seda veega. Mustad sügoodid laskuvad põhja, kust neid saab välja võtta pipetiga, panna klaasile ning vaadelda mikroskoobis.

Kõrgemad seened

Kõrgemate seente mütseel koosneb hulkraksetest niitidest (hüüfidest). Mõnedel kõrgematel seentel on uuritud ka sugulist protsessi, kuid peamiselt domineerib neil paljunemine eostega.

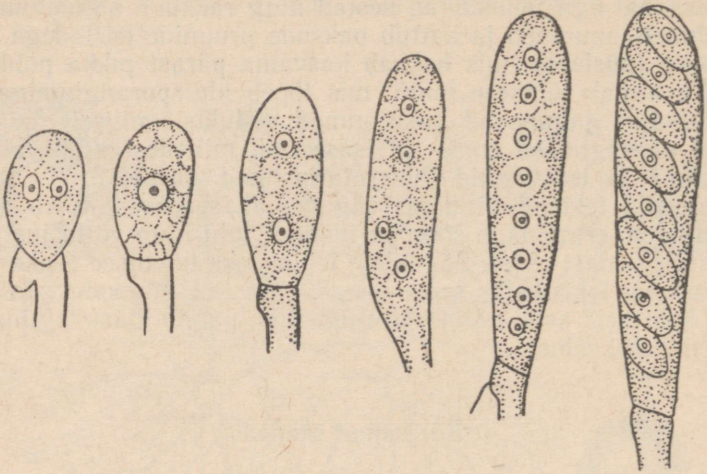
K o t t s e e n e d *(Ascomysetes)*

Sellesse klassi arvatakse üle 20 000 liigi, mis erinevad mitmeti oma ehituse ja eluviisi poolest. Nad paljunevad sugutult eoste — koniidide abil. Peale selle esineb neil paljunemine kotteoste (askospooride) abil, mis arenevad eoskottides ja tekivad sugulise protsessi tulemusena. Eoskotte nimetatakse ka askusteks. Nendes valmivad eosed paarisarvuliselt: 2, 4, 8, 16 ja rohkem. Eoskott areneb kahetuumalisest rakust — dikarüonist, mille haploidsed tuumad ühtivad. Seejärel kopulatsiooni tuum (sügoot) jaguneb esiteks reduktsiooniliselt ja üks kord või mitu korda hariliku mitoosi abil. Tuumade ümber eraldub protoplasma, mis on ümbritsetud kestaga, ja haploidsed tuumad muutuvad kotteosteks ehk askospoorideks (joonis 142).

Lihtsama ehitusega kottseente hulka kuulub pärmseen *(Saccharomyces cerevisiae)*, mille elutegevust kirjeldatakse XVI peatükis.

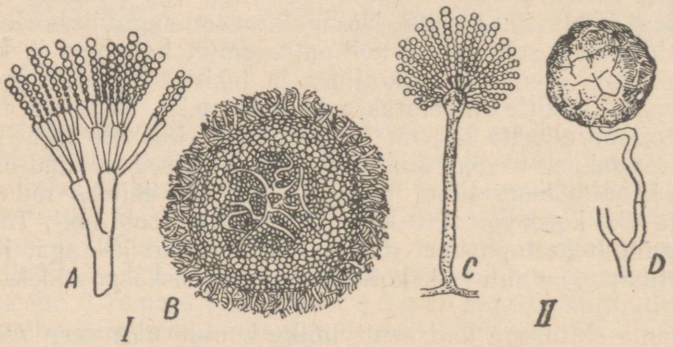
Kottseente hulka kuuluvad ka hallitused, mida esineb sageli koos nutthallitusega niiskel leival, puuviljadel, keedistel, niisketes ruumides, tindil, keeduviljal jne. Nad esinevad valge ämblikuvõrgutaolise kirmena rohelise, sinaka või roosaka värvinguga, mis oleneb eoste värvusest. Eriti levinud on hallitusseened r o h e l i n e h a l l i t u s ehk penitsillium *(Penicillium)* ja t ä p p h a l l i t u s ehk aspergill *(Aspergillus)* (joonis 143).

Rohelise hallituse, penitsilliumi vaatlemisel mikroskoobis on näha mitmerakulised hüüfid, milledest siin-seal tõusevad üles jalad (koniidikandjad, lülieostekandjad), mis lõpevad pintslikestega. Nen-



Joonis 142. Eeoskoti arenemise skeem.

dest eralduvad väikesed eosed — koniidid. Koniidid kantakse kergesti laiali õhuvooludest. Selliseid hallitusi nimetatakse pintselseenteks. Viimasel ajal on mõnest rohelise hallituse, penitsilliumi



Joonis 143.
I — roheline hallitus *(Penicillium glaucum)*: A — lülieostekandja otsmine osa (suurend. 500 korda); B — noor viljakeha; II — täpphallitus *(Aspergillus herbariorum)*: C — lülieostekandja lülieostega; D — valminud peiteosla.

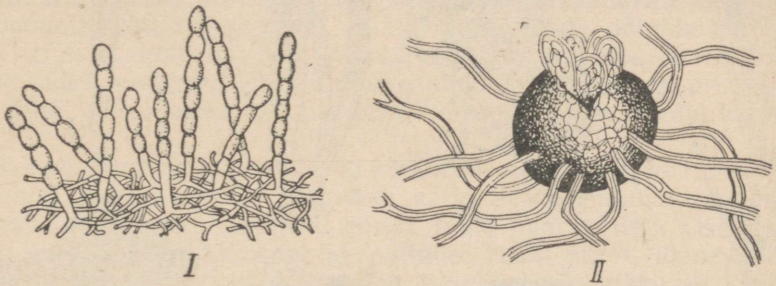
liigist *(Penicillium notatum)* saadud väärtuslikku preparaati penitsilliini, mis on leidnud laialdast kasutamist arstiteaduses.

Täpphallitusel on koniidikandja ainurakne ja tal on ladval puhetis, millel asetsevad helmestetaoliselt koniidid. Koniidide niidid

meenutavad veejugasid, mis väljuvad kastmiskannu sõelast — seepärast nimetatakse seda seent ka kastmiskann-hallituseks. Nendel hallitustel tekivad eoskotid ja kotteosed.

Eeoskotid on neil kogunenud väikestesse kerajatesse suletud viljakehadesse, mida nimetatakse peiteoslateks ehk kleistokarpideks; need on tekkinud hüüfide põimumisest. Ainult pärast kleistokarpide purunemist võivad kotteosed vabaneda ja kasvama hakata.

Kottseente hulgas on suur hulk kahjulikke parasiite, mis elunevad nii metsikult kasvavatel kui ka kultuurtaimedel. Nad kuuluvad peitkottseente *(Perisporales)* seltsi, mille tähtsam sugukond on jahukasteseened *(Erysiphaceae)*.

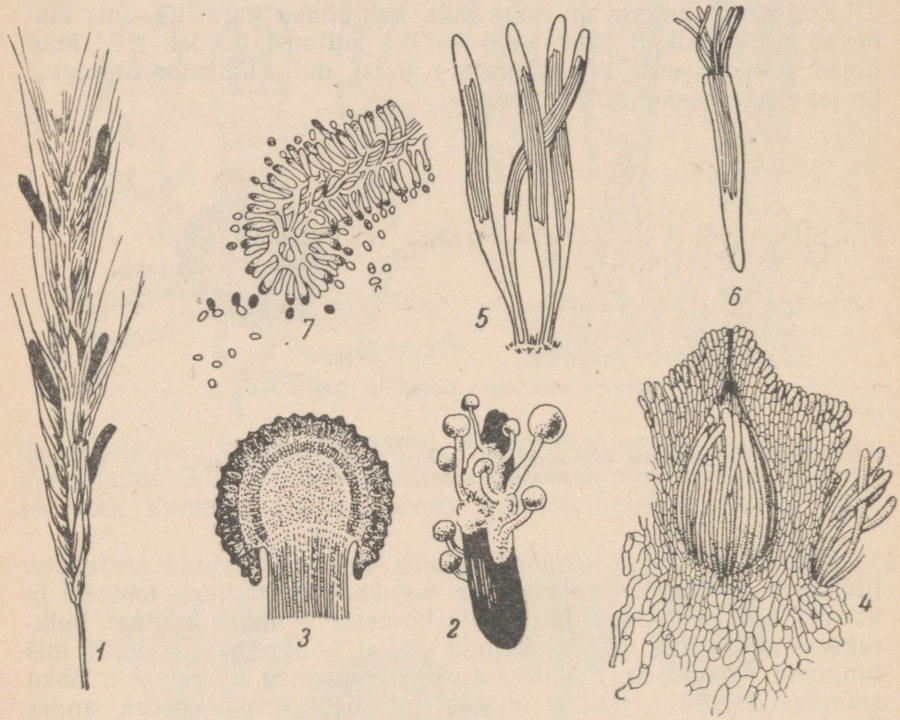


Joonis 144. Jahukaste.
I — karusmarja jahukaste *(Sphaerotheca)* mütseel koniidide ketikestega; II — kõrreliste jahukaste *(Erysiphe)* kleistokarp.

Jahukaste *(Erysiphe)* (joonis 144) on levinud kõrreliste, liblikõieliste, korvõieliste ja teiste sugukondade taimede lehtedel ja vartel; ta esineb seal valge jahuja kirmena. Viimane koosneb hulkraksest mütseelist, mis on levinud pinnal ja annab haustoreid, mis tungivad epidermise rakkudesse. Vastupidisesse külge, s. t. õhku suunduvad hüüfid, millest nöördub arvukalt konidiospoore, andes lehtede pinnale jahuja kirme. Koniidid kantakse laiali tuulest ja nad hakkavad kasvama uutel lehtedel. Suve teisel poolel ilmuvad valgetes jahujates laikudes tumepruunid punktid, millede kerajat kuju külgedele suunduvate niiditaoliste ripikutega võib näha mikroskoobis. Need on kleistokarbid, mis sisaldavad ovaalse kujuga eoskotte (askuseid); igas eoskotis on 8 askospoori. Viljakehade abil seen talvitub. Kevadel viljakeha pundub ja pakatab, eoskotid vabanevad ja neist paiskuvad eosed. Sattudes lehtedele, hakkavad askospoorid kasvama, tekitades lehtedel mütseeli. Kahju, mida jahukaste toob taimedele, seisab selles, et lehtedel väheneb assimilatsioonipind, nad hakkavad kuivama; saak väheneb ja selle väärtus halveneb. Jahukastekindlate taimesortide kasvatamine, väävlipreparaatidega tolmutamine, agrotehnilised võtted, mis on suunatud tugevamate taimede kasvatamisele, — need on põhiabinõudeks võitluses jahukastega.

Karusmarja, sõstra, humala, rooside ja persiku jahukaste kuulub perekonna *Sphaerotheca* mitmesse liiki; pajud, vaher, viinapuu kannatavad perekonna *Uncinula* liikidest, tamme noored võsud *Microsphaera* liikidest. Jahukaste perekonnad ja liigid erinevad eoskottide arvu järgi kleistokarpides ja ka ripikute kuju järgi. Karusmarja-jahukastel *(Sphaerotheca mors uvae)* on kleistokarbis üks eoskott, kõrreliste jahukastel *(Erysiphe graminis)* ja teistel liikidel aga mitu.

Suur kottseente selts on tungalseened *(Pyrenomycetes)*. Nende viljakehad ei ole kinnised, vaid väikesed ümmargused keha-



Joonis 145. Tungaltera *(Claviceps purpurea)* rukkipeas:
1 — rukkipea, mis on nakatatud tungalterast; 2 — tungaltera viljakehadega; 3 — pikilõige viljakeha nutist; 4 — periteetsium eoskottidega; 5 — eoskotid (askused) niiditaoliste eostega; 6 — lõhkenud eoskott; 7 — koniidid.

kesed, milledel on õõs ja ülaotsas ava. Sellistel viljakehadel — sulgeoslatel ehk periteetsiumidel — on sees pikad eoskotid askospooridega. Valmimisel iga eoskott venib ja ta otsast paiskuvad välja askospoorid, mille järel eoskott kokku langeb ja tema asemele tuleb järgmine. See toimub niikaua, kuni kõik eoskotid on oma eosed välja paisanud. Parasiitsetest tungalseentest kirjeldame tungaltera.

Tungaltera *(Claviceps purpurea)* (joonis 145). See seen paljuneb askospooride ja koniidide abil. Ta nakatab mitmeid teravilju: rukist, nisu, otra, ka raiheina jt. Haigus väljendub selles,

et rukkipeades ilmuvad terade asemele veidi kaarjad mustad «hundihambad», mida nimetatakse sklerootsiumideks, seenemügarateks, ning mis koosnevad seeneniidistiku tihedast põimikust.

Tungalterad on väga mürgised ning üle 0,1% tungaltera sisaldusega jahu toiduks tarvitamisel ilmnevad krambid, kõrgendatud temperatuur, haiglane süljevool. Seda haigust, millesse inimene võib surragi, nimetatakse ergotismiks. Tungalteri esineb suuremal määral sagedasti põlluservadel. Mullale sattunud sklerootsiumid talvituvad ja hakkavad kasvama alles järgmisel suvel.

Sklerootsiumid on väljast tumelillad, kuid sees on neil valge mass. See mass koosneb põimunud hüüfidest, mis sisaldavad valku, rasva ja alkaloide (ergotiini, kornutiini). Sklerootsiumi idanemisel tekivad varrekesed, millede otstes moodustuvad punakad nutikesed (stroomad). Nutid koosnevad samuti seeneniitide põimikust. Nuttides on suur hulk õõsi, periteetsiume. Õõned on täitunud suure hulga eoskottidega. Viimastes on 8 niitjat askospoori. Sklerootsiume võib idandada kunstlikult, kui neid eelnevalt läbi külmutada.

Sklerootsiumide idanemine ja eoskottide arenemine toimub rukki õitsemise ajal. Eoskotid ulatuvad välja periteetsiumide avadest, lõhkevad ning neist lenduvad eosed, mida haarab tuul. Osa neist satub viljapeadele. Askospoorid, sattudes rukki õitele, idanevad ja moodustavad idutorukesi. Viimased tungivad sigimikku ja kasvavad mütseeliks, mis täidab kogu sigimiku ning tungib läbi selle seintest. Sigimiku pinnale ilmub hulk hüüfe, milledest eraldub hulgaliselt eoseid — koniide. Hüüfid eritavad mesikastet, mis tungib viljapea pinnale. Putukad kannavad mesikastet koos koniididega ühelt viljapealt teisele ning haigus levib kiiresti kogu põllul. Pärast rukki õitsemist tekib sigimiku alusel tihe kude seeneniitidest, mis kasvab suuremaks ja muutub sklerootsiumiks. Selle ladvale jääb kuivanud emakakael.

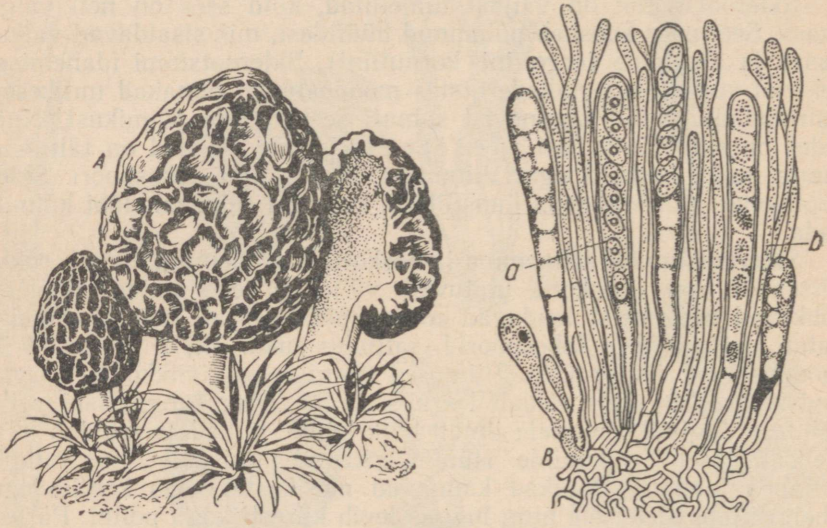
Tungalteri kasutatakse arstiteaduses verdsulgeva vahendina ning seepärast on tema eraldamine viljast kahekordse tähtsusega: vilja haiguse tõrjeks ja ravivahendi saamiseks. Tungaltera saab viljateradest eraldada kange soolalahuse abil (tungaltera kerkib pinnale), aga ka sorteerimismasinatega ja terade sõelumisega suurte sõelte abil.

Kottseentel, mis moodustavad ketasseente *(Discomycetes)* seltsi, on viljakehad valmimisel lahtised, liudja kujuga. Selliseid viljakehasid nimetatakse apoteetsiumideks, lehtereoslateks. Tähtsam osa apoteetsiumist on hümeniaalne kiht (eoslava), mis katab «liua» põhja ja koosneb algul vaid viljatutest jämenenud niitidest, parafüüsidest, millede vahele viimaks kasvavad pikenenud eoskotid askospooridega. Parafüüsid on eoskottide vahel puhvriks. Eoskotid punduvad ja paiskavad askospoorid jõuga välja, mõnikord kuni 30 sm kaugusele ja kaugemalegi. Siis langevad eoskotid kokku ja nende asemele kasvavad uued.

Hümeniaalse kihi all on hüüfide põimikud, mis koosnevad kahe-

tuumalistest rakkudest. Nende hüüfide tipprakkudes (dikarüonides) toimub isas- ja emastuumade ühtimine ning selle järel tuumade reduktsiooniline ja mitoosne jagunemine. Selle tulemuseks on askospooride moodustumine. Tuumade ühtimine dikarüonides on kottseente viljakeha sügavamates kihtides toimuva sugulise protsessi lõppakt.

Ketasseente näiteks on mürklid, kogritsad jt. *(Morchella, Verpa, Helvella)*, mis ilmuvad metsas juba varakevadel (joonis 146). Mürkli *(Morchella)* viljakeha koosneb jalast ja kübarast,



Joonis 146. Mürkel *(Morchella esculenta)* — kübarkottseen:
A — seene üldkuju, mille kübaral on hümeniaalse kihiga kattunud lohud; B — pikilõige seene viljakehast: näha on eoskotid ja kotteosed *(a)*, eoskottide vahel on parafüüsid *(b)*.

mille pinnal on liudjad lohud — apoteetsiumid hümeniaalse kihiga. Eoskotid sisaldavad 2 või 8 askospoori. Need seened on söödavad, kuid nõuavad eelnevalt kupatamist mürkainete eemaldamiseks.

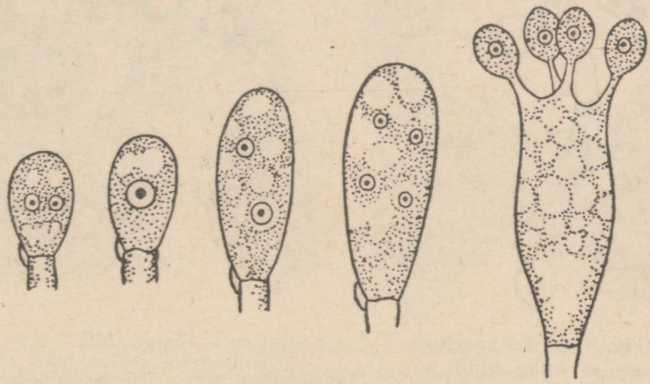
Sõnnikul ja mullal areneb liudseen *(Peziza)* — väike ketasseen liudja punase või kollase apoteetsiumiga. Parasiitsetest ketasseentest esineb sageli mügarseent *(Sclerotinia)*, mille mitmed liigid kahjustavad kultuurtaimi: õuna-, pirni- ja ploomipuud, küdooniat, viinapuud. Seene mütseel levib puuvilja põhikoes. See läheb pruuniks, muutub pehmeks ja käsnataoliseks. Pinnale ilmuvad hallikaskollased või valged padjakesed, mis asetsevad korrapäraste ringidena. Need koosnevad hüüfide põimikutest, milledest eralduvad eosed — koniidid. Neid kannavad laiali tuul ja putukad ja nad nakatavad vigastatud epidermisega puuvilju. Seda seene arenemise konidiaalset faasi nimetatakse moniiliaks, haigus aga on tuntud «puuviljamädaniku» nime all. Puuviljad, mis on nakatatud mügarseenest, kas mädanevad, kuivavad või omandavad

musta, läikiva pinna. Sellistel «mumifitseerunud» puuviljadel arenevad järgmistel aastatel seene apoteetsiumid eoskottide ja askospooridega. Viimased nakatavad mitte ainult viljapuude vilju, vaid ka õisi ja noori võsusid.

Teised mügarseente liigid tekitavad «valget mädanikku» porgandil, naeril, päevalillel, samuti ka ristiku «vähki». Kõiki neid haigusi on uuritud ja nendega peetakse võitlust.

Kandseened *(Basidiomycetes)*

Selles väga laialdases kõrgemate seente klassis on üle 20 000 liigi. Kandseeni iseloomustab eoskandade (basiidiumide), s. o. eriliste rakkude tekkimine, millega lõpevad hüüfid (joonis 147). Basiidiumidel arenevad puhetised — eostoed,

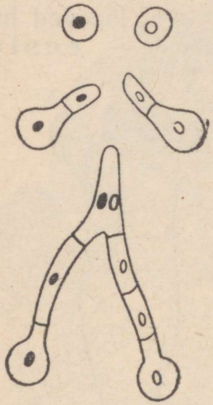


Joonis 147. Basiidiumide ja basidiospooride arenemise skeem.

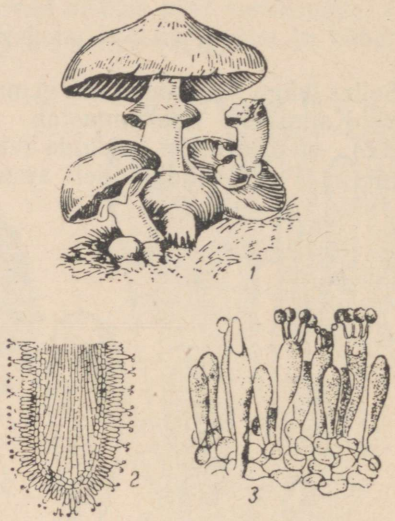
sterigmad neil asetsevate kandeostega, basidiospooridega. Basiidiumide, samuti ka eoskottide arenemine toimub kahetuumalisest rakust (dikarüonist). Dikarüoni rakutuumad ühtivad, rakk hakkab suurenema ning sügoodi diploidne tuum jaguneb reduktsiooniliselt, kuna selle järel mõlemad tuumad jagunevad tavalise mitoosi teel. Neljatuumalise raku tipul arenevad torujad kasvundid (sterigmad), mille otsad paisuvad, ning neisse tungivad protoplasma ja haploidsed tuumad. Valminud basidiospoorid viskuvad laiali. Kõige rohkem on levinud nelja haploidse basidiospooriga seened, kuid esineb ka seeni kahe ja kuue basidiospooriga. Basidiospoorid on sarnased välimuselt, kuid erinevad suguliselt. Ühtedest eostest areneb emasmütseel, teistest isasmütseel. Arenemisprotsessis kohtuvad nende haploidsete heterotalluslike mütseelide hüüfid ja neist tekivad kahetuumaliste rakkudega mütseelid (joonis 148). Selline kahetuumaliste rakkudega mütseel esineb kandseentel ja temal arenevad viljakehad, mille hüüfidel on samuti kahetuumalised ra-

kud. Ainult basiidiumi tekkimisel toimub haploidsete tuumade kopulatsioon.

Kandseened, milledel basiidiumid pole jaotatud vahedega, moodustavad holobasidiaalsete seente alamklassi (sõnast *holos* — terviklik). Nende hulka kuuluvad lavaseened *(Hymenomycetes)*, puguseened *(Gasteromycetes)* jt.



Joonis 148. Basidiospoori idanemise ja kahe hüüfi ühtimise skeem.

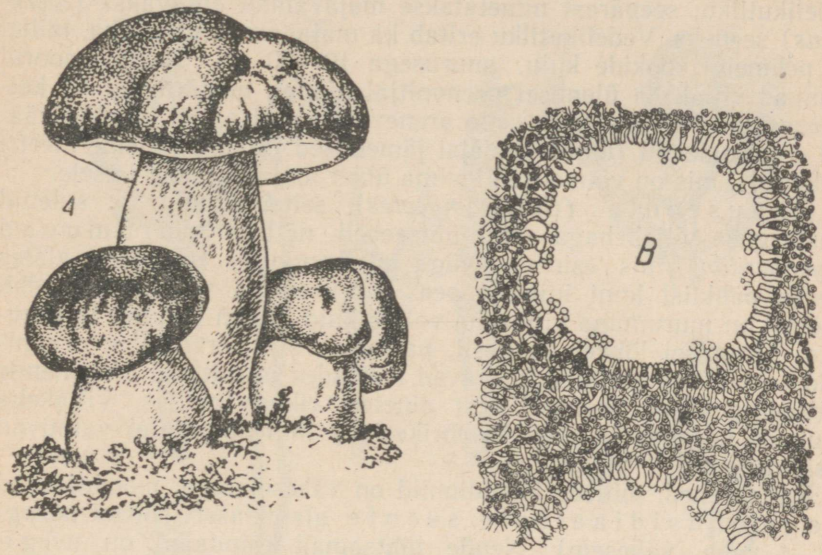


Joonis 149.
1 — kübarkandseen arušampinjon *(Psalliota campestris)*; 2 — ristlõige eoslehest; 3 — eoslehe serv, tugevasti suurendatud; sellel on näha eoskannad, eostoed ja kandeosed.

Lavaseente hulka kuulub suurem osa söödavaid ja mittesöödavaid (mürgiseid) kübarseeni. Nende hulgas on saprofüüte, sümbiootilisi organisme ja parasiite. Basiidiumid, mis vahelduvad viljatute niitide — parafüüsidega, asetsevad pindmise hümeniaalse kihina viljakeha sellel osal, mida nimetatakse hümenofooriks (eoslavakandjaks). Lehikuliste *(Agaricaceae)* sugukonnal asetseb hümenofoor eoslehtedena kübara alumises osas. Nende seente esindajana võib mainida arušampinjoni *(Psalliota campestris)* (joonis 149). Seene mütseel pesitseb sõnnikukõdus; viljakehad, mis kasvavad kiiresti, koosnevad jalast ja kübarast.

Lehikseente hulka kuuluvad ka kuuseriisikad, kukeseened, piparriisikad, pilvikud, mürgistest seentest valge ja harilik kärbseseen. Kännuseened (külmaseened) kasvavad puukändudel ja nende mütseel elab mitte üksnes saprofüüdina, vaid parasiteerib ka puu juurtes ja tüvedes, rikkudes puitu. Hargnevad seenenöörid — risomorfid — võivad roomata ühe puu juurest teise juurde mõne meetri kaugusele.

Torikuliste *(Polyporaceae)* sugukonnal esineb tüüpilisemail juhtudel hümenofoor vertikaalsete torukestena, mis asetsevad kübara alumises osas. Hümenofoori ristlõikes on näha torukeste avad, mis on eraldatud üksteisest tihedalt põimunud hüüfidega. Hümeniaalsel kihil on näha parafüüsid, nende vahel aga basiidiumid ja basidiospoorid. Valmimisel basidiospoorid vabanevad eos-



Joonis 150. Kivipuravik *(Boletus edulis)*, torikuline kübarkandseen: A — üldkuju; B — torik, mille sees on näha eoslava, eoskannad ja kandeosed.

tugede (sterigmade) küljest, langevad torukese õõnt mööda alla ja kantakse õhuvooluga eemale.

Kasulikest söögiseentest on toruline hümenofoor kivipuravikul *(Boletus edulis)* (joonis 150), punapuravikul *(B. rufus)*, kasepuravikul *(B. scaber)*, võipuravikul *(B. luteus)* ja sametpuravikul *(B. subtomentosus)*. Nende mütseel levib metsapinnases ja hüüfid tekitavad mükoriisat puude juurtel, millede all need seened kasvavad. Eoste levitamine toimub mitte ainult tuule, vaid ka loomade abil, kes tarvitavad seeni toiduks (limused, oravad, karud jt.).

Parasiitseente hulka kuuluvad torikuliste sugukonnas mitmed torikseened, millede ühe- või mitmeaastased hobuserauakujulised viljakehad arenevad puude tüvedel. Nende hulka kuuluvad tuletaela *(Fomes)* ja toriku *(Polyporus)* mitmesugused liigid. Mõnikord saavutavad viljakehad suuri mõõtmeid, sest et iga aasta kasvab vanale hümenofoorile peale uus ja nii tekivad kihid, millede järgi võib leida seene vanuse. Puud nakatuvad eostega vigastatud kohtades ja ka lõhede kaudu. Mütseel kasvab puidus laiali ja lahustab fermentide abil pektiinained, ligniini ja tselluloosi. Puit pehas-

tub ja puusse tekib õõnsus. Puude ladvad kuivavad ja metsas esineb tuulemurdu. Metsas on tähtis korrapärane torikute tõrje, sest nad toovad metsamajandusele kolossaalset kahju.

Niisketes puithoonetes esineb sagedasti majavammi *(Merulius lacrymans)*, majanäätsi *(Poria vaporaria)* ja keldriseent *(Coniophora cerebella)*. Niiske puidu (28—60% niiskust) pinnal ja sügavamates kihtides levib mütseel, mis eritab kollakaid vedelikutilku; seepärast nimetatakse majavammi «nutvaks» *(lacrymans)* seeneks. Vedelikutilku eritab ka majavammi viljakeha, millel on pehmete kookide kuju, suurusega 10—50 sm. Basidiospoorid ilmuvad viljakeha ülemisel peenvoltjal pinnal, mistõttu tal on kollakaspruun värvus. Peale selle arenevad seenel pikad tihedad väädid — risomorfid (umbes pliiatsi jämedused ja kuni seitsme meetri pikkused), mis on võimelised levima ühelt majakorruselt teisele.

Puguseente *(Gasteromycetes)* seltsi kuuluvad suletud ümmarguse viljakehaga saprofüütseened, näiteks murumunad *(Lycoperdon)*, mis esinevad väga mitmesuguses suuruses, alates kreeka pähklist kuni inimese pea suuruseni ja veel suuremadki. Noorelt on murumuna viljakeha valge, kuid hiljem muutub ta pruuniks, surumisel lõhkeb kergesti, paisates välja terve pilve pruunikaid eoseid. Murumunad kasvavad metsades ja niitudel ning nende mütseel pesitseb orgaanilistest ainetest rikkas mullas. Viljakeha sisukude koosneb hulgast kambrikestest, millede seintel valmivad basidiospoorid.

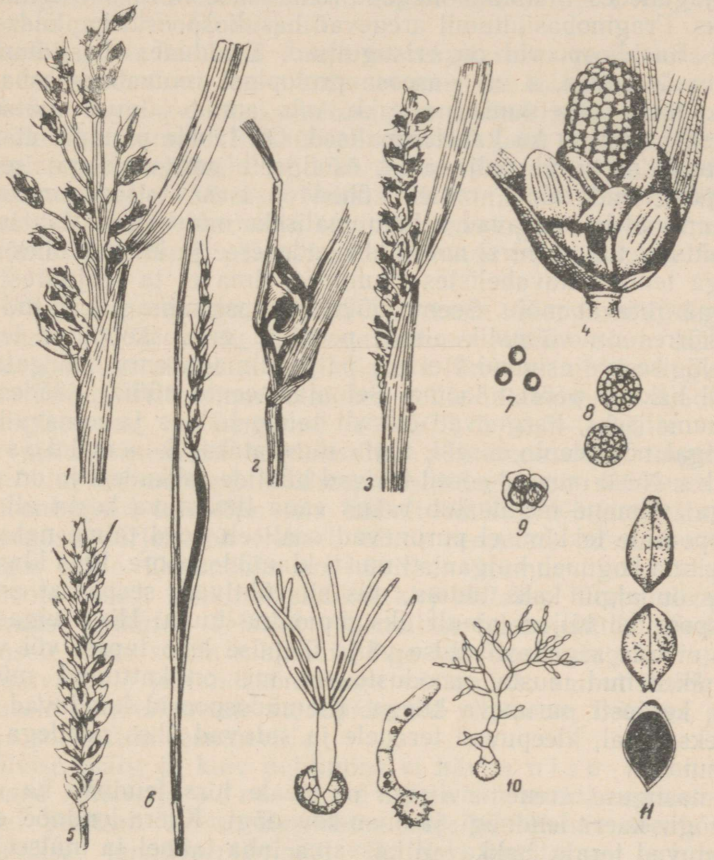
Kandseened, millede basiidiumid on vaheseintega, moodustavad fragmobasidiaalsete seente alamklassi (sõnast *phragma* — vahe, vahesein). Nende tähtsamad esindajad on nõgiseente ja roosteseente seltsist, mis tekitavad igal aastal määratu suurt kahju põllumajandusele.

Nõgiseened *(Ustilaginales)*. Nende hulka kuuluvad seened, mis parasiteerivad kultuur- ja metsikult kasvavatel kõrrelistel. Neist tuntakse ligi 700 liiki.

Nõgiseenest nakatatud teraviljad ei anna tavaliselt saaki, sest nende pähikud on kas täielikult või osalt hävitatud ja täitunud musta tolmuga, mis ongi nõgiseene eosed. Nõgiseente eosed on väga tillukesed ja neid on palju. Just seepärast võibki nõgiseen levida erilise kiirusega. Nõgiseente eosed säilitavad idanemisvõime ja võivad nakatada uut lõikust 10 aasta kestel. Viljapäid ja pööriseid, mis on nakatatud nõgiseentest, võib põllul kergesti tähele panna, sest pähikud purunevad ja muutuvad mustaks nendele kogunenud eostest. Pähikutel on nõgine ja kõrbenud välimus, millest haigus on saanud «nõgihaiguse» nimetuse.

Eri kõrrelistel parasiteerivad ka eri nõgiseente liigid (joonis 151) ning seepärast ei saa näiteks kaera lendnõe eosed nakatada otra jne. Rohkem levinud nõgiseente liigid on järgmised: 1) kaeralendnõgi *(Ustilago avenae)*, 2) hirsi-lendnõgi *(U. panici miliaceae)*, 3) nisu-lendnõgi *(U. tritici)*, 4) odra-lendnõgi *(U. nuda)*, 5) maisi-lendnõgi *(U. zeae)*; peale nende on levinud veel: 6) nisu-

kõvanõgi *(Tilletia tritici)*, 7) rukki-kõvanõgi *(T. secalis)*. Viimase kahe liigi eosed on suuremad lendnõe eostest ja nende paks pruun kest on kattunud võrkja kirjaga. Peale selle on kõvanõe eostel vastik riknenud heeringate hais. Peale loetletud nõgipea liikide toob suurt kahju rukki-kõrrenõgi *(Urocystis occulta)*, mis nakatab kõrre ülemist sõlmevahet. Selle tagajärjel jääb pea väikeseks. Tema eosed



Joonis 151. Nõgiseened:
lendnõgi: 1 — kaeral, 2 — hirsil, 3 — nisul, 4 — maisil; 5 — kõvanõgi nisul; 6 — kõrrenõgi rukkil; 7 — lendnõe eosed; 8 — kõvanõe eosed; 9 — kõrrenõe eoste kogu; 10 — eoste idanemine; 11 — nisuterad, mis on nakatatud kõvanõest.

moodustavad eoskogud, milledes eosed valmimisel ei eraldu üksteisest; keskmised eosed on igas eoskogus suuremad, servmised väiksemad ja täitunud õhuga. Kahjulik on ka sibulanõgi *(Urocystis cepulae)*; lehtedel ja noorte sibulate välistel osadel ilmuvad lõhed, mis on täitunud eoskogudega.

Nõgihaiguse eri liikide arenemises esineb rida iseärasusi. Pea-

tume esiteks hirsi-lendnõe arenemisel, samuti ka teistel liikidel, mis arenevad temaga sarnaselt.

Hirsi koristamise ja peksmise ajal levivad nõgiseente eosed hulgaliselt, kleepuvad teradele ja talvituvad. Kui kevadel külvatakse maha nakatatud terad, siis hakkavad eosed ühes seemnetega idanema ja moodustavad lühikese torukese — raku, mis reduktsiooniliselt jagunedes muundub neljast rakust koosnevaks fragmobasiidiumiks. Fragmobasiidiumil arenevad basidiospoorid haploidse tuumaga. Basidiospoorid on erisugulised. Eraldudes basiidiumidest nad kopuleeruvad, s. o. isaseose protoplast roomab emasbasidiospoori: tekib kahetuumaline rakk, mis annab alguse mütseelile. Mütseeli rakud on ka kahetuumalised. On tähele pandud, et mõnikord basidiospoorid paljunevad esialgselt pungumisega; seejärel need pungunud rakud, millest ühed on isas-, teised emasrakud, kopuleeruvad ja kasvavad kahetuumaliseks mütseeliks. Kahetuumaline mütseel tungib hirsi noore idu kudedesse ja kasvab ühes noore taimega tema rakuvahelistes ruumides, ilma et ta seejuures avaldaks märgatavat mõju. Seente hüüfide avastamine nakatatud teravilja kõrres on võimalik ainult peenima mikroskoopilise tehnika abil. Nõgiseente esinemist ei ole palja silmaga enne märgata, kui teravili hakkab pöörist looma. Sel ajal seente hüüfid, jäädes ikka kahetuumaliseks, hargnevad ohtralt taime ladvas ja annavad suurel hulgal nõgiseente eoseid, mida nimetatakse klamüdospooorideks. Need mustad eosed tekivad hüüfide rakkudest ja on paksu kestaga; viimane moodustub rakus vana limastuva kesta all. Klamüdospooride tekkimisel purunevad osaliselt koed taime nakatatud osas, sinna koguneb hulganisti musti klamüdospoore. Igas klamüdospooris on algul kaks tuuma, mis siis ühtivad; seepärast on klamüdospooridel hiljem ainult üks diploidne tuum. Hirsi vigastatud pööris ei tule sagedasti üldse välja ülemise lehe tupest või väljub sealt pikenenud musta moodustisena, mis on kattunud mütseeli valkja, kergesti puruneva kilega. Klamüdospoorid kanduvad laiali viljapeksu ajal, kleepuvad teradele ja satuvad ühes nendega külvi ajal mulda.

Samasuguse arenemisviisiga on peale hirsi-lendnõe ka rukkikõrrenõgi, kaera-lendnõgi ja nisu-kõvanõgi. Kaera-lendnõe eosed, mis satuvad terale, hakkavad kasvama juba taimel ja mütseel tungib tera viljakattesse ning sõkaldesse. Kevadel, kaera idanemisel, tungib mütseel idusse ja areneb taime sisemuses. Nisu-kõvanõe arenemise iseärasused on järgmised: temal tekib klamüdospoori idanemisel basiidium lühikese toruna, mis pole jagunenud vaheseinte abil; basiidiumi otsas tekivad niiditaolised basidiospoorid, enamasti arvult kaheksa. Naabereoste (isas- ja emaseoste) vahel tekib nisu-kõvanõel kopulatsioonikanal, mida mööda sisu liigub ühest basidiospoorist teise; selle järel areneb kahetuumaline eos mütseeliks, mis tungib nisu idaneva tera idusse. Nagu lendnõelgi liigub kõvanõe mütseel ülespoole üheaegselt nisu kasvamisega, tungides läbi varresõlmest ja levides peamiselt rakuvaheruu-

mides, ega tee nisule nähtavat kahju kuni pea loomiseni. Nisu pea, vigastatud kõvanõest, säilitab küll terve pea ilme, kuid selle hoolsamal vaatlemisel on näha, et pundunud ja mustunud «terades» viljakatte all on endospermi asemel mustad klamüdospoorid. Nakatatud pead seisavad püsti teiste tervete ja raskemate peade vahel. Ühes nisuteras, mis on nakatatud kõvanõega, on üle 1 miljoni eose, kogu peas aga 20—50 miljonit.

Nõgihaiguste tekitatud kahju on väga suur: peale terade kao nakatatud peades, mis on muutunud mustaks tolmuks, rikneb jahu ja väheneb tema kvaliteet. Selline jahu mõjub kahjulikult nii inimesele kui ka loomale. Kõvanõest omandab jahu vastiku lõhna.

Nõgiseened, nakatades niidukõrrelisi, vähendavad heina saaki ja halvendavad selle väärtust. Nakatatud heina söötmisel kariloomadele satuvad eosed maost ja sooltest vereringesüsteemi, ummistavad tõmbsooni ning põhjustavad loomade raskekujulist haigestumist.

Võitlus nõgiseentega, samuti ka teiste seenparasiitidega on kohustuslik. NSV Liidu Põllumajanduse Ministeerium kehtestas riiklike abinõude süsteemi nõgihaiguste likvideerimiseks kogu Nõukogude Liidu territooriumi ulatuses, mille tulemusena viljade nakkus nõgiseentest on langenud 30—50%-lt 0,3—1,3%-le. Ainult suure mehhaniseeritud sotsialistliku põllumajanduse tingimustes saab võitlus mitmesuguste taimeparasiitidega, mis röövivad miljoneid tsentnereid teravilja, olla küllalt edukas. Kõigist vahendeist nõgihaiguste tõrjeks on eriliselt tähtis seemnete puhtimine mürkainetega, mille ülesandeks on hävitada seemneviljale kleepunud nõgiseente eosed. Puhtimistehnikat kirjeldatakse fütopatoloogia ja taimekaitse õpikutes. Teistest vahenditest tuleb juhtida tähelepanu vajadusele sisse seada majandis õige külvikord ning korrapärane mineraalväetiste ja laudasõnnikuga väetamine; samuti tuleb võtta kasutusele nõgihaigustele vastupidavaid viljasorte, hoolega puhastada ja sorteerida seemnevilja.

Külvise märg ja kuiv puhtimine ei hävita nisu-lendnõge *(Ustilago tritici)* ja odra-lendnõge *(U. nuda)*, sest et nende mütseel pesitseb teriste sisemistes kudedes. Nende seente vastu kasutatakse kuumveepuhtimist. Selleks leotatakse teri esiteks 30°-lises vees 4 tunni kestel, et nõgipea mütseel hakkaks idanema; seejärel hoitakse teri 7—10 minutit 50—53°-lises vees, mille järel võib teri kuivatada ja kasutada külviks. Kui seemneid ettevaatamatult hoida liiga kuumas vees, võivad nad kaotada idanemisvõime. Nõgihaigusest nakatatud nisu ja odra külvise kuumveepuhtimise vajadus saab mõistetavaks, kui arvestame nende nõgihaiguste arenemise iseärasust. Nende eoseid kannab laiali tuul juba põllul. Kui eosed satuvad taimede emakasuudmetele, arenevad nendest hüüfid, mis tungivad sigimikku ja kasvavad seal laiali, kuid ei takista terise endospermi ja idu arenemist. Seene mütseel talvitub terise sisemuses ning jätkab arenemist kevadel koos taimega. Kõrrelise pea loomisega kaasub ka mütseeli võimas hargne-

mine ja mustade klamüdospooride tekkimine. Pähikud, mis asetsevad peateljel, riknevad ja nende asemele areneb must eoste mass, mida tuul laiali kannab ja mis nakatab uuesti emakasuudmeid ja sigimikke.

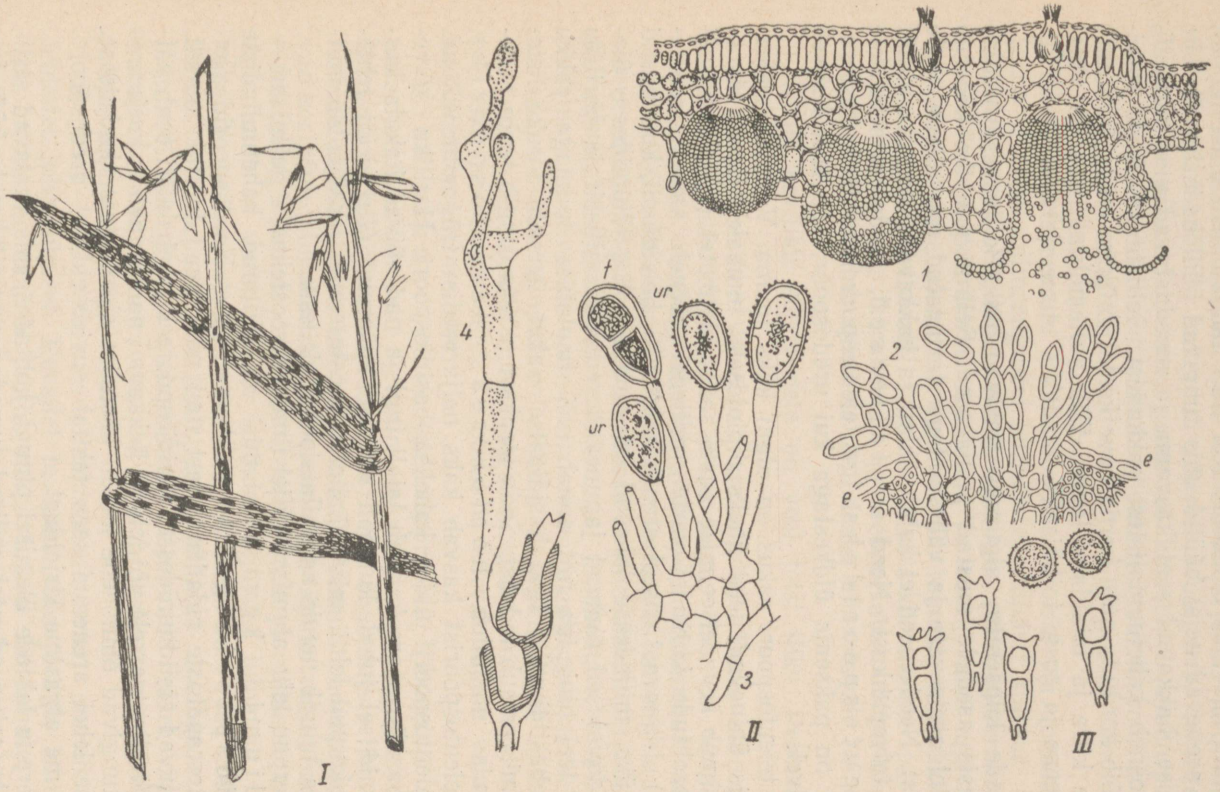
M a i s i - l e n d n õ e tekkimise iseärasuseks on ta võime areneda peremeestaime kõikidel osadel: õisikutel, lehtedel, kõrtel ja isegi juurtel. Taime nakatatud kohtadel tekivad puhetised, mõnikord kaunis suured, mis on kattunud õhukese kilega ja täitunud eostega. Et terve mais nakatub haigusest juba põllul, siis tuleb suve jooksul eemaldada kõik moodustunud puhetised. Maisi-lendnõe klamüdospoorid moodustavad idanemisel neljarakulise fragmobasiidiumi ja sellel basidiospoorid, mis hakkavad ohtralt punguma. Pungunud eosed kopuleeruvad ja annavad kahetuumaliste rakkudega mütseeli, mis tungib maisi sisemistesse kudedesse, kus hakkab arenema paistetus, millesse koguneb ohtralt toitaineid. Seene mütseel kasvab tugevasti paistetuse hävinevate kudede arvel; seejärel jagunevad hüüfid mustadeks klamüdospoorideks, mis on nähtavad läbi puhetise valge kile.

Niidukõrrelistest nakatuvad nõgiseentest luste ja kõrge raiheina pöörised ja seemned, teistel aga (rebasesaba, kastehein, kerahein, nurmikas jt.) rikneb lehelaba pind.

Roosteseened *(Uredinales)*. Need seened parasiteerivad õistaimede lehtedel, vartel ja viljadel, samuti ka sõnajalgade lehtedel. Kultuurtaimedest kahjustavad roosteseened mitmesuguseid kõrrelisi, liblikõielisi, õunapuid, pirnipuid, vaarikaid, sõstraid, lina jt. Üldse on tuntud üle 4000 roosteseente liigi; neist on levinum perekond lajuroosted *(Puccinia)*, millesse kuulub peaaegu pool kõikidest liikidest; levinud on ka küberoosted *(Uromyces)*, näsaroosted *(Gymnosporangium)*, tõlvroosted *(Phragmidium)*, pigiroosted *(Melampsora)* jt.

Roosteseente mütseel kasvab kudede rakkudevahelises ruumis, kuid sageli tungib ta ka rakkudesse. Organite pinnal on näha oranže või roostepruune täppe ja padjakesi, olenedes eoste kuhjumisest. Need sisaldavad oranži, värvuselt karotiiniga sarnast pigmenti. Roosteseened tekitavad «roostehaigusi», mis toovad mõnel aastal 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.

Meie maa ulatuses parasiteerib kõrsviljadel kuus liiki roosteseeni, milledest keerukama arenemistsükliga on h a r i l i k k õ r r e r o o s t e *(Puccinia graminis)* (joonis 152). Harilik kõrrerooste nakatab teraviljade lehetuppi ja kõrsi, mõnikord ka päid, harvemini lehelabasid. Nakatatud organitel tekivad piklikud roostepruunid padjakesed, mis asuvad pikiridadena. Padjakeste avanevatest lõhedest eralduvad juulis eosed, mis kleepuvad kergesti sõrmedele ja riietele. Neid on kühmukestena igas lõhes. Iga üksik tolmukott on kollaka sisuga ja kahetuumaline s u v i e o s (u r e d o s p o o r),



Joonis 152. Roosteseened:

I — kõrrerooste kaera lehtedel ja kõrrel; II — 1 — kukerpuu lehe ristlõige etsiidiumidega alumisel ja pükniididega ülemisel poolel; 2 — teleutospoorid: *e* — rukkilehe purustatud epidermis, põiki läbi lõigatud; 3 — uredospoorid *(ur)* ja üks teleutospoor *(t)*; 4 — teleutospoor on hakanud kasvama ning andnud fragmobasiidiumi basidiospooridega; III — kroonrooste eosed (tali- ja suvieosed).

mis on ogalise kestaga ja mitme pooriga. Need eosed on ovaalse kujuga ja asetsevad hüüfide otstel nagu vartel. Uredospoorid võivad hakata kasvama otsekohe. Kui tuul kannab neid ühelt taimelt teisele, arenevad neist hüüfid, mis tungivad õhulõhede kaudu lehe kudedesse, hakkavad seal kasvama ja moodustavad uue mütseeli, mis koosneb kahetuumalistest rakkudest. Selliste suvieoste tekkimine võib korduda mitu korda suve kestel, millega on ka seletatav haiguse kiire ja laialdane levik. Kõik toitemahlad, mis on vajalikud seene ja eoste toitmiseks, saadakse taime sisemistest rakkudest.

Viljade küpsemise alguseks ilmuvad roostekollaste suvieoste padjakeste asemele mustad padjakesed. Selline padjake koosneb jalakestel asetsevate ja vaheseintega varustatud pruunikate eoste kogumist. Need eosed ei kandu laiali ja hakkavad kasvama ainult pärast talvepuhkust. Need on talieosed, mida nimetatakse ka teleutospoorideks. Iga teleutospoor koosneb kahest rakust ja on paksema üldkestaga kui uredospoor; see kest kaitseb eost talvel.

Iga teleutospoori rakus on algul kaks tuuma. Valmivas teleutospooris ühinevad need üheks diploidseks tuumaks. Eoste idanemine toimub kevadel eelmise aasta saagi jäätmetel (viljakõrrel või ka umbrohtude kuivadel vartel, milledel areneb samuti roostehaigusi). Idanevast eosest areneb kaks niiti, basiidiumi, kummastki rakust üks, milledesse lähevad üle tuumad. Basiidiumidesse üleläinud diploidsed tuumad jagunevad reduktsiooniliselt ja hariliku mitoosi teel ning iga niit annab neli haploidse tuumaga rakku (fragmobasiidiumi). Igal basidiaalsel rakul areneb toruke, sterigma, mis paisub ladvast. Seda torukest mööda tungib tuum puhetisse, mis muundub haploidseks basidiospooriks. Kuna teleutospoorist kasvab kaks neljarakulist fragmobasiidiumi, tekib teleutospooril üldse kaheksa basidiospoori. Hariliku kõrrerooste basidiospoore kannab laiali tuul ja nad võivad hakata kasvama vaid sel juhul, kui nad satuvad kukerpuu *(Berberis)* lehtedele. Kukerpuu lehti, mis nakatuvad roosteseentest, kahjustab mütseel, mis tungib nende assimilatsioonikudedesse.

Kukerpuu lehe alumisel küljel ilmuvad roostekarva puhetised — etsiidiumid, kevised, mis on täitunud kahetuumaliste etsidiospooridega, kevadeostega. Need spoorid asetsevad korrapäraste ridadena, sest nad nöörduvad hüüfide otstelt, mis ulatuvad etsiidiumidesse. Etsidiospoore kannab laiali tuul; sattudes kõrrelise varrele või lehele, hakkavad nad idanema; kusjuures hüüfid tungivad õhulõhede kaudu kõrrelise sisemistesse kudedesse. Kõrrelise lehel arenenud seen tekitab suvieoseid — uredospoore, millega me algasime kirjeldust.

Kukerpuu lehtede ülemisel pinnal, kohtades, mis vastavad etsiidiumidele, esinevad veel erilised tumedad punktid, mida hüütakse algeoslateks, püknііdideks. Püknііdidest nöörduvad väga pisikesed haploidsed eosed — püknokoniidid ehk algeosed;

need on tähtsad sugulises protsessis, mis esineb harilikul kõrreroostel tema elus kukerpuul.

Nii on hariliku kõrrerooste arenemise järjestus järgmine: kevadel ilmuvad hariliku kukerpuu *(Berberis vulgaris)* lehtedele etsiidiumid ja pükniidid; suvel arenevad kõrrelistel uredospoorid ja suve lõpul moodustuvad samades kohtades teleutospoorid, mis idanevad kevadel ning kannavad endal basidiospoore; viimaseid kannab tuul hariliku kukerpuu lehtedele.

Hariliku kõrrerooste eri bioloogilised rassid või vormid parasiteerivad väga mitmesugustel kõrrelistel, niihästi kultuur- kui metsikult kasvavatel liikidel. Nii eristatakse rukki-kõrreroostet, mis parasiteerib rukkil, odral, orasheinal ja lustel, vahel aga ka nisul. Selle roosteseene vormi talvitumine võib toimuda talirukki lehtedel ja orasheina talvituvatel lehtedel. Kaera-kõrrerooste parasiteerib kaeral, aruheinal, keraheinal ja rebasesabal. Nisu-kõrrerooste kasvab nisul, kandub vahel ka üle odrale, uimastavale raiheinale ja orasheinale.

Peale hariliku kõrrerooste on veel teisi liike. Peatume järgmistel.

K r o o n r o o s t e *(Puccinia coronifera)*. Tema arenemine on sarnane hariliku kõrrerooste arenemisega, vahe on ainult selles, et kroonrooste vaheldub kaeral ja türnpuul *(Rhamnus cathartica)* (joonis 195). Paakspuul *(Rhamnus frangula)* areneb kroonrooste teine vorm, mis pole kardetav kaerale, vaid ainult paljudele niidukõrrelistele: keraheinale, kasteheinale, orasheinale, aruheinale jt. Mõlemale kroonrooste vormile on omane teleutospooride iseloomulik väliskuju, nende pinnal on erilised kroonikujulised jätked. Kui metsaservadel kasvab suurel hulgal türnpuid, siis parasiteerib kaeral alati ka kroonrooste. Kroonrooste kõrval esineb vahel kaeral ka harilikku kõrreroostet.

N i s u p r u u n r o o s t e (ehk täpprooste) *(Puccinia triticina)* parasiteerib nisul, selle kevadine staadium aga ängelheinal *(Thalictrum)* ja isopüürumil *(Isopyrum)*. See roosteseene liik on laialt levinud niihästi suvi- kui ka talinisul. Pruunid padjakesed asetsevad korratult lehelabadel. Roosteseen saab läbi ka vahetaimeta. Talinisul talvitub pruunrooste siis uredospooride ja mütseelina, kevadel aga ilmub ta varsti pärast lehtede väljumist lume alt. Suvinisu nakatub pruunroostesse talinisult, kui nad kasvavad lähestikku. Pärast tali- ja suvinisu koristamist säilivad uredospoorid saagi jäätmetel (kõrrel) ja mahavarisenud viljaterade orasel, sügisel aga nakatavad nad talinisu oraseid. Pruunrooste toob nisule suurt kahju, sest ta on väga levinud.

R u k k i - l e h e r o o s t e *(Puccinia dispersa)* areneb talirukki lehtedel juba sügisel. Kevadel ta arenemine jätkub, kuid massiline arenemine saabub juulis, rukki kasvu hilisematel faasidel. Vaatamata sellele, et roosteseen on laialt levinud, toob ta suuremat kahju orastele, mis on oma arenemises hilinenud. Teleutospoorid hakkavad osaliselt idanema juba oma tekkimise aastal, kuid

nad võivad kasvada ka pärast talvitumist, andes basidiospoore, mis nakatavad umbrohte kareleheliste sugukonnast, nimelt karukeelt *(Lycopsis arvensis)* ja imikat *(Anchusa officinalis)*. Nendel taimedel tekkinud etsidiospoorid nakatavad ainult rukist.

Teraviljadel parasiteerib veel kollane rooste *(Puccinia glumarum)* ja odra-leherooste *(Puccinia simplex)*. Esimene neist esineb rukkil, nisul, odral ja metsikult kasvavatel kõrrelistel väikeste sidrunkollaste padjakestena, mis asetsevad pikiridadena lehtede labadel ja tuppedel ning pähiku libledel ja sõkaldel. Kollaste uredospooride kuhjumite asemele ilmuvad hiljem teleutospooride tumedad kogud. See on levinud Krimmis, Kaukaasias, Altais, Kesk-Aasias, kuid mõnikord ka NSV Liidu Euroopa-osa kesk- ja põhjavööndites. Kollase rooste «vaheperemeest» ei tunta veel, kuid on kindlaks tehtud tema võime talvituda mütseeli ja uredospooride abil. Kollase roostega on sarnane odra-leherooste, mida esineb ainult odral. Ta levib suvieostega ja talvitub odra talivormidel. Talieosed on sagedasti üherakulised, ebakorrapärase kujuga. Kevadel tekkivad basidiospoorid hakkavad kasvama linnupiimal *(Ornithogalum)*, mida kasvab NSV Liidu lõuna- ja lääneosas.

Roosteseente liigid, mis kuuluvad laju- ehk kõrreroostete perekonda, esinevad ka teistel taimedel. Maisil parasiteerib maisirooste *(Puccinia maydis)*; vahetaimeks on sellel jänesekapsas *(Oxalis)*. Päevalillel parasiteerib päevalillerooste *(Puccinia helianthi)*, millel ei ole vahetaime. Kevadel teleutospooridele ilmuvad basidiospoorid nakatavad vahetult noori päevalilletaimi.

Niidukõrrelistel, samuti ka ristikul levivad roosteseente liigid, mis kuuluvad küberoostete *(Uromyces)* perekonda, kuid erilist kahju see rooste neile taimedele ei too. Küberoosted parasiteerivad paljudel köögivilja- ja põllutaimedel. Sel perekonnal on üherakulised teleutospoorid. Kultuurtaimedest nakatub sellest roosteseenest hernes, mille lehtedele ilmuvad suvieoste oranžpruunid padjakesed, mis hiljem mustenevad talieostest. Basidiospoorid kasvavad piimalillel *(Euphorbia)*, millel arenevad etsidiospoorid, mis nakatavad hernest. Küberoostet esineb aedoal, põldoal, vikil ja paljudel teistel taimedel.

Roosteseente liigid, mis kuuluvad perekonda näsarooste d *(Gymnosporangium)*, parasiteerivad viljapuudel. Näsarooste kantakse õunapuule harilikult kadakalt, pirnipuule kasakakadakalt.

Tõlvroostete *(Pharagmidium)* perekonna liigid parasiteerivad kibuvitsal, roosidel ja vaarikal. Talieosed on neil hulkraksed. Kogu arenemistsükkel kulgeb ühel taimel. Sõstral ja karusmarjal parasiteerivad roosteseente liigid viltroostete *(Cronartium)* perekonnast; nende etsidiaalne vorm areneb valgel männil *(Pinus strobus)* ja seedermännil *(Pinus cembra)*. Linal parasiteerib lina-pigirooste, mis kuulub pigiroostete *(Melampsora)* perekonda. Teine pigirooste liik põhjustab männi noorte okste kõverdumist — haigust nimetatakse männi-pigiroosteks.

Kultuurtaimi kahjustavate roosteseente mitmesuguste liikide ja vormide mõjuv tõrje on võimalik eri tõrjevahendite kasutamise ja agrotehniliste võtete kompleksi rakendamisel. Siia kuuluvad: metsikult kasvavate rohttaimede hävitamine põldudelt ja põllupeenardelt; hariliku kukerpuu ja türnpuu hävitamine, roosteseenekindlate sortide kasvatamine, suviviljade varajane külv, külvise jaroviseeri-

mine, kõrrekoorimine, mulla hoolikas ja sügav harimine, väetiste ratsionaalne kasutamine, reaskülv, õigete külvikordade sisseseadmine ja paljude teiste agrotehniliste võtete kasutuselevõtmine, mis kõik kuuluvad maaviljeluse heinaväljasüsteemi agrotehniliste abinõude kompleksi. Nisu pruunrooste tõrjeks, mis talvitub uredospooride staadiumis, kasutatakse tolmutamist väävlipreparaatidega. Puuviljaaedades on suur tähtsus väävellubja- ja bordoo vedelikuga pritsimisel.

Mittetäielikud seened *(Fungi imperfecti)*

Mittetäielike seente hulka kuuluvad paljud kõrgemad seened, milledel on mitmerakne mütseel, kuid kott- või kandeoste moodustumine ei väljendu selgesti. Mõnel neist esineb ainult mütseel, teised jälle paljunevad pungumisega või mütseeli jagunemisega üksikuteks rakkudeks, suuremal hulgal aga on tuntud paljunemine lülieoste ehk koniidide abil.

Mittetäielikke seeni tuntakse üle 25 000 liigi, milledest me peatume vaid nendel, mis kahjustavad põllumajanduslikke taimi.

Punakasted *(Fusarium)* on mittetäielike seente suur perekond, millede mitmesugused liigid elunevad mullas, samuti ka mitmesugustel taimedel, põhjustades nende närtsimist, mis tekib soonte ummistumisest mütseeliga. Nende seente koniidid on sirpja kujuga ja jagunevad vaheseintega mitmeks rakuks. Koniidide kuhjumil on roosakas värvus. Fusaariumi mitmed liigid põhjustavad paljudel taimedel (linal, puuvillapõõsal, tomatil, ristikul, hernel, kõrvitsalistel) närtsimist, samuti ka maisi juurte, varte ja tõlviku mädanemist. Kartuli valgemädanik on samuti tekitatud punakastest *(Fusarium solani)*. Kartuli mugula koorele tekivad sissesurutud kohad; need kattuvad valgete või roosakate padjakestega, mis koosnevad sirpja kujuga koniididest. Kõrsviljadel elunev punakaste *(Fusarium graminearum)* eritab endast mürke — toksiine, mis tekitavad inimestel mürgituse tunnuseid, kui tarvitatakse toiduks nakatunud vilja. Teine punakaste liik *(Fusarium nivale)* esineb talivilja orastel pärast nende väljumist lume alt nn. lumiseenena.

Seen *Gloeosporium caulivorum* eluneb ristikul ja tekitab ristiku-varrepõletikku, mille tõttu hävib vahel 30—40% ristiku saagist. Viinapuu täpilist varrepõletikku tekitab samuti *G. ampelophagum*. Õunapuu, ploomipuu, tubaka ja sireli lehtede täpilisus tekib nakatumisest mittetäielike seente liikidest, mis kuuluvad perekonda *Phyllosticta;* perekonna *Ascochyta* liikide mõjul tekivad laigud kõrvitsaliste, tatra, kõrreliste, aedoa ja teiste taimede lehtedel, vartel ja viljadel, kuna *Septoria* liikidest ilmuvad laigud kanepi, vaarika ja sõstra lehtedele (helelaiksus).

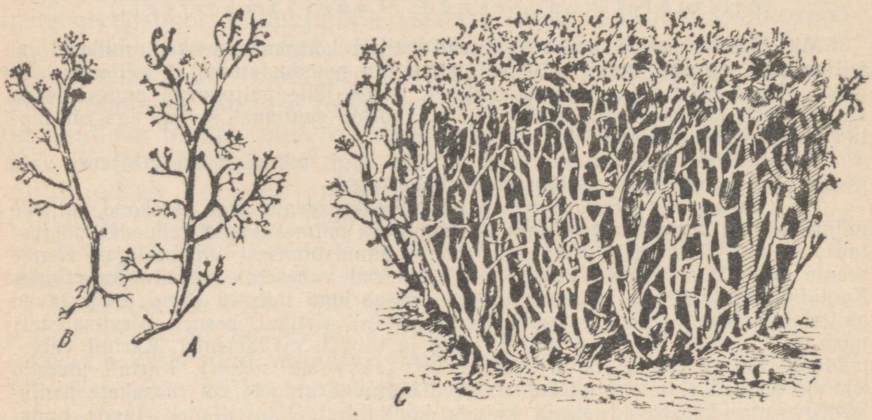
Mittetäielike seente hulka kuuluvad ka kiirikseened *(Actinomycetes)* millede hüüfid on väga peenikesed ja hargnevad sagedasti radiaalselt (kiirtena), tekitades väga väikesi kublakesi. Nad elunevad mullas, andes mullale iseloomuliku lõhna ja soodustavad ainete ringkäiku. Kiirikseened põhjustavad mõnikord suukoopa ja lõualuude haigestumisi veistel. Ka inimene võib neist haigestuda.

Põllumajanduslike taimede seenhaiguste nimestik on suur. Neid õpitakse tundma fütopatoloogia kursuses, milles käsitletakse üksikasjalikumalt ka nende tõrjevahendeid ja -võtteid.

5. SAMBLIKUD *(LICHENES)*

Samblikud on vähenõudlikud taimsed organismid, mis elunevad paljastel kividel, viljatul pinnasel, puude koorel, eriti kuivadel okstel ja tüvedel. On tähele pandud, et nende leviku suund on roh-

kem põhja kui lõuna poole; mäeharjadel on samblikke rohkem kui mäejalamil. On ka märgatud, et samblikud eelistavad puhast õhku ning kasvavad eemal linnadest, metsades ja tundrates. Puutüvedel leiame neid suuremal arvul põhjapoolsel küljel, kus neil on sobivamad kasvutingimused. Nõuded substraadi suhtes, millel nad elunevad, on väga väikesed: neid võib mõnikord leida vanadel puutaradel, kivist trepiastmetel, metallvõredel ja isegi klaasil. Substraadi püsiv liikumatus on samblike elu põhinõudeid.



Joonis 153. Põdrasamblik *(Cladonia rangiferina)*:
A — viljatu; B — viljuv oks; C — taime üldkuju.

Nende taimede väline kuju on küllalt omapärane: rakis on kas plaadi või kuiva põõsakese kujuline, mille kõrgus ei ületa 10 sm; kord ripnevad nad puudelt pika halli habemena, kord esinevad nad kilena, mis on kasvanud tihedalt ühte substraadiga, või neil on hõlmine kuju, mõnikord aga esinevad nad koorikuna või sültja kilena. Nende rakis on erekollane, hallikas, roheline või muud värvust.

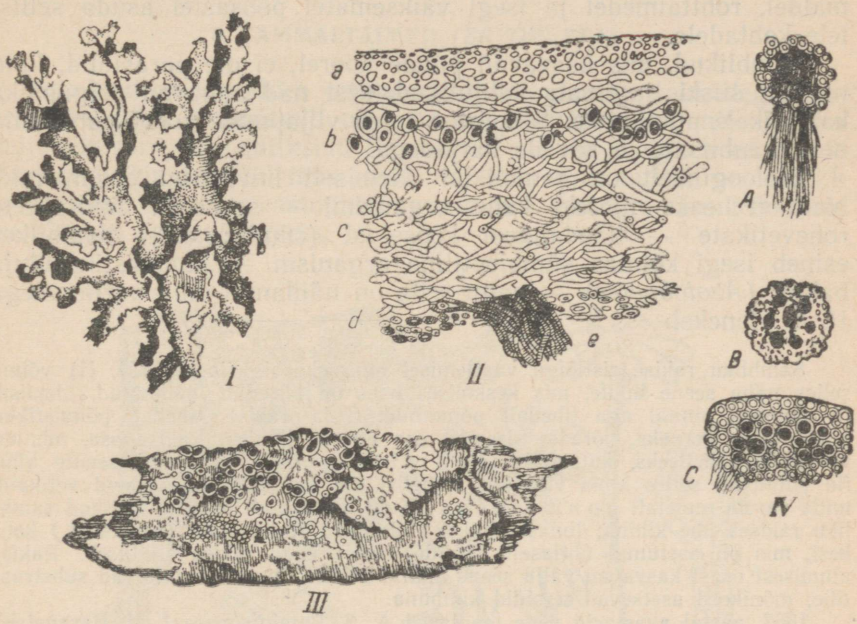
Oma rakise välimuse järgi võib samblikke jaotada: 1) põõsassamblikud, nagu islandi samblik *(Cetraria islandica)*, põdrasamblik *(Cladonia rangiferina)*, habesamblik *(Usnea barbata)*; 2) lehtsamblikud, näiteks lapiksamblik *(Parmelia)*, seinakorp *(Xanthoria parietina)*; 3) kooriksamblikud, näiteks kirisamblik *(Graphis scripta)*; 4) limasamblikud, näiteks kolleema *(Collema)*.

Sambliku rakis kinnitub oma alumise osaga substraadile. Need taimed kasvavad aeglaselt; enamikul juhtudel ei ületa nende suurus paari sentimeetrit ning vaid mõned liigid on kuni pool meetrit pikad.

Samblike eluiga kestab aastakümneid. Põdrasambliku iga-aastane juurdekasv näiteks pole suurem kui 0,5 sm ning karjamaa nendest samblikest, millel söödetakse põhjapõtru, taastub 10—20 aasta jooksul.

Põdrasamblik *(Cladonia rangiferina)* (joonis 153) on NSV Liidu põhjaosas suure tähtsusega. Teda esineb männimetsades, samuti ka tundrates määratu suurel hulgal ning ühes teiste samblike liikidega moodustab ta põhjapõtrade põhilise toidu.

Mõningat toiteväärtust on ka islandi samblikul *(Cetraria islandica)* (joonis 154, I), mis sisaldab kuni 50% süsivesikut lihheniini; viimane kuulub rakukestade koostisse ja, vastandina tärklisele, ei värvu joodiga siniseks. Lihheniin on vähem toitev kui kartulitärklis, kuid islandi sambliкku kasutatakse siiski kookide ja toitva süldi valmistamiseks. Ka pole võimatu selle ja ka



Joonis 154. Samblikud:

I — islandi samblik *(Cetraria islandica)*; II — ristlõige sambliku *(Sticta fuliginosa)* rakisest, suurendatud 500 korda: *a* — ülemine koorekiht; *b* — goniidide kiht; *c* — keskmine kiht; *d* — alumine koorekiht; *e* — risoidid alumisel küljel; III — seinakorp *(Xanthoria parietina)* puuoksal; IV — sambliku soreedid: A, B ja C — soreedide kasvamine.

teiste samblikkude kasutamine piirituse tootmiseks. Kaug-Põhjas on samblikel suur tähtsus. Aasia ja Aafrika rohtlates ja kõrbetes, samuti ka Kasahstani poolkõrbetes esineb mannasamblik *(Lecanora esculenta)*, mida kasutatakse toiduks, Ida-Indias aga kasvab lakmusesamblik *(Roccella tinctoria)*, millest toodetakse väärtuslikku värvi — lakmust.

Viimastel aastatel on A. L. Kursanov ja N. N. Djatškov välja töötanud menetluse, kuidas kasutada samblikke *(Cetraria, Alectoria* ja *Cladonia)* glükoosisiirupi ja glükoosi saamiseks. Lehtpuudel esineb sagedasti kooresamblik *(Evernia)*, mida kasutatakse parfümeerias. Arktiline samblik *(Cetraria cucullata)* on rikas kasulikust C-vitamiinist, letaaria *(Letharia vulpina)* aga sisaldab mürkaineid ja kasutatakse huntide mürgitamiseks.

Samblikkude omadus säilitada täielikul kuivamisel elu ja nii välja kannatada põuda, pundudes ja elustudes esimese vihmaga, võimaldab neil eluneda ühes teiste elupioneeridega — vetikate, bakterite ja sammaldega — «viljatutel» kivimitel ning murendada viimaseid. Samblike poolt eritatud happed lahustavad mitte ainult lubja- vaid ka räniühendeid, kusjuures tekkinud ebatasasustes ja lõhedes peatuvad pinnase tolmustunud osad, võimaldades sammaldel, rohttaimedel ja isegi väiksematel põõsastel asuda sellistele kohtadele.

Samblikud, mis kasvavad puude koorel, ei ole parasiidid, kuid nad on siiski tingimata kahjulikud, sest nad annavad pelgupaika kahjulikele putukatele. Seepärast tuleb viljapuude koort puhastada neist kaabitsate ja kõvade harjadega.

Bioloogiliselt on samblikud äärmiselt huvitavad organismid. Nad on heaks näiteks kahe organismi — seene ja ainuraksete rohevetikate — tihedaimast kooselust (sümbioosist). Samblikes esineb isegi kolmas sümbiootiline organism — lämmastikusiduja bakter *(Azotobacter)* — nagu seda on näidanud oma uurimustega P. A. Henckel.

Sambliku rakise ristlõigu vaatlemisel mikroskoobis (joonis 154, II) võime selles näha seene hüüfe, mis keskmises osas on hõredalt põimunud, ülemisel ja alumisel pinnal aga tihedalt põimunud. Seda rakise tihedat põimistikku nimetatakse kooreks, hõredat sisemist osa aga säsikihiks. Rakise osa, mis on värvunud roheliseks, kutsutakse g o n i d i a a l s e k s kihiks, sest seente hüüfid põimivad selles kihis värvilisi (rohelisi või siniseid) ainurakseid vetikaid, mida varem nimetati g o n i i d i d e k s[1]. Kuid mitte alati ei esine vetikad sambliku rakises ühe kihina; limasamblikel võib näha sinivetikate *(Nostoc* jt.) ketikesi, mis on asetunud ühtlaselt hüüfide vahele kogu rakise ulatuses. Rakise alumisest osast kasvavad välja seene hüüfid (risoidid), mis kinnituvad substraadile; mõnikord asetsevad risoidid kimbuna.

1867. aastal avastasid vene teadlased A. S. Famintsõn ja I. V. Baranetski, et seinakorba *(Xanthoria parietina)* goniidid jätkasid pärast seeneniitide vees roiskumist iseseisvat elu, samuti paljunemist jagunemise ja zoospooride moodustamisega. Teiselt poolt tõestati, et toitepinnastel võib kasvatada eraldi sambliku seent, eemaldades temast enne rohelised rakud (goniidid).

Vetikad (goniidid), elades seene sees, on võimelised assimileerima õhust süsinikku ning saama seenelt mineraalsooli ja vett, kuna seen saab vetikalt orgaanilisi aineid. Vetikate paljunemine toimub nende jagunemise teel. Osa vetikaid läheb seene toitmiseks, sest on mõned seene hüüfid suruvad endid nende vastu ning imevad neist välja kogu sisu, samuti ka kestad. Järelikult ei ela seen mitte ainult vetikatega kooselus, vaid parasiteerib ka neil. Mõnel juhul on tähele pandud vetikate erakordset paljunemist, mis takistab seene arenemist. Seega toimub kogu aeg nagu võitlus kahe organismi vahel, mis lõpeb kas ühe poole võiduga või organismide vahel sümbioosi kujunemisega.

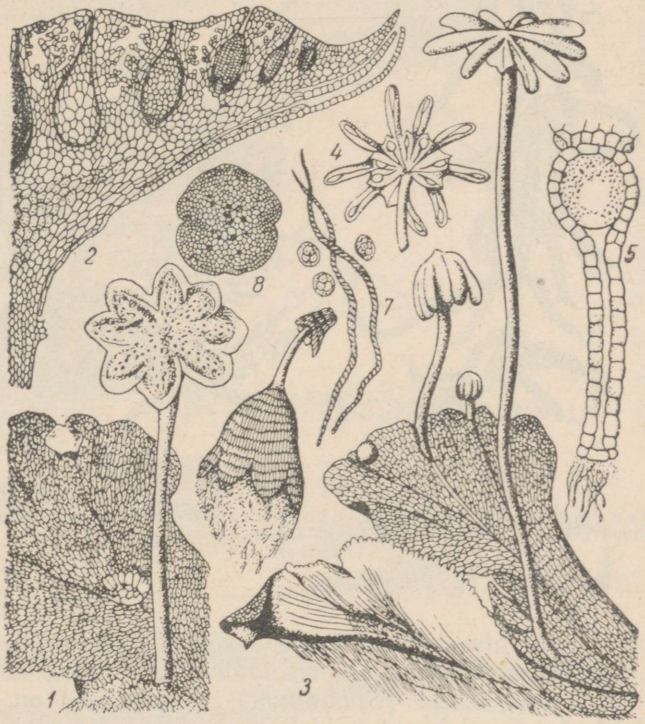
Samblike paljunemine seisab vetikate paljunemises jagunemise, seentel aga eoste tekkimise teel, mis valmivad eoskottides; eoskotid asetsevad erilistel näsadel või kausjates lohukestes, niinimetatud a p o t e e t s i u m i d e s, aga ka mahutites — p e r i t e e t s i u m i d e s. Goniidid ja askospoorid paiskuvad koos rakisest välja ning sattudes niiskele substraadile, hakkab seene eos kasvama, kuna hüüfid põimivad goniide. Moodustub uus samblik.

[1] Nimetus «goniidid» (kreekakeelsest *gonos* — sündimine, tekkimine) on antud juba ammu, kui rohelisi rakke peeti ekslikult samblike paljunemisorganiteks.

Eriti levinud on samblike vegetatiivne paljunemine niinimetatud soreedide abil (kreekakeelsest *soros* — hunnik, hulk) (joonis 154). Soreedid tekivad gonidiaalse kihi sisemuses sel teel, et mõned goniidid põimuvad tihedalt seeneniitidega. Sellise põimimise tulemuseks on üksikute isoleeritud kerakeste moodustumine. Nende valmimise momendil pakatab sambliku koorekiht sisemisest survest, soreedid paiskuvad peenikese tolmuna välja ning tuul kannab neid laiali. Edasi kasvavad soodsatel tingimustel soreedid, milledes esineb nii goniide kui ka seene hüüfe, jälle uuteks samblikeks.

6. SAMMALTAIMED *(BRYOPHYTA)*

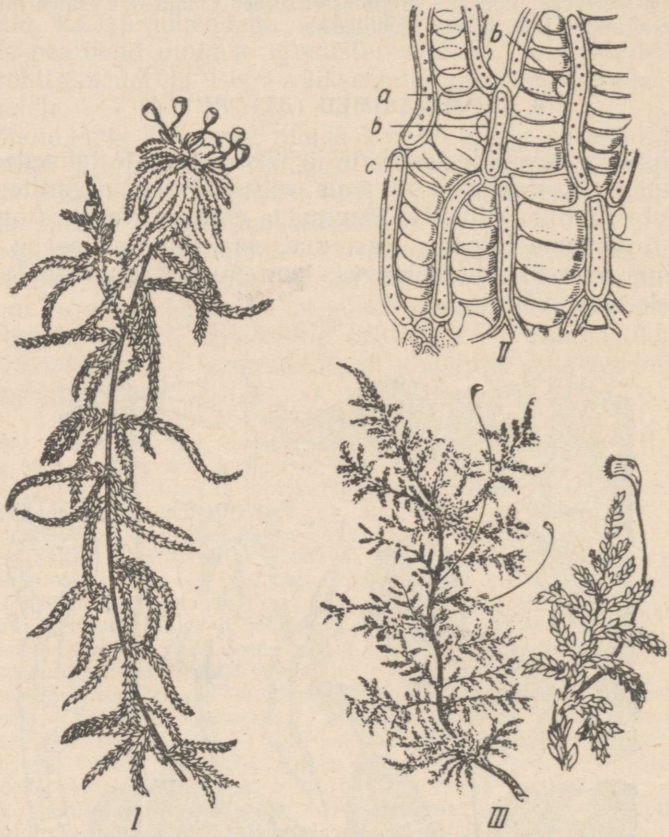
Samblad on võrreldes vetikate ja teiste alamate taimedega rohkem arenenud organismid nii oma vegetatiivsete organite kui ka paljunemisorganite ehituselt. Sammalde ehituse keerukus on nende eluviisi tingimuste tulemus, sest maismaa tingimustes on vajalik juba taime suurem vastupidavus, suurem kohastumine toitainete iseseisvaks vastuvõtmiseks.



Joonis 155. Helvik *(Marchantia polymorpha)*:

1 — rakis anteriidiumide kandja ja sigikehakestega; 2 — läbilõige anteriidiumide kandjast anteriidiumiga; 3 — rakis arhegooniumide kandjaga; alumisel küljel on näha risoidid; 4 — arhegooniumide kandja alumiselt küljelt; 5 — arhegoonium ja spermatozoidid; 7 — elateer tugevasti suurendatult ja eosed, selle all — eoskupar eoste ja elateeride väljumise momendil; 8 — sigikehake.

Samblad on autotroofsed organismid hästi arenenud kloroplastidega. Nad on väikesed: nende kõrgus ei ületa kunagi 20—30 sm, harilikult aga kõigub see 5—15 sm vahel. Mõnel samblal, näiteks helvikul *(Marchantia polymorpha)* (joonis 155), on vegetatiiv-

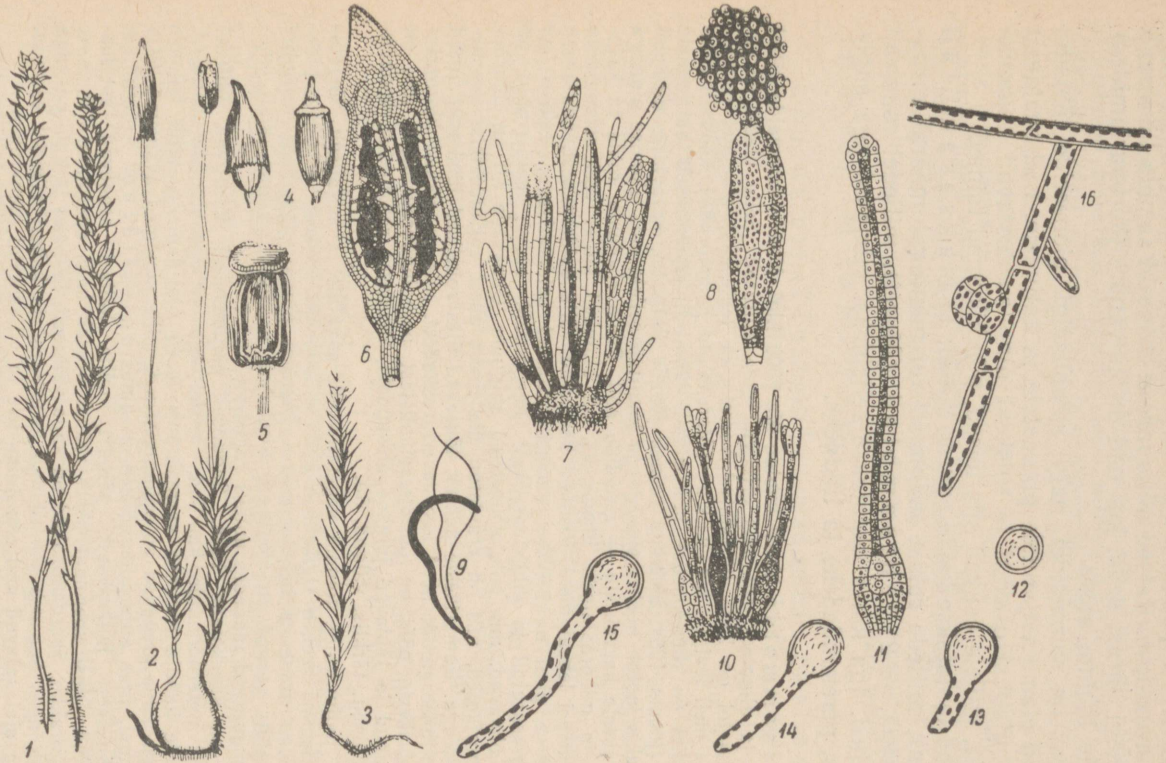


Joonis 156.

I — turbasammal *(Sphagnum)*; II — turbasambla lehe ehitus: *a* — klorofülli sisaldavad rakud; *b* — poor; *c* — spiraalsed paksendid surnud rakkudes; III — ulmik *(Hypnum)*.

sed organid diferentseerumata ja keha koosneb lamedast hõlmisest rakisest, mis kinnitub pinnasele risoidide (ainuraksete karvakeste) abil. Turbasamblal *(Sphagnum)* (joonis 156) on varred ja väikesed lehed, päris-lehtsammaldel aga, näiteks karusamblal *(Polytrichum commune)* (joonis 157), on hästi lehistunud varred risoididega alumisel otsal. Juuri sammaldel ei arene.

Samblad on kohanenud eluks küllaldase niiskuse tingimustes. Nad kasvavad enamasti soodes, niisketel niitudel, tihedate metsade



Joonis 157. Karusammal (*Polytrichum commune*):
1 — isastaimed; 2 — emastaimed, millede tipus on arenenud sporogoon; 3 — emastaim; 4 — eoskupar; 5 — sama, kaaneta; 6 — eoskupar läbilõikes; 7 — anteriidiumid ja parafüüsid; 8 — lõhkenud anteriidium; 9 — spermatozoid; 10 — arhegooniumid ja parafüüsid; 11 — üksik arhegoonium; 12, 13, 14, 15 — eos ja selle idanemine; 16 — eelniit (protoneema) (6, 7, 8, 10 — väikesel suurendusel, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16 — suurel suurendusel mikroskoobis).

varjus, ja kui nad mõnikord asuvadki kuivemates kohtades, näiteks kividel, puukoorel ja kuivadel niitudel, siis kasutavad nad oma kasvuks vihmaperioodide niiskust. Üldse taluvad samblad nagu samblikudki hästi põuda, langedes siis nagu «anabioosi» (varjatud elu) seisundisse. Katsed näitavad, et mõnesid sambla liike saab elustada isegi pärast seda, kui nad on kuivanult (herbaariumides) seisnud üle kümne aasta.

Looduses on sammaldel nagu samblikelgi pioneeride tähtsus; nad asuvad elama viljatutele pinnastele ja kaljudele; nad peatavad mulla tolmutaolisi osakesi ja niiskust ning soodustavad huumuse kogunemist, millele asuvad siis teised, nõudlikumad taimed.

Samblad jaotatakse kahte suurde klassi: 1) maksasamblad *(Hepaticae)*, millede rakise välimusel on mõningal määral sarnasust maksaga, ja 2) lehtsamblad *(Musci)*, milledel esinevad vars ja lehed. Iga klass jaotatakse seltsideks, viimased aga sugukondadeks, perekondadeks ja liikideks.

Maksasammalde klassi kuulub üle 8000 liigi. Nende sammalde keha on ülemine ja alumine pool, mis erinevad oma ehituselt. Selle klassi kõrgematel esindajatel on keha liigestatud varreks ja lehtedeks; alamatel esindajatel, näiteks meil levinud helvikul *(Marchantia polymorpha)*, koosneb keha rakisest, millel on tumerohelise laia plaadi kuju, dihhotoomiliselt hargnevate hõlmadega (joonis 155). Helvikut esineb jõgede kallastel, kraavides, niisketel kohtadel. Rakis laotub niiskel pinnasel ja kinnitub sellele oma alumise pinnaga hulga ainuraksete karvakeste — risoidide abil. Peale risoidide, mida ta kasutab ka vee ja mineraalainete imemiseks, on alumisel küljel veel soomustena suur hulk väikesi lehealgmeid. Risoidid kasvavad välja epidermisest, mis katab rakist. Ülemine pind on helvikul samuti kattunud epidermisega; rakisel on märgata sissesurutud ja dihhotoomiliselt hargnevaid sooni; epidermisel on ümardunud õhuavad, mis pole võimelised sulguma. Õhuavade all on õhuruumid — kambrikesed, mis on eraldatud üksteisest ühest rakkudekihist koosnevate vaheseintega. Kambrikeste põhjalt tõusevad üles rohelised lühikesed niidid — assimileerimisorganid; need koosnevad rakkudest, mis on rikkad kloroplastidest. Kambrikeste põhi on õhukeseseinalistest parenhüümrakkudest, mis on tihedalt liitunud ja täidavad juhtkoe ülesandeid; nendesse rakkudesse koonduvad ka varuained: tärklis, valgud, õli.

Helviku paljunemine toimub vegetatiivselt, sugutult ja suguliselt. Vegetatiivne paljunemine areneb sigikehade abil, milledel on pisikeste roheliste plaatide kuju. Nad arenevad helviku rakise ülemisel pinnal sigikehade mahutite põhjal; mahutite servad on täkilised. Sigikehad eralduvad vihma ajal emarakiselt ja muutuvad idanedes uuteks rakisteks.

Helvik on kahekojane taim. Sugulisel paljunemisel kasvavad ühtedel eksemplaridel anteriidiumide kandjad, teistel aga arhegooniumide kandjad. Anteriidiumide kandja koosneb varrest, mis lõpeb ülal lameda, veidi hõlmise kettaga. Ketta kihis arenevad anteriidiumiõõned, mille suudmed avanevad ketta ülemisel pinnal. Igas anteriidiumiõõnes on ainus anteriidium. Anteriidium koosneb õhukesest hulkraksest seinast, mille kaitsel arenevad spermageensed rakud. Igast spermageensest rakust areneb kaks spermatozoidi, s. o. kaks isassugurakku. Spermatozoidid on väga väikesed, liikuvad ja neid on väga palju. Igaüks neist koosneb kõverdunud kehakesest ja kahest viburist eesmisel otsal. Vihma ajal satuvad nad emastaimedele ja viljastavad munarakke.

Arhegooniumide kandjad asetsevad teistel eksemplaridel ja koosnevad vartest, mis lõpevad tähekujulise, kiirjalt hargneva plaadiga. Arhegooniumid on selle tähtja plaadi alumisel pinnal. Nad ripnevad ja on kattunud ühekihilisest koest kattega. Arhegoonium koosneb mõhast, kus asetseb muna-

rakk, millel on tihe protoplasma ning tuum. Mõha sein, mis koosneb ühest rakkudekihist, läheb üle kaelaks, mille sees on väga peenike kanalike. Arhegooniumid meenutavad miniatüürseid kolvikesi ja on asetatud kaelaga allapoole. Peale munaraku on arhegooniumi mõhas veel mõha-kanalrakk, kanalis aga mitu väikest kanalrakku. Vihma või kaste ajal limastuvad arhegooniumi kanalrakud, sinna sattunud liikuvad spermatozoidid aga tungivad kanalit mööda mõhka ja viljastavad munaraku. Sügoodist tekib helviku s p o r o g o o n[1], mis koosneb lühikesest jalast ja eoskuprast (sporangiumist). Helviku eoskupras valmivad hulgaliselt eosed ja nende vahele tekivad elutud rakud — elateerid ehk vedrukesed. Viimased on prosenhüümse kujuga ja neil on sisemisel seinal spiraalsed paksendid. Ainuraksed eosed on ümbritsetud kestaga ja nende sisemuses on peale protoplasma ja tuuma veel plastiide ja õlitilku. Eoste valmimisel pakatab eoskupar tipust ning eosed väljuvad. Elateerid, mis sooritavad hügroskoopilisi liigutusi, kobestavad eoste massi ja võimaldavad sellega nende vabanemist sporangiumist. See vabanemine toimub kuiva ilmaga ja kerged eosed kantakse tuule poolt laiali. Niiskel substraadil hakkavad eosed idanema peenikeseks roheliseks niidiks, mille otsal tekib jagunemise teel hulkrakne roheline plaat, mis kasvab uueks isas- või emasrakiseks.

L e h t s a m m a l d e klassi kuuluvad seltsid: t u r b a s a m b l a d *(Sphagnales)* ja p ä r i s - l e h t s a m b l a d *(Bryales)*.

Turbasammalde hulka kuulub t u r b a s a m m a l d e *(Sphagnum)* perekond (joonis 156, I), milles on tuntud üle 300 üksteisega väga sarnase liigi. Taimedel on valkjas värvus, klorofüllist oleneva roheka varjundiga. Turbasambla haruline vars on rikkalikult kattunud soomusjate lehtedega ja lõpeb ladvas tihedate harudega, mis on mõnikord antotsüaanist punakaks värvunud. Varre alumine osa on kõdunemisseisundis; tal ei ole isegi risoide. Ladvaharude vahel on näha sporangiume. Varre ristlõike keskel võib tähele panna õhukesekestalisi rakke. Need on ainete pikaldaseks edasiliikumiseks varres ja ka varuainete mahutamiseks. Päris-juhtkude turbasamblal ei ole. Õrnad keskrakud on ümbritsetud paksuseinaliste rakkudega. Väline osa — varre koor — koosneb suurtest õõnsatest surnud rakkudest; rakud on varustatud ümmarguste avadega — pooridega, mis võimaldavad vee tungimist taimesse; sisemisel pinnal on kestadel spiraalsed paksendid. Selline varre ehitus soodustab vee imemist kogu varre pinnaga. Lehe ehituse vaatlemisel mikroskoobis võime tähele panna, et iga leht koosneb väikestest ja suurtest rakkudest. Pikenenud väikesed rakud ühinevad omavahel vaid lühikeste külgedega, tekitades võrgu. Nad sisaldavad protoplasmat, milles võib märgata kloroplaste. Oma pikkade külgedega liituvad nad suurte rakkudega, mis on asetunud võrgusilmade vahele. Värvitutel suurtel rakkudel — trahheiididel on õhuke kest, mille sisemisel küljel on spiraalsed paksendid, kuna välisel küljel on suured poorid. Viimased on täitunud kas veega või õhuga. Läbi pooride imevad trahheiidid endasse vett isegi niiskest õhust. Vett kasutavad elavad rohelised rakud, mis on hästi kaitstud kuivamise eest ning omavad assimileerimisvõimet. Tänu sellisele varre ja lehtede ehitusele imeb turbasammal nagu käsn endasse

[1] Sporogoon on tuletatud kreekakeelsetest sõnadest: *spora* — külv, seeme; *gonos* — sündimine, tekkimine.

vett, mida alatasa aurab õhku (joonis 156, II). Turbasambla täielik niiskusemahutavus on üle 1500%.

Turbasammalt esineb massiliselt NSV Liidu põhja- ja lääneosas, levides isegi Moskvast lõuna poole. Väga sagedasti moodustab turbasammal õõtsuva katte kinnikasvavate järvede pinnal. Turbasammal ei kannata vett, mis sisaldab palju kaltsiumi. Seepärast ei leia me teda lubjastel pinnastel. Ülemine ots samblal kasvab, alumine osa aga kõduneb alatasa. Nii kuhjub surnud sambla kihte, mille kaudu vesi kandub edasi elavatele taimedele. Sellise turbaraba pinnal kasvab palju teisi huvitavaid taimi. Me võime sealt leida putuktoidulist huulheina, osje, villpäid, mitmesuguseid tarnu, jõhvikaid, mustikaid, rabamurakaid, sinikaid, kanarbikku, sookailu, aga ka jändrikke mände, madalaid pajusid ja rabakaski. Kinnikasvav järv muutub turbarabaks, mille kihtides toimub turbamoodustumise protsess.

Kuivatatud turbasammalt, samuti ka teisi samblaid, kasutatakse seinte tihendamiseks (toppimiseks), desinfitseerimiseks, ruttu riknevate produktide pakkimiseks, sidumismaterjaliks ja gaasimaskide valmistamiseks. Turba kasutamine kütteainena on üldtuntud. Määratu suur tähtsus on turbal loomakasvatuses. Suure niiskusemahutavuse (600% ja rohkem) tõttu kasutatakse teda karjale allapanuks. Turbasõnniku väetusväärtus on hea. Kompostihunnikute rajamisel kuulub turbale samuti tähtis osa.

Kõneldes sammalde kasust, ei saa vaikida ka nende kahjust. Eriti kahjulikud on nad niitudel ja karjamaadel, sest nad soodustavad viimaste soostumist, takistavad õhu tungimist mulda ning tõrjuvad välja head söödataimed.

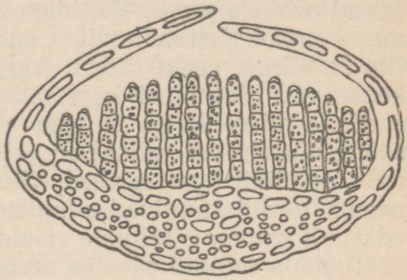
Tüüpilistel päris-lehtsammaldel, nagu turbasammaldelgi, on varred, mis on kattunud spiraalselt asetunud lehtedega. Varre ladvas on tihedalt lehti ja ka sporogoonid väljuvad varre ladvast. Selliste ladvaviljaliste sammalde hulka kuuluvad näiteks karusammal *(Polytrichum)*, tähtsammal *(Mnium)*, hellik *(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 metsas puudel, kividel, mullal, aga ka niitudel. Neil esineb arenenud vegetatiivne paljunemine võsudega. Mõned samblad elavad vees, näiteks ojakud *(Fontinalis)*. Üldse on tuntud üle 4000 päris-lehtsambla liigi.

K a r u s a m m a l *(Polytrichum commune)* kuulub pärislehtsammalde seltsi (joonis 157). Ta kasvab igal pool niitudel, niihästi kuivadel kui niisketel, ning on umbrohi, mida tuleb hävitada. Teda võib leida metsas kõikjal. Karusambla püstised varred on rikkalikult lehistunud ja arenevad nii tihedalt, et moodustavad niidul sagedasti mättaid. Varte alumisel osal on risoidid, mille kaudu vesi ja mineraalsoolad tungivad taimesse. Vett imetakse hästi ka lehtede õrnade rakkude abil. Varre mikroskoopiline ehitus sarnaneb

turbasambla varre ehitusega; vahe seisab ainult selles, et juhtkude on selgemini märgatav, sest keskmised rakud on pikemaks veninud. Peale selle puudub karusambla varrel vettimev kude, mis turbasamblal on hästi märgatav.

Karusambla lehtedel on küllalt keerukas ehitus. Kuivanud olekus on lehel käändunud servad ning ta näib seepärast olevat kitsas; niiskes olekus on lehtede servad sirgunud ning nad muutuvad laiemaks. Mikroskoobis on näha, et lehte läbivad kogu pikkuses tumerohelised paralleelsed triibud.

Ristlõikes võib näha, et lehel on ülemisel pinnal rida paralleelseid kasvundeid, milledel on rohelise samba kuju, meenutades kammi piisid (joonis 158).



Joonis 158. Karusambla lehe ristilõige.

Need kasvundid, koosnedes reast rohelistest rakkudest, ongi läbilõiked neist pikisoontest, mida me nägime vaadates lehte pealt. See on assimilatsioonikude, mis vastab kõrgemate taimede lehtede samale koele. Tema ülesanne on süsiniku sarnastamine ja vee imemine. Lehelabad lõpevad õhukeste värvitute servadega, mis pöördudes ülespoole kaitsevad kuival ajal keeruka ehitusega assimileerimisaparaati kuivamise eest. Karusammal on üks täiuslikumalt ehitatud samblaid. Me nägime, et turbasamblal olid lehed ehitatud lihtsamalt, tähtsamblal *(Mnium)* aga koosneb leht vaid ühest kihist klorofülli sisaldavaist rakkudest (joonis 7).

Kevadperioodil võib näha, et karusambla emastaimedel on ladvas painduvad, algul rohekad, pärast aga punakad harjased, mis lõpevad karvase tanuga kattunud eoskupardega. Neid moodustusi nimetatakse s p o r o g o o n i d e k s, kusjuures igal taimel on üks sporogoon. Teised samasugused taimed, milledes sporogoonid pole veel moodustunud, lõpevad lihtsalt roheliste lehtede kimbuga. Sporogoonide eoskupras võib näha keskel sambakest, mis allpool muutub harjase laienenud osaks (a p o f ü ü s i k s), ülal aga koeks, mis katab eoskupart. See kude (epifragma) on kattunud koonusja kaanega, viimane aga omakorda pikliku siidja tanuga. Kaane alusel on paksend, nn. s õ õ r. Eoskupras on e o s k o t t (sporangium), mis on kinnitunud õõnsuse seintele ja sambakesele suure hulga roheliste niidikeste abil. Eoskott on noores eas täidetud eostega, mis on koos neljakaupa, nn. t e t r a a d i d e n a. Tetraad tekib emaraku kahekordse jagunemise teel. Küpsemisel lagunevad tetraadid üksikuteks eosteks.

Sporogooni harjase alumine ots (haustor) väljub emastaime ladvast ja saab selle kaudu vett ja toitaineid. Et sporogoonis on klorofülli, näitab, et ta on võimeline iseseisvaks fotosünteesiks.

Eoste valmimisel langeb esiteks tanu, siis kaas sõõri rakkude pundumise tagajärjel ning nüüd võib märgata, et eoskupra ava on kaetud õhukese kilega (moodustunud epifragmast). Viimane on kinnitatud väikeste hammaste abil, mis asetsevad eoskupra serval. Neid hambaid (nende arv on 64) nimetatakse peristoomiks, suuääriseks. Teistel sammaldel on peristoomil suuremad hambad, nende arv teistsugune ning nad katavad endaga eoskupra avad, millel pole kilet.

Kuiva ilmaga käänduvad peristoomi hambad karusamblal tagasi ja eoskuprast nagu pipratoosist, pudenevad juba vähimal raputamisel välja eosed, millised haarab tuul ning kannab hulgaliselt kõikjale laiali. Eosed on pruunikat värvust, ainuraksed. Kui eosed langevad niiskele pinnasele, idanevad nad ja moodustavad sambla esimesel arenemisstaadiumil eelniidi ehk protoneema, s. o. tiheda võrgu peenikestest hargnevatest rohelistest niitidest, mis koosnevad kloroplastidega täitunud rakkudest. Protoneema on nii sarnane niitvetikaga, et teda võib viimasest eraldada ainult vaheseinte alusel, sest vetikal on vaheseinad alati perpendikulaarsed seinale, eelniidil aga on need viltused (joonis 157, 16). Mõned protoneema niidid tungivad mulda, kaotavad kloroplastid ja täidavad edaspidi sammalt toitvate risoidide ülesannet.

Sambla eelniidi edasine arenemine seisab selles, et ta rakud ühes kohas jagunevad üha viltusemate vaheseintega, ja mida kauem, seda jõulisemalt, kuni viimaks selles kohas tekib ladvapung, millel on seespool üks kaitselehekestega ümbritsetud kolmetahuline rakk — kiirdrakk (kasvupunkt). Pung areneb varreks, kattub tihedalt lehtedega ning roheline taim jätkab arenemist, kuni tema ladvas toimuvad väga huvitavad sugulise protsessi nähtused. Vaadeldes umbes mai keskel hoolega karusambla mätast, märkame, et mättad on erinevad oma välimuselt: ühed neist (isastaimed) kannavad oma ladvas lamedaid nutte, mis on ümbritsetud punakaspruunide lehtedega; teised neist aga (emastaimed) lõpevad harilikult roheliste lehtedega. Järelikult arenevad ühtedest eostest isastaimed, teistest emastaimed, sest karusammal on kahekojane taim.

Lõhestades isastaime ladva nõela abil alusklaasil ja vaadeldes teda luubiga, võib tähele panna väikeste sisemiste lehtede vahel valgeid kotikesi — anteriidiume, mis vahelduvad peenikeste niidikestega — parafüüsidega; need kaitsevad anteriidiume kuivamise eest. Vaadeldes mikroskoopilist preparaati veetilgas, märkame, et mõned anteriidiumid lõhkevad otsast ning nendest väljuvad rakke sisaldavad limased kuhjumid; need rakud vabastavad limast oma spiraalselt keerdunud kehakesed kahe pika viburiga ja hakkavad energiliselt liikuma. Neid liikuvaid rakke nimetatakse spermatozoididekś (joonis 157, 9).

Vastavalt isastaime ehitusele on emastaime ladvas roheliste lehtede vahel arhegooniumid, s. o. kotikesed laienenud alusega, mille sügavuses on üks munarakk ja mõha-kanalrakk. Karusambla

arhegoonium on sarnane helviku arhegooniumiga. Tal on ülemises osas pikk kael ja kanal, täitunud kaela-kanalrakkudega. Valmimisel kõik kanalrakud limastuvad ja spermatozoidid, mis satuvad vihma või kaste ajal emastaimele, külge tõmmatuna arhegooniumidest erituvast ainest, liiguvad kanali kaudu arhegooniumi sisemusse. Toimub viljastumisprotsess, mis on teataval määral sarnane selle protsessiga, mida me õppisime tundma vetikatel. Sammalde arhegooniumides, millede seinad on hulkraksed, on munarakud paremini kaitstud ebasoodsate tingimuste eest kui vetikatel, milledel on vaid ainuraksed oogooniumid.

Viljastumise järel algab sporogooni arenemine, mis tekib arhegooniumist. Viljastatud munarakk jaguneb mitmekordselt ja surub ikka rohkem arhegooniumi seintele, mis viimaks purunevad põiki. Arhegooniumi alumine osa jääb kinnitatuks sambla varre külge, ülemine osa aga tõstetakse sporogooni tippu ning muundub siin karvaseks tanuks, mis hiljem, nagu me sellest juba kõnelesime, katab kogu eoskupra. Viimases valmivad eosed, mis kantakse laiali ja mis muutuvad isas- ja emasprotoneemaks. Isastaimed ei hukku pärast seda, kui neist on vabanenud spermatozoidid, vaid kasvavad edasi ja neil arenevad järgmisel aastal jälle uued nutid anteriidiumidega.

Ülaltoodud kirjeldusest nägime, et karusamblal, samuti nagu teistelgi sammaldel, esineb sugutu paljunemine ja suguline protsess, mis järgnevad üksteisele taime arenemistsüklis. Eoste tekitamiseks kasvab sügoodist sporogoon (sporofüüt), mis koosneb harjasest, eoskuprast ja selle sees arenevast sporangiumist. Sugutu paljunemine toimub suure hulga eoste laialikülvumisega. Eosest kasvab roheline protoneema, millel areneb esiteks pung, viimasest aga tüvendiline võsu anteriidiumide või arhegooniumidega ladval. Paljudel teistel sammaldel esinevad anteriidiumid ja arhegooniumid ühel taimel. Et anteriidiumides ja arhegooniumides arenevad isas- ja emassugurakud — gameedid, siis kõiki taime osi, mis on gameetide tekitamiseks (idanev eos, protoneema, võsud anteriidiumide ja arhegooniumidega), nimetatakse g a m e t o f ü ü d i k s, eraldamiseks s p o r o f ü ü d i s t, mis tekitab eoseid. Karusambla arenemise näitest paneme tähele, et *sammaldel on sporofüüt arenenud nõrgalt ja kasvab gametofüüdil, mis on kõige rohkem arenenud.*

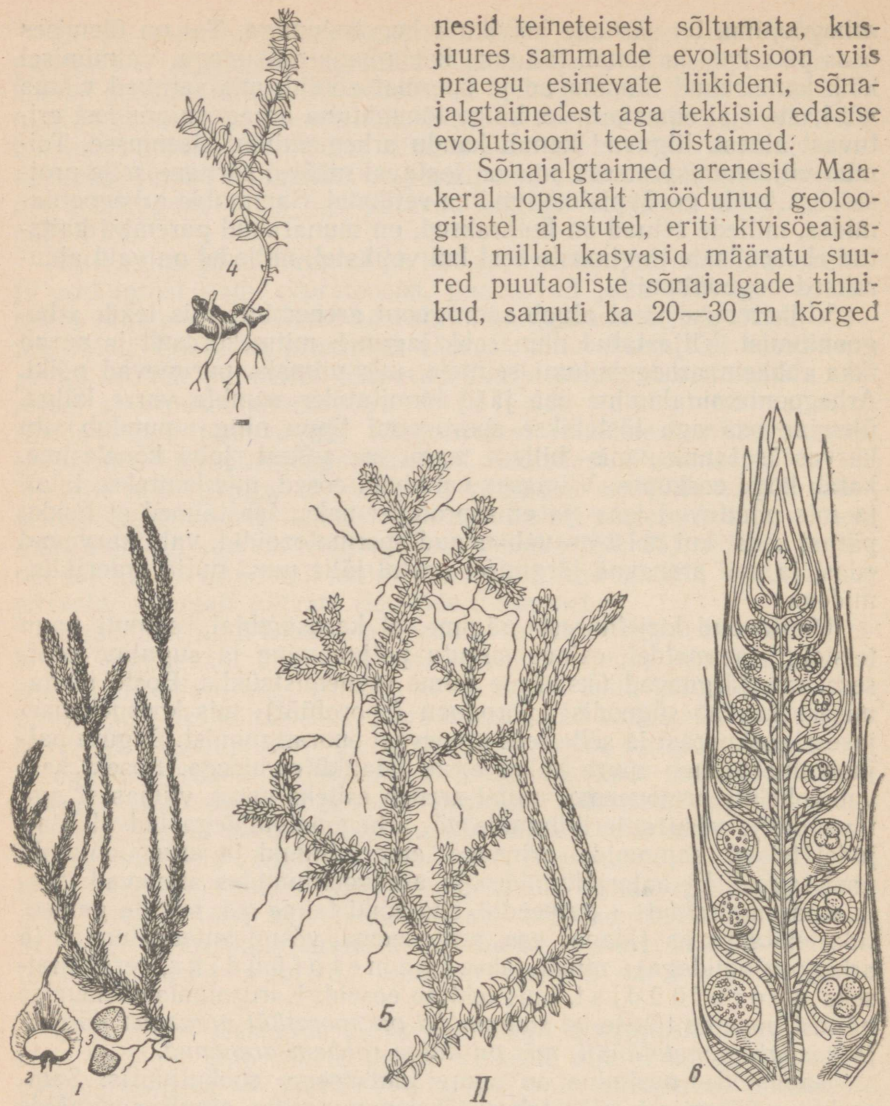
Sammalde uurimine on suure tähtsusega sookultuuris. Sammalde määramisel pööratakse tähelepanu mitte ainult sammalde väliskujule, vaid ka mikroskoopilisele ehitusele, näiteks peristoomi hammastele, lehtede ehitusele, eoste kujule ja teistele väiksematele tunnustele.

7. SÕNAJALGTAIMED *(PTERIDOPHYTA)*

Sõnajalgtaimed on õistaimede eelkäijad. Nad pärinevad sammaldega ühisest tüvest, s. o. vetikatest. Ei ole alust oletamiseks, et sõnajalgtaimed olid kunagi varem samblad: mõlemad klassid are-

nesid teineteisest sõltumata, kusjuures sammalde evolutsioon viis praegu esinevate liikideni, sõnajalgtaimedest aga tekkisid edasise evolutsiooni teel õistaimed.

Sõnajalgtaimed arenesid Maakeral lopsakalt möödunud geoloogilistel ajastutel, eriti kivisöeajastul, millal kasvasid määratu suured puutaoliste sõnajalgade tihnikud, samuti ka 20—30 m kõrged



Joonis 159.

I — karukold *(Lycopodium clavatum)*: 1 — taime üldkuju; 2 — sporangium; 3 — eosed; 4 — eelleht ja idand sellel; II — selaginell *(Selaginella)*: 5 — taime üldkuju; 6 — eospea läbilõikes (mikrosporangiumid vasakul, makrosporangiumid paremal).

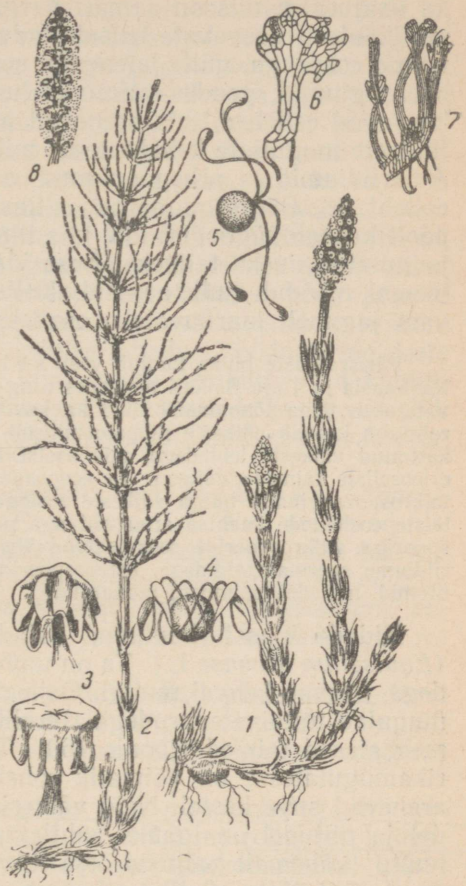
osjad — kalamiidid, kollad — lepidodendronid ja sigillaariad. Nende taimede kivistunud jäänuseid ja täpseid jäljendeid leidub kivisöelademetes, mis on moodustunud kivisöeajastu taimkattest.

Sõnajalgtaimede troopilised liigid arenevad nüüdki lopsakalt

Austraalias, Uus-Meremaal, Brasiilias ja teistes niiske ja palava kliimaga maades ja kasvavad puude kõrguseks. Selliseid sõnajalgu kultiveeritakse meil botaanikaaedade kasvuhoonetes dekoratiivseteks ja teaduslikeks ülesanneteks.

Nüüdisaja sõnajalgtaimede kasu inimesele ei ole eriti suur. Praegu kasutatakse sõnajala juurikaid, peamiselt maarjasõnajala juurikat arstiteaduses laiussi vastase ravimina. Kolla eoseid kasutatakse lükopoodiumi, «kollapulbri» nime all haavatud kehaosade puuderdamiseks ja pulbrina ravimpillide säilitamiseks; neid kasutatakse ka rasketööstuses malmivalamistöödel. Kilpjala juurikat süüakse Uus-Meremaal. Osjade varsi, mis sisaldavad palju räni, tarvitatakse poleerimistöödel ja vaskesemete puhastamisel.

Sõnajalgtaimed kuuluvad, samuti kui sambladki, tüvendeostaimede, arhegoniaatide hulka. Nad jaotatakse kolme iseseisvasse klassi: 1) pärisraikad (*Lycopsida*), 2) kidad (*Sphenopsida*) ja, 3) keerdlehikud (*Pteropsida*). Igaüks neist klassidest jagatakse seltsideks, sugukondadeks, perekondadeks ja liikideks. Sõnajalgtaimede hulka kuuluvad mitte ainult nüüdisajal elavate taimede esindajad, vaid ka juba ammu väljasurnud taimed, millede üle võib otsustada ainult fossiilsete jäänuste järgi. Meie õpime oma kursuses tundma vaid praegu elavaid taimi.



Joonis 160. Põldosi (*Equisetum arvense*):

1 — eoseid kandvad kollakad võsud, mis on arenenud mugulatega risoomist ning lõpevad ladvas eospeaga; 2 — rohelised võsud, mis arenevad hiljem; 3 — eospea sporofüllid, mis kannavad alumisel küljel sporangiume, milledes arenevad eosed; 4 — eos niiskuses keerdunud elateeridega; 5 — eos kuivanult sirgunud elateeridega; 6 — isaseelleht anteridiumidega; 7 — emas-eelleht arhegooniumidega; 8 — valminud eoseid kandev eospea.

Pärisraigaste hulka kuulub meie okas- ja lehtmetsades kasvav harilik taim karukold (*Lycopodium clavatum* L.) (joonis 159, I). Ta kasvab niiskevõitu pinnasel ja tal on pikad (kuni 1 m) rooma-

vad igihaljad dihhotoomiliselt hargnenud varred, mis on tihedalt kattunud väikeste teritunud rootsutute lehtedega. Varrest väljuvad ka lisajuured, mis on samuti hargnenud dihhotoomiliselt. Mõnede vertikaalselt kasvavate harude ladvad lõpevad harilikult kahe pikenenud eospeaga, mille laienenud eoslehtede kaenlas on kotikesed — sporangiumid; nendes valmivad hulgaliselt kollased eosed. Eostest kasvavad eellehed, mis arenevad aeglaselt mullas värvitute saprofüütsete muguljate kehakestena, millede läbimõõt on vaid 2—3 mm. Anteriidiumid ja arhegooniumid asetsevad neil raskesti leitavatel eellehtedel. Pärast munaraku viljastamist liikuvate spermatozoidide poolt kasvab sügoodist idu, mis ilmub maapinnale, 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 kuulub veel selaginell *(Selaginella)*. Seda esineb Kaukaasia ja Taga-Baikali metsades ning leidub ka Eesti NSV-s; sagedasti kasvatatakse tema lõunamaisi liike ka kasvuhoonetes (joonis 159, II). See väike rohttaim kasvab väikeste dihhotoomiliselt hargnevate võsude tordina; võsud on kattunud väikeste lehtedega, mis asetsevad neljas reas. Selaginell on huvitav erieoseliste taimede näitena. Ta eospeades ühtede eoslehtede kaenlas arenevad mikrosporangiumid hulga väikeste eostega — mikrospooridega; samas eospeas, teiste eoslehtede kaenlas arenevad aga makrosporangiumid nelja suure makrospooriga. Mikrospooride sees tekivad üliväikesed eellehed, mis kannavad anteriidiume spermatozoididega, makrospoorides aga arenevad idanemisel arhegooniumid, milledes valmivad munarakud.

Kidade klassi kuuluvad osjad. Õpime tundma põldosja (*Equisetum arvense* L.). Ta on umbrohi pikkade maa-aluste risoomidega, kasvab kehval mullal. Osja risoomidel arenevad lisajuured ja mugulad toitainetevarudega. Järelikult on osjad nagu kolladki mitmeaastased taimed (joonis 160). Toitainete kuhjumine osjade juurikamugulatesse on võimalik roheliste haruliste võsude tõttu, mis arenevad suve kestel. Neid väikesi üheaastasi «põldkuuski» põldudel ja niitudel on igaüks kahtlemata näinud. Kariloomad neid ei puutu (vähemalt paljusid osja liike), sest nad on kõvad neis sisalduva räni tõttu. Sellise «kuuse» peavarrest hargnevad külgokste männased. Roheliste lehtede ülesannet täitvate varte ja okste sõlmekohtadel on rõngas karedatest soomustest teritunud hammastega. Need soomused on redutseerunud lehed, mille tuppedes tekivad noored oksad.

Kevadel, kohe pärast maapinna sulamist, ilmuvad põldosja vesised eoseid kandvad võsud, millel on kollakas värvus, puudub aga klorofüll. Nad arenevad juurika varude arvel ning nende ülesandeks on moodustada eoseid, mis valmivad võsu ladvas olevas eospeas. Vesisel võsul on sõlmed ja sõlmevahed. Tugevuse annavad neile pruunide soomuslehtede ringid, mis on räniga läbi imbunud, samuti ka kõigi rakkude turgoorne seisund.

Põldosja eospead koosnevad teljest, mille ümber on eoslehed — moondunud lehed, mis asuvad korrapäraste ringidena. Eoslehel — sporofüllil on vars ja kilbike, mille all on viis kuni kümme koti-

kest — sporangiumi — eostega. Valmimisel pikenevad eospead, eoslehed eemalduvad üksteisest, eosed väljuvad pakatanud sporangiumidest ja tuul kannab need laiali. Huvitav on eoste ehitus. Nad on ainuraksed ja neil on peale kesta veel neli paeljat vedrut — elateeri, mis on otstest jämenenud ning väga hügroskoopilised. Niiske ilmaga on nad keerdunud ümber eose, kuiva ilmaga aga sirguvad lahti, millega aitavad eostel väljuda eospeast. Haarates üksteisest kinni elateeridega, kanduvad eosed mitmekesi kimbus koos tuulega laiali. Mullale langenud eosed hakkavad idanema, milleks on vaja niiskust, soojust ja valgust. Idanemine kestab mitu päeva.

Eostest arenevad väikesed hõlmised käharad rohelised eellehed, milledest ühtedel arenevad vaid anteriidiumid, teistel ainult arhegooniumid. Järelikult on osja eellehed kahekojased ning peavad kasvama üksteise lähedal. Isas-eellehed on väiksemad ja vähem hõlmistunud kui emas-eellehed. Üksteise lähedust soodustavad eoste elateerid, sest tuul kannab neid laiali mitte üksikult, vaid kimpudena. Viljastamine toimub liikuvate spermatozoidide poolt vee abil. Pärast viljastumist areneb munarakust osja idu, millest kasvab täiskasvanud taim.

Teistest osjadest esinevad sagedasti veel metsosi *(Equisetum silvaticum* L.) ja aasosi (*E. pratense* L.). Neil arenevad niihästi eoseid kandvad võsud, milledel pärast eoste väljumist tekivad rohelised oksad, kui ka viljatud rohelised oksised võsud. Teised osja liigid, nagu niitudel umbrohuna kasvav soo-osi *(Equisetum palustre* L.) ja konnaosi (*E. limosum* L.), kannavad sporangiume roheliste võsude latvades.

Keerdlehikute klassist peatume ainult seltsil pärissõnajalalised *(Filicales)*. See on kõige laialdasem rühm, mis sisaldab 11 sugukonda ja üle 8000 liigi. Praegu elavatest sõnajalgadest vaatleme maarjasõnajalga ja salviiniat.

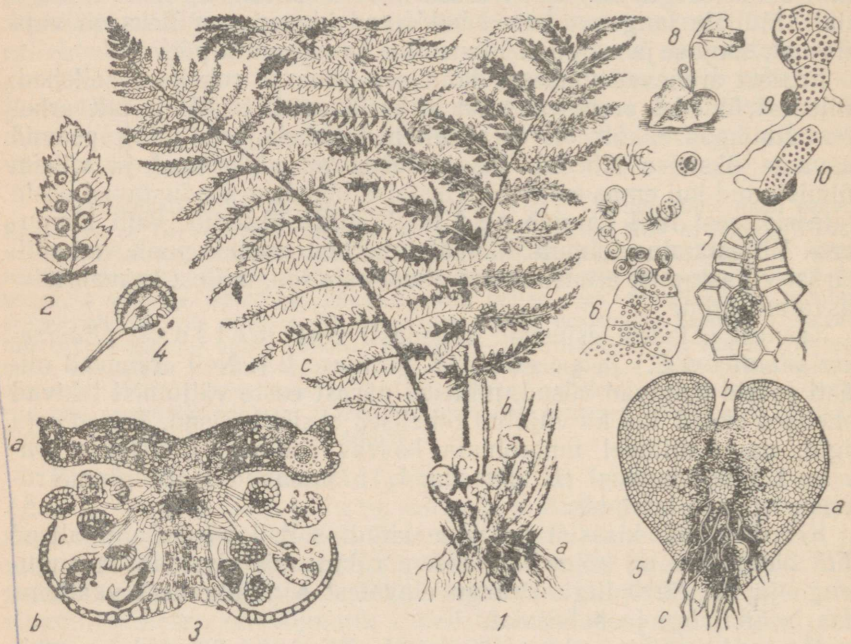
Maarjasõnajalg (*Dryopteris filix mas* Schott.) on meie metsades laialt levinud. Tal on pikad (kuni 1,5 m) rohelised kahelisulgjad lehed, mis on koondunud suurteks lehekodarikeks. Lehed surevad sügisel, kevadel aga tõuseb risoomi otsast uus lehekodarik. Tugev risoom, seest lihakas, pealt kattunud lehejäänustega ja paljude lisajuurtega, asub metsakõduga kaetud mullapinna all (joonis 161, I).

Sõnajala lehed, risoomid ja juured on varustatud kontsentriliste juhtkimpudega, milles floeem ümbritseb lühikestest trahheiididest koosnevat ksüleemi. Maarjasõnajala risoomi kasv, samuti nagu teistegi sõnajalgtaimede varte kasv, toimub kasvukuhiku abil, mille kõige ülemises tipus on üks kolmetahuline rakk — kiirdrakk, mis jaguneb mitmekordselt ning annab alguse teistele.

Sõnajala lehtede ehituses on mõningaid omapärasusi. Noores eas on nad spiraalselt keerdunud ning kattunud suure hulga kuivade soomustega, mis kaitsevad neid kuivamise eest.

Kevadel sirguvad need lehealgmed, löövad lahti ja kasvavad hoogsalt oma ladvast, vastupidiselt katteseemnetaimede lehtedele,

mis kasvavad peamiselt aluse osast. Selline lehe kasvamise laad näitab, et sõnajala lehed on moondunud võsud. Kuid et need võsud on rohelised ja kohanenud fotosünteesiks, nimetame neid lehtedeks. Neil on pealmine ja alumine epidermis; epidermiste vahel asetsevad tohlkoe rakud, mis on rikkad kloroplastidest. Epidermise rakkudes on samuti kloroplaste. Alumises epidermises on palju õhulõhesid. Sõnajala lehtede iseärasuseks on võime tekitada alumisel küljel



Joonis 161. Maarjasõnajalg (*Dryopteris filix mas*):
1 — taime üldkuju: *a* — juurikas, *b* — noored lehed, *c* — ülemine lehepind, *d* — alumine lehepind (näha on soorused); 2 — osa lehte soorustega; 3 — läbilõige lehest ja soorusest: *a* — leht, *b* — induusium (loor), *c* — sporangiumid; 4 — sporangium; 5 — sõnajala eellehe alumiselt küljelt: *a* — anteriidiumid, *b* — arhegooniumid, *c* — risoidid; 6 — pakatanud anteriidium spermatozoididega; 7 — arhegoonium; 8 — sõnajala idu; 9, 10 — eose idanemine ja eellehe moodustumine.

suurt hulka eoseid, mis on sõnajala sugutuks paljunemiseks (joonis 161, 2). See sugutu paljunemise protsess algab sellest, et lehtede alumisel küljel, pärast seda, kui nad on täiesti lahti löönud, võib märgata ümmargusi epidermise kõrgendeid, mis asetsevad kahes reas iehe keskmise soone lähedal mõlemal lehepoolel. Hiljem muutuvad need kõrgendid, mida nimetatakse s o o r u s t e k s, pruunikaks ja siis võib luubi abil näha, et nad koosnevad l o o r i s t (i n d u u s i u m i s t), mille all on palju sporangiume, s. o. kotikesi pruunikate eostega. Mikroskoobis võib näha, et igal sporangiumil on varreke ja selle tipus ümardunud, veidi lapik kotikesekujuline

paksend. Sporangiumi varreke kinnitub sooruse paksenenud alusele (platsentale). Sporangiumi sein koosneb õhukesekestalistest rakkudest ja on ühekihiline, kusjuures ühel poolel, sporangiumi harja mööda, esinevad rakud ühesuguse mittetäieliku rõngana, mis on tekkinud pruunistunud rakukestade tugevast paksenemisest. Rõngas haarab sporangiume umbes $^2/_3$ ulatuses ringist, kuna ülejäänud sporangiumi rakkudel on õhukesed kestad.

Sporangiumis valmivad pruuni värvusega eosed, mis on algul nagu sammaldelgi koos tetraadidena; viimased aga tekivad emarakkudest, kusjuures tuuma esimene jagunemine on alati reduktsiooniline. Kuiva ilmaga küpsemisel lõhkevad sporangiumid, mida soodustab rõngarakkude eriline ehitus. Rõngarakkude kest on paksenenud ainult sisemisel küljel ja külgedel, kuna välised seinad jäävad õhukeseks. Raku turgori mõjul on välised kestad veidi kumerad. Vee auramisel rõnga kumerate rakkude pinnalt lähenevad rõnga külgmised seinad veeosade kohesiooni mõjul ning rõngas sirgub jõuga ja kooldub vastassuunas; selle järel võtab ta silmapilkselt esialgse kuju. Nende liigutuste tagajärjel lõhkeb sporangium, eosed paiskuvad välja, tuul haarab nad ning kannab igale poole laiali.

Sõnajala eosed on ainuraksed, väga väikesed, kahe kestaga, millest väline on tume ja kareda pinnaga. Niiskele mullale sattudes eos idaneb ja tekkinud roheline niit risoididega muundub aegamööda roheliseks hulkrakseks plaadikeseks, niinimetatud *eellehe ks*, mis on väiksem kopikalisest rahast. Oma väiksuse tõttu on eelleht vähe tuntud, vaatamata sellele et sõnajalga, mis sigitab eoseid, tunneb isegi harjumata vaatleja. Neid eellehti aga kasvab roheliste plaadikestena niiskel pinnasel suurel hulgal igal pool, kus leidub sõnajalgu. Neid võib ka kasvatada, kui sõnajala eoseid külvata niiskele turbatükile või niiskele mullale. Külvi tuleb hoida klaaskupli all ja aknal, sest idanevad eosed vajavad peale soojuse ja niiskuse ka valgust. Eoste idanemisvõime säilib kuni 10 aastat. Eoste idanemine toimub pikkamisi ja alles paari kuu pärast ilmuvad rohelised eellehed, milledel on südajas kuju lainjate servadega. Sellise eellehe vaatlemisel mikroskoobis võib tähele panna, et ta koosneb parenhüümsetest hulknurksetest rakkudest, mis on rikkad kloroplastidest. Eellehe keskmine osa ei paista läbi, sest see koosneb mitmest kihist rakkudest, eellehe servad aga koosnevad ühest rakkude kihist ning rakud on seepärast selgesti eraldatavad. Eellehe ülemine pind on sile, alumisel poolel aga on märgata *risoide*, millega ta kinnitub substraadile; nende vahel leiduvad väikesed ühekihiliste seintega kotitaolised kehakesed — *anteriidiumid*, mis on täitunud sisuga. Anteriidiumid sisaldavad mikroskoopiliselt väikesi spermatozoide, milledel on valminult korgitõmbaja kuju; ühes otsas on neil liikuvad viburid, millede abil spermatozoidid vees kiiresti liiguvad. Tagumises otsas on spermatozoidil protoplasmaline põieke. Südaja lõike läheduses, eellehe samal alumisel poolel, on arhegooniumide kaelad, nende laienenud mõhaosad aga on mahutunud eellehe koesse. Iga arhegooniumi põhjas on munarakk. Esinevad ka

mõha- ja kaela-kanalrakud, mis valmimisel limastuvad. Vihma või kaste ajal väljuvad spermatozoidid suurel hulgal pakatavatest anteriidiumidest ja ujuvad eellehtede niiskunud alumisel pinnal. Avanenud arhegooniumi kaelast eritub limast vedelikku, mille poole liiguvad kiiresti spermatozoidid. Nad tungivad arhegooniumi kaela, kanalisse ja mõhka ning viljastavad munaraku. Pärast viljastamist hakkab sügoot jõuliselt ja korduvalt jagunema ning eellehel moodustub sõnajala idu (harilikult üks) juure, varre ja lehega. Idu areneb aegamööda täiskasvanud sõnajalaks, millest me oma kirjeldust alustasime.

Seega esineb sõnajalgtaimedel, samuti nagu sammaldelgi, nii sugutu kui ka suguline paljunemine, mis vahelduvad taime arenemistsüklis. Peale selle paljunevad mitmed sõnajalad nagu sambladki ka vegetatiivselt.

Sugutul paljunemisel levivad eosed tuule abil, idanevad ja muunduvad eellehtedeks. Eellehtedel tekivad anteriidiumid ja arhegooniumid (mõnikord ühtedel ja samadel, vahel aga ka eri taimedel). Anteriidiumides valmivad spermatozoidid — isasgameedid, arhegooniumides aga munarakud — emasgameedid. Kuna idanev eos ja eelleht on gameetide tekkimiseks ja suguliseks protsessiks, siis hüütakse seda taime osa g a m e t o f ü ü d i k s. Pärast munaraku viljastumist areneb sügoodist idu, muutudes järkjärgult täiskasvanud taimeks, mis kasvatab eoseid. Järelikult on sügoot, idu ja täiskasvanud taim sõnajalgtaimedel s p o r o f ü ü d i k s. Erinevalt sammaldest on sõnajalgade sporofüüt tugevasti arenenud ning meenutab täielikult seemnetaimede vegetatiivseid organeid, gametofüüt aga, võrreldes sammalde gametofüüdiga, on nõrgalt arenenud, esinedes sõnajalgadel vaid välimuselt vähe tähelepandava, oluliselt aga tähtsa eellehena.

Teistest sõnajalgadest, mis on sarnased maarjasõnajalaga, mainime s a n e l j a l g a (naistesõnajalga) (*Athyrium filix femina* Roth), mis on väga sarnane esimesega, kuid õrnemate lehtedega ja soorustega, mis asetuvad triipudena.

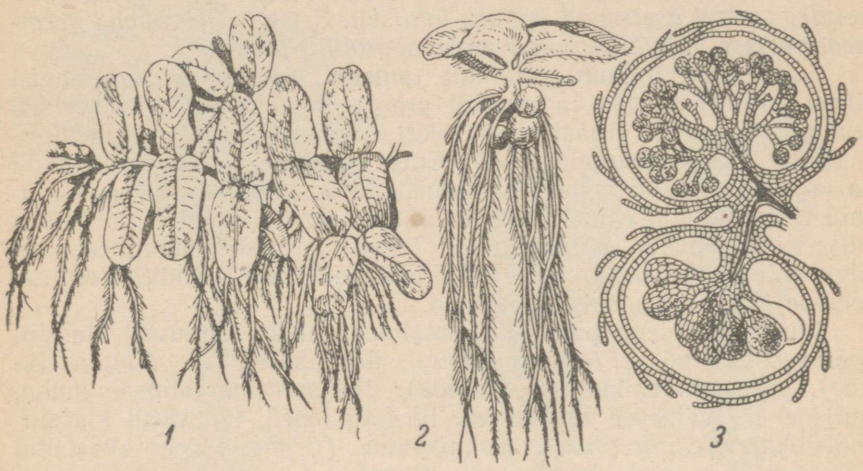
K i l p j a l g a (*Pteridium aquilinum* Kuhn) kasvab põldudel, niitudel, metsaraiestikel; tal on kolmelisulgjad laiad lehed, millel soorused asuvad pideva triibuna lehelaba serva all. Ta paljuneb peamiselt roomavate risoomidega. Kaukasuse mägedel kasvab kilpjalg nii suureks, et inimene võib vabalt ta alla peituda.

L a a n e s õ n a j a l g (kotkasiib) (*Struthiopteris filicastrum* All.) on meie ilusamaid metsasõnajalgu; ta on huvitav selle poolest, et tema soorused arenevad erilistel kitsastel pruunidel lehtedel (eoslehtedel, sporofüllidel), mis kasvavad välja lehekodariku (lehtri) keskelt; kodarik moodustub pikkadest rohelistest sulgjatest lehtedest, milledel kunagi ei teki sporangiume.

Erieoseliste sõnajalgade hulka kuulub üheaastane veetaim *s a l v i i n i a[1] (*Salvinia natans* All.), mida esineb voolavate vete pinnal lõunapoolsete jõgede

[1] Tärniga (*) on märgitud Eesti NSV-s metsikult mitteesinevad taimed. *Tõlk.*

käärudes (joonis 162). Peenikesel varrel (pikkus 5—10 sm) on kahesuguseid lehti: ujuvad — rohelised ovaalsed kahes reas ja veesisesed — lõhised, peenejaolised, kattunud pruunide karvadega —, need on juurte taolised. Kerajad soorused esinevad mitmekaupa veesiseste lehtede alusel. Ühtedes soorustes, platsentast väljuvate harude tipus on suurel hulgal mikrospooridega täidetud mikrosporangiume. Teistes soorustes samal taimel valmivad pisut suuremad makrosporangiumid ja igaühes neist on üks ainus suur eos — makrospoor, mis on kattunud kolme kestaga. Mikrospooride idanemine toimub mikrosporangiumis, mille purustavad kasvavad eellehed. Idanenud mikrospoor annab väikese eellehe, mis koosneb mõnest rakust ja mille keskel tekib kaks anteriidiumi nelja spermatozoidiga.



Joonis 162. Salviinia *(Salvinia)* — vesisõnajalg:
1 — taime üldkuju; 2 — sõlm lehtedega; 3 — soorused.

Idanev makrospoor annab väikese eellehe, mis sopistub välja läbi purunenud kesta, kuid ei eraldu eosest ja makrosporangiumist. Emas-eellehe suurus ei ületa nööpnõelapea suurust. Temas on arhegooniumid munarakkudega. Pärast munaraku viljastumist kasvab eellehel idu, mis muundub järk-järgult täiskasvanud salviiniaks.

Lõpetades sõnajalgtaimede käsitlemist näeme, et suurem osa neist kuulub samaeoseliste taimede hulka, kuid nende seas on ka mõned esindajad erieoselistest, millede hulka peale selaginelli ja salviinia kuuluvad veel lahnarohi *(Isoëtes)* pärisraigaste klassist ja *marsiilia *(Marsilia)* keerdlehikute klassist.

Erieoselised taimed, mis esinesid varematel geoloogilistel ajastutel, andsid alguse nüüdisaegsetele seemnetaimedele, milledel on samuti kahesuguseid eoseid — mikro- ja makrospoore. Mikrospooridest areneb õietolm vegetatiivsete ja generatiivsete rakkudega, makrospooridest aga paljasseemnetaimedel eelleht endospermi näol arhegooniumide ja munarakkudega. Katteseemnetaimedel areneb makrospooridest ainult lootekott (embrüokott) muna- ja teiste rakkudega.

Seemnetaimede gametofüüt on oma evolutsioonis läbi teinud edasise vähenemise, kuid seejuures ka suurema täiustumise sugulises protsessis, mis on kohanenud õhukeskkonnale. Sporofüüt on saavutanud seemnetaimedel oma kõrgeima arenemisastme.

8. PALJASSEEMNETAIMED *(GYMNOSPERMAE)*

Nimetus «paljasseemnetaimed» näitab, et siia kuuluvad taimed paljunevad seemnetega ja et seemned ei ole neil kaitstud sigimiku seintega, vaid asetsevad paljalt, lahtiselt. Seemned arenevad seemnealgmetest, mis kinnituvad makrosporofülli alusele.

Tolmlemine toimub harilikult tuulega. Tolmuterad koosnevad ühest suurest rakust ja nõrgalt arenenud eellehest, mis asetseb tolmuteras endas. Viljastumisel tekib tolmutoru, mida mööda liiguvad edasi viljastavad elemendid. Emas-eelleht esineb endospermina ja moodustub alati enne viljastumist. Endospermil on arhegooniumid munarakuga. Kuna sigimik paljasseemnetaimedel puudub, siis vilja ei moodustu. Niinimetatud käbid paljasseemnetaimedel on õigupoolest lühivõsud, mille nahkjate soomuste (modifitseerunud lehtede) küljes asetsevad seemned.

Suurte lehtedega paljasseemnetaimede hulka kuuluvad klassid: seemnesõnajalad *(Pteridospermae)*, ürgpalmlehikud *(Bennettitinae)*, pärispalmlehikud *(Cycadinae)*. Paljasseemnetaimede hulka, milledel on väikesed lihtsad või nõeljad lehed, kuuluvad klassid: ihnlehikud *(Cordaitinae)*, hõlmikpuud *(Ginkgoinae)*, okaspuud *(Coniferae)* ja vastaklehikud *(Gnetinae)*.

Väljasurnud seemnesõnajalad on andnud alguse pärispalmlehikutele ja ürgpalmlehikutele. Pärispalmlehikud kasvavad troopilises kliimas, neid kultiveeritakse ka kasvuhoonetes (joonis 163). *Päris-rahupalmil (*Cycas revoluta* L.) on tüvi kuni 6 m kõrge ning lõpeb pikkade jäikade sulgjate tumeroheliste lehtede kodarikuga, lehtede iga on 1—2 aastat. Jämedale tüvele jäävad soomused — lehtede aluste jäänused. Tüve säsist saadakse saagot. Päris-rahupalm on kahekojane taim. Isaseksemplaridel arenevad käbid, millede mikrosporofüllidel ilmuvad mikrosporangiumid mikrospooridega (õietolmuga). Emaseksemplaride ladvas roheliste lehtede vahel kasvavad väikesed helekollased veidi sulgjad makrosporofüllid, milledel arenevad erepunased seemnealgmed (makrosporangiumid). Seemnealgmes on üks makrospoor, millest areneb emas-eelleht kahe arhegooniumiga; igas arhegooniumis on munarakk. Õietolm, mida tuul toob seemnealgmele, annab lühikese torukese, millest kaks liikuvat spermatozoidi tungivad arhegooniumi ja üks neist viljastab munaraku. Pärast seda muundub seemnealge seemneks.

B e n n e t t i i d i d, ürgpalmlehikud, on fossiilsed taimed. Nad olid pärispalmlehikute sarnased. Mikro- ja makrosporofüllid olid neil koondunud samasse käbisse (stroobilusse). Mikrosporofüllidel oli sulgjate lehtede kuju ja nad kandsid mikrosporangiume õietolmuga. Makrosporofüllid seemnealgmetega olid asetatud keskselt. Seemnetel, mis arenesid seemnealgmetest, oli kaks idulehte. On võimalik, et bennettiidid andsid alguse kaheidulehelistele taimedele.

Väljasurnud taimede hulka kuuluvad ka k o r d a i i d i d, ihnlehikud, mida rida uurijaid peab hõlmik- ja okaspuude esivanemaiks. Need olid kõrged okslikud puud, kattunud lihtsate süstjate lehtedega. Isaskäbid arenesid lahus emaskäbidest.

Väga huvitavaks väljasurevaks taimeks on *ginkgo (hõlmikpuu) *(Ginkgo biloba* L.). Metsikult seda puud enam ei esine, kuid Krimmis ja Kaukaasias kasvatatakse teda eduga parkides ja botaanikaaedades. See on okslik puu, kuni 40 m kõrge ja kuni 4 m ümbermõõdus; tal on pikki ja ka lühenenud võsusid. Lehed on rootsulised, kolmnurkse kujuga, kahe hõlmaga, dihhotoomiliselt hargnenud soontega. Puit koosneb koobaspooridega trahheiididest; selles esinevad ka kambiumist tekkinud aastaringid; samuti säsikiired. Ühtedel puudel arenevad urvad mikrosporofüllidega, milledel on tolmuka kuju; teistel puudel are-



Joonis 163. Rahupalm *(Cycas):*
1 — puu üldkuju; 2 — makrosporofüll seemnealgmetega; 3 — mikrosporofüll mikrosporangiumidega.

nevad seemnealgmed (makrosporangiumid), mis asetsevad kahekaupa varrekestel (joonis 164). Tolmlemine toimub tuule abil. Õietolm langeb seemnealgme õietolmukambrisse ja idaneb lühikeseks torukeseks kahe liikuva spermatozoidiga. Pärast viljastamist areneb munarakk iduks, seemnealge aga seemneks.

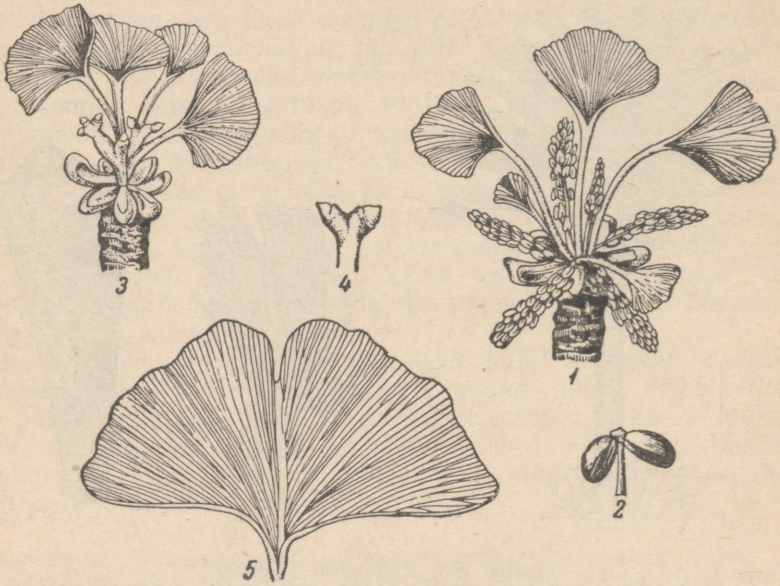
Väga laialdases okaspuude *(Coniferae)* klassis esinevad jugapuuliste *(Taxaceae)*, männiliste *(Pinaceae)*, küpressiliste *(Cupressaceae)* jt. perekonnad. Üldiselt esineb enam kui 400 okaspuude liiki.

Okaspuude klassi kuuluvad puud ja põõsad, mis saavutavad vahel kolossaalseid mõõtmeid. Näiteks on *mammutipuu *(Sequoia)* kuni 20 m läbimõõduga ja kuni 150 m kõrge. Okaspuude jämenemine toimub kambiumi abil. Puit koosneb oma peamassis koobaspooridega trahheiididest. Lehed on okkad; neil on kas nõeljas või soomusjas kuju. Okaspuud on ühekojased või harvemini kahekojased taimed. Emaskäbid (välja arvatud jugapuulistel) koosnevad spiraalselt telje ümber paiknevatest katte- ja seemnesoomustest. Seemnesoomustel on makrosporangiumid (seemnealgmed) lahtiselt, paljalt, nagu kõigil paljasseemnetaimedel. Mikrosporofüllid (tolmukad) toodavad palju kergeid tolmuteri, mida kannab laiali tuul. Spermatozoide okaspuudel ei ole; viljastamine toimub tolmutoru abil, mille kaudu liiguvad isas-sugurakud — spermiumid.

Okaspuude hulka kuuluvad männiliste *(Pinaceae)* sugukonnast: harilik

kuusk (*Picea excelsa* Link), siberi nulg ehk pihta (*Abies sibirica* Ledeb.), euroopa lehis (*Larix europaea* DC.), harilik mänd (*Pinus silvestris* L.) jt.

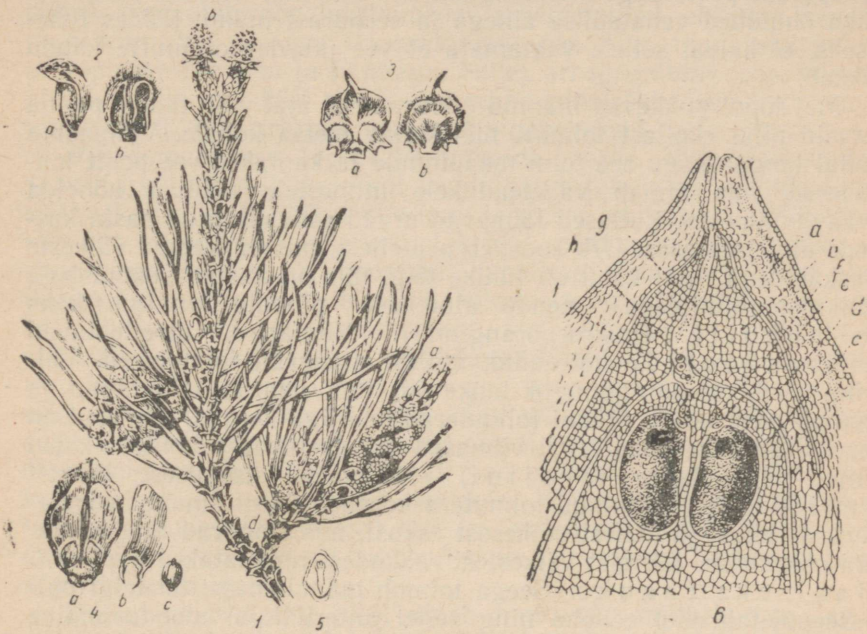
Küpressiliste (*Cupressaceae*) sugukonda kuuluvad: harilik kadakas (*Juniperus communis* L.), põhjapoolsete metsade põõsas, nõeljate, kolmeti männastesse koondunud lehtedega ja mustade lihavate käbidega — «marjadega» (joonis 166, IV), *kasakakadakas (*Juniperus sabina* L.), *küpress (*Cupressus*) (joonis 271), elupuu (*Thuja*) jt.



Joonis 164. Ginkgo (*Ginkgo biloba*):
1 — võsu isaskäbidega; 2 — tolmukas; 3 — võsu seemnealgmetega; 4 — seemnealgmed; 5 — ginkgo leht.

Harilik mänd (*Pinus silvestris* L.) (joonis 165). Mänd katab määratu suuri alasid NSV Liidu põhja- ja keskosas ning on levinud ka mujale. Mänd on pinnase suhtes vähenõudlik; männikud levivad ka liivastel aladel. Männi suur, tugev sügavale tungiv juur, samuti ka külgjuured hargnevad mitmekordselt. Areneb laialdane juurestik, mille narmasjuured on kattunud mükoriisaga. Männi tüved kasvavad kõrgeks (kuni 50 m) ja määratu jämedaks. Ebasoodsais tingimustes, näiteks rabadel, jääb mänd kääbuseks ning sajaaastased puud on vaevalt 1 m kõrged. Mitte väga vana männi iga võime teada saada nii puidu aastaringide kui ka oksamännaste arvu järgi, sest männil on monopodiaalne kasvulaad ja ta annab üheainsa külgokste männase aastas. Männi tüve ja oksi läbivad vaigukäigud, nendes leiduv vaik on puidule heaks kaitseks koore-

üraskite ja mikroorganismide vastu. Männimetsad, kus valitseb mikroobidest puhas, eeterlikest õlidest ja osoonist rikas «vaiguõhk», on juba igivanast ajast kuulsad inimese tervisele soodsate omadustega. Just seepärast näemegi igal pool Nõukogude Liidus männimetsades sanatooriume kopsuhaigetele. Mänd on valguselembene



Joonis 165. Harilik mänd *(Pinus silvestris)*:

1 — männi oks: *a* — isaskäbi, *b* — emaskäbi, *c* — käbi, *d* — okkad; 2 — tolmukas: *a* — küljelt, *b* — pealt; 3 — seemne- ja kattesoomus: *a* — seest, *b* — pealt; 4 — *a* — seemnesoomus kahe seemnega, *b* — tiib, *c* — seeme; 5 — seemne pikilõige; 6 — makrosporangium (seemnealge) ja arhegooniumid teisel eluaastal; *a* — seemnealgme kate, *b* — seemnealgme südamik, *c* — primaarne endosperm, *d* — munarakk, *e* — mõha-kanalrakk, *f* — arhegooniumi kaelaosa, *g* — tolmutoru, *h* — generatiivsed rakud, *i* — vegetatiivne tuum.

puu. Tihedas kogumikus «laasub» mänd alumistest okstest ning sellisest puust saadakse ehitusmaterjali; lagedal kohal kasvades laotab mänd oma oksad laiali ja ta välimus muutub tublisti.

Männimetsad on tavaliselt tihedad, suure varjutamise ning kehva pinnase tõttu on neis nõrgalt arenenud alusmets, mille kasv lehtmetsades on täielik. Just seepärast näivadki männimetsad tühjadena ja ühetoonilistena. Ka rohttaimi on nendes metsades võrdlemisi vähe. Männile kuulub tähtis osa metsaistandikes ja ta on asendamatuks taimeks liivaste pinnaste metsastamisel. Okste ja ladva juurdekasv toimub männil peamiselt kevadel. Siis võib näha hulka noori lihavaid oksi, mis on ümbritsetud nahkjate soomustega, mil-

lede all arenevad lühivõsud, kandes paariti rohelisi okkaid, nõeljaid lehti. Auramisprotsess okaste kaudu toimub pikkamööda, peamiselt just okka väikese auramispinna, arenenud kutiikula ja õhulõhede vähesuse tõttu. Okkaid langeb puudelt igal aastal, kuid mitte korraga, vaid osaliselt, sest iga okas elab kaks-kolm aastat. Just sellepärast peetaksegi mändi igihaljaks taimeks. Talveks sulguvad okka õhulõhed vahataolise ainega ja seepärast mänd, jäädes roheliseks, ei kuiva, sellele vaatamata et vee juurdevool juurte kaudu lakkab.

Mai lõpul puhkevad männid õitsema. Sel ajal võib tähele panna terveid pilvi «kollast tolmu», mis kerkib metsa kohale. Vihmasaju puhul langeb kogu see tolm maapinnale ja kantakse vee poolt lohkudesse, mis annab väheteadlikele inimestele põhjust kõnelda «väävlivihmast». Kollased tolmavad urvad asuvad antud aasta kasvude alumises osas. Urb koosneb peateljest, mis on kaetud väikeste isaskäbidega. Igal käbil on lühike telg, mis on kaetud soomustega (mikrosporofüllidega); nende alumisele pinnale kinnitub kaks tolmukotti (mikrosporangiumi). Viimastes moodustuvad mikrospooride tetraadid, millest arenevad tolmuterad. Valmimisel mikrosporangiumid lõhkevad, tuul haarab tolmuterad ja kannab need laiali. Männi tolmuterad on väga kerged, sest nad on varustatud kahe õhupõiega: viimased moodustuvad tolmutera kahel küljel välise kesta (eksiini) eraldumisel sisemisest kestast (intiinist). Valminud tolmutera koosneb ühest suurest vegetatiivsest rakust ja kahest väikesest rakust, mis ripnevad alla tolmutera sisemusse. Äärmist väikestest rakkudest nimetatakse anteridiaalseks rakuks. Seega toimub männil nagu teistelgi paljasseemnetaimedel eellehe ning sellel anteriidiumi moodustumine tolmutera sisemuses, järelikult on eelleht veelgi rohkem redutseerunud kui sõnajalgtaimedel.

Mänd on ühekojane taim. Kevadel tekivad tal noorte okste latvadel üheaegselt tolmavate urbade moodustumisega ka väikesed punakad emaskäbid. Viimased koosnevad lühikesele teljele kinnitunud kahesugustest soomustest: lihavamad on seemne-, kuivemad — kattesoomused. Seemnesoomused asuvad kattesoomuste kaenlas ning nad kannavad oma alusel kahte väikest seemnealget — makrosporangiumi.

Iga seemnealge tekib seemnesoomusele väikese kühmukesena, mis koosneb ühesugustest parenhüümsetest rakkudest. Üks viimastest, mis seisab keskel, suureneb ja muundub emarakuks, millest tekivad makrospoorid. Emarakk jaguneb reduktsiooniliselt ja pärast harilikku teistkordset jagunemist moodustub neli rakku (makrospoori), milledest üks suureneb tublisti ja muundub embrüokotiks (lootekotiks). Embrüokoti tuum jaguneb mitmekordselt ning annab alguse suurele hulgale jagunevatele tuumadele, millede vahele ilmuvad kestad. Nii tekib endosperm (varukude), mida võime vaadelda nagu emas-eellehte. Endospermi ümbritsevad rakud moodustavad koe, mis on seemnealgme südamikuks (nutselluseks) ning

on omakorda ümbritsetud kattega (integumendiga). Ainult katte ühte kohta, seemnealgme ülemises osas, jääb ava — seemnealgme suu, mikropüül, mis on tähtis viljastamisel.

Männil jääb seemnealge sellisesse seisundisse järgmise aasta kevadeni. Kevadel tekib endospermi selles osas, mis on pööratud mikropüüli poole, kaks arhegooniumi (joonis 165). Nende ehitus meenutab sõnajalgtaimede arhegooniumi ehitust. Samuti nagu viimastel on igas arhegooniumis üks suur munarakk paksu protoplasmalise sisu ja tuumaga. Selles arhegooniumi osas, mis on pöördunud mikropüüli poole, on mõha-kanalrakk; see kaob enne viljastamist. Igal arhegooniumil on algeline kael.

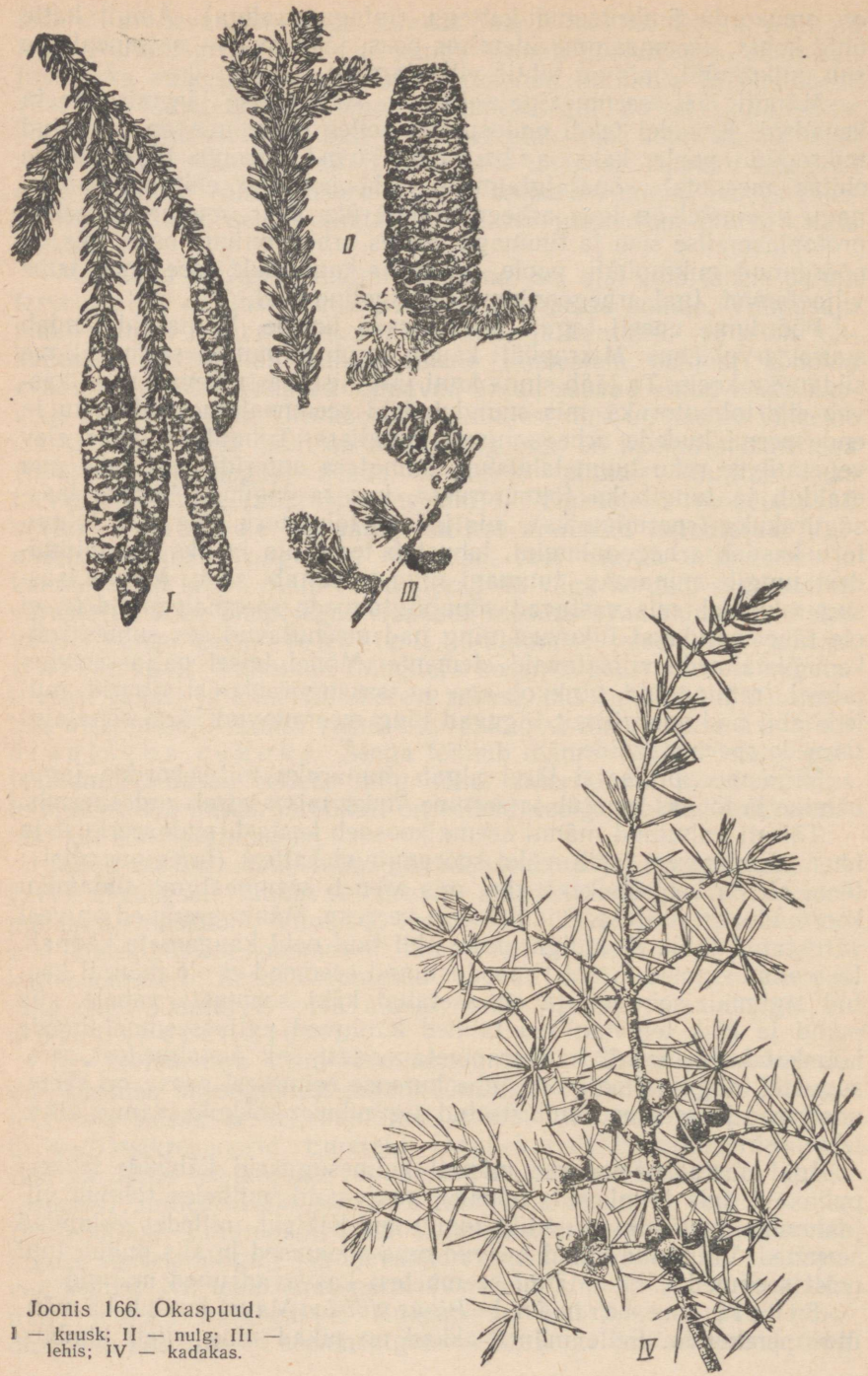
Pöördume uuesti tagasi tolmuterade juurde. Viimaseid lendab suurel arvul õhus. Mikropüüli kaudu satub tolmutera seemnealgme südamiku koele. Ta jääb sinna kuni järgmise aasta kevadeni ja kasvab siis tolmutoruks, mis suundub läbi seemnealgme südamiku ja endospermi kudede arhegooniumi kanalisse. Tolmutoru otsas olev vegetatiivse raku tuum lahustub, tolmutera anteridiaalne rakk aga eraldub ja tungib ka tolmutorusse, kus ta jaguneb kaheks isassugurakuks (spermiumiks), mis jäävad tolmutoru otsa. Kui tolmutoru kasvab arhegooniumini, lahustub tema ots ja üks spermiumidest tungib munaraku tuumani ning viljastab selle. Männi isassugurakkudel, mis vastavad sõnajalgtaimede spermatozoididele, ei ole tähelepandavat liikuvust ning nad meenutavad ses suhtes rohkem õistaimede viljastavaid elemente. Mõnel teisel paljasseemnetaimel (rahupalmid, ginkgo) aga on isassugurakkudel viburid, millede abil nad energiliselt liiguvad ning meenutavad väga sõnajalgtaimede spermatozoide.

Viljastamisprotsessi järel algab munaraku mitmekordne jagunemine ja lõpuks muutub ta seemne iduks, mis asetseb endospermis.

Täiesti valminud männi seeme koosneb kestast, endospermist ja idust. Seemnekest tekib makrosporangiumi kattest (integumendist); tema all on veel õhukene kile, mis areneb seemnealgme südamiku koest. Idul on juureke, 6 idulehte ja varreke. Männi seemned on veel varustatud tiibja lisandiga, mille abil tuul neid kaugemale kannab. Et seemnealgmed ja neist moodustunud seemned ei ole männil kaetud sigimiku seintega ja on asetatud käbi soomuste vahele, siis mänd ja kõik temataolised taimed kuuluvad paljasseemnetaimede hõimkonda, erinevalt katteseemnetaimedest ehk õistaimedest, missugustel, nagu saime teada juba kursuse esimesest osast, on seemnealgmed ja seemned ümbritsetud sigimikuks kokkukasvanud viljalehtedest.

Igal aastal näeme me männil kolmesuguseid käbisid: väikesi punakaid, mis tolmlevad; rohelisi, suuremaid, milledes toimub viljastumine, ja lõpuks pruuniks muutunud käbisid, milledes valmivad seemned. Valminud käbid avavad oma soomused ja siis puhub tuul neist seemned välja. Männi seemnetest kasvavad uued männid.

Siberi seedermänd (*Pinus sibirica* Mayr) kuulub ka mändide perekonda. Selle männi okkad on pikad ning viieti kimbus.



Joonis 166. Okaspuud.
I — kuusk; II — nulg; III — lehis; IV — kadakas.

Käbid on suured, munajad; seemned on kõva koorega, rikkad õlist. Viimaseid nimetatakse «seedripähkliteks».

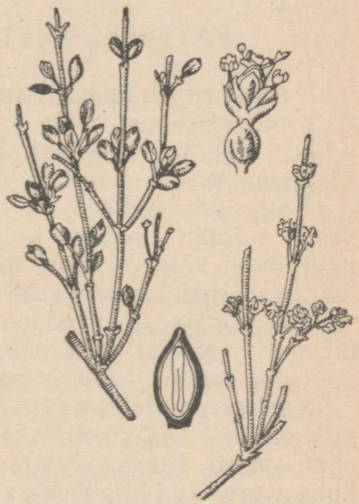
Harilik kuusk (*Picea excelsa* Link) erineb männist oma püramiidja kuju, varjusallivuse ja suurema nõudlikkuse poolest pinnase suhtes. Tema okkad on lühikesed, neljakandilised, torkivad, elavad 7—9 aastat ja rohkem. Emasõisikud on punakad, suuremad kui männil, isasõisikud väiksemad. Käbid on piklikud, rippuvad, küpsemisel mitte avanevad (joonis 166).

Siberi nulg, pihta (*Abies sibirica* Ledeb.). Tema okkad on lamedamad, kahe valkja triibuga, nürimad kui kuusel. Käbid seisavad okstel püsti ning avanevad küpsemisel. Alumised oksad juurduvad siberi nulul kergesti.

Euroopa lehis (*Larix europaea* DC.) on valguselembene taim, üheaastaste peenikeste pehmete mahalangevate okastega, mis on koondunud kimpudesse (10—12) ja asetsevad lühiokstel. Kevadel võib noortel võsudel näha üksikuid okkaid, millede kaenlas arenevad pungad, mis muunduvad järgmisel kevadel lühivõsudeks lehtede kimbuga. Käbid on lehisel väiksemad kui kuusel.

Botaanikaaedades ja oma kodumaal kasvavad *liibanoni ja *himaalaja seedrid (*Cedrus Libani* Loudon ja *C. deodara* Loudon). Need on suured puud, kattunud mitmeaastaste okaste kimpudega.

NSV Liidus hõlmavad okaspuud — mänd, kuusk jt. — määratu suuri maa-alasid. Metsade plaanikohane kasutamine võimaldab saavutada kasu kehvadest pinnastest. Okaspuude puit läheb ehitusmaterjaliks, tööstuslikuks tooraineks, küttepuudeks jne. Okaspuudest saadakse ka tõrva, pigi, tärpentini, kampolit ja teisi väärtuslikke aineid.



Joonis 167. Efedra (*Ephedra vulgaris*).

Vastaklehikute klassis, mis kuulub paljasseemnetaimede hulka, on kolm perekonda eriti originaalseid ja huvitavaid taimi: *efedra, *gneetum, *velvitšia. Kahe viimase perekonna liigid esinevad troopikamaades. Peatume lühidalt efedral.

*Efedrat (*Ephedra vulgaris* Rich.) (joonis 167) esineb kuivadel nõlvadel lõunapoolsetes steppides, samuti ka Krimmis ja Kaukaasias. Sellel väikesel (10—30 sm) okslikul põõsal on lehed pisikesed, soomusjad, vastakud ja asetsevad varrelülide alusel; lülilised varred aga esinevad roheliste vitstena ja on taimele assimilatsiooniorganeiks. Sügisel langevad haprad rohelised oksad maha, kevadel aga asenduvad need uute roheliste võsudega. Taim sisaldab alkaloidi efedriini, mida kasutatakse arstimina mao- ja reumaatiliste haiguste ravimisel. Oma välimuselt on efedra sarnane osjaga, kuid sügisel valmib

tal ohtralt erepunaseid mahlakaid vilju seemnetega (mida kannavad laiali linnud), mis näitab, et see põõsas kuulub seemnetaimede hulka. Enamik efedra liike — neid on 30 ümber — on kahekojased taimed.

Isaskäbid, mis asetsevad sõlmedel, koosnevad lühikesest teljest, millele kinnituvad kaks kuni kaheksa paari soomuseid; neist muunduvad ülemised mikrosporofüllideks mõne mikrosporangiumiga. Iga mikrosporofüll on üksik õis, mis koosneb tolmukast ja on kattunud alusel kahejaguse õiekattega. Emasõied asuvad üksikult või kahe-kolmekaupa lühikeste okste ladvas, mis on varustatud soomusjate ladvalehtedega. Emasõis koosneb sirgest seemnealgmest, mis on varustatud endospermi ja arhegooniumidega. Efedra seemnealge on ümbritsetud kahe kattega, milledest üks sirutub jätkeks, mis on mikrospooride püüdmiseks.

Vastaklehikute klassi kuuluvad taimed, milledel esineb nii paljasseemnetaimede kui ka katteseemnetaimede tunnuseid. Nagu paljasseemnetaimedelgi ei ole ka neil täielikku sigimikku, neil puudub keerukalt ehitatud muna-aparaat ja järelikult ka kahekordne viljastumisprotsess. Endosperm areneb suuremal osal vastaklehikutel juba enne viljastumisprotsessi. Kuid siiski on see klass läinud oma arengus kaugele, võrreldes teiste paljasseemnetaimedega. Progress seisab õie ehituses, millel on õiekate, mõnikord aga ka suletud viljalehed, mis ümbritsevad seemnealget. Vastaklehikute puidus on peale trahheiidide, mis on omased paljasseemnetaimedele, ka päris sooned (trahheed).

Vastaklehikute sarnasus katteseemnetaimedega ei õigusta veel pidada neid viimaste vahetuiks eelvanemateks. Küsimus, millisest paljasseemnetaimede rühmast on arenenud katteseemnetaimed, jääb veel lahendamata; on täiesti tõenäoline, et praeguste katteseemnetaimede esivanemad on juba ammu maapinnalt kadunud.

X PEATÜKK

KATTESEEMNETAIMED *(ANGIOSPERMAE)*

Katteseemnetaimede laialdane rühm hõlmab kogu seda taimestiku mitmekesisust, mida me leiame igal pool endi ümber: metsas, põllul, aias ja rohumaal. Kõigist tuntud taimedest moodustavad katteseemnetaimed ligi $^3/_4$ üldisest liikide arvust.

Katteseemnetaimed on need taimed, mida me tavaliselt kultiveerime toidu-, sööda- ja tehniliste kultuuridena. Peaaegu kõik umbrohud, välja arvatud vaid mõned sõnajalgtaimed ja samblad, kuuluvad katteseemnetaimede hulka.

Ühe sõnaga — need on kõige levinumad taimed, millega meil on alati tegemist ning mille morfoloogilis-anatoomilist ehitust me õppisime tundma selle kursuse esimeses osas.

Katteseemnetaimede iseloomulikuks erisuseks on emakas sigimikuga, mis kaitseb seemnealget (makrosporangiumi) ja loote- ehk embrüokotti. Emakas on moodustunud kas ühest või mitmest kokkukasvanud v i l j a l e h e s t, mis vastavad arhegoniaalsete taimede sporofüllidele. Tolmuterad koosnevad kahest rakust, milledest üks on vegetatiivne, teine generatiivne. Viimane jaguneb viljastamisprotsessis kaheks ja on vajalik kahekordseks viljastamiseks. Viljastavad rakud (spermiumid), mis vastavad spermatozoididele, on katteseemnetaimedel liikumatud; seepärast omab neil suurt tähtsust tolmutoru, mille abil isassugurakud tungivad lootekotti. Pärast kahekordset viljastamist muutub munarakk seemne iduks, lootekoti tuum aga endospermiks. Õied on katteseemnetaimedel kas ühe-

sugulised või sagedamini kahesugulised ning neil on mitmesugune ehitus. Katteseemnetaimed on arenenud Maakeral pärast paljasseemnetaimi, sõnajalgtaimi ja teisi eostaimi.

Katteseemnetaimed jagunevad kahte klassi: kaheidulehelised ja üheidulehelised, mis erinevad rea tunnuste poolest, mida on käesolevas kursuses juba mitmes kohas mainitud (vt. lk. 33.).

Üheidulehelised taimed on ilmunud Maakerale hiljem kui kaheidulehelised, viimaste ühest vanemast rühmast. Pärast toimus mõlema klassi arenemine paralleelselt. Kaheiduleheliste taimede arv ületab üheiduleheliste arvu.

Vaatamata ühe idulehe olemasolule, õie ehituse kolmetisele tüübile ja omapärasele varre ehitusele, ei ole üheidulehelised taimed muud kui tugevasti modifitseerunud kaheidulehelised. Kaheiduleheliste taimede seas, nagu me seda edaspidi näeme, esineb taimede esindajaid, millede ehitus sarnaneb üheiduleheliste taimede ehitusega; seepärast on üheiduleheliste taimede tunnuseid fülogeneetiliselt kerge tuletada varem Maakerale ilmunud kaheiduleheliste ehitusest.

Katteseemnetaimede uurimisel paistab silma mitmesuguste perekondade ja sugukondade esindajate ehituse ja arenemise sarnasus ja erinevus ning see võimaldab ühendada omavahel suguluses olevaid sugukondi suurematesse rühmadesse — seltsidesse, asetades need kindlasse süsteemi. Praeguse aja botaanika on veel kaugel sellise loomuliku liigituse loomisest, mis peegeldaks täiel määral katteseemnetaimede fülogeneetilist arenemist Maakeral, kuid siiski esinevad teaduslikes botaanika-kursustes taimede fülogeneetilised süsteemid.

Tunnused, millede järgi otsustatakse küsimus, milline katteseemnetaimede sugukond ilmus Maakerale hiljem, milline varem, ei ole lõplikult kindlaks määratud, ja sageli esitavad eri uurijad ühe ja sama küsimuse kohta otse vastupidiseid arvamusi. Nende küsimuste lahendamisel lähtutakse mitte ainult õie, vaid ka teiste organite morfoloogiast. Ollakse arvamisel, et liitlehine õiekate on ilmunud hiljem kui lahklehine; õie sügomorfsus on hilisema päritoluga kui aktinomorfsus; alumine sigimik ilmus samuti hiljem kui ülemine, nagu ka õiekatte lehtede piiratud arv, võrreldes suurema arvu lehtedega. Õisikud ilmusid hiljem kui üksikud õied ja väiksearvulised tolmukad hiljem kui rohkearvulised. Sünkarpne günetseum, mille viljalehed on liitunud, ilmus hiljem kui apokarpne günetseum, mille viljalehed on vabad. Üheaastased taimed ilmusid hiljem kui mitmeaastased ja rohttaimed hiljem kui puud ja põõsad. Liitlehed on hilisema päritoluga kui lihtlehed. Arvatakse, et õis on saanud alguse ürgpalmlehikute *(Benettitinae)* stroobilusest ehk käbist.

Hilisema päritoluga taimedel on täiuslikumad tunnused kui varem ilmunutel, millede tunnused on primitiivsemad. Kuid igas evolutsiooni liinis võisid ilmuda ühed ja samad tunnused, ning tunnuste kokkulangemist võis esineda ka üksteisega mitte seoses olevates evolutsiooniliinides.

Kaheiduleheliste taimede klass jaotatakse kaheks alamklassiks: lahk-kroonlehised ja liitkroonlehised taimed. Lahk-kroonlehistel taimedel koosneb õiekroon harilikult vabadest kroonlehtedest, mis on suured ja eredavärvilised, sageli ümbritsetud tupplehtedega; neil võib esineda aga ka lihtne, ilmetu õiekate või see puudub täiesti. Õiekatte puudumist ja tuultolmlemise esinemist mitmel kaheiduleheliste taimede sugukonnal pidasid teadlased hilja aegu veel primitiivseteks tunnusteks, mis tunnistavad selliste taimede põlist päritolu. Kuid praeguse aja uurijad arvavad, et need tunnused võisid ilmuda taimedel ka teistkordselt, seoses ümbritsevate tingimuste muutumisega. Teiselt poolt on palju tõendeid selle kasuks, et vanemaks kaheiduleheliste taimede seltsiks tuleb pidada hulkviljalisi taimi (tulikalised, magnoolialised jt.).

Just seepärast alustamegi süstemaatika käsitlemist tulikaliste sugukonnast, mis kuulub sellesse seltsi.

Liitkroonlehistel taimedel esinevad eredad õiekroonid kroonlehtedest, mis on suuremal või vähemal määral kokku kasvanud ja ümbritsetud tupega. Tolmlemine toimub neil peamiselt putukate abil. Liitkroonlehistel kinnituvad tolmukad harilikult õie kroonlehtedele; emakaid on üks.

Tutvume tähtsamate sugukondadega, milledesse kuulub enamik kultuurtaimi ja umbrohte.

ALAMKLASS: LAHK-KROONLEHISED *(CHORIPETALAE)* JA KROONLEHITUD *(APETALAE)*

1. 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 kahetine, kord lihtne — kroonjas; mõnikord muunduvad kroonlehed meenäärmeteks. Risttolmlemine toimub putukate abil, kuid esineb ka isetolmlemist. Viljad on seemnised või kukkurviljad. Tulikalised hõlmavad palju mitmetüübilisi taimi. Neid kasvab kõikjal: rohumaadel, põldudel, metsades. Paljud neist on mürgised ning nende eest tuleb hoiduda. Kariloomad, kes on söönud tulikalisi, kannatavad puhituse all, oksendavad, pasandavad, nende pulss on pikaldane, esinevad krambid; silmad vajuvad sügavale silmakoo-

[1] Kaheiduleheliste iseloomustust vt. lk. 33.



Joonis 168.

I — kibe tulikas *(Ranunculus acer)*: 1 — taime üldkuju; 2 — õis; 3 — õis läbilõikes; 4 — viljad; 5 — vili, seemnis läbilõikes; 6 — tolmukas;
II — võsaülane *(Anemone nemorosa)*: 1 — õitsev taim; 2 — võsu arenemine juurikast.

bastesse ja 6—12 tundi pärast krampide algust tuleb surm. Kuivatatult kaotavad tulikalised oma mürgised omadused. Aianduses hinnatakse mõningaid neist ilutaimedena, nagu pojengid *(Paeonia)*, käokingad *(Aconitum)*, kurekellad *(Aquilegia)*, elulõngad *(Clematis)* jt. Mõned elulõnga liigid on puistaimed.

Tulikalised hõlmavad suure hulga (üle 1200 liigi) välimuselt ja ehituselt mitmesuguseid taimi, mis on levinud peamiselt paraja ja külma kliimaga maades, samuti ka kõrgmägede karjamaadel.

Kibe tulikas *(Ranunculus acer* L.) (joonis 168, I) hakkab õitsema kevadel; eriti palju leidub teda aedades ja rohumaadel. Ta kõrgus on 20—80 sm. Tal on kimp kiulisi juuri. Lehed on sügavsõrmjalt viielõhised, rombjate osadega; alumised on pikarootsulised, ülemised kolmelõhised, rootsutud; varred on lidus karvadega, püstised, üksikute õitega okste ladvas; õied on viietised, roheka lahklehise tupega ja erekollaste vabade kroonlehtedega. Iga kroonlehe alusel on meenääre, mis on kattunud soomusega. Kollaste peadega tolmukaid, samuti ka emakaid on palju. Seemnised on paljad. Taim on kariloomadele mürgine; ta umbrohustab rohumaid. Tulikate perekonnas on palju liike: kibe tulikas, roomav tulikas, mürktulikas, vesitulikas, kuldtulikas, metstulikas jt.

Varakevadel hakkab õitsema võsaülane *(Anemone nemorosa* L.) (joonis 168, II) ja teised ülased (kollane ülane, metsülane), samuti ka sinilill *(Hepatica nobilis* Gars.) ja palu-karukell *(Pulsatilla patens* Mill.).

Kevadtaimede hulka kuuluvad ka sellised tulikalised, nagu kullerkupp *(Trollius europaeus* L.), kanakoole (Ficaria *ranunculoides* Roth) (joonis 169, I), varsakabi *(Caltha palustris* L.) ja *kevadine adoonis *(Adonis vernalis* L.) (joonis 169, II); viimane on ravimtaim (kasutatakse südamehaiguste ravimiseks).

Põldkukekannus *(Delphinium consolida* L.) (joonis 169, III) on umbrohi, mida esineb alati taliviljades, harvemini suviviljades, mõnikord aga ka kesapõldudel. Selle üheaastase taime iseloomulikud omadused on järgmised. Sinivioletsed korrapäratud kannusega õied on koondunud varrel hõredasse harulisse kobarasse. Õiekate koosneb viiest värvilisest tupplehest, milledest üks on kannusega, ja kahest kroonlehest, mis on kasvanud kokku väikeseks kiivriks; kiivri alumine ots on muutunud pikaks meenäärmeks (nektaariumiks), mis on mahutatud kannusesse. Kroonlehtede varjul asetseb üks emakas ja kuhjunud tolmukad. Noorematel õites katavad tolmukad emaka, tolmukapead aga on kannuse ava ees. Hiljem kuivavad tolmukad ning emakasuue asetub kannuse ava kohale. Risttolmlemine toimub pikanokaliste putukate abil, kes ulatuvad ammutama mesimahla kannusest. Vars on haruline, 15—30 sm kõrge, lehed kolmejagused, lineaalsete osadega. Kukekannusel esineb kukkurvili, seemned on tumehallid, 2—3 mm pikad, kergelt kolmekandilised, kattunud katusekivijalt õhukeste soomustega. Maitselt teravkibedad seemned on mürgised ja seepärast



Joonis 169.

I — kanakoole *(Ficaria ranunculoides):* 1 — taime üldkuju; 2 — mugulad ja pung; 3 — õis; 4 — kroonleht; 5 — õis õõsel; 6 — viljad; 7 — sigipung ja sellest arenev taim; II — kevadine adoonis *(Adonis vernalis):* 1 ja 2 — õitsev taim; 3 — õis; 4 — tolmukas; 5 — leht; 6 — risoom; 7 — kroonleht; 8 — viljad; 9 — seeme; III — põldkukekannus *(Delphinium consolida):* 1 — taime üldkuju; 2 — õis läbilõikes; 3 — vili; 4 — seeme.

tekitab taim mürgitust, peamiselt lammastele, millele mõnikord järgnevad krambid ja surm. Seemnevili tuleb kukekannuse seemneist hästi puhastada.

Ühes teiste sugukondadega (vesiroosilised, kukerpuulised, loorberilised, magnoolialised jt.) moodustavad tulikalised seltsi hulkviljalised *(Polycarpicae)*, s. t. neil on emakaid harilikult suuremal hulgal ja need asetsevad spiraalselt kumeral õiepõhjal.

Hulkviljaliste selts on huvitav selle poolest, et mõned selle seltsi esindajad, nagu vesiroosid *(Nymphaea)*, kanakoolmed *(Ficaria)*, kukerpuud *(Berberis)* jt., omavad seemnes ühtainsat idulehte, mis on tekkinud kahe idulehe kokkukasvamisel. Seega meenutavad need taimed üheiduleheliisi taimi. See sarnasus suureneb veelgi mõne esindaja õie ehituse kolmetise tüübi, samuti ka anatoomilise ehituse tõttu. Nagu üheiduleheliistel, nii on ka mõnedel hulkviljalistel kinnised juhtkimbud, mis on korrapäratult kogu varres laiali paisatud, kuna kaheiduleheliistel asetsevad juhtkimbud harilikult ühe ringina. Peale selle on mõne hulkviljalise arenemisel märgata peajuure kängumist. See kõik kõneleb sellest, et üheiduleheliste klass võis areneda hulkviljaliste seltsist, või — mis võib ka olla — et niihästi ühed kui teised taimed põlvnevad ühistest esivanematest.

Hulkviljalised on vanimaid kaheiduleheliste taimede seltse. Puudest kuuluvad nende hulka näiteks *suureõieline magnoolia *(Magnolia grandiflora* L.) — igihaljas lõunamaa dekoratiivne taim suurte lehtede ja lämmatavalt lõhnavate valgete või roosade õitega. Õie osad asetsevad spiraalselt, tolmukaid ja vabalt seisvaid emakaid on palju, tupplehti 3, kroonlehti 6 ja rohkem. Loorberiliste sugukonda kuulub *loorberipuu *(Laurus nobilis* L.) ja *avokaado *(Persea)*. Loorberipuu lehti kasutatakse maitseainena, avokaado suured marjad aga on eriti toitvad ja vitamiinirikkad.

2. sugukond: kukerpuulised *(Berberidaceae)*

Harilik kukerpuu *(Berberis vulgaris* L.) (joonis 170) on aedades esinev põõsas. Ta on üheks põhjuseks seenhaiguse — hariliku kõrrerooste — levimisel kõrsviljadel. Harilikku kukerpuud esineb ka metsistunult metsades ning ta moodustab mõnikord, näiteks Kaukasuse mägede nõlvadel, terveid tihnikuid. Kukerpuu oksad on hästi kaitstud kolmeharuliste asteldega, mis on moodustunud lehtedest. Roheliste lehtede kimbud arenevad lühivõrsetel, mis asetsevad astelde kaenlas. Lehed on äraspidimunajad, lühirootsulised, servadest ripsjad; helekollased õied arenevad kevadel longus kobarates. Tähelepandav on kuue tolmuka omadus ruttu kõverduda sissepoole, kui neid puudutatakse; seejuures puistatakse õietolmu putukatele, kes lendavad koguma mesimahla ruugetest nektaariumidest kroonlehtede alusel. Viljad on punased hapud kaheseemnelised marjad, mida kasutatakse keedisteks.

3. sugukond: pajulised *(Salicaceae)*

Need on kahekojased puud ja põõsad, mis õitsevad enne lehistumist või ühel ajal lehtede puhkemisega. Lehed on sagedamini terved, abilehtedega. Ühesugulised õied on koondunud õisikutesse — urbadesse, mis koosnevad hulgast soomusjatest kattelehtedest — nende kaenlas asetsevadki primitiivse ehitusega õied. Isasõied koosnevad mõnest vabast või kokkukasvanud tolmukast, emasõied aga ühest emakast ühepesase ülemise sigimikuga. Õiekate on are-



Joonis 170. Harilik kukerpuu *(Berberis vulgaris)*:
1 — oks õitega; 2 — õis läbilõikes; 3 — kroonleht ja tolmukad; 4 — vili



Joonis 171. Paju *(Salix)* — kahekojane taim:
1 — oks pungadega; 2 — oks isasõisikutega; 3 — isasõis; 4 — oks emasõisikutega; 5 — emasõis (3 ja 5 suurendatult).

nemata ja on mõnikord muundunud kahehõlmaseks meenäärmeks. Viljad on kuprad arvukate seemnetega, mis on varustatud siidjate karvadega.

Pajuliste sugukonda kuuluvad perekonnad: p a j u d *(Salix)*, mida on üle 200 liigi, h a a v a d ja p a p l i d *(Populus)* — kuni 30 liigiga.

R a a g r e m m e l g a s *(Salix caprea* L.) (joonis 171) on levinud kas põõsana või puuna; esineb metsades, kinkudel ja nõlvadel. Lehed on rootsulised, 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, asetsedes samasuguste soomuste kaenlas; emaka alusel on meenääre. Õitsemine toimub enne lehistumist; teda tolmeldavad mesilased ja teised putukad.

Puudena esinevatest pajudest on levinud r a b e r e m m e l g a s *(Salix fragilis* L.) ja h õ b e r e m m e l g a s *(Salix alba* L.), mis kasvavad kuni 25 m kõrgeks ja väga jämedaks. Suure tähtsusega on ka v i t s p a j u ehk korvipaju *(Salix viminalis* L.).

Pajusid kasutatakse tuiskliivade, paisude ja uhtorgude kinnistamiseks; nende puitu tarvitatakse lookadeks, ehitusteks, küttematerjaliks; vitstest punutakse korve, valmistatakse fašiine ja kalapüügiriistu.

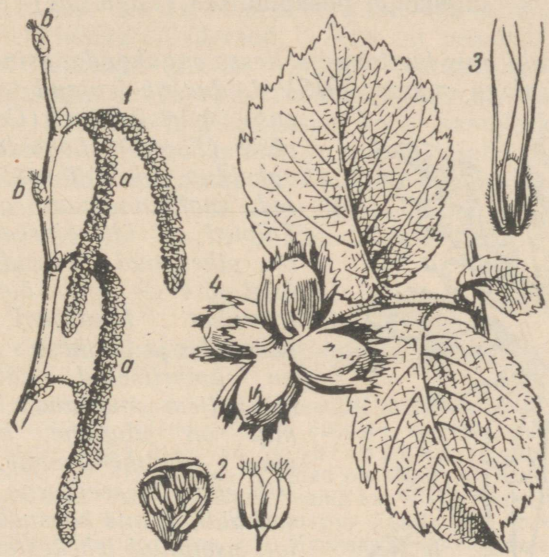
M u s t p a p p e l *(Populus nigra* L.) on levinud puu jämeda tüvega, kõrgusega kuni 25 m. Õitseb enne lehistumist, kusjuures ühtedel eksemplaridel ilmuvad punakad isasurvad, teistel hallikaskollased emasurvad. Isasõitel areneb narmalise servaga kattelehtede kaenlas 12—30 tolmukat, emasõitel aga vaid üksainus emakas. Tolmleb tuule abil. Lehed on mustal paplil lapikute rootsudega, rombjad või kolmnurksed, teritunud, saagja servaga. Seemned on väikesed, karvased, neid kannab laiali tuul. Musta paplit, nagu teisigi paplite liike (palsam-, püramiidpappel, hõbehaab), kasvatatakse dekoratiivpuuna. Samasse perekonda kuulub ka h a r i l i k h a a b *(Populus tremula* L.), mille puitu kasutatakse tselluloosi saamiseks, viskoosi, tikkude jne. valmistamiseks.

4. sugukond: kaselised *(Betulaceae)*

Sellesse sugukonda kuuluvad ühekojased, kevadel õitsevad taimed (puud, põõsad) ripnevate isasurbadega. Õiekate esineb väikeste soomustena. Isasõis on kahe kuni nelja lõhestunud tolmukaga. Emasõites on soomuste kaenlas kaks-kolm emakat, igaühel neist kaks niitjat verevat suuet. Vili on pähklike. Kaselistel on terved lehed saagja servaga.

Kaseliste hulka kuuluvad: kased *(Betula)*, lepad *(Alnus)*, karpiinus ehk valgepöök *(Carpinus)*, sarapuu *(Corylus)* — kõik urvasõielised taimed, mis õitsevad varakevadel ning tolmlevad tuule abil.

Sarapuu (*Corylus avellana* L.) (joonis 172) on põõsas, mis kasvab 3—4 m kõrgeks ja õitseb enne lehistumist. Esimestel soojadel päevadel hakkab sarapuu õitsema; isasurvad pikenevad kiiresti, ripnevad alaspidi ja vähimal raputamisel kanduvad terved pilved kollast õietolmu naabereksemplaridele. Urvad koosnevad painduvast peateljest, mille harudel on õiesoomused; nende kaenlas on õiekatteta õis, koosnedes neljast tolmukast, mis on lõhestunud kaheks. Emasõied ilmuvad isasõitest hiljemini samadel võsudel. Pungadest, mis on harilikest lehepungadest veidi suuremad, tungivad välja erepunased niitjad emakasuudmed. Sisemiste soomuste kaenlas on kaks emakat, milledest kumbki koosneb sigimikust ja



Joonis 172. Sarapuu (*Corylus avellana*) — ühekojane taim: 1 — oks, õitseb varakevadel; *a*, *a* — isasõisikud (urvad), *b* — pungad emasõitega; 2 — isasõis ja tolmukas; 3 — emasõis; 4 — oks lehtede ja pähklitega.

kahest punasest niitjast emakasuudmest. Õied on emaspunga välissoomustega kaetud ja ainult emakasuudmed ulatuvad välja ning võtavad vastu õietolmu. Pärast õitsemist puhkevad lehepungad ja võsud kattuvad lehtedega, milledel on lühikesed rootsud ja ümardunud või ovaalsed labad kahelihambulise servaga. Vili on pähkel, ümbritsetud suurekskasvanud lõhiste kattelehtedega.

Esineb veel teisi sarapuu liike, milledest mõned on võetud kultiveerimisele ja kasvatatakse eduga, näiteks Taga-Kaukaasias, kus neid tuntakse «fundukkide» nime all.

Määratu tähtsus on kodumaisel arukasel (*Betula verrucosa* Ehrh.), mis hõlmab laialdasi alasid NSV Liidu Euroopa-osas ja Siberis. Niiskematel kohtadel, soodel, kasvab sookask (*Betula*

pubescens Ehrh.), mille lehtedel on ümardunum alus ja alumine külg on kattunud karvadega. Kase väärtuslikku puitu kasutatakse ehitustel ja mitmesuguste pisiesemete valmistamiseks. Temast saadakse ka tõkatit, puupiiritust, tärpentini. Ka tüvel esinevatest «pahkadest» valmistatakse kallihinnalisi esemeid, mida tuntakse «karjala kasest» tehtud esemete nime all. Rabadel ja tundrates levib madal r a b a- ehk vaevakask (*Betula nana* L.), millel on põõsa kuju maad mööda sirutuvate okstega ja väikeste ümardunud lehtedega. Teda esineb põhjapoolsematel aladel.

5. sugukond: pöökpuulised *(Fagaceae)*

Suured puud, mis kuuluvad sellesse sugukonda, esinevad kuuma ja paraja kliimaga maades. NSV Liidus on levinud tamm (Quercus), päriskastan (Castanea) ja pöök (Fagus). Lehtede asetus on vahelduv, lehed lihtsad, sulghõlmised, mahalangevate abilehtedega. Taimed on ühekojased. Isasurvad on pikenenud, niitjad, rippuvad; õitel on 4—9-jagune õiekate ja 4—9 tolmukat. Emasõied asetsevad hõredates ja lühikestes peades. Nad on ümbritsetud kattelehtedega, mis hiljem muutuvad lüdiks. Sigimik on alumine, kolmepesane, suue — kolmehõlmane, erepunane. Vili on üheseemnene, ümbritsetud lüdiga, mis koosneb katusekivijalt asetunud lehekestest.



Joonis 173. Tamm *(Quercus pedunculata)*:
1 — õitsev oks; 2 — urb isasõitega; 3 — emasõied; 4 — viljad — tammetõrud.

H a r i l i k t a m m (*Quercus robur* L. ehk *Q. pedunculata* Ehrh.) on ühekojane puu, millel on võimas laiaharuline võra. Ta saavutab kõrguse kuni 40 m, elades 400—600, isegi kuni 2000 aastat vanaks (joonis 173). Puhtaid tammemetsi (tammesalusid) on säilinud veel kohati mustmullavööndis; NSV Liidu põhjapoolsemates osades esineb tamm harilikult ühes teiste puudega ja oma leviku põhjapiiril kasvab ta põõsana. Kirdes levib tamm kohati Volga taha ja isegi kuni Uraali mägedeni. Tammel on iseloomulikud sulghõlmised tumerohelised nahkjad lühirootsulised paljad lehed. Õitsemine algab 20—30-aastaselt. Õitseb pärast lehis-

tumist. Isasurvad on peenikesed, kõikuvad; õitel on 4—6-lehene õiekate ning samapalju tolmukaid. Emasõied ja viljad asetsevad raagudel, millede pikkus ületab leherootsu pikkuse. Tolmlemine toimub tuule abil. Vili on tõru. Tamme puit on erilise vastupidavusega; temast valmistatakse väärtuslikku mööblit, parketti, vineeri, vastupidavaid sildu, laevu jne. Koorest saadakse parkaineid; tõrusid kasutatakse söödaks ja «kohvi» valmistamiseks. Palju parkaineid on gallides, mis arenevad mõnikord suurel arvul tamme lehtedel. Gallid tekivad pahkvaablaste vastsete mõjul. Tamm on peamine puuliik, mida kasutatakse lõunapool põllukaitse metsavööndite istutamisel.

*L ä ä n e ehk r a u d t a m m e l (*Quercus sessiliflora* Salisb.) on emasõitel lühikesed õieraod, viljad on peaaegu raotud, leherootsud on pikemad. Levib rohkem lõunapoolsetes rajoonides. Suure tähtsusega on *k o r g i t a m m (*Quercus suber* L.), mida kasvatatakse Krimmis ja Kaukaasias korgi saamiseks.

*Päriskastanid ja *pöökpuud on suured laialehelised puud, mis levivad NSV Liidu edelaosas ja Kaukasuse mägede nõlvadel, kus neil on niisama suur tähtsus nagu tammedelgi.

Pöökpuulised ja kaselised ühendatakse seltsiks p ö ö k p u u l i s e d (*Fagales*).

6. sugukond: mooruspuulised (*Moraceae*)

Sellesse sugukonda kuulub palju troopilisi ja lähistroopilisi puid ning põõsaid, aga ka rohttaimi väänduvate või püstiste vartega; nad levivad parajas kliimas. Esimeste hulka kuuluvad *m o o r u s p u u d (*Morus alba* L., *Morus nigra* L.) (joonis 267, II), millede liitviljad on söödavad, lehti aga kasutatakse siidiusside toitmiseks. Samasse rühma kuulub ka *v i i g i p u u (*Ficus carica* L.) (joonis 267, I), mille liitvilju — «viigimarju» kasutatakse toiduks. Need puud on levinud NSV Liidu lõunaosas, eriti Kaukaasias. Mõned troopikataimed mooruspuuliste sugukonnast on rikkad piimmahlast ja kautšukist (**Ficus elastica* Roxb.).

Mooruspuuliste hulka kuuluvad ka humal ja kanep. Need on rohttaimed väänduvate või püstiste vartega. Lehed on vastakud, sõrmjagused või hõlmised, abilehtedega.

Taimed on kahekojased, väikeste rohekate õitega. Õiekate koosneb isasõitel viiest rohekast või kollakast lehekesest, millede vastas asetseb 5 tolmukat. Emastaimede õitel ei ole õiekatet; selle asemel on emakat sisaldav kokkurullunud katteleht. Emakas koosneb ühepesasest ülemisest sigimikust ja kahest niitjast suudmest. Vili on pähklike.

K a n e p (*Cannabis sativa* L.) (joonis 98) on kahekojane taim, mida kultiveeritakse kiu ja õli saamiseks. Isastaimi nimetatakse k o e r a s t e k s; õied on neil koondunud pöörisena. Emastaimed (kanepid) on tugevamad ja rohkem lehistunud, nende õied moodustavad peataolise õisiku, mis asetseb lehtede kaenlas. India kanep sisaldab uimastavat ainet — h a š i š i t. Kanepiga sarnane on

humal (*Humulus lupulus* L.) (joonis 38, 1), mis sisaldab oma «käbides» lupuliini, väärtuslikku ainet õlletööstuses. «Käbid» moodustuvad nutitaolistest emasõisikutest.

7. sugukond: nõgeselised *(Urticaceae)*

Nõges *(Urtica)* on sarnane kanepiga, kuid erineb temast kõrvekarvade, tervete lehtede ja neljajaguse õiekattega. Õied on rohelised, väikesed, ühesugulised, kaenlasisestes kobarates. Isas-



Joonis 174. Nõges (vasakul) ja ramjee (paremal):
I — kõrvenõges *(Urtica dioica)*: *a* — isasõis, mille 4 tolmukat on peitunud õiekattesse, *b* — sama õis lahtilöönult momendil, kui tolmukad on valminud, *c* — emasõis; isas- ja emasõied asetsevad kõrvenõgesel eri taimedel: II — ramjee *(Boehmeria nivea* Hook. et Arn.) — väga hea kiutaim.

õied on neljajaguse õiekattega ja nelja tolmukaga, mis asetsevad õiekatte osade vastas. Enne õitsemist on tolmukad kooldunult õie sisemuses, õite puhkemise momendil aga sirgenevad nad jõuga ja paiskavad seejuures välja õietolmu. Emasõitel on üks emakas ühepesase sigimikuga, pintselja suudmega, nelja õiekattelehega, mis pole ühepikkused. Vili on pähklike. Noori nõgeseid kasutatakse väärtusliku toiduainena, kuna täiesti arenenud nõgese vartest saadakse heakvaliteedilist kiudainet.

Üht nõgese liiki nimetatakse raudnõgeseks (*Urtica urens* L.) — see on väike ühekojane ja üheaastane taim; teine liik on kõrvenõges (*Urtica dioica L.*) — suurem mitmeaastane taim (joonis 174, I).

*Hiina nõgesel ehk ramjeel *(Boehmeria)* ei ole kõrve

karvu. Ta kasvab kuni 2 m kõrgeks ja annab hea kvaliteediga kiudainet (joonis 174, II).

Nõgeseliste ja mooruspuuliste sugukonnale on lähedane jalakaliste *(Ulmaceae)* sugukond, millesse kuuluvad väärtuslikud ja väga levinud suured puud jalakas *(Ulmus scabra* Mill.), künnapuu *(U. laevis* Pall.), *põld-jalakas (U. campestris). Neil on kahesugulised õied ja nad õitsevad enne lehistumist. Õitel on tupjas õiekate mõne sämbuga, 4—5 tolmukaga ja ühe emakaga. Lehed on ebasümmeetriliste pooltega, munajas-teritunud, saagjad. Viljaks on tiivulised seemnised. Kõik kolm sugukonda ühendatakse seltsiks nõgeselised *(Urticales).*

8. sugukond: tatralised *(Polygonaceae)*

Sagedamini on need rohttaimed vahelduvate lehtedega, millede abilehed kasvavad kokku ja moodustavad õhukese kile — tõrve, mis ümbritseb sõlmilist vart. Õied on sagedamini kahesugulised, korrapärased, koosnevad lihtsast kroonjast või tupjast õiekattest 5—6 tipmega. Tolmukaid on 3—9, emakaid — üks, sigimik on ühepesane, ülemine, 2—3 emakakaelaga, millel on nutjas või pintseljas suue. Vili on 2—3-tahuline pähklike või seemnis; seemned on jahuka endospermiga. Sugukonda kuulub kuni 750 liiki, mis on levinud kogu maakeral.

Harilik tatar (*Fagopyrum esculentum* Mnch.) on üheaastane taim lihaka punaka oksise varrega, mille kõrgus on 15—16 sm (joonis 175).

Lehed on laiad, teritunud, noolja või südaja alusega. Ülemised lehed on rootsutud, alumised rootsulised; kõik lehed on läikivad, rohelised või veidi punakad. Iga lehe alusel on õhuke tõri, mis ümbritseb vart sõlmest kõrgemal.

Tatra õied asetsevad kobaratena, mis tulevad lehe kaenlast; ülemine õisik esineb sagedasti sarikpöörisena. Tatra õied on küllalt suured, lõhnavad, meerikkad, värvuselt valged või roosad. Õiekate on lihtne, kroonjas, viietine. Tolmukaid on 8, emakaid — 1, kolme emakakaelaga. Tolmukaniitide alusel asetsevad näärmeringiks ühendunud meenäärmed (nektaariumid). Tatra õitel esineb dimorfne erikaelsus (heterostüülia): ühtedel õitel leiame me lühikesi tolmukaid ja pikki emakakaelu, teistel aga vastupidi — on pikad tolmukad ja lühikesed emakakaelad.

Õied risttolmlevad mesilaste abil. Isetolmlemine on tatral samuti võimalik, kuid see annab halvemaid tulemusi. Soodsaimad on tatra õitsemisel päikesepaistelised, vaiksed, küllalt niisked ilmad. Sellise ilmaga täituvad tatra õied mesimahlaga ja annavad tugevamat aroomi: mesilased suunduvad meesaagile ning mõne päeva jooksul täituvad kärjed meega. Palava kuiva ilmaga võib mesilasi tähele panna ainult hommikutundidel.

Tolmlemise ja viljastamise järel algab viljade — seemniste — arenemine, mis on tatral kolmetahulise kuju, teravate ning tervete servadega. Tatra seemnis on endospermiga, idu on igast küljest

toitekoega ümbritsetud. Idanemisel muutub tärklis suhkruks, kuid viimane siirdub osmoosi mõjul idusse. Idu annab ühe peajuure ja selle järel tärkab maapinnale kaks idulehte, mis on rullunud torukesena. Maapinnal ajavad punakad idulehed end sirgu, muutuvad



Joonis 175. Tatar:

a — alumine varre osa juurte ja lehtedega; *b* — õitsev oks; *c* — õis pikkade tolmukate ja lühikeste emakakaeltega, mille alusel on näha meenäärmed; *d* — õis lühikeste tolmukate ja pikkade emakakaeltega; *e* — emakas kolme emakakaelaga; f — vili.

roheliseks ja algab taime iseseisev elu. Tatra vegetatsiooniperiood kestab $2^1/_2$—3 kuud. Tatra saak kõigub eri aastatel tublisti.

Tatart kasvatatakse viljade pärast, millest valmistatakse tatratangu, mida NSV Liidus laialdaselt tarvitatakse. Tatra põhku kasutatakse potase tootmiseks.

Harilikul tatral on mitu vormi, mis erinevad terade välimuselt.

Nii on tiivutuid ja tiivulisi (idapoolseid) vorme. Viimasel on seemnise serval tiivulised lisemed. Idatatral (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) on õied rohekaskollased. Siberis nimetatakse seda «karlõkiks» ehk «dikušaks». Ta annab väikesi ja paksukestalisi seemniseid kortsunud servadega.

Teistest tatraliste sugukonna üheaastastest taimedest esineb teeäärtel, õuedel, karjamaadel, jõekallastel ja mujal sagedasti harilik linnurohi (*Polygonum aviculare* L.) — väike taim, mis hästi kannatab tallamist. Seda niinimetatud «mururohtu» söövad meelsasti haned.

Viljapõldudel esinevad umbrohuna villane kirburohi (*Polygonum tomentosum* Schrank), lina-kirburohi (*P. linicola* Sutul.) ja konnatatar (*P. convolvulus* L.). Viimasel on väänduv vars, 10—100 sm pikk. Vars on peenike, nurgeliselt vaoline, hõredate südajas-nooljate lehtedega, millede alusel esineb tõri. Õied sarnanevad tatra õitega, olles koondunud kobaraisse, mis väljuvad lehekaenlaist. Õiekate on lihtne, väljast rohekas, seest valkjas. Tolmukaid on 8. Viljad on kolmetahulised, raskesti eraldatavad tatra väikestest viljadest. Pikkus on 3 mm. Viljad satuvad peksmisel teravilja hulka, mida tuleb neist puhastada.



Joonis 176. Hapuoblikas (*Rumex acetosa*).

Niisketel kohtadel kasvab mõru kirburohi (*Polygonum hydropiper* L.) — üheaastane taim, mürgine, pipra maiguga; teda kasutatakse ravimtaimena verejooksu tõkestamisel. Dekoratiivse väärtusega on *sahhalini tatar (*Polygonum sacchalinense* F. Schmidt) — kõrge, risoomidest kiiresti arenev taim.

Rohumaadel kasvab ussitatar (*Polygonum bistorta* L.) — mitmeaastane taim hästi tugevate risoomidega. Rohumaadel kasvavad ka oblikad (*Rumex*), nagu kärnoblikas, väike oblikas, hapuoblikas (joonis 176). Oblikad näitavad mulla liigset happesust, osutades sellele, et muld nõuab lupjamist. Väike oblikas (*Rumex acetosella* L.) umbrohustab tugevasti viljapõlde ja kesavälju. Seemnete kõrval paljuneb oblikas veel ka juurevõsunditega.

Kesk-Aasia kõrbetes on määratu tähtsus *džuzguunil (*Calligonum*), mida kasutatakse tuiskliivade kinnistamiseks. See taim juurdub kergesti ja

levib kiiresti suure arvu seemnete tõttu, kui tuulest lahtikistud taim veereb ühest kohast teise. Džuzguunist tuntakse 71 liiki.

Köögiviljadest kuulub tatraliste sugukonda rabarber *(Rheum)* — suur mitmeaastane taim jämedate seest õõnsate varte ja suurte lehtedega, millede raagusid kasutatakse toiduks.

9. sugukond: maltsalised *(Chenopodiaceae)*

Nad on suures enamuses rohttaimed vahelduvate, harvemini vastakute lehtedega, abilehtedeta. Maltsalisi esineb kuni 500 liiki. Väikesed õied on koondunud kerakestesse («kägaratesse»), kerakesed aga pöörisjatesse või peataolistesse õisikutesse. Õied on ühesugulised või kahesugulised, viietised. Tolmukaid on sama palju kui õiekatte osi, emakad on 1—4 suudmega, ühepesase sigimikuga. Sigimik on ülemine, välja arvatud peet, millel sigimik on keskmine. Tolmlemine toimub tuule, harva putukate abil või isetolmlemisel. Mitmel hanimaltsa ja maltsa liigil muutuvad viljad ja varred antotsüaanist sügiseks helepunaseks. Viljad on seemnised, kokkukasvanud õiekattega. Seemnetel on rõngataoliselt kõverdunud idu. Seemned kantakse laiali inimeste ja loomade jalgadel ühes poriga. Metsikult kasvavad maltsalised arenevad hästi soolakutel. Ebameeldiv lõhn teeb nad söödataimedena kõlbmatuks. Maltsaliste kultuurliikidest on tähtsad peet ja spinat.

Peet (*Beta vulgaris* L.) on kaheaastane taim (joonis 177). Normaalselt kasvab esimesel aastal vaid lihakas juurikas, mille ülemine osa (peake) on lühenenud vars, mis kannab endal lehekodarikku. Õisikandvad varred kasvavad juurikatest, mida säilitatakse hoolega kas aukudes või keldrites kuni järgmise kevadeni ning istutatakse need siis erilisele, hästi väetatud ja sügavalt haritud maa-alale.

Peedi arenemine algab seemnete idanemisega. Seemned on koondunud ühte ühisesse kerakesse («kägarasse») — liitvilja, mida praktikas vääralt «seemneks» nimetatakse. Igas liitviljas on 2—6 seemet ning idanemisel kasvab ühest kerakesest kuni 6 taime, sagedamini 3—4. Vastavalt kokkukasvanud viljade arvule on kerakestel sees õõned, üheainsa seemnega igaühes. Need õõned on väljastpoolt kattunud seemnekaanekesega, mida võib kõrvaldada noa abil ning jõuda nii seemneni. Seemned on 2—3 mm pikad, neil on neerjas kuju; nad koosnevad mustast või tumepruunist kestast, mis ümbritseb valget tärkliserikast endospermi ning temasse peitunud idu.

Iga taimeke koosneb algul juurest, idulehealusest varreosast ja kahest idulehest, mis viimastena väljuvad emakerakesest. Maapinnal lähevad nad roheliseks ja sellest momendist algab taime iseseisev arenemine.

Juur tungib ruttu maapinda ja täielikult väljaarenenult ulatub 2—3 m sügavusse. Ta toidab taime sooladega ja varustab teda

veega. Lehtede juurmine kodarik on fotosünteesi teostajaks: seepärast on lehestiku hea arenemine üheks suure saagi saamise tingimuseks. Lehtedel on pikad rootsud ja munajad labad, mis on tömbid,



Joonis 177. Peet (*Beta vulgaris*):

1 — taim esimesel aastal: *a* — pea, *b* — juurekael, *c* — juur; 2 — peedi õitsev taim teisel aastal; 3 — peataoline õisik; 4 — õis; 5 — õis läbilõikes; 6 — liitvilja moodustumine; 7 — liitvilja läbilõige; 8 — seeme läbilõikes: *a* — juur, *b* — kaks idulehte, *c* — varutoitekude; 9 — liitvilja idanemine: *a* — juur, *b* — osa kestast, mis on jäänud juure otsale.

alusel kergelt südajad, servast enam-vähem lainelised. Seemnete saamiseks valitakse hulga juurikate seast antud sordile tüüpilisemad. Alalhoitud peedi juurikaid istutatakse kevadel nii, et nende

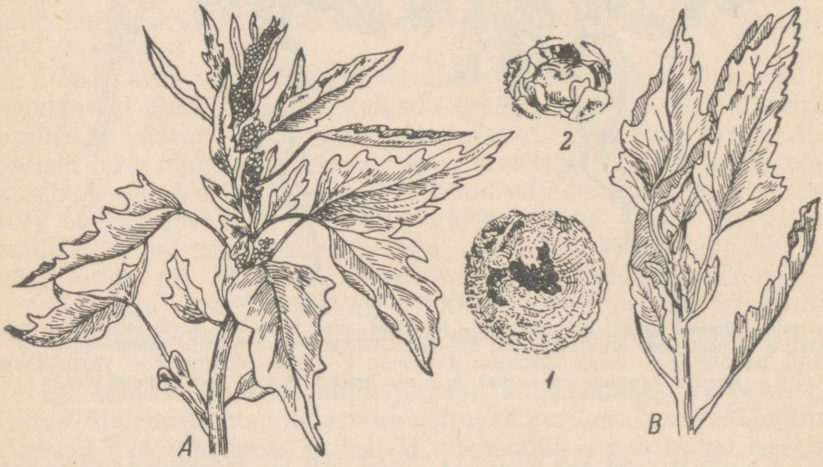
pea oleks ühel kõrgusel maapinnaga ja kaetud õhukese mullakihiga. Peast, millel on hulk silmi, algab noorte võsude arenemine.

Peedi õitsvatel taimedel on püstised, tublisti oksised varred, kattunud spiraalselt asetunud piklike või süstjate rootsuliste lehtedega. Kogu taim on paljas, kasvab 60—120 sm kõrgeks. Õite kerakesed on koondunud väga pikkadeks lehistunud peadeks. Kerakesed asetsevad lineaalselt süstjate kõrglehtede kaenlas, mis neid pikkuses ületavad. Kerakesed koosnevad 2—5 õiest, mis on kokku kasvanud. Igal õiekerakesel on roheline viiehõlmane õiekate, mis jääb hiljem liitvilja külge ja puitub. Tolmukaid on õies 5, nad asetsevad kohakuti õiekatte osadega; emakaid on 1, ja see koosneb poolalumisest sigimikust, mis on kokku kasvanud õiekattega, ning 2—3 piklikust suudmest. Õitsemise ajal levitavad peedi õisikud tugevat mee lõhna. Peedil esineb risttolmlemine.

Peet kuulub tähtsamate kultuurtaimede hulka: tema suhkrut sisaldavaid sorte kasvatatakse suhkru tootmiseks, söödasordid lähevad loomasöödaks, söögisordid aga inimestele toiduks.

Köögiviljataimede hulka kuulub ka aedspinat (*Spinacia oleracea* L.) — üheaastane kahekojane rohttaim. Toiduks kasutatakse noori lehti. Umbrohtudest kuuluvad maltsaliste sugukonda hanimalts, harilik malts jt.

Valge hanimalts ehk rahvasuus lihtsalt malts (*Chenopodium album* L.) esineb mitme vormina, mis on omavahel sarnased (joonis 178). Ta kasvab igal pool elamute ümbruses ja prahipaikadel, levides siit rohkearvuliste seemnete abil aedadesse ja põldudele, muutudes pahimaks üheaastaseks umbrohuks. Tema iseloomulikud tunnused on järgmised: sirged ja oksised varred vahelduvate lehte-



Joonis 178. Valge hanimalts (*Chenopodium album*):
A — taim päevases asetuses; B — taim õises asetuses; 1 — hanimaltsa seeme; 2 — hanimaltsa õis (suurend.)

dega; lehtede rootsu alusel on verevad täpid; lehed on piklikud ja munajas-rombjad, jämedahambulised, alusel talbjad, kattunud jahuka kirmega, s. o. peenikeste mahlaga täitunud karvadega, millest taim saab valkja värvingu. Õisik on pöörisjas, õied koondunud rohelisteks ilmetuteks kerakesteks, mis on samuti kattunud jahuka kirmega. Igas kerakeses on mitu kahesugulist õit, mis koosnevad emakast, viiest tolmukast ja viiest õiekattelehest. Õiekate jääb vilja ümber. Seemned on läikivad, mustad, pisut terava servaga; neid eraldub teravilja puhastamisel suurel hulgal sorteerimismasinate alla. Seemneid söödetakse jahvatatult kariloomadele. Hanimaltsade perekonnas on palju liike. Hanimaltsadega sarnaneb maltsade perekond, kus on samuti palju liike.

Harilik malts *(Atriplex patula* L.*)* on tavaline üheaastane umbrohi, mida esineb igal pool (jäätmaadel, aedades, tänavatel jne.). Ülemised lehed on südajad, alumised alusel hammastega. Õied on ühesugulised, taim — ühekojane. Emasõied on ilma õiekatteta, kuid kahe kattelehega, isasõitel on viielehene õiekate. Lehed on tumerohelised, mõlemalt poolt ühevärvilised.



Joonis 179. Päine rebashein *(Amaranthus retroflexus):*
1 — taime üldkuju; 2 — isasõis; 3 — emasõis; üleval — vili.

Okasmalts ehk okasleht *(Salsola kali* L.*)* [1] (joonis 264) on levinud mustmullal ja soolakutel. Ta on väga halb umbrohi, mis seemendub pärast vilja koristamist. Taim on haraliste oksiste vartega. Lehed on poolsilinderjad, teritunud, torkavad. Õied asetsevad 2—3 kimbus. Õiekate on viiejagune. Sügiseti murrab tuul varre juurekaelast lahti ning veeretab siis taime steppides, puistates välja seemiseid («veere-üle-välja»).

Stepi soolakutaimede hulka kuulub ka üheaastane soolarohi *(Salicornia herbacea* L.*)* [2] (joonis 265) ja *lehitu anabaasis *(Anabasis aphylla* L.*)*. Viimane on poolpõõsas, 40—60 sm kõrge, lihakate varte ja väikeste soomusjate vastakute lehtedega, mis on kokku kasvanud tuppedena. Juure pikkus on kuni 6 m. Igal aastal kasvavad juurtest tumerohelised võsud, mis surevad sügisel. Alkaloidi anabasiini, mida sisaldavad noored võsud, kasutatakse näriliste kahjurite tõrjeks.

Maltsaliste sugukonnas esineb harva ka puid. Kesk-Aasias on levinud

[1]; [2] Okasmaltsa ja soolarohtu esineb Eesti NSV-s vaid mererannikul. *Tõlkija.*

*saksaul *(Haloxylon)* — madal puuke kõverdunud ja jändriku tüvega; kasvab kõrbetes.

Maltsalistega sarnanevad rebasheinaliste *(Amaranthaceae)* sugukonda kuuluvad taimed. Neist on väga kahjulik umbrohi *päine rebashein *(Amaranthus retroflexus* L.) (joonis 179). See on üheaastane taim, vars — 15—100 sm kõrge; esineb suviviljades, sagedamini aga umbrohustab rühvelkultuure (peete, kartuleid, porgandeid) ja köögiviljapõlde. Päisel rebasheinal on vaolised oksised varred ja rootsulised munajad, alusel talbjalt ahenenud terveservalised lehed. Õied on väikesed, kollakasrohelised, koondunud kerakestesse, ning moodustavad pöörisjaid kaenlasiseseid ja tipmisi õisikuid. Õiekate on viie kileja lehekesega; tolmukaid on 5, emakaid — 1, viimasel 3 suuet. Isas- ja emasõied asetsevad eraldi ja ühekojaselt. Iga õie alusel on 3 kattelehte, milledest üks on teistest suurem. Vili on kupar, mis avaneb põiki kaanekesega[1].

Taime viljakus on väga suur: üks taim annab kuni 500 tuhat seemet. Teine rebasheinte liik, *valge rebashein *(Amaranthus albus* L.) on Nõukogude Liitu sisse toodud Ameerikast. Ta levib lõunaosas ja on äärmiselt kahjulik.

10. sugukond: nelgilised *(Caryophyllaceae)*

Sellesse väga suurde sugukonda (üle 1400 liigi) kuulub niihästi üheaastasi kui ka mitmeaastasi rohttaimi. Varred on sõlmised. Lehed on vastakud, lihtsad, terveservalised, harilikult abilehtedeta. Õisik on ebasarikas, õiekate lihtne või kahetine. Tupp on lahk- või liitlehine, koosneb 4—5 lehest, kroon lahklehine; kroonlehtedel on arenenud pinnuke ja naast, millede piiril on hambataolised lisemed (lisakroon). Tolmukaid on 10, harva 5 või vähem. Sigimik on ülemine, ühepesane, 2—5 emakakaelaga. Õied on kahesugulised, harva ühesugulised. Domineerib risttolmlemine, mis toimub putukate abil; tolmukad avanevad enne kui valmivad emakad (protandria, eelisasus). Vili on hulgaseemnene 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 sarnlevad maltsalistega, sest nende õied on koondunud kerakestesse ja on lihtsa rohelise õiekattega. Neid eraldatakse mõnikord eri sugukonnaks — kaderohulisteks *(Scleranthaceae),* näiteks kaderohud (joonis 180, I). Nelgiliste esimese rühma moodustavad lihtsa õiekattega taimed. Teise rühma kuuluvad taimed lahklehise tupega ja kroonlehtedega, milledel puudub pinnuke (vesihein, tähtheinad), kolmanda rühma taimedel (tõrvalilled ja nelgid) aga on liitlehine tupp ja kroonlehed selgesti märgatava pinnukesega.

---

[1] Päist rebasheina esineb Eesti NSV-s väga harva, peamiselt linnades prahipaikadel. *Tõlkija.*



Joonis 180.

I — Põld-kaderohi *(Scleranthus annuus)*: A — taime üldkuju; veidi vähendatult; B — noor taim; C — vili; II — äiakas *(Agrostemma githago)*: 1 — taime üldkuju: *a* — tupp, *b* — kroonleht; 2 — kroonlehed ja kolm tolmukat; 3 — emakas; 4 — äiaka seeme (suurendatult).

Äiakas (*Agrostemma githago* L.) (joonis 180, II) on üheaastane taim, 40—80 sm kõrge. NSV Liidu keskvööndis on äiakas levinum umbrohi suviviljades, sagedamini just kaeras. Lõunaosas esineb teda ka taliviljades. Selle umbrohu poolt tekitatava kahjustuse ulatust näitab juba see fakt, et on olemas isegi eri viljapuhastamisemasinad, mille abil kaer ja teised teraviljad puhastatakse äiaka seemnetest.

Taime botaanilised tunnused on järgmised. Äiakas on nelgiliste sugukonna tüüpiline ja kena taim. Varred ja lehed on hallikarvased, pehmed. Lehed on vastakud, lineaalsüstjad, teravad, ümbritsevad vart. Õied on suured, tupp liitlehine, koosneb viiest lehest, mis ulatuvad üle kroonlehtede; kroon on viielehene, ilus, tumeroosa, lahklehine. Kroonlehtedel on tiivuline pinnuke ja lai naast. Tolmukaid on 10, emakaid 1, emakakaelu 5. Emakasuudmed on ümberringi karvastunud. Vili on kupar, valminult avaneb kuiva ilmaga viie hambaga. Seemned on peaaegu 3,5 mm pikad, neerjad, kattunud konaratega, tuhmid, mustad või tumepruunid. Äiaka seemned sisaldavad mürkainet — saponiini, mis mõjub ärritavalt seedeorganeile, paralüseerib närvikava ja südame tegevust. Saponiin lahustab punaseid vereliblesid. Seemnete mürk mõjub kanadele, hobustele ja inimestele. Lambad ja närilised ei ole sellele mürgile tundelised. Siberis ja Uraalis kasutatakse äiaka seemneid piirituse ajamiseks. Äiaka seemnete kuumutamisel suure rõhu all hävineb nendes olev mürk ning seemneid võib siis tarvitada söödaks, sest nende toitevääртus on suur.



Joonis 181. Harilik kadakkaer (*Cerastium triviale*):
1 — täiskasvanud taim; 2 — õis; 3 — leht; 4 — vili — kupar; 5 — kupra hambad; 6 — seeme; 7 — noor taim.

Äiaka tõrje seisab seemnevilja puhastamises, sest vilja koristamisel äiaka seemned ei varise, vaid satuvad peksumasinasse.

Harilik kadakkaer ehk harilik sarvrohi (*Cerastium triviale* L.) (joonis 181) on üheaastane umbrohi, 8—45 sm kõrge; teda esineb tali- ja suviviljades. Varred on tõusvad, juurduvate okstega. Lehed on vastakud, elliptilised, ülemised — rootsutud, alumised — lühirootsulised. Õisik on ebasarikas. Õied on valgete pügaldunud kroonlehtedega, mis on sama pikad kui tupplehed. Kupar on 10 hambaga, kergelt kõverdunud.

Teistest nelgiliste sugukonna umbrohtudest on levinud veel järgmised: nurmenelk (*Dianthus deltoides* L.), harilik põisrohi (*Silene inflata* Sm.), põld-nälghein (*Spergula arvensis* L.), *lehmalill (*Vaccaria vulgaris* Host.) *ja* seebilill (*Saponaria officinalis* L.), samuti ka vesihein (*Stellaria media* Cirillo), oras-tähthein (*Stellaria graminea* L.). Need on enamasti põldudel ja rohumaadel esinevad umbrohud. Viimane mõjub kahjulikult hobustele, mistõttu oras-tähtheina nimetatakse «uimastavaks rohuks» või «hobusemürgiks» (kohati NSV Liidus). Tähtheinad tekitavad hobustel söögiisu kadu, jalgade tursumist, kõikuvat käiku ja suurt nõrkust. Isegi heinas on nad mürgised.

Maltsaliste, rebasheinaliste, nelgiliste jt. sugukonnad kuuluvad seltsi kesk seemnelised (*Centrospermae*). Selle seltsi taimedel on kesksed seemnekandjad ja kooldunud seemned neerja kujuga, kõverdunud iduga, mis asetseb jahuka endospermi ümber.

11. sugukond: magunalised (*Papaveraceae*)

Unimagun ehk aedmagun (*Papaver somniferum* L.) (joonis 182, I) on üheaastane taim, mida kultiveeritakse toitvate ja maitsvate seemnete pärast, mis sisaldavad palju õli. Kogu taim



Joonis 182.
I — Unimagun (*Papaver somniferum*); kroonlehed on punased või violetsed tumedate laikudega; vili — kupar, kiirja suudmega; õiepungad asetsevad longus raol; taim sisaldab piimmahla; II — vereurmarohi (*Chelidonium majus*): 1 — õitsev taim; 2 ja 3 — vili; 4 — õis; 5 ja 6 — tolmukad; 7 — emakas; 8 — seeme.

sisaldab valget piimmahla, millest toodetakse arstiteaduses kasutatavat preparaati — morfiumi.

Aedmaguna botaanilised iseärasused on järgmised. Taimel on hargnev sammasjuur; juurmised lehed on koondunud kodarikuks, varrelehed on rootsutud, varreümbrised, piklikud, kahelihambulised. Varred ja lehed on paljad, sinakasrohelised. Õiepungad asetsevad pikal allakäändunud karvasel õieraol. Nad on kaitstud kahe tupplehega, mis langevad maha õie puhkemise momendil. Õied asetsevad püstunud õieraol. Neil on neli suurt ja õrna kroonlehte, mis on valge, violetse või punase värvusega. Kroonlehtede alusel on tume laik. Tolmukaid on palju, nende niidid on ülaosas laienenud. Vili on ühepesane kerajas või munajas kupar, mis avaneb augukestega või on täiesti suletud («pimemagun»). Seemneid on palju, nad on valged, pärast tumehallid. Vilja suue on 10—15 kiirega.



Joonis 183. Harilik punand *(Fumaria officinalis)*.

Mustmullavööndis esineb viljades kukemagunat *(Papaver rhoeas* L.), millega tuleb pidada võitlust. Ta õied on helepunased ning paistavad teravalt silma.

Vereurmarohi *(Chelidonium majus* L.) (joonis 182, II) kasvab tarade ja seinte ääres, mõnikord ka metsatihnikus. Kogu taim sisaldab kollast piimmahla ja on kattunud hõredate karvadega. Ta on mürgine. Lehed on sügavalt sulglõhised, ümardunud hõlmadega, kanneljad. Õied on kollased, pikkadel õieraagudel. Puhkemata õiepungadel on näha tupp kahest lehekesest, mis aga hiljem maha langeb. Kroon koosneb 4 vabast lehest. Tolmukaid on palju. Vili on pikk ühepesane kupar. Mustad seemned on varustatud erilise lihaka valge lisemega, mille tõttu sipelgad levitavad seemneid. Just seepärast kasvavad vereurmarohud mõnikord isegi lagunevatel kivimüüridel ja igal pool, kuhu sipelgad kannavad seemneid. Vereurmarohu mahla kasuta-

takse rahvameditsiinis soolatüügaste kaotamiseks ja maksahaiguste ravimiseks. Kariloomad, kes on söönud vereurmarohtu, kannatavad iiveldustunde, oksendamise, puhituse, verise pasanduse all ja hukkuvad viimaks jõuetusest.

Magunalistele lähedased on punandilised *(Fumariaceae)*, milledest harilik punand *(Fumaria officinalis* L.) on levinud viljapõldudel kui üheaastane umbrohi (joonis 183). Ta on väikese kasvuga (kuni 30 sm), oksise varre ja mitmekordselt sulgjaguste vahelduvate lehtedega. Taim on hallikasroheline, väikeste sinakaslillade või roosade korrapäratute õitega, mis on koondunud kobaratena. Tupp on nagu magunalistelgi ruttu maha langev, kahelehene. Neljast kroonlehest on üks meekannusega. Tolmukaid on kaks, mõlemad on jagunenud ülal kolme ossa. Igas kimbus on keskmine tolmukapea kahepesane, külgmised ühepesased. Sigimik on ülemine, ühepesane, viljad — hallikaspruunid üheseemnelised pähklikesed.

Punandiliste hulka kuulub ka metsades levinud ja varaõitsev harilik lõokannus *(Corydalis solida* Sm.) violetsete ja kollaste õitega.

12. sugukond: ristõielised *(Cruciferae)*

Ristõieliste sugukonda kuuluvad rohttaimed vahelduvate lehtedega, ilma abilehtedeta. Õied on kobarates, korrapärased, neljatised, lahklehise tupe ja krooniga. Tupplehed vahelduvad kroonlehtedega. Tolmukaid on 6, neist 4 pikemat ja 2 lühemat. Emakaid on 1, kahepesase sigimikuga, mis on jaotatud ebavaheseinaga. Emaka alusel on meenäärmed. Vili on kõder või kõdrake, hulgaseemnene, lõhenev kaheks poolmeks või jagunev üksikuteks osadeks. Harva on vili üheseemnene pähklike. Ristõieliste seemned on endospermita, kõverdunud iduga, rikkad õlist. Taimede määramisel on peale teiste organite tähtis veel vili. Ristõieliste hulgas on palju umbrohte ja kultuurtaimi — õlitaimi. Ristõielisi on tuntud üle 2000 liigi.

Kõtradega ristõielised

Aedkapsas *(Brassica oleracea* L.) (joonis 184) on kaheaastane taim, mis kasvatab esimesel aastal lihaka varre ja mahlakad lehed. Teisel aastal istutatakse kapsapead seemnete saamiseks sügavalt haritud ja väetatud alale. Ta varred kasvavad 60—120 sm pikaks. Kapsa ülemised lehed on rootsutud, piklikud, hambulised; alumised — rootsulised, kanneljad. Lehed on kaitstud vahakirmega; nad on paljad, läikivad. Helekollased ristõied asetsevad pikenenud hõredates kobarates. Tupplehed, samuti nagu tolmukadki, on püstised. Kõdrad on pikenenud, püstised, sõlmilised; seemned on kerajad, pruunikad, siledad. Vilja poolmetel on üks kesksoon.

20. 4.



Joonis 184. Aedkapsas *(Brassica oleracea)*:

I — kapsa teisendid: 1 — peakapsas; 2 — kähar peakapsas; 3 — lillkapsas; 4 — rooskapsas; 5 — nuikapsas; 6 — sõõdakapsas; II — õis ja vili: 1 — õisik — kobar; 2 — tuppleht ja kroonleht — neid mõlemaid on kapsal neli; 3 — emakas (keskel), ümbritsetud nelja pika ja kahe lühikese tolmukaga, nende alusel on näha meenäärmed; 4 — vili, kõder, avanenud; 5 — seeme; 6 — õie diagramm.

Kapsas on tähtis köögivili. Kapsa koristamisel jääb palju lehti, mida tuleb hoida hoolega määrdumise eest ning kasutada silosööda valmistamiseks. Mõnel juhul on kasulik kasvatada kapsaid spetsiaalselt silotaimena põllukultuuris. Selleks on kõlblikud kapsa söödasordid, milledel ei teki pead, kuid vars on pikk ja kannab suurt hulka lehti.

Aedkapsal on palju mitmesuguseid sorte, mis erinevad teravalt üksteisest. Peale paljude valge ja punase peakapsa sortide eristatakse järgmisi teisendeid: kähar peakapsas ehk savoja kapsas käharate lehtedega, mis moodustavad hõreda pea; roos-kapsas ehk brüsseli kapsas suure arvu väikeste peadega, mis asetsevad ümber tüve; nuikapsas ehk koolrabi tugevasti jämenenud lihaka keraja varrega; lillkapsas ehk õisikkapsas hulga valgete arenemata lihakate õitega, mis asetsevad lihakatel ja mahlakatel õieraagudel, ümbritsetuna suure hulga roheliste lehtedega.

Teistest ristõielistest taimedest kultiveeritakse järgmisi.

Naerist (*Brassica rapa* var. *rapifera* Metz) kasvatatakse köögiviljana, aga ka söödataimena (söödanaeris). Taim on kaheaastane. Esimesel aastal areneb lehekodarik ja suur kerajas või piklik juur, mis on kattunud sileda koorega. Teisel arenemisaastal annab söödanaeris kuni 1 m kõrged sirged ülalt oksised varred. Alumised lehed on rootsulised, kanneljad, karekarvased, rohelised või sinakasrohelised, ülemised lehed rootsutud, varreümbrised, südaja alusega, munajad, veidi hambulised. Kobar on õitsemise ajal lame, kännasjas. Puhkenud õied ulatuvad üle õiepungade. Õied on tüüpilised ristõied, meerikkad, kuldkollase või sidrunkollase krooniga. On tähele pandud seost krooni värvuse ja naeri juure värvuse vahel: sidrunkollased õied on omased valge lihaga sortidele, kuldkollased õied — kollase lihaga sortidele. Õitsemise lõpul tupplehed koolduvad rõhtsalt. Viljaks on kõdrad ühe kesksoonega ja ümmarguse nokaga, peaaegu püstised, mitte eemaldunud, sõlmilised, 15—25 pruuni seemnega.

Samad varre ja õite morfoloogilised iseärasused esinevad ka metsikult kasvaval üheaastasel umbrohul, söödanaeri ja kultuurnaeri lähedasel sugulasel naerisheinal (*Brassica campestris* L.). Seda kollaste õitega umbrohtu esineb viljapõldudel ja aedades ning ta on enamikul juhtudel peenikese juurega üheaastane taim.

Kaalikas (*Brassica napus* var. *esculenta* DC.) on kaheaastane sööda- ja köögiviljataim. Juurviljal on vahel kurdunud pealispind.

Kaalikal on järgmised iseärasused. Alumised lehed on rootsulised, kanneljad, veidi karvased, hallikasrohelised, ülemised — terveservalised, piklikud, alusel ahenenud, siis jälle laienenud, südajad ja varreümbrised. Õisikud on kobarad, pikenenud ja hõredad juba õitsemise ajal. Puhkenud õied asetsevad puhkemata õiepungadest allpool. Tupplehed on veidi eemaldunud, püstised. Kroonlehed on kuldkollased või sidrunkollased, kuid 1—2 mm võrra suuremad

kui söödanaeril, kuni 1,8 sm pikad. Viljaks on kõdrad, tublisti eemaldunud, nurgelised, tumepruunide seemnetega.

Samasuguse morfoloogilise ehitusega on ka raps ehk õlikaalikas (*Brassica napus* var. *oleifera* DC.). Kuid raps on üheaastane taim, väiksem, peenikese juurega; teda kultiveeritakse õlirikaste seemnete saamiseks, mis sisaldavad 35—55% õli. Praktikas eristatakse suvi- ja talirapsi. Seesama taim esineb ka metsikult umbrohuna ning on kaalika lähemaks sugulaseks.

Köögiviljataimedena kultiveeritakse aedrõigast (*Raphanus sativus* L.), mida esineb kahe teisendina: rõigas (*Raphanus sativus* var. *niger* Pers.) ja redis (*Raphanus sativus* var. *radicula* Pers.).

Õlirikaste seemnete pärast kultiveeritakse valget sinepit (*Sinapis alba* L.), musta sinepit (*Sinapis nigra* L.) ja sarepta sinepit (*Sinapis juncea* L.). Seemnetest, millest õli on välja pressitud, valmistatakse söögisinepit. Valget sinepit kasutatakse ka haljassöödaks ja -väetiseks.

Ristõieliste hulgas on palju umbrohte.

Põldsinep (*Sinapis arvensis* L.) (joon. 185) on umbrohi, mis on levinud suviviljades mustmullavööndis, kuigi esineb ka põhjapoolsemates rajoonides. Põldsinepist on suviviljad vahel otse kollased. Põldsinep on üheaastane taim, 30—60 sm kõrge; vars ja lehed on kattunud karedate karvadega. Alumised lehed on enamasti kanneljad, alusel kõrvakestega, ülemised ja keskmised munajad, saagjad. Kollased ristõied asetsevad latvmistes ja kaenlasisestes kobarates, tupplehed on eemaldunud täisnurga all. Kõdrad on mahalangeva koonilise, servadest terava nokaga, mis on lühem kui vili. Vilja poolmed on avanevad, kolme sirge soonega; seemned on mustad, siledad, satuvad osalt teravilja, osalt varisevad maha. Seemned jäävad idanemisvõimelisteks kuni 7 aastat, kuid põllumullas võivad säilitada idanemisvõime kuni 10 aastat. Seemned on teraviljadest eriliste masinate abil kergesti eraldatavad. Talirukis soodustab põldsinepi kadumist. Tõrjevahendiks on õige külvikord.

Rõikhein (*Raphanus raphanistrum* L.) (joonis 186, I) on üheaastane umbrohi, 30—40 sm kõrge, väga laialt levinud suviviljades. Botaanilised tunnused on järgmised. Vars on sirge, oksine, kattunud hõredate ja karedate karvadega. Lehed on kanneljad, ebaühtlaselt hambulised. Õied on tüüpilised ristõied, kroonlehed helekollased, tumekollaste või violetsete soontega, tupp on surutud kroonlehtede vastu. Viljad on lüliliselt pundunud, valmimisel üksikuteks osadeks lagunevad, otsas nokaga. Taim on meerikas. Vilja lülid satuvad suvivilja hulka peksmisel, osaliselt satuvad nad aga ka mulda.

Kõderviljaliste ristõieliste hulka kuuluvad veel kollakate (*Barbarea*) (joonis 186, II), unilookade (*Sisymbrium*), jürililleide (*Cardamine*), hanirohtude (*Arabis*), harakalatvade (*Erysimum*) jt. liigid. Neist on viljades eriti levinud



Joonis 185. Põldsinep *(Sinapis arvensis)*:
1 — õitsev taim; 2 — õis; 3 — kroonleht; 4 — emakas; 5 — avanenud vili.





Joonis 186.
I — rõikhein *(Raphanus raphanistrum)*: 1, 2 — taime üldkuju; 3 — leht; 4 — õis; 5 — tolmukad, emakas, meenäärmed; 6 — vili, lüliline kõder; II — harilik kollakas *(Barbarea vulgaris)*.

kahe- ja mitmeaastane harilik kollakas (*Barbarea vulgaris* R. Br.), meeldiva lõhnaga meetaim. Hea aroomiga ilutaimede hulka kuuluvad levkoi (*Matthiola*), kuldlakk (*Cheiranthus*) ja öökannike (*Hesperis*), mis esinevad ka metsikult.

Kõdrakestega ristõielised

Põldtuder (*Camelina sativa* Crantz) (joonis 187, I) on ühe- või kaheaastane taim, 30—100 sm kõrge, esineb umbrohuna suvi- ja taliviljades. Talivormid annavad sügisel lehekodariku, kevadel aga ilmuvad varred. Suvivormide areng algab kevadel. Varred on püstised, lehed varrel on nooljad, rootsutud. Õisik on kobar, õied kuldkollased; kõdrakesed on pirnjad, laia vaheseinaga, poolmed kumerad, peenikese tipuga ülemises otsas. Seemned on väikesed. Suviviljades esineb teisend *Camelina sativa* var. *glabrata* DC. Tuder on levinud lõunas ja teda kultiveeritakse kohati õlitaimena. Esineb ka umbrohuna linas (*Camelina sativa* var. *linicola* Sch. et Sp.).

Hiirekõrv (*Capsella bursa pastoris* Moench) (joon. 187, II) on ühe- või kaheaastane väike taim, kasvab kõikjal jäätmaadel, teeäärtel ja põldudel. Kui ta areneb kaheaastasena, siis on tal kodarik sulgjagustest rootsulistest lehtedest kolmnurksete hambuliste tipmetega, varrel aga on väikesed rootsutud sämphambulised lehed. Õisik on kobar, õied väikesed, valged; taim on paljas või karvakestega kaetud. Viljaks on äraspidi südajad kõdrakesed kolmnurkse kujuga, kokku surutud õmbluse küljelt, perpendikulaarse vaheseinaga, mistõttu vahesein on kõdrakesest kitsam.

Põld-litterheina (*Thlaspi arvense* L.) (joonis 187, III) kasvab seal, kus hiirekõrvagi. Varrelehed on piklikud, rootsutud, hambulised, alusel nooljad; kodarikuna kasvavad lehed on rootsulised, äraspidimunajad. Vars on vaoline. Taim on paljas, kollakasroheline. Tavaliselt on kobara ladvas väikesed valged ristõied, kuid kobara alumises osas samal ajal võrdlemisi suured tiivulised kõdrakesed. Vahesein viljas on kõdrakesest kitsam, sest vili on kokku surutud vaheseinaga perpendikulaarselt. Pesades on 6—7 seemet. Kui lehmad söövad põld-litterheina, omandab piim vastiku küüslaugulõhna.

Kogelejarohi (*Berteroa incana* L.). Teda kasvab kõikjal teede äärtel ja jäätmaadel, kust ta levib ka viljapõldudele. Taim on keskmise suurusega, kattunud tähtjate karvadega, hallikasroheline. Lehed on süstjad, teravad, õied valged, kroonlehed sämpunud kaheks hõlmaks. Lühikeste tolmukate niidid on hambakestega.

Kõdrakestega ristõieliste hulka kuuluvad veel: mädarõigas (*Cochlearia armoracia* L.), kressid (*Lepidium*), kevadikud (*Draba*). Viljad on elliptilised, kumerate poolmetega. Vilja vahesein on sama lai kui kõdrake, sest vili on kokku surutud vaheseinaga paralleelselt (nagu tudral).



Joonis 187. Ristõielisi taimi:
I — põldtuder *(Camelina sativa)*; II — hiirekõrv *(Capsella bursa pastoris)*: 1 — taime üldkuju; 2 — õis; 3 — vili, kõdrake; III — põld-litterhein *(Thlaspi arvense)*: 1 — taime üldkuju; 2 — vili, kõdrake.



Joonis 188. Aaskannike *(Viola tricolor)*:
1 — õitsev taim; 2 — emakas; 3 — kolmepesane kupar.

Tõlkjas (*Bunias orientalis* L.) kasvab prügihunnikutel, teede läheduses, kesapõldudel. Teda võib kasutada silosöödaks. Ta on suur kaheaastane taim, oksise varrega, kaarhambuliste, jaguste lehtedega, milledel on kolmnurksed tipmed ja odajas alus. Ülemised lehed on ahenenud, süstjad. Taim on kare, kollaste meerikaste õitega ja kerajate, ebasümmeetriliste viljadega, mis on kahepesased ja kaheseemnesed.

Sinerõigast (*Isatis tinctoria* L.) esineb metsikult NSV Liidu lõunaosas; teda kultiveeritakse ka sinise värvi tootmiseks[1].

Magunaliste ja ristõieliste sugukond ühes punandiliste ja kappariliste (*Capparidaceae*) alamsugukonnaga ühendatakse seltsiks magunalised (*Rhoeadales*).

13. sugukond: kannikeselised (*Violaceae*)

Kannikeseliste sugukonda kuulub palju kannikeste liike, mis annavad hübriide ning on seepärast raskesti eristatavad. Kannikeselised on rohttaimed lihtsate vahelduvate või kodarikuks koondunud täkilis-saagjate lehtedega ja abilehtedega. Õied asetsevad üksikult õieraol. Õiekate on kahetine, tupp 5 lehega, kroon korrapäratu, kannusega, koosneb 5 kroonlehest; tolmukaid on 5, nad on surutud vastu emakat. Kahel tolmukal on mõlemal lisemed, mis eritavad mesimahla; see valgub kannusesse. Emakaid on 1, kõverdunud emakakaelaga. Vili on kolmepesane kupar. Tolmeldamist toimetavad mesilased ja kumalased. Kannikeselistel esineb veel niinimetatud kleistogaamseid ilmetuid õisi, mis tolmlevad autogaamselt (isetolmlemise teel)[2].

Aaskannikest ehk käoorvikut (*Viola tricolor* L.) (joonis 188) esineb metsades ja niitudel, aga ka põldudel umbrohuna. Ta on üheaastane taim, lehistunud varrega. Ülemised lehed on piklik-elliptilised, saagjad, alumised — südajad. Eriliselt on arenenud abilehed, mis on kanneljalt lõhised. Õied on korrapäratud, tupe ja krooniga. Ühel teisendil (*Viola tricolor* var. *vulgaris* Koch) ületab kroon tupe, on kollakat, valget ja violetset värvust, teisel (*Viola tricolor* var. *arvensis* Koch) aga ei ületa kroon tuppe või on ainult veidi suurem tupest, kuna violetne värvus peaaegu puudub. Viljad on kolmepesased hulgaseemnesed pakatavad kuprad. Aaskannikesest on aretatud aedkannikese sordid.

Karvasel kannikesel (*Viola hirta* L.) on sinivioletsed lõhnatud õied.

Lõhnav kannike (*Viola odorata* L.) kasvab aedades ja metsistunult metsades. Ta lillad õied on erilise aroomiga. Taim on mitmeaastane, risoomiga ja annab juurduvaid võsusid. Ta on tähtis aianduses.

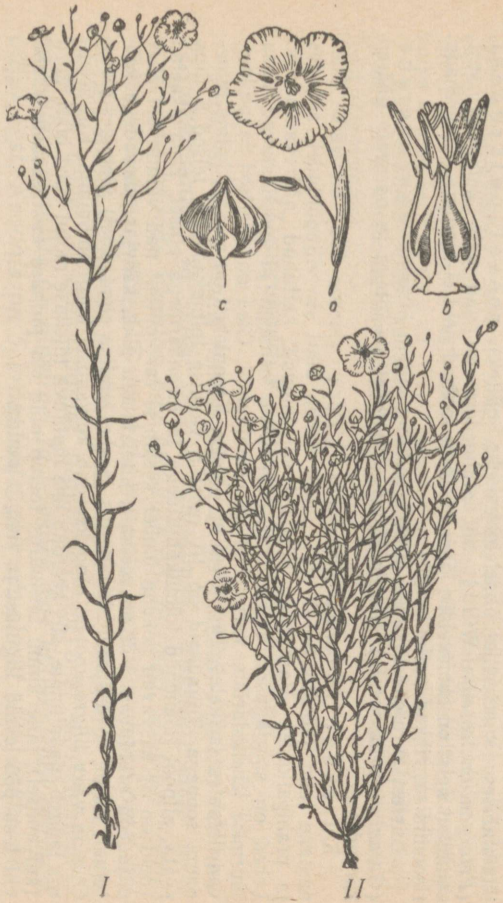
Kannikeselised ühes reseedaliste (*Resedaceae*), huulheinaliste (*Droseraceae*) (joonis 299, II), naistepunaliste (*Hypericaceae*), teeliste (*Theaceae*) (joonis 276) jt. sugukondadega moodustavad seltsi seinseemnelised (*Parietales*) (seinmise seemnekandjaga).

14. sugukond: linalised (*Linaceae*)

Harilikku lina (*Linum usitatissimum* L.) (joonis 189) kasvatatakse kiu ja õli saamiseks. Lina on üheaastane taim; varred on tal pikad, peenikesed, vahelduvate lehtedega. Lehed on väikesed,

[1] Eesti NSV-s esineb sinerõigast metsikult peamiselt Lääne-Eesti kivistel rannavallidel. *Tõlkija.*

[2] Kleistogaamsetest õitest vt. lk. 154.



Joonis 189.

I — kiulina; II — õlilina. Lehed on varretud. Kiulinal on vars nõrgalt haruline, õlilinal väga haruline; *a* — lina õis; *b* — tolmukad ja emakas; *c* — vili — kupar.



Joonis 190. Kurekael *(Erodium cicutarium)*: 1 — õitsev oks viljadega; 2 — lehekodarik; 3 — õis; 4 — vili; 5 — vilja tungimine mulda.

lineaalsed või kitsassüstjad. Õied asetsevad pöörisena, on viietised, ripsja lahklehise tupega ja lahklehise sinise krooniga. Tolmukaid on 5; need vahelduvad kängunud tolmukatega, milledel on hambakeste kuju. Oma alusel on tolmukad kokku kasvanud ning neil esinevad meelohud. Vili on kerajas viiepesane kupar. Igas pesas on veel vahesein, mis ei ulatu kupra keskpaigani. Seemned on õlirikkad.

Eristatakse harulise varrega ja suure arvu kupardega õlilina ning pikkade peenikeste vartega kiulina. Esimest kasvatatakse õli saamiseks mustmullavööndis, teist kiu ja õli saamiseks mittemustmullavööndis.

Metsikult kasvavatest linadest on tuntud *mitmeaastane lina (*Linum perenne* L.), aaslina (*Linum catharticum* L.) ja *kollane lina (*Linum flavum* L.).

15. sugukond: kurerehalised *(Geraniaceae)*

Kurerehalised on rohttaimed õitega, mis asetsevad kaheti õieraagudel või hulgi lihtsas sarikas. Lehed on abilehtedega, vastakud või vahelduvad, sõrmjalt või sulgjalt lõhestunud. Õied on viietised, tupp jääb vilja juurde, kroon on lahklehine. Tolmukaid on 10; nende niidid on alusel laienenud ja veidi liitunud. Viis tolmukat on sageli tolmukapeadeta. Emakaid on 1 ja see koosneb viiest viljalehest. Pärast tolmlemist pikenevad emakakaelad nokana. Vili on kuiv, küpsemisel viieks osaks (seemniseks) pakatav. Pakatamisel on tähtis osa emakakaelal (nokal), mis laguneb viieks hügroskoopseks vedruks.

Metskurereha *(Geranium silvaticum* L.) on mitmeaastane taim, õitseb metsas mitmest kevadtaimest hiljemini. Varred on sirged, ülal oksised, üksteisest eemaldunud lehtedega. Lehed on sõrmlõhised, seitsme hambulise osaga. Taim on kattunud allapoole suunatud karvadega. Õied on suured, viietised, roosakate kroonlehtedega, milledes kulgevad lillad sooned. Taime nimetatakse kurerehaks seepärast, et ta liitvili meenutab kure pead. Seemned paiskuvad viljast viide külge.

Kurerehalised on enamikus vähe kasutatavad taimed. Neid tarvitatakse vaid iluaianduses ja eeterlike õlide tootmiseks, näiteks roosat pelargooni *(Pelargonium roseum* Willd.). Söödataimedena on nad vähe kõlblikud, sest enamikul neist on ebameeldiv lõhn, mistõttu loomad neid ei puuduta. Kurerehade risoomid on rikkad parkainetest.

Teistest kurereha liikidest puhkeb niitudel hiljem õitsema aaskurereha *(Geranium pratense* L.) (joonis 100, I) sinivioletsete õitega ja harevate näärekarvadega.

Kurekael *(Erodium cicutarium* L'Hér.) (joonis 190) on väike üheaastane taim (kõrgus 8—45 sm), mida esineb alati suviviljapõldudel, aedades ja prahipaikadel. Varred on püstised või laiuvad, kattunud näärekarvadega. Lehed on sulgjagused sulglõhiste hambuliste osadega ja moodustavad ilusa juurmise lehekodariku; varrelehed on eemaldunud. Õied on viietised ja paiknevad lihtsates sarikates. Tupplehed on ohtega. Kroonlehed on roosad, kolme tumedama soonega. Tolmukaid on 10, neist 5 violetse tolmukapeaga, teised 5 ilma peata, allpool laienenud tolmukaniitidega ja meenäärmega alusel. Emakakaelad (neid on 5) kasvavad nokana ümber keskmise rao, millelt nad valmimisel ühes viljadega eralduvad. Vili on seemnis, kuni 6 mm pikk, käävjas, karvadega kattunud; tal on kõverdunud alumine ots ja ohe (endine emakakael) ülemises otsas. Ohe on väga hügroskoopne ning keerdub kuivamisel korgitõmbajana. Kui seemnis langeb maapinnale, siis keerdub ohe muutuva niiskuse mõjul kord lahti, kord (kuivamisel) jälle kinni. Seejuures toetub ohte ots pinnase ebatasasuste vastu, vili teeb pöörlevaid liigutusi ja tungib mulda.

16. sugukond: ruudilised *(Rutaceae)*

Sellesse sugukonda kuuluvad väärtuslikud igihaljad puud, mis moodustavad tsitruste *(Citrus)* perekonna. Tsitruste kultuur on laialt levinud NSV Liidus, peamiselt Taga-Kaukaasias. Lehed on tsitrustel vahelduvad, ühtedel liit-, teistel lihtlehed. Leherootsud on sageli tiivulised, liigestega; labad on ovaalsed, teritunud. Lehed on harilikult paljad, arvukate läbipaistvate näärmetega, mis on täis eeterlikke õlisid. Õied asetsevad lehtede kaenlas, sagedamini üksikult (joonis 279). Nad on lõhnavad, neil on 3—4 kokkukasvanud tupplehte ja valged või roosakad kroonlehed (4—8). Tolmukaid on palju, emakaid — üks, mitmepesase sigimiku ja märgatava emakakaelaga. Vili on pomerants, s. o. erilise ehitusega mari, oranži või kollase väliskihiga, milles on palju eeterlikke õlisid sisaldavaid mahuteid; väliskihi all on kobe valge keskkiht, selle järel aga sisekiht; viimane on jaotatud kilejate vaheseintega mitmeks pesaks ja täitunud mahlaka koega, mis koosneb viljaseina siseküljele kinnituvatest paisunud karvakestest (kotikestest). Mahlakas viljaliha ümbritseb seemneid, millede arv on mitmesugune (3—4). Tihti esineb partenokarpseid vilju, milledel puuduvad seemned. Tsitruste viljad on toitvad, rikkad suhkrust, vitamiinidest ja sidrunhappest.

Tsitruste hulka kuuluvad: *apelsinipuu (*Citrus sinensis* Osbeck), *mandariinipuu *(Citrus reticulata* Lour.), *sidrunipuu (*Citrus limon* Risso), *greipfruut (*Citrus paradisi* Macf.), pomerantsipuu *(Citrus aurantium* L.) jt. (vt. lk. 428).

Ruudiliste sugukonna teistest taimedest nimetame *diktamnust (*Dictamnus caucasicus* Fisch. et Mey.), mida esineb Kaukaasia metsades, Kesk-Aasias ja mõnes kohas NSV Liidu Euroopa-osa steppides. See on rohttaim, ilusate sulglehtedega, roosade või valgete korrapäratute õitega; taim on rikkalikult näärekarvakestega kattunud; vaikse palava ilmaga eritab ta eeterlikke õlisid, mis plahvatavad põlema, kui põõsa kohal hoida põlevat tuletikku. Ruudiliste hulka kuulub ka *aedruut *(Ruta graveolens* L.) — mürgine ravimtaim.

Kurerehalised ühes ruudiliste, linaliste, jänesekapsaliste *(Oxalidaceae)* (joonis 317), lemmaltsaliste *(Balsaminaceae)* jt. moodustavad seltsi kurerehalised *(Geraniales)*.

17. sugukond: kassinaerilised *(Malvaceae)*

Sellesse sugukonda kuuluvad puud ja põõsad, mis on levinud troopikamaades, ja parasvööndi rohttaimed. Kassinaeriliste õied asetsevad lehtede kaenlas kas üksikult või mitmeti, nad on korrapärased, kahesugulised. Tolmukaid on palju, nad kasvavad oma niitidega kokku üldiseks putkeks, mis ümbritseb emakat. Tupel, mis koosneb viiest kokkukasvanud tupplehest, on veel kattelehtedest välistupp. Emakas on ülemine, ta koosneb kas kolmest või mitmest viljalehest. Kroonis on 5 kroonlehte, mis on alusel tihti kokku kas-

vanud. Kroonlehed on enne puhkemist keerdunud. Vili koosneb kas neerjatest seemnistest, mis on koondunud lamedasse ringi, või on kupar. Lehed on lihtsad, hõlmised või lõhised, pikkadel rootsudel, abilehtedega.

Kassinaeriliste sugukonda kuulub *puuvillapõõsas *(Gossypium)*, mida kultiveeritakse lõunamaades pehmete pikkade villkarvade pärast, milledega on varustatud seemned, mis valmivad 3—5 pesastes kupardes (joonis 191). Iga seemne küljes kasvab



Joonis 191. Puuvillapõõsas *(Gossypium herbaceum)*:
1 — õitsev taim; 2 — õis läbilõikes; 3 — vili — kupar; 4 — pakatanud kupar; 5 — seeme villkarvadega, mis moodustavad lennuvahendi; 6 — villkarvad mikroskoobis.

kuni 7000 pikka villkarva (kiudu), millede vahel on sageli veel väiksemaid karvu (alusvill). Kiudude pikkus on paremate sortidel 1—6,5 sm. Villkarvad on valged, mõnikord ka värvilised. Seemned on õlirikkad (16—20%). Puuvillapõõsast kultiveeritakse üheaastase taimena, kuid kasvuhoonetes ja metsikult kasvab ta mitmeaastase põõsana. Peajuur läheb sügavale mulda, varred aga hargnevad tugevasti monopodiaalselt ja sümpodiaalselt. Lehtede kaenlast väljuvad põlvja kujuga sümpodiaalsed võsud, mis hakkavad õitsema ja annavad vilju. Puuvillapõõsa kolme- kuni seitsme-

hõlmastel lehtedel on abilehed ja sõrmjas roodumine. Õied on suured, nende alusel on välistupp kolmest kattelehest suurte hammastega. Tupp on viiehambane, liitlehine. Kroon koosneb viiest kroonlehest, mis ainult alusel on kokku kasvanud tolmukate putkega. Hommikul puhkenud õiekroonil on tavaliselt kollane või kreemikas värvus, mis aga õhtuks muutub violetseks. Pärast tolmlemist sulgub õiekroon ja variseb seejärel ühes arvukate tolmukate ja emakakaelaga. Puuvillapõõsal esineb mitte ainult isetolmlemine, vaid võimalik on ka risttolmlemine.



Joonis 192. Harilik rõngaslill *(Lavatera thuringiaca)*.

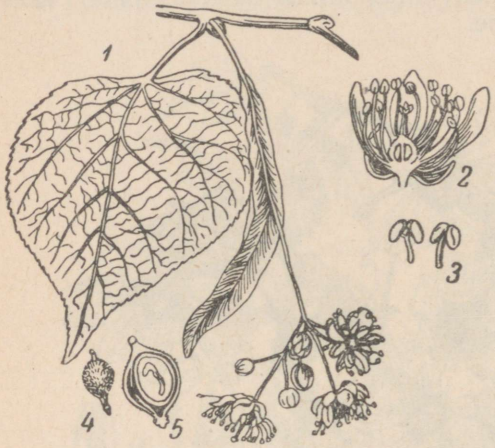
Levinumaid puuvillapõõsa liike on *harilik puuvillapõõsas *(Gossypium herbaceum* L.*)*, *karvane puuvillapõõsas *(Gossypium hirsutum* L.*)* ja *egiptuse puuvillapõõsas *(Gossypium barbadense* L.*)*.

Head niinkiudu annavad kiutaimed *kenaff *(Hibiscus cannabinus* L.*)* ja *kanatnik *(Abutilon avicennae* Gaertn.*)*.

Põhjapoolsetes rajoonides ja keskvööndis kultiveeritakse kassinaerilisi ilutaimedena, näiteks tokkroosi *(Althaea rosea* Cav.*)*. Umbrohuna esinevad ümaralehine kassinaeris *(Malva rotundifolia* L.*)* ja harilik rõngaslill *(Lavatera thuringiaca* L.*)* (joonis 192).

18. sugukond: pärnalised *(Tiliaceae)*

Harilik pärn *(Tilia cordata* Mill.) (joonis 193) on kuni 25 m kõrge, laiaharulise võraga puu; ta elab 300—400 aastat ja rohkemgi. Võsud hargnevad sümpodiaalselt. Lehed asetsevad kahes reas. Nad on rootsulised, abilehtedega, südajad, teritunud, ebasümmeetrilised, saagjad. Lehe alumisel küljel on soonte nurkades kollakaid karvu. Pärn hakkab õitsema pärast 20-ndat eluaastat ja õitseb tavaliselt suve teisel poolel. Õisik on dihaasium (ebasarikas), 5—7 valkjaskollase õiega ja samasuguse värvusega tiibja lisemega õierao alusel, mis soodustab viljade laialikandumist. Õied on viietist tüüpi, tupp ja kroon on lahklehised. Tolmukaid on palju, nad on alusel kokku kasvanud viieks kimbuks, mis asetsevad kroonlehtedega kohakuti. Emakas on ülemine, viiepesase sigimikuga ja ühe emakakaelaga. Nelja pesa puuduliku arenemise tulemusena areneb igast õiest üheseemnene vili — pähklike. Pärna õitel on meeldiv lõhn ja nende tupplehed eritavad mesimahla. Tolmlemine toimub mesilaste abil; domineerib risttolmlemine, sest tolmukapead valmivad enne emakasuudmeid (protandria).



Joonis 193. Harilik pärn *(Tilia cordata)*:
1 — leht ja õisik — ebasarikas; 2 — õis läbilõikes; 3 — tolmukad; 4 — vili; 5 — vili läbilõikes.

Pärnad on levinud metsades. See puu on suure tähtsusega: ta pehme puit läheb vineeriks, treitud ja mitmesuguste teiste esemete valmistamiseks, niint kasutatakse roguskiteks ja viiskudeks; pärn on üks peamisi meetaimi, samuti ka ravimtaim. Suurelehine pärn *(Tilia grandifolia* Ehrh.) õitseb varem; teda kasvatatakse parkides, linnades tänavaäärtel. Esineb ka pärna teisi liike.

Pärnaliste sugukonda kuulub ka tekstiiltaim *džuut *(Corchorus)*. Pärnaliste ja kassinaeriliste sugukonnad kuuluvad kassinaeriliste *(Malvales)* seltsi.

19. sugukond: piimalillelised *(Euphorbiaceae)*

Vits-piimalille *(Euphorbia virgata* W. et K.) (joonis 194, I) kasvab umbrohuna kraavikallastel, prügihunnikutel, rohumaadel ja põldudel. Taimel on jämedad oksised juured, mitu

vart, mis lõpevad mitmekiireliste ebasarikjate õisikutega. Lehed on lineaalsed või piklikud, rohelised, terveservalised, vahelduvad. Kogu taim sisaldab rikkalikult valget piimmahla. Õied on ehituselt omapärased: nad on ühesugulised, õiekatteta ja asetsevad ühekojaselt. Mitut õit võib ekslikult pidada üheks õieks õiekattega. Tõeliselt aga koosneb emasõis ühest emakast kolmepesase sigimikuga ja kolme emakasuudmega. Emakas asetseb pikal varrel. Iga emaka ümber on



Joonis 194.

I — vits-piimalill *(Euphorbia virgata)*: 1 — võsu; 2 — õied; 3 — vili; 4 — näärmed; II — riitsinus *(Ricinus communis)*: A — vars lehtede ja õitega (vähendatult); B — õisik: *a* — isas- ja emasõied asetsevad eraldi; C — isasõis; D — emasõis; E — vili.

ligikaudu kümmekond isasõit, milledest igaüks koosneb vaid ühest ainsast tolmukast. Emas- ja isasõied on ümbritsetud nelja- või viiehõlmase ümbrisega, mis kannab nelja nääret. Need on poolkuukujulised, pikkade sarvedega. Ebasarika kiirte alusel asetseb üldkate, mis koosneb munajatest või piklikkudest lehtedest, iga kiir aga jaguneb kaheks haruks, millede alusel on kahest lehest koosnev kate ja mis lõpevad õite kogumiga. Kõik kattelehed, samuti ka näärmed on kollased, mistõttu kogu õisik omandab rohekaskollase värvuse.

Kõik sellise ehitusega taimed kuuluvad piimalilleliste sugukonda. Selle sugukonna taimedel ei ole tähtsust söödataimedena. Piimalille liike on väga palju ja mõned neist on üksteisest raskesti eraldatavad. Samasse sugukonda kuulub ka lõunamaa taim *riitsinus

(Ricinus communis L.) (joonis 194, II), mida kasvatatakse NSV Liidu lõunaosas rohttaimena õlirikaste seemnete pärast. Riitsinus- ehk kastoorõli kasutatakse arstiteaduses, samuti lennukimootorite määrimiseks ja lakkvärvide tööstuses.

Piimalilleliste sugukonda kuulub kuni 4500 liiki taimi, mis esinevad nii parajas ja lähistroopilises kui ka troopilises vöötmes.

Tööstuses on peale riitsinuse määratu suur tähtsus *heveal ehk brasiilia kautšukipuul *(Hevea brasiliensis* M. Arg.), *hiina tungpuul *(Aleurites Fordii* Hemsley), *jaapani tungpuul *(Aleurites cordata* R. Br.) jt.

20. sugukond: viinapuulised *(Vitaceae)*

*Viinapuud *(Vitis vinifera* L.) (joonis 277) kultiveeritakse Kaukaasias, Krimmis, Moldaavias, Kesk-Aasias, Ukrainas. Iga aastaga laieneb viinapuude kultuur ja tungib põhjapoolsematesse rajoonidesse. Teda võib leida juba Moskvalähedastel aladel ja põhjapoolgi.

Viinapuu on vääntaim, millel on võimas juurestik ja puitunud keerdunud varred; viimaste noored võsud haaravad kõitraagude abil tugesid ja naabertaimi. Viinapuu võsu hargneb sümpodiaalselt ja kannab kolme- kuni viiehõlmalisi vahelduvaid lehti. Kõitraod asetsevad lehega vastakuti: nad tekivad otsmistest pungadest. Kahe sõlme vahel, millistel mõlemal on kõitraag ja leht, on sõlm ühe lehega. Kaenlapungadest arenevad ainult külgvõsud, peavõsud aga arenevad lisapungadest, mis tekivad sõlmedes kaenlapungade kõrval ja võtavad endale ladvapungade funktsioonid. Mõnes sõlmes areneb kõitrao kõrval või otse selle küljes õisik — pööris, mis algul on väike, hiljem muutub viinamarjakobaraks. Viinapuu arvukad õied on vähe märgatavad, rohekad, meeldiva lõhnaga ja neil esineb enamasti risttolmlemine. Õitel on mitmesugune ehitus ja nad täidavad erinevaid funktsioone. Ühed õied on kahesugulised, täielikult arenenud. Neil on väike viiehambaline tupp, viis kroonlehte, mis on tipus kokku kasvanud ning moodustavad kupli, viis tolmukat, üks emakas, ülemise sigimiku ja meenäärmega. Õitsemisel paiskub kuppel pealt ja tolmukad sirgenevad. Sageli ei ole kahesuguliste õite õietolmuterad võimelised emakat viljastama või nad ei arene üldse. Viinapuul esinevad tihti ka ainult isas- või ainult emasõied, mis võimaldab risttolmlemist. Viinapuu viljad on mahlakad marjad, mis on rikkad suhkrust, hapetest ja vitamiinidest. Viljad on kahepesased, kahe seemnega igas pesas. Seemnel on sarvjas endosperm ja kõverdunud idu. Seemned on õlirikkad. Viinapuu sorte on palju. Paljude sortide viljadel on eriti meeldiv maitse ning neid kasutatakse toiduks värskelt või rosinatena; teisi kasutatakse veinitööstuses. *Metsik viinapuu *(Vitis silvestris* Gmel.) esineb Kaukaasias ja Krimmis. Temast on arenenud *kultuur-viinapuu *(Vitis vinifera* L.). Kaug-Idas kasvab *amuuri viinapuu *(Vitis amurensis* Rupr.) mustade hapukate marjadega. Seinte ja lehtlate ilustamiseks kasutatakse mets-viinapuud *(Parthenocissus quinquefolia* Planchon), mis on küll viinapuuliste sugukonnast, kuid kuulub teise perekonda *(Parthenocissus)*.

Viinapuuliste sugukond ühes türnpuuliste *(Rhamnaceae)* sugukonnaga kuulub seltsi türnpuulised *(Rhamnales)*. Türnpuuliste sugukonda kuuluvad põõsad või väiksemad puud: türnpuu *(Rhamnus cathartica* L.) ja paakspuu *(Rhamnus frangula* L.) (joonis 195). Esimesel on vastakud lehed ja oksad, mis sageli muunduvad asteldeks. Lehed on munajad, alusel veidi südajad, keskroost kummalgi pool on kolm kaarjat külgroodu. Õied on kollakasrohelised, ühesugulised; taim on kas ühe- või kahekojane. Tupp- ja kroonlehti, samuti tolmukaid on neli. Viljad on mustad, 4—5 luuviljaga. Viljadel on kõhtulahtistav mõju; ka annavad nad kollast värvi.

Paakspuul on lehed vahelduvad, elliptilised, 6—8 külgrooga. Oksad on asteldeta, õied kahesugulised, viietised. Viljad on esiteks punased, siis mustad. Mõlemad liigid levitavad kroonroostet (vt. lk. 249).



Joonis 195.

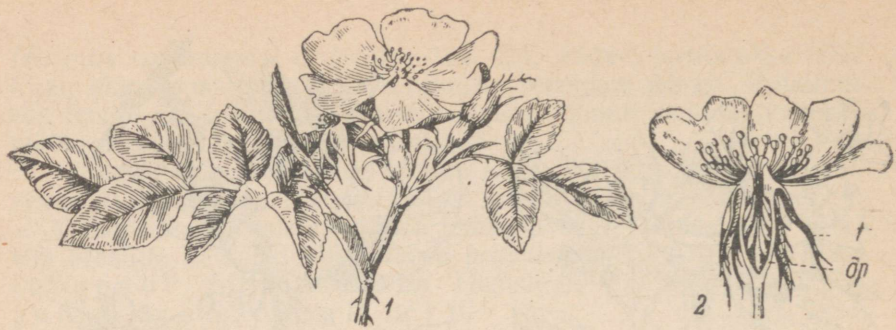
I — tõrnpuu *(Rhamnus cathartica)*: 1 — oks; 2 —õied; 3 — vili; II — paakspuu *(Rhamnus frangula)*: 1 — oks õite ja lehtedega; 2 — õis; 3 — kroonleht; 4 — õis läbilõikes; 5 — vili.

21. sugukond: roosõielised *(Rosaceae)*

Roosõieliste sugukond koosneb rohttaimedest ja põõsastest, milledel on vahelduvad liht- või liitlehed abilehtedega. Õied on korrapärased, tupp liitlehine, sageli kahekordne, s. o. koosneb tupest ja välistupest. Kroonis on kas viis või neli vaba kroonlehte. Rohkearvulised tolmukad ja kroon kinnituvad kas kumera või nõgusa õiepõhja servale. Viljad on kas üheseemnesed pähklid, luuviljad, mitmeseemnesed kuprad ja marjataolised või liitluuviljaks või liitseemniseks koondunud viljad. Vili esineb mõnikord ka ebaviljana. Roosõieliste üldarv ulatub 2000 liigini.

Perekondade suure mitmekesisuse tõttu jaotatakse roosõieliste sugukond alamsugukondadeks: enelalised, kibuvitsalised ehk pärisroosõielised, ploomilised, õunapuulised.

Alamsugukond enelalised *(Spiraeoideae)*. Sellesse kuuluvad mitmed enelad *(Spiraea)* — pajulehine, keskmine, lodjap-enelas jt., mida kasvatatakse aedades, samuti metsades metsikult kasvavad põõsad lihtsate lehtede ja ilusate karvastunud õisikutega — kännaste, sarikate või pööristega, väikeste valgete, roosade õitega. Õied on ülemise sigimikuga, õiepõhi lame, sigimik koosneb viiest viljalehest, viljad on kas koguviljad või hulgaseemnesed kukkurviljad. Sageli aedades kasvatataval pihlenelal *(Sorbaria sorbifolia* A. Br.), suurel põõsal, on lehed paaritusulgjad; oksad, lehed ja viljad karvastunud, õied valged, tihedates püramiidjates pööristes.



Joonis 196. Koer-kibuvits *(Rosa canina)*:
1 — õitsev oks; 2 — õis läbilõikes: *t* — tupp, *õp* — õiepõhi.

Alamsugukond kibuvitsalised (Rosoideae) hõlmab põõsaid ja rohttaimi, millede õitel on kas üks või palju viljalehti, mis asetsevad kumeral, lamedal või nõgusal õiepõhjal. Viljad on üheseemnesed, mittepakatavad.



Joonis 197. Ojamõõl *(Geum rivale)*:
1 — taime üldkuju; 2 — tolmukad; 3 — vili.

Koer-kibuvits *(Rosa canina* L.) (joonis 196) on ogadega kaetud 2—3 m kõrgune põõsas, mida kasvab metsikult kogu Euroopas ja osalt Aasias. Teda kasutatakse aluseks heade roosisortide pookimisel. Liitlehed on paaritusulgjad, koosnevad 5—7 ovaalsest, teravsaagjast lehekesest. Õied on roosad, koosnevad viiest vabast kroonlehest, viiest tupplehest, rohkearvulistest tolmukatest ja emakatest. Vili on ebavili (joonis 110): laiaks paisunud lihakas õiepõhi ümbritseb suurt hulka pähklikesi. Valminud punased viljad on rikkad C-vitamiinist.

Rooside liike ja teisendeid on üle 100, kuid sorte on mitu tuhat. Mõnede rooside kroonlehtedest (*Rosa centifolia* L., R. *gallica* L., R. *alba* L.) saadakse väärtuslikku roosiõli.

Ojamõõl *(Geum rivale* L.) (joonis 197) on juurmiste kanneljalt sulgjate lehtedega, mis kasvavad välja mitmeaastasest risoomist. Varrelehed on kolmejagused, veidi väiksemad kui juurmised. Leherootsude alusel on abilehed. Õied on viietised, liitlehise punakaspruuni tupega, ja välistupega viiest lisa-tupp-

lehest. Kroon koosneb viiest kahvaturoosast kroonlehest, mis ei ulatu välja tupest. Kui taim on õitsenud, tungivad tupest välja karvased rohelised emakakaelad, ümbritsetud hulgast tolmukatest. Vars on sirge, näärmekas, punakaspruun. Ojamõõla esineb kõikjal kraavikallastel ja niitudel.

Maamõõl (*Geum urbanum* L.) õitseb eelmisest hiljem. Ta erineb sellest kollase krooniga. Risoomidel on arstimi omadusi.

Metsmaasikal (*Fragaria vesca* L.) on suured kolmetised lehed, abilehtedega varrel, siidjate karvadega. Õied on tupega, välistupega ja viie valge kroonlehega. Õiepõhi kasvab mahlakaks ja lihakaks punaseks «marjaks», mis on kattunud hulga seemnistega. Taim paljuneb roomavate, sõlmekohtadel juurduvate varte abil, mida nimetatakse võsunditeks, ja mis kasvavad välja lühenenud risoomist. Sageli esinevad ka muulukas (*Fragaria collina* Ehrh.) ja kõrge maasikas (*Fragaria elatior* Ehrh.). Kuna mõlemad viimased on kahekojased taimed, siis tuleb nende kasvatamisel hoolitseda selle eest, et iga 10 emataime kohta oleks vähemalt 1 isataim. Aedades kasvatatakse harilikult aedmaasikat (*Fragaria grandiflora* Ehrh.).

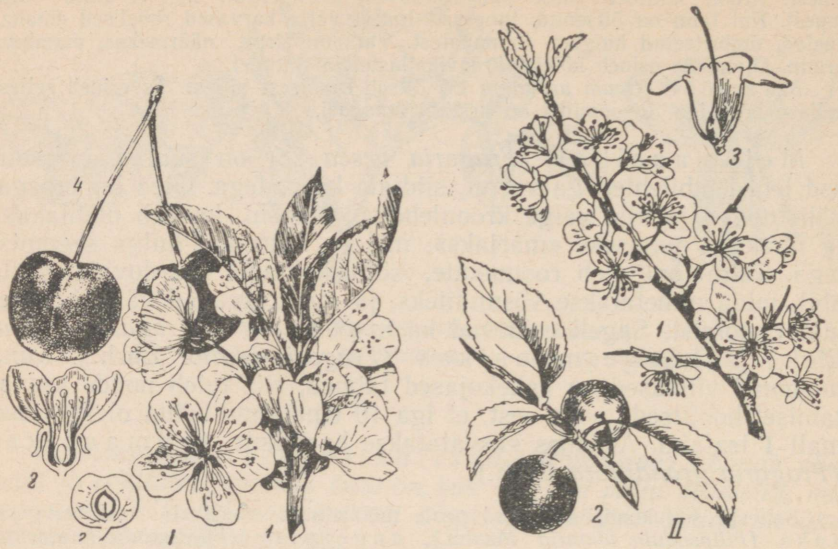
Sellesse sugukonda kuuluvad peale mõõlade ja maasikate veel angervaks (*Filipendula ulmaria* Maxim.), angerpist (*Filipendula hexapetala* Gilib.), harilik kortsleht (*Alchemilla vulgaris* L.), tedremaran (*Potentilla tormentilla* Neck), hanijalg (*Potentilla anserina* L.) (joonis 37). Enamiku maranate õied on kollased ja seepärast segatakse neid kogenematusest tulikatega, milledest nad erinevad liitlehise tupe ja välistupe esinemise poolest. Tolmukad kinnituvad maranatel tupplehtedele; varrealusel on lehtedel abilehed.

Arstiteaduses kasutatakse tedremarana juuri (mis sisaldavad parkaineid) soolte haiguste ja haavade ravimisel.

Rahvamajanduses on, nagu maasikalgi, suur tähtsus vaarikal (*Rubus idaeus* L.), mis on levinud metsades ja mida kasvatatakse aedades. See on ogaline, torkav põõsas kolmetiste sulgjate lehtedega. Õied on väikesed, kroonlehed valged, lühemad kui tupplehed. Vili on vaarikpunane, vahel kollane luuviljadest koosnev koguvili. Viljeldavad vaarikad kuuluvad väga paljudesse sortidesse. Samuti on tähtsad ka põldmurakas (*Rubus caesius* L.), soo- ehk mesimurakas (*Rubus arcticus* L.), harilik murakas (*Rubus chamaemorus* L.), kitsemurakas (*Rubus fruticosus* Led.) ja lillakas (*Rubus saxatilis* L.).

Alamsugukond ploomipuulised (Prunoideae). Need on puud ja põõsad lihtsate vahelduvate lehtedega, varisevate abilehtedega. Õitel on lahklehine kroon ja viietine tupp; karikjal õiepõhjal, mis eritab mesimahla, asetseb üks emakas vaba sigimikuga ja ühe emakakaelaga. Rohkearvulised tolmukad, samuti ka kroon- ja tupplehed kinnituvad õiepõhja servale. Vili on luuvili. Seemned, eriti mõrudel mandlitel, sisaldavad glükosiidi amügdaliini, millest saadakse mürgist sinihapet.

Kirsipuu (*Cerasus vulgaris* Mill.) (joonis 198, I) on väike puu või põõsas; ta õitseb veidi enne õunapuud, enne lehtede puhkemist. Lehed on elliptilised, teritunud, saagjad, pung-asetuses pikuti kokku pandud. Õied on meerikkad, väiksemad kui õunapuul, 2,5 sm



Joonis 198.

I — kirsipuu *(Cerasus vulgaris)*: 1 — õitsev võsu; 2 — õis läbilõikes; 3 — luuvilja läbilõige; 4 — kirsipuu viljad; II — laukapuu *(Prunus spinosa)*: 1 — õitsev võsu; 2 — viljad; 3 — õis; tolmukad on eemaldatud.

laiad, pikkadel õieraagudel kahe kuni viie kaupa lihtsates sarikates. Emakaid on 1, vaba sigimikuga, mis asetseb karikja õiepõhja põhjal. Tolmukaid on palju ja nad on kinnitunud õiepõhja servale. Kroonlehed on valged. Viljaks on mahlakad luuviljad, valminult tumepunased, keraja luuga. Juur annab juurevõsusid.

Ploomipuul *(Prunus domestica* L.) on valged õied, mis asetsevad paariti lühikestel õieraagudel; nad puhkevad enne lehti. Täkilissaagjad lehed on pung-asetuses kokku rullunud toruna. Viljad on vahakirmega, lameda luuviljaga, sinimustad, punased või kollased.

Lõunamaades kasvatatakse *harilikku mandlipuud *(Amygdalus communis* L.), *persikupuid *(Persica vulgaris* Mill.), maguskirsipuid *(Prunus avium* L.), *aprikoosipuid *(Armeniaca vulgaris* Lam.) jt.

Metsikult kasvab kõikjal toomingas *(Padus racemosa* C. K. Schneid.); steppides kasvab põõsana *madal mandlipuu *(Amygdalus nana* L.) ja laukapuu *(Prunus spinosa* L.) (joonis 198, II).

Alamsugukond õunapuulised (Pomoideae). Selle tunnused on järgmised. Need on puud või põõsad lihtsate lehtedega, harvemini sulgjate liitlehtedega; lehed on vahelduvad, abilehtedega. Õied on korrapärased, viietised, viiejaguse tupega ja lahklehise õiekrooniga. Tolmukaid on üle 20. Kõik need õie osad on kinnitunud sigimiku ümber kasvanud õiepõhjale, mis eritab mesi-

mahla. Sigimik on alumine, ühe- kuni viiepesane. Emakakaelu on vastavalt sigimiku pesadele. Emakasuudmed valmivad enne tolmukaid (protogüünia). Risttolmlemine toimub putukate abil. Sigimik hakkab pärast tolmlemist ühes õiepõhjaga kasvama ning areneb mahlakaks, lihakaks ebaviljaks õunana, marjana või luuviljana. Vilja ülemisse ossa jääb kuivanud õie tupp.

P i r n i p u u (*Pirus communis* L.) (joonis 199, I) on püramiidja võraga puu, kõrgusega 5—20 m. Pungad on paljad, lehed rootsulised, ümmargused või munajad, peensaagja servaga, läikivad, täiesti väljaarenenult paljad. Õied esinevad kännastena, on





Joonis 199.

I — p i r n i p u u (*Pirus communis*): *a* — õitsev võsu; *b* — õis läbilõikes; *c* — vili; *d* — vili läbilõikes; II — m a d a l õ u n a p u u (*Malus pumila*); 1 — õitsev võsu; 2 — õis eemaldatud krooniga; 3 — samasugune õis läbilõikes: *a* — õiepõhi, *b* — alumine sigimik, *c* — tuppleht, *d* — tolmukad, *e* — emakakaelad, *f* — emakasuue.

suured, valgete kroonlehtedega, pikaraolised. Sigimik koosneb viiest pesast viie vaba emakakaelaga; tolmukapead on violettpunased. Viljad on omapärase kujuga, alusel lohuta. Pirnipuid paljundatakse pookimise teel. Metsikult esinevad pirnipuud Euroopas, Kaukaasias ja Turkestanis. Pirni tähtsus on üldtuntud.

Õunapuu *(Malus)* (joonis 199, II) on laiaharulise võraga puu, kõrgusega 5—10 m. Pungad on udejad. Lehed on lühirootsulised, munajad, servast täkilised, alt udejamad. Õied on suured, kroonlehed seest valged, väljast roosakad. Tolmukapead on kollased. Emakakaelad on alusel kokku kasvanud.

Õunapuude *(Malus)* perekond hõlmab mitut liiki: *madal õunapuu *(Malus pumila* Mill.), esineb Kaukasuse mäestikus, Kesk-Aasias, samuti ka metsõunapuu *(Malus silvestris* Mill.). *Siberi õunapuu *(Malus sibirica* Kom.) ja *mandžuuria õunapuu *(Malus manshurica* Kom.) on levinud Kaug-Idas. Enamiku kultuursortide esivanemaks peetakse madalat õunapuud *(Malus pumila* Mill.) ja mariõunapuud *(Malus baccata* Borkh.).

Õunapuuliste alamsugukonda kuuluvad veel harilik pihlakas *(Sorbus aucuparia* L.) ja okasviirpuu *(Crataegus oxyacantha* L.) samuti lõunas kasvatatavad *harilik küdoonia *(Cydonia vulgaris* Pers.), *astelpihlakas *(Mespilus germanica* L.), *toompihlakas *(Amelanchier)*, tuhkpuu *(Cotoneaster)* jt.

Aednike erilist tähelepanu väärivad õunapuude hübriidid, mida sai I. V. Mitšurin. Ta aretas üle 60 sordi NSV Liidu kesk- ja põhjaosa jaoks. Eriti väljapaistvateks õunapuu sortideks kujunesid tal «Aniiskalvill», «Suureviljane kitaika», «Kollane belflöör», «Belflöörkitaika» jt. Pirnidest loetakse väärtuslikumaks sordiks tema «Talivõipirni». Peale selle ristas ta heade tulemustega pihlakat ja viirpuud, kirsipuud ja toomingat, põldmurakat ja vaarikat, karusmarja ja sõstart ja sai perekondade vahelisi hübriide (vt. lk. 159).

Roosõieliste sugukond ühes allpool kirjeldatud kivirikuliste sugukonnaga ühendatakse üldiseks seltsiks roosõielised *(Rosales)*.

22. sugukond: kivirikulised *(Saxifragaceae)*

Kivirikuliste sugukonda kuulub mitmesuguseid taimi ja seepärast jaotatakse see alamsugukondadeks: sõstralised, kivirikulised jt. Esineb niihästi rohttaimi kui ka puid lihtsate vahelduvate lehtedega, abilehtedeta, korrapäraste neljatiste või viietiste õitega. Õiekate on kahetine või lihtne. Tolmukate arv vastab õiekatte osadele. Viljalehed (2—4) on kokku kasvanud. Sigimikud on ülemised, keskmised ja alumised, suure hulga seemnealgmetega. Viljadeks on marjad või kuprad.

Mustsõstar *(Ribes nigrum* L.) on põõsas, mis kannab suuri musti või pruune vitamiinirikkaid marju. Pungad, oksad, lehed, marjad on spetsiifilise lõhnaga. Lehed on sõrmhõlmised,

hambulised. Õied esinevad kobaratena. Sigimik on alumine, ümbritsetud õiepõhjaga; vili on ebamari. Mustsõstart kasvab metsikult Euroopas ja Aasias, teda kultiveeritakse ka marjapõõsana.

Vähem maitsvad ja hapukad marjad on punasel sõstral (*Ribes rubrum* L.), mida ka laialdaselt kultiveeritakse.

Karusmari (*Grossularia reclinata* Mill.) esineb metsikult ja teda kasvatatakse ka kui väärtuslikku marjapõõsast. Lehed on karusmarjal väiksemad kui sõstral, sõrmhõlmised või sõrmlõhised, hambulised. Sõlmed ja varrelülid on sel põõsal kattunud teravate ogadega. Marjad on mitmevärvilised: kollased, rohelised, roosad; harilikult on nad karvastunud, magusad.

Kivirikuliste alamsugukonda kuulub hinnaline taim *badaan (*Bergenia crassifolia* Engl.), mille lehtedest ja juurikatest toodetakse tanniini, hüdrokinooni ja hinnalist «khaki»-värvi.

Sellesse sugukonda kuuluvad kivirikud (*Saxifraga*), lepiklill (*Chrysosplenium*), ädal-lill (*Parnassia*). Ilutaimedest kuuluvad siia arvukad hortensia (*Hydrangea hortensis* Sieb.) sordid ja ebajasmiin (*Philadelphus coronarius* L.) — põõsas lõhnavate õitega.

23. sugukond: liblikõielised (*Papilionaceae*)

Liblikõieliste sugukonda kuulub ligi 7000 liiki. Nende õied on korrapäratud, kahetise õiekattega. Õietupp on liitlehine, koosneb viiest lehest; õiekroon on liblikjas, koosneb ülemisest, teistest suuremast kroonlehest (purjest), kahest külgmisest (tiivast) ja kahest alumisest kroonlehest, mis lootsikutaoliselt on kokku kasvanud (laevukesest). Tolmukaid on 10; neist üheksal on niitide alumised osad kokku kasvanud, kuna üks on vaba, või kõigi kümne tolmuka niidid on kokku kasvanud. Emakaid on üks, ühepesalise ülemise sigimikuga. Vili on mitmesuguse suurusega ja kujuga kaun; on olemas kaunu, mis tugevasti erinevad tüüpilise ehitusega kaunadest: üheseemnelisi mitteavanevaid, üksikuteks osadeks jagunevaid (lülikaunad), spiraalselt keerdunuid jne. Seeme on endospermita, varuainetega, mis ladestuvad idulehtedes. Õied esinevad õisikutena või üksikult. Lehed on enamasti sulgjad või sõrmjad liitlehed abilehtedega; erandina (näiteks leetpõõsal) esinevad ka lihtlehed. Liblikõielistele on omane juuremügarate esinemine, kus asuvad bakterid, mis on võimelised assimileerima õhulämmastikku.

Taimed, mis kuuluvad sellesse sugukonda, on laialdaselt levinud kogu maakeral ja neil on eriti suur väärtus põllumajanduses. Paljusid neist kultiveeritakse toidu-, sööda-, ravim-, mee- ja tehniliste taimedena. Nad rikastavad mullastikku lämmastikuga, olles rikkad valkudest. Nende hulgas on suuri puid, põõsaid, arvukalt rohttaimi ja liaane.

Kõige iseloomustavamaks tunnuseks on neil õie ehitus liblikja krooniga. Domineerib risttolmlemine; seda toimetavad mesilased ja kumalased. Putukas, keda meelitab juurde kas õie aroom või hästi



Joonis 200.

I — sojauba *(Glycine hispida)* viljadega; II — maapähkel *(Arachis hypogaea)*: pärast õitsemist pikenevad sigimikuraod (günofoorid) ja sigimikud tungivad mulda. Viljad valmivad mullas.

märgatav õiepuri, istub õie tiibadele ja surub oma raskusega alla laevukese, mis on liigestatud tiibadega hambakeste abil. Noka ja pea pistab putukas purje alla ja võtab mesimahla näärmest, mis on sigimiku alusel. Allasurutud laevukesest tuleb välja emakasuue ja seejärel ka tolmukad, mis puistavad õietolmuteri putuka kehale, ja viiakse siis edasi järgmise õie suudmele.

Lk. 29—33 andsime tähtsamate liblikõieliste söödataimede — ristiku *(Trifolium)*, lutserni *(Medicago)* ja esparseti *(Onobrychis)* kirjelduse. Söödataimedest on tähtsad ka hiireherned (vikid) *(Vicia)*, seaherned *(Lathyrus)*, nõiahambad *(Lotus)*, mesikad *(Melilotus)* jt. Kõik need taimed kasvavad metsikult rohumaadel, mõnda neist aga kultiveeritakse ka põldudel kultuurtaimena.

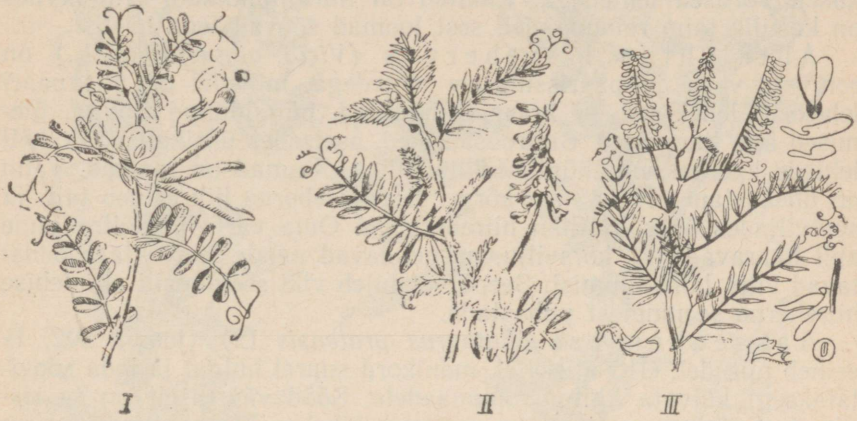
Terasaagiks kasvatatakse herneid *(Pisum)*, läätsi *(Lens)*, *põisherneid *(Cicer)*, *sojaube *(Glycine hispida* Maxim.) (joonis 200, I), *maapähkleid *(Arachis hypogaea* L.) (joonis 200, II), aedube *(Phaseolus)* ja põldube *(Vicia faba* L.). Haljasväetiseks kultiveeritakse lupiine *(Lupinus)* ja seradellat *(Ornithopus)*.

Toome mõne liblikõielise kirjelduse.

Vikk (*Vicia sativa L.*) on üheaastane taim, 30—90 sm kõrge. Teda kasvatatakse mõnikord ka teradeks, sagedamini aga haljas-

massi saamiseks, mida kasutatakse haljassöödaks, silosöödaks või heinaks (joonis 201, I).

Vikil on ronivad varred, milledel paarissulgjad liitlehed lõpevad haruliste köitraagudega. Lehekesi on 6—8 paari, nad on piklik-munajad, otsast sämpunud. Vahelduvate lehtede alusel on abilehed poolnoolja kujuga. Õied asetsevad kaheti või üksikult lühi-



Joonis 201.

I — vikk *(Vicia sativa)* — sobib kasvatada segatiseks koos kaeraga kesakultuurina; II — põld-hiirehernes *(Vicia villosa)*; külvatakse sügisel, annab varast haljassööta; III — harilik hiirehernes *(Vicia cracca)*.

kesel raol lehtede kaenlas. Õied on 1 sm ja rohkemgi pikad. Liitlehisel tupel on 5 hambakest, mis on tupeputke pikkused. Kroon on lahklehine, tal on violetne puri, roosad tiivad ja samavärviline või valkjas laevuke. Tolmukaid on 10, üks neist on vaba, 9 aga moodustavad ülal viltuselt lõigatud putke, mistõttu tolmukaniitide vabad tipud on mitmesuguse pikkusega. Emakakael on niitjas, alumisel küljel karvadest habejas. Vikil esineb isetolmlemine, kuigi tal on võimalik ka risttolmlemine. Vahel esinevad õied, mis üldse ei avane (kleistogaamia). Mesinikud peavad vikki meerikkaks, kuid mesilased koguvad peamiselt magusavõitu vedelikku, mida eritatakse abilehtede alumisel küljel. Viljad on vikil pikenenud, karvakestega kattunud ning avanevad kahe poolmega. Valminult on kaunad kollakaspruunid, seemned aga hallikad või valkjad.

Seemned ja viljad valmivad siis, kui vikki kasvatatakse teraks; haljassöödaks koristatakse vikk juba täieliku õitsemise perioodil ja viljade loomise algul. Haljasmassi saamiseks kulub kõigest 42—49 päeva.

Teistest hiireherne (viki) liikidest on eriti tähtis kevadel varajase haljassööda saamiseks põld-hiirehernes ehk talivikk (*Vicia villosa* Roth.) (joonis 201, II). Ta külvatakse sügisel ühes talirukkiga. Taim on kattunud tihedalt karvadega. Õied asetsevad kobaratena pikkadel õieraagudel, on värvuselt violetsed; purje

naast on kaks korda lühem kui pinnuke. Kaunad on laiad, peaaegu rombikujulised, 3—4 seemnega.

Harilik hiirehernes (*Vicia cracca* L.) (joonis 201, III) on harilikumaid mitmeaastasi liblikõielisi ronivate vartega. Sulgjad liitlehed on 9—10-paarised, köitraagudega. Abilehed on poolnooljad. Sinivioletsete õite kobarad on hulgaõielised, tihedad, pikkuselt võrdsed lehtedega. Kaunad on lineaalpiklikud. Hiirehernes on kasulik taim rohumaadel, sest loomad söövad teda hästi.

Ahtalehine hiirehernes (*Vicia angustifolia* L.) on ronivate varte ja paarissulgjate lehtedega, milledel on viis paari lehekesi; lehekesed on äraspidi-munajad, pügaldunud tipuga, ülemised aga lineaalsed. Siniroosad õied, asetsedes üksikult või kaheti lehtede kaenlas, on tüüpilised liblikõied. Kaunad on mustad. Taim on üheaastane, 10—45 sm kõrge. See hiireherne liik esineb tali- ja suviviljades ühes hariliku hiirehernega. Oma varte ja köitraagude abil haaravad nad kõrsvilju, nõrgendavad nende kasvu ja soodustavad vilja lamandumist. Seepärast tuleb viki seemnevili ahtalehise hiireherne seemnetest puhastada.

Aas-seahernest (*Lathyrus pratensis* L.) (joonis 202, I) esineb niitudel, eriti niisketel, mõnikord suurel hulgal ja teda soovitataksegi külvata kultuurrohumaadele. Söödaväärtuselt on ta ristikust madalam, sest ta on maitselt kibekas. Tema tunnused on järgmised. Taim on mitmeaastane rohtne, nurgelise, roniva varrega. Lehed on sulgjad, ühe paari lehekeste ja köitraagudega. Abilehed on suured, odaja alusega. Liblikõied on kollased, õieraod mitmeõielised, lehtedest pikemad. Kaunad on piklik-lineaalsed, mustad. Taim on kattunud pehmete karvakestega.

Teistest seahernestest esineb niitudel harvemini, metsades aga sagedamini mets-seahernes (*Lathyrus silvestris* L.) — suur taim roosade õite ja tugevasti tiivulise varrega. Söödaväärtuselt ei ole see taim eriti hea, sest ta omab mõrkjat maitset ning pole täiesti kahjuta.

Harilik nõiahammas (*Lotus corniculatus* L.) (joonis 202, II) on kõikjal rohumaadel esinev mitmeaastane rohttaim, mis tublisti parandab heina väärtust. Teda on kasulik viia seemnesegusse mitmeaastaste kultuurniitude rajamisel. Ta kasvab ka teedel, nõlvadel, võsastikus. Tema juured on tugevasti arenenud, eluiga ületab tublisti 10 aastat. Vanadel eksemplaridel on palju varsi — tekivad põõsakesed-tordid; noortel eksemplaridel on üks või mõned varred. Varred on püstised või tõusvad. Liitlehed on 5 lehekesega, milledest 2 alumist asetsevad varre alusel ja on seepärast abilehtede taolised. Abilehed esinevad väikeste harjastena. Õied on keskmise suurusega, kollased, asetsevad enamasti viieti sarikates õieraagudel, mis lehti oma pikkuselt 4—5 korda ületavad. Õied on liblikõie tüüpi, puri on punakaskollane, laevuke kõverdunud ja nokana teritunud. Tiivad on ligistunud. Tupp on viiehambaline. Vili on piklik pakatav kaun. Kasvu jõud oleneb tingimustest; kõrgus ulatub 10—40 sm-ni. Nõiahamba tolmlemine toimub järg-

miselt: tolmukapead puistavad tolmu laevukese esimesele osale juba siis, kui õis on pungastaadiumis; puhkenud õiel aga, laevukese eemalenihkumisel putuka raskuse all, suruvad tolmukaniidid laevukese otsast õietolmu putuka kehale.



Joonis 202.

I — aas-seahernes *(Lathyrus pratensis)*; II — harilik nõiahammas *(Lotus corniculatus)*: 1 — õitsev oks; 2 — õis; 3 — tolmukad ja emakas; 4 — emakas; 5 — vili; 6 — kroonlehed: *a* — puri, *b* — tiivad, *d* — laevuke; 7 — õie diagramm.

Valge mesikas *(Melilotus albus* Desr.) on suur (kuni 1,5 m kõrge) kaheaastane taim, kasvab jäätmaadel, uhtorgudes, tarade ääres. Tal on püstised varred, kolmetised lehed abilehtede ja piklike lehekestega; valged liblikõied on koondunud pikkadesse hulgaõielistesse kobaratesse. Õieraod on tupest lühemad. Palaval päeval võtavad mesika lehed profiilse asetuse.

Kollane mesikas *(Melilotus officinalis* Desr.) (joonis 203, I) on põhijoontes eelmisega sarnane, kuid õied on kollased. Ta sisaldab rohkem lõhnavat mõruainet — kumariini, mis tublisti takistab selle mesika kasutuselevõtmist kultuurtaimena.

Mõlemad taimed on meerikkad. Nad annavad suure haljasmassi ja neid võib kasvatada silosööda valmistamiseks, eriti valget mesikat, millel on kaks rassi: üheaastane ja kaheaastane. Valget mesikat kasvatatakse ka haljasväetisena.

Seradella ehk põld-linnujalg *(Ornithopus sativus* Brot.) (joonis 203, II) on üheaastane söödataim, 30—60 sm kõrge. Ta on eriti väärtuslik kehvade liivaste muldade kasutamisel, milledel

ta annab häid saake kas teraviljade järel kõrrepõllukultuurina või harvemini iseseisva kultuurina.



Joonis 203.

I — kollane mesikas *(Melilotus officinalis)*; II — seradella *(Ornithopus sativus)*.

Seradella botaanilised tunnused on järgmised. Varred on peenikesed, tõusvad või lamavad. Lehed on paaritusulgjad, koosnevad 15—25 paarist süstjatest lehekestest. Õied asetsevad mitmeõielistes (3—5 õit) sarikates, mis on varustatud pikkade raagudega. Iga sarika alusel on sulgjas liitleht. Õied on väikesed roosakad liblikõied. Laevuke on tömp, tolmukad kaherühmased. Tupehambakesed on naaskeljad. Taim on meerikas. Viljaks on lülilised kaunad, mis asetsevad sarikana ning meenutavad linnu jalga varvastega, mistõttu seradellat kutsutaksegi linnujalaks. Seradella juured on kattunud hõlmiste mügaratega. Seradella on heaks haljasväetistaimeks, kuid esikohal sellepoolest on lupiinid.

Ahtalehine lupiin (*Lupinus angustifolius* L.) (joonis 204, I) on üheaastane taim, mida kasvatatakse haljasväetisena NSV Liidu lääneosa kehvadel liivastel pinnastel ja kesapõldudel (lupiini ja liblikõieliste taimede tähtsusest vt. III osa, XIV peatükk).

Ahtalehisel lupiinil on järgmised iseloomulikud tunnused. Vars on sirge, 50—120 sm kõrge. Sõrmjad liitlehed on vahelduvad, koosnevad 5—11 lehekesest. Liblikjad õied on sinised, pikkades

latvmistes kobarates; kõik tolmukad on kokku kasvanud putkena. Emakas on kõverdunud, peitunud laevukesse.



Joonis. 204.
I — ahtalehine lupiin *(Lupinus angustifolius)*; II — paljulehine lupiin *(Lupinus polyphyllus)*.

Lupiinidel domineerib isetolmlemine, kuigi on võimalik ka ristolmlemine putukate abil. Vili on kaun, kergelt lüliline, suur, pruun, astlaga tipus, kattunud võrkja joonisega; kaunad pakatavad valmimisel kergesti. Seemned on oataolised, hallid, heledamate täppidega. Juured on sammasjad, suure hulga külgjuurtega, mis tungivad sügavale mulda. Mügarad on lupiinidel eriti suured, katavad niihästi pea- kui külgjuuri. Ahtalehise lupiini võime lämmastikku assimileerida on eriti suur.

Ahtalehist lupiini kasvatatakse sagedamini kesadel haljasväetisena. Temaga sarnaneb kollane lupiin *(Lupinus luteus* L.) ja *valge lupiin *(Lupinus albus* L.). Ahtalehise ja kollase lupiini seemned jõuavad nende jaroviseerimise korral valmida ka Moskva ja temast põhja pool asuvates oblastites.

Paljulehine lupiin *(Lupinus polyphyllus* Lindl.) (joonis 204, II) esineb ilutaimena aedades. Kõrgus ulatub 120 sm-ni. Juur on jäme, lihakas, mitmeaastane. Lehed on suured, alumised,

pikarootsulised, piklik-ovaalsete lehekestega. Õied on sinised, tihedates pööristes. Õitsemise ajal külastavad neid agaralt kumalased ja mesilased. Kaunad, samuti ka tumedad seemned on väiksemad kui eelmistel liikidel. Taim levib tugevasti kallakutel, jäätmaadel ning annab igal aastal suure hulga haljasmassi. Seemned valmivad kiiremini ja seepärast on selle lupiini levikurajoon põhjapoolsem kui eelmistel. Alkaloide on paljulehisel lupiinil vähem kui teistel liikidel, seepärast on selle kasutamise võimalus söötmiseks haljasmassina suurem kui üheaastastel lupiinidel. Väetamiseks võib teda kasutada haljasmassi niitmisega ja viimisega väetatavatele põldudele, mille järel haljasmass küntakse sisse. Eriti suur tähtsus on alkaloidideta lupiini vormidel.

Harilik aeduba (*Phaseolus vulgaris* L.) on üheaastane taim, 30—60 sm kõrge. Teda kasvatatakse salatitaimena (asparaedoad), kuid ka teradeks, mis on hästi rikkad valkudest. Varred on enamasti väänduvad, suurte kolmetiste lehtedega, mis öösiti kokku tõmbuvad. Õied asetsevad paariti kaenlasisestes kobarates. Õieraod on lehtedest lühemad, väheõiesed. Õied on tüüpilised liblikõied, tupp on kahehuuleline, seejuures ülemine huul kahe-, alumine kolmehambane. Kroon on sagedamini valge. Puri on varustatud kahe lisemega. Tolmukad on kaherühmased. Emakas on varustatud habeja emakakaelaga, mis on keerdunud spiraalselt ühes tolmukate ja laevukesega. Kaun on hulgaseemnene, pikk, valgete (või ka teist värvi) seemnetega. Idanemisel tõstavad seemned idulehed maapinnale.

Harilik hernes (*Pisum sativum* L.) (joonis 85) on üheaastane taim peenikeste haaravate vartega, kõrgus 30—150 sm. Liitlehed on paarissulgjad, 2—4 paari ovaalsete lehekestega, harulise köitraoga tipus. Lehtede alusel asetsevad suured poolsüdajasmunajad abilehed. Kogu taim on paljas. Õied on sagedamini valged, suured, asetsevad üksikult või kaheti lühikestel kaenlasisestel õieraagudel. Tupp on viiehambane, tolmukad — kaherühmased. Tolmukate putk on ülemises osas viltu lõigatud, mistõttu tolmukaniitide vabad osad pole ühepikkused. Emakakael on kõverdunud, emakasuue ülemisel küljel karvastunud. Hernes tolmleb isetolmlemise teel. Kaunad on kokku surutud, hulgaseemnesed, seemned ümmargused, helekollased. Idanemisel jäävad idulehed mulda.

Kerge liivase pinnasega põldudel kasvatatakse peluskit — söödaherne (*Pisum arvense* L.) sorti, mille õied on violetset ja punast värvi. Seemned on nurgelised ja tumedama värvusega — hallid, pruunid või mustad (kirjud). Peluski seemned on jämedamad; peluskit kasvatatakse terasaagi ja haljasmassi saamiseks. Herne õie ehitus on näidatud joonisel 85.

Põlduba (*Vicia faba* L.) on üheaastane taim püstiste vartega, 50—100 sm kõrge. Liitlehed on paarissulgjad, koosnedes 2—3 paarist elliptilistest lehekestest, mis lõpevad köitrao asemel niitja teravikuga. Õied asetsevad 2—6-ti kaenlasisestes kobarates.

Õied on suured, valge krooniga, mille tiibadel on mustad täpid. Kaunad on suured, peaaegu silinderjad, püstised, kattunud karvadega. Vilja poolmed on lihakad, veidi punsunud, seemnete valmimisel nahkjad. Aedades kasvatatavatel põldubadel *(Vicia faba* v. *major)* on seemned suured, laiad, lamedad, musta, pruuni ja valget värvi. Põldudel kasvatatavatel sortidel, *(Vicia faba* v. *minor)* on seemned ümmargusemad, sagedamini pruunid, kuigi esineb ka musti ja halle. Aias kasvatatavaid ube kasutatakse salatina, põllul kasvatatavate ubade seemneid aga söödana, eriti lihtsamate söötade parandamiseks. Valkude ja lahustuvate süsivesikute poolest rikkad on ka läätse *(Lens esculenta* Mnch.) seemned.

Liblikõielised on tähtsad ka arstiteaduses (mesikad, hundihambad, lagritsapõõsad jt.), samuti tehnikas värvitaimedena (leetpõõsas, indigo jt.) ja ilutaimedena (õisuba, glütsiinia, robiinia ehk eba-akaatsia *(Robinia)*, läätspuu *(Caragana)*.

Liblikõieliste hulgas on ka umbrohte, milledega tuleb võitlust pidada: humallutsern *(Medicago lupulina* L.), kassiristik *(Trifolium arvense* L.), kuldristik *(Trifolium agrarium* L.), *soofora *(Sophora)*, *kaameliohakas *(Alhagi camelorum* Fisch.) jt. Soofora ja kaameliohakas on lõunapoolsed mitmeaastased taimed, millede juurestik on eriti tugevasti arenenud.

24. sugukond: mimoosilised *(Mimosaceae)*

Sellesse kuulub tundlik *mimoos *(Mimosa pudica* L.) (joonis 316) — Austraalia taim, mille lehekesed tõmbuvad kokku vähimalgi puudutamisel. Meil kasvatatakse teda kasvuhoonetes. Tublisti suurem on *akaatsiate *(Acacia)* perekond, milles on ligi 300 liiki, mis on samuti levinud Austraalias. Nende mitmeid liike kultiveeritakse eduga Kaukaasias ja Krimmis. Mitmel akaatsia liigil kaovad liitlehtede labad, sest lehtede ülesannet täidavad fülloodid — laiaks kasvanud lehevarred, mis võtavad keskpäevase päikese palavate kiirte suhtes profiilse asetuse. *Valkjat akaatsiat *(Acacia dealbata* Link) ja teisi päris-akaatsia liike, samuti ka *albitsiat *(Albizzia)* kasvatatakse Nõukogude lähistroopikas ilupuudena; neil on kahelisulgjad lehed. Abilehed muunduvad sagedasti astlaiks. Kõigil mimoosilistel on viljaks kaun, mõnikord kaarjas ja lüliline. Õied on korrapärased, väikesed, rühmitunud kerajatesse õisikutesse. Tolmukaid on õies 4, 5, 10 või palju; nende värvus on kollane, roosa või vaarikpunane. Neil on meenäärmeid. Tolmlemine toimub putukate abil.

25. sugukond: tsesalpiinialised *(Caesalpiniaceae)*

Need on suured troopika ja lähistroopika puud ja põõsad, aga ka liaanid. Viimastel on lamedad ja ebatasased väänduvad varred, mõnel kuni 150 m pikad. Tsesalpiinialisi tuntakse kuni 900 liiki. Õied on korrapäratud, lahklehise tupega, ilma kroonita või 1—3 kroonlehega. Tolmukaid on 10 või ka mitte 10, nad on vabad või osalt kokku kasvanud. Viljaks on kaunad, vahel väga suured, kuni 1 m pikad. Krimmis ja Kaukaasias kultiveeritakse *jaanileivapuud *(Ceratonia siliqua* L.), *harilikku juudipuud *(Cercis siliquastrum* L.), aga ka *gleditšiaid *(Gleditschia)*, ilusate kahelisulgjate lehtede ja suurte asteldega viljadega. Mitmel tsesalpiinialisel on värviline puit ja neist toodetakse värvi, näiteks hematoksüliini *kampešipuust *(Haematoxylon campeschianum* L.). Kõige laialdasem on troopiline *kassiate *(Cassia)* perekond.

Liblikõielised, mimoosilised ja tsesalpiinialised ühendatakse üheks seltsiks kaunviljalised *(Leguminosae)*.

26. sugukond: sarikalised ehk putkelised *(Umbelliferae)*

Sarikaliste sugukond erineb järgmiste tunnuste poolest. Nad on rohttaimed jaguste lehtedega, millede alusel on varreümbrine tupp. Varre lülid on enamasti seest õõnsad. Õisik on liitsarikas katte ja kattekesega või ilma nendeta. Õied on sarikates, enamik neist on korrapärased või on servmised korrapäratud, valged, kollased või roosakad; tupp on viie hambakesega või mõnikord puudub täiesti. Kroonlehti on 5, enamikul juhtudel üleskäändunud tipuga. Kroonlehed on lahklehised; nende vahel asetseb 5 tolmukat. Sigimik on alumine, kahepesane, kahe emakakaelaga, mis väljuvad meekettast sigimiku tipul. Tolmlemine toimub lähinokaliste putukate, peamiselt kärbeste abil. Tolmukotid valmivad harilikult enne emakasuudmeid (protandria), mis soodustab risttolmlemist. Vili on kaksikseemnis, mis valmimisel laguneb. Igal seemnisel on seljal 5 pearoiet, vaheldudes vaokestega. Vilja läbilõikes näeme viljakattes kanalikesi, mis on täitunud lõhnava eeterliku õliga.

Ülaltoodud kirjeldusest kaldub kõrvale o g a p u t k e d e *(Eryngium)* perekond, mille õied on koondunud nuttidesse, mis on ümbritsetud torkavate katetega; samuti on neil lehed terved, torkavad. Taim on hästi kaitstud kuivamise ja loomade eest. Esineb jäätmaadel, Eesti NSV-s lääneosas mererandadel.

Sarikalistest esineb palju liike rohumaadel, aedades, köögiviljaaedades, jäätmaadel. Üldse on sarikalisi tuntud üle 2600 liigi, nad on levinud kogu maakeral. Sarikaliste sugukonda kuuluvad mitmed köögi- ja juurviljad, mida kasvatatakse lihakate juurte pärast: p o r g a n d *(Daucus carota* L.), p a s t i n a a k *(Pastinaca sativa* L.), p e t e r s e l l *(Petroselinum sativum* Hoffm.), s e l l e r *(Apium graveolens* L.) jt. Paljusid sarikalisi kasvatatakse eeterlike õlide tootmiseks: a n i i s *(Pimpinella anisum* L.), k ö ö m e n *(Carum carvi* L.), k o r i a n d e r *(Coriandrum sativum* L.) jt. Paljud sarikalised on väga mürgised taimed. Põllumajandusloomade sööda hulka ei tohi sattuda: s u r m a p u t k *(Conium maculatum* L.), m ü r k p u t k *(Cicuta virosa* L.), k o e r p u t k *(Aethusa cynapium* L.).

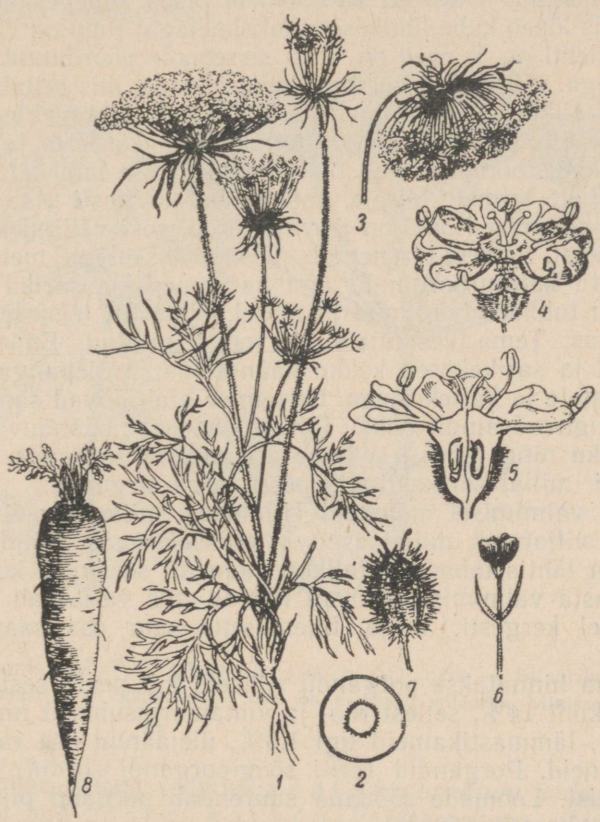
Sarikalised ühes kontpuuliste *(Cornaceae)* ja araalialiste *(Araliaceae)* sugukonnaga moodustavad seltsi s a r i k a l i s e d *(Umbelliflorae)*. Kontpuuliste hulka kuulub *a e d - k o n t p u u *(Cornus mas* L.), araalialiste sugukonda ronitaim l u u d e r o h i *(Hedera helix* L.) (joonis 268) — mõlemad lõunapoolsed taimed.

P o r g a n d *(Daucus carota* L.) (joonis 205) on kaheaastane taim, millest on loodud palju sööda- (jämedamate juurtega) ja söögisorte (peenemate ja kromoplastidest punaste juurtega).

Kultuurporgand on arenenud metsikust porgandist.

Kirjeldamisel peame silmas söödaporgandit, mida on tundmaõppimisel kasulik võrrelda metsiku ja aedporgandiga. Porgandi vili — seemnis, mida kasutatakse külvamiseks, on pool kaksikseemnisest, mis valmib liitsarikate tippudel. Müügile lastavail porgandi «seemneil» hõõrutakse ära need ogad, mis asetsevad

ridadena viljakatte pinnal pikkade konksjate ja lühikeste ogajate jätketena. Metsikul porgandil on need jätked seemnete levitamiseks, sest nendega kinnituvad nad loomade karva ja villa külge, kultuurporgandil aga takistavad nad külvi ning seepärast kõrvaldatakse nad hõõrumise teel. Seemnise ristlõikes võib luubi või mikroskoobiga tähele panna viljakattes kanaleid, mis on täitunud



Joonis. 205. Porgand *(Daucus carota)*:
1 — õitsev oks; 2 — juur läbilõikes; 3 — õied, õõseks longu laskunud; 4 — sarikakese keskmine õis; 5 — õis läbilõikes; 6 — sarika keskmine õis; 7 — kaksikseemnis; 8 — porgandi lihakas juur.

eeterlike õlidega, andes värsketele porgandi «seemnetele» iseloomustava lõhna. Viljakate kaitseb valget porgandi seemet, mis asetseb iga vilja sisemuses. Porgandi lihaka juure pikkus on 20—30 sm; suuremate raskus ulatub 1—3 kg-ni. Porgandi lehekodarik koosneb kaheli- või kolmeli-sulglõhistest, sügavhambulistest või lühikeselt teritunud jagustest lehtedest, mis on varustatud pikkade karvastunud leherootsudega.

Seemnete saamiseks istutatakse porgandi seemneistikud järg-

misel aastal sügavalt haritud ja hästi väetatud põllule. Juurikate varuainete arvel arenevad porgandi varred, mis on kuni 1 m ja rohkemgi kõrged. Porgandi varred on vaolised, karekarvased, ülevalt harulised. Lehed on vahelduvad, tupelised, sulglõhised.

Pikenenud õieraagudel asetsevad suured liitsarikad, milledel on lõhised katted ja kattekesed, mis kaitsevad õisikut siis, kui ta pole veel lahti löönud. Õitel on sarikakiirte otsas kahepesane alumine sigimik, mis lõpeb kahe lühikese emakakaelaga; tupp on vähe arenenud, kroonlehti on 5, need on veidi sissepoole pöördunud ja pügaldunud tipuga. Sigimikul on ülal lihakas ketas, mis eritab läikivaid mesimahla tilku. Viis tolmukat asetsevad kroonlehtede vahel. Tolmlemine toimub lühinokaliste putukate — kärbeste ja mesilaste abil. Putukad, roomates õielt õiele mööda kogu lamedat õisikut ja lennates ühelt taimelt teisele, toimetavad kergesti risttolmlemist. Iga sarika servmised õied on korrapäratud, sest välised kroonlehed on sisemistest rohkem arenenud. Õisiku keskel on metsikul porgandil alati, kultuurporgandil aga harva, eriline sarika keskmine õis, mis on tublisti muutunud ja millel, erinevalt teistest õitest, on verev värvus. Tema ülesanne ei ole veel selgitatud. Enne õitsemist on sarikad ja sarikakesed kokku käändunud ja õiepungad neis on kaitstud katete ja kattekestega. Õitsemise ajal löövad sarikad laialt lahti ja sulguvad ainult ööks. Pärast õitsemist käänduvad sarikad uuesti kokku ning jäävad sellesse seisundisse seemnete valmimise momendini, millal sarikakiired uuesti laiali sirguvad.

Viljade valmimisel mõlemad viljalehed, milledest vili koosneb, samuti ka viljaraag, millel asetseb kaksikseemnis, eralduvad üksteisest. On tähtis tabada vajalikku momenti seemnete kogumiseks, sest kui lasta valmimise moment mööda, siis varisevad seemnised koristamisel kergesti, mille tulemusena suur osa saagist läheb kaduma.

Söödana hinnatakse porgandit rohkem kui peeti, sest kuivainet on temas kuni 14%, sellest roo- ja viinamarjasuhkrut ning tärklist kuni 9,6%, lämmastikaineid ligi 1,3%, ülejäänud osa rasva, kiud- ja teisi aineid. Porgandid (eriti söögiporgandi sordid) on rikkad A-vitamiinist. Loomade söödana suurendab porgand piimatoodangut ja tõstab selle omadusi.

Till (*Anethum graveolens* L.) (joonis 206) on üheaastane taim. Teda külvatakse aedadesse või ta seemendub kergesti iseendast. Vahel esineb teda aedade läheduses, prahipaikadel. Tilli lehed on meeldiva lõhnaga ning neid kasutatakse maitseainena toidu valmistamisel. Varred on 45—120 sm kõrged, paljad, oksised, ümmargused, triipudega. Lehed on tupelised, mitmeti niidikujulisteks osadeks jagunenud. Sarikad ja sarikakesed on hästi arenenud, ilma katete ja kattekesteta. Õied on kollakad, keskele kokkukäändunud kroonlehtedega. Tolmukaid on 5; nad vahelduvad kroonlehtedega. Meenääre sigimikul on lame. Vili on seljast kokkulitsutud, peenikeste roiete ja tiivuliste servadega.

Harilik näär (*Pimpinella saxifraga* L.) on mitmeaastane

taim, 30—60 sm kõrge, kasvab harilikult rohumaadel, võsastikus, nõlvadel jne. Varred on püstised, ümmargused, peenevaolised. Alumised lehed on sulgjagused, ümarmunajate hambuliste lehekestega. Liitsarikad on hästi arenenud; esinevad nii katted kui ka kattekesed; tupp pole märgatav. Kroon koosneb viiest valgest lehekesest. Viljad on piklik-munajad kaksikseemnised. Harilik näär on kariloomadele söödav rohi.



Joonis 206. Tilli (*Anethum graveolens*) õisik — liitsarikas:
A — pealtvaade; B — külgvaade — õied on arenenud viljadeks, kaksikseemnisteks.

Umbrohuna esineb aedades naat (*Aegopodium podagraria* L.), rohumaadel aga siberi karuputk (*Heracleum sibiricum* L.), heinputk (*Angelica silvestris* L.), kikkaputk (*Archangelica officinalis* Hoffm.), harakputk (*Anthriscus silvestris* Hoffm.) jt.

Mürkputk (*Cicuta virosa* L.) (joonis 207, I) esineb niisketel niitudel, tümadel jõekallastel ja vees. See on üks mürgisemaid taimi. Lapsed mürgituvad süües juurikat, kariloomad süües varsi ja lehti ning mitte ainult värskelt, vaid ka heinas. Mürkaine mõjub loomade pikliku aju keskustele ja hingamisorganite halvatusele järgneb surm. Mürkputk on mitmeaastane sarikaline, mida iseloomustavad järgmised tunnused. Taim on paljas, 60—120 sm kõrge. Lehed on õõnsate rootsudega, kolmeli-sulgjaguste lehtedega, kitsassüstjate teravsaagjate osadega. Ülemised lehed on väiksemad ja neil on lühemad kitsatupelised rootsud. Varre lülid on õõnsad,

alumises osas ligistunud, maa all muutuvad nad lühenenud lihakaks juurikaks õõntega, mis on täitunud õhuga. Juurika lõikamisel tuleb sellest kollast mahla. Sarikatel ei ole katet või see koosneb vaid 1—2 lehekesest; sarikakestel on kattekesed. Sarikakesed koosnevad valgetest õitest. Tupp on viie hambaga, kroon viie kroonlehega, tolmukaid on 5. Viljad on kerajad, külgedelt veidi lamedad.



Joonis 207.
I — mürkputk *(Cicuta virosa)*; II — surmaputk *(Conium maculatum)*.

Surmaputk (*Conium maculatum* L.) (joonis 207, II) kasvab kuni 2 m kõrguseks, kuid tavaliselt on ta väiksem. Taim on kaheaastane, kasvab prahipaikadel, jäätmaadel, võsastikus ja jõgede kallastel. Esineb ka aedade läheduses. Vars on paljas, oksine, väikeste punakate täppidega. Lehed on kolmeli-sulgjagused, õõnsate vartega. Taim on vastiku hiirelõhnaga. Sarikatel on katted ja kattekesed. Tupp pole märgatav, kroonlehed aga on pöördunud servadega. Viljaks on kaksikseemnised, munajad, külgedelt lamedad, looklevate roietega. Kogu taim on tugevasti mürgine. Tuleb hoiduda, et teda ei antaks kariloomadele. Taim sisaldab, eriti lehtedes ja valmimata viljades, alkaloidi koniini, mida kasutatakse arstiteaduses ravimina krampide puhul.

See kaheiduleheliste taimede alamklass on oma põlvnemiselt noorem ja seepärast kõrgemal arenemisastmel kui lahk-kroonlehised taimed.

Liitkroonlehiste taimede 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 õie sisemised osad paremini kaitstud ebasoodsate välistingimuste eest ja samal ajal on nad ka paremini kohandatud risttolmlemisele putukate abil. Tupp on samuti liitlehine ja jääb pärast õitsemist vilja külge. Tolmukad kasvavad kokku krooni putkega ja asetsevad seepärast harilikult kroonlehtedel. Siia kuuluvad taimed on harva anemofiilsed (tuultolmlejad), tavaliselt on nad entomofiilsed (putuktolmlejad). Emakaid on sagedamini 1, kusjuures emaka-suudmete arvule vastab ka viljalehtede arv.

Sellesse alamklassi kuuluvast 40 sugukonnast tutvume järg-mistega:



Joonis 208.

I — mustikas *(Vaccinium myrtillus)*: 1 — üldkuju; 2 — õis läbilõikes; 3 — õie diagramm; II — kanarbik *(Calluna vulgaris)*: 1 — taime üldkuju; 2 — õis.

27. sugukond: kanarbikulised *(Ericaceae)*

Kanarbikuliste sugukonda kuuluvad mitmed põõsad ja poolpõõsad, milledel on nahkjad lihtlehed, mis vahel ei lange talveks maha. Õied on liitkroonlehised, korrapärase krooniga ning mittevariseva tupega. Tolmukaid on sagedasti kaks korda rohkem kui kroonlehti. Tolmukapead avanevad augukestega. Sigimik on sageli alumine, koosnedes mitmest pesast. Seemnealgmed arenevad telgmisel seemnekandjal. Viljad on kanarbikulistel marjad, luuviljad või kuprad.

Alumise sigimiku ja mahlakate marjadega on palukate ja jõhvikate perekond: pohl (*Vaccinium vitis idaea* L.), mustikas (*Vaccinium myrtillus* L.) (joonis 208, I), sinikas (*Vaccinium uliginosum* L.) ja jõhvikas (*Oxycoccus palustris* Pers.) (joonis 262).

Kõik need taimed on väga kasulikud, sest nende viljad on toitvad ja sisaldavad vitamiine. Suurem osa neist levib põhjapoolsetes soodes ja metsades. Viljadena esinevad kuprad kanarbikul (*Calluna vulgaris* Salisb.) (joonis 208, II) ja sookailul (*Ledum palustre* L.) (joonis 261). Kaukaasia mägistel maadel levivad *asalead (*Azalea*) ja *rododendronid ehk alpiroosid (*Rhododendron*).

28. sugukond: nurmenukulised *(Primulaceae)*

Nurmenukuliste sugukond moodustab iseseisva seltsi nurmenukulised *(Primulales)*.

Nurmenukulised on rohttaimed lihtsate lehtedega, ilma abilehtedeta. Õiekroon on liitlehine, korrapärane; tolmukad asetsevad kroonlehtedega kohakuti ja on nendele kinnitunud. Emakas on ühe lihtsa emakakaelaga ja terve nutitaolise suudmega. Sigimik on ülemine, ühepesane, vaba keskse seemnekandjaga. Viljad on kuprad, ümbritsetud tupega. Mitmed nurmenukulised on varakevadised taimed.

Sellesse sugukonda kuuluvad järgmised perekonnad: nurmenukud *(Primula)*, tüüpiliste heterostüülsete (erikaelsete) õitega (joonis 101), metsvitsad *(Lysimachia)*, laanelilled *(Trientalis)*, vesisuled *(Hottonia)*, *alpikannikesed *(Cyclamen)*, varsapõlved *(Anagallis)* — viimane on umbrohi.

29. sugukond: kassitapulised *(Convolvulaceae)*

Need on enamasti väänduvad, vahelduvate lehtedega rohttaimed (tuntud kuni 1100 liiki). Õied on viietised, korrapärased, lehterja või kellukja liitlehise õiekrooniga. Tolmukaid on 5, emakaid 1, ülemise 2—4-pesase sigimikuga. Vili on kupar.

Kassitapuliste sugukonda kuuluvad: parasiittaimed — võrmid *(Cuscuta)* (joonis 296); umbrohud — kassitapud *(Convolvulus)* (joonis 209), seatapud *(Calystegia)* — viimane on niiskete kohtade taim suurte valgete lehterjate õitega; ta väändub ümber põõsaste, ilutaim — *lehtertapp (*Ipomoea purpurea* Lam.), mis ilustab lehtlate seinu, ja söödav taim *bataat ehk «magus kartul» (*Ipomoea batatas* Lam.), mille juurtel kasvavad suured tärkliserikkad mugulad. Bataate kasvatatakse Kaukaasias ja Turkmeenias.

Kassitapp (*Convolvulus arvensis* L.) on mitmeaastane taim. Ta lehistunud vars väändub teiste taimede ümber; vastavate tugede puudumisel aga lamab vars tasasel maal. Lehed on odajad

või nooljad, teravate hõlmadega. Õied asetsevad üksikult lehtede kaenlas pikkadel õieraagudel. Kassitapp õitseb 1—5 päeva. Õis on valge või kahvaturoosa, viie roosa triibuga, lehterjas. Juured tungivad sügavale ja annavad juurevõsusid. Kassitapp paljuneb



Joonis 209. Kassitapp *(Convolvulus arvensis)*: 1 — taime üldkuju; 2 — õis läbilõikes; 3 — tolmukas ja emakas.

kiiresti ning on tüütu umbrohi. Väändudes kultuurtaimede (teraviljade) ümber, takistab ta nende arenemist, raskendab nende sirgumist pärast lamandumist ning segab vilja koristamist.

Kassitapuliste sugukond ühes siniladvaliste *(Polemoniaceae)* sugukonnaga eraldatakse kassitapuliste *(Convolvulales)* seltsiks.

30. sugukond: karelehelised *(Borraginaceae)*

Need on karvade tõttu karedate lehtede ja vartega rohttaimed. Neid tuntakse üle 1500 liigi. Lehed on vahelduvad, terved, ilma abilehtedeta. Õied on korrapärased (välja arvatud ussikeel), viie-

tised; esinevad tigujalt keerdunud pöörisjate õisikutena. Tupp on liitlehine. Õiekroon on liitlehine, koosneb putkest ja naastust. Õie neelus on sageli soomused, mis katavad tolmukaid. Tolmukad vahelduvad krooni tipmetega ning kinnituvad kroonlehtedele. Emakaid on üks, sigimik neljaosaline, selle all on meeketas. Tolmlemine toimub putukate abil. Vili on laguvili, mis koosneb neljast pähklikesest.

Kareleheliste taimede hulgas on meerikkaid taimi, nagu ussikeeled *(Echium)*, kurgirohud *(Borrago)* jt. Mitmed kare-



Joonis 210.
I — harilik kopsurohi *(Pulmonaria officinalis)*; II — kurgirohi *(Borrago officinalis)*.

lehelised kasvavad prahipaikadel ja niisketel kohtadel, varemerohud *(Symphytum)*, imikad *(Anchusa)*, lõosilmad *(Myosotis)* jt., kuid mõned neist on umbrohud — tapurohud *(Echinospermum)*, rusujuured *(Lithospermum)* jne.

Varakevadel õitseb lehtmetsades harilik kopsurohi (*Pulmonaria officinalis* L.) (joonis 210, I), mille õied on algul roosad, hiljem aga violetsed ja sinised (polükroism). Kopsurohul esineb samuti nagu nurmenukulgi dimorfne heterostüülia (erikaelsus).

Kurgirohi (*Borrago officinalis* L.) (joonis 210, II) on üheaastane karekarvane mahlakas rohttaim, mida sageli kasvab aedades; ta on kurgi lõhnaga. Tema noori lehti kasutatakse salatiks; õied on meerikkad. Vars on 40—50 sm kõrge, harali-oksine. Ülemised lehed on rootsutud, piklikmunajad, alumised aga rootsulised, elliptilised. Õiekroon on helesinine, algul roosakas, ratasjas, liitlehine, longus. Krooni neelus on 5 soomust. Tolmukaniitidel esineb tolmukapeade all naaskeljas lise.

Kareleheliste (*Borraginales*) seltsi kuulub veel vesileheliste (*Hydrophyllaceae*) sugukond, millesse kuulub meetaim keerispea (*Phacelia tanacetifolia* Benth.).

31. sugukond: maavitsalised (*Solanaceae*)

Maavitsaliste sugukonna iseloomustavad tunnused on järgmised.

Need on ühe- või mitmeaastased rohttaimed, välja arvatud harilik maavits (*Solanum dulcamara* L.) (joonis 214, I), *mis on mitmeaastane poolpõõsas ja kasvab kalliastel. Maavitsaliste hulgas on palju mürktaimi, mis sisaldavad solaniini, atropiini, nikotiini jm. Lehed on vahelduvad, abilehtedeta. Õied on korrapärased (peale koerapöörirohu), lehterja, ratasja või tähtja kujuga. Tupp on tavaliselt liitlehine, viielõhene, õiekroon on viiehõlmane. Tolmukaid on niisama palju kui krooni tipmeid. Emakas on ülemine, kahepesase sigimikuga, ühe emakakaelaga ja terve suudmega. Emaka alusel eritab meenääre mesimahla. Vili on mari või kupar, sagedamini kahepesane.*

Maavitsalised on levinud kogu maakeral. Neid arvestatakse kuni 1700 liiki. Paljud neist on mürgised.

Maavitsaliste sugukonda kuuluvad mõned põllu-, köögivilja- ja tehnilised kultuurid: kartul (*Solanum tuberosum* L.), tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.), *punapipar (*Capsicum annuum* L.), *füsaalis (*Physalis Alkekengi* L.), tubakad (*Nicotiana*) (joonis 1). Mürgised on *karumustikas (*Atropa belladonna* L.), okasõun (*Datura stramonium* L.), must maavits (*Solanum nigrum* L.), koerapöörirohi (*Hyoscyamus niger* L.) jt.

Kartul (*Solanum tuberosum* L.) (joonis 211) kuulub mugulviljade hulka, sest tal arenevad maa-alused varremugulad, millede pärast teda kultiveeritaksegi. Oma arenemise lõpetab kartul ühe aasta kestel. Et aga ta harilik paljundamine toimub vegetatiivsel teel, mugulate abil, siis peetakse kartulit mitmeaastaseks taimeks.

Kartuli mugul on maa-aluse võsu, niinimetatud stolooni jämendus; mugulal võib eraldada ülemist osa, millel on palju silmi, ja alumist osa või alust, millel on lohk (naba), s. o. stolooni kinnitumiskoht, mille kaudu mugul sai toitu emataimest. Alumisel osal asetseb silmi harva, kuid ka siin on nende asetus nagu ülemisel osalgi spiraalne. Iga silm koosneb soomusjast lehest, mis mõnel sordil

on täiesti arenemata, ja mõnest (tavaliselt kolmest) pungast, mis seisavad lohus, soomuse kaenlas.

Kartuli vegetatsiooniperioodi pikkus kõigub, olenedes sordist, järgmiselt: varajased sordid valmivad 70—90 päeva kestel, keskmised 120—130 päeva jooksul, kuna hilised sordid nõuavad oma täielikuks arenemiseks kuni 180 päeva. Kartuli mugula idanemine mullas toimub soojuse, niiskuse ja õhu juurdepääsul.





Joonis 211. Kartul *(Solanum tuberosum)*:

I — taime alumine osa; II — võsu; 1 — osa vart lehtede, õite ja viljadega; 2 — õis läbilõikes; 3, 4 — vili — mari.

Kõigepealt hakkavad kasvama silmad, mis asetsevad mugula ülemises osas. Alumised silmad võivad jääda isegi täiesti arenemata. Kolmest pungast, mis on ülemistes silmades, hakkavad kõige enne kasvama keskmised, kuna külgmised on vaid varupungad ja muutuvad võsudeks ainult esimeste vigastamisel. Kasvamahakkamisel toimub mugulas kuhjunud ensüümide mõjul ainete muundumine ning nende siirdumine noortesse idudesse. Iga ülespoole kasvava võsu alusel ilmub kimbuke narmasjaid lisajuuri, mis suurendab võsude toitumist soolade ja veega, mida juured imevad mullapinnast. Maapinnale väljajõudnud noored võsud muutuvad roheliseks ja moodustavad lehtede pinna. Sel ajal äestatakse harilikult kartulipõldu, mille järel võsud hakkavad kiiresti kasvama. Emakartul toidab veel kaua noort taime, sest toitainete varusid kulutatakse aegamööda.

Selleks momendiks, kui kartul hakkab õitsema (enne seda tuleb kartuleid vaheltharida ja mullata mitte vähem kui kaks korda), jõuavad maa-alustel varre osadel, peale küllaldase juurestiku, areneda ka maa-alused külgvõsud — stoloonid, mis omakorda annavad endast oksi, juurduvad ja moodustavad oma otstel ja külgvõsudel noori mugulaid (joonis 44).

Mugulad arenevad assimilieerimisprotsessi arvel, mis toimub lehtedes. Primaarne tärklis, mis koguneb kloroplastidesse, muundub kogu aeg suhkruks, valgudes siis mugulatesse ja muundudes omakorda sekundaarseks tärkliseks.

Stoloonide arv kõigub keskmiselt 6—8 vahel, kuid mugulate arv tõuseb isegi mõnekümneni. Stoloonide pikkusest oleneb kartulipesa kokkukuhjumus või laialipillatus.

Kartuli varred kasvavad 45—80 sm kõrguseks. 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 udejad. Varte värvus on kas roheline või tumevioletne, vastavalt sordile. Kartuli lehed on rootsulised, paaritu-sulgjagused, enamasti katkestunult sulgjad, väikeste lehekestega, mis asetsevad suuremate lehekeste vahel. Karvad, millega on kattunud lehed ja varred, on kahesugused: ühed on näärekarvad, teised lihtsad. Lehtede pind on kas sile või kortsuline; alumisel poolel paistab roodude võrk.

Varajased kartulisordid õitsevad juunis, keskmised juulis, hilised augustis. Valgete ja violetsete kroonidega ja kollaste tolmukapeadega õied asetsevad hargnenud keeristes, mis väljuvad kõrglehtede kaenlast. Õied on viietised. Õieraod on liigestusega ja pärast õitsemist allapoole käändunud. Tupp koosneb viiest (või kuuest) rohelisest, alusel kokkukasvanud lehest. Õiekroon on ratasjas ja koosneb samasugusest arvust kokkukasvanud kroonlehtedest, mis on suuremad kui tupplehed. Tolmukad (neid on 5) koosnevad lühikestest tolmukaniitidest ja suurtest tolmukapeadest, mis on koondunud koonusjalt ümber emakakaela. Tolmukapead avanevad augukestega oma tipul ja neist puistuvad tolmuterad, milledest osa langeb sama õie nutitaolisele emakasuudmele. Sigimik on kahepesane, suure hulga seemnealgmetega. Emakakael on veidi pikem tolmukapeadest. Kartul on isetolmleja taim, kuid võimalik on ka risttolmlemine. Pärast tolmlemist õiekroon kuivab ja sigimikust arenevad rohelised lihakad viljad — marjad, milles valmivad seemned. Paljudel kartuli sortidel ei teki üldse vilja. Kartuli valmimise tunnuseks on paljudel sortidel pealsete kuivamine, milledest toitained siirduvad mugulatesse.



Joonis 212. Okasõun (*Datura stramonium*).

Kartul sisaldab kõigis oma organites mürki solaniini. Eriti palju koguneb seda rohelistesse marjadesse, noortesse võsudesse ja roheliseks muutunud mugulatesse. Kuid ka harilikes mugulates ja kartulipealsetes esineb solaniini. Mugulates on seda rohkem just koore all. Kartulite keetmine hävitab nende mürgised omadu-

sed. Just seepärast tuleb kartulite kasutamisel loomasöödana neid enne keeta.

Kartuli sorte tuntakse praegusel ajal üle 1000. Nad jaotatakse söögi-, tööstuse- ja söödakartuliteks.

Okasõuna (*Datura stramonium* L.) (joonis 212) esineb prahipaikadel, jäätmaadel, tarade ääres, kraavikallastel, eriti must-



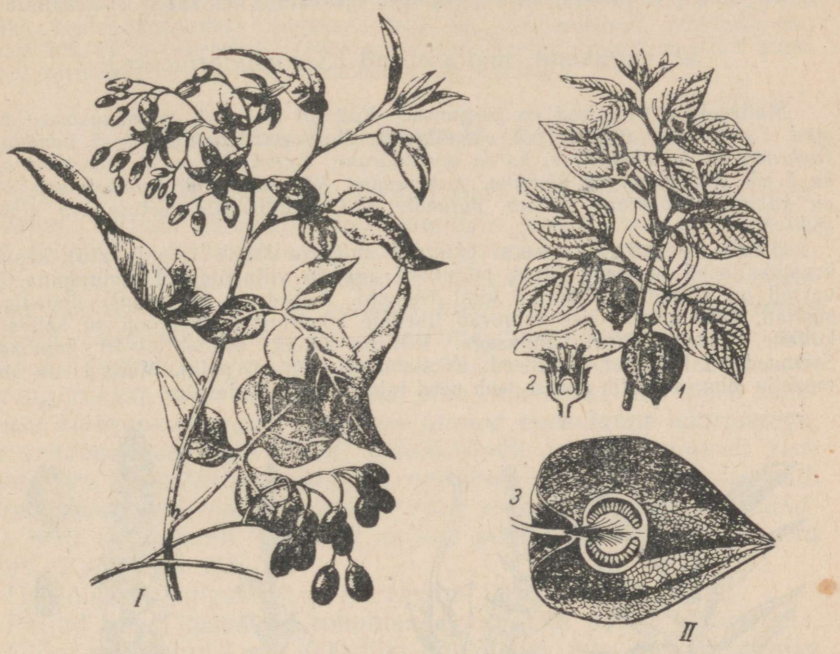
Joonis 213.

I — koerapöörirohi (*Hyoscyamus niger*); II — karumustikas — (*Atropa belladonna*): 1 — oks õite ja viljadega; 2 — õis; 3 — vili läbilõikes.

mullavööndis. Ta on kaunis suur üheaastane, tublisti haruline taim, kattunud karvadega. Lehed on rootsulised, teritunud, sopilised. Õied on suured, valged, lõhnavad, asetsevad varre hargnemiskohtades ja okste ladvas. Õiekroon on liitlehine, lehterjas, pikutivoltjas, viietist tüüpi. Tupp on putkjas, viiekandiline. Vili on suur kupar, kattunud ogadega; valmimisel avaneb nelja hambaga ja sisaldab musti seemneid. Kogu taim on tugevasti mürgine.

Koerapöörirohi (*Hyoscyamus niger* L.) (joonis 213, I) kasvab seal, kus okasõungi, kuid ta levib sellest rohkem põhja poole. Vars on püstine, haruline, kattunud karvadega. Taim on kaheaastane. Esimesel aastal kasvab suur lehekodarik piklik-munajatest ja sopilistest lehtedest; ööseks tõmbuvad lehekodarikud

kokku, hommikul aga löövad nad jälle laiali. Teisel aastal ilmuvad vartel varreümbrised, laskuvad, piklikud ja suurehambulised lehed. Õied on tihedates keeristes, korrapäratu krooniga, võidunult valged, tumevioletsete soonte võrguga või kollaste õiekroonidega, lehterjad, viie tömbi hõlmaga. Tupp on ümmargune, peaaegu kellukjas. Vili on kahepesane kupar, keskelt soonistunud, avaneb kaanega. Koera-



Joonis 214.

I — harilik maavits *(Solanum dulcamara)*; II — füsaalis *(Physalis Alkekengi)*: 1 — taime üldkuju; 2 — õis läbilõikes; 3 — mari läbilõikes, ümbritsetud laiakspaisunud tupega.

pöörirohu seemned on maguna seemnete sarnased. Karvastunud taim on vastiku lõhnaga ja väga mürgine. Lehtedest toodetakse alkaloide hüostsüamiini ja atropiini.

*Karumustikas *(Atropa belladonna* L.) (joonis 213, II) on mürktaim, ja ühtlasi ka ravimtaim. Teda esineb Krimmis ja Kaukaasias. Ta on suur mitmeaastane taim, mida kultiveeritakse atropiini saamiseks.

Musta maavitsa *(Solanum nigrum* L.) kasvab kõikjal prahipaikadel ja umbrohuna aedades. Ta on üheaastane taim mitmesuguse kõrgusega — 8 kuni 90 sm. Varred ja lehed on tumerohelised. Lehed on lühikeste rootsudega, munajad. Õied meenutavad veidi kartuli õisi, kuid on neist väiksemad, valgete kroonlehtedega. Tolmukaid on sama palju kui kroonitipmeid, nad on kollaste tolmukapeadega. Vili on must mari, mida peetakse mürgi-

seks, kuigi mõnes paigas kasutatakse musta maavitsa vilju keedetult toiduks.

Jõgede kallastel esineb sagedasti poolpõõsas harilik maavits *(Solanum dulcamara* L.) (joonis 214, I) violetse õiekrooni ja helepunaste marjadega. Lõunas levib *füsaalis ehk juudikirss *(Physalis Alkekengi* L.) — taim erepunaste marjadega, mis on kattunud laiakspaisunud tupega (joonis 214, II).

32. sugukond: mailaselised *(Scrophulariaceae)*

Mailaseliste tunnused on järgmised. *Nad on ühe- või mitmeaastased taimed. Lehed on vastakud või vahelduvad. Tupp on liitlehine, 4—5 hambaga. Õiekroon on kahehuuleline, harva korrapärane. Tolmukaid on 4, mõnikord aga ka 5 või 2. Sigimik on ülemine, kahepesane, hõlmadeta või kahehõlmane. Vili on kupar. Tolmlemine toimub putukate abil. Mailaseliste liikide arv ulatub 2600-ni.*

Harilik käokannus *(Linaria vulgaris* Mill.) (joonis 215) kasvab kraavikallastel ja teede ääres, mõnikord aga ka viljapõldudel umbrohuna. Ta varred on sirged, lehistunud kuni õisikuni. Lehed on rootsutud, lineaalselt süstjad, vahelduvad. Õied esinevad tihedate kobaratena. Õiekroon on kahvatukollane, kahehuuleline, kannusega. Vili on kupar, avaneb 4—10 hambaga Seemned on lamedad, tiivulised. Käokannuse liike on palju. Mailaseliste ebameeldiv lõhn ja vastik maitse teeb need taimed mittesöödavaks.



Joonis 215. Harilik käokannus *(Linaria vulgaris).*



Joonis 216. Üheksavägine *(Verbascum thapsus):*
1 — taime üldkuju (vähendatud 12—15 korda); 2 — varre latv; 3 — õis; 4 — vili; 5 — seeme; 6 — karvad (suurendatult).

Rohumaadel esinevad vägiheinad *(Verbascum)* (joonis 216), härgheinad ehk kuupäevarohud *(Melampyrum)*, mailased *(Veronica)* jt.

Mailaseliste hulgas on ka tugevasti mürgiseid ja ravimtaimi, näiteks *sõrmkübarad *(Digitalis)*, *ohulilled *(Gratiola)* jt.

Levinud on ka poolparasiittaimed: robirohud (joonis 298), härgheinad, silmarohud jt. Pärisparasiittaimede hulka kuuluvad käopäkk (joonis 297) ja soomukad (joonis 296). Neid loetakse sugulassugukonda soomukalised *(Orobanchaceae)*. Viimastest kõneldakse veel füsioloogia kursuses (lk. 473).

Mailaseliste sugukond kuulub samasse seltsi *(Personatae)*, kuhu maavitsalisedki. Neile lähedasteks sugukondadeks on vesihernelised *(Utriculaceae)* (joonis 299, I) ja teelehelised *(Plantaginaceae)*. Teisest küljest on sellel sugukonnal sarnasust ka järgmise, huulõieliste sugukonnaga.

33. sugukond: huulõielised *(Labiatae)*

Need on rohttaimed või poolpõõsad neljakandiliste vartega, vastakute tervete lehtedega, huultetaoliste õitega, mis on koondunud ringidena (männastena) varre ladvaosas. Tupp on viiehambane, sageli kahehuuleline. Õiekroon on kahest kroonlehest moodustunud ülemise huulega ja kolmest kroonlehest tekkinud alumise huulega. Õiekrooni putkes on sageli märgata karvu. Õies on neli või kaks (salveil) tolmukat. Emakas koosneb ülemisest neljaosalisest sigimikust, mille keskelt väljub pikk emakakael, mis lõpeb kahejaguse emakasuudmega. Sageli on taimed varustatud näärmetega, mis eritavad eeterlikke õlisid. Huulõielistel esineb peamiselt risttolmlemine kumalaste, mesilaste, mõnikord aga ka kärbeste abil. Tolmukapead valmivad harilikult enne emakasuudmeid (protandria). Vili on laguvili, koosneb neljast pähklikesest, milledest osa sageli ei valmi täielikult.

Huulõieliste hulgas on palju ravim- ja lõhnavaid taimi.

Paljud neist kasvavad rohumaadel, aga ka põllul umbrohuna.

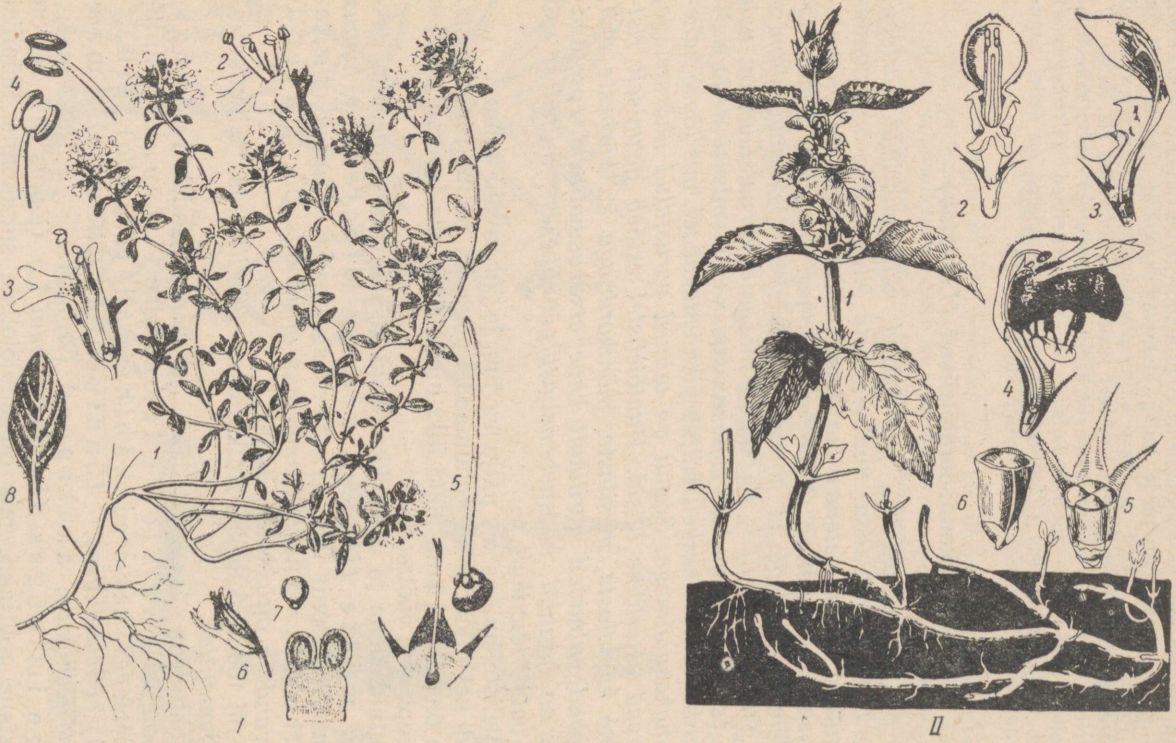
Üldse on tuntud kuni 3000 liiki huulõielisi, mis levivad parajas ja subtroopilises vöötmes.

Ravimtaimedena ja eeterlikke õlisid sisaldavate taimedena kasvatatakse: münte *(Mentha)*, nõmme-liivateed *(Thymus serpyllum* L.) (joonis 217, I), *aedsalveid *(Salvia officinalis L.)*, *rosmariini *(Rosmarinus officinalis* L.), *lavendlit *(Lavandula officinalis* Chaix) jt.

Head õli toodetakse ka *lutiklilledest *(Perilla)* ja *lallemantiatest *(Lallemantia)*.

Umbrohtudena esinevad jäät- ja kõnnumaadel iminõgesed *(Lamium)*, veiste-südamerohud *(Leonurus)*; niitudel ja metsades kasvavad käbiheinad *(Brunella)*, tihasheinad *(Scutellaria)*, tõnnikesed *(Betonica)*, maajalad *(Glechoma)*, akakapsad *(Ajuga)*.

Valge iminõges *(Lamium album* L.) (joonis 217, II) on mitmeaastane rohttaim, mis on huulõieliste sugukonna tüüpilisi esindajaid. Ta lehtedel on üldkujult mõningaid sarnasusi kõrvenõgesega *(Urtica dioica* L.), mis kuulub aga nõgeseliste sugukonda.



Joonis 217.

I — nõmme-liivatee *(Thymus serpyllum)*: 1 — taime üldkuju; 2, 3 — õis; 4 — tolmukas; 5 — emakas; 6, 7 — vili; 8 — leht; II — valge iminõges *(Lamium album)*: 1 — taime üldkuju; 2, 3 — õis; 4 — tolmlemine; 5 — vili — neli pähklikest; 6 — pähklike.

Valge iminõges kasvab prahipaikadel ning tal on roomavad risoomid. Vars on neljakandiline, lehed vastakud, rootsulised, saagjad. Õied asetsevad männastena ülemiste lehtede kaenlas, on suured, valged, korrapäratud, kahehuulelised, kohanenud tolmlemiseks mesilaste abil. Tupp on liitlehine, viiehambane. Õiekroon on liitlehine, valge, kahehuuleline; kiiverja ülemise huule all asetseb 4 tolmukat, millest 2 on pikemad, 2 lühemad. Tolmukaniidid kinnituvad õiekrooni putkele. Emakaid on 1. Sigimik on ülemine, neljaosaline; selle keskelt tõuseb pikk peenike emakakael, lõppedes kaheharulise emakasuudmega. Vili koosneb neljast eralduvast pähklikesest. Tihti valmivad neljast pähklikesest vaid 2 või 3.

Umbrohtudena esinevad viljapõldudel kõrvikud ja nõianõgesed.

Kirju kõrvik (*Galeopsis speciosa* Mill.) (joonis 218, I) on kaunis suur üheaastane taim (kõrgus 50—120 sm), mida esineb kõikjal viljapõldudel heal pinnasel. Teda kasvab sageli ka aedades. Tema botaanilised tunnused on järgmised: tüüpiline huulõieline taim neljakandiliste varte, vastakute lehtede, kahehuuleliste õite ja neljahõlmase sigimikuga, mis muutub pärast neljaks pähklikeseks. Kogu taim on kattunud karedate karvadega. Lehed on piklikud. Õied on koondunud männastesse lehtede kaenlas. Tupplehed on torkavad, alusel putkeks kasvanud. Õiekroon on helekollane. Alumine huul kroonil on kolmehõlmane, keskmine hõlm ümardunud, violetne. Õie alumise huule alusel on kaks õõnsat sarvjat kühmu.





Joonis 218.
I — kirju kõrvik (*Galeopsis speciosa*); II — kitsalehine kõrvik (*Galeopsis ladanum*).

Pähklikesed on ligi 3 mm pikad, kolmetahulised, tumepruunid, hallikate täppidega.

Kitsalehine kõrvik *(Galeopsis ladanum* L.) (joonis 218, II). Teda esineb kõikjal viljapõldudel, eriti aga talivilja kõrres pärast vilja koristamist. Ta on üheaastane, 8—50 sm kõrge, püstise pehmekarvase neljakandilise varrega, piklike vastakute saagjate lehtedega. Õied asetsevad männastena ülemiste lehtede kaenlas. Õiekroon on kahehuuleline, lillakasverev, tupest pikema putkega. Alumise huule alusel on kaks õõnsat sarvjat liset. Krooni alumine huul on kolmehõlmane, alusel kollane, verevate täppidega; ülemine huul on kiiverjas. Tupp on viie peenikese torkava hambaga ja kümne soonega; 4 tolmukat jääb pärast õitsemist sirgeks. Viljadeks on 4 äraspidi-munajat, ümardunud ülemise osaga pähklikest. — Kitsalehise kõrvikuga on sarnane kare kõrvik *(Galeopsis tetrahit* L.).

Soo-nõianõges ehk sootõnnike *(Stachys palustris* L.) kasvab mitte ainult niisketel kohtadel, vaid ka prahipaikadel ja on eriti soovimatuks umbrohuks aedades. Tema iseloomulikuks omapäraks on maa-alused risoomid, milledel on otsas lülilised paksendused. Need juurikad asetsevad sügaval, kuid põllu harimisel traktori jõul keeratakse nad pinnale. Varred on neljakandilised, püstised, allapoole pöördunud karvadega, vastakute piklike peenelt täkiliste lehtedega. Alumised lehed on lühirootsulised, ülemised rootsutud. Õied on kahehuulelised, tumeroosad, männastes, mis on koondunud tihedaks peaks. Nõianõgeseid on mitu liiki.

Huulõielised ühes raudürdiliste *(Verbenaceae)* sugukonnaga moodustavad seltsi raudürdilised *(Verbenales)*. *Raudürt *(Verbena officinalis* L.) on umbrohi väikeste valkjaslillade õitega. Ta levib lõunas.

34. sugukond: madaralised *(Rubiaceae)*

See sugukond erineb kõigist eelmistest liitkroonlehiste sugukondadest alumise sigimikuga ning on selle poolest sarnane sarikalistega, kuid need, nagu me juba teame, kuuluvad lahkkroonlehiste hulka.

Meil esinevad madaralised on rohttaimed, kuid troopikamaadel esinevad nad suurte puudena, nagu kiinapuu *(Cinchona)*, kohvipuu *(Coffea)*.

Madaralistel on lihtlehed, mis asetsevad varrel männastena. Iga männas koosneb 4—8 lehest, milledest vaid neid peetakse pärislehtedeks, milledel on kaenlas pungad või võsud, teisi aga tuleb vaadelda abilehtedena. Õied on väikesed, alumise sigimikuga, koondunud tipmistesse ja kaenlasisestesse poolsarikatesse. Kroon on 4—5-jagune, tolmukaid on vastavalt kroonlehtede arvule. Sigimik on kahepesane. Viljad on väikesed. Üldine madaraliste liikide arv ulatub 4500-ni.

Rohumaadel, põllupeenardel, tee ääres ja metsades kasvavad madarad *(Galium)*, milledel pole söödataimena väärtust.

Virn ehk roomav madar *(Galium aparine* L.) (joonis 219) on mitmeaastane taim nõrkade lamavate varte ja lineaalsete rootsutute lehtede männastega. Kogu taim on kattunud väikeste haakjate karvakestega, mille tõttu taime varred ja lehed jäävad riiete külge kinni. Õied on rohekaskollased või valkjad. Teda esineb nii rohumaadel kui ka umbrohuna põldudel.

Pehme madar *(Galium mollugo* L.) on eelmisega sarnane, kuid pehmete, ilma haakjate karvakesteta varte ja lehtedega ning valgete lõhnavate õitega.



Joonis 219. Virn *(Galium aparine).*
1 — taime üldkuju; 2 — õis; 3 — vili; 4 — vili läbilõikes.

Hobumadar *(Galium verum* L.) on kollaste lõhnavate õitega.

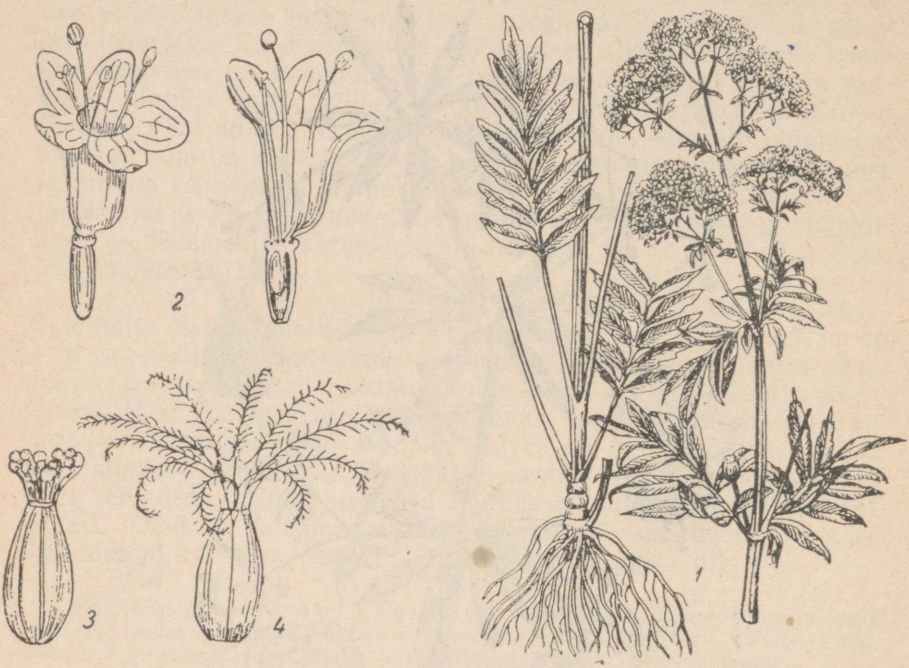
Metsades esinevad varjulilled *(Asperula),* Vahemeremaades aga krapp ehk *punavärvik *(Rubia tinctorum* L.), mille juurikas sisaldab punast värvi. Ta kasvab metsikult ning teda kultiveeritakse Taga-Kaukaasias.

Madaraliste sugukond ühes kuslapuuliste *(Caprifoliaceae),* uniohakaliste *(Dipsacaceae)* ja palderjaniliste *(Valerianaceae)* sugukonnaga moodustavad seltsi madaralised *(Rubiales).*

35. sugukond: palderjanilised *(Valerianaceae)*

Harilik palderjan *(Valeriana officinalis* L.) (joonis 220) on kõrge (kuni 1,5 m) mitmeaastane taim sirgete, vaoliste, alt udejate vartega. Lehed on sulgjagused suurte hambuliste lehekestega, millede arv kõigub 4—11 paari vahel. Lehtede asetus on vastak, varred lõpevad suure kännasja valkjasroosa pöörisega. Õied on väikesed kahesugulised, alumise sigimikuga; tupp pole

algul märgatav, kuid pärast kasvab suuremaks ja muundub sulgjaks karvaseks lennuseadeldiseks. Õis on lehterjas, nõrgalt korrapäratu, alusel õõnsa kühmukesega. Tolmukaid on 3, emakakael niitjas. Viljaks on seemnis tupplehtedest



Joonis 220. Harilik palderjan *(Valeriana officinalis)*:
1 — taime üldkuju; 2 — õis; 3 — noor vili; tupplehtede tipud on spiraalselt kokku keerdunud; 4 — valminud vili; tupplehed on sirgunud lennuseadeldiseks.

tekkinud lennuseadeldisega. Harilik palderjan kasvab niisketel ja ka kuivadel rohumaadel. Palderjani juurtest valmistatakse palderjanitilku, mis mõjutavad närvisüsteemi, korraldavad südame tegevust. Rohumaaviljeluses peetakse palderjani kahjulikuks taimeks.

Salatiks kasvatatakse põldkännakut *(Valerianella olitoria* Poll.).

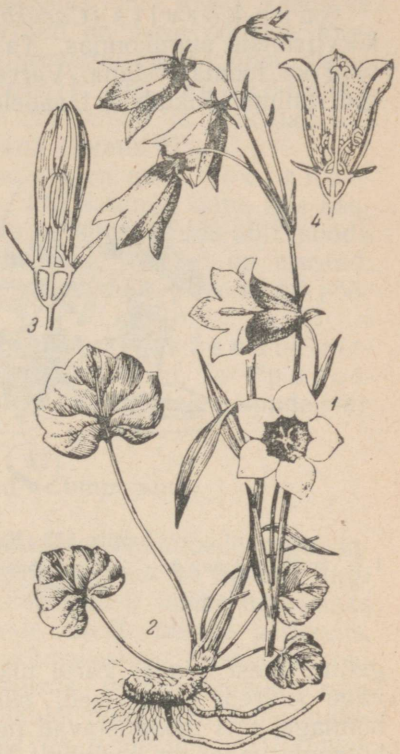
36. sugukond: kellukõielised *(Campanulaceae)*

Harilik kellukas *(Campanula patula* L.) on kaheaastane taim peenikese varrega. Varrelehed on süstjad, rootsulised, juurmised lehed mõlajad; lehed on servast hõredalt pisitäkilised. Õied on violetsed, lehterjas-kellukjad; õiekroon on poolest saadik viielõhine, tupp koosneb viiest süstjas-naaskeljast lehekesest. 5 tolmukat kinnituvad sigimiku ülemisele osale tolmukaniidi laienenud alusega. Sigimik on alumine, kolmepesane; emakakaelu on 1, kolmejaguse suudmega. Vili on kupar hulga väikeste seemnetega. Tolmukaniitide alumised laienenud osad esinevad sulgklappidena, mis kaitsevad nende all olevat mesi-

mahla väikeste kasutute putukate eest; suuremad putukad võivad neid aga oma nokakesega vabalt eemale nihutada ja mesimahla imeda. Risttolmlemine toimub mesilaste abil, kuid esineb ka isetolmlemist sel juhul, kui esimene viis millegi pärast ei teostu. Autogaamia (isetolmlemine) toimub emakasuudme hõlmade spiraalse keerdumise abil, mille tagajärjel nende sisemised pinnad puudutavad emakakaela, millele on jäänud peatuma tolmuteri varem pakatanud tolmukapeadest.

Teistest kellukate liikidest kasvavad alaliselt rohumaadel ja annavad neile helesinise värvuse: ümaralehine kellukas (*Campanula rotundifolia* L.) (joonis 221), suureõiene kellukas (*C. persicifolia* L.), kerakellukas (*C. glomerata* L.), sininukk (*Jasione montana* L.), *kuljuslill (*Adenophora liliifolia* Ledeb.); ilutaimena kasvatatakse kellukate sarnaseid lobeeliaid (*Lobelia*) jt. Üldse on tuntud paras- ja palavvöötmes kuni 1150 liiki kellukõielisi.

Kellukõielised võib arvata samasse seltsi (*Synandrae*) kahe järgmise sugukonnaga — kõrvitsaliste (*Cucurbitaceae*) ja korvõielistega (*Compositae*).



Joonis 221. Ümaralehine kellukas (*Campanula rotundifolia*):
1, 2 — õisik ja juurmised lehed; 3 — õis läbilõikes, enne puhkemist; 4 — puhkenud õis.

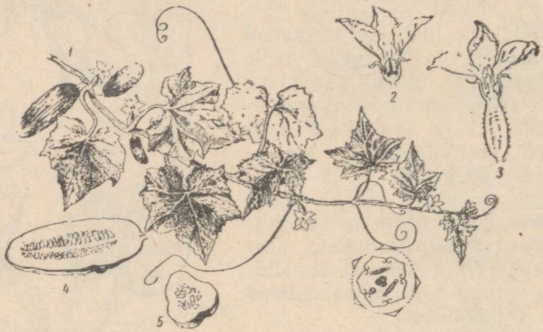
37. sugukond: kõrvitsalised (*Cucurbitaceae*)

Need on ühekojased, harvemini kahekojased taimed roomavate ja ronivate vartega, harilikult varustatud köitraagudega, mis väljuvad vahelduvate ja sõrmroodsete lehtede aluselt. Õied asetsevad lehtede kaenlas, nad on viietised, hõlmise või lõhise tupe ja krooniga, mis variseb ühes tupega. Tolmukaid on isasõites 5, milledest 4 kasvavad kokku paariti, kuna viies jääb enam-vähem vabaks. Sigimik emasõites on alumine, hulga seemnealgmetega, tavaliselt kolmepesane; emakakael on lühike, suue hõlmine. Tolmlemine toimub putukate abil, kes lendavad imema mesimahla, mida leidub meekettal; viimane asetseb isasõite sisemises osas tolmukaniitide vahel, emasõites aga emakakaela aluse ümber. Vili on lihakas, mahlakas, hulgaseemnene, marja taoline. Subtroopilistes ja troopilistes maades metsikult kasvavaid kõrvitsalisi on tuntud üle 760 liigi.

Kõrvitsaliste sugukonda kuuluvad köögiviljataimed: kõrvits

(*Cucurbita Pepo* L.), arbuus (*Citrullus vulgaris* Schrad.), melon (*Cucumis Melo* L.) ja kurk (*Cucumis sativus* L.) (joonis 222).

Suur kõrvits (*Cucurbita maxima* Duch.) on suurimaid taimi kõrvitsaliste sugukonnas. Ta on tähtis mitte ainult köögiviljana, vaid ka loomasöödana. Varred on roomavad ja ronivad, võimelised ronima kinkudele, taradele ja põõsastele. Vars on vaoline, nur-



Joonis 222. Kurk (*Cucumis sativus*):
1 — taime üldkuju; 2 — isasõis läbilõikes; 3 — emasõis; 4 — marja taoline vili pikilõikes; 5 — vili ristlõikes.

geline, seest õõnes. Varte pikkus ulatub 4—5 meetrini. Lehed on väga suured, rootsulised, südajad, 5—7 terava, peenehambulise hõlmaga, mis moodustavad mõnikord veel teise järgu hõlmi. Nurk hõlmade vahel on harilikult terav. Lehed on vahelduvad, leherootsud pikad, õõnsad. Lehed ja varred on kattunud karedate, ogajate karvadega. Kõitraod on 3—5 harulised; nende ülesandeks on lamava varre kinnitamine maapinnale ja ümbritsevatele taimedele. Nende võime spiraalselt keerduda teeb varre kinnituse toetuspunktile elastseks. Suured helekollased õied asetsevad üksikult lehtede kaenlas. Tupp koosneb viiest väikesest rohelisest lehekesest. Õiekroon on liitlehine, lehterjas, viielõhine, teravate hõlmadega. Õie sisemine pind on tihekarvane. Isasõitel moodustavad tolmukapead kuhiku, neli tolmukaniiti aga kasvavad kokku paariti. Viies tolmukaniit on vaba, mistõttu tolmukaniitide vahele jäävad vahed, mille kaudu suured putukad, kes istuvad tolmukapeade kuhikule, pistavad oma noka suure meekettani tolmukate all. Emasõitel on putukate laskumiskohaks kolmehõlmane mahlakas emakasuue, mis asetseb lühikesel emakakaelal ja mille alusel on meenääre. Sigimik on alumine. Ristlõikes on näha, et ta on kolmepesane, suure hulga seemnealgmetega, mis asetsevad vilja sisemusse tungivatel seemnekandjatel. Kõrvitsa õied levitavad tugevat aroomi. Pärast risttolmlemist sulguvad emasõied ning algab vilja arenemine. Vili kasvab mõnel

sordil väga suureks — 50 ja isegi kuni 100 kg. Valminud viljadel on seinad lihakad kuni tiheda välise koorekihini, seemnekandjad aga muutuvad kiuliseks kleepuvaks massiks, mis katab kleepuva kihina kõrvitsa seemneid. Valminud viljad on seest õõnsad. Kõrvitsa seemned on valged, paksenenud servaga, rikkad õlist. Teine liik kasvatatavaid kõrvitsaid on harilik ehk aedkõrvits (*Cucurbita Pepo* L.), mille viljad on väiksemad ja õrnemad kui eelmisel. Viimast kasutatakse köögiviljana (joonis 97).

Metsikult kasvavatest kõrvitsalistest esineb meil koeranaeris (*Bryonia alba* L.) (joonis 315) — metsistunud taim, mis kasvab kõnnumaadel ja tarade ääres, kasvades köitraagude abil mööda tara üles. Varred on köitraagudega, ronivad. Marjad on mustad. Kõik taime osad on mürgised. Mürk brüoniin tekitab loomadel pööritust, pasandust ja närvilist olekut.

Tehniliste kultuuridena kasvatatakse lõunas *käsnkõrvitsat (*Luffa*), mille viljadest toodetakse pesukäsni, ja *pudelkõrvitsat (*Lagenaria*), mille viljadest valmistatakse «pudeleid» ja teisi sööginõusid.

38. sugukond: korvõielised (*Compositae*)

Korvõieliste sugukond on suurim kõikidest õistaimede sugukondadest. Ta hõlmab rohkem kui 800 perekonda ja üle 15 tuhande liigi taimi. Fülogeneetiliselt loetakse seda sugukonda üheks noorimaks sugukonnaks, mis on intensiivses liikide moodustamise perioodis, millele osutab ka sarnanevate liikide mitmekesisus, teisendite rohkus, bioloogilise kohanemise mitmekesisus ümbritsevatele tingimustele ja laialdane levik maakera kõikidel mandritel. Selle sugukonna üldtunnused on järgmised. *Nad on peamiselt rohttaimed, sagedamini vahelduvate lehtedega, ilma abilehtedeta. Õied on koondunud korvõisikutesse, ümbritsetud üldkattega, mis koosneb ühe- või kahekordselt või katusekivijalt asetunud kattelehtedest. Õiepõhi on paljas, või kaetud kilejate soomustega või karvadega. Kuna õiepõhjal asetseb hulk väikesi õisi, siis on korvõisikul üheainsa õie välimus, eriti neil juhtudel, kui korvõisikud on väikesed. Tupp puudub või tema asemel on soomused, harjased või karvatutid sulgjatest või lihtsatest karvadest, mis jäävad vilja külge. Õiekroon moodustub viiest kokkukasvanud kroonlehest. Kokkukasvamise viisilt on õied kas korrapärase putkja või korrapäratu keelja kujuga. Putkõitel on harilikult 5 märgatavat hammast, vastavalt õie viietisele tüübile. Keelõis on nagu pikuti lõhki lõigatud ja lahti käänatud putkõis; tema tipul on ka viis hammast. Nagu putkõites nii on ka keelõites viis tolmukat ja üks emakas, järelikult on õied kahesugulised. Tolmukad kasvavad oma niitidega kroonlehtede alumise osaga kokku, tolmukapead aga ühinevad putkeks. Emakal on sigimik, pikk emakakael, mis läbib tolmukapeadest moodustunud putke, ja kaheharuline suue. Sigimik on alumine, ühepesane, mis on tekkinud kahest viljalehest, sisaldab ühe seemnealgme. Viljad — seemni-*



Joonis 223.

I — raudrohi *(Achillea millefolium)*: 1 — õitsev taim; 2, 3, 4 — õied; 5 — tolmukas; 6 — emakasuue; 7 — vili; II — sigur *(Cichorium inthybus)* ja ta vili; III — härjasilm *(Leucanthemum vulgare)*.

sed — on sageli varustatud karvatutiga, seemnete laialikandmiseks tuule abil.

Peale putk- ja päris-keelõite on korvõielistel sageli veel ebakeeljaid ja lehterjaid õisi, mis asetsevad õisikute serval ja teevad selle nagu suuremaks, eredamaks ja märgatavamaks. Nende õite ülesandeks on «reklaam» — nad meelitavad juurde tolmeldajaid, putukaid. Eba-keelõiel ei ole tolmukaid, vaid ainult algeline emakas. Tema kroon koosneb nagu kahest huulest, millest ülemine pole arenenud, alumine aga on veninud keeleks ja omab tipul kolme hammast, sest ta on tekkinud kolme kroonlehe kokkukasvamisest. Lehterjal õiel pole ei tolmukaid ega emakat; tema putkjas kroon on tipul korrapäratu lehtrina laienenud ja tal on pikkuselt ebaühtlased hambad.

Paljud korvõielised sisaldavad piimmahla. Varuaineks on neil inuliin.

Korvõieliste sugukond jaguneb järgmisteks rühmadeks.

1. Keelõielised *(Liguliflorae)*, milledel kõik õied korvõisikus on päris-keelõied (viie hambakesega). Siia kuuluvad piimohakad *(Sonchus)*, võililled *(Taraxacum)*, hunditubakad *(Hieracium)*, piimjuured *(Tragopogon)*, sigurid *(Cichorium)* (joonis 223, II) jt.

2. Kändalised *(Corymbiferae)*, milledel servmised õied on ebakeeljad, keskmised aga putkõied. Siia kuuluvad päevalilled *(Helianthus)*, raudrohi *(Achillea millefolium* L.) (joonis 223, I), karikakrad *(Anthemis)*, härjasilmad *(Leucanthemum)* (joonis 223, III).

3. Putkõielised *(Tubiflorae)*, milledel kõik õied korvõisikus on putkõied või on lehterjad. Siia kuuluvad ohakad *(Cirsium)*, jumikad *(Centaurea)*, takjad *(Lappa)*, karuohakad *(Carduus)*, pujud *(Artemisia)* jt.

Kultuurtaimedest kuuluvad korvõieliste sugukonda harilik päevalill *(Helianthus annuus* L.), maapirn *(Helianthus tuberosus L.)*, sigur *(Cichorium inthybus* L.), safloor *(Carthamus tinctorius L.)*, aedsalat *(Lactuca sativa L.)*, artišok *(Cynara scolymus* L.), aed-mustjuur *(Scorzonera hispanica* L.) jt.

Mõned korvõielised on tähtsad arstiteaduses, näiteks teekummel *(Matricaria chamomilla* L.) (joonis 224, I), vaagid *(Inula)*, arnika *(Arnica montana* L.), harilik võilill *(Taraxacum officinale* Wigg.), kolmisruse *(Bidens tripartita* L.), koirohi *(Artemisia absinthium* L.) (joonis 224, II), soolikarohi *(Tanacetum vulgare* L.) (joonis 224, III) jt.

Korvõieliste hulgas on palju ilutaimi: daaliad *(Dahlia)*, astrid *(Aster)*, kirikakar *(Bellis perennis* L.), krüsanteemid *(Chrysanthemum)*.

Dalmaatsia jaanikakar *(Chrysanthemum cinerariefolium)* ja roosa neitsiärtse *(Pyrethrum roseum)* on väärtus-



Joonis 224.

I — teekummel *(Matricaria chamomilla)*; II — koirohi *(Artemisia absinthium)*; III — soolikarohi *(Tanacetum vulgare)*.



Joonis 225. Paiseleht *(Tussilago farfara)*.

likud taimed selle poolest, et nendest valmistatakse putukapulbrit parasiitsete ja kahjulikkude putukate tõrjeks elamutes ja põllumajanduses.

Rida korvõielisi sisaldab juurtes ja vartes piimmahla sellises koostises, et neist toodetakse kautšukit. Selliste taimede hulka kuuluvad *koksagõss (*Taraxacum kok-saghyz* Rodin), *tausagõss (*Scorzonera tausaghyz* Lipsch. et Bosse), *gvajuula (*Parthenium argentatum* A. Gray), kuldvits (*Solidago Leavenwortii*), *hondrillad (*Chondrilla*) jt.

Korvõieliste seas leidub eriti palju umbrohte, millede vastu tuleb pidada ägedat võitlust: ohakad (*Cirsium*), piimohakad (*Sonchus*), karuohakad (*Carduus*), pujud



Joonis 226. Harilik päevalill *(Helianthus annuus)*:

I — taime üldkuju; II — õisik (korvõisik): *a* — õiepõhi, *b* — üldkate, *c* — keelõis, *d* — vanemad putkõied; *e* — nooremad putkõied; III — putkõie arenemine: 1, 2 — puhkemata õied: 3, 4 — puhkenud õied: *a* — õiekate, *b* — sigimik, *c* — emakakaela alumine osa, mis eritab mesimahla; *d* — tuppleht, *e* — õiekrooni laienenud osa, *f* — tolmukaniit, *g* — emakakael, *h* — krooniputk, *i* — kokkukasvanud tolmukapead, *j* — kaheharuline emakasuue.

(Artemisia), võililled *(Taraxacum)*, õnneheinad *(Erigeron)*, mõrkjad *(Picris)*, hunditubakad *(Hieracium)*, jumikad *(Centaurea)*, takjad *(Lappa)*, paiseleht *(Tussilago farfara* L.) (joonis 225) ja mitmed teised.

Rohkearvulised pujude liigid levivad stepi- ja poolstepivööndis, kus nad on maastiku iseloomustavateks, söödaväärtust omavateks taimedeks.

Rohkearvulistest korvõielistest kirjeldame ainult järgmisi liike.

Harilik päevalill *(Helianthus annuus* L.) on kõrge üheaastane taim, mida kultiveeritakse õlitaimena, samuti aga ka silosööda valmistamiseks (joonis 226).

Õitseajaks on hästi arenenud päevalille jämedad varred 1,2—2,5 m kõrged, mõnikord ka ladvast harulised. Varred on kattunud

karvadega, mis kaitsevad taime limuste eest. Lehed on vahelduvad, suured, rootsulised, südajad, hambulised, võrkroodsed. Õ i s i k u d on suured korvõisikud, milledest keskmine, s. o. peateljel asetsev õisik saavutab suurima ulatuse (mõnikord kuni 30 sm läbimõõdus). Igal õisikul on lame või veidi kumer õiepõhi, millel asetseb hulk õisi. Korvõisik on ümbritsetud katusekivija üldkatte roheliste ripsmeliste, munajalt teritunud lehtedega, milledest välised on eriti laiad ja alla käändunud, kuna sisemised on kitsamad ja kilejad. Õisi on korvõisikus kahesuguseid: välised suured, ebakeeljad, üksikut kroonlehte meenutavad, helekollased, viljatud õied, mis teevad õisiku hästi märgatavaks, ning sisemised — väikesed, putkjad, tolmukate ja emakatega õied. Putkõied asetsevad õiepõhjal kattelehe kaenlas. Sisemised õied on nooremad ja puhkevad kõige hiljemini, välised aga on kõige vanemad ning puhkevad varemini. Igal putkõiel on valge alumine sigimik, mille ülemisele otsale kinnitub kaks kilejat tupplehte. Krooni putk on kollakat värvi, alusel veidi põisjas, ülal aga lõpeb viie hambaga. Emakakael pikeneb aegamööda ja lõpeb väikese harjataolise karvatuti ning kaheharulise suudmega. Emakakaela alusel on meenääre, mis eritab magusat mesimahla. Tolmukaid on 5; nad on kinnitunud peenikeste niitidega õiekrooni laienenud osale, nende tumedad pead aga kasvavad kokku putkeks. Tolmukapead avanevad sissepoole ja õitsemise momendil täidavad tolmuterad tolmukate putke. Pikenev emakakael tõukab tolmuterad välja tolmukate putke ülemisele otsale, kust nad kantakse laiali mesimahla koguvate putukate kehal. Nüüd alles eemalduvad kaks emakasuudme haru üksteisest ja keerduvad spiraalidena alla. Tolmlemiseks on kohastunud emakasuudme sisemised pooled ja neile toovad putukad tolmuteri kas teistelt korvõisikutelt või ka sama korvõisiku teistelt õitelt. Risttolmlemiseks saab pidada vaid esimest viisi, mida esineb sageli päevalillel. Tolmlemise järel toimub viljastamine ning siis arenevad korvõisikus viljad — seemnised. Päevalille noortel korvõisikutel on arenenud liigutusvõime: hommikul on nad kõik pöördunud ida poole, päeva kestes aga järgivad nad päikese liikumist. Õhtul on korvõisikud pöördunud loojuva päikese suunas, öö jooksul aga jõuavad nad jälle pöörduda tõusva päikese poole. Võib arvata, et see omadus, mis teistel taimedel väljendub nõrgemal määral, arenes päevalillel kohastumisena risttolmlemisele, sest päikesest valgustatud korvõisikud paistavad tugevamini tolmeldajaile silma. Õitsenud korvõisikud langevad pisut longu ning lõpetavad nutatsiooni, jäädes valmimise lõpuni edelasse pöördunud asendisse. — Metsikult esineb päevalille Mehhikos ja Peruus.

M a a p i r n (*Helianthus tuberosus* L.) kuulub samuti korvõieliste sugukonda (joonis 45). See taim on varte ja lehtede ehituselt sarnane päevalillega. Maa-alustel võsunditel arenevad maapirnil samuti nagu kartulilgi mugulad, mis sisaldavad kuni 20% kuivainet, millest inuliini — väga toitvat ja tärklisele sarnast süsivesikut — on kuni 17%. Lämmastikaineid on mugulates kuni 2%, kuna

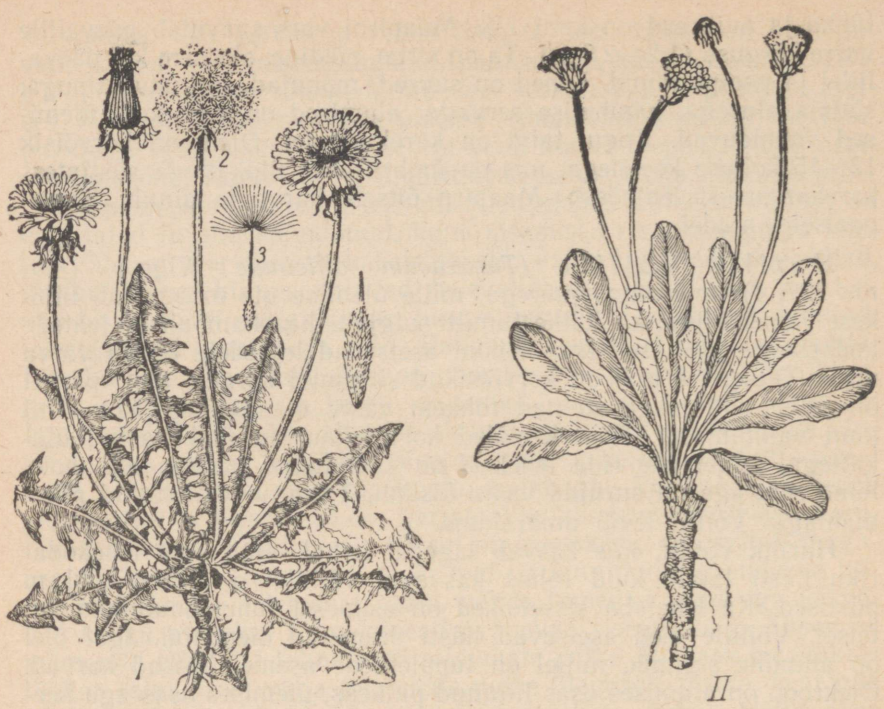
tuhka ja puitainet on kuni 1%. Maapirni vars saavutab päevalille varre kõrguse (1,2—2,5 m). Ta on sirge, püstine, oksisem kui päevalillel ja poolpuitunud. Lehed on suured, munajad, teritunud tipuga, südaja alusega, hambulise servaga; alumised on vastakud, ülemised vahelduvad. Kogu taim on karekarvane. Õisik on korvõisik 12—15 kollase keelõiega, mis on ümbritsetud üldkattega süstjatest karekarvastest lehtedest. Maapirn õitseb harva ja ainult lõunapoolsetel aladel.

Harilik võilill (*Taraxacum officinale* Wigg.) (joonis 227, I) on sammasjuurega, mille ülemine ots moodustab lühikese jämeda juurika katkestunult sulgjate kaarhambuliste lehtede kodarikuga. Kollased korvõisikud asetsevad lehtedeta õõnsa varva otsas. Õitsemise ajal on korvõisikud sirgunud kõrgele üles, pärast õitsemist aga langevad nad rohkem vastu maad ning jäävad nii kuni valmimiseni. Kõik keelõied korvõisikus on ümbritsetud üldkattega, millel üks rida lehekesi on käändunud otstega allapoole, teine rida aga on surutud vastu õisikut. Taim on varustatud piimmahlaga. Võilill levib umbrohuna.

Harilik võilill, mis kasvab lagedal kohal, ajab oma lehekodariku hästi laiali, kuid rohus kasvaval võilillel on lehed rohkem püstised. Ka lehelaba sisselõiked on esimesel juhul suuremad kui teisel. Võilille õied asetsevad hästi arenenud õiepõhjal. Igal õiel on alumine sigimik, millel on tupplehtede asemel lihtsad karvad. Õiekroon on alumises osas liitunud putkeks, ülemises osas aga keeleks, mille otsal on märgata 5 hammast, mis osutab sellele, et keelõied on tekkinud viiest kroonlehest. Tolmukad kinnituvad krooni putkele. Tolmukaniidid on kokku kasvanud putkeks, millest läbi tuleb emakakael, mis lõpeb kaheks hargnenud emakasuudmega, mille harud torust läbitungimise järel spiraalselt keerduvad. Viljaks on seemnised, mis küpsemise algul on õiepõhjal keraja karvase nutina koos, hiljem aga kantakse tuule poolt laiali, tänu tupekarvakestest tekkinud lendkarvadele. Viljad ja seemned võivad võilillel areneda partenogeneetiliselt, s. o. ilma viljastamata.

Linné poolt eraldatud võilille liik on viimasel ajal jaotatud hulgaks pisiliikideks. Võilille esineb tihedas rohus, aedades, metsades, kasvab aga samuti ka kõvaks sõtkutud pinnastel, teedel, karjamaadel jne. Võilille esimene õitsemine toimub kevadel, teine hilissuvel. Veidi võililli karjamaarohus parandab selle söödaväärtust. — Krimmis kasvab paljuõieline võilill (*Taraxacum gymnanthum* DC.), mille piimmahl sisaldab ka kautšukit.

Kautšukit sisaldava taimena tuntakse meil ka koksagõssi (*Taraxacum kok-saghyz* Rodin) (joonis 227, II), mida iseloomustavad järgmised tunnused. Lehekodarik areneb võimsast juurikast, mis sisaldab tublisti kautšukirikast piimmahla. Lehed on piklikud, laisüstjad, terveservased või täkilishambulised, mõnikord ka kaarjalt sämbulised. Korvõisik on väiksem kui harilikul võilillel. Üldkatte välised lehed on veidi tagasi käändunud, munajas-süstja kuju ja haakjalt kõverdunud otsaga; üldkatte sisemised lehed on lineaalsed, liibunud vastu õisikut, kileja servaga. Korv-

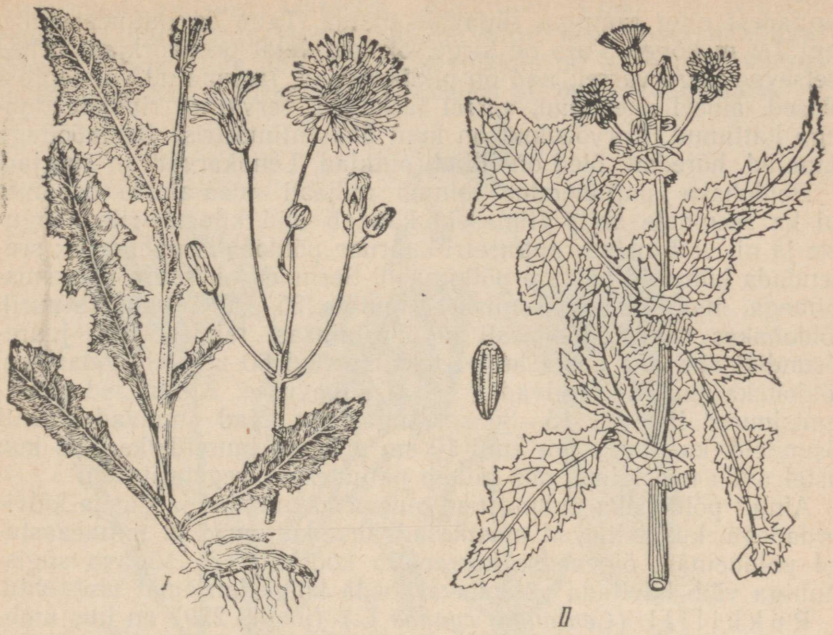


Joonis 227.

I — harilik võilill *(Taraxacum officinale)*: 1 — taime üldkuju; 2 — viljade küpsemisel lahtilöönud korvõisik; 3 — võilille seemnis lendkarvadega ja suurendatud seemnis lendkarvadeta; II — koksagõss *(Taraxacum kok-saghyz)*.

õisikud on erekollased. Vilja nokk on pikkuselt võrdne karvatutiga, mis koosneb valgetest karvadest. Seemnised on hallikaskollased, silinderjad, neljakandilised, ogadega.

Põld-piimohakas *(Sonchus arvensis* L.) (joonis 228, I) on eriti kahjulik taim, mida esineb jäätmaadel, prahipaikadel ja kraavide ümbruses ning mis levib kaeras ja teistes põllukultuurides, samuti ka aedades. Ta on mitmeaastane taim, kuni 1,5 m kõrge. Paljuneb pikkade juurte abil, mis annavad juurevõsundeid. Peajuur tungib kuni 50 sm sügavusele, külgjuured aga läbivad mullastikku 6—12 sm sügavuselt. Varred on õõnsad, kõvad, alumises osas harunemata ja karvadeta. Ülemised lehed on südaja alusega, rootsutud, varreümbrised, terved või sopilis-sulghõlmised, kolmnurksete tagasipöördunud sämpudega. Alumised lehed on rootsulised, alusel ümardunud kõrvakestega. Taim on karvade tõttu karedavõitu. Korvõisikud on kuni 2,5-sentimeetrise läbimõõduga, erekollaste keelõitega, asetsevad hõredas kännasjas pöörises. Üldkattelehed asetsevad katusekivijalt. Korvõisikud on peekrikujulised. Vili on lapik seemnis, mis on varustatud roietega ja lihtsate



Joonis 228.
I — põld-piimohakas *(Sonchus arvensis)*; II — aed-piimohakas *(Sonchus oleraceus)*.

lumivalgete lendkarvadega. Põld-piimohakas sisaldab valget piimmahla.

Mitmeaastasest põld-piimohakast erineb üheaastane aed-piimohakas *(Sonchus oleraceus* L.) (joonis 228, II), alusel oksise varrega, helekollaste väikeste korvõisikutega, teravate kõrvakestega lehtede alusel. Viimasega on sarnane kare piimohakas *(Sonchus asper* Vill.).

Mõrkjas *(Picris hieracioides* L.) on kaheaastane umbrohi, mida esineb harilikult rohumaadel. Ta on 30—100 sm kõrge, oksiste vartega, millede lehed on rootsutud ja veidi varreümbrised. Juurmised lehed on piklikud, sopilis-hambulised. Taim on konksjate karvade tõttu kare. Korvõisikud on kuldkollased, kännasjas pöörises, jämenemata õieraagudel. Üldkate on katusekivijas, välised üldkattelehed on tagasi käändunud. Korvõisik koosneb ainult keelõitest. Lendkarvad on sulgjad, vili — seemnis, 5—10 pikivaoga. Lõunapoolsetes piirkondades esineb eriti kahjulik umbrohi *roosa kibekas (*Acroptilon picris* C. A. Mey.).

Põldohakas (*Cirsium arvense* Scop.) (joonis 28 ja 37) on väga kahjulik taim, mis kasvab mitte ainult prahipaikadel, vaid levib ka põldudel ja aedades. Võitlus tema vastu on seetõttu raske, et tema juurestik on võimeline andma ohtralt külgvõsusid lisa-

pungadest ning tungima sügavale mulda. Taim on mitmeaastane, kuni 1,2 m kõrge. Vars on sirge, oksine, veidi peenvõrkjas. Lehed asetsevad kogu varrel; nad on pikliksüstjad, jagumatud või sopilislõhised, alusel ahenenud, varrel laskuvad, servadest ripsjate ogadega kattunud. Korvõisikud on kuni ühesentimeetrise läbimõõduga munajad, hõredad; õied on lillad, putkjad. Lendkarvad on sulgjad.

Põldohaka paljunemine toimub niihästi maa-aluste organite kui ka seemnete abil. Viimaseid kannab tuul kilomeetrite kaugusele ja nii võib mõne ruutmeetri suurune põldohaka puhmastik seemendada kümneid hektare põllumaad. Seemned on suure idanemisvõimega; nad idanevad niiskes mullas 25—30°C temperatuuril. Põldohakas kasvab jõudsasti ja ühestainsast taimest võib juurevõsundite abil ühe aasta kestel tekkida kuni 60 uut lehekodarikku. Põldohaka juured tungivad 4—6 m sügavusse. Külgmised paljunemisjuured lähevad 15—30 sm sügavusse. Nad annavad ohtralt võsundeid, kusjuures iga kuni 10 sm pikkune juuretükike võib kuu kestel anda uue taime, mis jätkab paljunemist vegetatiivselt.

Ainult põldohaka puhmastike pideva hävitamise ja õigete külvikordadega, kus esinevad mustkesa, rühvelkultuurid ja mitmeaastased põldheinad, õigeaegse kõrrepõllu koorimise ja sügava sügiskünniga võib hävitada põldohakat, seda kõige kurjemat umbrohtu.

Rukkilill (*Centaurea cyanus* L.) (joonis 229) on ilus umbrohi, mida leidub mõnikord suurel hulgal põldudel, niihästi tali- kui ka suviviljades, peamiselt halvasti haritud põldudel. See on üheaastane taim, mis esineb nii suvi- kui ka talivormina. Ta kõrgus on 30—60 sm. Õitseb juunis ja juulis. Varred on sirged, oksised, Varrelehed on lineaalsed või lineaalsüstjad, juurmised lehed aga sulglõhised. Peale lehtede nõrga arenemise on taim kaitstud vee kaotuse eest võrdlemisi tiheda karvakorraga. Korvõisikus on keskel kõik putkõied, servmised õied aga on lehterjad ja viljatud ning eredalt värvunud taevassiniste, mõnikord ka siniste kroonidega, millede ülesandeks on putukaid juurde meelitada. Krooni servmiste õite putk on valge ja tugevasti kõverdunud; sigimik on vähe arenenud. Korvõisiku keskmised õied on palju väiksemad, neil on 5 roosakat kroonlehte ning pikk putk, mis väljub alumisest sigimikust. Krooni putke läbib peenike niitjas emakakael, kaheharulise suudmega, mis on seni sulgunud, kuni ta jõuab putkest läbi õie välispinnale. Emakakaela suudme all on «harjake» lühikestest karvadest. Viis tolmukat on oma tumedate peadega kokku kasvanud toruks. Tolmukate valged niidid on kinnitunud krooni putke ülemisele osale. Neil on omadus kokku tõmbuda, kui neid puudutatakse, ning tõmmata kaasa ka tolmukapeade torukest. Torukeses olev tolmumass tõugatakse seejuures suudme «harjakesega» välja, otse putuka kehale, kes lendas rukkilillele krooni putke sügavusest mesimahla otsima. Tolmeldajateks on pikanokalised liblikad. Tolmumassi väljatõukamise protsessi jälgimiseks rukkilillel võib noorde, tolmutamata õiesse pista õige peenikese teritatud tiku otsa.

Korvõisiku üldkate koosneb kitsastest sisemistest ja munajatest

narmastunud välistest lehtedest. Rukkilille viljaks on lühikese karvatutiga varustatud seemnised; karvatutt aitab neid mõningal määral levitada tuule abil. Seemnise pikkus on 3—4 mm, värvus hall; ülemise otsa kuldruugete karvakeste all on heledam ääris.



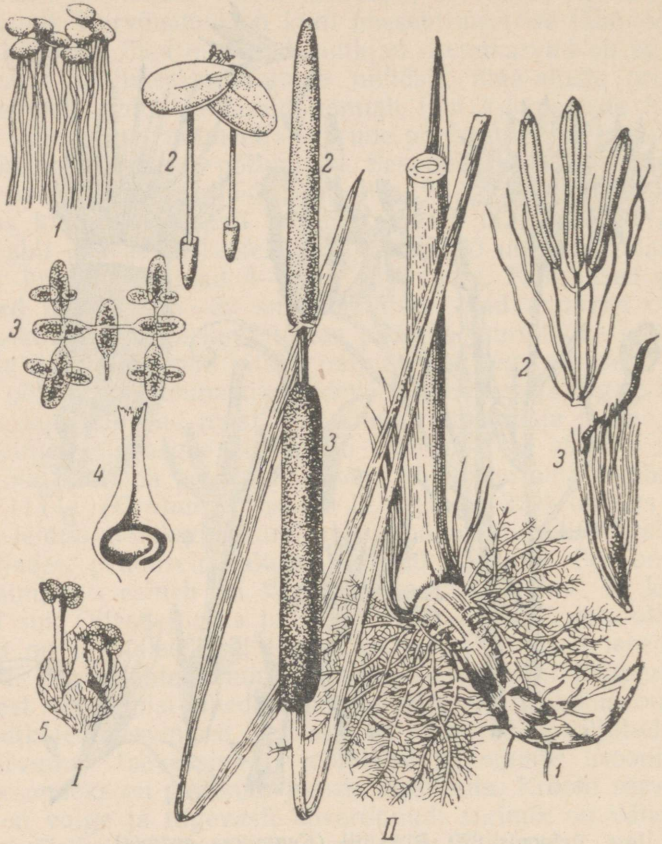
Joonis 229. Rukkilill *(Centaurea cyanus)*:
1 — taime üldkuju; 2 — korvõisik läbilõikes; 3 — servmine õis; 4 — keskmine õis; 5 — emakasuudme läbikasvamine tolmukate torukesest; 6 — tolmuterade väljasurumine tolmukate torukesest; 7 — kahehõlmane emakasuue, mis väljub tolmukate torukesest; 8 — vili — seemnis lendkarvadega (suurend.); 9 — rukkilille noor taim.

ÜHEIDULEHELISED TAIMED (Monocotyledoneae)[1]

Sellesse klassi kuulub umbes 25 sugukonda, mis on ühendatud 10 seltsiks. Meie taimestikus esinevad üheidulehelised on peamiselt rohttaimed. Mõned sugukonnad selles klassis on eredavärviliste õiekatetega (liilialised, võhumõõgalised, käpalised), mistõttu

[1] Üheiduleheliste klassi üldiseloomustust vt. lk. 33, 34 ja 178.

neil on teatav tähtsus iluaianduses, kuid suurem osa üheidulehelisi on ilmetute rohekate õitega. Paljud üheidulehelised on kasulikud taimed, mida juba igivanast ajast on kasvatatud kultuurtaimedena või kasutatud metsikult kasvavatena.



Joonis 230.

I — väike lemmel *(Lemna minor)*: 1 — taime üldkuju; 2 — õitsvad taimed, suurendatult; 3 — ristlemmel *(L. trisulca)*; 4 — emakas; 5 — õis; II — laialehine hundinui *(Typha latifolia)*; 1 — taime üldkuju; 2 — isasõied; 3 — emasõied; paremal isasõis (2) ja emasõis (3) suurendatult.

Peamine tähtsus on laialdasel kõrreliste sugukonnal, mis on levinud kogu maakeral.

Peale nende kõrreliste, mida käsitletakse järgnevalt rohumaa- ja põllukõrrelistena, esinevad lõunapoolsetes piirkondades veel järgmised perekonnad: *bambused *(Bambusa)* — puulaadsed kõrrelised puitunud, ränirikaste vartega-kõrtega ja rohkearvuliste okstega lehtede kaenlas. Bambused on mitmeaastased kõrrelised

rohkearvuliste maa-aluste risoomidega; bambuste lehed on, vastupidi teistele kõrrelistele, rootsulised; õies on 6 tolmukat, kuna enamikul kõrrelistel on neid vaid kolm; varrelülide rohkuse tõttu kasvavad bambused imestama paneva kiirusega (joonis 282); *suhkrurooog (*Saccharum officinarum* L.), mille tüvedest toodetakse suhkrut; *sorgo (*Sorghum*) on söödataim; *stepirohi (*Stipa pennata* L.) — kasvab steppides; *harilik riis (*Oryza sativa* L.) — on tähtsamaid toidukõrrelisi.

Kõrrelised ühes lõikheinaliste (*Cyperaceae*), loaliste (*Juncaceae*) sugukonnaga moodustavad seltsi libleõielised (*Glumiflorae*).

Mitmed üheidulehelised taimed on kohanenud eluks vees ja soos. Siia kuuluvad konnarohulised (*Alismataceae*), luigelillelised (*Butomaceae*), kilbukalised (*Hydrocharitaceae*) — vesikarikas, vesikatk, vallisneeria; penikeelelised (*Potamogetonaceae*) jt. Kõik need moodustavad ühe seltsi — kilbukalised (*Helobiales*). Sugukonnad hundinuialised (*Typhaceae*), võhalised (*Araceae*), lemlelised (*Lemnaceae*) jt. moodustavad seltsi tõlvikulised (*Spadiciflorae*) (joonis 230), palmide (*Palmae*) sugukond aga, mille esindajad kasvavad troopika- ja subtroopikamaades ning mis on seal väga suure tähtsusega, kuuluvad palmiliste (*Principes*) seltsi (joonis 272).

Lõpuks moodustavad liilialised (*Liliaceae*), asparilised (*Asparagaceae*), võhumõõgalised (*Iridaceae*), amarüllilised (*Amaryllidaceae*) liialiste (*Liiiflorae*) seltsi.

39. sugukond: liilialised (*Liliaceae*)

Liilialistel on õied enamikus korrapärased, lihtsa eredavärvilise kroonja õiekattega, milles on 6 lehte. Tolmukaid on 6. Sigimik on kolmepesane, ülemine, ühe emakakaelaga, terve või kolmejaguse emakasuudmega. Vili on kolmepesane kupar või mari. Liilialised on mitmeaastased taimed, mis paljunevad sibulate või risoomidega.

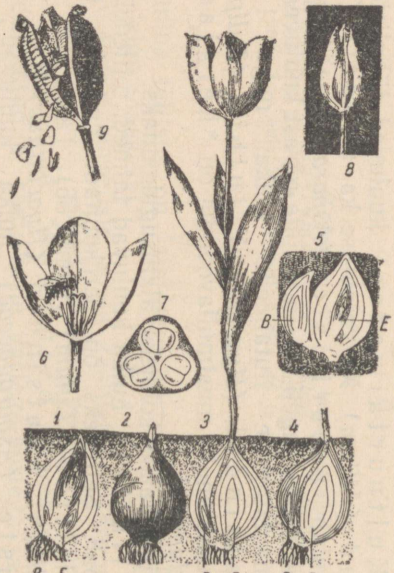
Liilialiste hulgas on puid [*palm- ehk tääkliiliad (*Yucca*), *maduliiliad ehk draakonipuud (*Dracaena*)], kuid enamik neist on rohttaimed, mis on levinud kogu maakeral. Nende üldarv ulatub 2600 liigini. Kultuurtaimedest kuuluvad liilialiste sugukonda laugud (*Allium*). Kasvatatakse ka asparit (*Asparagus*), mis kuulub aspariliste (*Asparagaceae*) alamsugukonda. Eredavärviliste, sageli ka suurte õite pärast kuuluvad paljud liilialised armastatumate ilutaimede hulka, nagu liiliad (*Lilium*), hüatsindid (*Hyacinthus*), tulbid (*Tulipa*) jt.

Tüütavaks umbrohuks mustmullavööndis on *kerajas lauk (*Allium rotundum* L.) jt.

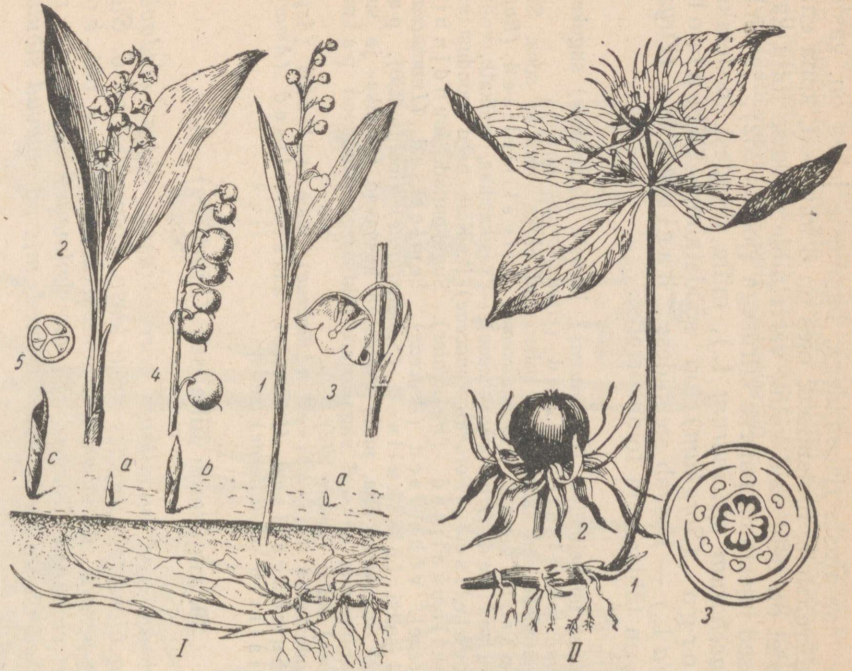
Liilialised jaotatakse kolmeks alamsugukonnaks.

Pärisliilialiste hulka kuuluvad taimed, milledel on kolmepesane kupar. Sellisteks on perekonnad: tulbid (*Tulipa*) (joonis 231), liiliad (*Lilium*) (joonis 86), laugud — küüslauk, sibul (*Allium*), hüatsindid (*Hyacinthus*) jt.

Aspariliste (*Asparagaceae*) hulka kuuluvad: aspar (*Asparagus*) — köögiviljataim — ja mürgised ravimtaimed: pii-

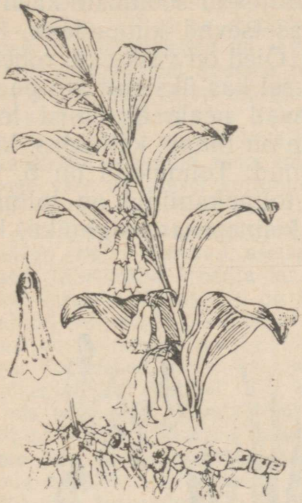


Joonis 231. Tulp *(Tulipa)*:
1, 2, 3, 4, 5 — sibula ehitus ja arenemine: E — emasibul, B — tütarsibul; 6 — õie pikilõige; 7 — sigimiku ristlõige; 8 — õis õõsel; 9 — vili — kolmepesane kupar.



Joonis 232.
I — piibeleht *(Convallaria majalis)*: 1, 2, 3 — õitsev taim; 4 — viljad; 5 — vili läbilõikes; a, b, c — piibelehe tõusmed; II — ussilakk *(Paris quadrifolia)*: 1 — õitsev taim; 2 — vili — mari; 3 — õie diagramm.

belehed *(Convallaria)* (joonis 232, I) ja ussilakud *(Paris)* (joonis 232, II), kuutõverohud *(Polygonatum)* (joonis 233) jt. Sügislilleliste *(Colchicaceae)* alamsugukonda kuuluvad mürgised *upsujuured *(Veratrum)* (joonis 234) ja *sügislilled *(Colchicum)*.



Joonis 233. Mitmeõiene kuutõverohi *(Polygonatum multiflorum)*.



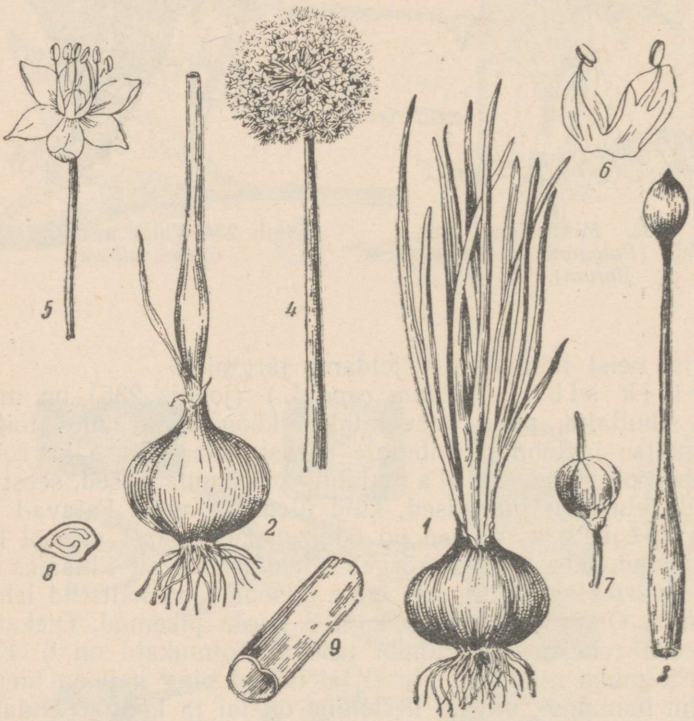
Joonis 234. Valge upsujuur *(Veratrum album)*.

Kõigist neist taimedest kirjeldame järgmisi.

Harilik sibul *(Allium cepa* L.) (joonis 235) on mitmeaastane sibultaim, mida kasvatatakse köögiviljaaedades toitvate, terava maitse ja lõhnaga sibulate pärast; kasutatakse ka rohelisi lehti. Lehed on pikad, rulja d, läbilõikes ümmargused, seest õõnsad. Kõik lehed on juurmised, kuid ülemised neist katavad varsi oma tuppedega. Varred on õõnsad, keskkohast allpool käävjalt laienenud, 60—100 sm kõrged. Õied asetsevad lihtsates nutitaolistes suurtes sarikates, mis enne õitsemist on kaitstud lehetaolise tanuga. Õieraod on õitest kuni 8 korda pikemad. Õiekate on lihtne, kuue rohekasvalge tõmbi lehega. Tolmukaid on 6. 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 kattunud vahakirmega; nad on tumerohelised.

Harilik aspar *(Asparagus officinalis* L.) (joonis 47) on mitmeaastane taim, kõrgusega 60—150 sm. Harilikku asparit kas-

vatatakse suurte ja arvukate risoomide pärast, mis annavad lihakaid valgeid võsundeid, mida kasutatakse keedetult kui toitvat ja hästi maitsvat köögivilja. Juurikad ja võsundid kannavad spiraalselt asetsevaid väikesi soomusjaid lehti. Pärast seda, kui võsundid on maapinnale tunginud, muutuvad nad roheliseks ning kasvavad edasi rohkearvuliste oksiste püstiste rohtjate vartena. Lehed jäävad vartele soomustena, millede alusel on kannuseke. Lehtede ülesandeid täidavad k l a d o o d i d, s. o. peenikesed niitjad varreharud, mis on rikkad klorofüllist ning väljuvad soomuste kaenlast. Kladoodid on ristlõikes ümmargused, asetsevad kimpudena, 3—6 tükki kimbus. Aspar on kahekojane taim. Õied on väikesed, rohekaskollased või valkjad, asetsevad okste alusel kas üksikult või paariti. Õieraagudel on liigestused; õied langevad peale õitsemist longu ning isaseksemplaridel kuivavad. Õiekate on lihtne, kellukjas, kuuelõhine, alusel peenikeseks putkeks veninud. Tolmukaid on 6. Nad on kinnitunud õiekatte osadele, nende tolmukaniidid on tolmukapeadega ühepikkused. Emakaid on üks, kolmepesase sigimiku, lühi-



Joonis 235. Harilik sibul *(Allium cepa)*:
1 — idanenud sibul; 2, 3 — sibulast arenenud õievarb; 4 — õisik, lihtne sarikas; 5 — õis; 6 — kaks kroonlehte ja kaks tolmukat; 7 — emakas; 8 — seeme läbilõikes; 9 — lehe läbilõige.

kese kaela ja kolme kallutatud suudmega. Vili on punane mari kolme pesaga ja kerajate mustade seemnetega. Hariliku aspari vartel ja kladoodidel pole karvakesi.

Piibeleht ehk maikelluke (*Convallaria majalis* L.) (joonis 232, I) on maa-aluste risoomidega taim, kahe suure laielliptilise terveservase lehega, millel on kaarjad rood. Alumise lehe roots haarab teise lehe rootsu tupena, kuna lehtede vahelt tõuseb pikk õisikandev lehitu vars, millel on ühekülgne kobar valgeid lõhnavaid õisi. Õiekate on lihtne, kellukjas, kuue tipmega. Tolmukaid on 6, nad on kinnitunud õiekatte alusele. Sigimik on kolmepesane, emakasuue kolmekandiline. Viljad on mahlakad punased marjad kõvade seemnetega, mida levitavad linnud. Piibeleht on ravimtaim — tema õitest valmistatakse piibelehetilku, mis reguleerivad südame tegevust. Näljastele kariloomadele on piibeleht suureks ohuks, sest ta on mürgine taim, sisaldades mürki konvallariini.

*Valge upsujuur (*Veratrum album* L.) (joonis 234) on suur mitmeaastane taim (üle 1 m) lühikese lihaka risoomiga, millel on küüslaugu lõhn; tal on maa-alused võsundid ning valged juured. Teda esineb niisketel rohumaadel. Ta kõrge vars on alusel kattunud mulluste lehtede tuppedega. Lehti on palju, nad on suured, varreümbrised, tumerohelised, kaarroodsed, pikuti voltjad; ülemised lehed on munajas-süstjad. Kogu taim on kaetud lühikeste udemetega. Õisikud on suured kobarad, asetsevad pöörisjalt varre ladvas. Õied on kollakasrohelised, tähetaolise kroonja kuuest lehest koosneva õiekattega, mis on pikemad kui õieraod. Tolmukaid on 6, tolmukapead on pöördunud väljapoole; tolmukaniidid väljuvad õiekatte aluselt, nad on viimasest $1^1/_2$ korda lühemad. Emakas on kolmepesase sigimikuga ja kolme üksteisest eemalduva emakakaelaga. Kattelehed, mille kaenlasse kinnituvad õied, on alumistel õitel piklikud, pikemad kui õieraod. Vili on kuiv, paljuseemnene, pakatab kolmeks viljaks, mis avanevad sisemist õmblust mööda.

*Must upsujuur (*Veratrum nigrum* L.) erineb eelmisest mustjasverevate õite poolest, viltjalt-udejate õieraagude, kattelehtede ja õiekatte poolest, mis on pikkuselt peaaegu võrdsed õieraoga. Alumised lehed on paljad.

Mõlemad upsujuure liigid on väga mürgised, kuid ühtlasi ka kasulikud ravimtaimed. Risoome ja juuri kasutatakse loomaarstiteaduses loomade parasiitide vastu, aga ka arstiteaduses närvisüsteemi tugevdamiseks, aevastusvahendiks ja nahahaiguste ravimiseks. Karjamaadel ei puuduta veised upsujuurt, kuid lambad ja vasikad mürgituvad tihti nendest. Pärast kuivatamist ei kaota mürkaine (protoveratriin jt.) oma omadusi ning mürgitab ka siis kariloomi. Ka heina sattunud seemned põhjustavad mürgitust. Seepärast tuleb see umbrohi hävitada enne heina niitmist.

40. sugukond: kõrrelised (*Gramineae*)

Botaaniliselt on see väga laialdane sugukond, mille esindajaid arvestatakse NSV Liidu Euroopa-osas kuni 240, kogu maakeral aga kuni 5000 liiki. Kõrrelised kuuluvad üheiduleheliste klassi ning neid iseloomustavad järgmised tunnused. Nad on kas üheaastased (peamiselt põllukõrrelised) või mitmeaastased (peamiselt rohumaakõrrelised). Maa-alused organid koosnevad üheaastastel kõrrelistel narmasjuurestikust, mitmeaastastel on peale selle veel maa-alused võsundid, mis saavutavad mitmesuguse arenemisastme ning on kas talvitumiseks või vegetatiivseks paljunemiseks. Mitmeaastaste kõrreliste võsundid on kattunud valkjate või pruunikate lehetuppede, möödunud aasta varte kõdunevate jäänuste ja arvukate, mõnikord kuni põhjavee pinnani tungivate lisajuurtega, mis väljuvad vähe märgatavatest sõlmedest.

P u h m i k u l i s t e k õ r r e l i s t e võsundid pikenevad nõrgalt, mille tulemuseks on püsti üles kasvavate võrsete tihe asetus; selle tulemusena moodustub enam-vähem tihe puhmik või tort (joonis 42) (harilik ja lamba-aruhein, kerahein, maarjahein, sugapea, kõrge raihein jt.). V õ s u n d i l i s t e l k õ r r e l i s t e l annavad võsundid pikki roomavaid külgvõrseid, mis tulevad maapinnale emataimest kaugemal ning muutuvad uuteks, üksteisega seoses olevaiks taimedeks (ohtetu luste, valge kastehein, aasnurmikas, harilik orashein). Ainult puhmikuliste ja võsundiliste kõrreliste koos kasvamine annab pideva ja ühtlase heinkamara.

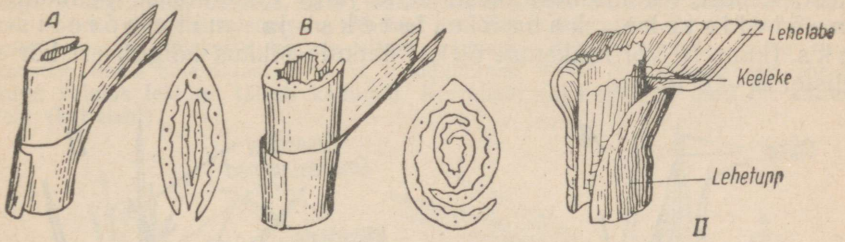
Kõrreliste v a r s i nimetatakse k õ r t e k s; nad on harilikult ruljad või veidi lapikud; neil on tihedad, paisunud sõlmekohad ja õõnsad varrelülid (sõlmevahed). Mitmeaastastel kõrrelistel areneb õitsva kõrre alusel mitteõitsvaid külgvõrseid, mis on ohtralt lehtedega kattunud. Neist kasvavad järgmisel aastal õitsvad kõrred, millede alusel tekivad jälle uuesti viljatud võrsed. Õitsvad kõrred on püstised, sirged ja ainult alumises osas põlvjalt kõverdunud. Teraviljadel on kõrs harilikult paljas, rohumaa kõrrelistel aga sagedasti udejas ja ülemises osas kattunud pehmete või karedate karvadega. Kõrte kasv toimub noorte sõlmevahede alumises osas.

K õ r r e l i s t e l e h e d koosnevad tuppedest, mis ümbritsevad ja kaitsevad kõrre sõlmevahesid, ning lineaalsetest või kitsas-süstjatest, rööproodsetest, terveservalistest lehelabadest, mis asetsevad vaheldumisi kahes reas. Tuule puhudes lehvivad lehtede labad nagu kitsad ja pikad lipud. Lehtede tuped on suuremal osal kõrrelistel lehelabale vastaspidisel küljel lõhestunud ja neil on valkjad vaheliti asetunud servad. Kuni keskkohani või rohkemgi suletud tuppi esineb vaid mõnedel kõrreliste liikidel (aruheinad, lusted, kerahein, nurmikad, raiheinad). Lehelabad on suuremal osal söödakõrrelistel lamedad, kuivadel pinnastel kasvavatel aga kokkurullunud või harjasjad (lamba-aruhein, jusshein, stepirohi jt.).

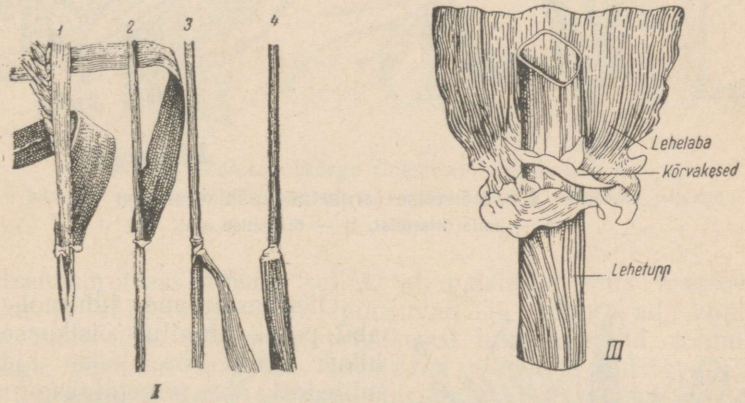
Lehed, samuti ka kõrred sisaldavad suuremal või väiksemal määral r ä n i. Eriti on sellest immutatud lehtede servi katvad epidermise haakjad kasvundid ning see annab neile kareduse, kusjuures karedust on tunda mõnel juhul vaid siis, kui tõmmata lehte sõrmede vahel suunaga ülalt aluse poole, teistel juhtudel aga vastupidises suunas tõmmates. Mõnedel kõrrelistel on lehe pind, samuti ka kõrs udestunud. Kõrreliste udestumine ja karvastumine ei ole söödaks kasutamise seisukohalt soovitavaks tunnuseks. P u n g a s e t u s e s võivad kõrreliste lehed olla kahekorra või rullunult kokku surutud (joonis 236). Esimesel juhul on võrsed lapikud (kerahein, mitmeaastane raihein, sugapea, punane aruhein jt.), teistel juhtudel on neil läbilõikes ümmargune kuju (hulgaõiene raihein, harilik aruhein, roog-aruhein, ohtetu luste jt.).

Tähtsamaks iseloomulikuks tunnuseks on kõrrelistel k e e l e k e *(ligula)* ja k õ r v a k e s e d, mis asetsevad kohas, kus lehetupp läheb üle lehelabaks (joonis 237). K e e l e k e s e k s nimetatakse kilejat kasvundit — poolläbipaistvat õhukest volti, mis ümbritseb

vart ja takistab vee tungimist lehetupesse. Oma kujult on ta kas lühike või pikk, terav või tömp, järsk või viltu lõigatud. Kõrvakesteks nimetatakse lehealuse valkjaid teravaid külgmisi kasvundeid, mis haaravad kõrt. Nende kuju on kas lai, poolkuutaoline või kitsas. Mõnel kõrrelisel need kas puuduvad üldse või neid asendab karvaring.



Joonis 236. Kõrreliste lehe pungasetus:
A — kahekorra, B — rullunud.

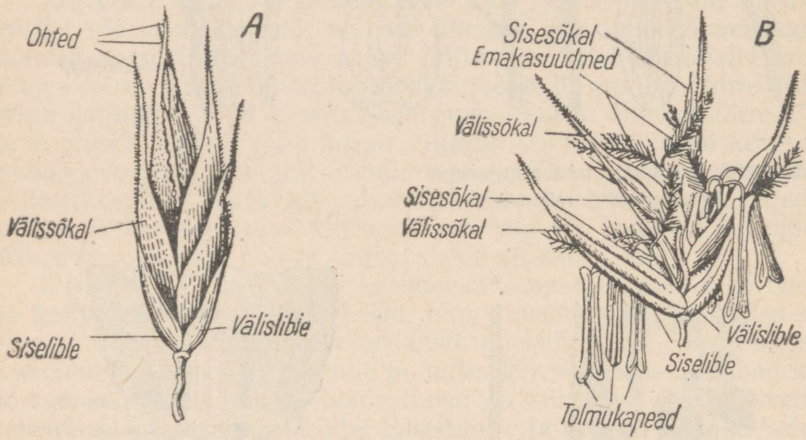


Joonis 237.
I — 1, 2 — odra lehed: näha on lehetuped, lineaalsed lehelabad ja kõrvakesed, mis haaravad kõrt; 3, 4 — kaera lehed: näha on lehetupp, lineaalne lehelaba ja keeleke; II — kõrrelise (ohtetu luste) keeleke (suurendatult); III — odra kõrvakesed (suurendatult).

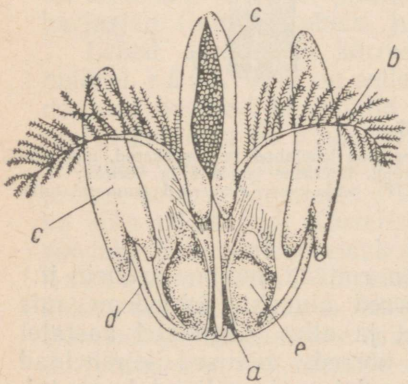
Aeglaselt kasvavatel kõrsheintel (nurmikad, punane aruhein jt.) arenevad esimesel aastal ainult võrsed alumiste lehtedega, mis moodustavad niinimetatud alusheina, ja alles järgmistel aastatel arenevad õitsvad ja viljakandvad kõrred. Sellised kõrsheinad annavad täielikku saaki alles kolmandal või neljandal aastal. Nende eluiga on võrdlemisi pikk (üle 10 aasta). Ruttu kasvavad kõrsheinad (timut, raihein jt.) annavad juba esimesel aastal mitte ainult lehtedega võrseid, vaid isegi õitsvaid kõrsi õisikutega. Selliste taimede iga on eelnimetatud taimede east lühem. On ka kõrre-

lisi, milledel on vahepealne asend niihästi kiiresti saadava saagi kui ka eluea pikkuse (harilik aruhein, kerahein jt.) mõttes.

Kõrreliste väikesed õied on koondunud pähikuteks, mis omakorda asetsevad peades (orashein, mitmeaastane raihein, hulgaõiene raihein), pööristes (kastehein, nurmikad jt.), pööris peades (timutid, rebasesabad). Iga pähik koosneb ühest, kahest või mitmest õiest; selle järgi nimetatakse pähikuid üheõielisteks, kaheõielisteks ja mitmeõielisteks (kuni 10 või rohkemgi õit). Pähikute pikkus kõigub eri kõrrelistel 2—40 mm-ni.



Joonis 238. Kõrrelise (aruheina) pähiku ehitus:
A — enne õitsemist, B — õitsemise ajal.

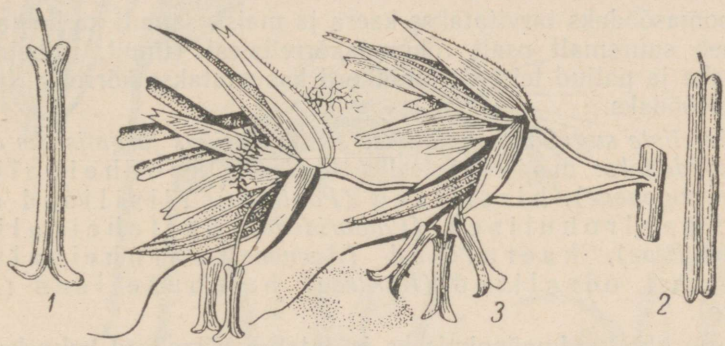


Joonis 239. Kõrrelise (nisu) õie ehitus:
a — sigimik; *b* — emakasuue; *c* — tolmukapead; *d* — tolmukaniit; *e* — paislaju (P. Žukovski botaanika kursusest).

Õied asetsevad lühiraol, mille abil pähik kinnitub õisikusse. Pähiku alusel on kaks liblet, milledest üht nimetatakse väliseks, teist sisemiseks (joonis 238). Mõnikord pole libled küllalt arenenud. Iga õis pähikus on varustatud välis- ja sisesõklaga. Välissõklal on tavaliselt külgmised rood ja üks keskmine rood, mis esineb sagedasti terava kiiluna (andurina), mille ülemine ots pikeneb ohteks. Sisesõkal on õrnema ehitusega ning tal on harilikult kaks külgmist roodu ja käändunud servad, mida haarab välissõkal. Õie sisemised, sõkaldega kaetud osad

koosnevad sigimikust, mis on varustatud kahe sulgja või pintselja emakasuudmega, ning kolmest (harva kahest) tolmukast ja kahest karvasest paislajust *(lodiculae)* (joonis 239).

Kõrreliste õite võrdlemine liilialiste õitega näitab, et esimestel on redutseerunud õied, milledel mõned osad on kadunud, kuid neid võib geneetiliselt kergesti tuletada liilialiste õitest. Kõrreliste hulgas esineb liike kuue tolmukaga (suhkruroog, bambus, riis). Bambuste emakatel on kolm suuet, mis näitab kolme viljalehe olemasolu. Mitmel troopilisel kõrrelisel ja stepirohul on kolm paislaju (õiekatte lehtede sisemine ring). Õiekatte lehtede väline ring koosneb ühest sisesõklast, mis on moodustunud välise õiekatte kahest lehest, kuna kolmas leht on täiesti kadunud. Kõrreliste välissõkal on õieti õit kattev leht (katteleht).



Joonis 240. Kõrrelise (kõrge raiheina) tuultolmlemine:
1 — tolmukas pakatanud tolmukapeaga; 2 — tolmukapea; 3 — õitsvad pähikud.

Õitsemisprotsess seisab selles, et paislajud, mis asetsevad sigimiku ja välissõkla vahel, punsuvad ja nihutavad viimast eemale. Selle järel pikenevad peenikesed tolmukaniidid, tolmukapead aga, rippudes alaspidi, lõhestuvad pikuti ja puistavad õietolmu tolmukapea tippu tekkinud lusikjatesse lõhedesse. Pisimgi tuulepuhang soodustab tolmukapeade rappumist ja kerge õietolmu väljapuhumist (joonis 240).

Suuremal osal kõrrelistel esineb dihhogaamia. Sulgjad emakasuudmed ulatuvad sõkalde vahelt välja alles siis, kui antud taime oma õietolm on juba tuule poolt ära puhutud, mille tõttu tolmuterad võivad kanduda nendele tuule abil ainult teistelt taimedelt. Toimub seega risttolmlemine (raiheinad, lusted, aruheinad, rukis jt.). Mõnedel kõrrelistel, näiteks nisul, kaeral ja odral, esineb isetolmlemine (autogaamia).

Kõrreliste määramisel tuleb pöörata tähelepanu liblede ja sõkalde kujule, nende roodude arvule, ohte väljumiskohale, õite arvule pähikutes, emakakaela ja -suudmete kinnitusviisile ning hulgale teistele tunnustele, mida võib märgata vaid luubi abil.

Pärast viljastamist arenenud kõrreliste vilju nimetatakse

teristeks, sest seeme, mis areneb seemnealgmest, kasvab kokku sigimiku seinaga (viljakattega) või liibub tihedalt sellele.

Paljasteralistel kõrrelistel kukuvad terised vilja küpsemisel sõkalde vahelt välja (rukis, nisu, mais, parthein, timut); sõklasteralistel kõrrelistel jääb teris sõkaldest ümbritsetuks või kasvab mõnikord nendega kokku (rebasesaba, kerahein, raihein, aruhein, riis, oder jt.). Sageli tekitavad udejate karvadega kattunud sõklad rohumaa kõrreliste viljade (praktikas nimetatakse neid sagedasti seemneteks) külvamisel suuri raskusi. Pealegi on terised väikesed ja kerged.

Kõrreliste tähtsus on üldtuntud. Teraviljad (riis, nisu, rukis, oder, mais, hirss) on inimeste toitlustamise aluseks.

Loomasöödaks tarvitatakse kaera ja maisi, samuti ka heina, mis koosneb suuremalt osalt rohumaakõrrelistest (timut, raihein, rebasesaba ja paljud teised). Mõnikord kasvatatakse kõrrelisi (mais) ka silosöödaks.

Kõrreliste sugukond jaotatakse süstemaatikas järgmisteks alamsugukondadeks: maisilised *(Maydeae)*, habeheinalised *(Andropogoneae)*, hirsilised *(Paniceae)*, riisilised *(Oryzeae)*, paelrohulised *(Phalarideae)*, kasteheinalised *(Agrostideae)*, kaeralised *(Aveneae)*, aruheinalised *(Festuceae)*, odralised *(Hordeae)*, bambuselised *(Bambuseae)*.

Paremaks tundmaõppimiseks jaotatakse kõrrelised kolmeks rühmaks: päised kõrrelised, pööriskõrrelised ja pöörispäised kõrrelised.

Päised kõrrelised

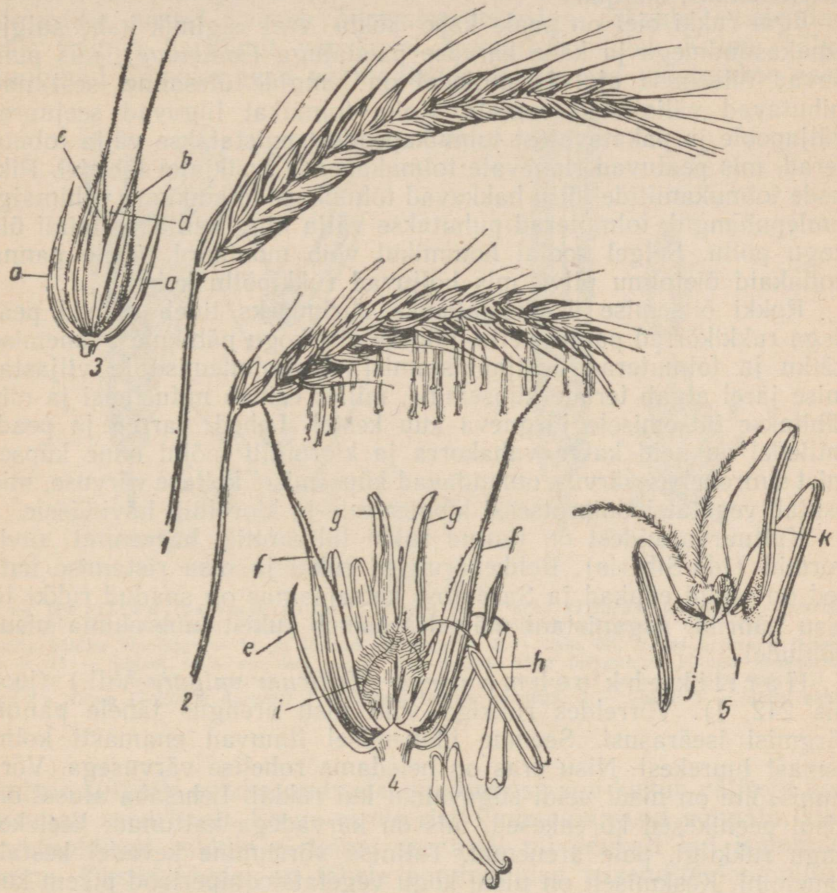
Päised kõrrelised on need, milledel õied on koondunud liitpeaks.

Rukis *(Secale cereale* L.) (joonis 241). Tema arenemine algab terise idanemise ja nelja esmase juure ja idu väljatulekuga. Rukki oras on punaka värvusega, mis oleneb antotsüaanist sinka (esimese tupja lehe) rakkudes. Esmased juured kannavad ohtralt juurekarvu, mis varustavad noort taime vee ja mineraalsooladega. Rohelise lehe tärkamise momendist algab taime assimileeriv tegevus, millele järgneb võrsumisprotsess. Võrsumissõlmest arenevad võimsad teisesed lisajuured, samuti ka uued rohelised võrsed, mis tugevdavad assimileerimisprotsessi.

Rukis võrsub peamiselt sügisel. Võrsumisenergia — arenevate roheliste võrsete arv, oleneb tervest reast tingimustest: arenemise kestusest ja sügisesest ilmastikust, mullast, sordist, külvi tihedusest jne. Võrsumisprotsessi järel algab kõrsumine, millal järkjärguliselt üksteise järel, alates alumisest sõlmevahest, hakkavad kasvama ka kõrgemal asetsevad sõlmevahed. Ülemise sõlmevahe pikenemisel ilmub pea. Seda protsessi nimetatakse loomiseks, mis kestab rukkil ligikaudu kaks nädalat. Selle aja kes-

tel kasvab rukis kõige tugevamini ja seejärel algab viimaks õitsemine.

Rukki liitpea asetseb kõige ülemise (kuuenda), pikima ja peenima sõlmevahe otsas. Liitpea peatelg koosneb üksteisele järgnevatest kahele küljele asetunud astmetest, mis on kaheõieliste, mõni-



Joonis 241. Rukis *(Secale cereale)*:

1 — liitpea pärast õitsemist; 2 — liitpea õitsemisel; 3 — pähik: *a* — libled, *b* — esimene õis, *c* — teine õis, *d* — kolmanda õie alge; 4 — puhkenud õis: *e* — libled, *f* — välissõkal, *g* — sisesõkal, *h* — tolmukad, *i* — sulgjad emakasuudmed; 5 — emakas ja tolmukad: *j* — emakas kahe suudmega, *k* — kolm tolmukat, *l* — kaks paislaju *(lodiculae)* — õiekatte jäänused.

kord ka kolmeõieliste pähikute kinnitamiseks. Igal astmel asetseb üks pähik, mis on pöördunud peatelje poole oma laiema küljega. Pähikul on kaks naaskeljat andurjat liblet. Välissõkal on ebavõrdkülgne, kolme rooga, harjasjalt ripsja anduriga, mis muutub ülemises osas pikaks hambuliseks ohteks. Sisesõkal on

kilejas, ripsjas. Kui pähik on kaheõieline, on õite vahel ikkagi näha raokest, mis on kolmanda õie algmeks. Mõnel rukkipeal, eriti põllu servaosas kasvavatel, on raokese asemel enam-vähem arenenud õis. Katsetel saada kolmeõielist, seega ka kolmeteralist rukki sorti, ei ole olnud seni tegelikku tähtsust, sest kolmas tera jääb alati väljaarenematuks, kõlujaks.

Igal rukki õiel on peale kahe sõkla veel sigimik kahe sulgja emakasuudmega ja kahe karvase paislajuga *(lodiculae)*, mis punsuvad õitsemise ajal ja milledel on kangide ülesanne, sest nad nihutavad välissõkalt eemale. Kolm tolmukat liiguvad seejuures väljapoole ja pakatavatest tolmukapeadest puistatakse välja tolmuterad, mis peatuvad ripnevate tolmukapeade lusikjatel lõhedel. Pikkade tolmukaniitide tõttu hakkavad tolmukapead kõikuma vähimalgi tuulepuhangul, tolmuterad puhutakse välja ning kantakse laiali üle kogu põllu. Selgel soojal hommikul võib mõnikord tähele panna kollakaid õietolmu pilvi, mis hõljuvad rukkipõllu kohal.

Rukki õitsemise üksikasjalikuks uurimiseks tuleb mõned peadega rukkikõrred panna vette, jälgida siis kogu pähikute avanemise käiku ja tolmuterade väljapuistamist. Risttolmlemise ja viljastamise järel algab terade küpsemine, milles esineb mitu faasi ja mis läbitakse õitsemisele järgneva kuu kestel. Lehed, varred ja pead, milledel on neid katva vahakorra ja klorofülli mõjul enne küpsemist sinirohekas värvus, omandavad küpsemisel kollase värvuse, mis osutab vegetatsiooniprotsessi lõppemisele ja klorofülli hävimisele.

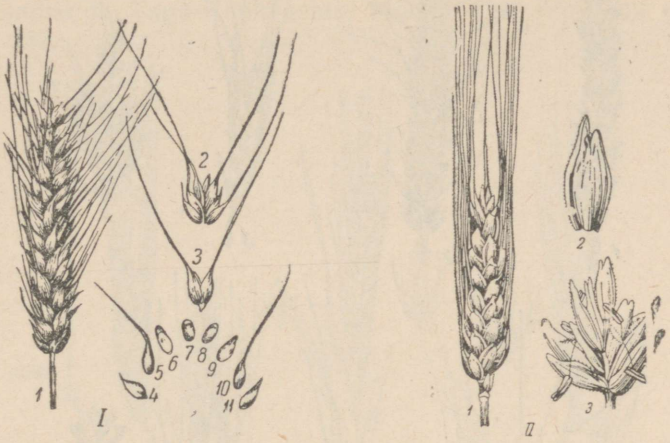
Kultuurvormidest on tuntud rukki talivormid, harvemini suvivormid (Ida-Siberis). Rohkearvulised rukki ja nisu ristamise katsed on olnud edukad ja Saraatovi katsejaamas on saadud rukki ja nisu hübriid. Afganistani mägedes esineb rukist umbrohuna nisupõldudel.

H a r i l i k e h k p e h m e n i s u *(Triticum vulgare* Vill.) (joonis 242, I). Võrreldes rukkiga võib nisu arengus tähele panna järgmisi iseärasusi. Seemne idanemisel ilmuvad enamasti kolm esmast juurekest. Nisu oras on heledama rohelise värvusega. Võrsumissõlm on nisul veidi sügavamal kui rukkil. Lehelaba alusel on nisul peenikesed kõrvakesed, mis on karvadega kattunud; keeleke, nagu rukkilgi, pole arenenud. Talinisu võrsumine kevadel kestab kauemini. Keskmiselt on nisul kogu vegetatsiooniperiood pikem kui rukkil (üle 270 päeva).

Liitpea ehituses on nisul järgmised iseärasused: peatelje kahel küljel asuvad astmetel üksikult mitmeõielised pähikud. Igal pähikul on kaks liblet, mis on veidi põisjad ja võrdlemisi sarnased välissõkaldega. Libled on anduriga, mis ei ulatu lible aluseni; nad on kujult munajad, alusel ümardunud, tipust teravad või lühikese ohtega. Välissõklad on pikkade ohetega nendel sortidel, mida nimetatakse ohtelisteks, ilma oheteta aga nendel sortidel, mida nimetatakse ohtetuiks. Õite arv nisu pähikutes ulatub viieni, kuid terad arenevad vaid 2—3 alumisel õiel. Peatelg on harilikul nisul sitke, mittepurunev, latvmise pähikuga. Terised (kergesti väljakukkuvad

sõkalde vahelt) on paljad. Pea 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 puhul ning siis on võimalik ainult isetolmlemine (autogaamia), mis nisul üldiselt domineeribki. Soodsa ilmastiku korral kaasub õitsemisprotsessiga sõkalde avanemine, mis toimub harilikult varajastel hommikutundidel. Kolme väljatunginud tolmuka pead pakatavad ja tolmuterad puistatakse osalt



Joonis 242.

I — Hariliku (pehme) nisu liitpea ja ta osad (*Triticum vulgare* var. *ferrugineum*): 1 — pehme nisu liitpea; 2 — üksik pähik, moodustunud neljast õiest (viies õis on näha pähiku ülaotsast — ta on jäänud arenemata); 3 — kaks õit, milles arenevad terised; 4 ja 11 — libled, selja alumisel poolel ümardunud, vähe märgatava kiiluga (anduriga); 5 ja 10 — välissõklad ohetega; 6 ja 9 — sisesõklad oheteta; 7 ja 8 — kaks terist; II — kõva nisu (*Triticum durum*): 1 — liitpea jäikade ohetega; 2 — libled; 3 — õitsev pähik.

kahele sulgjale emakasuudmele, suurem osa aga kukub välja ja tuul kannab need laiali. Seega ei ole risttolmlemine nisul võimatu, kuid vastupidiselt rukkile ei toimu see alati nii edukalt kui isetolmlemine. Üksikjuhtudel on tähele pandud nisu teisendite loomulikku ristamist, kuid selline ristamine, mida nimetatakse ka hübridisatsiooniks, toimub kindlamini vaid kunstliku tolmeldamise teel, mida kasutatakse palju selektsioonitöös.

Nisu edasine arenemine toimub samas järjekorras kui rukkilgi, s. o. pärast tolmlemist ja viljastamist arenevad peas terad, läbides piimküpsuse, vahaküpsuse ja täisküpsuse faasi. On tähele pandud, et nisu terad on murdmisel suuremal või vähemal määral jahused või klaasjad. Klaasisus näitab teras suuremat valkude hulka, jahusus suuremat tärklisesisaldust. Idapoolsed sordid erinevad tera suurema klaasisuse, läänepoolsed aga suurema jahususe poolest.

Nisul esinevad tavaliselt tali- ja suvivormid. Hariliku nisu tei-

sendeid tuntakse palju ning igaühel neist on oma teaduslik nimetus ning oma püsivad morfoloogilised ja füsioloogilised tunnused.

Samasuguse tähtsusega on ka kõva nisu (*Triticum durum* Desf.) (joonis 242, II). Tal on tihe pea karedate ohetega ja libled kogu pikkuses selgesti märgatava anduriga, mis muutub ülal teravaks laiaks. hambaks. Libled on pikkusèlt peaaegu võrdsed sõkal-



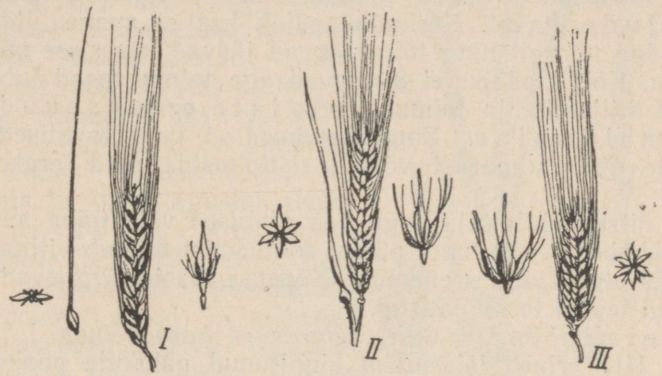
Joonis 243. Mitmesuguste nisu liikide liitpäid.

Ülemine rida: 1 — *Triticum vulgare* var. *albidum* (pehme, ohtetu); 2 — *Triticum vulgare* var. *ferrugineum* (pehme, ohetega); 3 — *Triticum dicoccum* (kaheteraline); 4 — *Triticum turgidum* (hargneva peaga); alumine rida: 5 — *Triticum durum* (kõva); 6 — *Triticum durocompactum* var. *melanopus;* 7 — *Triticum polonicum* (poola); 8 — *Triticum spelta.*

dega, pähikud 4—5-õielised, igas valmib 2—5 tera. Kõrs on ülemises osas (pea all) täitunud säsiga. Tera on murdmisel klaasjas, rikas valkudest, õhukesekestaline. Seda nisu kasvatatakse Volgamaa lõunaosas, Põhja-Kaukaasias ja teistes lõunarajoonides. Kõva

nisu teisendid ja sordid annavad hariliku (pehme) nisu sortide kõrval omadustelt parema leiva.

Ülaltoodud liikide kõrval esineb veel 17 liiki, milledest osutame vaid järgmistele: speltanisu (*Triticum spelta* L.), hargneva peaganisu (*T. turgidum* L.), poola nisu (*T. polonicum* L.), timofejevi nisu (*T. Timopheevi* Zhuk.), pärsia nisu *T. persicum* Vav.), ümarateraline nisu (*T. sphaerococcum* Perc.), üheteraline nisu (*T. monococcum* L.), torupeanisu (*T. aegilopoides* Bal.). Kaks viimast liiki esinevad metsikult Krimmis ja Taga-Kaukaasias. Mõned nisu liigid on esitatud joonisel 243.



Joonis 244. Odra liigid:
vasakul — kahetahuline, paremal — kuuetahuline, keskel — neljatahuline oder; iga pea kõrval on näidatud terade asetus.

Harilik ehk neljatahuline oder (*Hordeum vulgare* L.) (joonis 244, II). Selle odra iseloomulikud tunnused on järgmised. Suurema osa odra sortide teris kasvab kokku sõkaldega, milledest välissõkal (viierooline) lõpeb ohtega. Ainult niinimetatud paljasteralistel otradel langeb teris viljapeksmisel sõkaldest välja. Kaera, nisu, rukki teristest erinevalt on odra terised karvadeta isegi oma tipul. Odra teris on lamedam kui nisul ja teistel kõrsviljadel; vaoke on terisel samuti olemas. Odra terise nõgusal pinnal, alusel, võib märgata tihedalt liibuvat harjast, mis on teise õie jäänus. Odra idanemisel väljub idust 5—6 esmast juurt ja üks varreke, mis kasvab esiteks sõkla all nagu kaeralgi ning tuleb välja terise teise otsa juurest. Võrsumisvõime on odral suurem kui kaeral. Lehed on odral veidi laiemad kui kaeral, karedad; tuped on siledad, keeleke puudub; kõrvakesed on hästi arenenud, nad on laiad, poolkuukujulised — see on tunnus, mille abil võib kergesti eraldada odra võrseid. Neljatahulise odra liitpeal on järgmine ehitus: üheõielised pähikud asetsevad kolmekaupa kõrvuti

peatelje astmetel, kahel vastasküljel. Välislible koosneb kahest kitsast naaskeljast poolmest, kuna siselible puudub. Välissõkal on lai elliptiline, viie rooga, kumera seljaga, tipul hammastunud ohtega või kolmehõlmaste lisemetega. Odra pea on otsmise õieta, painduva peateljega. Neljatahulisel odral on keskmised pähikud külgmistest pisut suuremad ning liibunud peatelje vastu, külgmised aga hoiduvad peateljest eemale ning moodustavad 2 rida kummalgi pool, mistõttu ristlõikes näib pea nelinurksena või neljatahulisena.

Odra õitsemine toimub sagedamini hommikul kui päeval, kuigi üksikjuhtudel võib õitsemist tähele panna ka õhtul. Külgmiste pähikute tolmukapead väljuvad sõkaldest, mis avanevad punduvate paislajude survel. Keskmine pähik kas ei avane üldse või paotub väga nõrgalt ning tolmukapead jäävad kas sisse või ilmuvad välja. Kõigil pähikutel avanevad aga tolmukapead juba enne sõkaldest väljumist ja toimub sulgjate emakasuudmete isetolmeldamine. Emakasuudmed ei ilmu tavaliselt üldse väljapoole ning seepärast võivad risttolmelda vaid erakordsetel juhtudel.

Oder õitseb ühtlaselt. Kogu pea ulatuses võib näha avanenud sõklaid. Umbes 5—10 tundi pärast tolmlemist toimub viljastamine, mille järel algab vilja arenemine. Küpsuse faasid järgnevad samas korras kui teistel teraviljadelgi.

Kuuetahuline oder (*Hordeum hexastichum* L.) (joonis 244, III) erineb lähestikku kinnitunud pähikute poolest, mis eemalduvad peateljest ühtlaselt, ning asetsevad kuue ühetaolise reana, mistõttu ristlõikes, kui vaadata pead ülalt või alt, pea näib korrapäraselt kuuekandilisena. Kuuetahulised odrad on meil vähe levinud.

Kahetahulisel odral (*Hordeum distichum* L.) (joonis 244, I) 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 suured pähikud asetsevad kahes reas. Nad on varustatud ohetega või kolmesarveliste lisemetega. Kahetahuline oder on suure teraga. Tema vegetatsiooniperiood on tublisti pikem.

Päiste kõrreliste hulgas esineb peale kõrsteraviljade niihästi umbrohte kui ka häid heintaimi.

Harilik orashein (*Agropyrum repens* P. B.) (joonis 245) on mitmeaastane (10—15-aastane) päine kõrreline, mis paljuneb roomavate võsunditega. Kõrred kasvavad kuni 1 m kõrguseks, kuid tavaliselt on nad märksa madalamad. Pähikud asetsevad peas üksikult ning sisaldavad enamasti 5 õit. Nad kinnituvad vastu peatelge lapiti, laiema küljega. Lehed on pealt karedad, helerohelised, õhukese kileja hambulise keelekesega. Alumiste lehtede tuped on pikakarvalised. Sõklad on ohtetud või ka ohtega, mis ei ole sõklast pikem. Välissõkla rood ühinevad tipu lähedal. Orashein õitseb juunist septembrini. Teda esineb kõikjal põldudel ja aedades kah-

juliku umbrohuna, mille vastu tuleb otsustavat võitlust pidada. Hariliku orasheina võsundid on toitvad, mullast puhastatult ning tükeldatult võib neid kasutada loomasöödaks. Kui aga harilik orashein kasvab aedades, nõlvadel või luhtadel, annab ta parimate omadustega heina.

Hariliku orasheina risoomid levivad kuni 12 sm sügavuseni, ulatuvad pikkuselt kuni 1 m-ni ja isegi rohkem; juured tungivad mulda 1,5—2 m sügavuseni.

Hariliku orasheinaga samasse perekonda kuuluvad ka: *hargnev orashein (*Agropyrum ramosum* Richt.), mis erineb eelmisest kitsaste siniroheliste teravate, sagedasti kokkurullunud lehtede ja sügaval (kuni 25 sm) asetsevate pikkade (kuni 2 m) võsundite poolest; ta on väga õel umbrohi, mida esineb Lõuna-Siberis, Kasahstanis ja Volgatagustel aladel; koer-orashein (*Agropyrum caninum* P. B.), mis erineb harilikust orasheinast puhmikulise kasvu poolest; lehed on mõlemalt küljelt karedad, ohted sõkaldest pikemad; ta on umbrohi. Viimastel aastatel omandavad mustmullavööndis üha suurema tähtsuse söödataimena järgmised orasheina liigid: *õrn orashein (*Agropyrum tenerum* Vasey), mis sarnaneb hariliku orasheinaga, kuid on mitmeaastane puhmikkõrreline ja annab head heina; *laiapähikuline orashein (*Agropyrum cristatum* P. B.) lapiku pikliku peaga ja *kitsapähikuline orashein (*Agropyrum desertorum* Schult.). Kõik loetletud liigid on põuakindlad ja seega kõlblikud kasvatamiseks NSV Liidu lõunaosas.



Joonis 245. Harilik orashein (*Agropyrum repens*):
1 — taime alumine osa roomavate juurikatega; 2 — pea; 3 — üksik pähik; 4 — tolmukas; 5 — õis; 6 — teris.

Akadeemik Tsitsini tööd on näidanud, et mõned orasheina liigid (*Agropyrum elongatum* P. B., *A. glaucum* Desf., *A. trichophorum* Richt., *A. junceum* P. B.) annavad nisuga ristamisel hübriide. On saadud uus mitmeaastane taim — nisu-orasheina hübriid.

Päistest kõrrelistest on rohumaaviljeluses laiemalt levinud mitmeaastane raihein (*Lolium perenne* L.) ja hulgaõieline raihein (*Lolium multiflorum* Lam.) (joonis 246). Nendega sarnaneb umbrohi uimastav raihein (*Lolium*



Joonis 246. Hulgaõieline raihein *(Lolium multiflorum)*:
a — pähik; *b*, *c* — sõklad ohetega.



Joonis 247.
I — harilik kaer *(Avena sativa)*; II — lipp-pöörisega kaer *(Avena orientalis)*; III — tuulekaer *(Avena fatua)*; viimane umbrohustab kaerapõlde; ohetel on niiskumisel pöörlemisvõime: *a* — tuulekaera teris sõklas, *b* — oras.

temulentum L.), mida esineb viljades (tema seemned on mürgised nendes leiduva parasiitseene tõttu), ja lina-raihein (*Lolium linicola* A. Br.) — kõrreline umbrohi, mis levib linapõldudel. Raiheinte perekond on orasheinte perekonnast kergesti eraldatav pähikute asetuse järgi, sest esimesel on need pöördunud peateljele kandiga, s. o. kitsama küljega, viimasel aga laiema küljega.

Pööriskõrrelised ja pöörispäised kõrrelised

Pööriskõrrelistel asetsevad pähikud paljudel peenikestel harukestel, moodustades liitõisiku — pöörise. Kultuurtaimedest kuuluvad nende hulka harilik kaer (*Avena sativa* L.), *harilik hirss (*Panicum miliaceum* L.) ja *sorgo (*Sorghum*).

Harilik kaer (*Avena sativa* L.) (joonis 247) kuulub sõklasteraliste kõrreliste hulka, sest ta teris, mis on kogu pinnal karvakestega kattunud, on ümbritsetud sõkaldega. Idanemisel tekib 3 esmast juurekest ja idu, mis esiteks suundub sõkalde all piki terist ja väljub siis juba selle vastupidisest otsast ning pöördub ülespoole. Kaera roheline leht ilmub värvitust koleoptiilist ehk sinkast. Kaeral kui suviviljal toimub võrsumisprotsess lühikese aja kestel ning võrsumisenergia on väiksem kui odral. Pärast võrsumist algab 3—4 varre kõrsumine ja seejärel loomine, õitsemine ja küpsemine.

Kaera lineaalsed lehed on karedad, pungasetuses rullunud; tupe üleminekul lehelabaks on lühike ja tömpunud kujuga keeleke, mis ümbritseb kõrt; kaera lehtedel puuduvad kõrvakesed. Hariliku kaera õisik on avapööris harudega, mis on pöördunud igasse külge. Pähikud on ripnevad, suured, 2—3-õielised, asuvad peenikestel karedatel harudel, millede jämendus on vahetult pähiku all. Pähiku libled on suured, kilejad, õhukesed, teritunud, 7—11 rooga. Need libled annavadki kaera jahvatamisel kaerakliisid. Sõklad on tihedad, liibuvad vastu vilja ning kasvavad temaga alusel kergelt kokku. Välissõklad on kollakad, valged või mustad, tipus väljapaistvate roodude ja kahe tömbi hambaga. Kaera ohtelistel vormidel on pähiku alumine õis ohtega, mis väljub välissõkla seljalt. Ohtel on põlvjas kuju ja ta on alumises osas keerdunud; välis- ja sisesõkla vahel peitub 3 tolmukat; emakas on kahe sulgja suudmega ja alusel kahe paislajuga.

Kaera õitsemine toimub harilikult pärast lõunat, kui sõklad lähevad laiali; see toimub suurematel õitel nõrgemalt, väiksematel tugevamini. Tolmukapead avanevad juba siis, kui nad on emakasuudmete kõrval; nii toimub isetolmlemine. Ristto!mlemist esineb kaeral looduslikes tingimustes vaid erandina; uute kaerasortide aretamisel toimetatakse ka kunstlikku ristamist.

Tera valmimisel läbib kaer samad küpsusfaasid mis nisugi.

Peale avapöörisega kaerte on veel niinimetatud lipp-pööriseg a ehk ungari kaeru, mis kuuluvad *Avena orientalis* Schreb. liiki. Lipp-pöörisega kaeral on pöörise harud püstised ning

ühekülgsed. Ohe pole alusel keerdunud, vaid ainult veidi kõverdunud. Lipp-pöörisega kaerte sordid on tundlikud külma suhtes ning ei ole meil levinud, samuti nagu paljad kaerad ja talivormidki.

Metsikult kasvavate kaerte hulka kuulub t u u l e k a e r (*Avena fatua* L.), üks halvemaid umbrohte, mida esineb meie maa kaerapõldudel lõunaosas, Siberis ja Uraalis. Teda iseloomustavad järgmised tunnused. Pööris on avapööris, horisontaalsete harudega.



Joonis 248.

I — r i i s (*Oryza sativa*): 1 — pööris; 2 — pähik; 3 — õis; 4 — lible; 5 — tera; II — h a r i l i k h i r s s (*Panicum miliaceum*): 1 — kompaktse pöörisega; 2 — avapöörisega.

Iga õie all on pähiku karvasel peateljel liigestus; see murdub kergesti, mistõttu teral on alusel munajas lohk, mida nimetatakse «h o b u r a u a k s». Välissõklad on tipul kaheks hargnenud, pruunikad ja läikivad, sageli kattunud kollakate karedate karvadega. Pähikud on kolmeõielised; igal õiel on kare kaardunud ohe, mis on tähelepandav oma keerdude poolest ning võime poolest niiske ilmaga keerdudest lahti rulluda.

Tuulekaera teris on kidur, kilejas, karvastunud. Kaerapõld, mis on umbrohustunud tuulekaeraga, annab viletsa saagi. Kui ka kaer ise on kidur, on tuulekaera terist hariliku kaera terisest raske eraldada.

M u s t k a e r (*Avena strigosa* Schreb.) on ühekülgsete pööristega, kaheõieliste pähikutega, kaheks hargnenud sõkaldega. Metsikult kasvab lõunas ka *h a b e j a s k a e r (*Avena barbata* Brot.) ja

*lõunakaer (*Avena Ludoviciana* Dur.). Tuulekaeral on omadus anda hariliku kaeraga hübriide. See kõik kõneleb sellest, et harilik kaer võis areneda ühest metsikult kasvavast kaerast.

*Harilik hirss (*Panicum miliaceum* L.) ja *riis (*Oryza sativa* L.) (joonis 248) on samuti pööriskõrrelised.



Joonis 249.
I — valge kastehein (*Agrostis alba*); II — aasnurmikas (*Poa pratensis*): *a* — nurmika pähik, *b* — õis (suurendatult).

Riis on üheaastane pööriskõrreline (joonis 248, I). Teistest kõrrelistest erinevalt on riisi õies 6 tolmukat. Teda kasvatatakse peamiselt Lõuna- ja Ida-Aasias, Põhja-Aafrikas, Ameerika palavkliima osades ja viimastel aastatel ikka laiemalt ja laiemalt ka NSV Liidu lõunaosas. Riisi kultuur on seotud maaniisutamisega ning kõige sagedamini kasvatatakse teda üleujutatavatel aladel. Riisi kasutatakse toiduks, aga ka tärklise, puudri ja piirituse tootmiseks, riisiõied aga lähevad parimate paberisortide valmistamiseks. Pool maakera elanikkonnast toitub riisist.

Pööriskõrrelistest on headeks rohumaataimedeks järgmised.

Valge kastehein (*Agrostis alba* L.) (joonis 249, I) on mitmeaastane alushein roomavate võsunditega, mis annab sobivais arenemistingimustes niisketel viljakatel pinnastel hea kvaliteediga sööta. Teda hinnatakse alusheinana, mis paljuneb kiiresti ja moodustab pideva heinkamara. Taime tunnused on järgmised: pähikud

on üheõielised, raolised, üksikud, punakad või rohekad. Pöörise harud hargnevad tugevasti, sõklad on ohtetud ning alusel karvadeta. Pööris on õitsemise ajal laiuv, enne ja pärast õitsemist kokku tõmbunud; tema harud on karedad, eemaldunud terava nurga all. Kõrs ja lehetuped on siledad. Lehed on lamedad, pika teritunud keelekesega. Libled on piklikud, teravad, karedad. Alumine sõkal on kahehambaline, ohtega või ilma selleta.



Joonis 250.

I — harilik aruhein (*Festuca pratensis*); II — ohtetu luste (*Bromus inermis*): 1 — taime üldkuju; 2 — õitsev pähik; 3, 4 — puhkenud õis; lustel on sulgjad emakasuudmed laiali.

Eelmisega sarnaneb harilik kastehein (*Agrostis vulgaris* With.). Ta on lühikese tõmpunud keelekesega, siledate pööriseharudega, avapöörisega pärast õitsemist.

Aasnurmikas (*Poa pratensis* L.) (joonis 249, II) on mitmeaastane võsundiline alushein, mis annab arvukaid võrseid ja pideva heinkamara. Suurima saagi annab ta teisel või kolmandal aastal. Rikkalikku ädalat ei anna. Rohumaadel on ta asendamatuks alusheinaks niihästi mahlakuselt, toitvuselt kui ka saagirikkuselt. Koristamisega ei tohi aga hilineda. Aasnurmika iseloomustavad tunnused on järgmised: pööris on püramiidjas, väikeste munajate rohekate või violetsete 3—5-õieliste pähikutega, millede järgi teda on kerge eraldada üheõielistest kasteheintest, millede pähikud on

veel väiksemad. Libled on pähikuist lühemad; pähikud asetsevad üksikult arvukatel harudel. Sõkaldel puuduvad ohted; sõklad on varustatud pikkade siidjate karvadega. Kõrred on sirged, siledad nagu lehtede tupedki. Keeleke on lühike, tõmpunud. Lehelabad on üsna kitsad, karedad.

Aasnurmikaga sarnaneb harilik nurmikas (*Poa trivialis* L.) ja soonurmikas (*Poa serotina* Ehrh.).



Joonis 251.

I — kerahein (*Dactylis glomerata*); II — kõrge raihein (*Arrhenatherum elatius*); III — luha-kastevars (*Deschampsia caespitosa*).

Suure tähtsusega on rohumaadel aruheinad (*Festuca*) (joonis 250), lusted (*Bromus*), kerahein (*Dactylis glomerata* L.) (joonis 251, I), kõrge raihein (*Arrhenatherum elatius* M. et K.) (joonis 251, II). Rohumaadel kasvab ka luha-kastevars — pööriskõrreline, mis umbrohustab rohumaid.

Luha-kastevars (*Deschampsia caespitosa* P. B.) (joonis 251, III) on niisketel rohumaadel tavalisim mitmeaastane kõrge kõrreline, mis mõnikord katab täiesti rohumaa ning annab sellele oma lehvivate pööristega läikiva punakas-violetse värvingu. Taimel on teatav sarnasus kasteheintega, kuid ta erineb neist väksemate pähikute poolest, milledel on 2 õit; viimased on varustatud peenikese ohtega, mis väljub sõkla aluselt. Õieraod on sirged. Lehed on kitsad, lamedad, pungasetuses rullunud, teravkaredate roodudega; keeleke on piklik. Pöörised on enne õitsemist longus, kokku tõmbunud, ühekülgsed, õitsemise ajal aga kaharad.

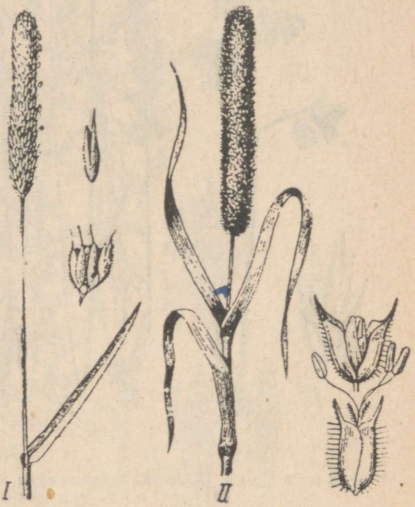
Luha-kastevars kuulub halvemate kõrreliste hulka, mis umbrohustab meie rohumaid. Kariloomad söövad luha-kastevart ainult

siis, kui taimed on veel noored. Peale selle, et ta tõrjub välja teised paremad kõrrelised, moodustab ta mättaid, mis segavad heinakoristamist.

Pööriskõrrelistest esinevad viljapõldudel kahjulike umbrohtudena rukkiluste (*Bromus secalinus* L.), põldluste (*Bromus arvensis* L.), rukki-kastehein (*Apera spica venti* P. B.) (joonis 252). Viimane neist on üheaastane talikõrreline, 30—100 sm kõrge; ta on väga levinud rukkipõldudel, eriti liivastel muldadel,



Joonis 252. Rukki-kastehein (*Apera spica venti*).



Joonis 253. I — aas-rebasesaba (*Alopecurus pratensis*); II — harilik timut (*Phleum pratense*).

metsavööndis. Esineb ka prahipaikadel. Õitseb suve teisel poolel. Rukki-kasteheina on kerge tunda suurte laiuvate, udejate pööriste järgi. Kiudjatest juurtest tärkavad mitu alusel põlvjalt kõverdunud sirget kõrt. Lehed on pungasetuses rullunud, lamedad, karedad, kitsad, pikliku käristunud keelekesega. Pähikud on rohelised; alumisel sõklal on tipus peenike pikk ohe. Sellised ohted annavadki õisikule karvastunud ilme. Pähikud on üheõielised, teise õie algmega. Peenikesed terised satuvad rukki teradesse, kuid neid on viimastest kerge eraldada. Rukki-kastehein on mahajäänud põllumajanduse tüüpiline kaaslane.

Pöörispäised kõrrelised on sellised, mille pöörisja õisiku kõik pähikud on asetunud tihedalt pearao ümber.

Väärtuslikumaiks söödataimedeks on rebasesaba ja timut.

Aas-rebasesaba (*Alopecurus pratensis* L.) (joonis 253, I) on tavaline mitmeaastane taim luhtadel ja teda esineb kõikjal. Ta on võsundiline pealishein, mis kasvab ruttu ja õitseb harilikult kohe maarjaheina (*Anthoxanthum odoratum* L.) järel, olles seega esimesi õitsvaid kõrrelisi. Aas-rebasesaba annab pärast niitmist hea ädala ning jõuab õitseda veel teist kordagi. Suurima heinasaagi annab ta teisel-kolmandal aastal. Tema eluiga on üle 10 aasta. Aas-rebasesaba on heina hulgalt ja omadustelt parimaid heintaimi. Tema tunnused on järgmised. Kõrred on kõrged, püstised, alusel põlvjalt kõverdunud, lehistunud, siledad. Lehed on paljad, lehelaba alt läikiv; keeleke lühike, tömpunud. Pöörispea on jäme, silindriline, ülemises otsas veidi peenenev, pehme; koosneb üheõielistest pähikutest. Pähik koosneb kahest karvastunud liblest, mis on kokku kasvanud peaaegu keskkohani. Ainsa sõkla selja keskosast allpool väljub ohe, mis ületab kahekordselt pähiku pikkuse. Õitsemise ajal on pähikud rohelised, kuid pärast õitsemist valkjad. Emakasuudmed on pikad, emakakaelad alusel kokku kasvanud, tolmukapead kollased.

Harilik timut (*Phleum pratense* L.) (joonis 253, II) on mitmeaastane pealishein, kõige tavalisem meie rohumaadel. Söödaväärtuselt jääb timut küll veidi maha aas-rebasesabast, sest ta kõrred muutuvad ruttu koredaks ja kõvaks, kuid siiski kuulub timut parimate kõrreliste hulka. Tema iseloomulikumad tunnused, mille järgi teda on kerge eraldada aas-rebasesabast, on järgmised. Pöörispea on ühetasaselt silinderjas, harjataoline, tömp, õitsemise ajal violetsete tolmukapeadega kattunud, harilikult aga roheline; libled ei kasva üksteisega kokku, on tipus järsult pikenenud lühikeseks ohteks. Liblede andur on kattunud ripsjate karvadega. Pähikud on üheõielised. Sõklad on libledest poole võrra lühemad. Kõrred on püstised, 30—100 sm kõrged, alusel põlvjad. Juurikad on lühikesed, juured tihedad, tungivad sügavale mulda. Lehed on teravkaredad, helerohelised; keeleke pikk, teravahambuline. Hariliku timuti õitsemine algab 3—4 nädalat aas-rebasesabast hiljem. Talvekindlus on suur. Suurima saagi annab timut teisel ja kolmandal eluaastal ning ta iga kestab 6—7 aastat. Harilik timut pole mitte üksnes rohumaa-, vaid ka põllukõrreline.

NSV Liidu põllunduses on timutil ristiku kõrval tähtis koht. Hariliku timuti seemned valmivad isegi polaarjoonel.

Põllu-umbrohtudeks on kukeleivad. Vesihaljas kukeleib (*Setaria glauca* P. B.) (joonis 254) on üheaastane pöörispäine kõrreline, mis kasvab suviviljapõldudel, rühvelkultuurides, aga ka aedades. Eriti kannatab hirss kukeleivast, mille oras on väga sarnane hirsi orasega. Juurestik levib mullas kuni 1,5 m sügavuseni ja annab suure hulga narmasjuuri. Muld, kus kasvab vesihaljast kukeleiba, kuivab tugevasti. Vesihalja kukeleiva botaanilised tunnused on järgmised. Kõrred on põlvjalt kõverdunud; lehed lineaalsed, pehmed, kuid karedad, kui näppude vahel tipult aluse poole läbi tõmmata; lehtede keeleke on lühike, karvastunud; tuped on paljad. Pähikud pöörispeas on väikesed, nende alusel on harjaskarvad, mis ulatuvad pähikute tagant välja. Pöörispea on tihe, silinderjas. Liblesid on pähikus 3, tolmukaid õies 3; emakasuudmed on sulgjad.



Joonis 254.
I — vesihaljas kukeleib *(Setaria glauca)*: 1 — taime üldkuju; 2 — teris;
II — kukehirss *(Echinochloa crus galli)*.



Joonis 255. Sõrmrohi *(Cynodon dactylon)*:
1 — taime üldkuju; 2 — üksik pähik; 3 — pea.

Kogu taim on vesihaljas; pähikute küpsemisel muutuvad harjaskarvad kollakaspruuniks.

Roheline kukeleib (*Setaria viridis* P. B.) erineb eelmisest lehtede ja kõrte tugevama rohelise värvuse, pähikute roheliste harjaskarvade ja väiksemate pöörispeade poolest, libledel aga puuduvad põikkortsud.

Mõlemad kukeleivad kasvavad eriti niisketel aastatel. Mõnikord, kui nad kasvavad kõrrepõllul, niidetakse neid heinaks, kuid õigem on hävitada kukeleibu kohe viljakoristamise järel kõrrekoorimisega. Seemnevilja puhastamine on samuti üks võitlusvahendeid.

Samades kohtades kus kukeleivadki kasvab ka pööriskõrreline umbrohi kukehirss (*Echinochloa crus galli* L.) (joonis 254, II).

Mitte ühegi ülaltoodud rühma hulka ei kuulu oma õisikult sõrmrohi, mille pead hargnevad sõrmjalt; samuti erineb ka ühekojane mais.

*Sõrmrohi (*Cynodon dactylon* L.) on halb umbrohi, mida esineb NSV Liidu lõunaosas, Kaukaasias, Krimmis ja Kesk-Aasias, eriti niisutatavatel põldudel (joonis 255). Ta juurikas hargneb tugevasti ning on eriti vastupidav. Ta paljuneb ka arvukate teriste abil. Taime iseloomustavaks tunnuseks on sõrmjas õisik, mis koosneb harudest, millele kinnituvad pähikud, ja mis on koondunud kimbuna kõrre latva.

Mais (*Zea mays* L.) (joonis 256) on üheaastane taim. Idanemisel annab mais esiteks ühe juure, mis pikeneb ja hargneb. Pärast ilmuvad lisajuured. Kui idu väljub mullapinnale, siis tekivad esiteks maa-alustest, pärast aga maapealsetest sõlmedest lisajuurte männased.

Maisi kõrred pikenevad oma sõlmevahedest ning madalamad sordid kasvavad kuni 50 sm, kõrgemad sordid aga kuni 4,5 m kõrgeks. Sellist kõrte hiiglakasvu võib tähele panna vaid troopikamaades. Kõrs on alusel elliptiline, kuid ülal muutub ümmarguseks. Ta on täitunud põhiparenhüümiga ning kinniste juhtkimpudega. Väljastpoolt on ta ümbritsetud mehaanilise koega, klorofülli sisaldava koega, epidermisega ja kutiikulaga. Maisil on mõnikord püüe võrsuda ja hargneda, millist omadust tuleb pidada soodsaks silomaterjali kasvatamisel, sest see suurendab haljasmassi saaki. Maisi lehed on lineaalsed ja süstjad, rööp- ja kaarroodsed, suured, mõnikord kuni 1 m pikad ja 5—15 sm laiad, teravalt eralduva keskmise rooga ning laineliste äärtega. Lehelaba on alumisel küljel paljas, ülemisel veidi karvane, ripsjate servadega. Lehetupp on lahtine, üksteisele asetunud leheservadega. Keeleke on lühike, tömpunud. Lehtede arv on vastavalt sõlmevahedele 12 kuni 18; lehed asetsevad kõrrel vahelduvalt.

Mais õitseb 40—50 päeva pärast külvi. Selleks ajaks arenevad tal lehtede kaenlas emasõied, mis on koondunud tõlvikuks, kõrre ladvas aga ilmub isasõite laiuv pööris. Mais on ühekojane taim, mis risttolmleb tuule abil. Maisi isasõied asetsevad pähikutes. 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, millede vahel on kaks õit; viimastest on igaüks ümbritsetud kahe sõklaga, mis sisaldavad 3 tolmukat kollaste tolmukapeadega. Kaks paislaju võimaldavad õie avamist õitsemise ajal. Tolmukate arv kogu õisikus tõuseb



Joonis 256. Mais *(Zea mays)*:
A — maisi isaspõõris; B — tõlvik lehetupes; sellest ripnevad alla niidid — emakasuudmed; C — mõlemad õisikud ühel ja samal taimel — mais on ühekojane taim; D — pähik isasõitega; E — emasõis; F — valminud tõlvik.

kuni 7 tuhandeni, kuivade ja kergete tolmuterade arvu aga arvestatakse kümnete miljonitega.

Õitsemise momendil väljuvad avanenud sõkalde vahelt kiiresti kollased tolmukapead ja ripnevad alla pikkade niitide otsas. Samal momendil lõhkevad tolmukapead, tuul haarab tolmuterad ja kannab nad laiali. Kui naabereksemplaridel selleks ajaks on valminud õitsemiseks ematõlvik, siis langevad tolmuterad rohkearvuliselt karvastunud emakasuudmetele ning toimub risttolmlemine. Harilikult siis, kui isasõisik on õitsenud, väljuvad tõlvikutest niiditaolised emakasuudmed. Nende tolmlemine toimub naabereksemplaride tolmuteradega.

Tõlvik on varre lühivõsu, mis areneb lehekaenlas. Neid areneb ühel kõrrel ühest kuni kolmeni ja nende pikkus kõigub 5—42 sm-ni. Emasõied asetsevad paarisridadena lihaka pearao ümber. Tõlviku telje alumisel osal, millega ta kinnitub kõrre külge, on tublisti lühenenud sõlmevahed ja sõlmed, milledest väljuvad arvukad kattelehed, mis ümbritsevad õrna tõlvikut. Kattelehed koosnevad ainult tuppedest, kuna nende labad jäävad arenematuks. Emasõite sigimikud on oma alumise osaga vajunud tõlviku telje pehmesse koesse, iga sigimiku tipust aga väljub pikk valge emakakael, mis lõpeb karvase suudmega. Emakakaela ja suudme osad, mis ilmuvad õitsemisel tõlvikust, on kattunud väikeste karvadega ja mõnikord antotsüaanist roosaks värvunud. Emasõite sigimike alusel võib märgata teist atrofeerunud õit valkja kestana. Peale selle on veel nähtavad sõklad ja libled, mis aga ei ole kuigi tähtsad tõlvikule, sest kaitseülesannet täidavad täielikult kattelehed.

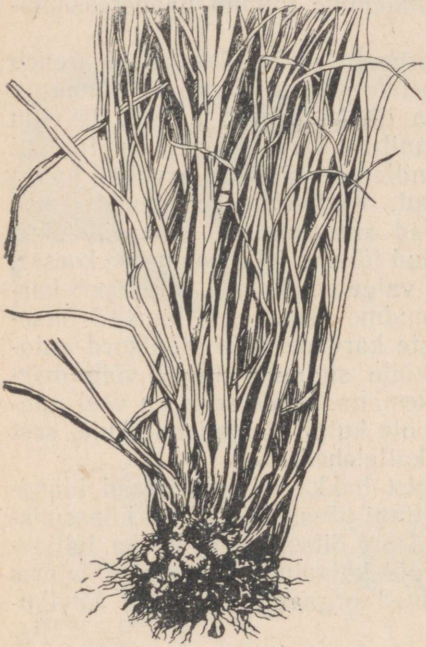
Pärast emakasuudmete tolmlemist hakkavad tolmuterad idanema ja viljastumine toimub 26—28 tunni pärast. Tõlvikute küpsemisprotsess kestab ligi kaks kuud. Pärast õitsemist ei kasva haljasmass enam märgatavalt, toimub vaid kuivainete jaotumine taimes endas. Lehtedest ja kõrtest siirduvad orgaanilised ained tõlvikutesse.

Maisi kultiveeritakse teraviljana ja ka silotaimena. Maisi kasutamine on mitmesugune — temast saadakse kuni 150 eri liiki produkte.

41. sugukond: lõikheinalised *(Cyperaceae)*

Lõikheinalised on rohttaimed, mis kuuluvad kõrrelistega samasse libleõieliste seltsi. Neid võib kergesti segi ajada kõrrelistega, mispärast tuleb teada nende iseloomustavaid tunnuseid. Lõikheinalistel on enamasti kolmekandilised varred ilma jämendusteta sõlmedes, lineaalsete, süstjate või naaskeljate lehtedega, millede tuped on suletud ning puudub keeleke. Lehed vahelduvad kolmel varre küljel. Lehtede servad on teravalt karedad. Õied on kas ühe- või kahesugulised, koondunud pähikuteks, mis asetsevad omakorda kas pööristes, nuttides, peades või sarikjates õisikutes. Õied on väikesed, ilmetud, tuultolmlevad. Õitel puudub õiekate, selle ase-

mel aga on üks või kaks soomust, milledes peituvad andrõtseum ja günetseum. Sisemist soomust, milles on sigimik, nimetatakse põisikuks. Päris õiekate muundub mõnikord harjasteks ja karvadeks. Tolmukaid on 3. Emakaid on üks, kolme või kahe niiditaolise suudmega, mis on alusel kokku kasvanud. Risttolmlemine toimub tuule abil, sest tolmukapead avanevad harilikult vaid pärast seda, kui suudmed on juba kuivanud. Vili on pähklike, mida tarnadel ümbritseb põisik.



Joonis 257. Maamandel *(Cyperus esculentus)*: juurtel on näha õlirikkaid mugulaid.

Varte ja lehtede karedus oleneb rikkalikust ränist, millega need taimed on läbi imbunud ja mis muudab need söödana kas täiesti kasutamiskõlbmatuks või osaliselt kasutatavateks — teiste paremate söötade puudumisel. Tarnade karedus ja teravus põhjustab loomade seedetrakti limanaha ärritust ja isegi põletikku. Peale selle annavad tarnad, nagu teisedki lõikheinalised terava maitse piimale ja halvad omadused võile. Arvukatest tarna liikidest söövad kariloomad paremini saledat tarna (*Carex gracilis* Curt.) ja *vesitarna (*Carex aquatica* Wahlenb.).

NSV Liidus määratu suured maa-alad, kus levivad seni niidud ja karjamaad lõikheinalistega ja teiste väheväärtuslike rohttaimedega (jusshein, osjad jne.), muudetakse mitmesuguste melioratsioonitööde — kuivendamise, lupjamise, kultuurheintaimede külvamise jne. teel plaani kohaselt kultuurrohumaadeks.

Lõikheinaliste hulka kuuluvad perekonnad: tarnad *(Carex)*, villpead *(Eriophorum)*, kõrkjad *(Scirpus)* jt. Lõikheinte ehk tahukpeade *(Cyperus)* hulka kuulub ka *maamandel (*Cyperus esculentus* L.) — õlitaim, mille juurtel on õlirikkad mugulad. Teda kasvatatakse tulutoova kultuurina, mis annab väärtuslikku ja toitvat produkti (joonis 257).

Lõikheinaliste liikide üldarv tõuseb 2600-ni.

Tarnade perekond jagatakse kolme rühma: ühepähikulised tarnad, näiteks kahekojane tarn (*Carex dioica* L.); sarnaspähikulised tarnad, näiteks rebastarn *(C. vul-*



Joonis 258.

A — liivtarn *(Carex arenaria)*: 1 — juurikas, vars ja õisik; 2 — isasõis; 3 — emasõis; 4 — emakasuue; 5 — õiekate; 6, 7 — karvase tarna *(C. hirta)* isas- ja emasõis; B — villpea *(Eriophorum)*.

pina L.), jänestarn (*C. leporina* L.), ja eripähikulised tarnad, näiteks harilik tarn (*C. vulgaris* Fr.), metstarn (*C. silvatica* Huds.), karvane tarn (*C. hirta* L.).

Tarnad, mis kasvavad liivikutel, on kasulikud, sest nad aitavad kinnitada liikuvat liiva, näiteks *maokas tarn (*Carex physodes* M. B.), mis kasvab Kesk-Aasias kõrbetes, ja kõikjal kaldaliivadel levinud mitmeaastane liivtarn (*C. arenaria* L.) (joonis 258, A). Viimasel on soomusjate lehtedega kattunud tugevasti arenenud risoomid. Need annavad nii lühikesi juuri, mis põimivad liiva, kui ka pikki, mis tungivad põhjavee suunas sügavasse mulda. Vars on karedate, renjate lehtedega, mis asetsevad kolmekandilise varre kolmel küljel. Ülemised pähikud sisaldavad isasõisi, alumised emasõisi, keskmised aga niihästi isas- kui ka emasõisi. Varre latva kuhjunud pähikute arv kõigub 6—16-ni. Pähikud on ümbritsetud teritunud kattelehtedega, õied aga pruunide libledega.

Tupp-villpeal (*Eriophorum vaginatum* L.) (joonis 258, B) ja teistel liikidel koosneb õiekate arvukatest sirgetest karvakestest, mis pikenevad tublisti pärast õitsemist ja moodustavad pähikul karvatuti. Sattudes heina umbrohustavad villpea karvad selle ning kogunedes loomade seedeelundeis pulsti, vaevavad nad kariloomi.

42. sugukond: käpalised *(Orchidaceae)*

See sugukond hõlmab kuni 17 000 liiki, milledest suurem osa levib troopikamaades. Paljud liigid kasvavad seal epifüütidena, s. o. taimedena, mis kinnituvad puude koorele. Neil on suured toredad kummalise kujuga õied ning neid tolmeldavad mitte üksnes putukad, vaid ka väikesed linnud (kolibrid). Euroopas kasvavad käpalised on maapealsed taimed. Neid esineb niitudel ja metsades. Käpaliste omapäraste organitega tutvume käppade kirjeldamisel.



Joonis 259. Laialehine käpp *(Orchis latifolia)*:
1 — taime üldkuju; 2 — talvitunud mugul; 3 — õis; 4 — kumalane õiel; 5 — kumalane kahe kleepunud pollinaariumiga; 6 — pollinaarium; 7 — vili; 8 — seeme (Schmeili järgi).

1. Laialehine käpp (*Orchis latifolia* L.) (joonis 259) on käppade rühma esindajaks. Käpad on bioloogiliselt huvitavad taimed. Need taimed kasvavad niisketel niitudel. Kevadel tärkab mugulast maapinnale roheline võsu. Mugul on rikas toitvate ainete varudest (tärklisest ja toitvast limast). Ta kuju on lapik, käpjalt viielõhene. Käpa mugulatest saadakse ravimainet — saalepit. Vana mugula asemele kasvab noor, mis kujuneb suve jooksul täiesti välja ja täitub varudega. Õitsev vars kannab viit piklik-süstjat lehte, mis järk-järgult vähenevad, muutudes ülal kattelehtedeks. Lehtede ülemisel pinnal on punakaspruunid laigud. Taim pole kaitstud vee kadumise eest auramise teel, sest tal pole karvakesi. Käppade väikesearvulised juured on ümbritsetud mükoriisadega, mis soodustavad taimede toitumist. Käppade tolmlemine toimub putukate (kumalaste) abil. Lillakas-punased õied on koondunud peaks. Alumine sigimik on keerdunud oma telje ümber, täites ühtlasi ka õierao ülesandeid. Õiekate koosneb kuuest eredavärvilisest kroonlehest, milledest kolm asetseb väljas-, kolm seespool. Kolm õiekatte lehekest on koondunud kiivrina, kattes õie sisemisi osi vihma eest. Kaks teist kroonlehte kõrguvad ülespoole, kuues aga moodustab alumise huule kolme verevatäpilise hõlmaga, mis on «istumispaigaks» putukatele. Kiiver ja alumine huul kasvavad kokku laiaks putkeks, toruks, lõppedes kannusega; putke seintes leidub mesimahla. Kannuse ava kohal, sigimiku lühikese jätke, niinimetatud sambakese kohal asetseb läikiv emakasuue, kuna selle kõrval, erilistes taskukestes asetsevad õietolmu massid, pollinaariumid, mis on varustatud jätkega ja lõpevad kleepuva kettaga (kleepjalaga). Mõlemad pollinaariumid on kujunenud ühestainsast tolmukast, mis on tublisti muutunud.

Enne tolmlemist ja pärast seda asetseb õis sigimiku keerdumise tõttu selliselt, et ta alumine huul on suunatud üles ega ole tolmlemiseks juurdepääsetav. Õitsemise ajal pöördub õis keerdunud sigimiku abil 180° ja siis on ta alumine huul pöördunud allapoole. Sel ajal kumalane, kes istub alumisel huulel, juhib oma noka kannusesse, puudutab seejuures peaga kleepjalgu, mis kleepuvad ta pea külge. Samal momendil, kui kumalane oma noka kannusest välja tõmbab, vabastuvad pollinaariumid taskukestest ja jäävad kumalase pea külge kahe sar-

vekesena, mis algul on suunatud tahapoole, lennu ajal aga sirguvad kuivades ja suunduvad ettepoole. Teise taime õie külastamisel puudutab kumalane pollinaariumidega emakasuuet ja risttolmeldab teise õie. Õiest võib pollinaariumi lähemaks vaatlemiseks peenikese teritatud pulgakese abil kunstlikult välja võtta. Sigimik on käpal kolmepesane, suure hulga seemnealgmetega, mis muunduvad tolmpeenikesteks seemneteks, mida tuul laiali kannab.

Niisketel niitudel võime kohata põõsaste vahel ka teisi käppade liike. Seal kasvavad näiteks:

2. Kuradikäpp (*Orchis maculata* L.) — liik, mis on sarnane eelmisega, kuid tal on rohkem kui kuus pruunide laikudega lehte.

3. Hall käpp (*Orchis militaris* L.) on jagamatute mugulatega ja lehtedel puuduvad tumedad laigud.

4. Kahelehene käokeel (*Platanthera bifolia* Rchb.) kasvab varjulistes kohtades ning tal on valged õied, mis öösel tugevasti lõhnavad. Ta tolmleb ööliblikate kaastegevusel.

5. Kuldking (*Cypripedium calceolus* L.) on ilusamaid meil esinevaid käpalisi. Kasvab varjurikastes metsades.

Käpaliste mugulatest toodetakse saalepipulbrit, mida kasutatakse arsiteaduses limaste keediste valmistamiseks katva vahendina seedeorgnite haavade, samuti katarride ja teravate mürgituste puhul. Peale selle on käpalised, eriti troopilised epifüüdid, kasutatavad iluaianduses. Söödataimedena käpalistel väärtust ei ole ja mõned neist on isegi mürgised.

Meie poolt tundmaõpitud taimed on vaid tähtsusetu osa maakeral esinevast liikide lõpmatust mitmekesisusest. Me peatusime pikemalt neil taimedel, mis ümbritsevad meid iga päev, ja püüdsime eraldada neist ainult neid, milledel on suurim tähtsus põllumajanduses. Pöörasime tähelepanu ka umbrohtudele, mürgistele ja parasiittaimedele.

Peale meie poolt kirjeldatud sugukondade on tuntud veel palju teisi, milledesse kuuluvad mitmesugused puud, põõsad ja rohttaimed, milledel on sageli suur tähtsus.

Taimede tundmaõppimine näitab, et nüüdisaegne taimeriik on väga rikas ja mitmekesine. Nüüdisaegsed taimed (samuti nagu loomadki) on vaid üks aste elu arenemise kestvast protsessist, taimsete (ja loomsete) organismide täiustumisprotsessist, mis toimub looduslike tegurite — muutlikkuse, pärilikkuse ja loodusliku valiku, aga ka inimese otsese või kaudse mõju toimel.

XI PEATÜKK

TAIMEGEOGRAAFIA

I. TAIMEGEOGRAAFIA ELEMENDID

Botaanika osa, mis uurib taimkonna koostist ja levikut maakera mitmesugustes tsoonides ja vööndites, nimetatakse taimegeograafiaks. Maakera kõikide taimesugukondade ja -liikide kogum moodustab tema floora ehk taimestiku. Oskussõna «floora» kasutatakse ka kitsamas mõttes, kui kõneldakse mõne teatava territoo-

riumi või riigi taimeliikide kogumist. Näiteks ilmub praegu trükist «NSV Liidu floora» (mitmeköiteline määraja), milles kirjeldatakse taimeliike, mis esinevad meie kodumaa laialdasel territooriumil. Taimegeograafias uuritakse taimkatte jagunemise seaduspärasust maakera territooriumidel, samuti ka areaale, s. o. üksikute liikide leviku rajoone. Peale selle uuritakse taimegeograafias praegusaja taimkatte leviku ajaloolisi põhjusi ühenduses kliima ja maakoore muutustega.

Käesolevas kursuses vaatleme ainult taimeökoloogia küsimusi, anname taimekoosluste mõiste ja peatume NSV Liidu taimkonna vööndite1.

1. Taimeökoloogia

Praegu omab suurt tähtsust ökoloogia[1], s. o. teadus, mis uurib taimede ja ümbritseva keskkonna vahelisi suhteid, sest meie ees seisab looduse ümberkujundamise ja taimeressursside laialdase ärakasutamise ülesanne. Ümbritseva keskkonnana mõeldakse kõiki tegureid või tingimusi, mis ümbritsevad kasvavaid taimi ja mõjutavad nende elu. Otseselt mõjutavad vesi, valgus, temperatuur, muld, õhk; kaudselt mõjutavad maakoha reljeef, ümbritsev taimestik, loomariik, inimese tegevus.

Taimed kasvavad ja arenevad mitte mõne üksiku eluteguri, vaid nende kõikide ühisel mõjutusel. Elu kestel muutuvad taime ümbritsevad tingimused ja neist muutustest oleneb ka taime olemasolu.

Taimede elu põhitingimused on (V. R. Viljamsi järgi) järgmised: toit, vesi, valgus ja soojus. Taim võib kasvada ja areneda hästi ainult nende tingimuste kõige soodsama kombinatsiooni puhul tema elu mitmesugustel perioodidel. Toiduna mõeldakse käesoleval juhul õhu süsihappegaasi, samuti ka lämmastikku, väävlit, fosforit, kaalit, kaltsiumi, magneesiumi ja rauda, s. o. aineid, mida saadakse mullast. Taim vajab veel minimaalsel määral ka teisi elemente, näiteks boori, mangaani, tsinki, vaske, ilma milleta ta ei saa hästi kasvada ja areneda. Kõigi elutingimuste tähtsusest kõneleme üksikasjalikumalt füsioloogia kursuses (III osa). Siin näitame ainult, et kõik *taimede elutingimused on samaväärsed ja asendamatud.* Kui taimel puudub kas või üks elutingimustest, siis ei saa ta areneda normaalselt, kuigi ta oleks tagatud täiesti küllaldaselt kõikide teistega. Peatume lühidalt taime mõnede elutingimuste tähtsusel.

Vesi kuulub taime elavate osade koostisse. Kuivad seemned, kuivad viljad sisaldavad 8—14% vett, lihakates taimeosades aga on seda 80—90%. Veeta ei ole elu. Vett on taime tähtsamate osade koostises — protoplasmas, tuumades, plastiidides. Vee olemasolul rakumahlas tekib rakkude turgor; mineraalsoolad tungivad taimesse vesilahustena; vee abil toimub ainete liikumine taimes. Vee

[1] Ökoloogia ehk oikoloogia, sõnast *«oikos»* — maja, majapidamine.

auramine (transpiratsioon) etendab taime elus tähtsat osa. Vesi tungib taimesse mullastikust juurestiku kaudu, kuid osalt saavad lehed kondenseerida vett ka õhust. Kuivaine ühe osa moodustamiseks auravad kõrrelised välja 300—400 osa vett. Rajoonides, kus on palju sademeid (näiteks 1500—2500 mm aastas, nagu Musta mere rannikul Kaukaasias), areneb küllaldase soojuse ja valguse korral lokkav taimestik. Elu on võimalik ka sademete tähtsusetu hulga korral (100—120 mm) kuivades steppides, kuid seal areneb kehv taimestik, mis kaitseb end vee kaotuse eest mitmesuguste vahenditega.

Kuivade kohtade taimed varuvad endile sageli vett kevadisel perioodil vartesse või lehtedesse ja kasutavad seda siis pikkamööda palava suve kestel. Nende pind on kaitstud paksu kutiikulaga. Selliseid taimi (kukehari, mägisibul, kaktused, agaavid) nimetatakse sukulentideks (lihaktaimedeks). Vett ja toitainete varusid koguvad oma sibulatesse sibultaimed (tulbid, kuldtähed jt.), mis õitsevad külluses varakevadel, kuid siis kaovad ning säilivad maapinnas sibulatena järgmise suveni. Niisuguseid mitmeaastasi taimi nimetatakse efemeroididekseks nende eristamiseks efemeeridest — üheaastastest taimedest, mis paljunevad seemnete abil ja jõuavad areneda kevadises niiskuses lühikese aja jooksul.

Kasvamisvõime järgi mitmesugustes niiskustingimustes jaotatakse taimed kserofüütideks, mesofüütideks, hügrofüütideks ja hüdrofüütideks.

Kserofüüdid (kuivustaimed) on kuivade kohtade taimed. Neil on hästi arenenud kohastumisvahendid, mis takistavad vee auramist ja taimede ülesoojenemist. Sellisteks kohastumisvahenditeks on mitmesuguse kujuga karvad epidermisel, sügavamal asetsevad õhulõhed, näärekarvad, mis eritavad eeterlikke õlisid ja vaikaineid, paks kutiikula, vahakirme. Peale selle on neil tugevamini arenenud lehe sammasparenhüüm, õhulõhesid on pinnaüksuse kohta suurem arv ja palju tihedamalt on arenenud vett juhtivate soonte võrk. Kserofüütide leherakud erinevad oma väiksuse ja kloroplastide rohkuse poolest. Edasi on kuivade kohtade taimedel sageli lehed väga väikesed. Mõnikord puuduvad lehed koguni või muunduvad astlaiks — siis täidab lehtede ülesannet roheline vars. Paljudel kserofüütidel on kaitsevahendiks liigse auramise vastu võime lehti toruks kokku rullida. Peale nende kohastumisvahendite on kserofüütidel rakud kõrge osmootse rõhuga, mis tõuseb mõnikord 100 atmosfäärini ja rohkemgi, olles võimelised energiliselt imema ja säilitama vett.

Hügrofüütidel (niiskustaimedel) on vastupidised omadused ja seepärast ei suuda nad võidelda põuaga. Osmootne rõhk nende rakkudes ei ületa 8—10 atmosfääri. Nende epidermisel puuduvad karvad või need on nõrgalt arenenud; samuti on nõrgalt arenenud ka kutiikula. Lehed on neil suured, õhulõhed on lehe mõlemal küljel ja sageli esinevad veelõhed. Juured on harilikult nõrgalt arenenud. Hügrofüütide hulka kuuluvad võhalised, lõik-

heinalised, loalised, begoonia, mitmed tulikalised — üldse niiskete kohtade taimed.

Mesofüüdid on vahepealseteks kserofüütide ja hügrofüütide vahel. Need on taimed, mis kasvavad küllaldases niiskuses. Nende rakkude osmootne rõhk tõuseb 11—15 atmosfäärini. Mesofüütide hulka kuulub suurem osa põllumajanduslikke kultuure — põllu-, köögi- ja puuvilju, samuti enamik rohumaa- ja metsataimi. Mesofüütidel on kalduvus ajutiselt närtsida, kuid nad suudavad siiski võidelda vee ajutise puudumise vastu.

Hüdrofüüdid (veetaimed) kasvavad kas täiesti vees või neil on veepealsed ja veealused osad, mis erinevad oma kujult ja ehituselt (kõõlusleht, vesitulikas). Neil on hästi arenenud õhukude (aerenhüüm), lehed on paljad, epidermis õhuke, õhulõhed nõrgalt arenenud, rakkude osmootne rõhk on tähtsusetu. Veest väljavõtmise järel kuivavad nad ruttu.

Ülaltoodud taimerühmade näidetest näeme, et loodusliku valiku tulemusena vastavad taimed oma keha ehituselt neid ümbritseva keskkonna tingimustele.

Valgus etendab roheliste taimede elus samuti nagu vesigi eriti tähtsat osa. Fotosünteesi protsess, s. o. suhkru ja primaarse tärklise tekkimine, toimub valguses. Valgus vormib taimorganismi. Igaüks on näinud laiaharulist võra männil, mis on arenenud lagedal, rohkes valguses, ja paljast oksteta tüve väikese võraga ladvas sellel männil, mis on kasvanud tihedas metsas valguse puuduses. Suur valguse puudus põhjustab taimede etioolumist: vars venib välja, lehed ei arene hästi, ei teki klorofülli, taimed jäävad kahvatuks. Valguse puuduse tulemuseks on sagedasti mehaanilise koe puudulik arenemine ja taimede lamandumine, näiteks teraviljadel. Valguse vähesusel ei hakka taimed sagedasti õitsema ega kasvata vilju ja seemneid. Valgus on tarvilik, et taim saaks läbida oma arenemise valgusestaadiumi (sellest vt. pikemalt XVIII peatükis). Valgusetarbe järgi jaotatakse puud valguselembesteks (lehis, mänd, kask, saar, tamm) ja varjusallivateks (siberi nulg, pöök, vaher, valgepöök). Rohttaimedest kuuluvad esimeste hulka taimed, mis eelistavad avaraid kohti (rebashein, lutsern, vägihein, teeleht, salat), teiste hulka need, mis kasvavad hästi metsa varjus (samblad, sõnajalad, jänesekapsas, mailane, leseleht, piibeleht, ussilakk). Paljud nendest on täielikult varjulembesed ja võivad kasvada ainult metsa varjus; sattudes otsese päikese valguse kätte, näiteks raiesmikul, hakkavad nad kiratsema ja hukkuvad lõpuks.

Soojus on taimede elus sama tähtis nagu teisedki tingimused. Soojuse tõus põhjast lõuna suunas on tähtsaimaks põhjuseks, mis tingib taimkonna muutumise ja tema paigutuse vööndites. Samuti muutub temperatuurist sõltuvalt taimkond ka vertikaalsetel vööndites mägistel aladel. Iga taimeliigi jaoks on eristatav peale soodsaima ehk optimaalse temperatuuri veel temperatuuri miinimum ja maksimum, s. o. kõige madalam ja kõrgem temperatuur, milles taim võib veel areneda; need on tema elu piirjooned. Põhjamaade

ja kõrgmäestike taimed on paremini kohastunud madalatele temperatuuridele. Näiteks ulatuvad Verhojanski lähises madalad temperatuurid kuni —70°, isegi —76°-ni, kuid seal loendatakse kuni 200 taimeliiki, milledest enamik elab ületalve, s. o. talvitub.

Mõned taimed hakkavad kasvama temperatuuris, mis vaevalt ületab 0°. Näiteks ilmuvad varajased kevadtaimed — siniliilia (*Scilla*), seljarohud (*Mercurialis*), *soldanellad — otse sulava lume alt, teised aga, nagu krookused, ülased, lõokannused, kanakoole, nurmenukud ärkavad esimestel soojadel kevadpäevadel.

Taliviljad taluvad märksa madalamat temperatuuri kui 0°, lumetutel talvedel näiteks isegi —15° kuni —20°, kuid jõhvikas, pohl, merisalat, kirikakar, vesihein, metspipar isegi alla —40°. Paljud troopikataimed aga hävivad temperatuuri langemisel 0°-ni, vahel isegi +5° juures.

Maksimaalseid temperatuure üle 45—50°, isegi kuni 70° taluvad mõned vetikad ja bakterid, samal ajal kui suurem osa kõrgemaid taimi hukkub sellistes temperatuurides. Optimaalsed, s. o. soodsaimad temperatuurid on kõrgemad troopika- ja lähistroopikataimedel, märksa madalamad aga põhjapoolsetel ja kõrgmäestike taimedel. Üldse annab temperatuur antud koha floorale iseloomuliku ilme.

Muld, millel kasvavad taimed, mõjutab nende välimust, kõiki nende füsioloogilisi funktsioone. Mitmed alamad taimed — bakterid, seened, vetikad — elunevad mitte ainult mullapinnal, vaid tungivad ka selle pealmistesse kihtidesse. Samblikud on tihedas kokkupuutes mullastikuga risoidide abil; mitmed samblad elavad samuti mullapinnal, omades risoide, teised kõrgemad taimed aga puutuvad juurestiku abil tihedalt kokku mullaga. Mullast saavad nad vett ja mineraalsoolasid, mis on tarvilikud nende eluks. Mullabakterid ja seente hüüfid, mis ümbritsevad taimede juuri, on suure mõjuga kõrgemate taimede kasvule (näiteks, lämmastikusidujad mügarbakterid ja seente hüüfid, mis moodustavad juurte ümber tihedaid tuppesid — mükoriisasid, millest on üksikasjalikumalt juttu XIV peatükis, lk. 464 ja 477).

Mulla struktuurist, tema keemilisest koostisest, niikusemahutavusest ja veeläbilaskvusest, aga ka paljudest teistest omadustest sõltub taimede kasvamine ja arenemine. Inimene võib mõjutada neid omadusi ja luua tingimused, mis soodustavad taimede elu. Isegi viljatutel, struktuuritutel liivadel ja kaljudel eluneb taimi, mis on kohastunud nendele kasvukohtadele — need on taimed-pioneerid. Nad kinnitavad sõreda liiva oma juurtega või vastupidiselt — soodustavad kaljude murenemist, valmistades ette tingimusi teiste taimede ja ka loomade eluks. Taimkatte koostis erineb tunduvalt leetmullal, mustmullal, soomullal ja liival. Taimi, mis on kohastunud kasvamiseks soolakutel, nimetatakse h a l o f ü ü t i d e k s (soolakutaimedeks). Nad erinevad oma rakkude kõrge osmootse rõhu poolest, mis ületab sageli 100 atmosfääri. Kriidipaljanditel esineb samuti omapärane taimestik nagu lubjakatel pinnastelgi. Näiteks kasvab viimastel hästi *mägiaster, kuldkann ja põdrajuur, samal ajal

kui teised taimed — turbasammal, *ubapõõsas, mustikas ja kanarbik — ei talu lubjarikast mulda. Suure mõjuga on taimedele mulla happesus; näiteks võivad sellised taimed, nagu samblad, osjad, tarnad, load, jusshein jt., kasvada hapudel muldadel, milledel enamik taimi ei kasva.

Mullad ja taimed mõjutavad vastastikku üksteist.

Teistest teguritest taimede elus on tähtsad õhu, tuule ja loomariigi mõjutused.

Õhust võtavad taimed süsihappegaasi, mida sisaldab õhk enamvähem püsival määral (0,03%). Selle sisaldus suureneb mõningal määral sõnniku kõdunemisel mullas, ka lavades, mis mõjub taimedele soodsalt. Paljud taimed ei talu õhu reostamist söetolmu ja väävlisgaasiga. Samblikud näiteks ei arene suurte linnade läheduses. Halvasti kasvavad suurtes linnades ka okaspuud.

Kuivad ja väga kuivatavad tuuled — suhhoveid — hävitavad sageli taimi. Võitlus suhhoveide ja põua vastu stepi- ja metsastepivööndis toimub meie riigis õige mullaharimise, lume kinnipidamise ja niisutuse ning metsaistandike abil. Niisked soojad meretuuled toovad sademeid ja soodustavad taimede kasvamist. Tuul soodustab ka taimede tolmlemist ning levitab vilju ja seemneid.

Taimede elu on tihedas seoses loomade eluga. Loomad toituvad taimedest, loomad hingavad hapnikku, mida eritub fotosünteesiprotsessis. Paljud putukad ja parasiidid kahjustavad taimi, kuid mitmed putukad toovad ka kasu, tolmeldades õisi. Loomad levitavad vilju ja seemneid. Vastastikune seos taime- ja loomariigi vahel on väga mitmesugune.

Ühtede taimede mõju teistele on väga keerukas. Peatume lühidalt õpetusel taimekooslustest.

2. Taimekooslused

Taimeliigid kasvavad looduses harva üksikult; nad moodustavad harilikult keeruka taimkatte; selle koostises on palju liike, mis erinevad mitte üksnes väliste tunnuste, vaid ka nõuete poolest ümbritsevale keskkonnale. Taimeliikide vahel tekivad keerulised vastastikused suhted: kõrvuti liikidevahelise võitluse ja konkurentsiga vee, valguse ja toidu pärast kujunevad sellised vastastikused suhted, mis võimaldavad võitlust ühiste vaenlaste ja eluta looduse kahjulike mõjude vastu. Seega nimetatakse taimekoosluseks (ehk fütotsönoosiks[1]) taimeliikide kogumikku, mis kasvab ühesugustes mullastiku- ja kliimatingimustes ning peab võitlust oma oleluse eest. Taimekooslusteks loetakse selliseid taimkatte kogumikke, nagu niit, soo, raba, mets, stepp, mis erinevad tublisti üksteisest oma taimestiku laadilt. Kuid igaüks neist suurtest taimede kogumikest jaguneb omakorda veel väiksemateks kooslusteks. Niitusid on mitmesuguseid, näiteks luhaniidud, aruniidud, mäginiidud

[1] Fütotsönoos on tuletatud kreeka keele sõnadest: «fyton» — taim, ja «koinos» — ühine.

jne.; samuti soid — rohusood, metsasood, rabasood. Metsad jagatakse okas- ja lehtmetsadeks, viimased aga veel kase-, haava-, tamme- ja segametsadeks. Taimekooslused ei ole juhuslikud, vaid seaduspärased liikide kogumikud, mis on kujunenud pika ajaloolise arenemise ja liikidevahelise olelusvõitluse protsessis, vastastikuses abis taimede vahel, loodusliku valiku protsessis. Taimekoosluse iseloomustavaiks tunnusteks on: 1) rindelisus taimede maapealsete ja maa-aluste organite paigutuses, s. o. mitmesuguste liikide erinev kõrgus ja juurte erinev pikkus; 2) fenoloogiline eritüübilisus, s. o. taimeliikide arenemise eri kiirus; 3) erinev püsivus taimeliikidel, mis kuuluvad taimkatte koostisse, s. o. enam või vähem kiire ühe liigi vaheldumine teistega.

Selgitame seda näidetega. Metsas me näeme mitut taimede rinnet, mis erinevad oma eluvormidelt. Ülemine rinne moodustub valguselembestest puudest, millede võra laiub teiste taimede kohal. Nende all on keskmine rinne, koosnedes väiksematest puudest ja põõsastest, mis lepivad väiksema valguse hulgaga. Alumises rindes asetsevad sõnajalad ja mitmesugused õis-rohttaimed, samuti ka poolpõõsad, milliseid iseloomustab suur varjusallivus. Nende all elunevad veel samblad ja seened. Puude, põõsaste, rohttaimede juurestik, mis on põimitud mükoriisade ja bakteriaalse flooraga, on samuti asetatud erinevatesse rinnetesse, mille tulemusena kasutatakse paremini mullastiku koostisosi.

Sarnast rindelisust näeme ka rohumaal, kus kasvavad pealisheinad (luste, aruhein, punane ristik) ja alusheinad (kastehein, maarjahein, valge ristik). Kõrreliste juured levivad rohkem pinnapoolsetes mullakihtides, liblikõieliste juured aga sügavamates. Samuti näeme rohumaal, et taimede arenemise kiirus pole vegetatsiooniperioodi kestel sugugi ühesugune. Rohumaataimede õitsemine algab varakevadel ja saavutab suurema hoo heinaniitmise alguseks; suve kestel pakub rohumaa alatasa vahelduvat pilti eredatest värvidest ja nende varjunditest, mis torkavad silma kas roheliste, kollaste (tulikatest), siniste (kellukatest), valgete (härjasilmadest) või roosade (käokannidest) laikudena, mis esinevad kord ühetasaselt, kord kirjult laialipaisatult kogu rohumaa ulatuses. Värvide vaheldus näitab neid lakkamatuid muutusi, mis toimuvad kirjus rohumaavaibas. Suuremal osal taimeliikidel on omane hakata kasvama mitte üksikult, vaid rühmadena, mis seletub osalt vegetatiivse paljunemisega.

Oskussõnal «taimekooslus» on tinglik tähendus. Selle mõiste alla mahuvad niihästi suuremad taimekogumikud, näiteks kogu mets tervikuna, aga ka väiksemad kogumikud, näiteks tammemets (tammik), männimets (männik) jt., kusjuures iga kooslus erineb saatetaimede laadilt. Seepärast on õpetuses taimekooslustest kasutusele võetud veel oskussõna «assotsiatsioon», millega mõeldakse «väiksemat, hästi tabatavat taimkatte füsionoomilist ühikut» (V. V. Aljohhin). Nii võib näiteks männimetsas eristada järgmisi assotsiatsioone: männik pohladega alumises rindes, männik musti-

karindega, männik samblike rindega või männik rindega, kus domineerib jänesekapsas. Ka luhal võib eristada selliseid ühesuguseid alasid: heleroheline ala tarnade domineerimisega, ühetooniline ala rebasesaba domineerimisega, õitsvate kaheiduleheliste eredatest värvidest kirju ala (segarohud). Assotsiatsioonialad on mõnikord teravalt piiritletud ja paistavad kergesti silma, teistel juhtudel aga on piirid nende vahel vähe märgatavad ja tinglikud.

Igas assotsiatsioonis esinevad oma tähtsamad liigid, mis iseloomustavad kogu taimekooslust, ja vähem tähtsad, mis sõltuvad esimestest. Taimi, mis iseloomustavad antud ühiskonda, nimetatakse *edifikaatoriteks* ehk ehitajateks, näiteks mänd männimetsas ja stepirohi stepis. Mitmerindelistes taimekooslustes on igas rindes taimi, mis domineerivad teiste hulgas. Taimekoosluste ja assotsiatsioonide üksikasjalisel uurimisel on suur rahvamajanduslik tähtsus, eriti metsanduses ja rohumaaviljeluses.

II. NSV LIIDU TAIMKONNAVÖÖNDID

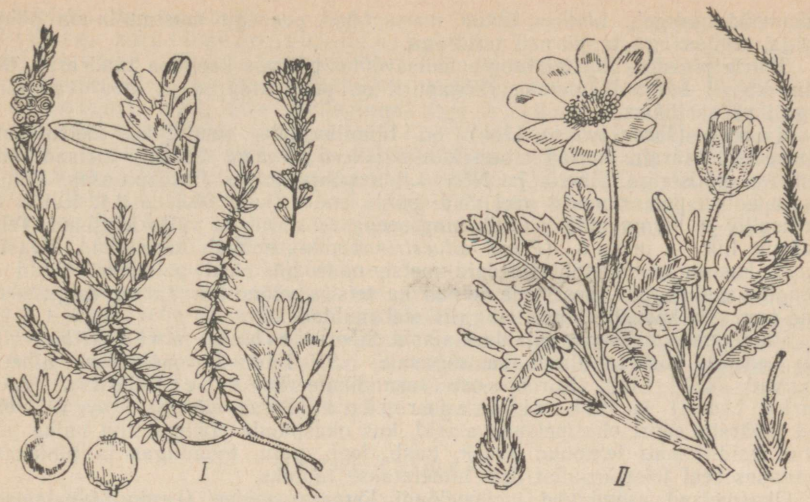
NSV Liidu floora paistab silma oma taimede rikkuse ja mitmekesisuse poolest, mida tingib territooriumi määratu ulatus, kliimaline mitmekesisus ja mullastikulised tingimused. Taimkonna leviku seaduspärasust on uuritud ja uuritakse paljude vene teadlaste poolt. Õpetuse rajajaks looduse vööndidest oli väljapaistev vene mullateadlane V. V. Dokutšajev. Tema võttis kasutusele mõiste looduse horisontaalsetest, s. o. laiusvööndidest tasandikulistes maades. Mägismaades on horisontaalsed vööndid asendatud vertikaalsete vööndidega.

1. Tundravöönd

Tundrate looduslik taimeriik on vaene, mida põhjustab kliima. Õhu temperatuur tõuseb suvel harva 18—20°-ni, talvel on tugevad pakased, aasta keskmine temperatuur aga on alla 0°. Suvi on lühike, suvised päevad pikad. Sademete hulk ei ületa tundras 200—300 mm. Lumikate ületab harva 1 m ja ainult tugevad põhjatuuled kuhjavad kõrgeid lumehangi. Tundratele on iseloomustav niinimetatud *igikelts;* ainult pindmiste kihtide suvine lühiajaline sulamine võimaldab taimede juurte arenemist.

Tundrad hõlmavad laialdasi maa-alasid mandritel, mis külgnevad Põhja-Jäämerega, ning ulatuvad ka selle ookeani lõunapoolsematele saartele. Tundrate taimestiku iseloomustavaks omapäraks on metsade puudumine, mis on seoses kareda kliima ja igikeltsaga. *Taimkatte laad on madalakasvuline.*

Tundrates domineerivad kidurad ja madalad *kuused* (*Picea obovata* Ledeb., *P. excelsa* Link), *kadakad* (*Juniperus communis* L.), *lehised* (*Larix sibirica* Ledeb.), *kased* (*Betula nana* L.), *pihlakad* (*Sorbus aucuparia* L.), *pajud* (*Salix reticulata* L.) jt. Nendel taimedel külmuvad kõik oksad, mis ulatuvad välja talvistest lumehangedest, ja seepärast on taimed sajandite jooksul omandanud madalakasvulise või lamava kuju. Veel maapinnale lähemal on *samblad, samblikud, osjad, jõhvikas, pohl, mustikas, sinikas, küüvits, kanarbik* (joonis 208, II), **drüüas* (*Dryas octopetala* L.) (joonis 260, II) ja rohttaimed, mis enamikus on mitmeaastased. Rohttaimedest võib nimetada *kevadikke* (*Draba*), *kivirikke* (*Saxifraga*), *hunditubakaid, tulikaid, maranaid, kannikesi, emajuuri, lõosilmi, palderjane, tarnu, luge,*



Joonis 260.

I — kukemari *(Empetrum nigrum)*; II — drüüas *(Dryas octopetala)*.

villpäid, aruheinu, nurmikaid, kassiurbi *(Gnaphalium)*, vareskaeru *(Elymus)*, varsakapja, kukemarja *(Empetrum)* (joonis 260, I), rabamurakat, hapuoblikat, merikanni, kadakkaera, tähtheinu ja palju teisi. Üldiselt on siin tuntud 200—300 taimeliiki.

Tundrate laad muutub maapinna reljeefi, mullastiku, mere läheduse ja paljude teiste tegurite mõjutusel.

Tundrate taimkatte arenemise vegetatsiooniperiood kestab 2—2½ kuud. Selle lühikese aja jooksul läbib taimkate oma arenemistsükli. Sajandite kestel on laialdased tundra-alad olnud asustatud rändrahvastega, kes elatuvad põhjapõdra-kasvatusest. Põllumajandust peeti põhjapoolsetes «tarbivates rajoonides» väikemajapidamise tingimustes võimatuks. Loodus pani «piiri põllumajandusele». Kuid suures sotsialistlikus põllumajanduslikus tootmises lahendatakse edukalt põhjamaade põllunduse probleemi ja muudetakse tundra õitsvaks maaks. Mullapinnase igikelts ei saa olla takistuseks põllundusele, sest mullastiku sulamist suvel teatava sügavuseni saab kasutada paljude taimede kasvatamiseks, millel on lühike vegetatsiooniperiood. Peale selle kasutatakse uusi agrotehnilisi võtteid, mitšuurinlikke taimede ristamise ja vääristamise võtteid jne. Kõige varajasemate teraviljasortide kultuur ulatub kuni polaarjooneni. Kartuli, naeri, redise ja teiste köögiviljade kasvatamine levib kuni Põhja-Jäämereni. Samasuguse levikuni võib jõuda ka heintaimede kasvatamine. Sobivateks heintaimedeks on ohtetu luste, harilik aruhein, aas-rebasesaba, harilik timut. Haljassöödaks sobivad hästi kaer ja oder.

2. Metsavöönd

Metsade taimestik

Tundratest lõuna pool asetseb laialdane metsavöönd, mis lõunas läheb üle stepivööndiks. Kamarleetmullad (saviliivased, liivsavised ja kohati soised) on tüüpilised sellele vööndile. Sademete hulk kõigub 500—700 mm aastas. Aasta keskmine temperatuur on 2—5°. NSV Liidu ulatuses läänest itta see

pikkamööda langeb. Lõunas ühtub metsavöönd peaaegu mustmulla-ala põhjapiiriga, põhjas aga ta piirneb tundraga.

Suurte jõgede kallastel tungib metsavöönd pikkade keeltena tundrasse, ulatudes kohati Põhja-Jäämereni. Põhjapiiril on puud kidurad ja muutuvad järkjärgult põõsastikuks.

Kuusk (*Picea exelsa* Link) on tüüpilisemaks puuliigiks metsavööndi lääneosas. Määratu suured siberi kuuse (*Picea obovata* Ledeb.) metsad moodustavad põlistaiga Siberis ja NSV Liidu põhjapoolses Euroopa-osas. Põhjas tungib kuusk polaarjoonest veel veidi põhja poole (kuni 68,5° p. l.). Kuusk on varjusalliv ja külmakindel puuliik ning seepärast surub ta välja lehtpuud. Teine okaspuu liik — mänd (*Pinus silvestris* L.) — hõlmab kergemaid liivaseid alasid, kus ta moodustab tihedaid metsi, mida hüütakse paludeks. Mänd on vööndítevaheline puu, sest teda leidub ka teistes vööndites. Ta on valguselembene puu, mis kasvab kiduralt liigniisketel muldadel.

Ühes kuusega hõivab laialdasi alasid Siberis siberi nulg (*Abies sibirica* Ledeb.), kust ta ulatub ka sügavale NSV Liidu Euroopa-ossa. Siberist tungivad NSV Liidu Euroopa-osa tasandikule ka siberi lehis (*Larix sibirica* Ledeb.) ja siberi seedermänd (*Pinus sibirica* Mayr.). Selliseid määratu suuri okasmetsade alasid, kus okaspuude põhimassiivi hulka poetuvad vaid kohati lehtpuud (kask, haab, lepp, paju, toomingas ja pihlakas), etendades seal teisejärgulist osa, nimetatakse taigaks.

Okasmetsad asenduvad metsavööndi lõunarajoonides (Leningradi laiusest lõuna pool) lehtmetsadega. Sagedamini esinevad segametsad okas- ja lehtpuudega, harvemini ühelïigilised metsad, näiteks kaasikud, tammikud, valgepõõgi-, jalaka-, pöögimetsad. Peale nende kuuluvad lehtmetsade koostisse tihti pärn, vaher, haab, lepp, õuna- ja pirnipuu.

Ühe ja sama metsa laad muutub aegade jooksul. Puuliikide vahetus toimub kas raide tulemusena või pärast metsa põlemist. Okaspuudest paljaks jäänud pindalale kannab tuul haava või kase seemneid. Peale selle esineb lehtpuude liike alati, kuigi allasurutud seisundis, okaspuude alapuistus. Lagedal alal hakkavad need «surutud puukesed» — kask ja haab — kiiresti kosuma ja hästi kasvama ning muutuvad lehtmetsaks. Lehtmetsa kaitse all võivad hästi kasvada okaspuuliigid, eriti kuusk, mis lõppude-lõpuks ületavad kasvus haava ja kase ning asetavad lehtpuud seega jälle allasurutud seisundisse.

Suurem osa lehtpuid on tunginud NSV Liidu Euroopa-osasse edelast pärast jääajastut. Nii näiteks tamm ühes oma saatja sarapuuga, levinud siia Vahemere rannikult, ei ole veel seni tunginud Uraalide taha. Lehtpuude leviku ajalugu NSV Liidu Euroopa-osas on kindlaks tehtud iga puuliigi levimispiiride uurimise alusel.

Sellised iga puuliigi uurimised, samuti metsavööndi mitmesuguste alade kliimaliste erinevuste uurimised võimaldavad jaotada metsavööndit reaks taimegeograafilisteks provintsideks, milledest igaüks erineb oma botaanilise omapäraga.

Igas metsas, eriti aga segametsas, võime eristada ülemise liitunud võradega puurinde all taimestiku mitut alumist rinnet. Nii on lehtmetsades kõrgetüveliste puude all alapuistu, milles esinevad mitmesugused põõsad: pihlakad, sarapuud, kikkapuud, paakspuud, kuslapuud, kibuvitsad, vaarikad, põldmurakad, leedripuud, koerõispuud jt. Kõige alumine rinne koosneb rohttaimedest, mille koostis metsavööndis on väga mitmekesine, moodustudes sadadest taimeliikidest, millede rühmitused olenevad puuliikide laadist, mullastikust, kasvukoha reljeefist jne. Esitame siin mõned metsavööndi tüüpilisemad rohttaimed, mida esineb alati meie metsades. Kevadel leiame metsast: mitut liiki ülaseid, tulikaid, kullerkuppe, kanakoolet — taimi tulikaliste sugukonnast: harilikku lõokannust punandiliste sugukonnast; kevadikke ristõieliste sugukonnast; kannikesi kannikeseliste sugukonnast; kurerehasid kurerehaliste sugukonnast; hiireherneid, kureläätse liblikõieliste sugukonnast; mõõla, maasikat, angervaksa, kortslehte, maranaid roosõieliste sugukonnast; nurmenukke, metsvitsu nurmenukuliste sugukonnast; kopsurohtu, lõosilmi kareleheliste sugukonnast; mailasi, sealõuarohtu, härgheinu mailaseliste sugukonnast; maajalgu, iminõgeseid, münte

huulõieliste sugukonnast; metspipart metspipraliste sugukonnast; piibelehte, kuutõverohtu, ussilakku, leselehte, kuldtähte, siniliiliaid liilialiste sugukonnast; sõnajalgu ja palju teisi.

Okasmetsades on floora ühtlasem. Kuusemetsades kohtame kadakat, raagremmelgat, otse mullapinnal aga koldasid, täht- ja karusammalt, samuti saprofüüti seenlille ja uibulehti uibuleheliste sugukonnast; pohla, mustikat kanarbikuliste sugukonnast; saluheina, kastevarsi kõrreliste sugukonnast; harakkuljust (*Linnaea borealis* L.) kuslapuuliste sugukonnast; *neiukinga (*Calypso borealis* Salisb.) käpaliste sugukonnast; jänesekapsast jänesekapsaliste sugukonnast; leselehte ja piibelehte liilialiste sugukonnast.

Männimetsades, eriti põhjaosas, on maapind sageli täiesti kattunud valgete samblikutega, milledest esikohal on põdrasamblik (*Cladonia rangiferina* L.). Peale selle esinevad siin: palu-karukell tulikaliste sugukonnast; pohl, kanarbik (*Calluna vulgaris* Salisb.) kanarbikuliste sugukonnast; hunditubakas, kassiurb (*Gnaphalium*) korvõieliste sugukonnast; luha-kastevars (*Deschampsia caespitosa* P. B.) ja jäneskastik (*Calamagrostis epigeios* Roth) kõrreliste sugukonnast.

Soode taimestik

Metsavööndis on tähtsal kohal turbarabad. Turvas, mis on toodetud kuivendatud rabadest, on väärtuslik aine, mida kasutatakse kütteks, allapanuks ja väetiseks. Turbakihi paksus võib olla mitu meetrit. Turbarabadel on kollakaspunane värvus ning oma kujult on nad kumerad.

Kogu metsavööndis okasmetsade vahele laialipaisatult levivate turbarabade tekkimine on toimunud mitme tuhande aasta kestel. Eriti palju rabasid ja soid on metsavööndi põhja- ja lääneosas. «Soode tekkimise põhjuseks on taime toidu tuhaelementide puudus mullas, kuna veesisaldus soos on orgaanilise aine suure niiskusemahutavuse lihtne tagajärg» (V. R. Viljams). Soostumise esimeseks tunnuseks on karusambla (*Polytrichum commune* L.) ilmumine, mis kogub endasse vett. Tema järel ilmub turbasammal (*Sphagnum*), erinedes oma lehtede ja varte erilise ehituse poolest, sest need neelavad ja hoiavad kinni suure hulga vett (kuni 2000% ja rohkemgi kuivaine kaalust). Sood tekivad samuti järvede kinnikasvamise teel: nende pinnale moodustub esiteks kõikuv vaip samblast, mida kinnitavad tarnade, lugade, rabaka (*Scheuchzeria palustris* L.) risoomid, mis kattuvad siis villpeadega, sookailuga (*Ledum palustre* L.) (joonis 261), küüvitsaga (*Andromeda polifolia* L.), sookuuskjalaga (*Pedicularis palustris* L.), putukasööjate huulheintega, jõhvikaga (*Oxycoccus palustris* Pers.) (joonis 262, I) ja teiste taimedega, mis taluvad haput mullastikku. Samblavaip, mis alatasa servadest veepinnale tungib, katab vaba veepinna, kuna surnud samblavarte alumised osad, teiste taimede juured ja risoomid langevad põhja ning täidavad veekogu. Turvas tekib selletõttu, et turbasammal on halb soojusejuht ning seepärast on kevadel sulava soo madala temperatuuri ja huumushapete külluse tõttu roiskbakterite tegevus takistatud ning taimejäänuste lagunemine toimub õhuta keskkonnas. Turba tekkimisprotsess toimub pikkamööda — ühe meetri paksune turbakiht moodustub alles 500—600 aasta kestel.



Joonis 261. Sookail (*Ledum palustre*).

Samblakatte pinnal levivad ja kasvavad taimed kanarbikuliste sugukonnast — kanarbik, pohl, mustikas, sinikas; põhjaosas esineb veel roosõielistest rabamurakas (*Rubus chamaemorus* L.) (joonis 262, II), mis kannab väga maitsvaid marju, ja kukemari (*Empetrum nigrum* L.) kuke-



Joonis 262.
I — jõhvikas *(Oxycoccus palustris)*; II — rabamurakas *(Rubus chamaemorus)*.

marjaliste sugukonnast. Jändrikud männid, madalad kased ja pajud, mis kasvavad pikkamisi turbarabal, täiendavad turbaraba pilti.

Turbasammal ei kannata lupja sisaldavat vett. Kui vees on lupja, võib veekogu umbekasvamine toimuda ka ilma turbasambla kaasabita. Sellisel juhul soodustavad veekogu kinnikasvamist väga mitmekesised sinivetikad, osjad ja paljud õistaimed — penikeeled, vesiroosid, konnarohud, kõõluslehed, kardheinad, pilliroog, vesikirburohi, ubaleht, tulikad, vesiherned, vesikarikas, kilbukas, lemled ja paljud teised taimed. Oksised samblad ulmikud *(Hypnum)* kasvavad tugevasti sellistel soostunud pinnastel. Umbekasvavate veekogude vesi sisaldab tohutu hulga mitmesuguseid mikroskoopiliselt väikesi elavaid olendeid (taimi ja loomi), mis esinevad hõljuvas olekus ning moodustavad niinimetatud planktoni. Igal aastal arvukalt surevad taimed (ja loomad) langevad põhja ning on alguseks turba tekkimisele, milles turbasamblad täiesti puuduvad. Umbekasvanud veekogu muutub sooks, mida nimetatakse ka tarnasooks, sest tarnad esinevad siin heinkatte peaelemendina.

Rohumaade taimestik

Looduslikud üleujutatavad luhad suuremate jõgede (Okaa, Volga, Dnepri, Severnaja Dvinaa jt.) kallastel, samuti määratu suur hulk luhti lisajõgede ääres kogu metsavööndi ulatuses on rikkad mitmekesisest taimestikust, mida kasutatakse loomade söödaks. Hea niiduhein on väärtuslikuks söödaks karjakasvatuses. Jõgede üleujutused jätavad igal aastal mõnda kohta suure hulga viljatut liiva, teistesse kohtadesse viljakat muda. Viimane väetab luha pinnast, millel tekib siis lopsakas taimestik. Liivased saared ja kaldaäärsed liivauhetjoomed kattuvad samuti taimedega. Pioneerideks on paiseleht *(Tussilago farfara* L.), villane katkujuur (*Petasites tomentosus* DC.), ruse, angervaks ja üksikult kasvavad liblikõielised — seaherned, ristikud, hiireherned, hundihambad; kõrrelised — rebasesabad,

haguheinad, timutid, lamba-aruhein (*Festuca ovina* L.), samuti ka mitmesuguste teiste sugukondade esindajad — köömen, hapuoblikas, tulikad, lõosilmad, load, kesakannid (*Sagina*). Osjad kinnitavad oma risoomidega kaldaliiva. Kuid eriti kinnitab liiva halapaju (*Salix acutifolia* Willd.), samuti ka teised pajud, mis on asendamatuiks taimedeks võitluses tuiskliivaga. Kaldaliiva taimestik ei moodusta pidevat muru.

Üleujutatav luht koosneb kolmest põhivööndist: kaldaäärsest, keskmisest ja maisluhast. Igal vööndil on oma erinev muld ning sellele vastavalt muutub ka taimkonna laad. Parim taimkond areneb harilikult keskmises vööndis. Kaldaäärne vöönd on kobeda liivase pinnasega ja kõige rohkem üleujutatav. Maisluha vöönd on tavaliselt soostunud, sest siin jääb vesi seisma ja siia settib kõige rohkem mudaosakesi, keskmine osa saab aga head väetist mudana ja siin pole seisvat vett.

Üleujutatavate luhtade lohkudes põhjavee läheduses koosneb taimestik peamiselt mitmesugustest tarna liikidest (*Carex caespitosa* L., *C. vulpina* L., *C. gracilis* Curt.), millesse segunevad kõrgematel kohtadel kõrrelised, nagu nurmikad, paelrohi (*Phalaris arundinacea* L.), valge kastehein ja rebasesabad.

Parematel luhtadel on keskmises vööndis taimkate kõige lopsakam. Nimetame siin vaid mõned levinumad taimed.

Kõrrelistest esinevad peale eespool loetletud liikide harilikult järgmised: harilik aruhein, timut, harilik orashein, lusted, maarjahein, sugapea, kerahein, harilik värihein. Kõrrelistega segunevad liblikõielised, parandades heina väärtust, nagu ristikud, seaherned, hiireherned, nõiahammas, koldrohi. Peale nende väärtuslikumate rohumaataimede esineb ka teiste sugukondade mitmesuguseid esindajaid. Nende hulgas võime kohata 30—40 sugukonna esindajaid sadades liikides: tulikalistest — tulikad, ängelheinad, varsakabi; ristõielistest — jürililled, kollakad; vahulillelistest — vahulilled; nelgilistest — nelgid, seebililled, tõrvalilled, käokannid, tähtheinad; naistepunalistest — naistepunad; kurerehalistest — kurerehad; roosõielistest — kortslehed, angervaks, mõõlad, punanupud, maranad; kukesabalistest — kukesaba; sarikalistest — nääred, heinputked, köömned; madaralistest — madarad; palderjanilistest — palderjan; uniohakalistest — äiatar, tähtpea; korvõielistest — raudrohi, härjasilm, arujumikas, seanupud, piimjuur; kellukõielistest — kellukad, sininukud; nurmenukulistest — nurmenukud, metsvitsad; emajuurelistest — harilik maasapp, emajuured; karelehelistest — lõosilmad; mailaselistest — käokannused, mailased, robirohud, silmarohud, härgheinad, *ohulill (*Gratiola officinalis* L.); huulõielistest — mündid, harilik pune, liivateed, tihasheinad, käbihein, akakapsas jt.

Rohumaataimede hulgas esineb mürktaimi, milledest tuleb hoiduda loomade söötmisel [tulikad, mürkputk, käpad, *upsujuured (*Veratrum*), *käokingad, *ohulill, koerputk (*Aethusa cynapium* L.) jt.].

Taimkonna laad looduslikel niitudel moodustub arvurikaste välistegurite (soojus, niiskus, mullastik) mõjul, samuti ka inimese tegevuse tagajärjel. Rohumaid rikutakse mitteõigeaegse karjatamise ja mitteajaldase heinaniitmisega. Äestamise, samuti väetamise, heintaimede külvamise, samuti ka kuivendamise, vana heinkamara üleskündmise ja uue loomise abil parandatakse halbu rohumaid ja muudetakse need väärtuslikeks kõlvikuteks. Taimede tiheda kasvu korral toimub mitmesuguste liikide vahel alatine olelusvõitlus ja loodusliku valiku tulemusena kasvavad tugevamini rohkem kohastunud, püsivamad taimed. *Välistingimuste soodsal ühendlusel (rohumaa asend, mulla optimaalne niiskus jt.) tõusevad esikohale kvaliteedilt head heintaimed, halbade tingimuste korral (soostumine, mulla toitainetevaesus jt.) aga jäävad need teisele kohale või kaovad koguni ning domineerivalt arenevad load, tarnad, osjad, samblad, kõrrelistest jusshein jt.*

Looduslike rohumaade tüüpe iseloomustavad taimeassotsiatsioonid, milledes

domineeriva koha on omandanud mõned kindlad taimed. Nii esinevad luha-kastevarre (*Deschampsia caespitosa* P. B.), jussheina (*Nardus stricta* L.), tarnade (*Carex*), nurmikate (*Poa*), aas-rebasesaba (*Alopecurus pratensis* L.) jt. assotsiatsioonid.

Metsavööndi laialdasi alasid, niihästi NSV Liidu Euroopa-osas kui ka Siberis, kasutatakse metsa ülestöötamise kõrval ka mitmesuguste põllumajandusharude arendamiseks.

Kultuurtaimede suured saagid on võimalikud vaid hea väetamise korral mineraalsete ja orgaaniliste väetistega, samuti liigse vee eemaldamisel mullast (kuivendamise abil), õigete heinavälja-külvikordade sisseseadmise, ratsionaalse põlluharimise, hoolika umbrohutõrje, väärtuslike sortide kasutuselevõtmise ja mitme teise võtte rakendamise korral, mis võimaldavad saagi tõstmist (jaroviseerimine, puhtimine jt.).

Köögiviljade, söödataimede ja teraviljade saagid võivad soodsatel tingimustel ületada saake stepivööndis. Tehnilistest kultuuridest annavad lina ja kanep parema kiu. Peale metsarikkuste on metsavööndis suuri looduslikke alasid karjatamiseks ja suuri turbavarusid. Põhjaosa on ka rikas seentest ja marjadest, mida esineb niihästi metsikult kui ka kultuuris.

3. Stepivöönd

Metsastepp

Lääne-Euroopa metsavöönd läheb üle Vahemere-vööndiks, kuid NSV Liidu Euroopa-osa laialdasel tasandikul läheb metsavöönd üle stepivööndiks.



Joonis 263. Väike mandlipuu (*Amygdalus nana*).

Stepivööndi põhjapiir kulgeb läbi Ukraina põhjaosa, läbi Kurski, Orjoli, Tuula, Tambovi, Gorki oblasti ja edasi Tatari ANSV ning Molotovi oblasti lõunaosa kaudu Uraali taha ning levib siis Lääne- ja Ida-Siberisse kuni Hiina-Jaapani vööndini. NSV Liidu Euroopa-osa lõunas tungib stepivöönd Musta ja Aasovi mere rannikuni, hõlmab Põhja-Kaukaasia, Volgamaa lõunaosa ja ulatub ka Uraali taha. Üleminek metsavööndist stepivööndisse toimub metsastepi kaudu, mida võib vaadelda stepi algusena ja mis kulgeb umbes piki mustmulla-ala põhjapiiri.

NSV Liidu Euroopa-osas esinevad metsastepis suured alad metsa, kus domineerib tamm, kuid esinevad ka saar, pärn, haab, kask ja paju. Uraali lähedal ja edasi Siberis tamm asendub kasega. Alapuistu koosneb siin põõsastest ja madalatest puudest — sarapuust, kikkapuust, pihlakast, lepast, paakspuust, näsiniinest, kuslapuust, põldmurakast, kibuvitsast, leedripuust, lodjapuust, metsõunapuust ja metspirnipuust. Kaks viimast liiki ei ulatu Volga taha. Okaspuud — kuusk, nulg, mänd — esinevad samuti selles vööndis, kuid ainult mänd moodustab kohati suuremaid metsamassiive, mis asetsevad tavaliselt jõgede kallastel liivastel pinnastel. Rohttaimede laialehelised liigid on samad mis metsavööndis, kuid perekondade mitmekesisus ja liikide rohkus

on tublisti suurem. Tammikutes on sõnajalgu mitmekesisemalt, rohkem on sarikalisi, huulõielisi, käpalisi. Viimastest kasvavad siin kahelehene käokeel (*Platanthera bifolia* Rich.) ja kuldking (*Cypripedium calceolus* L.). Põõsad on sageli põimunud humalaga (*Humulus lupulus* L.).

Metsasteppi iseloomustab lainjas reljeef, mida lõikavad uhteorud ja väikesed nõrgalt veerjad tasandikud. Mustmuld metsastepis on rohkem «leostunud» kui stepi mustmuld; ta on üleminekuvormiks hallile kamarleetmullale. Metsastepi mustmullalistel tasandikel ilmuvad siin-seal üksikult, märkamatult, tungides domineeriva metsataimkonna vahele, stepitaimkonna alad, kus kasvavad *väike mandlipuu (*Amygdalus nana* L.) (joonis 263), *vene ubapõõsas (*Cytisus ruthenicus* Wol.), *põõsas-toompuu (*Prunus fruticosus* Pall.), *täkilislehine enelas (*Spiraea crenifolia* C. A. Mey.), *leetpõõsas (*Genista tinctoria* L.). Rohttaimedest esinevad siin-seal *aassalvei (*Salvia pratensis* L.), angerpist (*Filipendula hexapetala* Gilib.), *esparsett (*Onobrychis sativa* Lam.), *karvane vaak (*Inula hirta* L.), *kroonjas paskhein (*Serratula coronata* L.), hobumadar (*Galium verum* L.), *kõrbekaer (*Avena desertorum* Less.), *stepirohi (*Stipa pennata* L.). Pärisstepis esinevad need taimed sagedamini ja suuremal hulgal.

Stepp

Metsastepist lõuna pool algavad lõputud stepivööndi alad. NSV Liidu Euroopa-osa lõunapoolsed stepid erinevad Volga-tagustest steppidest tublisti nii oma mullastiku koostiselt kui ka taimestiku laadilt; Volga-tagustes steppides on kontinentaalsem kliima ning muld on siin soolakam.

Stepi iseloomustavaks tunnuseks on metsade puudumine, maastiku tasandikuline laad, mustmulla-pinnas, mis on rikas huumusainetest. Stepivööndi kliima on suvel palav ja talvel külm. Keskmine temperatuur on 3—7,5°. Sademeid on 360—480 mm, nende jaotumine aga väga ebaühtlane. Stepis domineerivad mitmeaastased taimed. Kevadel ilmub hulk kiirestiõitsvaid sibul- ja risoomtaimi. Paljudel neist jõuavad seemned valmida enne suviste palavate päevade algust. Nendel taimedel, mis arenevad kogu suve kestel, on kserofüütide tunnused. Mustmulla viljakus võimaldab kasvatada ja saada suuri saake põllu- ja köögiviljadelt, samuti viljapuudelt ja marjapõõsastelt. Kuid siiski kannatavad taimed stepivööndis, eriti kaguosas, sagedasti suhhoveidest, mida siin nimetatakse ka mglaa'ks (põuasombuks) või pomohhaks (põuavineks). Õhk stepi kohal muutub kuumaks ja vähe läbipaistvaks. Päike paistab punakate kiirtena läbi põuasombu, temperatuur kerkib 40°-ni ja rohkemgi. Kuiv tuul mõjub hävitavalt taimedele, lehed tõmbuvad torudena kokku, kusjuures need, milledel õhulõhesid on rohkem alumisel küljel, keerduvad servadega alla (liblikõielised jt.); need aga, milledel õhulõhesid on rohkem ülemisel küljel (kõrrelised), pööravad servad üles. Taimede hävimine põuastel aastatel põhjustab viljaikaldusi, mis sageli haaravad laialdasi rajoone.

Stepivööndis, eriti selle lõuna- ja kaguosas, on väga vähe looduslikke metsi. Lehtmetsi esineb vaid pikkades nõgudes (balkades), uhteorgudes, madalamatel kohtadel ja ainult vööndi põhjapoolsetes osades jõgede veelahkmetel. Steppide metsatuse põhjused on mitmesugused: sademete vähesus, rohke auramine, mullalahuse kõrge kontsentratsioon, suhhoveid, aga ka inimese väär põllumajanduslik tegevus minevikus. Paljud teadlased arvavad, et kauges minevikus oli praegustes stepirajoonides metsi rohkem.

Eesrindlike sovhooside ja kolhooside praktika on näidanud, et on olemas kõik võimalused metsa kasvatamiseks ja agronoomiliste võtete süsteemi kasutuselevõtmiseks, mille abil võib võita põua ja saada alatisi ja püsivaid viljasaake.

Põllumajandusliku tootmise parandamiseks ei piisa üksnes põllukaitsemetsaribade rajamisest, vaid tuleb ka õigesti organiseerida territooriumi kasutamine, mullaharimise ja kultuuride hooldamise süsteem, rakendades laialt mustkesa, sügiskündi ja kõrrekoorimist, orgaaniliste ja mineraalväetiste kasutamise õiget süsteemi, külvi kohalike kõrgesaagiliste sortide valikseemnega, niisutuse arendamist kohalike vete baasil tiikide ja veekogude ehitamise teel.

Igaüks neist võtetest on juba üksikultki põllumajandusele suure tähtsusega. Kõigi nende võtete kompleksne kasutamine mitšuurinliku agrobioloogiateaduse alusel loob kultuurtaimedele eriti soodsad tingimused ja tõstab märksa saake, mis toob endaga kaasa sotsialistliku põllunduse õitsengu.

Samasuguse suure tähtsusega kõikide põllumajandusharude arendamiseks, söödabaasi loomiseks, puuvillakasvatuse arendamiseks uutes rajoonides, võitluseks põuaga ja rahvamajanduse tõstmiseks on ka praegu paisude ja hüdroelektrijaamade ehitamine Volgal, Dnepril ja paljudel teistel suurtel ja väikestel jõgedel.

Stepid metsastatakse ja steppide kliimat parandatakse. Suure visadusega võidetakse kõik looduslikud takistused. Möödunud aegade kogemuste alusel valitakse igale rajoonile metsataimede liigid vastavalt nende nõuetele.

Rohttaimestik põlissteppides, mis on veel siin-seal säilinud, on hästi mitmekesine. Kevadel, niipea kui lumi on sulanud, hakkab möödunud aasta kuivanud rohuvarte vahel niiskel maal arenema roheline sammal b a r b u l a (*Barbula ruralis* L.) ja sinine p i l v v e t i k a s (*Nostoc communis* Vauch.). Eredavärvilised t u l b i d liilialiste sugukonnast valgete, violetsete, roosade, kollaste või tulipunaste (**Tulipa Schrenkii* Rgl.) õitega ilmuvad esimestena, mõnikord nii suurel hulgal, et stepp omandab ereda värvuse. Tulikaliste a a s - k a r u k e l l a (*Anemone pratensis* L.) ja p a l u - k a r u k e l l a (*Anemone patens* L.) tumevioletsed õied annavad stepile kirevuse. Samal ajal hakkab õitsema ristõieline **t a t a r i m e r i k a p s a s* (*Crambe tatarica* Jacq.), selle järel tulikaline **s a r v i k p e a* (*Ceratocephalus orthoceras* Benth. et Hook.). Edasi õitsevad üksteisele järgnevas korras: võhumõõgalistest **m a d a l v õ h u m õ õ k* (*Iris pumila* L.); tulikalistest **k e v a d a d o o n i s* (*Adonis vernalis* L.); ristõielistest **m u r e - õ õ k a n n i k e* (*Hesperis tristis* L.); reseedalistest k o l l a n e r e s e e d a (*Reseda lutea* L.), tulikalistest **s t e p i p o j e n g* (*Paeonia tenuifolia* L.), liilialistest **s t e p i h ü a t s i n t* (*Hyacinthus leucophaeus* Stev.), p ä r i s k o b a r h ü a t s i n t (*Muscari racemosum* Mill.), s a r i k - l i n n u p i i m (*Ornithogalum umbellatum* L.). Juunis alustavad massilist õitsemist huulõielised, milledel on ere värvus ja eeterlike õlide lõhn. Huulõielistest mainime siin vaid **u k r a i n a n a i s t e n õ g e s t* (*Nepeta ucrainica* L.), **s t e p i l i i v a t e e d* (*Thymus Marschallianus* Willd.), **l o n g u s s a l v e i d* (*Salvia nutans* L.). Liblikõielistest on eriti levinud h u n d i h a m m a s t e (*Astragalus*) liigid, k a r v a n e l i p p h e r n e s (*Oxytropis pilosa* DC.), **p e e n e l e h i n e h i i r e h e r n e s* (*Vicia tenuifolia* Roth). Sarikalistest õitsevad **s i r p - j ä n e s e k õ r v* (*Bupleurum falcatum* L.), s i r p - p u t k (*Falcaria Rivini* Host.), **s t e p i k i m a r p u t k* (*Trinia Henningii* Hoffm.). Korvõielistest on levinud **t ä p i l i n e j u m i k a s* (*Centaurea maculosa* Lam.), **p e h m e l e m m j u u r* (*Jurinea mollis* Rchb.), **k i i r j a s p a s k h e i n* (*Serratula radiata* M. B.) ja palju teisi. Suur on ka nelgiliste mitmekesisus, näiteks p a l u - l i i v k a n n (*Arenaria graminifolia* Schrad.), **p õ õ r i s - k i p s l i l l* (*Gypsophila paniculata* L.), liiv-põisrohi (*Silene Otites* Sm.).

Kõrrelised on stepi taimestiku põhifooniks. Neist nimetame **s t e p i a r u h e i n a* (*Festuca sulcata* Hack.), **m u g u l n u r m i k a t* (*Poa bulbosa* L.), **h a r j a k a t h a g u h e i n a* (*Koeleria cristata* Pers.), **a h t a l e h i s t s t e p i r o h t u* (*Stipa stenophylla* Szern.), **i d a - s t e p i r o h t u* (*Stipa Lessingiana* Trin.), **s u l g s t e p i r o h t u* (*S. Joannis* Cel.), **j u u s - s t e p i r o h t u* (*S. capillata* L.). Paljud stepirohu liigid omavad pikki hõbejaid karvaseid ohteid ning seepärast näib nende massilisel esinemisel põlisstepp valmivatest stepirohtudest otse lainetava merena. Karvased ohted soodustavad viljade levimist ning nende tungimist maapinda, sest neil on omadus kuivamisel alumises osas korgitõmbajana keerduda. Sattudes lammaste villa, puurivad stepirohu viljad end sügavale, isegi lamba kehasse, tekitades lammastele suuri piinu ja rikkudes isegi nahka. Teisel suvepoolel hakkavad õitsema mitmesugused karelehelised, sarikalised ja korvõielised. Esimestest mainime **p u n a s t u s s i k e e l t* (*Echium rubrum* Jacq.), **h a r j a k a t l o o d j u u r t* (*Onosma echioides* L.); sarikalistest — **n u r m - o g a p u t k e* (*Eryngium campestre* L.), p õ d r a j u u r t (*Libanotis montana* All.), **k o l l a s t p i i m p u t k e* (*Peucedanum alsaticum* L.), **k o h e v a t p õ d r a p u t k e* (*Seseli tortuosum* L.); korvõielis-

test — pujusid (*Artemisia austriaca* Jacq., *A. pontica L., A. armeniaca* Lam. jt.), *mägiastrit (*Aster amellus* L.), *idajumikat (*Centaurea orientalis* L.) ja *vene jumikat (*Centaurea ruthenica* Lam.), *saksa vaaki (*Inula germanica* L.), *torkavat paskheina (*Serratula xeranthemoides* M. B.), voolme-ristirohtu (*Senecio jacobaea* L.) ja palju teisi[1].

Teiste kohtade stepid erinevad oma taimestiku koostiselt.

Stepivööndi põhjapoolsemas osas, niinimetatud segarohu-stepis domineerivad taimestiku koostises peamiselt kaheidulehelised taimed. Lõunapoolsemas vööndis esineb stepirohustepp, mille taimestiku koostises on ülekaalus peamiselt stepirohu liigid ja teised kõrrelised.

Stepi taimestik erineb mitmete huvitavate bioloogiliste omapärasuste poolest. Stepitaimede hulgas on ühe-, kahe- ja mitmeaastasi. Enamik lõunapoolseid steppe ei moodusta pidevat kamarat, vaid taimede vahele jäävad teatavad vahed, mis oleneb steppides tavaliselt valitsevast niiskuse puudusest. Mõned stepitaimed kannatavad hästi põuda oma pikkade juurte tõttu, mis ulatuvad 3—4 m sügavusele, samuti aga ka lehtede omaduse tõttu keerduda kokku toruna, millega nad varjavad õhulõhed, mis asetsevad lehtede ülemisel pinnal.

Arvukad stepi sibultaimed jõuavad areneda varakevade jooksul ja kaovad siis kuni järgmise aastani. Vee kaotuse ja heleda päikese vastu on paljud stepitaimed kaitstud tiheda karvavildiga, mistõttu stepitaimede üldvärvus on hallikas, eriti kaguosas. Eeterlikud õlid, mis erituvad aromaatsetest stepitaimedest, kaitsevad neid tugeva auramise eest. Üldtuntud on *diktamnus (*Dictamnus fraxinella* Pers.) ruudiliste sugukonnast, mis eritab suurel hulgal eeterlikke õlisid, mis süttivad põlevast tikust.

Eriti huvitavad on stepitaimed, mis on vene keeles tuntud üldnime all «perekatii-pole» (veere-üle-välja). Nende hulka kuuluvad okasmalts (*Salsola kali* L.) (joonis 264, I), *sarvviljak (*Ceratocarpus arenarius* L.) maltsalistest (joonis 264, II), *torkav tuliürt (*Phlomis pungens* Willd.) huulõielistest ja *tatari merikapsas (*Crambe tatarica* Jacq.) ristõielistest. Neil taimedel on vars väga oksine ning üldkuju kerajas. Sügisel, kui seemned valmivad, eralduvad taimed maapinnast või kisub neid lahti tuul, ja oma kerguse tõttu veerevad nad mööda steppi, kusjuures seemned levivad igale poole. Juhtub, et mitu taime haakuvad üksteisega ja siis tekivad hiiglasuured kerad, mis hüplevad mööda steppi tugevate tuultega.

Paljud taimed elavad tugeva põua aja üle kas risoomide abil, näiteks harilik orashein (*Agropyrum repens* P. B.), või sibulate abil — tulbid, laugud, küüslaugud, või risoomide ja juurte abil — tarnad, ohakad või juuremugulate abil — pojengid, angerpistid. Need organid on paljudel taimedel ka vegetatiivseks paljunemiseks.

Stepivöönd on kõrreliste — teraviljade, aga ka liblikõieliste kultuuride ning suhkrupeedi, õli- ja tehniliste kui ka ravimtaimede kasvatamise põhimassiiviks.

Kõrbestepp ja kõrb

Stepirohustepist lõuna poole levib kõrbestepp ehk poolkõrb. Ta hõlmab kogu Kaspia mere äärset madalikku ja ulatub kaugele Kaspia mere taha. Siberis levivad kõrbestepid lõuna poole 51—52. põhjalaiuskraadi ja lähevad pikkamisi üle laialdaseks Kesk-Aasia kõrbeks.

Kliima iseloomustavaks erinevuseks on kuivus. Sademete hulk kõigub 350 kuni 150 mm, aasta keskmine temperatuur on 2—6° C. Suvi on palav, talv külm.

Poolkõrbe mullad on küllastatud sooladest, esineb palju soolakuid — solonetse ja solontšakke. Kõrbestepi taimkond ei moodusta pidevat rohustut. Siin domineerivad kõrrelise *stepi-aruheina (*Festuca sulcata* Hack.) ja korvõieliste hulka kuuluvate kollaste õisikutega *püreetrite (*Pyrethrum achilleifolium* M. P.) formatsioonid.

Korvõielistest esineb siin veel meripuju (*Artemisia maritima* L.),

[1] Taimede loetelu on võetud G. I. Tanfiljevilt tema põlisstepi kirjeldusest Starobelski rajoonis, ja N. A. Bušilt.



Joonis 264.
I — okasmaltS (*Salsola kali*); II — sarvviljak (*Ceratocarpus arenarius*).

*karvane rinnarohi (*Linosyris villosa* DC), *torkav paskhein (*Serratula xeranthemoides* M. B.).

Siin esineb ka taimi tinajuureliste sugukonnast — violetsete õitega *sarepta parkjuur (*Statice sareptana* Beck.) ning palju taimi maltsaliste sugukonnast — *harev põõsasmalts (*Kochia prostrata* Schrad.), *sarvviljak (*Ceratocarpus arenarius* L.), *tamariskus-okasmalts (*Salsola tamariscina* Pall.). Esineb ka kuivade steppide taimi: ristõielised — *kirju harakalatv (*Erysimum versicolor* Andrz.), *ümbrislehine kress (*Lepidium perfoliatum* L.), *väike kilbirohi (*Alyssum desertorum* Stapf.). Tatralistest esinevad *bellardi kirburohi (*Polygonum Bellardi* All.); karelehelistest — *lamav tapurohi (*Echinospermum patulum* Lehm.); sarikalistest *kaspia juudavaiguputk (*Ferula caspica* M. B.); tarnadest *ahtalehine tarn (*Carex stenophylla* Wahlenb.). Peale nende kasvab veel *efedraid (*Ephedra*), mitmesuguseid lauke (*Allium*) ja tulpe (*Tulipa*).

Alamatest taimedest esineb samblikke (*Parmelia, Cladonia* jt.) ja sinirohelisi vetikaid (*Nostoc*).[1]

Soolakutel (kus põhjavesi on võrdlemisi lähedal) võivad kasvada vaid halofüüdid, näiteks soolarohi (*Salicornia herbacea* L.) (joonis 265) ja *sarsasan (*Halocnemum strobilaceum* M. B.), millel on lihakad varred, kaitstud kutiikulaga; nad mitte ainult ei talu keedusoola, vaid arenevad isegi paremini soola sisaldavas pinnases.

Määratu suuri alasid hõlmab meie maal Kesk-Aasia kõrb, mis ulatub Kaspia ja Araali merest ida poole ja Aasia poolkõrbest lõuna poole. Kõrbe taimestik

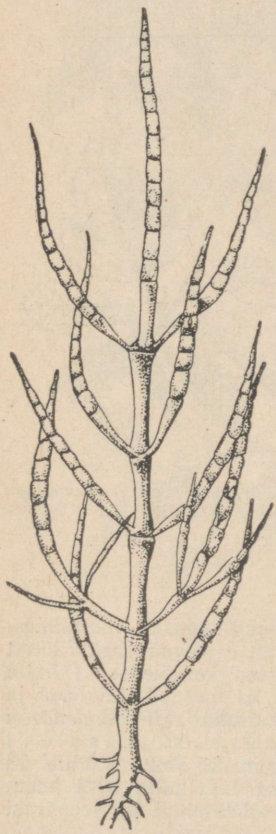
[1] Taimede loetelu on koostatud B. A. Kelleri ja N. A. Buši järgi.

on kehvavõitu ning on eriliselt kohastunud põuatingimustega. Juurestiku pikenemise tulemusena ulatuvad taimed sügavale põhjaveeni; auramispinna vähenemise tõttu, mõnikord lehestiku täieliku kadumise teel kaitsevad taimed end vee auramise vastu; tihe valkjas karvastus heidab tagasi päikese palavad kiired. Lehtede ülesannet täidavad noored rohelised võsud. Kõrbetes esineb palju efemeere, mis arenevad kevadiste vihmade lühikese perioodi kestel.

Rohttaimedest kasvavad kõrbetes *siberi orashein (*Agropyrum sibiricum* Eichw.), *mugulnurmika poegiv teisend (*Poa bulbosa* var. *vivipara Koch*), *harjashein (*Aristida*), *uraali ja maokas tarn (*Carex uralensis* C. B. Clarke, *C. physodes* M. B.) jt.

Poolpõõsastest levivad mitmed pujude liigid (**Artemisia fragrans* Willd., **A. monogyna* Becker, **A. cinna* Berg, **A. arenaria* DC.), *harev põõsasmalts (*Kochia prostrata* Schrad.) jt.; põõsastest esinevad valge saksaul (*Haloxylon persicum* Bge), mõned džuzguuni (*Calligonum*) liigid. Jõgede orgudes esineb musta saksauli (*Haloxylon aphyllum* Iljin) tihnikuid.

Kõrbed pole siiski elutud. Isegi liivakõrbetes esineb väärtuslikke söödataimi, nagu liivtarn, poegiv mugulnurmikas jt., mis võimaldavad arendada tööstuslikult tähtsat karakulli lammaste kasvatamist. Oaasides, jõgede kallastel kasvatatakse kunstliku niisutamise abil laialdaselt puuvillapõõsast, riisi, nisu, sojauba, kendõrri, lutserni; samuti arenevad siin viinamari ja väärtuslikud viljapuud.



Joonis 265. Soolarohi (*Salicornia herbacea*).



Joonis 266. Kollane asalea (*Azalea pontica*).

4. Krimmi lõunaranniku ja Kaukaasia Musta mere ranniku taimkond

Suure mitmekesisuse ja lopsaka arenemise poolest erineb Krimmi lõunaranniku, eriti aga Kaukaasia Musta mere ranniku taimkond. Musta mere soojus ja kõrged mäeahelikud, mis kaitsevad rannikut külmade põhjatuulte eest, loovad soodsad kliimatingimused taimede kasvamiseks. Kaukaasia Musta mere ranniku aasta keskmine temperatuur kõigub 12—15° C, suvine aga 20—24° C vahel. Talvised külmad on lühiaegsed ja harva langeb temperatuur 6—10°-ni. Aastane sademete hulk on 1400—2500 mm. Peale pika (üle 6 kuu) suvise kasvuperioodi kestab taimestiku arenemine ka talve jooksul, sest temperatuur on talvel sageli üle 5—6° C.

Kaukaasia floora mitmekesisus ulatub kuni 6000 liigini, kusjuures tähtsam osa liikidest esineb just Musta mere rannikul, mille taimestik on üldiselt sarnane Vahemere ranniku taimestikuga. Mitmed selle vööndi taimed esinesid juba tertsiaarajastul.



Joonis 267.

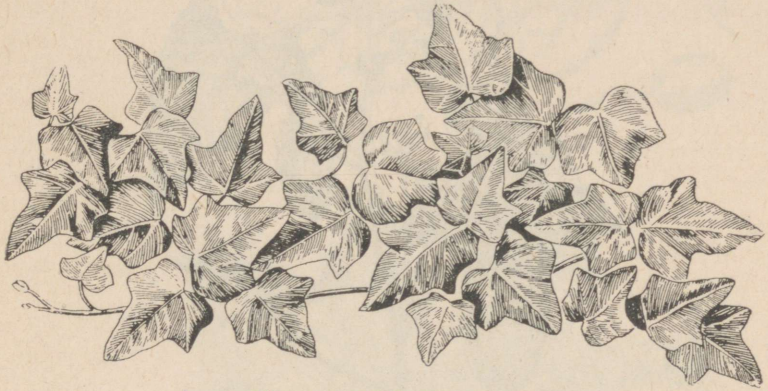
I — viigipuu *(Ficus carica):* a — oks liitviljadega, b — liitvili läbilõikes; II — valge mooruspuu *(Morus alba):* *a* — oks emasõitega, *b* — oks isasõitega, *c* — isasõis, *d* — liitvili.

Lumepiirist madalamal on Kaukasuse mäed kattunud lopsaka rohttaimestikuga, mis moodustab niinimetatud alpi-karjamaad. Siin esinevad ebaharilikult suured kellukalised, emajuurelised, magunalised, tulikalised, korvõielised *(*Inula magnifica)*, suured sarikalised *(Heracleum)* jt., samuti ka toredad liilialised ja tihedalt põõsaid põimivad kanarbikulised — rododendronid *(*Rhododendron caucasicum* Pall.), kollakas-roosakasvalgete õitega, ja kollaste õitega asalead *(*Azalea pontica* L.) (joonis 266). Kõrgmäestiku taimede hulka kuulub ka *kaukaasia mustikas *(Vaccinium arctostaphylos* L.), mille lehti kasutatakse teena. Alpi-karjamaadel kasvab palju häid söödataimi ja seepärast karjatatakse seal veiseid ja väiksemaid loomi.

Karjamaadest madalamal on Kaukasuse mägede nõlvad kattunud okasmetsadega, mis koosnevad kõrgetüvelistest *kaukaasia nulgudest

(*Abies Nordmanniana* Link) ja *idakuuskedest (*Picea orientalis* Link et Carr.). Veel madalamal on mäenõlvad kattunud lehtpuude tihedaist rägastikest, milledes domineerivateks puudeks on *pöökpuud (*Fagus silvatica* L., *F. orientalis* Lipsky), *valgepöögid (*Carpinus betulus L.*), *pärispuud (*Castanea vulgaris* Lam.), tammed (*Quercus pedunculata* Ehrh. jt.), jalakad (*Ulmus*), *tselkovad (*Zelkowa*), saared. Levinud on ka õunapuud, pirnipuud, *kirssploomipuud (*Prunus divaricata* Led.), *aed-kontpuud, maguskirsipuud *kreeka-pähklipuud (*Juglans regia* L.) ja *viigipuud (*Ficus carica* L.); viimaseid kasvatatakse eelkõige nende maitsvate viljade tõttu.

*Viigipuu (joonis 267, I) on mooruspuuliste sugukonnast, millesse kuulub ka veel *mooruspuu (*Morus alba* L.) (joonis 267, II), mille lehti kasutatakse siidiusside toitmiseks. Rioni jõe madalmiku ehk Kolhise metsa aluspuistu koosneb arvukatest põõsastest, milledest mitmed on igihaljad, näiteks



Joonis 268. Luuderohi (*Hedera helix*).



Joonis 269. Okastürn. (*Paliurus aculeatus*).

*loorberkirss (*Laurocerasus officinalis* Roemer), *astelpõõsas (*Ilex aquifolium* L.), *rododendron (*Rhododendron ponticum* L.) jt. Nende taimede lehed, nahkjad ja läikivad, ei lange talveks maha. Sagedasti põimuvad tihnikud tugevasti läbi liaanidega nagu luuderohud (**Hedera colchica C.* Koch, *H. helix* L.) (joonis 268), harilik elulõng (*Clematis vitalba* L.), humalad jt. Okastega varustatud põõsastik teeb tihnikud kohati täiesti läbipääsmatuks. Sellisteks põõsasteks on *okastürn (*Paliurus aculeatus* Lam.) (joonis 269), mille ogad suunduvad igasse külge, kitsemurakas (*Rubus*

fruticosus L.), laukapuu (*Prunus spinosa* L.), *ruskus (*Ruscus aculeatus* L.).

Kohati esinevad igihalja pukspuu (*Buxus sempervirens* L.), samuti ka jugapuu (*Taxus baccata* L.) paksud tihnikud. Need puud, milledel on väärtuslik puit, on tüüpilisteks väljasurevateks esindajateks tertsiaarajastust. Mererannikul esineb kohati *kaukaasia mände (*Pinus pithyusa* Stev., *P. nigra* Arn.).



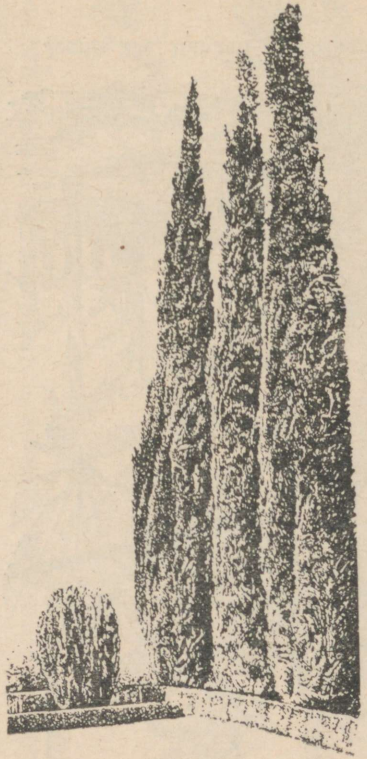
Joonis 270. Pritskurk *(Ecballium elaterium)*.

Krimmi mägede lõunanõlv on samuti kattunud puistaimestikuga, kuid see ei saavuta siin sellist lopsakat arengut kui Kaukaasias. Peale tamme, saare, valgepöögi, pöökpuu, pihlaka, vahtra ja teiste puude esinevad siin ka igihaljad põõsad ja puud, näiteks okaspuudest kadakad (**Juniperus excelsa* M. B., **J. oxycedrus* L.) ja männid, samuti ka lehtpuud, nagu *krimmi arbuutus ehk maasikapuu (*Arbutus andrachne* L.) kanarbikuliste sugukonnast, *ruskus *(Ruscus)* liilialistest, luuderohi (*Hedera helix* L.) araalialistest.

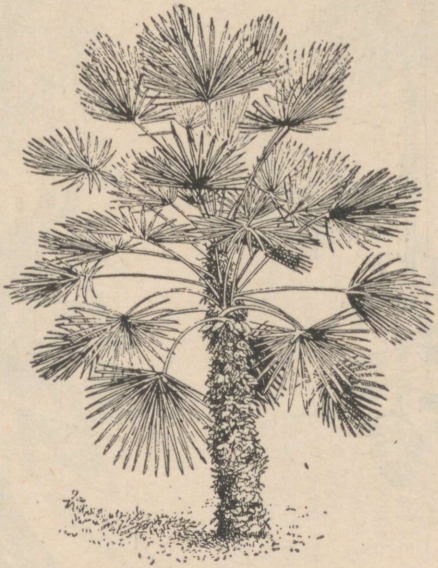
Varisevate lehtedega põõsastest ja puudest on levinud *okastürn, kitsemurakas, *päris parkmullapuu (*Rhus coriaria* L.), *põõsas-jasmiin (*Jasminum fruticans* L.), *tärpentini-pistaatsia (*Pistacia mutica* F. et M.), *harilik mungapipar (*Vitex agnus castus* L.) raudürdilistest, *torkav tuhkpuu (*Cotoneaster pyracantha* Spach) ja palju teisi.

Bioloogiliselt huvitavateks rohttaimedeks on väga torkavad korvõielised (**Cirsium echinocephalum* Spreng., **Centaurea calcitrapa* L. jt.), eriti pikkade juurtega *rohtkappar (*Capparis herbacea* Willd.), rohke mürgise piimmahlaga *kare piimalill (*Euphorbia rigida* M. B.) ja *pritskurk (*Ecballium elaterium* Rich.), mis paiskab jõuga välja oma seemned (joonis 270).

Musta mere rannikul Kaukaasias ja Krimmis kultiveeritakse palju väärtuslikke taimi. Ühtedel neist on peamiselt dekoratiivne tähtsus, teised on väärtus-



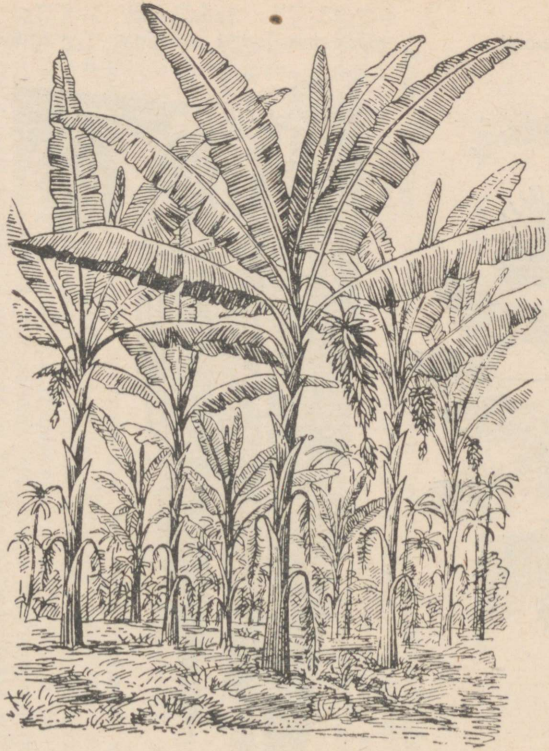
Joonis 271. Küpress *(Cupressus sempervirens)*.



Joonis 272. Kääbuspalm *(Chamaerops)*.



Joonis 273. Loorberipuu *(Laurus nobilis)*.



Joonis 274. Banaan *(Musa sapientum)*.



Joonis 275. Agaav *(Agave americana)*.



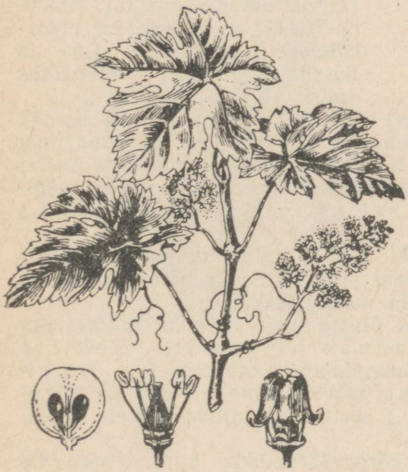
Joonis 276. Teepõõsas *(Thea sinensis)*.

likeks põllumajanduskultuurideks. Musta mere rannik Kaukaasias on täie õigusega omandanud Nõukogude lähistroopika nimetuse.

Dekoratiivsed taimed, mis on sisse toodud teistest soojadest maadest (Lõuna-Aasiast, Kreekast, Jaapanist, Ameerikast, Aafrikast), annavad Musta mere rannikule omapärase võlu.

Okaspuudest paistavad silma *küpressid (*Cupressus sempervirens* L. var. *pyramidalis*, var. *horizontalis*) (joonis 271), *idakuused (*Picea orientalis* Link et Carr.), pikaokkalised männid (**Pinus Laricio* Poir. **P. cembra* L.), elupuud (*Thuja*), *krüptomeeriad (*Cryptomeria*), *taksoodiumid ehk sooküpressid (*Taxodium*), *seedrid (*Cedrus*), nulud (*Abies*), jugapuud (*Taxus*), *mammutipuu (*Sequoia*) ja hõlmikpuu (*Ginkgo*). Dekoratiivseiks puudeks on Musta mere rannikul ka palmid (*Palmae*) — kõrged üheidulehelised taimed. Oma kodumaal troopikamaades on neil mitte ainult dekoratiivne tähtsus, vaid nad annavad inimestele kõik vajaliku. Palme on tuntud üle 1000 liigi: *datlipalm (*Phoenix dactylifera* L.) ja *kookospalm (*Cocos nuccifera* L.) annavad kodumaal maitsvaid ja toitvaid vilju; *rafiapalm (*Raphia*) annab tugevat kiudu, *kääbuspalm (*Chamaerops*) — taimekarvu (joonis 272). Kääbuspalmide seemned valmivad Musta mere rannikul hästi. Dekoratiivse tähtsusega on ka mitmesugused akaatsiad (**Acacia dealbata Link, *A. julibrissin* Willd.) mimoosiliste sugukonnast kahelisulgjate liitlehtedega, *gleditšia (*Gleditschia*), *tekooma (*Tecoma*) ja *hiina glütsiinia ehk vistaaria (*Wistaria sinensis* DC.); viimane on vääntaim ilusate õitega; *magnoolia (*Magnolia*) — suurte valgete lõhnavate õitega puu. Põõsastest kasvatatakse *oleandrit (*Nerium oleander L.*), ligustrit (*Ligustrum*), kikkapuid (*Evonymus*), *loorberkirssi, *pukspuid ja *loorberipuid (*Laurus nobilis* L.), millede lehti kasutatakse maitseainena toitude valmistamisel (joonis 273).

*Banaanid (*Musa Basjoo* Sieb. et Zucc.) ilustavad aedu ja parke. Banaan on rohttaim; tal on vähearvuliselt suuri lehti. Troopikakliimas annab banaan kuni 30 kg toitvaid partenokarpseid vilju (joonis 274). Manilla kanepit saadakse banaani liigilt *Musa textilis*. Aedade ja parkide ilu täiendavad mitmesugused okastega sukulendid: *kaktused, *opuntsiad, *agaavid.



Joonis 277. Viinapuu (*Vitis vinifera*): vasakul vili, keskel õis, paremal — õis pakatamismomendil.



Joonis 278. Õlipuu (*Olea europaea*).

Viimane neist, ameerika agaav (*Agave americana* L.), on Lõuna-Ameerika taim, mis kuulub amarülliliste sugukonda (joonis 275). Agaav õitseb ainult üks kord 15—30 aasta kestel, mille järel ta sureb. Agaavi kasutatakse kodumaal kiutaimena. Mõned agaavi liigid annavad palju magusat mahla.

Eriti väärtuslikeks kultuurideks Musta mere rannikul on järgmised, mille kultiveerimisele pööratakse praegu erilist tähelepanu.

*Teepõõsas (*Thea sinensis* L.) (joonis 276) kuulub teeliste (*Theaceae*) sugukonda. Seda kasvatatakse igihaljaste põõsastena. Tee valmistamiseks kogutakse noored lehed (fleešid), mis on rikkad parkainetest, alkaloididest ja fermentidest. Teepõõsa kodumaa on Lõuna-Hiina ja Indo-Hiina. Meil kultiveeritakse teepõõsast Kaukaasia Musta mere rannikul Sotšist lõuna poole kuni Batuumini. Viimastel aegadel on teekultuur nihkunud põhjapoolsematesse rajoonidesse.



Joonis 279. Sidrunipuu (*Citrus limonia*).

*Viinapuu (*Vitis*) (joonis 277) on ronitaim, kuulub viinapuuliste (*Vitaceae*) sugukonda. Perekonnas *Vitis* on ligi 30 liiki, milledest suurem osa esineb Ameerikas ja Aasias. Krimmis, Kaukaasias ja Kesk-Aasias kasvatatakse paljusid *kultuur-viinapuu (*Vitis vinifera* L.) sorte. *Isabella viinapuu (*Vitis labrusca* L.) on levinud Kaukaasias.

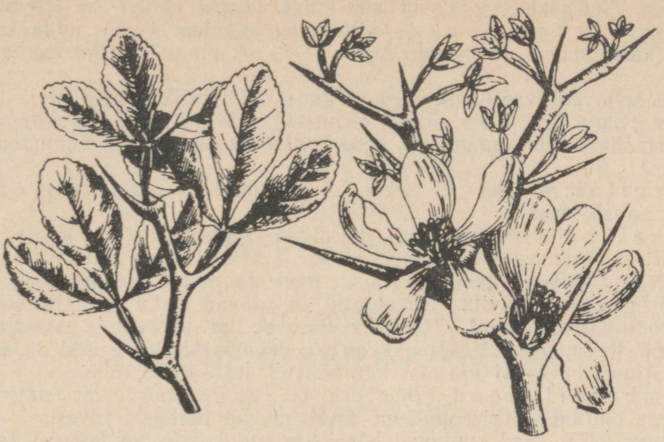
*Õlipuu (*Olea europaea* L.) (joonis 278) on puu hõbehallide lehtedega, mida kasvatatakse Musta mere rannikul toitvast oliivõlist rikaste viljade pärast. Õlipuuliste sugukonda kuuluvad ka dekoratiivpõõsad harilik sirel (*Syringa vulgaris* L.), harilik liguster (*Ligustrum vulgare* L.), *suureõieline jasmiin (*Jasminum grandiflorum* L.) ja harilik saar (*Fraxinus exelsior* L.).

*Mandariinipuu (*Citrus reticulata*), *sidrunipuu (*Citrus limon*) (joonis 279) ja *apelsinipuu (*Citrus sinensis* L.) on igihaljad puud, mis kuuluvad ruudiliste (*Rutaceae*) sugukonda. Nende kodumaa on troopiline Aasia; neid kasvatatakse suure eduga Musta mere rannikul Kaukaasias. Neid poogitakse vastupidavamale *kolmelehesele tsitrusele (*Citrus trifoliata* L.) (joonis 280).

*Kakiploomipuu (*Diospyros kaki* L. f.), mis kuulub eebeniliste (*Ebenaceae*) sugukonda, annab suuri punaseid magusaid vilju. Kodumaaks on Lõuna-Jaapan ja Hiina. Kasvab hästi Musta mere rannikul.

Peale ülalloetletud taimede kasvatatakse Musta mere rannikul mitmesuguseid õunapuude, pirnipuude, maguskirsipuude, pähklite (fundukite), ploomide, *mandli (*Amygdalus communis* L.), *aprikoosi (*Armeniaca vulgaris* L.), *persiku (*Persica vulgaris* L.) ja *kaukaasia granaadi (*Punica granatum* L.) sorte ning mitmesuguseid köögiviljade ja marjapõõsaste kultuure.

Tehnilistest kultuuridest kasvatatakse kõrgeväärtuslikke tubakasorte (*Nicotiana tabacum* L.); kultiveeritakse ka mitmesuguseid eeterlike õlide taimi — *roosat pelargooni (*Pelargonium roseum* Hort.), *lavendlit (*Lavandula vera* DC.), *rosmariini (*Rosmarinus officinalis* L.), *tuberoosi (*Polianthes tuberosa* L.), *kampripuud (*Cinnamomum camphora* L.);



Joonis 280. Kolmelehene tsitrus *(Citrus trifoliata)*.



Joonis 281. Palmliilia *(Yucca)*.



Joonis 282. Bambuspilliroog *(Phyllostachis)*.

kiutaimedest — *linaliiliat ehk uusmeremaa lina (*Phormium tenax* Forst.), *palmliiliat ehk tääkliiliat (*Yucca gloriosa* L.) (joonis 281), *ramjeed *(Boehmeria)*, *pueraariat (*Pueraria Thunbergiana* Berg); pesukäsnana

tarvitatakse *käsnkõrvitsat ehk lufat (*Luffa cylindrica* Roem.); mainimist väärivad ka *uniohakas (*Dipsacus fullonum* Mill.), mida kasutatakse kangaste karestamisel, ja gutapertšipuu — *eukommia (*Eucommia ulmoides* Oliv.).

Peale selle kultiveeritakse veel järgmisi väärtuslikke puid.

*Tungpuu (*Aleurites Fordii* Hemsley) piimalilleliste sugukonnast annab kõrgeväärtuslikku õli kummi- ja lakkvärvitööstusele. Tema kodumaa on Ida-Aasia.

*Korgitamm (*Quercus suber* L.) pöökpuuliste sugukonnast on igihaljas puu ning annab korki.

*Eukalüptid (*Eucalyptus*) mürdiliste sugukonnast on kõrged igihaljad puud, millede kodumaaks on Austraalia, kus nad saavutavad kõrguse kuni 150 m. Nad kasvavad hästi ka Musta mere rannikul. Nende lehed asetsevad päikesekiirte suhtes serviti. Eukalüptid aurutavad palju vett ja soodustavad seega soode kuivendamist. Neid kasutatakse ka parkainete saamiseks ning eukalüptiõli tootmiseks. Väärtuslik on ka eukalüptide puit, sest ta ei mädane kergesti. Ainult harvadel aastatel kannatavad eukalüptid külmast.

*Bambuspillirood (*Bambusa* ja *Phyllostachis*) on mitmeaastased taimed, mis paljunevad risoomidega ning omavad tugevaid tüvesid — puitunud kõrsi (joonis 282). Nad kuuluvad kõrreliste sugukonda, on levinud Jaapanis ja Kagu-Aasias. Suure arvu varrelülide tõttu (50—60) kasvavad bambuste tüved 4—7 nädala kestel täie pikkuseni, andes mõnikord juurdekasvu 50—100 sm ööpäevas. Tüvesid kasutatakse ehitusmaterjaliks, mööbli ja muusikariistade valmistamiseks, veetorudeks, raadiomastideks ja suusakeppideks.

Peale ülalloetletute katsetatakse paljude teiste kasulike taimedega (kiniinipuu, paberipuu, seebipuu jne.).

NSV Liidu floora rikkus ja taimestiku vööndiline jaotus põhineb mullastiku ja kliima mitmekesisusel, ulatudes polaarsest vööndist kuni lähistroopiliseni. Taimeriik ei ole siin midagi stabiilset, vaid allub alalistele muutustele.

Kõrge tehnikaga varustatud inimese tegevus põhjustab põhjalikke muutusi taimestiku paigutuses: ürgmetsad annavad maad põllukultuuridele, põliselt kasutamata maad küntakse üles ja muudetakse põllumajanduslikeks kõlvikuteks, stepialadel toimub metsastamine. Paljudes kohtades säilib looduslik taimkate vaid looduskaitsealadel, kuigi paljudes maakera osades, eriti aga just NSV Liidus, esineb veel palju puutumatuid taimseid ressursse (Taga-Kaukaasia, Amuurimaa, Altai eelmägede, Siberi taiga jne. taimkate).

NSV Liidu tingimustes oleneb põllumajanduskultuuride paigutus riikliku plaani üldistest ülesannetest. Ainult meie tingimustes teostatakse edukalt uute taimede laialdast kultuuristamist, isegi taimede loomuse ümberkujundamist, kultuuride nihutamist põhjarajoonidesse, steppide metsastamist, uhteorgude ja tuiskliivade kinnistamist jne., millest võtavad osa laialdased töötajate hulgad loovas töös põllumajanduskultuuride saagirikkuse tõstmiseks.

KOLMAS OSA

TAIMEFÜSIOLOOGIA

XII PEATÜKK

TAIMEDE KEEMILINE KOOSTIS

1. TAIMEDE ELEMENDILINE KOOSTIS

Taimede elunähtustest arusaamiseks ei piisa tutvumisest nende organite ja rakkude ehitusega, selleks on vaja teada ka taimede keemilist koostist.

Taimed koosnevad veest, orgaanilistest ja anorgaanilistest ehk tuhkainetest. Vee kogus leitakse taime kuivatamisel 105—110°-ses temperatuuris kuni püsiva kaaluni. Lahutades kuivatatud taime kaalu tema esialgsest kaalust, saame vee kaalulise koguse. Kuivatatud taim koosneb kuivainest. Vee kogus on eri taimedes ja sama taime eri organites väga mitmesugune.

Vee ja kuivaine ligikaudne kogus eri taimedes ja nende organites on järgmine:

Taimede nimetused	Vett %%-des	Kuivainet %%-des
Söödanaeri juured	92	8
Söödapeedi „	88	12
Kaalika „	87	13
Porgandi „	86	14
Maapirni mugulad	80	20
Kartuli mugulad	75	25
Salati lehed (noored, kollased)	88	12
Maisi haljasmass	83	17
Viki ja kaera haljasmass	82	18
Nisu terised	14	86
Lupiini seemned	13	87
Sojaoa „	9	91
Lina „	8	92
Seened	92—95	5—8

Üldistades neid ja teisi sedalaadi andmeid võime öelda, et taimede mahlakad osad (lehed, rohtsed varred, õied, mugulad, lihakad juured ja mahlakad viljad) sisaldavad ümmarguselt 80—90% vett, taimede kuivad osad (seemned, kuivad varred ja kuivad viljad) aga 10—12% vett.

Vesi on kõikide organismide elu alus. Ainete sisenemine ja vahe-

tus ning nende liikumine taimes on võimalikud vaid vee olemasolul. Vesi põhjustab rakuturgorit ja samuti rakkude ja taime kasvamist; vesi on vajalik süsiniku assimileerimiseks ja kõikideks teisteks eluprotsessideks.

Kuumutades taime kuivainet tiiglis, võime teda söestada ja ära põletada. Täielikuks põletamiseks on vajalik tiigli kestev kuumutamine kõrgel temperatuuril. Tiigli põhja jääb siis mittepõlev hall jääk, mida nimetatakse tuhaks. Taime ärapõlevat osa nimetatakse orgaaniliseks aineks.

Tuha kogus taimedes on väga kõikuv. Taime kuivaine sisaldab keskmiselt 5% tuhka. Taime üksikute organite tuhasisaldus kaldub sellest keskmisest arvust tunduvalt kõrvale. Keskmiselt sisaldavad tuhka: seemned — 3%, lehed — 12%, juured ja rohtsed varred — 4—5%, puit — 1% ja koor — 5% ümber. Noored, elujõulised taime osad sisaldavad rohkem tuhka. Ühes ja samas taime organis võib tuha kogus muutuda. Taime arenedes tuha kogus lehtedes suureneb, juurtes ja vartes aga väheneb. Vees kasvavad taimed sisaldavad tuhka rohkem, maismaal kasvavad aga vähem. Vetikad koguvad endisse tuhka kuni 50% ja rohkemgi. Taimede tuha kogus oleneb ka kliimast, pinnasest ja paljudest teistest teguritest.

Taimede tuha keemilised analüüsid näitavad, et see koosneb peaaegu kõigist vees ja mullas leiduvatest elementidest. Taimede tuhas leidub üle poole kõigist tuntud elementidest. Metallidest esinevad sagedamini K, Ca, Mg, Fe, Na, Zn, Al, Mn jt.; mittemetallidest — S, P, Cl, Si, J, Br ja B. On leitud koguni niisuguseid elemente, nagu Au, Ag, Li ja Rb.

Taimede tuhas leiduvate elementide hulgast on ainult mõned taimede arenemiseks tingimata vajalikud, kuna enamik neist satub taime juhuslikult. Sagedamini esinevatest elementidest on taimele rohkem vajalikud K, Ca, Mg, Fe, S, P ja mõned teised. Elementide tähtsust on lähemalt käsitletud peatükis taimede toitumisest.

Kuivaine orgaaniline osa (95%) koosneb süsinikust (C), vesinikust (H), hapnikust (O) ja lämmastikust (N). Neid elemente nimetatakse organogeenideks. Põletamisel ühineb kuivaine süsinik õhu hapnikuga, moodustades süsihappegaasi, kuna vesinik ühinedes hapnikuga annab veeauru. Varem arvati, et orgaanilised ained tekivad ainult taim- ja loomorganismides. Nende tekkimist seostati «elujõuga». Kuid juba 1828. aastal sai teadlane Wöhler sünteetilisel teel esimese orgaanilise aine (kusiaine) ja alates sellest ajast, nagu teada, on välja arenenud süsinikuühendite keemia — orgaaniline keemia, mis toodab käesoleval ajal hulgaliselt orgaanilisi ühendeid sünteetilisel teel.

Suurearvulised täpsed analüüsid näitavad, et taimede kuivaine sisaldab keskmiselt (protsentides):

Süsinikku	45	Tuhka (keerulise koostisega)	5
Hapnikku	42	Lämmastikku	1,5
Vesinikku	6,5		

2. TAIMEDE KOOSTISE ORGAANILISED AINED

Orgaanilises keemias kirjeldatakse paljusid keerulisi orgaanilisi aineid. Meie peatume ainult nendel ainetel, mille tundmiseta on raske õppida botaanikat.

Orgaanilised ained jagunevad lämmastikuvabadeks ühenditeks, milledeks on lämmastikku mittesisaldavad C-, H- ning O-st koosnevad ühendid, ja lämmastikuühenditeks, mis sisaldavad ka lämmastikku.

Lämmastikuvabad ühendid

Neist me vaatleme süsivesikuid, rasvu, orgaanilisi happeid ja parkaineid.

Kõik need ühendid etendavad tähtsat osa taimede elus ja esinevad alati nii vegetatiivsetes kui ka paljunemisorganites.

Süsivesikud

Süsivesikud koosnevad süsinikust, vesinikust ja hapnikust. Viimased kaks elementi on omavahel samas hulgalises ühenduses kui veeski (H_2O), s. o. vesiniku aatomite teatava arvu kohta tuleb kaks korda väiksem arv hapniku aatomeid.

Süsivesikud jagunevad monosahhariidideks, disahhariidideks ja polüsahhariidideks.

Monosahhariididest on taimedes levinud heksoosid, millede koostis on $C_6H_{12}O_6$. Nende hulka kuuluvad glükoos, fruktoos jt.

a) Glükoos ehk viinamarjasuhkur, teisiti dekstroos. Nimetus «viinamarjasuhkur» näitab, et glükoosi esineb viinamarjades, kus teda leidub umbes 20%. Teda leidub veel õuntes, pirnides, ploomides, maguskirssides ja viigimarjades. Glükoos on kristalliseerumisvõimeline.

b) Fruktoos ehk puuviljasuhkur, teisiti levuloos. Fruktoos kristalliseerub raskesti, esineb koos dekstroosiga puuviljades, õite nektaariumides (meenäärmetes), sibulates jne.[1]

Heksooside omadused on järgmised. Nad on magusa maitsega ja lahustuvad kergesti vees. Heksooside primaarne moodustumine toimub lehtedes. Nad muunduvad kergesti tärkliseks, mis omakorda võib ferment diastaasi toimel üle minna suhkruks. See omadus on väga oluline: temal põhineb taimede toitumine. Glükoos ja fruktoos võivad kergesti difundeeruda rakust rakku ja taimes kiiresti edasi liikuda. Pärmseente mõjul käärivad heksoosid kergesti ja muunduvad piirituseks (sellest vt. lähemalt teemas «Kääri-

[1] Fruktoosi nimetatakse levuloosiks seepärast, et teda läbides pöördub valguse polariseeritud kiir vasakule. Vastupidiselt fruktoosile pöörab glükoos polariseeritud kiire paremale. Polariseeritud valguseks nimetatakse valgust, mis on lastud läbi kahekordse kiirtemurdumisega islandipaost prismade. Need prismad on polarisatsiooniaparaadi koostisosaks.

mine»). Heksooside iseloomulikuks ja tundlikuks reaktiiviks on sinine Fehlingi lahus, mille abil võib kergesti määrata ka nende väiksemaid koguseid: soojendamisel tekib tellispunane vase alahapendi sade.

Heksoose esineb taimedes mõnikord ühenduses aromaatsete alkoholide ja mõrude või sõõbivate ainetega. Neid ühendeid nimetatakse glükosiidideks, näiteks amügdaliin, millest oleneb mandli seemnete mõru maitse.

Disahhariidid on süsivesikud valemiga $C_{12}H_{22}O_{11}$. Nende hulka kuuluvad sahharoos ehk roosuhkur ja maltoos ehk 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 keetmisel väävelhappega 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 roosuhkrus selle mõjutamisel ferment invertaasiga, seepärast nimetatakse roosuhkru heksoosideks muundumist inversiooniks ja saadud heksooside segu — invertsuhkruks.

Roosuhkur on sama suhkur, mida tarvitatakse toiduks. Teda toodetakse ammust ajast troopikamail kasvava kõrrelise — suhkruroo *(Saccharum officinarum)* vartest. Teda esineb ka paljudes juurviljades, kõige rohkem suhkrupeetide juurtes (17—25%). Suhkrupeedist saadakse roosuhkrut suhkruvabrikutes. Sahharoos lahustub kergesti vees ja kristalliseerub hästi (peensuhkur). Ta ei taanda Fehlingi lahust. Sahharoosi määramisel tuleb teda esiteks inverteerida ja siis juba lisada Fehlingi lahust ning soojendada.

Maltoos tekib rohelistes taimedes tärklisest ferment diastaasi toimel:

$$2(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O = nC_{12}H_{22}O_{11}.$$

Maltoosi molekul hüdrolüüsub ferment maltaasi toimel kaheks heksoosi molekuliks:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 2C_6H_{12}O_6.$$

Maltoos taandab Fehlingi lahuse.

Polüsahhariidid on süsivesikud koostisega $(C_6H_{10}O_5)_n$. Polüsahhariide võib vaadelda kui ühendeid, mis koosnevad monosahhariidi mitmest molekulist, milledest on eraldunud niisama palju veemolekule.

$$nC_6H_{12}O_6 — nH_2O = (C_6H_{10}O_5)_n.$$

Molekulide arv n ei ole veel kõikides polüsahhariidides täpselt kindlaks määratud.

Taimedes esinevad järgmised polüsahhariidid: tärklis, inuliin, kiudaine ehk tselluloos ja hemitselluloos. Seentes leidub glükogeeni — loomorganismidele omast süsivesikut, mida seetõttu nimetatakse ka loomseks tärkliseks.

a) Tärklis on taimedes esinev kõigile tuntud aine. Primaarne tärklis tekib taime rohelistes osades, näiteks lehtedes, fotosünteesi tulemusena. Tärklis muundub lehtedes glükoosiks, mis sealt roodude kaudu ära voolab ja taime kasvavatesse osadesse või varuainete säilituskohtadesse suundub. Neis kohtades muundub glükoos uuesti tärkliseks, mis ladestub silmale nähtamatute väikeste terade näol. Niisugust tärklist nimetatakse sekundaarseks. Joonisel 14 on kujutatud mitmesuguseid mikroskoobis nähtavaid tärklisterade vorme.

Sekundaarse tärklise ladestumiskohtadeks on mugulate, juurte ja viljade rakkudes olevad leukoplastid.

Tärklise põhiomadused on järgmised: 1) ta ei lahustu külmas vees; 2) soojendamisel vees muundub ta kliistriks; 3) tärklisteradel on varjatud kristalne ehitus; 4) joodi lahuse toimel värvub tärklis siniseks, tumesiniseks, violetseks või mustaks (sõltuvalt lahuse kontsentratsioonist); 5) ferment diastaasi toimel muundub ta suhkruks.

Tärklise hulk taimedes on väga kõikuv: teraviljad sisaldavad teda 60—70%, kaunviljad — 35—40%, kartul — 15—25%.

b) Inuliin on paljude korvõieliste taimede maa-alustes organites säilitussüsivesikuna esinev polüsahhariid. Niisugusteks taimedeks on näiteks vaak *(Inula)*, daalia, maapirn *(Helianthus tuberosus)* jt. Inuliin on rakkudes lahustunud olekus. Kui hoida korvõieliste taimede juuri ja mugulaid piirituses, siis inuliin kristalliseerub välja sferokristallide näol.

c) Kiudaine ehk tselluloos ei lahustu vees, nagu tärkliski. Rakukestad koosnevad tselluloosist. Tema koostis on sarnane tärklise koostisega. Puhta tselluloosi näitena võime nimetada vatti, mis koosneb puuvillataime seemneid katvatest karvadest. Hea kvaliteediga filterpaber koosneb samuti puhtast tselluloosist. Tselluloos lahustub vask(II)hüdroksüüdi ammoniaagi lahuses. Väävelhappe toimel muundub tselluloos amüloidiks, mis on tärklisetaoline ja joodi mõjul siniseks värvuv kolloidne aine. Koondatud väävelhappes tselluloos lahustub, muundudes glükoosiks. Tselluloosi reaktiiviks on kloor-tsink-jood. Tsinkkloriid muundab nagu väävelhapegi tselluloosi amüloidiks, mis siis värvub joodi mõjul. Joodi toimel värvub tselluloos kollaseks. Ferment tsütaas muundab tselluloosi monosahhariidiks. Tselluloos etendab tähtsat osa tööstuses (kangad, paber, tselluloid, püroksüliin).

Taime rakkude tselluloossed kestad puituvad ja korgistuvad tihti (vt. lk. 44—45).

Tselluloosi ja ligniini (puitaine) hulk kõigub eri taimedes ja nende osades tugevasti. Näiteks paljasteraliste kõrreliste (rukki, nisu) viljad sisaldavad 3—4% tselluloosi ja ligniini, sõklasteraliste kõrreliste (odra, kaera) viljad aga 8—10%, hein — 34%, kaeraõled — 40%, rukkiõled — kuni 54%.

d) Hemitselluloos on koostiselt tselluloosiga sarnane säilitusaine. Ta ei lahustu vees, kuid lahjendatud happed hüdro-

lüüsivad teda, kuna tselluloos hüdrolüüsub kontsentreeritud hapete mõjul.

Hemitselluloos ladestub kõrreliste (rukki, maisi jt.) teriste raku kestades, lupiini, datlipalmi ja palmi *Phytelephas macrocarpa* seemnetes. Selle palmi seemneid kasutatakse nende kõvaduse tõttu nööpide valmistamiseks (nn. «taimne elevandiluu»). Seemnete idanemisel hemitselluloos lahustub, muundudes fermentide toimel suhkruks, mida idu kasutab toiduks.

Taimerasvad ja eeterlikud õlid

Keemiliselt koostiselt on rasvad rasvhapete triglütseriidid. Rasvhapetest on tähtsamad palmitiin-, oleiin- ja steariinhape. 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 loksutamisel selles annavad emulsiooni. Taimedes nad esinevad protoplasmas.

Suuremas koguses leidub rasvu säilitusainena järgmiste taimede seemnetes: kanepil — 33%, linal — 34%, puuvillapõõsal — 34%, magunal — 41%, õlikaalikal (rapsil) — 45%, kõrvitsal — 50%, päevalillel — 53%, mandlipuul — 53%, kookospalmil — 66%. Taimi, mis on rikkad õli poolest, 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%; kartuli mugulad ja peedi juured sisaldavad samuti võrdlemisi vähe rasvu: kartul — 0,3%, peedi juured — 1%, viki rohelised varred — 0,6% ja kõrreliste varred — 0,7%.

Toodud arvudest võib esineda kõrvalekaldumisi, sõltuvalt kasvutingimustest ja sordist.

Rasvade omadused: 1) soojendamisel leeliste manulusel lagunevad (hüdrolüüsuvad) rasvad glütseriiniks ja rasvhapeteks (seebistumine); 2) lahustuvad kergesti eetris ja väävelsüsinikus; 3) muutuvad mustaks osmiumhappe toimel; 4) veega lahjendatud alkannatinktuuri toimel värvuvad 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 ja terpeene. Nad omavad aroomi, millest oleneb õite, noorte kevadiste pungade ning mõningate taimede (köömne, tilli, nõmmemündi, koriandri, kampripuu, okaspuude, pistaatsia jt.) kõikide osade lõhn. Eeterlikud õlid lenduvad kergesti ja seetõttu kaovad kergesti nende poolt paberile tekitatud õliplekid.

Orgaanilised happed ja parkained

Raku mahl on enamikul juhtudel happelise reaktsiooniga. Kui õunalõigule paneme sinise lakmuspaberi, siis muutub viimane silmapilkselt punaseks. Kui sinisel lakmuspaberil pigistada katki

taime narmasjuur või panna sinine lakmuspaber leherootsu lõigu ligi, siis võib kergesti märgata selle punaseks muutumist. Taimede mahla happesus on tingitud orgaanilistest hapetest, milledest on rohkem levinud oblik-, õun-, sidrun-, viin- ja merivaikhape. Oblikhapet esineb taimedes väga tihti oblikhapu kaltsiumi (CaC_2O_4) pisikeste kristallide näol. Orgaanilised happed ja parkained on lämmastikuvabad ained.

Parkaineid leidub puukoores (tamm, akaatsia, paju jt.), lehtedes ja vartes [badaan (*Bergenia crassifolia*)]. Parkaineid sisaldavaid taimi nimetatakse parketaimedeks, sest neid kasutatakse nahaparkimiseks. Parkainete reaktiiviks on rauasoolade, näiteks kloorraua ja rauavitrioli lahused, mis põhjustavad parkainete värvumist sinakasmustaks. Kui valada katseklaasi taime koore leotist ja lisada sinna mõne rauasoola lahust, siis tekib must värvus. Kui lõigata noaga valmimata õuna või pirni, siis muutub noa pind mustaks. Palju parkaineid koguneb nn. gallidesse, mis tekivad näiteks tamme lehtedel kui lehe epidermise alla muneb pahkvaablane. Parkaineid leidub ka okaspuudes, kastani puidus, teepõõsa lehtedes, vetikates ja seentes; neid pole leitud ainult bakteritel. On võimalik, et parkained täidavad taimedes mädanemisvastase vahendi osa; oletatakse, et seentes nad on kasutatavad varutoitainena. Kuid täielikult on nende tähtsus seni veel selgitamata.

Lämmastikuühendid

Lämmastikuühenditest on taimedes eriti levinud valkained. Keerulisi süsinikust, vesinikust, hapnikust, lämmastikust ja väävlist ning vahel ka veel fosforist koosnevaid orgaanilisi aineid, mida esineb igas taim- või loomorganismis, nimetatakse valkudeks. Eri valkude molekulid on väga mitmekesised ja väga keerulise ehitusega. Igaühele on hästi tuntud kanamunavalge, mis on varuaineks munas arenevale lootele. Valgud on kolloidid ning koosnevad suurtest molekulidest. Valkude kristalle esineb erandjuhtudel. Taimed on vaesemad valkainete poolest kui loomad, kuid iga elus rakk sisaldab tingimata valku. Valk kuulub raku elusate osade (protoplasma, raku tuuma, plastiidide) koostisse. Ta moodustab ka säilitusaineid (aleuroonterade näol).

Valkainete jaotus taimes ei ole ühtlane. Kõige rohkem on valke taime noortes osades, juurte ja varte tippudes, pungades, noortes lehtedes, õites ja seemnetes; vastupidi — kasvamise lõpetanud vanad varred, juured ja lehed sisaldavad vähem valke. Hein, mis on koristatud õitsemise ajal, on protsendiliselt rikkam valkude poolest kui vana hein. Valkainete poolest on liblikõielised rikkamad kui teistesse sugukondadesse kuuluvad taimed. See on seotud liblikõieliste taimede erilise toitumisviisiga (vt. lk. 464).

Mõned enamlevinud valkude liigid:

a) Albumiinid, näiteks kanamuna valk. Need on vees kergesti lahustuvad valgud, mis temperatuuril 70—75° kergesti kal-

genduvad kas räitsakalise massina, kui nad esinevad lahusena, või pideva tahke massina, kui muna keedetakse. Albumiine esineb sagedamini loomorganismis.

b) Globuliinid on taimedes väga levinud valgud ning neid leidub seemnetes, juurtes ja vartes säilitusainena. Need on vees lahustumatud valgud, kuid nad lahustuvad keedusoolalahuses. Globuliine leidub samuti kanamuna valgus. Nende koostisse kuuluvad C, H, O, N ja S.

Teraviljade jahu koostisse kuuluvad peale tärklise ka valkained (gliadiin ja gluteniin), mida võib kergesti eraldada, näiteks nisujahust, pihkaine näol.[1]

Selleks niisutatakse kaalutud hulk jahu (näiteks 150 g) veega ja valmistatakse tihe tainas. Kui tainas on küllastatud veest, tuleb hakata teda muljuma ja vähehaaval uhtma veejoaga, nii et uhtmisvesi koguneks marliga kaetud klaaspurki. Lõpuks jääb kätte veniv mass — pihkaine, mis pärast põhjalikku uhtmist ei kleepu enam sõrmede külge, vaid koguneb ühte tompu, mida võib venitada kui kummi. Pihkaine on tähtis leivaküpsetamisel. Tehakse vahet hästiveniva ja vähheveniva pihkaine vahel. Hästiveniva pihkaine olemasolu jahus annab leivale teatava poorsuse — üsna tähtsa omaduse, sest niisugune leib omastatakse organismi poolt paremini. Kui toimida hästi uhetud pihkainele joodi lahusega, värvub ta kollaseks. Uhtmisel koguneb klaaspurki tärklis, mis järk-järgult sadeneb. Tärklist võib koguda, kuivatada ja ära kaaluda.

c) Proteiidid, liitvalgud on ühendid, milledes valgud on seotud teiste orgaaniliste ainetega. Rakutuumade koostisse kuuluvad nukleoproteiidid, mis on levinud taime- ja loomarakkudes. Nad koosnevad valkudest ja nukleiinhapetest. Iseloomustavaks on nukleoproteiididele, et nad, erinevalt eelpool nimetatud valkudest, sisaldavad peale C, H, O, N ja S veel fosforit (P). Need valgud ei lahustu vees ja on happelisema reaktsiooniga kui eelmised rühmad. Glükoproteiidid on limaained, mida leidub taime- ja loomarakkudes; neis on valkained seotud süsivesikutega.

Valkude kestval soojendamisel hapete (näiteks 20%-lise väävelhappe) manulusel lagunevad (hüdrolüüsuvad) valgud lihtsamateks kristalseteks aineteks — amiinhapeteks. Taimorganismides toimub valkude lagunemine eriliste rakusiseste fermentide abil, mida käsitletakse lähemalt lk. 492. Valgud lagunevad lihtsamateks ühenditeks, milledeks on albumoosid, peptoonid ja peptiidid. Viimased lagunevad edasisel hüdrolüüsimisel amiinhapeteks (glükokoll, leutsiin, türosiin, asparagiin jt.). Valkude laguproduktid on hästi lahustuvad ja võimelised tungima läbi taime- ja loomakilede; seda võimet ei ole lagunemata valkudel.

Valkude kindlakstegemiseks kasutatakse järgmisi reaktsioone: 1) kui valke soojendada elavhõbe(I)nitraadi ja lämmastikhappe

[1] Albumiinid, globuliinid, gliadiinid ja gluteniinid kuuluvad proteiinide ehk lihtvalkude hulka. *Toim.*

manulusel, siis värvuvad nad tellispunaseks; 2) koondatud lämmastikhappe toimel valgud koaguleeruvad ja värvuvad helekollaseks (ksantoproteiinreaktsioon); 3) sööbekaaliumi ja nõrga vasevitrioli lahuse segus annavad valgud punase värvuse violetse varjundiga (biureetreaktsioon); 4) kui lisandada valgule seatinaoksüüdi lahust leelises, siis tekib soojendamisel valkude väävlisisalduse tõttu must seatinasulfiidi sade.

Valkude kindlakstegemise tarvitatumaks reaktsiooniks on biureetreaktsioon.

Valk- ja teiste lämmastikainete hulk mitmesugustes taimedes on tugevasti kõikuv. Kõige rohkem valkaineid sisaldavad liblikõieliste taimede seemned: sojauba — 40%, lupiin — 35%, uba — 24% ja herne seemned — 22%. Teraviljade terised sisaldavad valkaineid kaks-kolm korda vähem: nisu — 13—20%, mais ja oder — 10%; lina seemned — kuni 23%; viki haljasmass — 4%, ristiku haljasmass — 5%; peedi juured — 1%; kartulimugulad — 2%. Seentes on valkaineid palju — kuni 53%.

Allpool toome mitmesuguste taime organite ligikaudse kvantitatiivse keemilise koostise. Nendest andmetest on näha, millistes erinevates hulkades kogunevad orgaanilised ained mitmesugustes taimedes. Arvudega tutvudes tuleb meeles pidada, et need on paljude analüüside keskmised andmed, millest võib esineda kõrvalekaldumisi ühele ja teisele poole; see sõltub välistingimustest (mullast, kliimast, ilmastikust), milledes taim on arenenud, samuti sordist, küpsuse astmest, säilitamise kestusest jne. Nii näiteks on tabelis näidatud lämmastikainete hulk nisu teristes 13%, kuid on ka nisu sorte, mis sisaldavad üle 20% lämmastikaineid.

Sisaldus (% %-des) / Taimede organid	Vesi	Tuhk	Puitaine ja tselluloos	Lämmastikained	Süsivesikud: tärklis, suhkur jt.	Rasv
Nisu terised (teraviljad) . . .	14,4	1,7	3,0	13,0	66.4	1,5
Lupiini seemned (liblikõielised)	12,8	3,5	13,8	35,4	29.2	5,3
Lina seemned (õlitaimed) . .	7,7	3,5	8,8	23,0	22,0	35,0
Kartuli mugulad (mugulviljad)	75,0	0,9	1,1	2,0	20,7	0,3
Söödapeedi juured (juurviljad)	88,0	0,8	0,9	1,1	9,1	0,1
Haljasvikk õitsemise ajal (heinad)	82,4	1,7	6,0	3,8	5.5	0,6
Sojaoa seemned	9,8	4,3	5,1	37,5	24,9[1]	19,4

Taimedes leiduvad orgaanilised ained saavad liikuda rakust rakku ainult sel juhul, kui nad esinevad lahusena (kristalloidne olek). Enamik keerulisi orgaanilisi aineid on taimes mittelahustuvas (kolloidses) olekus ja nad on kasutatavad toitumis- ja hingamisprotsessideks ainult sel juhul, kui need orgaanilised ained hüdrolüüsuvad lihtsamateks ning lahustuvateks ühenditeks. Nendes

[1] Tärklist on sojaoas kokku 0,5%.

muundumistes on tähtis osa täita ensüümidel ehk fermentidel (diastaas jt.), mida käsitletakse üksikasjalisemalt XVI peatükis «Ainete muundumine taimedes».

Vitamiinid

Selle nimetuse all on tuntud ained, mis esinevad taimedes ja avaldavad suurt mõju ainevahetuse protsessidele ning on suure füsioloogilise aktiivsusega. Ehkki neid leidub võrdlemisi väikeste kogustena, võivad nad siiski mõjutada taimede kujunemise ja kasvamise protsesse.

Vitamiinid moodustuvad peamiselt taimorganismides; paljusid neist on uuritud keemiliselt, kuid neid on saadud ka sünteetilisel teel. Vitamiinid on vajalikud nii taimedele endile kui ka taimedest toituvatele loomadele ja inimesele. Vitamiinide osa taimede elus on seni vähe selgitatud, ehkki on juba kindlaid tõendeid selle kasuks, et üheks raku kasvu vajalikuks tingimuseks on vitamiini B_1 (aneuriini) olemasolu. See vitamiin võtab osa raku plasma ehitamiseks vajalike keeruliste orgaaniliste ainete sünteesist.

Uuritakse aktiivselt vitamiinide toimet loom- ja inimorganismile. Vitamiinide täielikul puudumisel toidus arenevad haigused, mis kannavad *avitaminoosi de* üldnimetust. Vitamiinide puudusel arenevad organismis mitmesugused häired ja nõrgeneb vastupanu nakkushaigustele (tuberkuloosile jt.).

Vitamiinide olemasolu lihas, kalarasvas, piimas, munades on seletatav nende tulekuga taimtoidust.

Toime järgi loomorganismile eristatakse seitset vitamiini, mida märgitakse ladina tähtedega (A, B, C, D, E, F, P).

A-vitamiini (kasvuvitamiini) puudumine põhjustab noorte organismide kasvu seisakut ning ka nägemishäireid ja pimedaksjäämist. Teda leidub värskes köögiviljas ja munades. Köögiviljadest on A-vitamiini poolest rikkad spinati lehed, tomati viljad, porgandi juured, herne rohelised viljad, ananasi liitviljad, loomsetest saadustest aga — värske või, kala-(tursa-)rasv ja munarebu. A-vitamiin tekib karotiini (taime oranžpigment) molekuli lagunemisel. Karotiini molekul lõhustub pooleks ning muutub hapnikuga ühinemisel kaheks A-vitamiini molekuliks.

B-vitamiini puudumine toidus põhjustab beriberi haigust (polüneuriit), mis avaldub organismi täielikus nõrkumises ja närvisüsteemi häiretes. B-vitamiini leidub paljudes puu- ja köögiviljades ning ka pärmis, teraviljade terade kestas ja aleuroonkihis.

Hiina ja Malai saarestiku vaesema elanikkonna ühekülgne toitumine kooritud riisiga, s. o. riisiga, mille teradelt on kõrvaldatud endospermi väline kiht, põhjustab beriberi haiguse levikut.

C-vitamiini puudumine toidus põhjustab skorbuuti, haigust, mille korral igemed tursuvad, hambad langevad välja ja ilmnevad teised rasked komplikatsioonid — südametegevuse häired ja kopsupõletik. Skorbuuti põevad eriti kaugeimate põhjarajoonide elanikud ja ka inimesed, kes toituvad kestvalt ühetaolisest konservtoidust. C-vitamiini leidub värskes köögiviljas (tomatites ja eriti nuikapsas), õuntes, viinamarjades, sidrunite ja apelsinide mahlas, jõhvikates, pohlades, maasikates, kibuvitsa viljades, mustsõstardes, samuti männi- ning kuuseokastes jne. C-vitamiini keemiline koostis on kindlaks tehtud ($C_6H_8O_6$ — askorbiinhape) ning teda saadakse juba sünteetilisel teel. C-vitamiin on samuti nagu B-vitamiingi vees lahustuv, kuna vitamiinid A, D ja E lahustuvad rasvades.

D-vitamiini puudumine põhjustab inglishaigust (rahhiiti), mis avaldub laste luukoe pehmumises. D-vitamiini leidub näiteks teraviljade teristes; peale selle tekib ta inimorganismis selle ravimisel ultravioletsete kiirtega (kõrgustikupäike) ja harilikul päevitusel. D-vitamiin on tähtis ka loomakasvatuses noorkarja kasvatamisel.

Ka E-vitamiin on tähtis loomakasvatuses; tema puudumine põhjustab sugunäärmete häireid, nurisünnitusi jne.

P-vitamiini puudumisel tekib haigus pellaagra.

Nii inimesele kui ka loomadele on vajalikud kõik vitamiinid. On kindlaks tehtud, et mitmed vitamiinid asetsevad suurtes kogustes otseselt epidermise all, näiteks õuntes, tomatites ja teistes puu- ning köögiviljades. Peale selle on kindlaks tehtud, et vitamiinide kogunemine taimedes oleneb sordist ja asukoha tingimustest: nii näiteks C-vitamiini hulk tomatites ja sidrunites suureneb kultuuride nihkumisel põhjapoolsematesse rajoonidesse. Vitamiinide tekkimise ja taimedesse kogunemise tingimuste tundmine on tähtis inimesele endale ja samuti ka loomakasvatuses. Loomadele on vajalikud mahlakad söödad — noor hein, juur- ning mugulviljad ja samuti hästi valmistatud silosööt.

Alkaloidid[1]

Neid aluseliste omadustega, enamikul juhtudel mürgiseid aineid leidub paljudes nõndanimetatud ravim- ja mürktaimedes ning nad avaldavad elusorganismile tugevat füsioloogilist toimet.

Alkaloidid on keerulise koostisega lämmastikained. Nendele vaadatakse kui ainetele, mis kaitsevad taimi taimesööjate loomade eest. Levinumad neist on järgmised: s o l a n i i n — kartuli rohelistes mugulates ja pealsetes; n i k o t i i n — tubaka lehtedes; a t r o p i i n — okasõunas ja karumustikas; k o f e i i n — kohviubades ja samuti teepõõsa lehtedes ning õites; l u p i n i i n — lupiinis; m o r f i i n — maguna piimmahlas; k i n i i n — kiinapuu koores jne. Enamik ravimeid saadakse ravimtaimede alkaloididest. Alkaloidid on tihti laste ja kariloomade juhuslike mürgituste põhjuseks.

Alkaloide leidub rakumahlas lahustunud olekus ja vaid harva surnud rakkudes tahkel kujul. Lahustunud rakumahlas esinevad alkaloidid oblikhappe-, sidrunhappe-, õunhappe- ja teiste orgaaniliste hapete soolade näol. Nad on sagedamini levinud maavitsaliste, magunaliste, tulikaliste jt. sugukondades. Taimedes leidub neid nii lehtedes, juurtes ja vartes kui ka seemnetes, õites ja viljades. Okaspuudest on mürgiste omadustega jugapuu.

XIII PEATÜKK

SÜSINIKU ASSIMILEERIMINE (FOTOSÜNTEES)

1. ÜLDMÕISTEID

Taimede kuivaine koostises on alati ligi 45% süsinikku. Valgud, rasvad ja süsivesikud, samuti ka teised taimede koostisse kuuluvad orgaanilised ained sisaldavad süsinikku kui üht põhielementi.

Taimed saavad toitumiseks vajaliku süsiniku õhust, mis sisaldab ligi 0,030—0,028% süsihappegaasi (CO_2). Et süsinik tuleb õhust, mitte aga mullast, tõestavad rohked katsed taimede vesi- ja liivkultuuridega. Neis katsetes ei saa süsinik tungida taimesse juurte kaudu, kuna vees ja samuti liivas, mida tarvitatakse neiks katseteks, pole süsinikku.

[1] Mitmesuguste alkaloidide nimetused tuletatakse taimede ladinakeelsetest nimetustest, näiteks solaniin — *Solanum*'ist, nikotiin — *Nicotiana*'st jne.

Kui võtame nõu destilleeritud veega ja lisame veele väikese koguse vajalikke mineraalsoolasid, millede hulgas puudub süsinik, kuid esineb lämmastik ja teised vajalikud elemendid (K, Ca, Mg, Fe, S, P jt.), siis niisuguses lahuses võib taim hästi areneda ja koguda endasse orgaanilisi, s. o. süsinikaineid (joonis 290). On ilmne, et taimede süsiniku allikaks on õhu süsihappegaas.[1]

Süsihappegaas tungib lehe rohelistesse rakkudesse difusiooni ja osmoosi teel. Valguse mõjul toimub lehtedes süsihappegaasist ja veest orgaaniliste ainete (süsivesikud jt.) moodustumine.

Süsiniku assimilatsiooniprotsessi keemiline olemus ei ole kõigis detailides veel selgitatud. Seda võib esitada järgmise skeemina:

$$6CO_2 + 6H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6O_2.$$

Suhkru iga gramm-molekuli (180 g) tekkimisreaktsioon nõuab energiakulu 674 kcal, mille rohelised taimed saavad päikesekiirtelt.

Liilialiste sugukonda kuuluvate taimede (sibul, liilia jt.) lehtedes tekib süsiniku sarnastamise tulemusena glükoos, mida võib kergesti kindlaks teha vastava reaktiivi abil (vt. lk. 434).

Tärklis tekib liilialiste lehtedes vaid siis, kui õhus on rohkesti süsihappegaasi. Taimede enamikul on süsiniku sarnastamise esimeseks nähtavaks produktiks tärklis, kuigi see on sekundaarne, suhkrust tekkinud produkt.

Süsihappegaasi absorbeerimisel taime poolt assimileerub süsinik, eritub aga hapnik, s. o. toimub hingamisele vastupidine protsess. Juba sellepärast on assimilatsioon vastandlik hingamisele, et hingamisel toimub keerukamate ainete lagunemine lihtsamateks aineteks, süsiniku assimileerumisel aga moodustuvad lihtsamatest ainetest keerukamad ained. Valguse käes toimuvad taimes mõlemad protsessid samaaegselt, kuid assimilatsioon on ülekaalus. Pimedas vastupidi — assimilatsioon lakkab, hingamine aga jätkub.

Assimilatsiooniprotsess toimub lehele langevate ja roheliste kloroplastide poolt neelatavate valguskiirte energia mõjul. *Assimilatsiooni nimetatakse veel fotosünteesiks, sest et rohelistes taimedes toimub valguse mõjul süsihappegaasist ja veest orgaanilise aine süntees.*

2. KLOROPLASTID JA KLOROFÜLL

Valgus püütakse kinni roheliste taimede rakkudes olevate kloroplastide poolt. Me teame, et klorofülli sisaldav kude (sammas- ja tohlkude) on eriti arenenud lehtedes, mistõttu assimilatsioon toimubki peaasjalikult nendes, ehkki assimileerivad samuti ka kõik teised rohelised organid. Klorofüll on pigment, mis sisaldub kloro-

[1] Viimastel aastatel on tõestatud taimede võime omastada juurte kaudu süsihapet ja karbonaate, mis toimetatakse mööda juhtkudesid lehtedesse ja kasutatakse seal ära fotosünteesiprotsessis, niisamuti nagu see süsihappegaas, mis tuleb lehtedesse õhust. Sel viisil võib süsihappegaasi taimesse tulla kuni 25% sellest kogusest, mis võetakse õhust lehepinna kaudu.

plasti stroomas ja on väga keeruka ehitusega. Ta lahustub hästi piirituses, bensiinis ja eetris.

Klorofülli saamiseks asetatakse värsked või kuivanud lehed piiritusse, mis omandab rohelise värvuse. Lehed muutuvad seejuures värvusetuks ja mikroskoopilisel uurimisel avastame, et lehe värvusetuks muutumine on seotud kloroplastide värvuse kaotusega.

Klorofülli küllalt koondatud piiritustõmbe õhuke kiht näib rohelisena, ta paks kiht aga laseb läbi ainult punaseid kiiri ja näib seetõttu punasena. Valguse peegeldunud kiirtes klorofüll näib kirsspunasena. Seda omadust muuta oma värvust erinevas valgustuses nimetatakse fluorestsentsiks.

Klorofülli piiritustõmbele (katseklaasis) bensiini juurdelisamisel saab klorofülli lahutada koostisosadeks: bensiini koguneb aeglaselt klorofülli smaragdroheline osa — päris klorofüll, piiritusse aga jääb kollane osa — ksantofüll. Kui katseklaasi, milles on klorofülli piiritustõmme, lisada tükike sööbekaaliumi, siis pärast loksutamist roheline klorofüll seebistub tekkinud piiritusleelise mõjul ja bensiini lisamisel koguneb katseklaasi põhja, kuna bensiini jääb oranži värvusega pigment — karotiin. Seda pigmenti leidub kromoplastides; temast näiteks oleneb söögiporgandi lihaka juure värvus.

Klorofülli roheline pigment on ester, mis koosneb kahest osast: a-klorofüllist ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$) ja b-klorofüllist ($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$). Kollase ja oranži pigmendi koostis on lihtsam: ksantofülli koostis on $C_{40}H_{56}O_2$, karotiini — $C_{40}H_{56}$. Viimane pigment on küllastumata süsivesinik.

Klorofülli lagunemine ja tema tekkimine taimes

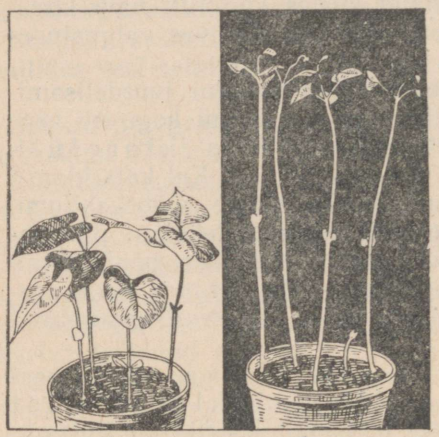
Klorofülliga võib teha palju huvitavaid katseid. Lisades klorofülli rohelisele tõmbele hapet (näiteks HCl), laguneb roheline pigment ja järele jääb ainult kollane pigment. Klorofülli valgustamisel eredate kiirtega toimub samuti klorofülli lagunemine; seetõttu tuleb hoida teda pimedas. Kuid kinnijoodetud katseklaasis, ilma õhuhapniku juurdepääsuta, jääb klorofüll ka eredas valguses muutusteta. *Järelikult toimub klorofülli lagunemine valguse mõjul hapniku juuresolekul.*

Ereda valguse kahjulik toime klorofüllile on taimedel esile kutsunud rea kaitsekohanemisi liigse valgustuse vastu; näiteks paljude varjulembeste taimede kloroplastid omavad võimet ümber paigutuda rakkude eesseintelt külgmistele.

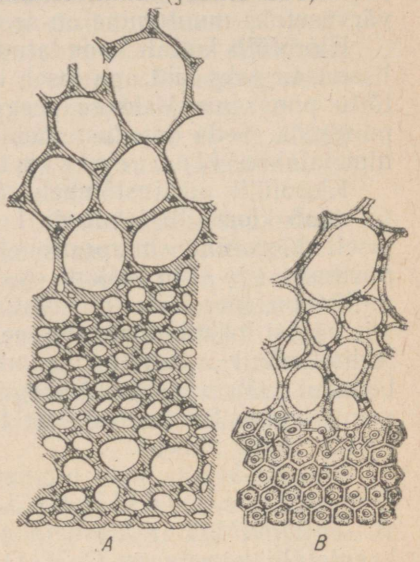
Lagundades klorofülli on valgus samal ajal tema roheliste pigmentide moodustamise tarvilikuks teguriks. *Ilma valguseta arenevad kahvatud, kidurad taimed, mida nimetatakse putkestunud ehk etioolunud taimedeks* (joonis 283). Niisugused taimed võivad areneda ainult varem varutud toitainete arvel (seemnetes ja mugulates).

Tihti venivad kartuli etioolunud idud keldrites valguse suunas,

ulatudes pikkuses mitme meetrini. Ülemäära tihedatest külvidest või lämmastikväetise küllusest tingitud lopsaka taimekasvu puhul on tähelepandav taimede omavaheline varjutamine ja nende etioolumine, mis põhjustab taimede lamandumist. On tähele pandud, et etioolunud vartes ei arene mehaaniline kude (joonis 284).



Joonis 283. Kuueteistkümnepäevased aedoataimed:
1 — valguse käes arenenud aeduba, 2 — pimedas arenenud aeduba.



Joonis 284. Rukki varte ristlõigud:
A — lamandunud vars; B — normaalne vars (P a l l a d i n i järgi). Varres A on koed koheda ehitusega. Varres B on tugevasti arenenud mehaaniline kude.

Klorofülli tekkimisprotsessi valguse mõjul me võime vaadelda tõusmete tärkamisel. Mullas on seemnete idandid kollased, kuid nende ilmumine valguse kätte põhjustab nende haljendumist.

Etioolunud idandite rakkudes on plastiidid juba olemas, valguse käes toimub nende roheliseks muutumine. *Klorofülli tekkimine valguses toimub vastavas temperatuuris õhuhapniku juurdepääsul.*

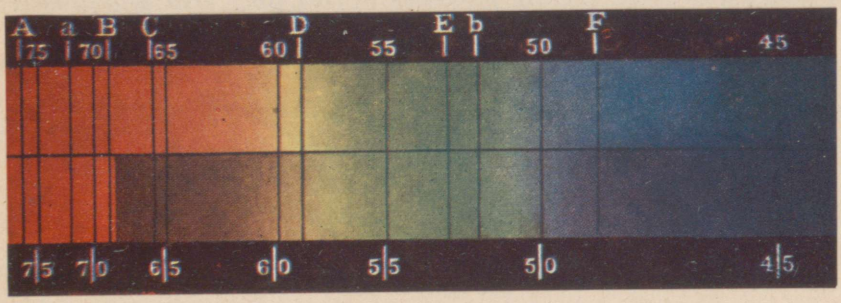
Külmal kevadel jääb noor rohi kaua kollaseks, ja ainult temperatuuri tõusu mõjul algab tema haljendumine. Eriti näitlikult toimub see pärast sooja vihma. On olemas erinevate taimede haljendumise minimaalsed, optimaalsed ja maksimaalsed temperatuurid, mis on lähedased seemnete idanemise temperatuuridele, erinedes neist seepoolest, et nad on vähe kõrgemad.

Klorofülli tekkimiseks on vajalik veel raud, mis tuleb pinnasest juurestiku kaudu. Raud ei kuulu klorofülli koostisse, kuid tema osatähtsus seisab klorofülli moodustumise reaktsiooni kiirendamises. Rauata areneb taimedel haigus — k l o r o o s, mille korral taimede kollane värvus meenutab etioolunud taimi. *Taimed haljenduvad*

normaalselt ainult kõigi tarvilike tingimuste, nagu valguse, soojuse, õhuhapniku ja raua olemasolul. Kuid maakeral elavate arvukate taimorganismide keskel on ka niisuguseid, mis võivad moodustada klorofülli ilma valguseta. Niisugusteks eranditeks üldisest reeglist on sõnajalad, mõned vetikad ja okaspuude idulehed. Peale etioolumise ja kloroosi esineb taimedel mõnikord albinismi-nähtust, mis seisab selles, et isegi kõige soodsamatel välistingimustel ei kogune klorofülli kloroplastidesse ja seni veel tundmata põhjusel arenevad kas täiesti valged idandid (maisil) või aianduses hinnatavad kirjulehelised taimed.

Klorofülli spekter

Meie edasiseks ülesandeks on vaadelda klorofülli suhtumist mitmesugustesse päikesespektri kiirtesse. Kui laseme valguskiirtel tungida läbi klorofüllitõmbe ja siis läbi spektroskoobi klaasprisma, siis näeme, et mõned kiired ei läbi klorofülli ja spektris ilmuvad täiesti kindlad neeldumisvöötmed (joonis 285).



Joonis 285.

Ülal — päikesespekter; all — klorofülli neeldumisspekter. Fraunhoferi jooned on märgitud tähtedega (K. A. Timirjazevi järgi).

Nagu teame füüsikast, koosneb päikesespekter seitsmest nähtavast, järk-järgult üksteise üleminevast värvusest (punane, oranž, kollane, roheline, helesinine, sinine ja violetne).

Peale nähtavate kiirte on olemas veel nähtamatuid kiiri (infrapunaseid ja ultravioletsed). Nähtavate kiirte asend määratakse ära Fraunhoferi joontega, milledel on päikesespektri erinevates kiirtes kindlad kohad ja mis on päikesel leiduvate ainete neeldumisvöötmeteks.

Klorofüllilahuse kontsentratsiooni või klorofüllikihi paksuse suurenemisel tulevad klorofüllispektris järjestikku nähtavale järgmised neeldumisvöötmed: nõrkades (klorofülli-) lahustes tuleb neeldumisvööde nähtavale punastes kiirtes joonte *B* ja *C* vahel. Lahuse tugevdamisel ilmuvad neeldumisvöötmed spektri sinises osas joone

F taga, mis edasisel lahuse tugevdamisel muutuvad kõikides sinistes ja violetsetes kiirtes pidevaks tumedaks vöötmeks. Ainult koondatud lahustes tekivad neeldumisvöötmed spektri oranžis, kollases ja rohelises osas. Ja lõpuks veel rohkem koondatud lahustes neelduvad kõik kiired, ainult joonest *B* vasakul asetsevad tumepunased kiired ja osa rohelisi kiiri läbivad lahuse ilma nähtavate muutusteta ja neelduvad viimases järjekorras.

Valguse läbilaskmisel elusatest lehtedest on neeldumisspekter klorofüllitõmbe-spektri sarnane. Niisuguseid lehti läbivad rohelised ja osa punaseid kiiri, kuna pakse lehekihte läbivad ainult tumepunased kiired. Kui vaadata läbivas valguses paksu lehtede kogu, siis näib see kirsspunasena nagu klorofüllitõmme. 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 neelata mitmesuguseid kiiri on väga tähtis. Neelatud kiirte energia kulutatakse fotosünteesiks. Väljapaistev nõukogude teadlane K. A. Timirjazev tõestas rohkearvuliste katsetega, et *fotosünteesiprotsess toimub eriti hoogsalt joonest B paremal asetsevates spektri punastes kiirtes, mis eriti energiliselt neelduvad klorofüllis.*

Viimase ajani arvati, et klorofülli osatähtsus seisab ainult tema optilistes omadustes, see on tema valikuvõimes neelata päikesespektri kindlaid kiiri. Klorofülli käsitati kui ainet, mis on võimeline mitte ainult neelama kindlaid valguskiiri, vaid ka kui ainet, mis on võimeline suunama nende kiirte energiat fotosünteesiks. Niisuguseid ained nimetatakse s e n s i b i l i s a a t o r i t e k s. Viimasel ajal omistatakse klorofüllile peale optilise osatähtsuse ka keemiline osavõtt assimilatsiooniprotsessist.

3. GAASIVAHETUS JA ASSIMILATSIOONI TINGIMUSED

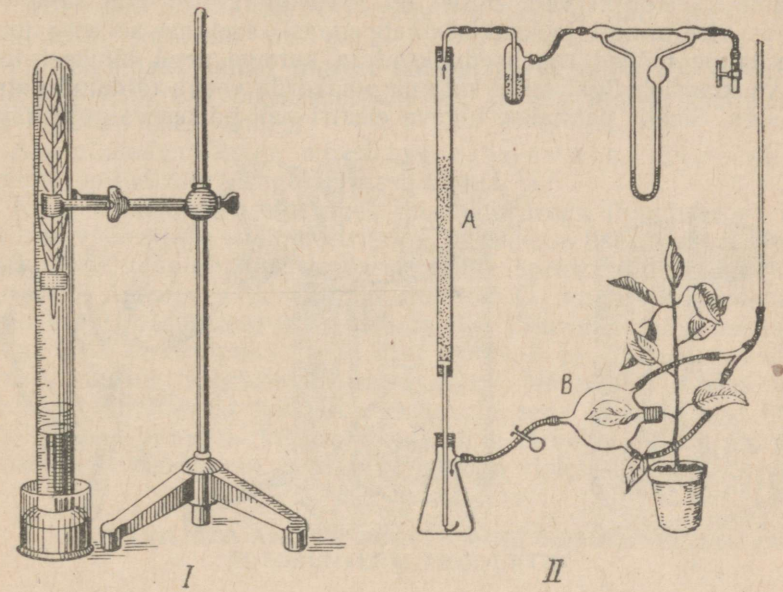
Süsiniku assimileerimisel neelab roheline taim õhust süsihappegaasi ja eritab õhku hapnikku. Gaasivahetuse arvestamiseks võib kasutada seadist, mida nimetatakse eudiomeetriks (joonis 286, I). Seadise põhiosaks on pikk, lai kaliibritud klaastoru.

Eudiomeetrisse asetatakse roheline leht, toru pööratakse kummuli ja asetatakse elavhõbedasse; elavhõbe tõuseb kindla jaotuseni. Torru lastakse mõni kuupsentimeeter CO_2. Pärast seda pannakse seadis mõneks tunniks valguse kätte — toimub fotosünteesiprotsess. Neelatud CO_2 ja eritatud O_2 mahtude suhe on harilikult võrdne ühega, ja seetõttu jääb katse jooksul (kui õhurõhumine ja temperatuur ei muutu) elavhõbe samale tasemele. Pärast katse lõpetamist juhitakse klaastorru mõned tilgad KOH-lahust, mis neelab torru jäänud süsihappegaasi. Elavhõbe tõuseb. Vahe elavhõbeda taseme vahel enne CO_2 sisseviimist ja taseme vahel, milliseni tõusis elavhõbe pärast KOH lisamist, näitab neelatud süsihappegaasi hulka. Katse jooksul eritunud hapniku hulga määramiseks lastakse eudiomeetrisse mõned tilgad pürogallooli-lahust, mis ühinedes sööbekaaliumiga neelab seadises oleva hapniku. Elavhõbe tõuseb, kuni kogu hapnik on neeldunud. Katse algul määratakse õhuhapniku kogus torus

eraldi. Vahe viimase ja esialgse hapniku koguse vahel näitab fotosünteesi ajal lehe poolt eritatud hapniku hulka. Kui seadist rohelise lehega hoida pimedas, siis hapnik, iseenesest mõista, ei hakka erituma ja mõne ööpäeva möödudes võib märgata vaid CO_2 lisandumist lehe hingamisprotsessi tulemusena.

Viimasel ajal võetakse gaaside koguse määramiseks eudiomeetris KOH- ja pürogallooli-lahuse asemel otse eudiomeetrist väikesed gaasiproovid ja analüüsitakse neid erilise täpse riista abil.

Täpsetel uurimustel tuleb tuua kõik andmed eudiomeetris 0-kraadise temperatuuri ja 760 mm rõhu kohta ning asetada kontrollaparaat pimedasse CO_2 koguse määramiseks, mis eraldus katse ajal lehtede hingamisel.



Joonis 286.

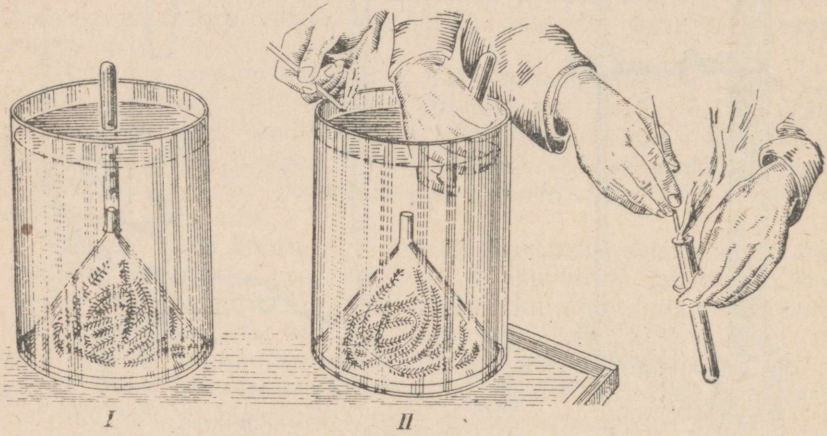
I — eudiomeetri toru, millesse on asetatud roheline leht; II — aparaat fotosünteesi määramiseks õhuvoolu imemise teel läbi klaaskambrikese (B), milles on leht, ja läbi leelist sisaldava poorilise plaadiga neelaja (absorbendi) (A).

Fotosünteesiprotsessis taime poolt kulutatud süsihappegaasi arvestamiseks kasutatakse meetodit õhuvoolu imemisega läbi kambrikese, millesse on asetatud leht (või terve oks), õhku järelejäänud süsihappegaas aga absorbeeritakse leelise abil. Paralleelse katsega, aspiraatori ja absorbendi abil, määratakse kindlaks süsihappegaasi sisaldus atmosfäärse õhu samasuguses ruumalas, milline kulub imemiseks lehega kambrikese kaudu. Kui lahutada lehega kambrikest läbinud õhku järelejäänud süsihappegaasi kogus sellest süsihappegaasi kogusest, mis on vastuvõtjasse tunginud õhus, siis leiame seega süsihappegaasi koguse, mille kulutas leht või oks süsiniku fotosünteesiprotsessiks. Toome ühe niisuguse aparaadi kirjelduse (joonis 286, II) [1]. Mitmesugust tüüpi süsihappegaasi absorbentidest osutub kõige sobivamaks absorbent, milleks on 50 sm pikkune klaastoru, mis on täidetud barüüdilahusega ja mille alla on kinnitatud peenelt auklik metall- või urbne (pooriline) klaasplaat, mis jaotab õhuvoolu väikesteks mullikesteks ja soodustab sellega süsihappegaasi täielikumat absorbeerimist. Võima-

[1] Н. А. Максимов, Краткий курс физиологии растений, М., 1948.

likult suuremaks õhu pihustamiseks lisatakse barüüdilahusele mõned tilgad amüülalkoholi, mis alandab järsult lahuse pindpinevust ja vähendab seega õhumullikeste suurust. Uuritava taime leht või oks asetatakse klaasanumasse, mida läbib aspiraatori või pumba abil imetav õhu kiire vool, mis tungib siis absorbenti ja annab talle ära sisalduva süsihappegaasi. Voolu püsiva kiiruse säilitamiseks kasutatakse erilisi regulaatoreid.

Hapniku eritamist rohelise taime poolt võib vaadelda veetaimede — vesikatku, vallisneeria, vesikarika, vesiherne jt. juures. Valame klaaspurki vett, millel on toatemperatuur; läbi selle vee juhime viie minuti jooksul süsihappegaasi, asetame sellesse uuritava taime mõned rohelised oksad ja katame need lühikest toru omava klaaslehtriga, mille katame omakorda veega täidetud katseklaasiga. Seadis pannakse tugeva elektri- või päikesevalguse kätte.



Joonis 287. Hapniku eritamine fotosünteesil roheliste veetaimede poolt.
I — veega täidetud purki on paigutatud taimed, mis on kaetud lehtriga. Seadis on asetatud ereda valguse kätte. Hapnik koguneb katseklaasi, tõrjudes temast välja vee. II — joonisel on näidatud, kuidas tuleb välja võtta hapnikuga täidetud katseklaas. Katseklaas suletakse vee all vasaku käe põidlaga, võetakse siis välja ja pööratakse avaga ülespoole. Pärast seda viiakse temasse ettevaatlikult, kuid kiiresti, hõõguv peerg: peerg hakkab leegitsema.

Fotosünteesi tulemusena hakkab taimedest (vigastatud kohtadest) erituma hapnikku, mis tõuseb väikeste mullikeste pidevate ahelikkude näol üles ja koguneb katseklaasi, tõrjudes temast välja vee. 2—3 tunni jooksul võib koguneda niisugune hulk hapnikku, et kui katseklaas välja võtta, teda seejuures sõrmega sulgedes, pöörata avaga ülespoole ja sinna sisse viia hõõguv peerg, siis viimane hakkab leegitsema, mis tõestabki hapniku olemasolu katseklaasis (joonis 287).

Fotosünteesi intensiivsus rohelistes taimedes sõltub reast tingimustest: temperatuurist, teatava koguse CO_2 olemasolust ja valguse tugevusest. Seda sõltuvust on kerge näidata vesikatku juures, mis on paigutatud veega täidetud katseklaasi, teatava arvu sekundite jooksul eritunud mullikeste loendamise meetodi

abil. Ajaühikus erituvate mullikeste arv väheneb assimilatsiooni optimaalsest temperatuurist kas ühele või teisele poole kõrvalekaldumisel.

Assimilatsioonile soodsaimaks on paljudel taimedel temperatuur 20 ja 30° vahel. CO_2 hulga suurenemine vees intensiivistab samuti assimilatsiooni, kuid kindla optimumini. Värskelt keedetud vees lakkab assimilatsioon CO_2 puudumise tõttu, kuigi kõik teised tingimused on soodsad.

Eriti sobiv on mullikeste loendamise meetodi abil jälgida assimilatsiooni sõltuvust valguse tugevusest. Selleks tuleb ainult eemaldada lambi juurest katseklaas taimega või varjutada teda mitmesuguses paksuses paberiga ja ära lugeda mullikesed, mis erituvad ühest kohast.

Assimilatsiooni kulgu spektri erinevates kiirtes on tundma õpitud mitmesuguste meetoditega.

K. A. Timirjazev asetas ühesuguse suurusega (bambusroo) lehe tükikesi väikestesse eudiomeetritesse, milledesse lisati kuni 5% CO_2. Eudiomeetrid paigutati pimedasse tuppa spektri mitmesugustesse kiirtesse. Absorbeeritud CO_2 ja eritatud O_2 hulga järgi otsustas Timirjazev fotosünteesi intensiivsuse üle. Suurima intensiivsusega toimus fotosüntees punastes kiirtes, joonte *B* ja *C* vahel, seal, kus esineb suurim valguskiirte neeldumine. Nõrgemini kulges fotosüntees oranžides ja kollastes kiirtes ja seda ei toimunud üldse rohelistes ja punastes kiirtes, joonte *A* ja *B* vahel. Teine, nõrgem fotosünteesi maksimum asetseb sinistes ja violetsetes kiirtes.

4. ORGAANILISTE AINETE KOGUNEMINE FOTOSÜNTEESIL JA FOTOSÜNTEESI PRODUKTID

Kasvatades rohelist taime valguse käes ja pimedas, võib kergesti veenduda, et ainult valguse käes toimub kuivainete kogunemine, pimedas aga kuivainete hulk alati kahaneb (kulutatakse hingamiseks).

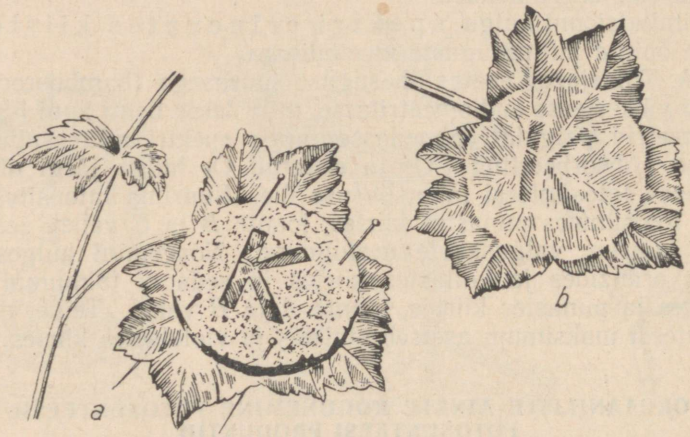
Fotosünteesi esimeseks produktiks, mis tekib taimes, on suhkur. Taimede enamikul muutub suhkur kohe pärast tekkimist tärkliseks, mida kui primaarset tärklist varutakse kloroplastides pisikeste terakeste näol. Tekkinud tärklis muutub aga diastaasi toimel uuesti suhkruks, mis võib liikuda kogu taime mööda. Et päeval on tärklise moodustumine ülekaalus, võrreldes tema taandmuutumisega suhkruks, öösel aga ei teki primaarset tärklist, siis täituvad kloroplastid päeva jooksul tärklisega, kuna öösel tärklis kaob neist (soodsa temperatuuri korral).

Primaarset tärklist võib avastada kloroplastides kas mikroskoopilise või makroskoopilise uurimise meetodil.

Esimene meetod seisab järgmises: taimedest (näiteks tähtsamblaist) kõrvaldatakse tärklis, hoides neid kahe ööpäeva jooksul pimedas. Pärast lehe värvusetuks muutmist piirituse abil ja tema mõjutamist joodiga näeme mikroskoobi abil, et kloroplastides tärklis

puudub. Nüüd asetatakse taimed, milledest tärklis on kõrvaldatud, valguse kätte ja 2—3 tunni pärast muudetakse nad piirituse abil värvusetuks, mõjutatakse neid joodiga, ja siis võime mikroskoobi abil veenduda primaarse tärklise olemasolus kloroplastides pisikeste täppide näol. Tärklist on vahel kloroplastides nii palju, et teda võib näha valgete terakeste näol ilma piirituse ja joodiga mõjutamiseta. Sel teel on õnnestunud eriti soodsate tingimuste korral avastada tärklist juba 5 minuti möödumisel valgustamise algusest (joonis 7).

Makroskoopiline meetod seisab selles, et tärklisevabad lehed (näiteks peedi, kurereha, mungalille lehed) allutatakse osalisele valgustamisele. Selleks asetatakse lehele ja kinnitatakse kirjaklambritega must läbipaistmatu paber või korgiliistakud, millesse on lõi-



Joonis 288. Tärklise tekkimine süsiniku assimilatsioonil.

a — lehele on mõlemalt poolt nõõpnõeltega kinnitatud õhukesed korgiliistakud K-tähe kujuliste läbilõigetega; ülemise ja alumise liistaku läbilõiked ühtivad; *b* — sama leht on pärast valguse käes olemist töödeldud piirituse ja joodiga.

gatud mingisugune sõna või täht. Mahalõigatud leht paigutatakse valguse kätte. Mõne tunni pärast lõpetatakse katse, leht muudetakse piirituses värvusetuks ja siis 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 288).

Fotosünteesi intensiivsus ja taimede saagikus. Assimilatsiooni intensiivsusega seotud küsimuste tundmaõppimine pakub mitte ainult sügavat teoreetilist, vaid ka praktilist huvi. Söödataimede ja kõrreliste kuivaine keskmised aastasaagid kilogrammides ühe ha kohta on (Prjanišnikovi järgi): peedil (juured ja lehed) 9500; kartulil (mugulad ja pealsed) — 4200; ristikul — 4200; nisul (terad ja õled) — 4300.

Kultuurtaimede kuivaine keskmised saagid on lähedased üksteisele ja ainult peet annab kaks korda suuremat saaki kui teised kultuurid.

Assimilatsiooni intensiivsust arvutatakse lehepoolte-meetodi abil. See meetod põhjeneb lehelaba kaalu suurenemisel assimilatsiooni ajal kuivainete kogumise tulemusena. Lehe küljest, millest on kõrvaldatud tärklis, lõigatakse ära pool laba; sellest lõigatakse täpselt välja kindla pindalaga tükk. Lehe pearoodu ei tohi seejuures vigastada. Pärast leheosa ärakuivatamist määratakse analüütilistel kaaludel lehe pindala-ühiku kaal. Ülejäänud lehepoolt valgustatakse mõne tunni jooksul, misjärel temast lõigatakse välja täpselt samasugune osa kui esimeselgi lehepoolel. Pärast kuivatamist ja kaalumist määratakse kuivaine juurdekasv, võrreldes esimese määramisega, ja arvutatakse see kindla 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, mis moodustab 1-hektarise rohelise lehepinna kohta ligikaudu 10 kg, 8—10 tunni jooksul aga — 80—100 kg. Tuletame meelde (vt. lk. 123), et põllumajandustaimede lehepind ületab tunduvalt (15 korda ja rohkem) selle pindala, mis taim enda alla võtab, ja seetõttu 1 ha külvi loob suvise päeva jooksul ligikaudu 1200—1500 kilogrammi orgaanilisi aineid.

Assimilatsiooni intensiivsus osutub üheks taimede viljasaagi põhiteguriks. Siinjuures tuleb meeles pidada, et taimed mitte ainult ei kogu orgaanilisi aineid, vaid ka kulutavad neid alaliselt hingamisprotsessiks, mille tõttu taimes kuhjunud ainete hulk ehk taimede produktiivsus mõnel ajajärgul või kogu elu jooksul moodustub fotosünteesi tulemusena kogutud ja hingamiseks kulutatud aine hulga vahena. Peale selle mõjuvad lõplikule saagile kaod, mida taimed kannavad oma kasvu ajal, näiteks lehtede kuivamine ja langemine, liigsete õite ja viljade varisemine, juurte kõdunemine jt.

Peale selle langeb taimede produktiivsus põuasel, samuti ka jahedal vihmasel ajal, mis samuti mõjub lõplikule saagile. Fotosünteesi ööpäevane kulg sõltub paljudest tingimustest (päikese radiatsioonist, niiskusest, temperatuurist jm.). Küllaldase niiskuse korral tugevneb assimilatsioon varajastest hommikutundidest kuni keskpäevani, pärast seda aga nõrgeneb ja lakkab pärast päikeseloojangut. Päikesepaiste suurendab keskpäeval tihti auramist, mistõttu palaval ajal assimilatsioon keskpäeval alaneb, suureneb siis uuesti pärast keskpäeva ning väheneb õhtuks.

Fotosünteesi päevase käigu tõusu ja languse vaheldus sõltub harilikult ka pilvitusest, tuulest ja sademetest.

5. FOTOSÜNTEESIPROTSESSI TÄHTSUS

Fotosünteesi protsessiks kasutatakse valgusenergiat. Oma arenemise ajal koguvad rohelised taimed ühes orgaanilise ainega potent-

siaalenergiat. Inimene kasutab taimi oma tarveteks: toiduks, loomasöödaks; puude, turba ja kivisöe näol kütteks. Kõigil juhtudel potentsiaalenergia vabaneb ja muundub kineetiliseks energiaks.

K. A. Timirjazev kirjeldab assimilatsiooniprotsessi järgmiste kujukate sõnadega:

«Kunagi langes kusagil maapinnale päikesekiir, kuid ta ei kukkunud viljatule pinnale, ta kukkus rohelisele nisuidandi lehekesele või selgemini öeldult, klorofülliterakesele. Põrgates selle vastu ta kustus, lakkas olemast valgusena, kuid ei kadunud. Ta ainult kulus ära sisemisele tööle, ta purustas, katkestas sideme süsiniku- ja hapnikuaatomite vahel süsihappegaasis. Vabastatud süsinik ühines veega ja moodustas tärklise. See tärklis, muutunud lahustuvaks suhkruks, ladestus pärast pikki rännakuid taimes, lõpuks uuesti tärklisena või pihkainena terises. Ühel või teisel kujul ta läks leivasse, mis kulus meile toiduks. Ta muundus meie lihasteks, meie närvideks. Ja nüüd püüavad süsinikuaatomid meie organismis uuesti ühineda hapnikuga, mida veri kannab laiali igasse meie keha osasse. Seejuures päikesekiir, mis peitub nendes keemilise pingena, võtab uuesti avaliku jõu vormi. See päikesekiir soojendab meid. Ta paneb meid liikuma. Võib-olla, et ta praegusel minutil mängib meie ajudes.»

Peale selle rikastavad taimed õhku hapnikuga ja puhastavad teda süsihappegaasist, mille kuhjumine hingamise, põlemise ja vulkaanilise tegevuse tõttu suures koguses võiks hävitavalt mõjuda kõikidele maakeral elunevatele organismidele.

Fotosünteesi mõistmine aitab selgitada mitmeid looduse ja põllumajandusliku elu nähtusi.

Tõusmete haljendamine kevadel on seotud klorofülli moodustumise protsessiga. Taimede hea arenemine sõltub valguse hulgast, valguse hulk aga külvi tihedusest ja taimede õigest paigutusest külvipindalal, taimede harvendamisest ja võitlusest umbrohtude vastu. Valguse puudus mitte ainult ei vähenda saaki, vaid soodustab ka külvide lamandumist. Sügisene lehtede langemine ja taimede kolletumine on samuti seotud assimilatsiooniprotsessiga ja klorofülli omadustega. Igihaljaste taimede (okaspuude ja paljude lõunas kasvavate lehttaimede) lehed langevad järk-järgult, kuid meie kliima tingimustes langevad lehtpuude lehed maha igal sügisel. Enne lehtede langemist tekib lehevarre aluses korkkoe- ja eraldumiskiht, mis tungivad lehevarre koesse, kuid ei puuduta lehe juhtkude. Enne mahalangemist kaotab leht rohelise värvuse, klorofüll laguneb, tulevad nähtavale ksantofüll ja karotiin, tekib antotsüaan, mis annavad lehtedele «sügisvärvuse». Enne lehtede langemist lähevad toitained üle taime teistesse osadesse, lehtedesse aga kogunevad tarbetud jäägid, näiteks oblikhapu kaltsiumi kristallid. Pärast lehe langemist jääb lehe kinnitumiskohale arm, millel võime näha ummistunud juhtkimpude jälgi.

Fotosünteesiprotsessist sõltub mitte ainult lõppsaak, vaid ka haljasmassi toiteväärtus on täielikult seotud selle prot-

sessiga. Kahvatud, etioolunud taimed on vaesemad kuivaine poolest kui klorofüllirikkad rohelised taimed. Närbunud taimed sisaldavad lehtedes vähe süsivesikuid, sest närbumisel süsivesikuid ei moodustu, varemtekkinud aga on taime poolt juba ära kulutatud. Pole sugugi ükskõik, millisel päevaajal maha lõigata (salati, tubaka, peedi, mooruspuu jt.) lehed või niita heina haljassöödaks — hommikul või õhtul. Viimasel juhul on roheline mass rikkam süsivesikute poolest: tubaka väärtus alaneb sellest, kuid teiste taimede toiteväärtus tõuseb. Mõnikord kasutatakse karjasöödana noori puuoksi. Nendesse koguneb suurem hulk varusüsivesikuid ainult sügiseks.

Päikesevalguse puudulikkus talvel põhjustab elektrivalgustuse kasutamise vajadust, mida küllaldase tugevuse ja odava energia korral tarvitatakse köögiviljade kasvatamisel kasvuhoonetes.

Elektrilamp 1400 küünla tugevusega, mis asetseb 2 m kaugusel taimest, on ligikaudu sama mõjuga kui päikesevalgus. Kuid kunstlikus valgustuses kasvatatud taimed erinevad päikesevalguses kasvanud taimedest; neil on rohkem väljaveninud kuju sinivioletsete kiirte puudumise tõttu harilikus elektrivalguses; need kiired aga soodustavad taimede korrapärast kujunemist.

Päevavalguselambid, mis annavad parimat valgust, leiavad üha suuremat kasutamist taimede talvisel kasvatamisel.

Harilikult kasutatakse elektrivalgust talvise nõrga päikesevalguse täiendusena.

Süsihappegaasi kogus õhus (0,03%) ei ole fotosünteesiprotsessile optimaalne. Tema suurenemine 0,1—0,3%-ni suurendab fotosünteesi ja järelikult ka taimede kasvu mõnedel juhtudel 4—5 korda. Edasine CO_2 koguse suurenemine, näiteks 1%-ni, hakkab juba pidurdama taimede kasvu, ehkki lühiaegsetel katsetel taluvad taimed CO_2 sisaldust kuni 5 ja koguni kuni 10%.

Küsimus «õhu väetamisest» süsihappegaasiga on suur probleem, mis on osaliselt leidnud lahendamist kasvuhoone-, lava- ja köögiviljakultuuride kasvatamisel. Orgaanilised väetised soodustavad samuti õhu rikastamist süsihappegaasiga, sest nad intensiivistavad bioloogilisi protsesse mullas.

6. AJALOOLINE ÜLEVAADE TEADMISTE ARENGUST SÜSINIKU ASSIMILATSIOONI KOHTA

Me mainisime (sissejuhatuses), et süsiniku assimileerimise katsetega tegeles juba 1771. a. inglise füüsik ja keemik Priestley. Tema märkas, et õhk, mis oli täiesti «rikutud» hiirte hingamise tulemusena, mõne päeva pärast uuesti «paranes», kui sellesse asetati mündi oks. Kuid Priestley'l ei õnnestunud alati katsed õhu «parandamisega», mis oli rikutud loomade hingamise või põlemisprotsessi tulemusena, sest ta ei arvestanud ühe tingimuse — valguse tähtsust. Priestley'ni püsis teaduses arvamus, et taimed absorbeerivad süsinikku juurtega pinnasest.

Hollandi teadlane Jan Ingenhousz tuli rea uurimiste põhjal järeldusele, et hapniku eritamine roheliste taimede poolt toimub ainult valguse käes, kuna pimedas taimed rikuvad õhku.

Kaks šveitsi teadlast, Senebier ja Saussure, tõestasid arvukate katsete varal, et roheliste taimede juuresolekul muutub ümbritseva õhu keemiline koos-

tis ja ainult valguse käes süsihappegaasi hulk väheneb, hapniku hulk aga suureneb. Nad tõestasid ka, et absorbeeritav süsihappegaas kasutatakse ära taimede poolt.

Prantsuse teadlane Boussingault (1840. a.) arvutas gaasivahetust rea teravmeelsete seadiste abil ja tegi lõplikult kindlaks CO_2 tähtsuse taimede elus. Tema selgitas ka, et süsiniku assimileerimise protsess algab lehe valgustamise momendist päikesekiirte poolt. 1860. a. füsioloog Sachs tõestas, et assimilatsiooni esimeseks nähtavaks produktiks on tärklis, mis tekib kloroplastides valguse käes.

Süsiniku assimilatsiooni küsimuste tundmaõppimine on tihedalt seotud paljude vene teadlaste nimedega. Juhime tähelepanu neist ainult mõnedele. A. S. Famintsõn tõestas, et fotosüntees ei toimu ainult päikesevalguse, vaid ka teiste valguseallikate mõjul. Praegu kasutatakse fotosünteesiks laialdaselt elektrivalgust. Teadlane M. S. Tsvett töötas välja klorofülli pigmentide eraldamise kromatograafilise meetodi. Fotosünteesiprotsessi energeetiline külg seoses päikesekiirte energiaga on täielikult läbi töötatud K. A. Timirjazevi poolt, kelle nimi on seotud taimefüsioloogia ja üldse botaanika kõikide aladega. Klorofülli on uuritud Timirjazevi poolt igakülgselt. Eriti üksikasjaliselt on tema poolt uuritud klorofülli neeldumisspektrit, millest on kõneldud eespool (vt. lk. 445). Tema tegi esimesena kindlaks, et kloroplastidele langevad valgusekiired kulutatakse mitte soojendamiseks, vaid süsivesikute sünteesi protsessiks. Tema lükkas ümber tolle ajani püsinud arvamuse, et fotosüntees toimub päikesespektri kollases osas, ja tõestas väga keerukate ning täpsete katsetega, et punased kiired etendavad fotosünteesil peamist osa. Vaevalt leidub mingisugust füsioloogiaküsimust, mida ei oleks sügavalt analüüsitud Timirjazevi poolt. Tema rajas füsioloogia tõelised teaduslikud materialistlikud alused. Tema teaduslikud uurimused on tuntud kogu maailma teadlastele. K. A. Timirjazevi nimi ja tema tähtsus teaduses, tema teos «Taime elu» on tuntud meie maal igale kolhoosnikule, igale õpilasele. D. I. Ivanovski, S. P. Kostõtšev, F. N. Krašeninnikov, L. A. Ivanov, A. L. Kursanov ja paljud teised teadlased süvendasid õpetust fotosünteesist.

Klorofülli keemilise olemuse ja magneesiumituuma esinemise temas tegi kindlaks Willstätter.

Viimastel aastatel avastasid teadlased, et fotosünteesi produktideks ei ole ainult süsivesikud, vaid ka valgud. Kui K. A. Timirjazev tõestas, et päikesespektri punased ja oranžid kiired kutsuvad rohelistes lehtedes esile süsivesikute moodustumise, siis nüüd on täpselt kindlaks tehtud, et valkude fotosüntees toimub päikesevalguse siniste kiirte mõjul. Taimede kasvatamisel kasvuhoonetes võib mõjutada kasvavate taimede kvalitatiivset koostist, rakendades punast ja sinist valgust täiendavaks valgustamiseks.

Samuti on viimasel ajal tõestatud, et taimed eritavad fotosünteesil hapnikku mitte süsihappegaasi, vaid sellest protsessist osavõtva vee arvel.

XIV PEATÜKK

TAIMEDE MINERAAL- JA LÄMMASTIKTOITUMINE

1. AINED, MIS TULEVAD JUURESTIKKU MULLAST

Vesi, tuhkained ja lämmastikuühendid tungivad taimesse juurestiku kaudu.

XII peatükis mainisime, et taimede kuivaine koostisse kuulub umbes 5% mitmesuguseid tuhkaineid.

Tuha hulk taimedes on sõltuv mullast, ilmastikust, taime enda omadustest, tema vanusest ja paljudest teistest teguritest.

Tuha keemiline koostis on samuti tugevasti kõikuv. Näiteks kõrrelised, tarnad, osjad ja ränivetikad sisaldavad oma tuhas räniühendit (SiO_2) kuni 70% ja rohkem; hernes, ristik, tubakas ja teised koguvad endasse kuni 60—70% kaltsiumi- ja magneesiumisoolasid; tatar, mais, päevalill, maapirn, kartul ja peet sisaldavad oma tuhas 70—90% kaaliumi, soolakutaimed aga — naatriumi. Paljudes taimedes esineb väga väikestes kogustes broomi ja joodi ja ainult mõnedes merevetikates koguneb neid elemente suures koguses. Vetikaid, mis sisaldavad broomi ja joodi suures koguses, kasutatakse nende ainete tootmiseks. Feijoa viljad sisaldavad samuti palju joodi.

Samuti esineb taimedes alati väga väikestes kogustes alumiiniumi, mangaani, boori, liitiumi ja vaske, kuid alumiiniumi koguneb suurel hulgal koldades ja sõnajalgades, mangaani vesipähklis, liitiumi karuohakates ja ohakates, vaske linnurohus.

Erisugustel kultuuridel on erinev mineraalainete vajadus. Nii vajab kartul eriti kaalium-, teraviljad aga fosforväetisi.

Tabelis on toodud tuhaelementide ja lämmastiku keskmised kogused (kilogrammides ühe ha kohta), mida mitmesugused põllumajanduslikud kultuurid võtavad mullast.

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

Märkus. Tabel on võetud raamatust H. A. Максимов, «Краткий курс физиологии растений», M., 1948.

Peale tabelis toodud elementide on taimedele tarvilikud veel väävel, magneesium, raud ja teised, mida on mullas harilikult küllaldaselt. Tabelis toodud arvud näitavad vaid lämmastiku, fosfori, kaaliumi, kaltsiumi suhtelist kogust, mis sisaldub taimedes keskmise saagi korral, kuid nad ei peegelda taimede täpset väetiste vajadust. Paljud mullad omavad hea hooldamise ja taimede vastava vaheldumise korral viljakuse loomulikku taastamisvõimet.

Mineraal- ja orgaanilisi väetisi antakse mulda kooskõlas kasvatatava taime loomuse, mulla keemilise koostise, tema niiskuse, eelvilja ja teiste teguritega, millede tundmaõppimine on võimalik katselisel teel vahetult kohapeal.

Paljudest elementidest, mis tungivad taimesse juurestiku kaudu, ei ole kõik taimede arenemiseks vajalikud. Taimede tuha analüüsid annavad meile vastuse küsimusele, millised elemendid satuvad taimedesse, kuid nad ei anna vastust küsimusele, millised on tarvilikud esimeses järjekorras, millised vähemal määral ja milliste elementideta võib taim vabalt toime tulla.

Selle keerulise küsimuse lahendamine vahetult põllu-olukorras on seotud ületamatute takistustega, sest ühelt poolt on muld keerulise koostisega, teiselt poolt aga mõjutavad taimekasvu paljud tegurid (niiskuse küllus või puudus, temperatuuri kõikumised jt.).

2. TAIMEDE UURIMISE VEGETATSIOONILINE MEETOD

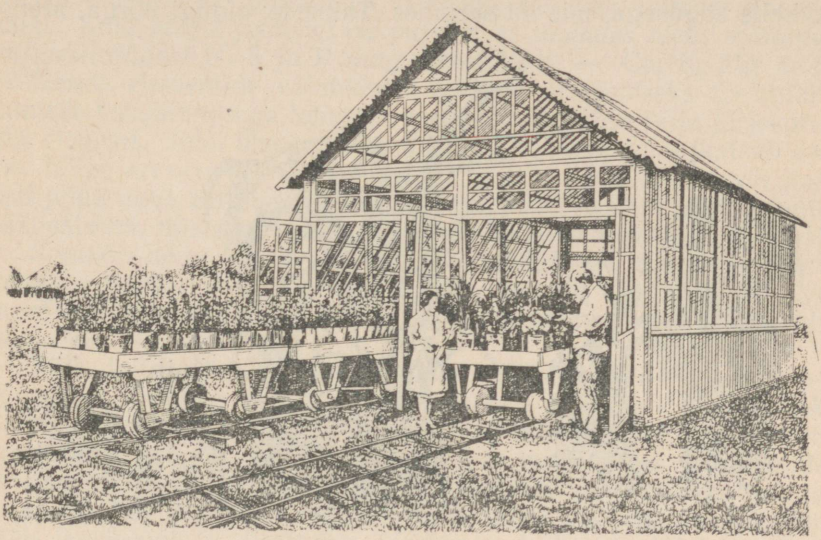
See meetod aitab selgitada taimede toitumise mitmesuguseid küsimusi, milledel on nii teoreetiline kui ka ülisuur praktiline tähtsus. Selle meetodi abil on teadlased mitte ainult selgitanud, missuguseid elemente vajab taim ja kust ta võtab need elemendid, vaid on tundma õppinud ka paljude väetiste tähtsust ja osa. Peale selle aitab vegetatsiooniline meetod uurida muldi, millega meil tuleb tegelda praktikas, ja ka mitmesuguste põllumajandustaimede loomust.

Vegetatsioonikatseid tehakse mitmesugustes põllumajanduslikes kõrgemates ja kesk-õppeasutustes, katsejaamades ja teadusliku uurimise instituutides.

Taimede kaitseks sademete ja juhuslike kahjustavate mõjude eest paigutatakse anumad vegetatsioonimajakesse, millel on klaaskatus ja -seinad. Anumad taimedega asetatakse liikuvatele vagonettidele, mis lükatakse hea ilmaga rööpaid mööda välja majakese ette rajatud platsile, mis on kaitstud lindude eest võrguga; halva ilmaga ja ööseks lükatakse vagonetid majakesse tagasi. Vegetatsioonimajakeste konstruktsioonid on väga erinevad, ulatudes mahukatest klaasist ja rauast paviljonidest, mis mahutavad sadu vagonette ja tuhandeid anumaid, klaasitud puuraamidest ehitatud tagasihoidlike «majakesteni», mis mahutavad kolm-, nelikümmend anumat (joonis 289).

Vegetatsioonilist meetodit rakendatakse *vesi-, liiv- ja muldkultuuridega*. Vesi- ja liivkultuure kasutatakse küsimuse

lahendamisel, millised elemendid on tarvilikud taimede arenemiseks, muldkultuurides aga uuritakse mitmesuguseid mulla liike ja mitmesuguste väetiste mõju taimedele.



Joonis 289. Vegetatsioonimajake vesi-, liiv- ja muldkultuuride katsete korraldamiseks. Kašira põllumajandustehnikum (1929. a.).

Vegetatsioonilisel meetodil saadud tulemusi kontrollitakse põldkatsete abil, milledes taimed kasvatatakse üles looduslikes, seejuures aga ka keerukamates tingimustes. Vegetatsiooni- ja põldkatsed täiendavad teineteist, olles võimsaks vahendiks meie katseasutuste töös ning abistades sotsialistlikku põllundust suurte ja püsivate saakide saamisel.

Käesolevas kursuses me peatume ainult vesikultuuridel (joonis 290, I).

Taimi kasvatatakse klaasanumates, milledest 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. Anumaid tuleb tingimata pimendada riidest ümbrisega (seest must, pealt valge), et ei areneks vetikaid ja et vesi liialt ei soojeneks. Taimede noored idandid kinnitatakse korgi avadesse. Idandi juur ulatub vette, kuna idandi vars suundub ülespoole. Igapäevasel vee õhustamisel (klaastoru ja pihusti abil) areneb juurestik vees hästi, võsu aga kasvab soodsatel tingimustel kiiresti suureks. Kuna taimed kulutavad vett ka auramiseks, siis tuleb seda vajaduse korral anumasse juurde valada.

Vesikultuurides taimed õitsevad ja kannavad vilju ning seem-

neid. Kui võtta katseks destilleeritud vett ilma sooladeta, siis arenevad kääbustaimed, milledes, vaatamata sellele, et nad võivad õitseda, suureneb kuivainete kogus ainult vähesel määral, võrreldes selle kogusega, mis oli seemnes. Taimede, olgugi nõrga, arene-



Joonis 290.

I — aedoa vesikultuur: A — toitesegu lahuses, B — vees; II — maisi vesikultuur. Anumad: 1 — täieliku toiteseguga, 2 — ilma fosforita, 3 — ilma lämmastikuta, 4 — ilma kaaliumita.

mise võimalus destilleeritud vees on seletatav teatava koguse mineraalsoolade sisaldusega seemnes. Kui destilleeritud veele lisada kõik vajalikud soolad, siis 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 mittetäielikult valminud seemet. Teises katses oli ühest kaera seemnest üleskasvanud taimel 60 võrset, mis kandsid 570 normaalselt arenenud seemet (V. R. Zalenski järgi).

Harilikult kasutatakse vesikultuuride jaoks ühte soolade segudest, mis on järgmise keemilise koostisega:

Komponendid	Segu nr. 1	Segu nr. 2
Kaltsiumnitraat $Ca(NO_3)_2$	1,00 g	0,492 g
Kaaliumdihüdrofosfaat 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 ltr.	1 ltr.

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 olemas ka palju teisi lahuseid, milledes taimed arenevad hästi. Kuid kõigil juhtudel *on vajalik, et soolades oleks miinimum mittemetallidest* N, S *ja* P *ning metallidest* — Ca, K, Mg *ja* Fe.

Nende elementide vajalikkust taimede arenemiseks tõestatakse taimede kasvatamisega lahustes, milledest jäetakse välja järjekorras üks element. Juba ühe nimetatud elemendi puudumine kutsub esile kas taime arengu täieliku katkemise ja taime hukkumise või paremal juhul tema äärmiselt nõrga arenemise, mille juures ta meenutab kääbustaimi, mis arenevad puhtas destilleeritud vees (joonis 290, II).

Soolade lahus mullas allub elektrolüütilisele dissotsiatsioonile ja taime tulevad suuremal hulgal kas anioonid või katioonid. Selle tagajärjel toimub lahuse happesuse muutumine, mis mõjub vahel taimedele hävitavalt.

Kõik toitesoolad jagunevad füsioloogiliselt happelisteks, leelisesteks ja neutraalseteks sooladeks. Esimeste soolade näiteks on $(NH_4)_2SO_4$, millest tuleb taime suuremal hulgal katioon, kuna anioon kuhjub toitelahuses ja suurendab keskkonna happesust. Füsioloogiliselt leelisese soola näiteks on naatriumsalpeeter ($NaNO_3$), millest tuleb taime anioon, kuna katioon jääb lahusesse ja tugevdab keskkonna leelisust. Füsioloogiliselt neutraalseteks sooladeks on taimede enamikule kaaliumsalpeeter (KNO_3) ja väävelhapu magneesium ($MgSO_4$), milledest tulevad taime nii anioon kui katioon, mille tulemusena happesus ei muutu.

Toitelahuse happesus, mis etendab taimede arenemises eriti tähtsat osa, määratakse kindlaks vesinik-eksponendi (pH) abil.

3. JUURESTIKU KAUDU TAIME TUNGIVATE ELEMENTIDE TÄHTSUS

Rohkearvuliste katsetega on teadlased kindlaks teinud elementide miinimumi, mis on vajalik taimede arenemiseks (N, S, P, K, Ca, Mg ja Fe). Viimasel ajal on tõestatud, et soolad, milledega sooritati katseid, ei olnud täiesti puhtad ja sisaldasid alati teiste elementide lisandite jälgi; need elemendid väga väikestes kogustes on samuti vajalikud taimede arenemiseks. Täpsemad katsed lisanditest hoolikalt puhastatud sooladega näitavad, et väikestes kogustes vajalikkude elementide hulka kuuluvad mangaan, tsink, boor, alumiinium, jood jt. Neid nimetatakse vajalikkudeks mikroelementideks.

Meil ei ole veel täielikke andmeid iga mikroelemendi tähtsuse kohta ja isegi põhielementide tähtsus ei ole seni täiel määral selgitatud.

Lämmastik, väävel ja fosfor on elemendid, mis kuuluvad valkainete koostisse ja seetõttu on arusaadav, et ilma nendeta ei toimu taimede arenemist. Lämmastikupuudus tingib taimede

nõrka kasvu ja leherohelise kahvatut värvust, mida võime tihti näha ka põldudel. Lämmastik ja väävel kuuluvad protoplasma, rakutuuma ja plastiidide koostisse; fosfor kuulub nukleoproteiidide koostisse ja on raku tuuma koostisosaks. Fosforipuudus mõjub alati eriti kahjulikult viljakandvusele ja seemnete moodustumisele.

Peale valkude esinevad fosfor ja väävel ka teistes raku osades: fosfor fosfaatidena võib etendada happelise ja leelisese reaktsiooni reguleerija osa, väävel aga esineb eeterlikes õlides, mis põhjustavad taimede kibedat maitset ja lõhna (mädarõigas, küüslauk, sinepi seemned jt.). Ilma kloorita tulevad paljud taimed (näiteks mais) vabalt toime, teised (näiteks tatar) aga arenevad halvasti.

K a a l i u m i puudumisel kasvavad kääbustaimed, nõrgalt arenenud varte ja lehtedega. Kaalium on vajalik ka lihakate juurte ja mugulate arenemiseks. Kaalium on vajalik assimileerimisprotsessiks; ta soodustab süsivesikute ja valkude liikumist ja muundumist taimes ning osutub radioaktiivseks elemendiks. Peale selle omistatakse kaaliumile kaitse tähtsus protoplasma valkude kalgendumise vastu. Kaaliumi täielikul asendamisel naatriumi, liitiumi või rubiidiumiga taim ei arene, kuid kaaliumi juuresolekul soodustab naatrium süsivesikute äravoolu lehtedest ja suhkru kogunemist peedi juurtes. Soolakutaimede kasv intensiivistub naatriumi mõjul.

M a g n e e s i u m kuulub klorofülli koostisse ja etendab tähtsat osa süsiniku assimileerimise protsessis ja pektiinainete moodustumisel.

K a l t s i u m i puudumisel ei arene varred, lehed ja juured. Kaltsium on vajalik taimedes mürgise oblikhappe neutraliseerimiseks — oblikhape moodustab kaltsiumiga oblikhapu kaltsiumi kristalle (vt. lk. 55).

Peale selle teeb kaltsium kahjutuks kaaliumi ja magneesiumi mürgise toime, kui neid elemente antakse taimele soolade näol eraldi. Kaltsium kui antagonist tasakaalustab toitelahuseid. Sellel on suur tähtsus vegetatsioonikatsete korral. Mõned taimed (lupiin, turbasammal) ei talu üldse süsihapu kaltsiumi küllust mullas, seened ja bakterid aga tulevad vabalt toime kaltsiumita. Väävelhapu kaltsium, samuti süsihapu kaltsium ei mõju kahjustavalt lupiinile magneesiumi manulusel. Kaltsiumi küllus mullas soodustab tihti kloroosinähtust, sest neis tingimustes muutub klorofülli tekkimiseks vajalik raud lahustumatuks ega saa sel kujul tungida taimesse, nagu sellest oli juttu süsiniku assimilatsiooni küsimuste arutlusel.

R ä n i soodustab fosfori paremat kasutamist taime poolt. Peale selle, immutades raku seinu, näiteks tarnade ja kõrreliste vartes ja lehtedes ja ka paljude taimede karedates karvades, osutub ta taime tähtsaks kaitsevahendiks mitmesuguste loomade (näiteks nälkjate, putukate, röövikute jt.) vastu ja suurendab vastupanu parasiitseente vastu. Eriti palju räni leidub ränivetikate kestas, mis on seetõttu muutunud mittemädanevaks.

Ehkki mikroelementide tähtsuse uurimine algas võrdlemisi hiljuti, hakkab neist mõnede tähtsus käesoleval ajal selguma ja nad leiavad juba praktilist rakendamist.

Mangaan etendab osa süsihappe liitumisel orgaaniliste ainetega, mis omab tähtsust valkude ja rasvade sünteesis ning fotosünteesiprotsessis. Ukrainas rakendatakse juba mangaani täiendava väetisena.

Boor on tähtis taimekudede toitumisel hapnikuga ja soodustab suhkrute liikumist taimes, andes liikuvaid ühendeid sahharoosiga. Boor on vajalik ka liblikõieliste taimede mügarate normaalseks arenemiseks.

Vask kuulub hapendavate fermentide koostisse, seepärast on tema tähtsus eriti suur taimede hingamisprotsessis. Eriti sagedasti ei piisa vaske soomuldades, kus teda on hakatud rakendama väetisena. Veel lähemas minevikus käsitati vaske ainult kui taimedele mürgist ainet.

4. VÄETISTE TÄHTSUS

Kõigist taime korrapäraseks arenemiseks vajalikest elementidest, mis tulevad taime juurte kaudu, ei ole mullas tihti küllaldaselt kolme elementi ja nimelt: lämmastikku, fosforit ja kaaliumi.

Põllumajanduse praktikas kasutatakse lämmastikväetistest väävelhaput ammooniumi, ammooniumsalpeetrit, kaltsiumtsüaanamiidi; fosforväetistest kasutatakse superfosfaati, toomasjahu, fosforiidijahu; kaaliumväetistest — kaalisoola, sülviniiti, tuhka jt.

Lämmastikväetised mõjuvad hästi, kui mullas on küllaldaselt fosforit ja kaaliumi, fosforväetised mõjuvad lämmastiku ja kaaliumi ning kaaliumväetised lämmastiku ja fosfori olemasolul.

Käesoleval ajal on kindlaks. tehtud, et mulla rikastamine ühe toitainega tugevdab teiste mõju, näiteks lämmastiku puudumisel suudab kaaliväetis vähe saaki tõsta.

Orgaanilistest väetistest kasutatakse põllumajanduses eduga laudasõnnikut, mis sisaldab kõiki kolme olulisemat elementi: N, P ja K, samuti ka Ca jt.

Sõnnikuga viiakse mulda ka orgaanilisi aineid ja peale selle palju mitmesuguseid mikroobe, mis tekitavad roiskumist ja orgaaniliste ainete mineraliseerumist. Orgaaniline aine etendab mullas väga tähtsat osa. Huumushapped soodustavad raskesti lahustuvate mineraalainete muundumist taimele omastatavateks. Orgaanilistest ainetest tekivad ammonifitseerijate bakterite mõjul ammooniumsoolad, mis nitrifitseerijate bakterite toimel muutuvad lämmastikushappesooladeks ja viimased lämmastikhappesooladeks. Mullas tekkinud salpeeter absorbeeritakse taimede juurte poolt, osalt aga kandub põhjavetega ojadesse, jõgedesse ja meredesse. Orgaanilised ained etendavad mullas ka veel teist osa: nad parandavad mulla füüsikalisi omadusi, tema struktuuri ja samuti soodustavad fotosünteesiprotsessiks väga vajaliku süsihappegaasi hulga suurenemist õhus, mistõttu sõnnikul on viljakuse tõstmisel väga tähtis osa.

Üheks oluliseks teguriks kõikide kultuuride saagikuse tõstmisel on nii mineraal- kui ka orgaaniliste väetiste õige kasutamine.

Ka väetiste andmise viisil ja ajal on tähtis osa viljakuse tõstmisel. Peale taimede väetiste vajaduse rahuldamise nende arenemise varajastel perioodidel on samuti tarvilik rahuldada neid väetistega järgnevatel perioodidel, kuna toitainete vajadus järjest suureneb.

Viimasel ajal omandavad meie maal üha suuremat tähtsust orgaanilis-

mineraalsed ja samuti granuleeritud väetised, mis annavad väetismaterjali väiksema kulu juures suurema efekti.

Samuti on uudsuseks põllumajanduse praktikas taimede väetamine lehtede kaudu.[1]

5. TAIMEDE TOITUMINE LÄMMASTIKUST

Lämmastik kuulub taime kuivaine koostisse (umbes 1,5%). Lämmastik on valkainete komponent ja seetõttu koguneb teda neisse taime organitesse, 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 (luuakse) rohelises taimes ja sellest võtab osa anorgaaniline lämmastik. Loomad ja seened saavad lämmastikku orgaaniliste ühenditena: esimesed valmis valkude ja teised nende laguproduktide kujul. Loomorganismide ja seente rakud on rikkad protoplasma ja järelikult ka valkainete poolest.

Seente raku kestad sisaldavad samuti lämmastikku. Roheliste taimede rakkudes on vähem lämmastikku, sest nendes on tugevasti arenenud vakuoolid, ja raku kestad koosnevad lämmastikuvabast ainest. Lämmastikku vajavad taimed veel raku tuumade, plastiidide ja aleuroonterade moodustamiseks. Taimed kasutavad lämmastikku hästi, nad ei lase teda kaotsi minna, kuna loomad kaotavad teda mitmesuguste jäätmete näol. Taimed nagu loomadki ei saa elada lämmastikuta.

Lämmastik tuleb taimesse ümbritsevast keskkonnast, kus teda esineb mitmesuguste ühendite kujul. Kõige rohkem on lämmastikku õhus gaasi näol (lämmastik moodustab mahult peaaegu 80% õhust. Peale vaba lämmastiku leidub õhus tähtsusetu hulk ammoniaaklämmastikku ja lämmastikku hapendite näol. Mullas sisaldub lämmastik orgaanilistes ühendites, ammoonium- 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 ammooniumlämmastikuks ja viimane läheb salpeetri moodustamiseks. Salpeetri tekkimise protsessi nimetatakse n i t r i f i k a t s i o o n i k s. See protsess toimub bakterite mõjul (sellest vt. lähemalt IX peatükis).

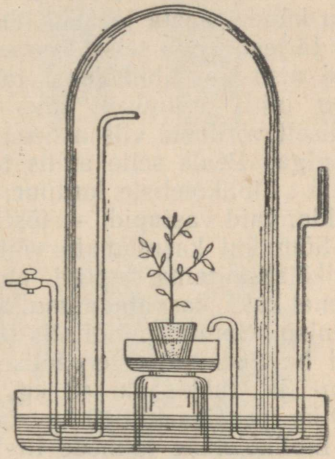
Juba lihtsad vaatlused taimede arenemise jälgimiseks lämmastikuvaestel muldadel, näiteks liivmullal, ja lämmastikurikastel muldadel, näiteks mustmullal, näitavad, et *taimede peamiseks lämmastikuallikaks on muld,* mitte aga õhk.

Katsed vesi- ja liivkultuuridega annavad samuti otsese vastuse sellele küsimusele ja näitavad, et *lämmastik tuleb taimesse juures-*

[1] Vt. J. A. Mednise artiklit ajakirjas «Советская агрономия» Nr. 7, 1952 ja A. M. Kekuhhi artiklit ajakirjas «Земледелие» Nr. 2, 1953.

tiku kaudu. Vegetatsioonikatsed näitavad, et lämmastik tuleb taimesse salpeeterhappe sooladest, mida nimetatakse s a l p e e t r i t e k s [$NaNO_3$ — naatrium- ehk tšiili salpeeter, KNO_3 — kaalisalpeeter ja $Ca(NO_3)_2$ — lubisalpeeter]. Ammooniumsoolad on samuti taimedele kättesaadavad. Eriti hästi absorbeerub lämmastikhapu ammoonium — NH_4NO_3; ka väävelhapu ammooniumi — $(NH_4)_2SO_4$ — lämmastikku kasutavad taimed. Orgaaniliste ühendite lämmastik on kättesaadav rohelistele taimedele ainult mullabakterite abil.

Juurtesse tulnud nitraatide saatuse üle võib otsustada tundliku reaktsiooni abil — nimelt omandab difenüülamiini lahus väävelhappes nitraatide manulusel sinise värvuse. Selgub, et lämmastikhappesoolad tulevad muutumatul kujul juurtest puidu soontesse ja kulgevad neid mööda lehtedesse. Pimedas toimub nitraatide kuhjumine lehtedesse, valguse käes kaovad nitraadid lehe klorofülli sisaldavast parenhüümist, kuna valkainete sisaldus samal ajal suureneb. Järelikult toimub valkainete moodustumine ehk *valkude süntees seoses süsiniku assimileerimise protsessiga samas klorofülli sisaldavas koes, milles toimub ka assimileerimisprotsess.*



Joonis 291. Kultuur mullas, millest on kõrvaldatud lämmastikuühendid.

Taimede toitumisel ammooniumsooladest muunduvad viimased juba juurtes orgaanilisteks ühenditeks, nimelt asparagiiniks, mis satub lehtedesse ja muundub seal valkühenditeks.

Et õhu vaba lämmastik ei ole taimedele toitumiseks kasutatav, seda tõestas esmakordselt teadlane Boussingault juba 1851. a. taimede kasvatamise teel liivkultuurides, mis olid kaetud klaaskuplitega (joonis 291).

Klaaskuplid, mis on äärtega lastud väävelhappesse, olid vajalikud selleks, et puhastada taime ümbritsev õhk ammoniaagist, sest et juba siis oli teada, et lehed võivad neelata õhust ammoniaaklämmastikku. Sel lämmastiku omastamise viisil ei saa olla tegelikku tähtsust, sest õhk sisaldab vaid väga väikesi ammoniaagi ja lämmastikuoksüüdide jälgi. Ühtedes Boussingault' katsetes arenesid taimed halvasti niisuguses liivas, millest oli kõrvaldatud lämmastik, ja andsid tühise juurdekasvu ning lämmastiku hulk neis ei ületanud selle varu seemnetes. Vastupidi — neis katsetes, milledes liivale oli lisatud lämmastikku salpeetri näol, arenesid taimed täiesti normaalselt, mis viitab taimede võimele neelata lämmas-

tikku nitraatidest juurte abil. Boussingault' katsetes ei omastanud ükski taim, vaatamata tema kuuluvusele ühte või teise sugukonda, õhu vaba lämmastikku.

Lämmastiku omastamine liblikõieliste taimede poolt

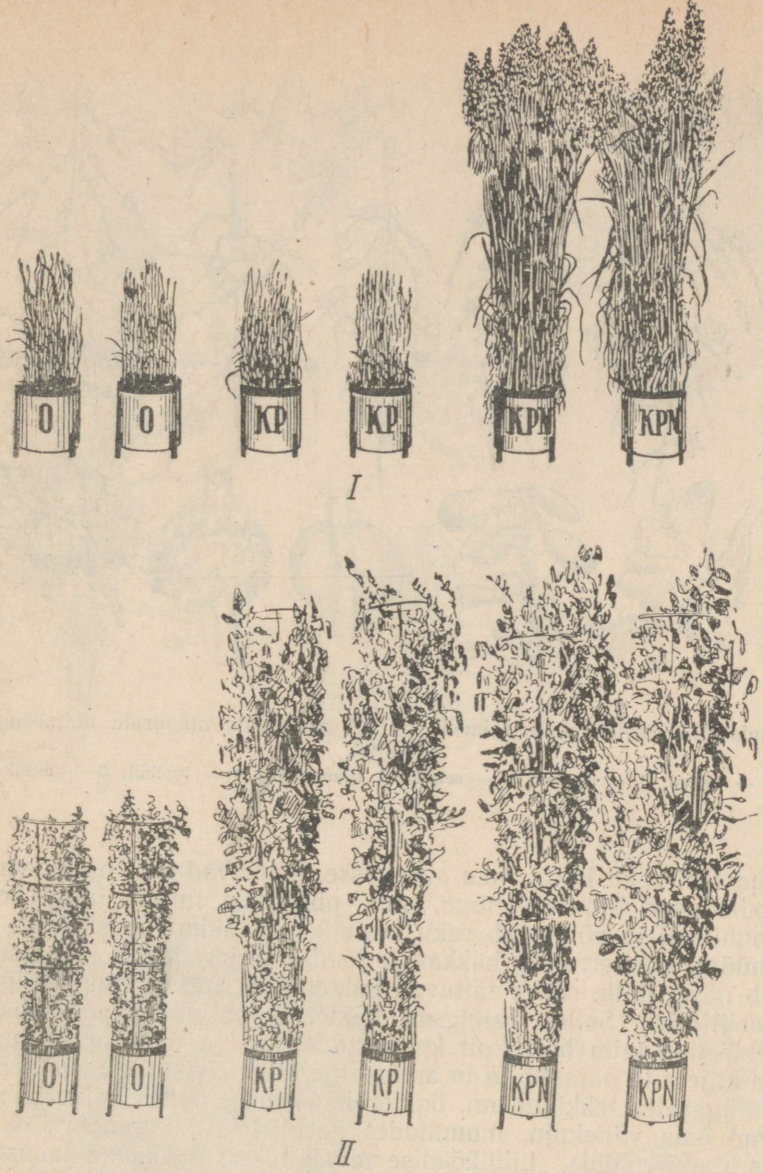
Juba ammu oli teada, et liblikõielised taimed võivad kasvada lämmastikuvaestel liivastel muldadel.

Seda tähelepanekut kinnitas huvitav katse, mille korraldasid inglise teadlased Lawes ja Gilbert. Nad avastasid, et kasvatades nisu kümne aasta jooksul ühel ja samal väljal langesid tema saagid järjest, kuna teisel samasugusel väljal, kus kasvatati vaheldumisi nisu ja liblikõielisi taimi, püsisid nisusaagid ühel tasemel ning olid keskmiselt kaks korda kõrgemad kui esimesel väljal. Üldiselt võrdusid viis nisusaaki teiselt väljalt esimese välja kümne saagiga. Peale selle andis teine väli veel viis head liblikõieliste saaki. Liblikõieliste kultuur osutus tulukaks, sest ta ei kurnanud mulda, vaid vastupidi — tõstis nisusaake.

Sõnnikut kasutamata võib kehvade liivmuldade viljakust tõsta liblikõielise taime lupiini abil sellise määrani, et hiljem osutub võimalikuks kasvatada mulla suhtes väga nõudlikku kultuuri — talinisu. Samuti pandi siis tähele, et liblikõielised taimed reageerivad halvasti salpeeterväetisele, kuna iga 16 kg salpeetrit tõstab nisu- ja rukkisaaki 48 kg, kaerasaaki 64—80 kg, kartulisaaki 500 kg, peedisaaki 640 kg võrra hektarilt.

Liblikõieliste taimede liivkultuuride katsete abil tegi teadlane Hellriegel täpselt kindlaks, et liblikõielised taimed on suutelised toime tulema ilma mulla-(seotud)lämmastikuta sel juhul, kui nende taimede juured arenevad liivas, millele on lisatud vähe mullalahust, mis on võetud väljalt, kus kasvas katsetatav liblikõieline taim. Paralleelsed katsed kaeraga ja taimedega teistest sugukondadest näitasid, et ainult liblikõielised taimed on võimelised toime tulema ilma mullalämmastikuta ja rahulduma õhulämmastikuga (joonis 292). Hellriegelil õnnestus ka kindlaks teha (1886. a.), et *õhulämmastiku neeldumise protsess on seotud mügaratega,* mis asetsevad liblikõieliste taimede juurtel ja mis on võimelised tekkima seal ainult sel juhul, kui ümbritsev keskkond (liiv, muld, vesi) on nakatatud mügarbakteritest (joonis 293). Seetõttu kasutaski Hellriegel oma katsetes liiva nakatamist mullaleotisega. Boussingault kasutas oma katsetes läbikuumutatud, s. o. steriliseeritud liiva, mistõttu tema katsetes ei moodustanud liblikõielised taimed juurtel mügaraid ja käitusid õhulämmastiku suhtes nagu kõik teisedki taimed. Teadlane Voronin avastas juba 1866. a. bakterite olemasolu liblikõieliste taimede mügarates; need bakterid said hiljem m ü g a r b a k t e r i t e *(Bacterium radicicola)* nimetuse. Beijerinck ja Pržamovski uurisid liblikõielise taime juurte nakatamist bakterite poolt ja mügara järkjärgulise tekkimise protsessi (joonis 294).

Bakterid on pisikesed mikroorganismid (vt. IX peatükk) ja

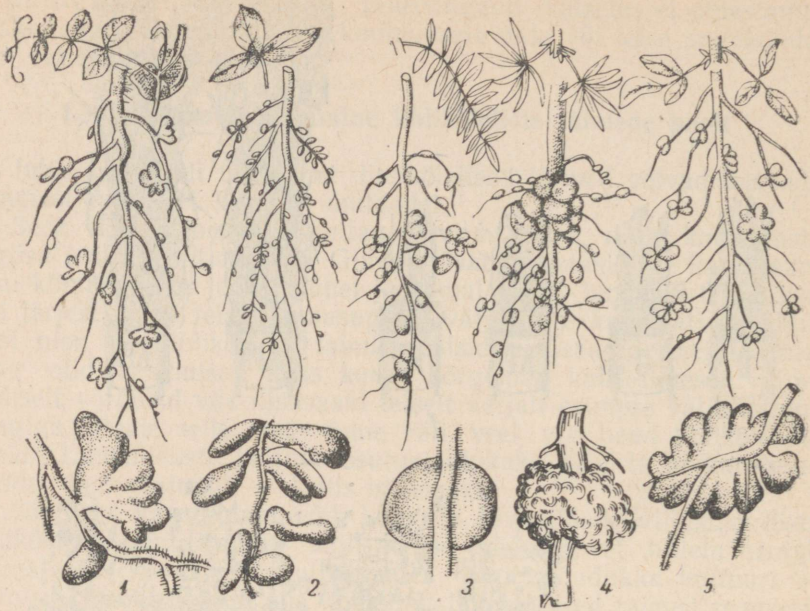


Joonis 292.

I — kaer: O — ilma väetiseta, KP — väetatud kaaliumi ja fosforhappesooladega, KPN — väetatud kaaliumi- ja fosforhappesooladega ning salpeetriga; II — herne s: O — ilma väetiseta, KP — väetatud kaaliumi- ja fosforhappesooladega, KPN — väetatud kaaliumi- ja fosforhappesooladega ning salpeetriga.

satuvad mullast noortesse juurtesse juurekarvade kaudu.[1] Tun-

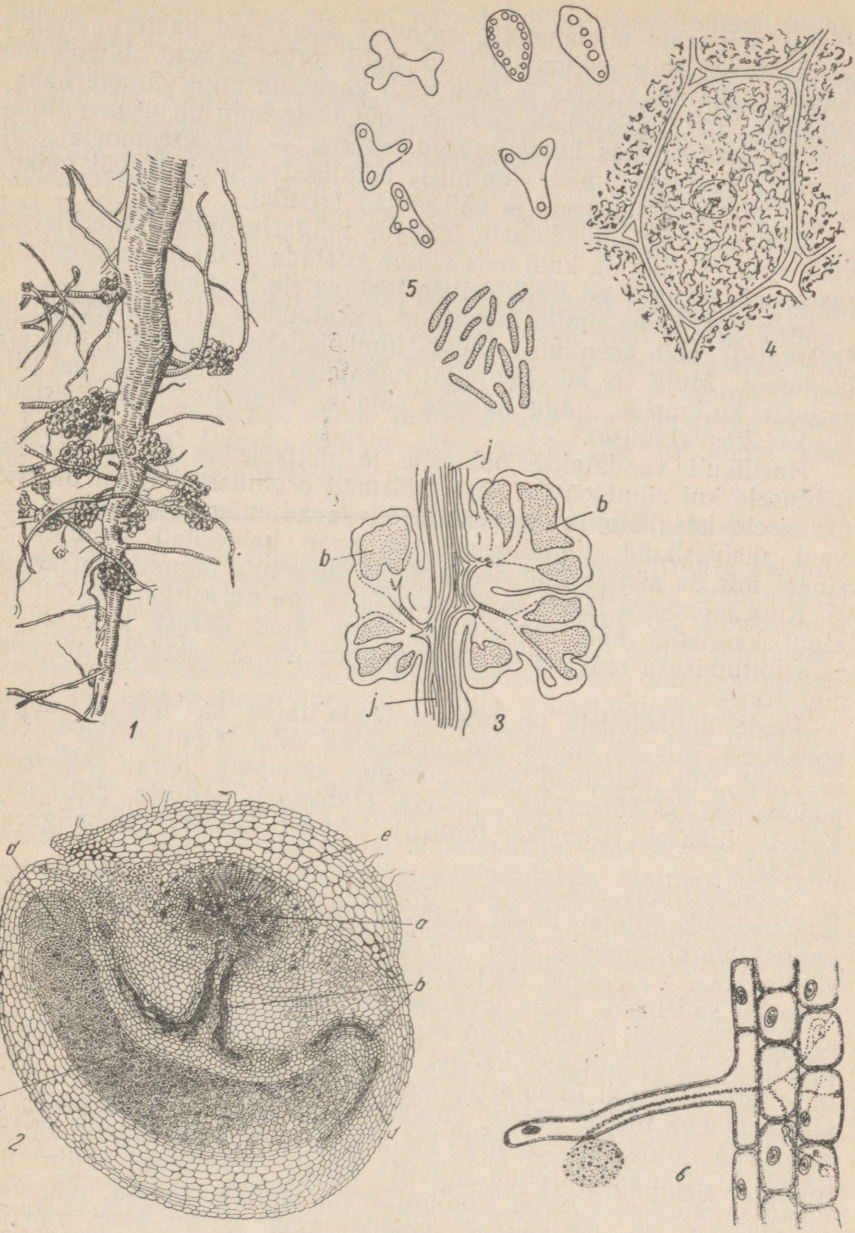
[1] Viimasel ajal on tõestatud, et bakterite tungimine juurtesse toimub ka neis kohtades, kus külgjuured väljuvad jämedamatest juurtest. Seepärast on külgjuurte väljatuleku kohtades mügarad rohkem levinud.



Joonis 293. Liblikõieliste taimede juurtel asetsevate mügarate mitmesugused kujud.
1 — hernel; 2 — ristikul; 3 — seradellal (linnujalal); 4 — lupiinil; 5 — mesikal.

ginud läbi raku kesta raku sisemusse, hakkavad nad paljunema ja moodustavad limase juhtme, mis pikkamisi tungib juure koore-parenhüümi ja põhjustab raku kestade kohalikku lahustumist. Parenhüümi naaberrakud hakkavad jõudsasti jagunema ja paisuma; tekib näsa, mille rakud täituvad bakteritega, mis osutuvad alguses parasiitideks. Selles esialgses bakterite paljunemisperioodis on liblikõieline taim harilikult kurnatud olekus ja ta kasv aeglustub, kuid hiljem ta paraneb ja ta arenemine intensiivistub. 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 pikapeale korjunud mügarasse ja sisaldavad seotud lämmastiku varusid, pärast seda ka bakteroide endid, lagundades neid ja tugevdades seega kogu taime toitumist (joonis 294).

Oma arenemise algul toituvad bakterid juure orgaanilistest ainetest ja samal ajal *absorbeerivad ning omastavad õhulämmastikku.* Herne ja teiste liblikõieliste taimede hästi arenenud mügarates on bakteritel küllaldaselt süsivesikuid toiduks, sest et mügarate rakkudesse koguneb tärklist. Mügarbakterite poolt lämmastiku omastamise protsessi üksikasjad on seni veel selgitamata.



Joonis 294. Mügarad lupiini juurel.

1 — mügarad loomulikus suuruses; 2 — mügara ehitus ristlõikes (väike suurendus): *a* — juure juhtkoed, *b* — mügara trahheiidid, *c* — bakteroidkude, *d* — bakteroidkoe laiuv ots, *e* — juure koor; 3 — mügara ehituse skeem pikilõikes: *j* — juur, *b* — batkeroidkude; 4 — bakteroidkoe rakud (suur suurendus); 5 — mügarbakterid ja bakteroidid (suur suurendus); 6 — bakterite tungimine juurekarvakesse ja juure esikoore rakkudesse (on näha bakteroidjuhe) (suur suurend.).

Pärast mügarate mädanemist satuvad ülejäänud bakterid mulda ja nakatavad selle. Niimoodi jääb muld, millel kasvas liblikõieline taim, kauaks nakatatuks ja teda võib kasutada uute väljade nakatamiseks. Eri liblikõieliste taimede mügarate kuju on üsna mitmesugune: nad on kas kerakujulised, suured — herneseemnete suurused ja veel suuremad (lupiinil), hõlmised (mesikal) või väikesed — hirsitera suurused ja väiksemad (ristikul).

Mitmesuguste liblikõieliste taimede mügarbakterid ise erinevad vähe oma väliskujult, kuid neis võime eristada siiski mitmesuguseid rasse, mis on omased liblikõieliste teatavatele liikidele.

Seepärast tuleb mulla kunstlikul nakatamisel eri bakterväetiste (nitragiin) abil kasutada antud liblikõielisele vastavaid mügarbaktereid. Muld või külvimaterjal nakatatakse bakteritega just niisuguste kultuuride, nagu näiteks sojaoa, seradella, lupiini esmakordsel kasvatamisel.

Harilikult vaadatakse bakterite ja liblikõielise taime kooselu nähtusele kui sümbioosile, sest mõlemad organismid nagu oleksid üksteisele kasulikud: mügarbakterid saavad mügaratesse kogunevaid süsivesikuid, liblikõieline aga saab bakteritelt lämmastikaineid, mis on sünteesitud nende poolt õhkkonna lämmastiku arvel.

Kuid mõnikord läheb sümbioosinähtus üle parasitismiks, millest algul kannatab küll liblikõieline taim, kuid pärast kasutab ta oma toitumiseks mügara lämmastikuühendeid ja bakterite suurenenud vorme.

Peale liblikõieliste on praegu teada taimi ka teistest sugukondadest, mis on võimelised omastama vaba lämmastikku bakterite abil. Siia kuuluvad lepp, hõbepuu, okaspaju, porss *(Myrica)*, podokarpus *(Podocarpus)*, paveta *(Pavetta)*, ardiisia *(Ardisia)*. Kahel viimasel (troopika taimed) tekivad bakteritega mügarad lehtedel.

Sotsialistlikus põllumajanduses on liblikõielistel taimedel kui lämmastikukogujatel tähtis koht külvikordades. Lupiin *(Lupinus angustifolius)* (joonis 204) on haljasväetisena juba vallutanud kindla koha Valgevene NSV-s, kus on palju liivmuldasid ja küllaldaselt sademeid. Tema levimisrajoon kahtlemata laieneb. Lupiin ei jää väärtuselt maha sõnnikust ja on temaga võrreldes koguni eelistatav karjalautadest kaugel asetsevate liivaste põldude väetamisel kui odavaim lämmastikväetis ja mõningatel juhtudel ka kui pikemat aega mõjuv väetis. Lupiini kasutamine haljasväetiseks on äärmiselt lihtne. Momendil, kui varrel tekivad läikivad kaunakesed (2—3 nädalat enne talivilja külvi), rullitakse lupiin ligi maad ja küntakse sisse. Lupiinil tekib õhulämmastiku, õhu-süsihappegaasi, vee ja mõnede soolade arvel tohutu suur roheline orgaanilise aine mass (kuni 5,2 kg ühe m^2 kohta), mis kõduneb mullas, väetab seda ja parandab tema füüsikalisi omadusi. Lupiini kasvatamisel ei tule aga unustada mullale kaaliumi ja fosfori andmise vajadust. Lupiin nõuab esmakordsel kasvatamisel mulla nakatamist mügarbakterite poolest rikka mullaga või nende bakterite

puhaskultuuriga. Paar nädalat pärast lupiini sissekündmist külvatakse talivili, mis kasvab hästi lupiini järel.

Teistest liblikõielistest taimedest on tähtis kui allakülvikultuur rukkile või kaerale seradella *(Ornithopus sativus)* (joonis 203). See on üheaastane hea söödataim, mis külvatakse varakevadel teravilja alla. Pärast teravilja koristamist kasvab ta ja annab hea söödaväärtusega haljasmassi. Seradellat võib tarvitada söödaks kas haljasmassina või heinana. Seradella tõstab lüpsikarja piimatoodangut ja parandab piima omadusi. Tema juured kõdunevad ja rikastavad mulda lämmastikainetega.

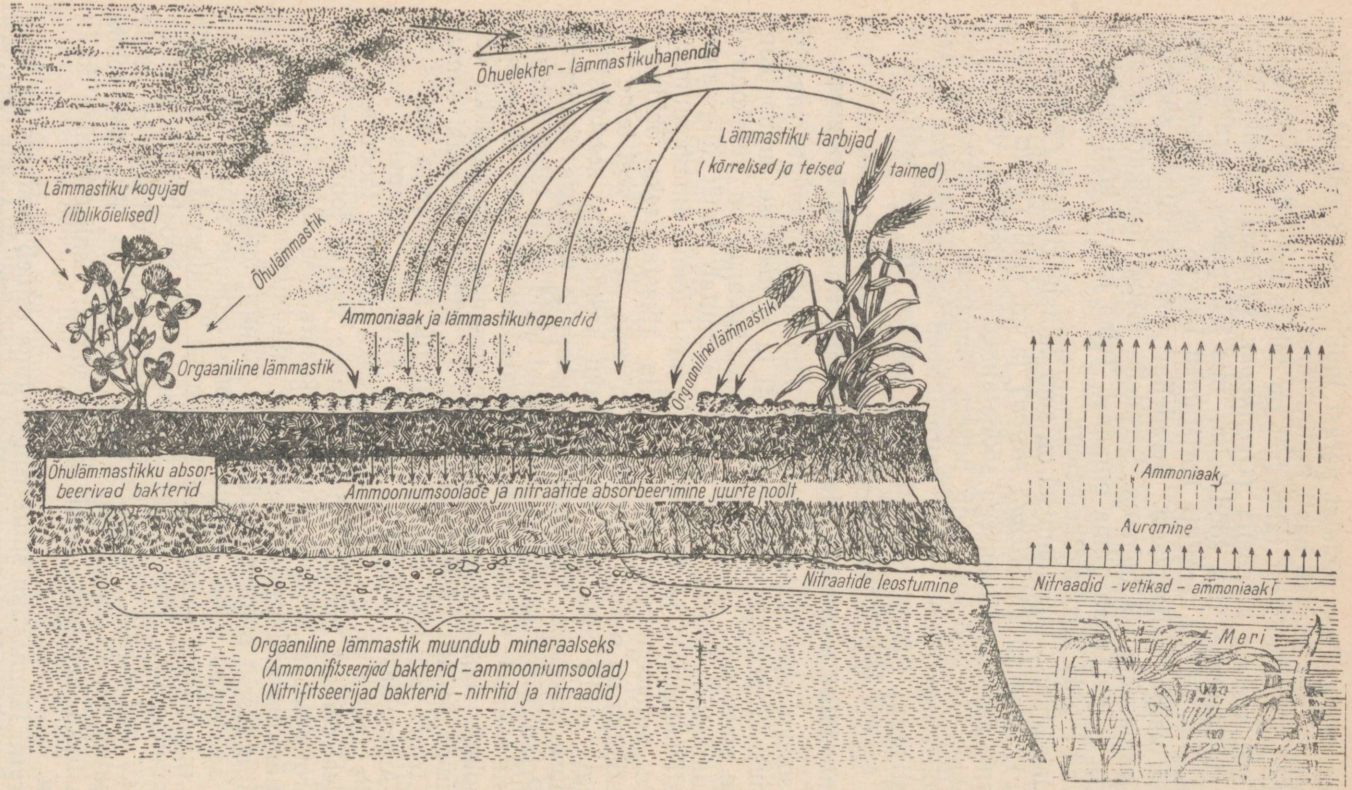
Söödaküsimuse lahendamisel on suur tähtsus ristikul *(Trifolium pratense)*, lutsernil *(Medicago sativa)* ja ka vikil *(Vicia sativa)*. Need esmajärgulise tähtsusega söödataimed — ristik ja vikk NSV Liidu põhja- ja keskosas ning lutsern lõunaosas — annavad hea söödaväärtusega heina, nende juurejäätmed aga rikastavad mulda lämmastikuga. Pärast ristikut jääb mulda ühe ha kohta kuni 150 kg seotud lämmastikku.

Sünteetiline ammoniaak ja lämmastiku ringkäik looduses

Käesoleval ajal tuntakse mitmeid lämmastikuühendite saamise viise õhust kõrgepinge elektrivoolu abil ja sünteetilise ammoniaagi tootmise meetodeid. Õhkkonna lämmastikuvarud on inimkonnale ammendamatud. Sotsialistlik tööstus ammutab õhust hiiglasuuri lämmastikukoguseid ja valmistab miljoneid tonne ammooniumsulfaati ja ammooniumsalpeetrit. Mulla rikastamiseks õhkkonna lämmastikuga on peale liblikõieliste taimede olemas veel teine võimas tegur, mille abil õhu lämmastikku kasutatakse sotsialistliku põllunduse tarveteks. Väljapaistev nõukogude teadlane akadeemik D. N. Prjanišnikov ja tema kaastöötajad tegid peale teiste tähtsate avastuste taimede toitumise alal lämmastikust kindlaks, et ammooniumsoolade (lämmastikutööstuse põhiprodukti) lämmastikku võivad taimed samuti hästi omastada ja ta võib tõsta saaki samuti kui naatrium- ehk tšiili salpeetri lämmastik, mida varem veeti sisse Lõuna-Ameerikast. Jõudsime praegu huvitava küsimuse juurde, mis juba ammu sai nimetuse «lämmastiku ringkäik looduses».

Sellest näitest näeme, kuidas inimene valdab looduses toimuvaid protsesse ja kuidas neid meil kasutatakse töötajate hüvanguks. Lämmastikuühendid teevad läbi lakkamatuid kvantitatiivseid ja kvalitatiivseid muutusi. Ookeanides tohutul hulgal kogunev salpeeter soodustab rohe-, pruun- ja punavetikate suurte tihnikute kasvu, mis pärast elutegevuse lõpetamist kõdunevad; neist eritub õhku ammoniaak. Ammoniaak on lenduv. Õhuvooludega tuuakse ta uuesti maismaale tagasi ja ühes sademetega viiakse ta mulda ning satub uuesti ringkäiku. Õhkkonna elekter, mis seob vaba lämmastikku hapendite näol, katab samuti osaliselt tema kadu mullast.

Kõrvuti lämmastiku suure ringkäiguga esineb looduses ka tema väike ringkäik. Mulla orgaaniline lämmastik muundub pidevalt



Joonis 295. Lämmastiku ringkäik looduses — skeem (seletus tekstis).

ammonifitseerijate bakterite toimel ammooniumsooladeks, mis nitrifitseerijate bakterite mõjul muunduvad algul lämmastikushappe- ja seejärel lämmastikhappesooladeks (vt. nitrifikatsioon). Mullas tekkiv salpeeter liigub kahel teel: üks osa viiakse meredesse ja ookeanidesse; teine osa, mis on eriti tähtis põllundusele, läheb taimede juurte lähedusse, mis kasutavad salpeetrit ja samuti ka ammooniumsooli orgaaniliste ainete moodustamiseks ja kogumiseks. Taimede orgaanilist ainet kasutab inimene, samuti läheb ta söödaks karjale. Loomakasvatuse jäätmed — sõnnik — tagastatakse mullale. Selles protsessis kuulub tähtis osa sõnniku- ja virtsahoidlatele. Nende otstarbekohasest ehitusest oleneb sõnniku väärtus, sest sõnnikus kulgeb mikrobioloogiline elu, mis on seotud salpeetri kogunemisega (sõnniku heal säilitamisel) või lämmastiku lendumisega ammoniaagi näol (tema halval säilitamisel). Sõnnikuga tagastatakse lämmastik mullale ja sellest väikesest ringkäigust astub ta jälle suurde ringkäiku.

«Lämmastiku ringkäik» — see on vaid piltlik väljendus nende muutuste kohta, millele allub lämmastik looduses (joonis 295). Sotsialistliku tööstuse areng suurendab seotud lämmastiku hulka ja see omakorda soodustab viljakuse tõstmist. Sõnnikuga viiakse mulda tohutu hulk baktereid. Peale ammonifitseerijate ja nitrifitseerijate bakterite on mullas veel baktereid, mis iseseisvalt seovad õhkkonna vaba lämmastikku; need bakterid avastas teadlane Vinogradski ja nimetas nad *Clostridium Pasteurianum*'iks. Hiljem teadlane Beijerinck avastas ühe teise mullas vabalt elutseva bakteri, mille ta nimetas *Azotobacter chroococcum*'iks; viimane hingab tugevasti ja omab küllaldast energiat vaba lämmastiku sidumiseks. Mulla mikroorganismid koguvad meie laiuskraadil aastas mulda 10 kuni 30 kg seotud lämmastikku ühe ha kohta ja katavad osaliselt tema kadu mullast, sest et ühe saagiga viiakse sealt ära üle 50 kg lämmastikku ha-lt. Seepärast tuleb hoolitseda, eriti mittemustmullavööndis, mulla lämmastikuvarude täiendamise eest.

6. PARASIITIDE, POOLPARASIITIDE, SAPROFÜÜTIDE JA PUTUKASÖÖJATE TAIMEDE TOITUMINE. MÜKORIISA JUURTEL

P a r a s i i t i d e k s (nugilisteks) nimetatakse taimi, mis elutsevad teistel taimedel ja on võimelised toituma valmis orgaanilisest toidust; s a p r o f ü ü d i d (mädarikud) elutsevad surnud orgaanilisel substraadil ja toituvad roiskuvatest jäänustest. Enamikul neist taimedest kas üldse ei ole klorofülli rakkudes või on nõrgalt arenenud klorofülli sisaldav kude ja nad ainult osaliselt assimileerivad õhusüsinikku.

Ohtlikuks parasiidiks on ristikul, lutsernil ja samuti linal, nõgesel, pajul, humalal ning teistel taimedel elutsev v õ r m, mis kuulub kassitapuliste sugukonda (joonis 296, I). Igale peremeestaime liigile vastab oma võrmi liik. Ristikul nugib ristikuvõrm *(Cuscuta epithymum* var. *Trifolii)*. Tema seemned on ristiku seemnete sarnased ja külvimaterjali on võimalik nendest puhastada ainult eri-



Joonis 296. Parasiittaimi:

I — punasel ristikul parasiteeriv võrm *(Cuscuta)*: *A* — võrmi varreosa õite-kägaraga ja haustoritega (vasakul — üksik õis); *B* — idutaimekesed; *C* — seeme; II — päevalille soomukas *(Orobanche cumana)* päevalille juurel: 1 — õis loomulikus suuruses; 2 ja 3 — soomuka seemne idanemine päevalille juurtel.

liste masinate abil. Võrmi seemne idanemisel areneb juur, mille abil noor taim kinnitub maa külge, ning niidikujuline vars, mis mullast väljudes hakkab tegema keerlevaid liigutusi. Kui läheduses leidub ristiku vars, siis põimub võrm selle ümber ja jätkab kasvu, tekitades erilisi lisajuuri — haustoreid, mis tungivad rohelise varre kudedesse. Võrmil endal peaaegu ei ole klorofülli. Tema seos pinnasega kaob kiiresti, sest juur ja varre alus kuivavad ja kogu tema edasine areng kulgeb ristikul, millest võrm oma haustorite abil imeb vett ja orgaanilisi aineid. Võrmi varred on kollakad või roosakad, lehtedeta ja niitja kujuga. Nad hargnevad tugevasti ja mässivad ristikupuhma täiesti kinni, mis äärmiselt välja kurnatakse ja hakkab lõpuks kuivama. Võrmi õied on roosakad; ta moodustab suure hulga seemneid, mis langevad maha või (seemneristikul) segunevad ristiku seemnetega. Võrmi seemned säilitavad idanevuse kuni 6—7 aastat. Selleks et päästa ristikupõldu, tuleb rakendada kiireid abinõusid nakatuse seismapanekuks ja võrmi hävitamiseks.

Tõrjeabinõudest võib nimetada järgmisi: 1) Ristiku külvise puhastamine võrmi seemnetest masina «Cuscuta» ja elektromagnetiliste puhastusmasinate abil. Viimaste töötamise põhimõte on järgmine: ristiku külvis, milles on võrmi seemneid, töödeldakse rauapulbriga, mis ei hakka külge ristiku siledatele seemnetele, küll aga võrmi krobelistele seemnetele. Pärast niisugust töötlemist tõmbuvad viimased hästi elektromagneti pooluste külge ja eralduvad ristiku seem-

netest. 2) Võrmi poolt nakatatud ristik niidetakse maha ja põletatakse nendel kohtadel ära paks kiht kuivi õlgi. 3) Põllu pritsimine 3%-lise rauavitrioli lahusega.

Teiseks õelaks parasiidiks on soomukas (joonis 296, II), mis kuulub soomukaliste sugukonda. Samuti nagu võrm nugib ta mitmesugustel taimedel: päevalilledel, saflooril, tubakal, puuvillapõõsal, ristikul, lutsernil, sarapuul, kanepil, põldoal jt.; igale peremeestaime liigile vastab oma soomuka liik.

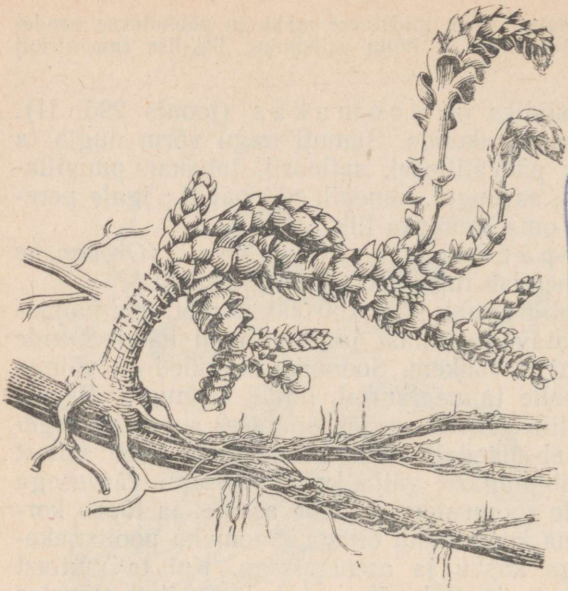
Päevalillel nugib päevalille-soomukas (*Orobanche cumana* Wallr.), mis vähendab tugevasti päevalille saaki.

Üks soomuka eksemplar annab kuni 100 000 seemet, mis kanduvad tuulega laiali, nakatavad pinnast ja talvituvad hästi. Nende idanevus säilib 7 aastani ja rohkem. Soomuka seemned on võimelised edukalt idanema selle taime juurtel, millel ta nugib. Pärast seemne idanemist päevalille juurtel areneb pinnases soomuka vegetatiivne keha, mis kasvab tihedalt kokku juurega ja imeb sellest toitaineid. Hiljem kasvab mullast välja kollakaspruuni värvusega maapealne vars pruunide soomustega lehtede asemel ja lõpeb korrapäratute sinakate peana koondunud õitega. Soomuka poolt nakatatud päevalill on nõrga kasvu ja arenemisega. Kui ta mullast välja tõmmata, siis võib ta juurtel näha soomukat mitmesugustes arenemisjärkudes. Võitlus soomuka vastu seisab soomukakindlate päevalillesortide kasutamises.

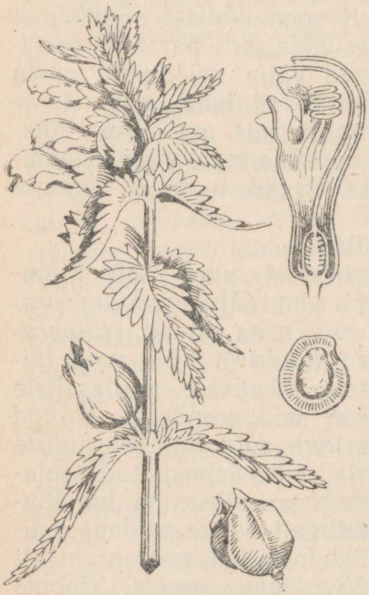
Lehtmetsades leiame kevadel parasiittaime käopäkka (*Lathraea squamaria* L.), mis kuulub samuti soomukaliste sugukonda (joonis 297). Kevadel võime sarapikkudes leida selle parasiidi punakaslilla värvusega võsusid, mis ulatuvad välja möödunud aasta kuivade lehtede alt. Kui kaevame need võsud lahti, siis näeme harulisi valgeid lihakaid maa-aluseid varsi, mis on kaetud tihedalt lihakate soomusjate lehtedega. Käopäkk annab nagu soomukaski hulga pisikesi seemneid, mis kanduvad tuulega tolmuna laiali.

Ülalloetletud taimed on pärisparasiidid.

Niitudel leidub poolparasiite, mis tekitavad suurt kahju niidutaimedele. Siia kuuluvad: paluhärghein (*Melampyrum pratense*), robirohud (*Alectorolophus*), silmarohud (*Euphrasia*) ja soo-kuuskjalg (*Pedicularis palustris*). Kõik need taimed kuuluvad soomukaliste sugukonnale lähedasse mailaseliste sugukonda. Poolparasiitideks nimetatakse neid seepärast, et nad kinnituvad oma nõrgalt arenenud juurtega niidutaimede juurte külge, imevad oma «peremeestest» vett ja selles lahustunud soolasid, kuid selle kõrval on nad võimelised assimileerima ka õhusüsinikku. Niidutaimede saak alaneb tunduvalt nende poolaparasiitide tõttu. Seda on kerge märgata, kui liikuda niidul, mis on ohtralt kaetud näiteks suure robirohuga (*Alectorolophus major*) (joonis 298). Kaevame ettevaatlikult välja ühe selle taime suure eksemplari ja vaatleme hoolega tema juurestikku. Nõrgalt arenenud juurtel märkame suure hulga väikesi haustoreid, mille abil robi-



Joonis 297. Käopäkk *(Lathraea squamaria)* — parasiit sarapuu juurtel.



Joonis 298. Suur robirohi *(Alectorolophus major)* — poolparasiit niidutaimede juurtel.

rohi imeb naabertaimede külge. Pöörame tähelepanu ümbritsevale rohule — see on hääbumas.

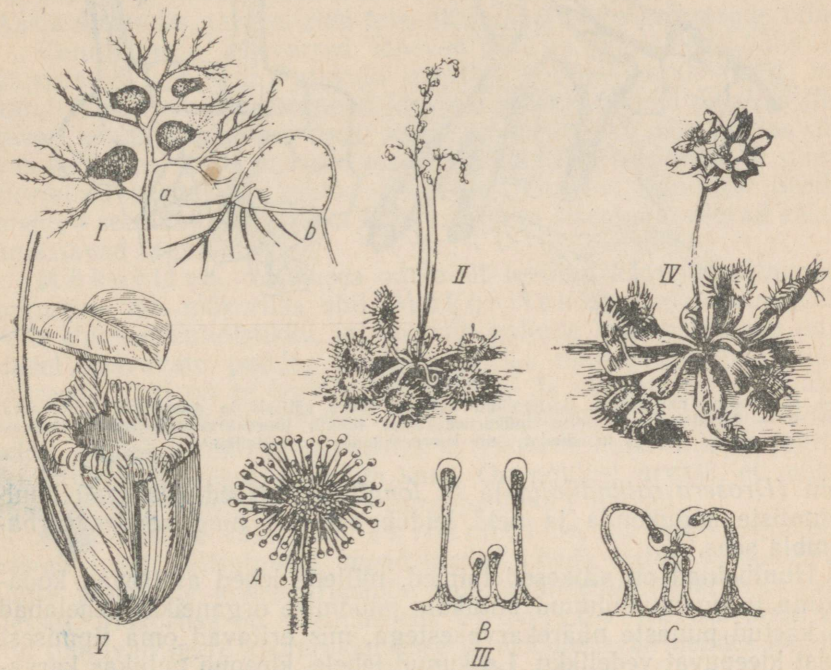
Suure robirohu õied on kollase värvusega, huuljad, kahe lillakaspunase hambakesega ülemisel huulel ning põisja tupega. Viljaks on kupar, rohkete seemnetega, mis rappumisel kõrisevad. Seemned on varustatud tiivuliste lisemetega ja kanduvad tuulega kergesti laiali. Rohelised poolparasiidid — robirohud jt. aurutavad Kostõtševi uurimuste järgi üsna palju vett ja mitte omades võimalust rahuldada veetarvet oma juurte abil, kasutavad nad selleks peremeestaimede juurestikku.

Võitlus poolparasiitide vastu seisab heina varajasemas niitmises — enne poolparasiitide seemnete tekkimist — ja kultuurrohumaade rajamises.

Saprofüütide hulka kuuluvad mitmesugused kõrgemad seened, hallitused ja ka bakterid, mis elutsevad pinnases ja on võimelised omastama süsinikku orgaanilistest ühenditest. Seened ja bakterid on osalt saprofüüdid, osalt parasiidid; neid käsitlesime taimesüstemaatika osas. Siin me vaid mainime, et õistaimede seas on saprofüüte vähe. Nendest võime nimetada p e s a j u u r t *(Neottia nidus avis)* käpaliste sugukonnast, mis kasvab meie metsade huumusrikastel pinnastel, ja k a r e d a t

seenlille (*Monotropa hypopitys*) uibuleheliste sugukonnast, tavalist kuusemetsade saprofüüti. Nende taimede lehed ei ole arenenud ega oma rohelist värvust ning seetõttu võivad nad omastada süsinikku ainult metsa huumuselises pinnases leiduvatest orgaanilistest ühenditest.

Väga huvitava taimede rühma moodustavad putukasööjad ehk lihasööjad taimed, mida on kirjeldanud Darwin.

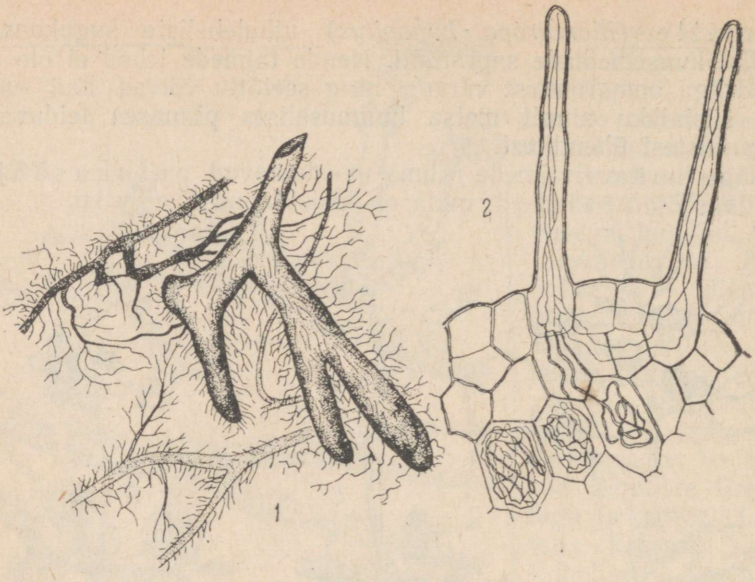


Joonis 299. Putukasööjad taimed.

I — vesiherne leht *a* ja suurendatud põieke *b;* II — ümaralehine huulhein; III — *A* — ümaralehise huulheina leht; *B* — huulheina lehe karvakesed rahulikus olekus; *C* — huulheina lehe karvakesed on paindunud kleepunud putuka ligi; IV — kärbsepüünis; V — ühe kanntaime liigi kann (lehekaha).

Meie nõrga läbivooluga veekogudes leidub mitmeid vesiherne (*Utricularia*) liike (joonis 299, I). Need taimed ujuvad vees, kust ulatuvad välja ainult nende varred helekollaste korrapäratute õitega. Helerohelised vees asetsevad lehed on mitmelisulglõhised. Juured puuduvad. Mõnede lehtede otsad on muundunud omapärasteks põiekesteks, mis on vähe suuremad nööpnõela peakesest. Iga põiekese sisemusse viib klapiga varustatud ava; klapp avaneb põide sissepääsu suunas. Põieke on veel varustatud näärekarvakeste kimbuga, mille tõttu ta on magedavee vähjakese sarnane. Arvukad põiekesed pole midagi muud kui püünised, millesse satuvad pisikesed loomakesed (näiteks *Daphnia* ja *Cyclops*'i liigid). Püütud loomakesed hukkuvad mõne päeva jooksul, nende keha orgaanilised ained lagunevad, absorbeeritakse taime poolt ja lähevad viimase keha ehitamiseks. Vesiherne rohelised lehed on fotosünteesi organiteks, kuid püünised arvatavasti tugevdavad toitumist.

Teistest putukasööjatest taimedest nimetame huulheinte liike: ümaralehine (joonis 299, II) ja pikalehine huul-



Joonis 300.

1 — ektotroofne mürkoriisa. Seeneniidid katavad juure väliselt ja asendavad juurekarvakesi; 2 — käpalise endotroofne mükoriisa. Seen tungib juurekarvakeste kaudu juuresse ja moodustab selle koorerakkudes seenpõimiku.

hein *(Drosera rotundifolia* ja *D. longifolia)*. Need kuuluvad huulheinaliste sugukonda ja neid leidub rabades ning soodes turbasambla seas.

Huulheinad on väikesed taimed, millede lehed asetsevad kodarikuna ja on muundunud putukate püüdmise organeiks. Lehelabad on kaetud punaste näärekarvakestega, mis eritavad oma tipmisest osast kleepuvat vedelikku. Laskunud lehele, kleepub putukas karvakeste külge, mis nagu hüdra tentaaklid painduvad tema ligi ja katavad ta lõplikult kleepuva vedelikuga, mille koosseisu kuulub ferment pepsiin. Mõne päeva pärast jäävad putukast järele ainult ta keha kitiinosad, kuna kõik orgaanilised toitained on lahustatud ja absorbeeritud lehe poolt. Pärast seda sirguvad karvakesed, heidavad ära putuka jäänused ning leht on jälle valmis saagi püüdmiseks. Putukate puudumisel toituvad huulheinad harilikul viisil (joonis 299, III).

Veel rohkem putukasööjaid taimi leidub troopikamail. Käesoleval ajal tuntakse neid kuni 500 liiki.

Ameerika kärbsepüünis *(Dionaea muscipula)* (joonis 299, IV) esineb rabades Lõuna-Ameerikas. Ta lehed on paigutatud kodarikuna, mis ei ületa läbimõõdus 10 sm. Lehed koosnevad tiivulisest rohelisest lehe rootsust ja suhteliselt väikesest lehe labast, mille servad on varustatud hambakestega, kuna lehe laba keskel on kuus tundlikku harjast. Lehe laba pooled võivad sulguda paukudes, nagu lööme kinni avatud raamatu. Kui putukas laskub lehe laba poolele

ja puudutab ühte harjast, siis pooled lähenevad silmapilkselt teineteisele ja servahambakesed hambuvad üksteise taha. Mõne aja pärast püütud putukas hukkub ning tema keha seeditakse ära eri näärmetest erituva vedeliku poolt, mis sisaldab haput mahla ja pepsiinitaolist fermenti. Laguproduktid absorbeeritakse lehe poolt.

Putukasööjate taimede hulka kuuluvad ka ronitaimed — kanntaimed *(Nepenthes)* (joonis 299, V), mis kasvavad Lõuna- ja Kagu-Aasia metsades, ja veel rida teisi samalaadi troopikametsade taimi.

Kanntaimede lehevarred lõpevad eriliste kannudega, mis on varustatud kaanega. Putukaid meelitab juurde magus mahl, mis katab kannu eredalt värvunud libedaid servi. Arvukad putukad libisevad kannu sügavusse nagu kaevu ja hukkuvad selle põhjas olevas vedelikus. Välja pääseda ei saa putukas veel seepärast, et kannu sisemised seinad on kaetud allapoole suunatud ogadega. Seedemahlad seedivad ära putuka keha ja kannu sisepinnal olevad rakud omastavad laguained.

M ü k o r i i s a. Looduses on laialt levinud kõrgemate taimede toitumine nn. mükoriisa abil. M ü k o r i i s a k s 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, millede juurtel on leitud mükoriisat, on väga suur. On põhjust arvata, et mükoriisat esineb vähemalt poolel Euroopa floora liikidel.

Mükoriisa on väline ehk e k t o t r o o f n e, kui seeneniidid põimivad juurt välispinnalt, moodustades tiheda katte, ja tungivad juure pindmiste kudede rakkude vaheruumidesse (intertsellulaaridesse). Mükoriisa on sisemine ehk e n d o t r o o f n e, kui seeneniidid tungivad juure koorerakkudesse ja moodustavad nendes kägara (joonis 300, 2). 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, tamme mükoriisa tekib nende puude all kasvavate tavaliste kübarseente (kasepuraviku, punapuraviku jt.) mütseelist. Katsetega on tõestatud, et niisugused seened võivad areneda ainult ühes vastavate puude juurtega. Mõnedel juhtudel tekitavad mükoriisat seened, mis kuuluvad *Rizoctonia* perekonda; teistel juhtudel nad kuuluvad *Phoma* perekonda, näiteks kanarbikuliste endotroofset mükoriisat moodustavad seened. Mükoriisale tuleb vaadata kui sümbioosinähtusele, s. o. kui kahe üksteisele kasuliku organismi — õistaime ja seene kooselule.

Arvatakse, et mükoriisa täidab (juurtel puuduvate) juurekarvakeste osa, absorbeerides vett, mineraalsooli ja lahustuvaid lämmastikaineid. Peale selle lagundavad mükoriisa seeneniidid orgaanilisi lämmastikaineid, millede lämmastik muutub taimedele kättesaadavaks. Püsib oletus, kuigi seni tõestamata, et mõned endotroofsed

mükoriisad võivad omastada õhkkonna vaba lämmastikku. Peale selle on seen võimeline fermentide abil lahustuvateks muutma raskesti lahustuvaid taime varusüsivesikuid. Taim annab oma juurtel mükoriisale «ulualust» ja varustab teda lämmastikuvabade orgaaniliste ainetega. Mullaseente ja metsataimede sümbioosi positiivne tähtsus tõestati juba 1881. a. Odessa ülikooli professori F. M. Kamenski poolt. Akadeemik V. R. Viljams omistas eriti suurt tähtsust kõrgemate metsa-, niidu- ja põllutaimede toitumisele mükoriisa abil.

Paljudel taimedel antakse mükoriisa edasi nagu pärivuse teel, sest seeneniidid tungivad seemnetesse ja viimaste idanemisel hakkavad kasvama ühes juurtega. On kindlaks tehtud mükoriisa tungimine käpaliste pisimatesse seemnetesse ja et käpalised ei ole võimelised mükoriisata arenema uuteks taimedeks. Samuti võib oletada, et juured nakatuvad mükoriisaga mullast, milles leidub nende seente niite (hüüfe).

Metsakasvatuse edu sõltub tunduval määral puujuurte nakatamisest vastava mükoriisaga.

XV PEATÜKK

AINETE LIIKUMINE VARRES — VEE AURAMINE TAIMEST

1. TÕUSEV JA LASKUV VOOL

Vee tulek taimesse juurestiku kaudu ja tema auramine lehtedest — see alaline vee juurdevool ja tema alaline kulutamine põhjustab ainete liikumist juurtest vartesse, vartest lehtedesse, samuti ka kõikide juurdevoolavate ainete kogunemist ja muutumist. Vee vooluga liiguvad mineraalsoolad; taime arenemiseks vajalikud soolad mitte ainult ei kogune leherakkudesse, vaid muunduvad ka uuteks ühenditeks, mis oma omadustelt täiesti erinevad endistest. Lehtedesse tõusnud vesi annab oma vesinikust ja hapnikust tähtsusetu osa (0,15—0,20%) süsivesikute ehitamiseks; 99,8% taimesse tungivast veest kulub rakkude küllastamiseks ja auramiseks lehtede kaudu. 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 üles trahheesid ja trahheiide mööda, kuna orgaanilised — plastilised ained valguvad lehtedest ära ja liiguvad sõeltorude kaudu. Esimest ainete voolu nimetatakse tõusvaks, teist laskuvaks vooluks.*

Üksikasjalisemaks tutvumiseks ainete liikumise küsimusega varres tuleb korraldada katsed lõigatud okstega ja koore rõngakujuliste lõigetega.

Kui asetada värskelt lõigatud (pärna või sireli) lehtedega oks alumise otsaga punasesse või sinisesse tinti, siis mõne tunni pärast võib märgata leheroodude värvumist. Kui lõigata oks risti läbi ja lõhestada ta pikuti, siis võib näha, et tint on värvinud puidu, kuna säsi ja koor on jäänud värvumata. See katse näitab selgesti, et vesi tõuseb üles puitu mööda, kus peale teiste osade on (võrk-, spiraal-, rõngas-, poor- jt.) trahheed ja trahheiidid. Kas vesi tõuseb üles säsi või koort mööda, seda äsjakirjeldatud katse ei saa selgitada, sest värvaine ei tungi läbi elusate rakkude protoplasma, ja seetõttu lahendatakse see küsimus teiste, allpool kirjeldatud katsetega.

Vee liikumise kiirus varres kõigub erinevatel juhtudel, kuid ta on väike (umbes 20—30 sm tunnis), võrreldes vere liikumise kiirusega looma soontes (umbes 40 sm sekundis).

Lõikame värskel lehtedega pajuoksal ära alumises osas umbes 5 sm laiuse kooreriba, teisel pajuoksal aga lõikame koore pikuti läbi, keerame ta ettevaatlikult lahti ja lõikame välja tüki puitu. Pärast seda asetame mõlemad oksad alumiste otstega vette, nii et esimesel oleks vees ainult puit, teisel aga ainult koor; siis näeme, et viimane oks kiiresti kuivab, kuna esimene säilib kaua värskena. Järelikult ei takista koore puudumine vee voolu, puidu puudumine aga põhjustab vee liikumise täieliku seisaku.

Värskete pajuokstega võime korraldada ka järgmisi katseid. Ühtedel okstel tehakse ettevaatlikult koore alumisse ossa kaks ringlõiget (2 sm kaugusel oksa alusest ja 1—2 sm kaugusel esimesest) ja kõrvaldatakse nende lõigete vahelt kooreosa kuni puiduni, kõrvaldades seejuures kõik floeemi juhtelemendid. Teised oksad jäetakse vigastamata koorega. Kõik oksad asetatakse veenõusse (vett tuleb vahetada) ja kahe-kolme nädala pärast leiame, et kõigil okstel on tekkinud lisajuured. Juurte tekkimise koht on erisugune: neil okstel, millede koor oli läbi lõigatud puiduni, tekivad juured väljalõike ülemisel äärel, ülejäänud okstel aga alumises osas. Selletaolised katsed näitavad, et lisajuurte moodustamiseks vajalikkude orgaaniliste ainete liikumine toimub ülalt alla koore niinosa, s. o. sõeltorusid mööda.

Orgaaniliste ainete liikumist põhjustavad osmootsed nähtused. Ainete liikumisteede tundmine on suure tähtsusega puu- ja köögiviljanduses. Neil põhinevad vääristamistööd ja paljud viljakandvuse tõstmise võtted assimilaatide voolu pidurdamise abil, näiteks okste ja tüvede rõngastamine, tüve soondamine, okste väänamine, sisselõige viljaoksa jt.

2. AINETE LIIKUMISE PÕHJUSED VEE TUNGIMINE TAIMEDESSE

Kaua aega seletati vee tõusmist varres «saladusliku elujõu» toimega ja vaadati temale kui nähtusele, mida on võimatu seletada. Teiselt poolt püüti vee tõusmist seletada kapillaarsusega, mida omavad kõik peenikesed torud; mõnikord seletati vee kulgemist varres koore ning puidu elusate rakkude mingi pulseerimisega (tuikamisega).

Kevadel, kui puudel lehed veel puuduvad, on varres vee tõusmise üheks peamiseks põhjuseks *juurerõhk*, mida tekitavad osmootsed nähtused. Kui meenutame osmoosikatseid, näiteks osmomeetriga (joonis 13), ja juurestiku ehitust ühes juurekarvakeste tohutusuure pinnaga, siis muutub teataval määral arusaadavaks vee tõusmise peamine põhjus.

Vesi siseneb juurestikku juurekarvakeste kaudu (joonis 33). Eespool me käsitlesime juba juurte kolossaalset arenemist, mis esineb põllumajandustaimedel. Kõrreliste juured tungivad mulda 1,5—2 m sügavusele, mõnede põuastel aladel kasvavate liblikõieliste (kaameliohakas, lutsern jt.) juured aga kuni 10 m ja rohkem mulla aluskihtidesse. Viimasel ajal on selgunud, et paljude rohtsete taimede, näiteks kõrvitsa juurte kogupikkus ulatub paljudesse kilomeetritesse, ühes juurekarvadega aga mitme tuhande kilomeetrini. Teadlaste andmetel (Ditmar, 1937) on hästi võrsunud rukki juurestikul kuni 14 miljonit juurt kogupikkusega 600 km ja pindalaga 225 m^2. Rukki narmasjuured on kaetud juurekarvadega, millede kogupikkus on 10 tuhat km ja mullaosakestega kokkupuute pindala 400 m^2. Seejuures ületab juurestiku üldpind umbes 130 korda maapealsete organite pinna. Kahtlemata on puude juurestik arenenud veelgi tugevamalt.

Vee sisenemine juurekarvadesse on tingitud kõigepealt juurekarvade imemisjõust. Vee imemise intensiivsus sõltub sellest, millisel määral on rakud veest küllastunud.

Vee auramine lehtedest tekitab puuduliku küllastumise veest mitte ainult leherakkudes, vaid see kandub edasi ka juurestiku rakkudele, milledest vesi lakkamatult voolab ära juure kesksilindri soontesse.

Peale vee auramise lehtedest, mis loob tingimused vee imemiseks juurekarvade poolt, toimub juurestiku rakkudes aktiivne vee väljasurumine, kusjuures vee liikumine suundub juurekarvadest läbi juurekoore rakkude kesksilindri ksüleemi soontesse.

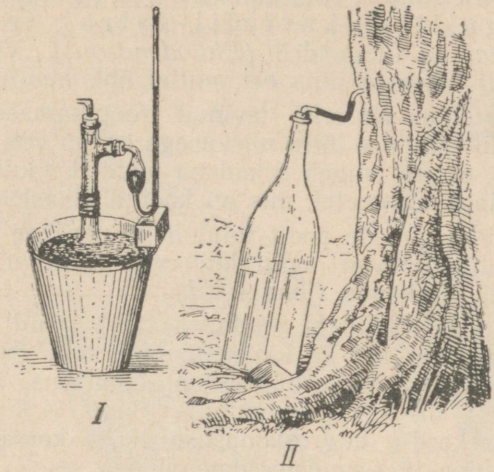
Vesi tungib juurekarvadesse osmoosi teel ja, liikudes ühest rakust teise, ulatub juure trahheede ja trahheiidideni, kuhu ta tõugatakse rõhuga 1,5—2,5 atm. ja enam. Juurekarvade, s. o. mikroskoopiliste osmomeetrite määratu hulk toimib ühes ja samas suunas ning nii tekib jõud, mida nimetatakse *juurerõhuks*, mis on kevadel võimeline ise tõstma vett vart mööda üles.

Juurerõhu jõud avaldub eriti teravalt 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 lõhkeb vedeliku surve tõttu. Põie asemel võib kinnitada varre külge elavhõbe-manomeetri ja täpselt ära mõõta mahla rõhk (joonis 301, I).

Kevadel võib kase, vahtra või paju tüve või oksa väikseimal

vigastusel tähele panna mahla jooksu. 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. Kase mahlas on 1,5%, hariliku vahtra mahlas umbes 2%, suhkruvahtra mahlas üle 3% suhkrut. Varakevadel läheb mahl moodustuvate rakkude toitmiseks. Sel aastaajal punduvad pungad, milledest arenevad uued lehed.



Joonis 301.

I — juurerõhu mõõtmise aparaat. Läbilõigatud varre tüüka otsa asetatakse kummi abil T-kujuline toru, mille külge kinnitatakse manomeeter. Manomeeter täidetakse elavhõbedaga, ülejäänud osa — veega; II — kase mahlajooks kevadel.

Kui puurida varakevadel kase tüvesse auk (joonis 301, II), asetada 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 mahlajooks väheneb ja lõpuks lakkab täiesti, kui puhkevad pungad ja ilmuvad lehed, mis aurustavad juurdevoolavat vett. Lehtede tekkimise momendiks suhkru hulk väheneb ja suvel sisaldavad puitosa sooned ainult mineraalsoolasid. Kui sel ajal asetada toruots vette, siis vesi tõmbub puu tüvesse. See näitab, et lehtede tekkimisel muutub rõhk puidu soontes negatiivseks.

Juurerõhunähtust võib jälgida ka suvel läbilõigatud rohttaimede, näiteks nõgese, maapirni, kartuli jt. tüügastel; nimelt kui ühendada niisugune tüügas kummitoru abil klaastoruga, siis tungib viimasesse vesi ja võib tõusta suure kõrguseni. Juurerõhk põhjustab vahel vee eritumist tilkvedelas olekus. See toimub juhul, kui vee auramine taimest on takistatud õhkkonna veega küllastumise tõttu.

Looduses võib jälgida vee eritumist tilkvedelas olekus ehk gutatsiooninähtust soojal ja niiskel hommikul teraviljade tõusmetel, milledele ilmuvad veetilgakesed. Kui päike tõuseb juba kõrge-

male ja õhk muutub kuivemaks, siis lakkab veetilgakeste eritumine. 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 h a r i l i k u k o r t s l e h e *(Alchemilla vulgaris)* ja m a a s i k a lehe igal hambakesel veetilgakesed, mis veerevad lehe keskmisse ossa ja moodustavad suure hõbedase tilga, mida eksikombel peetakse kasteks. Samasugust vee eritumist võib näha n a a d i l *(Aegopodium podagraria)*, m u n g a l i l l e l, k a r t u l i l, t a t r a l, t o a t a i m e d e l [aarumil *(Arum)* ja filodendril *(Philodendron)*]. Viimastel tekib gutatsioon alati vihmase ilma eel, millal õhk muutub niiskemaks.

Gutatsiooninähtus on eriti levinud troopikamaades, kus õhkkonna kõrge küllastumise tõttu niiskusega eritub vett taimedest niisugusel hulgal, et see langeb tilkadena puudelt. Gutatsiooni võime jälgida teraviljade tõusmetel, mis on kaetud klaaskupliga.

Vee eritumine taimede poolt toimub kas eriliste v e e l õ h e d e kaudu, milledel puuduvad sulgrakud, või epidermisel asetsevate eriliste näärmekeste kaudu (joonis 302).

Omades vett kinnihoidvat jõudu, sisaldab muld endas nii taimedele kättesaadavat kui ka kättesaamatut vett. Täiesti kättesaamatu on taimedele nn. mulla hügroskoopsusniiskus. Jämedas liivas on seda niiskust üle 1% ja savimullas kuni 14%. Ainult mulla kahe- või kolmekordse hügroskoopsusniiskuse korral on võimalik taimede arenemine ja seemnete idanemine.

Soolakumuldadel areneb eriline floora, mille taimedel on väga kõrge osmootne rõhk.

Madalal temperatuuril on vee sisenemise protsess juurekarvadesse raskendatud. Näiteks kannatavad taliviljad talvise sula ajal veepuudust, olgugi et mullas võib olla vett külluses. Sootaimed, arenedes külmadel niisketel muldadel, meenutavad kuivade alade taimi oma karvastuse, lehtede nõrga arenemise ja hästi arenenud kutiikula poolest (sookail, pohl jt.).

Nähtusi, mis on seotud vee sisenemise aeglustumisega soolade külluse ja madala temperatuuri tõttu, nimetatakse f ü s i o l o o g i l i s e k s k u i v u s e k s.

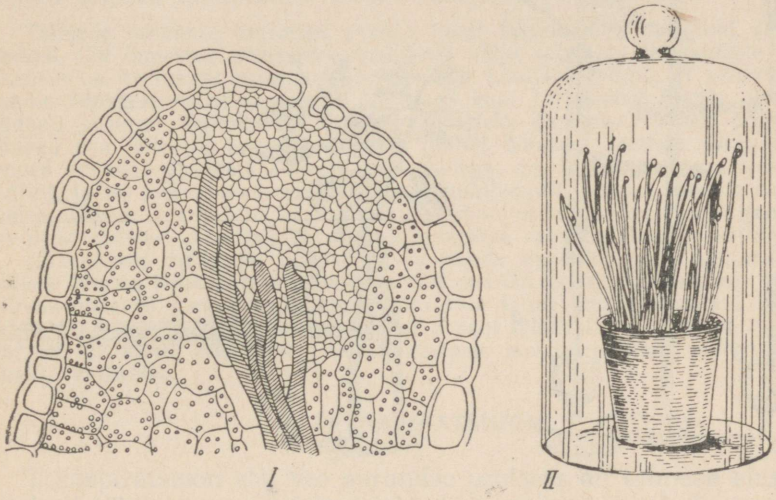
Teiseks jõuallikaks, mis tõstab vett varres, on t r a n s p i r a t s i o o n (vee auramine); suvetingimustes on sel jõuallikal eriti suur tähtsus.

Transpireerimisprotsessis areneb l e h t e d e i m e m i s j õ u d. Seda jõudu võib kindlaks teha järgmise katsega. Ühendame lõigatud oksa (lehtedega) kummkorgi abil klaastoruga. Täidame toru veega ja asetame teise otsaga elavhõbedasse. Mõne tunni pärast elavhõbe tõuseb (joonis 303, I).

Lehe tohlkoe rakuvaheruumidesse ja õhuruumidesse koguneb veeauru, mis eritub avatud õhulõhede kaudu õhkkonda difusiooni teel. Osaliselt toimub auramisprotsess vahetult epidermise pinnalt, mis on eriti arenenud kutiikulat mitteomavatel taimedel. Vee aura-

mine lehe rakuvaheruumidest kutsub omakorda esile vee auramise lehe parenhüümi rakkudest.

Lehe parenhüümi rakkude kestadel on hulk väga peenikesi mikrokapillaare (molekulide vahelisi ruume), mis on täitunud veega. Mikrokapillaarides on imevaks jõuks vee nõgusad meniskid, millede pinnalt kogu aeg eraldub aurukujulise vee osakesi. Auranud vee asemele tõmbuvad naaberrakkudest ja ka soontest uued veekogused ning sel teel tekib imev jõud, mis tõstab vett üles ja ulatub vahel puudes 15 ja rohttaimedes 2—3 atm. rõhuni.



Joonis 302.

I — *Fuchsia* lehehambakese läbilõik — veelõhe; II — tilkvedela vee eritumine noore kõrrelise lehtede tippudest; õhu niiskuse suurendamiseks on pott taimedega kaetud klaaskupliga.

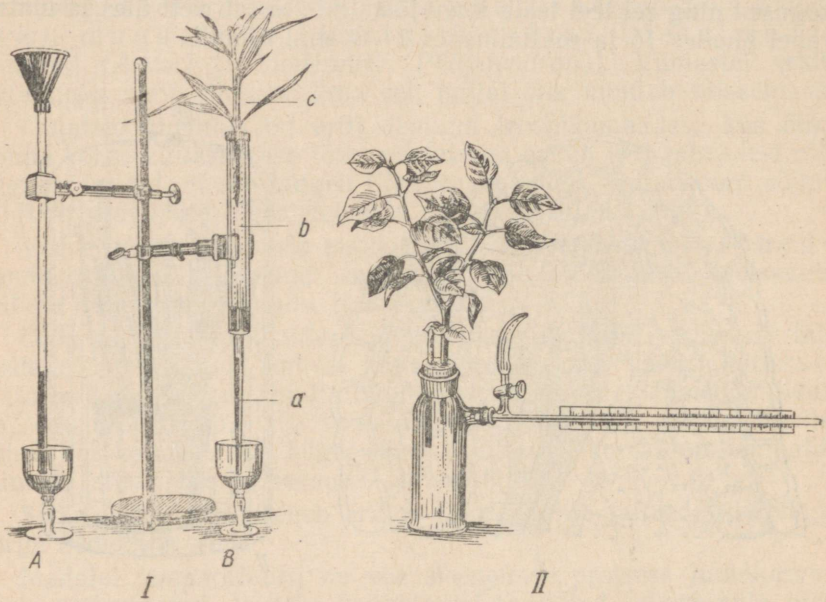
Lehe rakkude imemisjõud tekib lehtede poolt vee auramise ja ksüleemi soontega külgnevate rakkude kõrge osmootse rõhu tagajärjel. Rakud kaotavad auramisel osa oma veest, nende maht väheneb, samuti väheneb turgoorne pinge, ja rakud imevad vett soontest (vt. lk. 51).

Fotosünteesiprotsess, mis toimub lehtedes ja suurendab suhkru hulka lehe rakkudes, tugevdab samuti vee tulekut soontest suureneva imemisjõu tõttu. Mida suurem on auramine, mida intensiivsem on assimilatsioon, mida rohkem on lehti, seda tugevamini areneb imemisjõud, mis tõstab üles paralleelseid veesambakesi, mis valguvad laiali mööda oksi, mööda leherootsusid ja -roode. Need sambakesed ei rebene vee osakeste tugeva kohesioonitungi tõttu, mis ei ole omane ainult tahketele kehadele, vaid ka vedelikkudele.

Lehtede imemisjõud tekitab puidusoontes negatiivse rõhu, mistõttu tugevnenud transpiratsiooni perioodil on puidusooned veidi

sisse surutud. Sisemised toesed spiraal- ja rõngaspaksenduste näol hoiavad sooni täieliku kokkumuljumise eest.

Seega on olemas kaks otsmist jõuallikat, mis tõstavad vett vahel kümnete meetrite ja koguni üle saja meetri kõrguseni: need on juurerõhk ja lehtede imemisjõud. Vee osakeste kohesioonitung, mis sunnib ühtesid veeosakesi järgnema teistele, soodustab samuti vee tõusmist.



Joonis 303.

I — lehtede imev toime: A — füüsikaline katse, B — lehtede imevat toimet tõestav katse; II — taime lehtede kaudu aurava veehulga määramine mahumeetodi järgi.

Puude okste koore rõngastamise katsed veenavad meid mitte ainult selles, et vee liikumine ülespoole toimub puitu mööda, vaid ka selles, et orgaanilised ained laskuvad alla koort mööda. Orgaaniliste ainete liikumine koores ei toimu siiski alati allapoole, vaid vahel ka ülespoole, näiteks võsu kasvukuhikute, õisikute ja valmivate viljade poole. Puude kevadise mahlajooksu ajal sisaldab puitu mööda ülespoole liikuv mahl suhkrut ja teisi orgaanilisi aineid, mis tulevad soontesse puutüve elusatest rakkudest, millesse kogunesid orgaaniliste ainete varud eelmise suve jooksul. Mahl läheb puhkevate pungade toitmiseks.

Päeva jooksul toodetud orgaanilised ained voolavad lehtedest lakkamatult ära niinosa sõeltorusid kaudu ja suunduvad nende kasutamis- ja säilituskohtadesse. Orgaaniliste ainete liikumine sõeltorusid mööda on tingitud lahuste kontsentratsioonide vahest lehtede assimileerimisaparaadi ja orgaanilisi aineid tarbivate rak-

kude vahel. 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, milledel on auklikud vaheseinad, mis ei takista ühe raku sisaldise edasinihkumist naaberrakku.

Orgaaniliste ainete tungimist parenhüümsetest rakkudest sõeltorudesse ja sealt orgaanilisi aineid tarbivatesse rakkudesse saab seletada plasmodesmide olemasoluga rakuseintes; plasmodesme mööda toimub lahustunud ainete takistamatu liikumine.

Taimede toitumise uurimisel praegu laialt rakendatava märgitud aatomite meetodi abil õnnestus nõukogude teadlastel välja selgitada orgaaniliste ainete liikumise ja keerukate muundumiste pilt. On kindlaks tehtud, et suhkrute liikumine lehtedest juurtesse toimub kiirusega kuni 1,5 meetrit tunnis. Juurtesse jõudnud suhkrud muunduvad siin orgaanilisteks hapeteks. Sellest protsessist võtavad osa süsi- ja fosforhape, mida juured võtavad mullast. Orgaanilised happed annavad ühendeid ammooniumsooladega, mis tungivad juurtesse samuti mullast, ja sel teel tekivad mitmesugused amiinhapped, mis on valkude moodustamise aluseks. Juurtest liiguvad amiinhapped taimede kasvavatesse organitesse, kus neist sünteesitakse valgud, mida kasutatakse rakkude elusaine ehitamiseks.

Uus õpetus suhkrute liikumisest ja nende muundumisest amiinhapeteks taimede juurtes kõneleb juurte funktsioonist mis oli seniajani tundmata: taimede juurtele omistati kuni lähema minevikuni vaid taime mulda kinnitava ja mullast mineraalaineid imeva (absorbeeriva) organi tähtsust. Nüüd võime öelda, et juur on ka organ, mis võtab osa amiinhapete moodustamisest, millest taimes luuakse valkained.

3. TRANSPIRATSIOON

Transpiratsioon ehk vee auramise protsess on taimede elus erakordselt tähtis: veega tulevad lehtedesse mineraalsoolad; vee auramisel jäävad need soolad lehtedesse ja mõned neist, nagu me juba teame, on vajalikud taime arenemiseks. Vesi aga on vajalik orgaaniliste ainete sünteesiks ja rakkude küllastamiseks. Peale selle kannatavad taimed palju ülesoojenemise all tugeva päikesepaiste ajal. Auramise suurenemine sel ajal soodustab temperatuuri alanemist vahel 4—6° võrra.

Vee auramist taimedest ja järelikult ka vee liikumist varres reguleerivad nii sisemised füsioloogilised protsessid kui ka välised tegurid. Õhulõhed kui auramise reguleerijad etendavad siin väga olulist osa.

Transpireerimis- ja fotosünteesiprotsess on omavahel tihedalt seotud. Lehtede assimileerimisaparaat nõuab õhu ja valguse vaba juurdepääsu; järelikult on taimele vajalikud laiad, avatud lehelabad, kuid võitlus vee eest, mida mullas tihti ei jätku, nõuab lehelabade vähenemist, nende kaitsmist karvakeste abil ülesoojenemise eest, läbilaskmatut kutiikulat ja õhulõhede sulgumist. Mitmesugustes välistingimustes arenevate taimede morfoloogilisel ja anatoomilisel ehitusel peegeldub transpireerimis- ja fotosünteesiprotsessi vastupidine mõju.

Aurava vee hulka (transpiratsiooni suurust) saab mõõta kaalu- ja mahumeetodi abil.

Vegetatsiooninõudest, milles kasvatatakse taimi, kõrvaldatakse auramise võimalus nõude avalt, sulgedes need tihedate kaantega. Taime vars lastakse läbi kaane augu ning auk 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 kulutab ühe kaaluühiku kuivaine moodustamiseks, nimetatakse transpiratsiooni-koefitsiendiks (näiteks vee hulk grammides, mis kulub ühe grammi kuivaine kogumiseks). Mitmesuguste põllumajandustaimede transpiratsiooni-koefitsient näitab ligikaudu taimede võimet areneda erinevates niiskustingimustes. Transpiratsiooni-koefitsiendi võrdlevad määramised annavad umbes järgmised arvud: maisil — 233, hernel — 416, tatral — 578, kartulil — 636, kaeral — 665, sinepil — 843.

Seejuures tuleb rõhutada, et toodud arvudele tuleb vaadata kui ligikaudsetele keskmistele, sest transpiratsiooni-koefitsiendi suurus ei saa olla püsiv kõigis tingimustes. Ta kõigub sõltuvalt sordist, määramise meetodist, taime asukohast ja ka reast välistingimustest.

Tugevasti kõiguvad ka arvud, mis näitavad vegetatsiooniperioodil taime poolt aurustatud vee absoluutset hulka. Toome mõned ligikaudsed andmed: üks hernetaim transpireeris oma arenemise ajal 4 kg, sinepitaim — 4,8 kg, kaerataim — 6,8 kg, (tugev) maisitaim — 150 kg ja päevalilletaim — 200 kg. Üks hektar kaerapõldu aurab oma vegetatsiooniaja jooksul umbes 3 200 000 kg vett.

Transpiratsiooni võib mõõta ka mahumeetodi abil. Selleks kasutatakse erilisi aparaate, mida nimetatakse potomeetriteks.

Äralõigatud taim (või taim ühes juurestikuga) kinnitatakse korgi abil aparaati, mis on kujutatud joonisel 303, II. Vee auramine taime lehtedest põhjustab veehulga vähenemist anumas ja see omakorda veemeniski nihkumist torukeses. Selle ümberpaiknemise kiiruse järgi otsustatakse transpiratsiooni intensiivsuse üle.

Paigutades aparaadi ühes taimega erinevatesse valgustuse, temperatuuri ja niiskuse tingimustesse, õpitakse tundma nende tingimuste mõju transpiratsioonile.

Vee auramine tugevneb tavaliselt valguse käes, pimedas ta nõrgeneb. Taim aurab päeva jooksul tunduvalt rohkem vett kui öö jooksul — see on seotud õhulõhede avatud olekuga päeval ja suletud olekuga öösel. Temperatuuri tõus tugevdab vee auramist. Samuti mõjub õhuniiskuse vähenemine ja mullaniiskuse suurenemine.

Vee auramine taimedest ja vee auramine mullapinnalt sõltuvad täiesti välistingimustest ja seepärast võib nende vahel tähele panna

teatavat sarnasust. Erinevus aga seisab selles, et taimorganism reageerib kahjulikele mõjudele, muutes auramise käiku õhulõhede avade laiuse muutmisega. Nii suureneb vee auramine palaval, nõrga tuulega päeval, kuna tugeva tuulega ta väheneb (õhulõhede sulgumine).

Kuna lehtede pind ületab palju kordi taime poolt enda alla võetava maapinna, siis ühelt hektarilt põllukultuuridelt aurava vee hulk ületab palju kordi vee hulga, mis aurab mullapinnalt.

4. TAIMEDE PÕUAKINDLUS

Taimede transpireerimisprotsess on tihedalt seotud põua- ja külmakindluse küsimusega.[1] Lehe tundmaõppimisel me osutasime arvukatele kaitsevahenditele, mis vähendavad liigset vee auramist, ja samuti ka neile, mis kaitsevad taime liigse jahtumise ja valgustamise eest.

XI peatükis me käsitlesime küsimust taimede suhtumisest veesse ning kserofüütide, mesofüütide, hügrofüütide ja hüdrofüütide ehituse erilisustest.

Taimede võitluses põua vastu on suure tähtsusega ka juurestiku tugev areng.

Ühe ja sama taime ülemiste ja alumiste lehtede täpsed anatoomilised uurimised näitavad olulisi erinevusi nende ehituses. Kuna ülemistel lehtedel on kõik kserofüütsete lehtede ehituse tunnused, omavad alumised lehed hügrofüütsete lehtede tunnuseid. Ülemiste lehtede rakud on väiksemad, õhulõhed on asetatud tihedamalt, kuigi nad on väiksemad; lehtede roodumine on tihe; ülemised lehed on tugevama karvastusega ja neil on sammaskude rohkem arenenud. Alumised lehed on otse vastupidiste tunnustega.

Niivõrd kindel seaduspärasus taime eri lehtede ehituses (avastatud prof. V. R. Zalenski poolt) tingib ka nii ühtede kui teiste erinevaid füsioloogilisi omadusi. Ülemised lehed on fotosünteesi suurema produktiivsusega ja suurema osmootse rõhuga. Nad tõmbavad taimede närbumisel vett alumistest lehtedest, mis seetõttu kiiremini kuivavad.

Kuumadel suvistel päevadel võib õhu kuivuse korral tähele panna taimede (näiteks kõrvitsa, peedi, päevalille) ajutist närbumist. Niisugune taime olek ei ole soodus fotosünteesiprotsessile, sest niisuguste taimede õhulõhed on harilikult suletud. Ja võib oletada, et seesugustel päevadel assimileerib taim ainult hommikustel ja õhtustel tundidel, millal vee kulutus väheneb ja lehtede turgor muutub normaalseks. Edasine põua tugevnemine kutsub esile taimede kestvama närbumise. Rakuturgor nõrgeneb ja see seisund

[1] Põuakindluse küsimusi on põhjalikult uurinud akad. N. A. Maksimov. Uurimiste tulemused on esitatud tema raamatus «Физиологические основы засухоустойчивости растений», Л., 1926. Põuakindluse küsimused on põhjalikult läbi töötatud ka prof. P. A. Henckel teoses «Устойчивость растений к засухе и пути её повышения», NSV Liidu Teaduste Akadeemia väljaanne, 1946.

levib järk-järgult kogu juurestikule. Vee sisenemine muutub veel nõrgemaks ja assimileerivad organid lakkavad töötamast — taime arenemine peatub. 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 miinimumi piir, mille juures on veel võimalik elu. Kõigepealt kuivavad alumised lehed, siis levib kuivamine järk-järgult kõrgemal asetsevatele lehtedele. Kui sel ajal juured saavad uut niiskust, siis võib kuivav taim veel pääseda uute juurekarvade ja narmasjuurte ning uute ülemiste lehtede moodustamise teel, millel on juba suurem põuakindlus.

Taimede põuakindlus on seotud ühelt poolt kaitsevahenditega liigse auramise vastu, teiselt poolt aga võimega taluda närbumist. Osutub, et seda võimet on suuremal määral neil liikidel ja sortidel, mis on kserofüütidele sarnase anatoomilise ehitusega, s. o. väiksemate rakkude ja õhulõhede, tihedama roodude võrguga, ning mis on suure osmootse rõhuga ja millede protoplasma on võimeline taluma veekaotust ja vastu seisma kalgendumisele. Põuakindlate sortide valikul võtab selektsioon neid tunnuseid arvesse.

Vee auramise protsessi reguleerib taim rangelt õhulõhede abil. Vee auramise ööpäevane käik vastab harilikult õhulõhede avade pilukujulisele olekule. Suvisel päeval, alates hommikul kella 4—5-st, hakkavad õhulõhed avanema ja kuni keskpäevani suureneb nende pilu diameeter. Päeval kella 3—4-st õhulõhede avad vähenevad ja õhtul kell 9—10 sulguvad täielikult. Vee auramise protsess tugevneb hommikustest tundidest kuni pärastlõunasteni. Selleks ajaks saavutab õhu temperatuur harilikult oma maksimumi. Pärast seda hakkab auramine aeglustuma ja nõrgeneb hilisteks õhtusteks tundideks täielikult. Õistel tundidel kogub taim endasse vett, mis tuleb mullast, päevastel tundidel aga kulutab ta seda niiskust. Pole raske aru saada, et transpireerimis- (vee auramise) protsess on tihedalt seotud assimileerimisprotsessiga. Päeval toimub taimes intensiivne gaasidevahetus läbi avatud õhulõhede ja nende kaudu aurab vesi tugevamini; öösel aga nõrgeneb gaasidevahetus — õhulõhed on siis harilikult suletud ja auramine aeglustub. Peale selle tugevdab päevane soojenemine auramist, öine jahtumine aga nõrgendab teda.

Niisutamine on üheks tähtsamaks abinõuks võitluses põua vastu. Käesoleval ajal on nõukogude teadlaste poolt kindlaks tehtud, et suvinisu juurestik areneb kõige tugevamaks 40—60 sm sügavusel. Seepärast peab suvinisu kasvatamisel nimelt selles mullakihis olema soodsaimal hulgal vett.

Taimed hakkavad kannatama põua all juba ammu enne seda momenti, kui ilmuvad nähtavale närbumise tunnused. Kuigi lehed pole veel närbunud, hakkab põua tagajärjel fotosünteesi intensiivsus langema, toitainete tulek mullast aeglustub, pidurdub taimede kasv. Käesoleval ajal on teaduse poolt välja töötatud lihtne võte, mis lubab praktikas töötajatel määrata seda momenti, millal närbumise ilmsete tunnuste puudumisel taimed juba kannatavad vee vähesuse all ja on vajalik mulla viivitamatu kastmine. See võte baseerub rakumahla kontsentratsiooni ja rakkude imemisjõu määramisel, millised on kindlaks tehtud eri taimedel nende elu erinevatel perioodidel.

Mulla niisutamise tulemusena areneb taimedel tugevam juurestik, aga samuti ka lehestik ning juhtkudede-süsteem, mis tingib kõikide füsioloogiliste protsesside tugevnemise ja lõpptulemusena saagi suurenemise. Taimedel kujunenud omadused antakse pärilikkuse teel edasi järglastele.

5. TAIMEDE KÜLMA- JA TALVEKINDLUS

Juba ammu oli teada, et ühed taimed on väga tundlikud öökülmade vastu, teised aga taluvad kahjuta mitte ainult öökülmi, vaid ka tugevat pakast. Esimeste näiteks on daaliad, lemmaltsad, riitsinus, mungalill, okasõun, maapähkel ja sojauba ning köögiviljadest kurk, tomat, kõrvits, aeduba, kartul ja paljud teised. Kapsas on küllalt vastupidav külmadele. Taliteraviljad, eriti rukis, on külmakindlad erineval määral. Mõned rukki sordid võivad vabalt isegi lumetutel talvedel välja kannatada 20-kraadist külma. Polaarmaade ja kõrgmägede taimestik on erakordselt külmakindel.

Viibides kord alpikarjamaadel pärast tugevat öökülma, olin ma hämmastunud külmunud õitsvate taimede vaatepildist. Õite toredad kroonid ja rohelised lehed kujutasid endist kergesti murduvaid jäätükikesi. Näis, et kui hakkab paistma päike, siis kõik need taimed, nagu see toimub keskmistel laiuskraadidel, laskuvad abitult longu turgori kaotuse tõttu ja muutuvad siis pruuniks ning kuivavad ära. Kuid need taimed sulasid hommikuse päikese kiirtes ja jäid ellu.

Varem arvati, et taimede hukkumine külmumisel toimub rakkude lõhkemise tagajärjel, mis on tingitud vee paisumisest külmumisel. Selle nähtuse otsene uurimine on näidanud, et külmumine algab rakuseintes ja rakuvaheruumes oleva veega. Külmudes ei lõhke rakud, kuid protoplasma kaotab oma vee, mis läheb jääkristallide moodustamiseks rakuvaheruumides. See protoplasma veekaotus sarnaneb tema veekaotusega põua ajal. Taim hukkub valkainete koagulatsiooni (kalgendumise) ja rakkude kokkusurumise tagajärjel kasvavate jääkristallide poolt.

Mitmesuguste taimede protoplasma on erineva vastupidavusega veekaotusele. Sellega on seletatav taimede erinev külmakindlus. Külmakindlusenähtus on seoses rakumahla suhkru hulgaga. Selgub, et mida rohkem on suhkrut, seda püsivam on protoplasma. Üheks taimede hukkumise põhjuseks külmast on nende nõrk kaitsevõime auramise vastu. Asi on selles, et vee juurdevool külmunud mullast lakkab, kuna transpiratsioon kestab edasi ja taimed hukkuvad kuivamisest. Taime osad või terved taimed, milledele on omane vähene veesisaldus, näiteks seemned, mis sisaldavad umbes 12% vett, samuti samblikud ja samblad, taluvad vabalt, eluvõimet kaotamata, tugevaid külmi (—60 kuni —70°) ja ka kunstlikku jahutamist märksa madalamate temperatuurideni. Paisunud seemned hukkuvad temperatuuril alla —10°.

Võitlust külmumise vastu peetakse lume kinnihoidmise ja külmakindlate sortide valiku teel, mis sisaldavad rohkem suhkrut, vähem vett ja millede protoplasmal on suurem vee kinnihoidmise jõud.

Köögi- ja puuviljaaedades peetakse võitlust öökülmade vastu, kattes taimi akende, õlgede või puulehtedega, samuti põletades palju suitsu andvaid aineid või tarvitades erilisi õhusoojendajaid.

Võitluses külmumise vastu pakub suurt huvi ja on praktilise tähtsusega taimede karastamine. Noori taimi (näiteks istikuid) hoitakse teatud aeg temperatuuril, mis ületab vähe 0°. On tähele pandud, et niisugused taimed taluvad edasisel arenemisel paremini öökülma. On ka kindlaks tehtud, et karastatud taimede rakkudesse koguneb suuremal hulgal kolloide ja väheneb külmumisvõimelise vaba vee hulk.[1]

Looduslikes tingimustes toimub lakkamatult looduslik valik — külmadele rohkem vastupidavate ja kohanenud taimede ellujäämine.

Taimede talvekindluse all mõistame nende võimet vastu pidada mitte ainult külmadele, vaid ka teistele talvistele ebasoodsatele teguritele. Soojadel ja lumerikastel talvedel esineb külvide äraheudumist; seda nähtust esineb tavaliselt siis, kui lumi langeb külmumata mullale ning temperatuur lume all püsib üle 0°. Taimede hingamine ja ka nende kasvamine kestab edasi, taimed kulutavad kiiresti ära kõik oma süsivesikute varud ja hukkuvad näljast. Ebasoodsalt mõjuvad taliviljadele ka kestvad sulailmad, mis tekitavad taimede äravettimist. Seda nähtust esineb kevadel madalates kohtades, mis ujutatakse veest üle. Külmade tagasitulekul tekib läbipaistev jääkoorik, millesse taimed kinni külmuvad või mille all nad jätkavad oma arenemist. Kaua vee või jääkooriku all olevate taimede hukkumine tekib hapniku puudusest ja viimasel juhul osaliselt ka jää survest.

Äärmiselt kahjustavalt 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, kergitab ülemist mullakihti ja ühes sellega ka taimi. Seejuures kistakse taimede juured katki ja taimed hukkuvad kuivamisest, kui nad ei suuda uuesti juurduda.

Madala seemendamise puhul esineb lumetutel talvedel külvide väljapuhumist; tuul puhub välja mullaosakesed taimede alt, seejuures paljastuvad juured ja võrsumissõlm. Taimed hukkuvad kuivamisest ja külmumisest.

Käsitlemata üksikasjalikumalt taliviljade talvise hukkumise teisi põhjusi, võime teha järelduse, et need põhjused on väga mitmekesised ja et taimede talvekindluse mõiste on laiem kui külmakindluse mõiste.

Talvituvate taimede hukkumise põhjusi kõrvaldatakse mitmesuguste võtetega, milledest kõige olulisemaks on selektsiooni teel külma- ja talvekindlate sortide aretamine.

---

[1] Talvekindluse kohta loe: Н. А. Максимов, Краткий курс физиологии растений, М., 1948; И. И. Туманов, Физиологические основы зимостойкости культурных растений, М., 1940; Т. Д. Лысенко, Культура озимых в степи Сибири, ajakiri «Совхозное производство» № 10—11, М., 1944.

Nõukogude teadus on tõestanud, et taimedel on võime ebasoodsates talvetingimustes nõrgendada oma elutegevust, langeda ajutisse «puhkeseisundisse», mille puhul nad paremini taluvad talviseid ebasoodsaid tingimusi. On tähele pandud, et sel puhul taimede õrnade kudede ja talvituvate pungade rakkudes eemaldub protoplasma raku seintest, koguneb tombukesteks ja kattub lipoididega (rasvataoliste ainetega), mis raskesti lasevad läbi õhuhapnikku. Välistingimustest isoleeritud rakkude elusaine püsib niisuguses olekus kevadeni, millal väheneb lipoidikihtide hulk ja protoplasma surutakse uuesti vastu raku seinu ning rakkude vahel taastub normaalne seos raku seinu läbivate plasmodesmide, s. o. peenimate protoplasmaniitide abil. Viljapuude talvekindlust võib määrata talvituvate pungade rakkude «puhkeseisundi» kindlaksmääramise teel.

XVI PEATÜKK

AINETE MUUNDUMINE TAIMEDES. TAIMEDE HINGAMINE

1. AINETE TARBIMINE TAIMEDE POOLT

Rohelise taime lehtedes sünteesitakse valguse käes keerulisi orgaanilisi aineid; neid aineid nimetatakse *assimilaatideks* ehk *plastilisteks aineteks*. Teinud läbi mitmesuguseid keemilisi muundumisi, suunduvad assimilaadid lehtedest taime teistesse organitesse. Osa neist kulub uute rakkude, kudede ja organite ehitamiseks. Suhkur läheb rakuseinte ehitamiseks, muundudes tselluloosiks; lihtsamad valkained muunduvad keerulisemateks valkudeks, mis kulutatakse raku protoplasma, tuuma ja plastiidide ehitamiseks.

Assimilaatide teine osa ladestatakse taime poolt varuainetena ja kulutatakse alles järgmisel aastal. Seemnetes, mugulates, sibulates ja juurikates, samuti puude tüvedes ja pungades kogunevad igal aastal orgaaniliste ainete (valkude, süsivesikute, rasvade) tohutud varud, mis lähevad 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 ka hingamisprotsessiks, sest et iga elus rakk hingab; seejuures toimub orgaaniliste ainete lagunemine ja energia eritumine, mis on vajalik kõikideks taimede elutegevuse protsessideks.

Kõik loetletud assimilaatide tarbimise liigid on seotud nende alalise muutumise ja muundumisega ühest olekust teise. Varuained (tärklis, aleuroonterad, taimeõlid) ei lahustu vees ja ainult nende

hüdrolüüsi produktid on vees lahustuvad, on võimelised osmoosi teel tungima rakust rakku ja liikuma organite juhtkudesid mööda. Sõeltorusid ja piimasooni mööda toimub mitte ainult lahustunud, vaid ka lahustamatute orgaaniliste ainete liikumine.

3. ENSÜÜMID JA AINETE MUUNDUMINE

Ensüümid ehk fermendid on keerukad ained, millede keemiline koostis ei ole veel küllaldaselt uuritud. Ensüümid on orgaanilised katalüsaatorid: nad kiirendavad keemiliste muundumiste käiku, kusjuures neid reaktsiooni käigus ei kulutata. Ensüümide kolloidpihustatud olek loob väga suure kokkupuutepinna hüdrolüüsitava ainega. Fermentide üle me otsustame nende toime järgi, mis seisab selles, et nad soodustavad pisikestes kogustes ühe orgaanilise aine suurte koguste muundumist teiseks aineks; nii võib diastaasi üks osa muundada suhkruks 1 kuni 2 tuhat osa tärklist.

Suurtes annustes ja kõrgematel temperatuuridel, näiteks 45—50° juures, toimivad fermendid kiiremini. Kuid nad on suutelised toimima ka temperatuuridel alla 0°. Kõrgetel temperatuuridel (ligi 100°) katkestavad ensüümid lõplikult oma tegevuse. Peale selle avaldab fermentide tööle mõju keskkonna happesus, s. o. vesinikioonide kontsentratsioon. On näiteks teada, et soodsamaks keskkonnaks diastaasile on happeline keskkond (pH=4,3—4,5).

Käesoleval ajal on teada hulk fermente. Peatume tähtsamatel neist.

1. Diastaas ehk amülaas muundab tärklise suhkruks. Diastaas muundab tärklise maltoosiks, maltaas aga maltoosi glükoosiks.

Puhkeolekus olevates seemnetes on diastaasi hulk väga väike. Tema moodustumine toimub kilbi rakkudes ja aleuroonkihis (kõrrelistel). Juba seemne idanemise esimestel päevadel diastaasi hulk kahe- või kolmekordistub. Diastaas difundeerub lähematesse endospermi rakkudesse ja muundab suhkruks neis olevad tärklisterad, milledel on ebatasane pind ja mis lagunevad pikkamööda pisikesteks osadeks.

Diastaasi toime levib järk-järgult säilituskoe kaugematele osadele. Diastaasi leidub ka lehtedes, vartes, juurtes, mugulates, ühe sõnaga — kõikjal, kus toimub tärklise muundumine suhkruks. Vastupidist protsessi — suhkru muundumist tärkliseks — esineb igal pool, kus on olemas säilituskude. See otse vastupidine protsess toimub samuti diastaasi mõjul; keemiast on teada, et hüdrolüüsi reaktsioonid on pöörduvad ühtede ja samade katalüsaatorite toimel.

Süsiniku assimilatsiooni esimesteks saadusteks on suhkur ja tärklis. Rohelise lehe klorofülliteradesse koguneb päeval (valguse käes) tärklist. Öö jooksul kaob tärklis leherakkudest. Tärklis, mis on kolloidolekus, võib kiiresti kaduda lehest ainult seetõttu, et lehe rohelistes rakkudes toimub lakkamatult tärklise muundumine suhkruks. Tungides läbi raku kesta, suundub suhkur rakkudesse, kus teda

ei ole. Niisugune kergesti liikuv aine tsirkuleerib mööda taime, toidab kõiki taime rakke ja külluse korral ladestub varuainena. Taimede enamikul muundub suhkur seejuures uuesti tärkliseks. Taimede varuainete mahutites me leiame sagedasti erineva suuruse ja kujuga tärklisteri, mis tekivad leukoplastides. Soodsatel tingimustel võib tärklis jälle suhkruks muunduda ja viimane hakkab uuesti tsirkuleerima ja toitma taime.

2. Invertaas lõhustab roosuhkrut glükoosiks ja fruktoosiks. Seda fermenti koguneb suurel hulgal alkohoolset käärimist tekitavas pärmis, teda leidub alati ka teistes taimedes. On välja arvutatud, et 1 g invertaasi võib lagundada 1 miljon g (s. o. ühe tonni) sahharoosi.

3. Tsütaas on ferment, mis muundab tselluloosi suhkruks.

4. Inulaas on ferment, mis muundab inuliini suhkruks (korvõielistel taimedel).

5. Lipaas lagundab rasvu rasvhapeteks ja glütseriiniks (teda on palju õlitaimedes).

6. Proteolüütilised fermendid (ehk proteaasid) lagundavad valke amiinhapeteni.

Keerulised valkained lagunevad taimedes lihtsamateks ühenditeks. Liblikõieliste taimede seemnete idandamisel pimedas on tähele pandud valkainete vähenemist kõrvuti asparagiini ja glutamiini ning ka teiste nn. amiinhapete (leutsiin, türosiin) koguse suurenemisega. Keemilisel teel, väljaspool organismi, annab valkainete lagundamine samu saadusi, mida leidub idanevates seemneteski. Peale selle lagundab ferment trüpsiin loomade soolestikus valke samadeks aineteks. See asjaolu andis põhjust otsida taimedes valke lagundavaid fermente. Ja tõepoolest ongi putukasööjatel taimedel leitud ensüüm, mida nimetatakse proteaasiks; ta sisaldab pepsiini ja trüpsiini; soolhappe juuresolekul muudab proteaas valgud lahustuvateks ühenditeks.

Putukasööjatel taimedel eritub proteaas väliselt, näiteks huulheina lehti katvatest karvadest.

Rohkem on taimedel levinud rakusisene proteaas — papaiin ehk papainaas, mida leiti esialgu melonipuu *(Carica Papaya)* viljades ja mis lagundab valke amiinhapeteni nõrgalt happelises ja neutraalses keskkonnas. Käesoleval ajal on teada, et papainaas on ühes teiste rakusiseste fermentidega laialt levinud idanevates seemnetes ja teistes taime organites.

Valguse käes idanevates seemnetes toimub samuti valkainete lagunemine, noortes idandites aga nende laguproduktide kogunemine. Kuid seoses taimede haljendumise ja fotosünteesiprotsessiga toimub valkude taastamine nende lihtsamatest laguproduktidest. Valkude taastekkimise esimeseks saaduseks on asparagiin. Seega toimub taimedes kõrvuti valkainete sünteesiga lehtedes lakkamatult ka nende lagunemine. Kuid erinevalt loomadest, kellel valkude laguproduktid pidevalt kõrvalduvad organismist eritusorganite

kaudu, muunduvad taimedes lihtsamad lämmastikuühendid uuesti valkaineteks ja kulutatakse uute rakkude ehitamiseks.

7. Hapendavad fermendid (oksüdaasid, hemiin jt.) soodustavad ainete hapendumise protsessi.

Erinevalt loetletud hüdrolüütilistest fermentidest, on hapendavad fermendid lämmastikained. Keemiliselt on neid paremini tundma õpitud.

Ainete muundumise ja taimede hingamise protsessid toimuvad eriti intensiivselt idanevates seemnetes ja taimede kasvavates osades.

3. SEEMNETE IDANEMISE FÜSIOLOOGIA

Normaalselt valminud õhukuivad seemned võivad idaneda ainult sel juhul, kui on olemas kohased tingimused. Nendest tingimustest on peamisteks: vesi, vastav temperatuur ja õhu juurdepääs.

Võimaldades seemnetele neid tingimusi, võib otsustada *seemnete idanevuse, s. o. heade, idanemisvõimeliste seemnete protsendilise hulga küsimuse.*

Üheaegselt idanevusega määratakse ka *seemnete idanemise energia, millega mõistetakse nende võimet enam-vähem kiiresti ja ühtlaselt idaneda.*

Neid seemnete tähtsamaid omadusi, samuti nagu paljusid teisi, õpitakse tundma üldise maaviljeluse kursuses ja seetõttu meie käsitleme neid siin vaid lühidalt.

Seemnete paisumine ja vee osatähtsus

Seemnete idanevuse säilimine sõltub tunduval määral seemnete niiskusesisaldusest. Normaalse niiskuse korral (12—14%) alaneb nisu idanevus 8—10 aasta pärast 20—30%, rukki idanevus aga 97—98% võrra. Paljude umbrohtude seemned säilitavad 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, kusjuures mahu suurenemine toimub tugeva jõuga. Kui asetada näiteks herne seemned pudelisse, valada sinna küllaldaselt vett ja sulgeda pudel korgiga, siis mõne tunni pärast lõhkeb pudel paukudes. Vee tungimine seemnetesse toimub difusiooni ja osmoosi teel.

Me märkisime juba, et mikropüül etendab tähtsat osa vee sisenemisel. Idu ja endospermi rakkudesse imbub vesi osmoosi teel, sest et need sisaldavad endis palju vettimevaid aineid. Palju vett imeb endasse kuiv tärklis, veel rohkem — valkained; õlil ei ole seda võimet.

Seepärast on arusaadav, et *paisumiseks vajalik vee hulk sõltub*

kõigepealt seemnete koostisest. Õlitaimede seemned absorbeerivad 30—40% vett, tärkliserikkad seemned (teraviljad) absorbeerivad umbes 50—70% vett ja liblikõieliste taimede seemned, mis on rikkad valkainete poolest, absorbeerivad vett umbes 100% ja rohkem.

Paisumiseks vajaliku vee protsendi määramine toimub järgmiselt. Kaalutud seemned asetatakse paisumiseks vette. Kindlate ajavahemikkude järel võetakse seemned välja, kuivatatakse filterpaberil ja kaalutakse uuesti. Kaalu suurenemise järgi otsustatakse paisumise käigu üle.

Toome mõningaid määramise andmeid: seemned absorbeerisid vett: kanepil — 43,9%, õlikaalikal (rapsil) — 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%.

Absorbeeruva vee hulk sõltub veel seemne kesta ehitusest. Lina absorbeerib palju vett, ehkki sisaldab palju õli. See toimub sellepärast, et linaseemne pinnal on eriline limastuv rakkude kiht.

Paisumise kiirus oleneb tunduval määral ka seemne kesta ehitusest. Mõned seemned paisuvad äärmiselt aeglaselt. Vahel kestab paisumisprotsess mitu aastat. Molisch'i andmetel vette pandud 50 gleditšia *(Gleditschia japonica)* seemet paisusid ja idanesid jaokaupa 7 aasta jooksul, kusjuures esimesed neist paisusid ja idanesid juba katse esimestel päevadel. Niisugust pikaldast idanemisvõimet omavad paljude umbrohtude seemned, mis tunduvalt raskendab võitlust nende vastu. Kõrreliste seemned paisuvad kiiremini, liblikõieliste seemned aga aeglasemalt, mis oleneb liblikõieliste taimede seemne kesta keerulisest ehitusest — nende taimede seemne kest sisaldab erilisi tugevaid sambakujulisi rakke.

Mõnikord tarvitseb vaid kriimustada raskesti paisuvaid seemneid, näiteks hõõrudes neid liivaga, ja nad hakkavad kiiresti paisuma ja idanema. Niisugust võtet (skarifikatsiooni) kasutatakse mesika, ristiku, mimoosi jt. seemnete juures.

Raskesti paisuvaid ja idanevaid seemneid stratifitseeritakse sageli aianduses ja metsanduses. See võte seisab selles, et sügisel pannakse seemned kastidesse kihtimisi niiske liivaga ja säilitatakse kastid keldrites või kaevatakse nad mulda. Stratifitseeritud seemned idanevad kevadel paremini, sest et nende puhkeperiood kulgeb tingimustes, mis on lähedased looduslikele.

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 eriti soodsaks mullaniiskuseks 60% mulla täielikust veemahutavusest.

Paisumisprotsessile järgneb elusate seemnete idanemine.

Temperatuuri mõju idanemisele

Teiseks idanemise tingimuseks on t e m p e r a t u u r. Eristatakse idanemise m i n i m a a l s e i d temperatuure, milledes idanemine vaevalt algab, o p t i m a a l s e i d, milledes idanemine toimub kõige jõudsamini, ja lõpuks m a k s i m a a l s e i d, milledes idanemine hakkab soikuma. Katsed näitavad, et igal taimel on oma idanemise temperatuuri miinimum, optimum ja maksimum. Toome ligikaudsed andmed.

Põllumajandustaimede idanemise temperatuur (kraadides C järgi).

Taimede nimetused	Miinimum	Optimum	Maksimum	Taimede nimetused	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	Puuvillapõõsas	12	32	40
Hirss	8—10	32—35	40	Ristik	1	30	37
Tatar	0—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	Kurk ja melon	12—15	33—35	40
Kanep	0—5	37	44	Kõrvits	10—15	37	44

Neid ja teisi andmeid vähe üldistades võib öelda, et teraviljade (rukki, nisu, odra ja kaera) ja ka tatra, kanepi, lina, ristiku, lutserni, viki ning põldoa idanemise minimaalne temperatuur kõigub 0—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, kurgi, riisi, puuvilla ja tubaka idanemise minimaalne temperatuur on 10—15°, optimaalne — 30—37° ja maksimaalne — 40—48°.

Toodud arvud on ainult suhtelised, sest et sama taime erinevate sortide piires võib esineda kõrvalekaldumisi.

Paisumata seemned on suutelised taluma väga madalaid temperatuure, —60° ja veel alla selle. Koch'i katsetes talusid seemned —180° ja koguni kuni —235° kolme kuu jooksul. Paisunud seemned kaotavad enamikul juhtudel idanevuse —10° juures, kaer talub —20°. Idanenud seemnetele mõjuvad madalad temperatuurid veel hävitavamalt. Põhjalikult kuivatatud seemned taluvad kõrgeid temperatuure — kuni 100 ja 110°, õhukuivad seemned mitte rohkem kui 62—75°, kuna paisunud seemned hukkuvad üle 45—50°-ses temperatuuris.

Õhuhapniku mõju idanemisele

Seemnete idanemise kolmas vajalik tingimus on õhuhapniku juurdepääs. Kui jätta seemned vette, siis nad paisuvad ja pärast seda hakkavad roiskuma. Kui aga vett iga päev õhustada, siis võivad seemned idaneda ka vee all. Idandades seemneid mitmesugustes gaasides võib kergesti tõestada, et nimelt õhuhapnik on vajalik idanemiseks. Kuid puhtas hapnikus enamik seemneid ei idane või idaneb halvemini kui õhus, sest nõutav on hapniku teatav lahjendamine mõne inaktiivse gaasiga, näiteks lämmastikuga.

Valguse mõju idanemisele

Idanevad seemned suhtuvad valgusesse erinevalt. Taimede enamiku seemned idanevad nii valguse käes kui ka pimedas. Kuid parasiittaime puuvõõriku *(Viscum album)*, putukasööja — võipätaka *(Pinguicula vulgaris)*, mürktulika *(Ranunculus sceleratus)* ja mõnede teiste taimede seemnete idanemiseks on valgus vajalik. Valgus kiirendab tubaka, kukesaba *(Lythrum salicaria)*, laukude *(Allium)*, nurmikate *(Poa)*, porgandi ja võrmide *(Cuscuta)* seemnete idanemist.

Vastupidist (negatiivset) mõju avaldab valgus päise rebasheina *(Amaranthus retroflexus)*, marjamaltsa *(Blitum)*, mätasharja *(Celosia cristata)* jt. seemnete idanemisele. Taimede enamiku idanevust määratakse harilikult pimedas, sest et idanemisenergia seejuures veidi tõuseb.

4. TAIMEDE HINGAMINE

Igas elusas taimerakus, kas see kuulub lehele, varrele, juurele, õiele, seemnele, seene või vetika rakisele (tallusele), toimub hingamisprotsess, milles vabaneb energia, mis on vajalik taimedes toimuvatele eluavaldustele. Ainete keemilised muundumised ja füüsikalised nähtused — mahlade liikumine, juure tungimine mullaosakeste vahele, mõnikord isegi tervete organite liikumine — nõuavad energiat, mida eritub alati hapendumisprotsessidel. Energia ülejääk eritub sageli soojuse näol. Kogu erinevus seisab mitmesugustel juhtudel erituva energia hulgas ja ka selle liigis. Kus elu kulgeb intensiivsemalt, seal toimub ka hingamisprotsess jõudsamini. Idanevad seemned, õitsev oks, kasvav võsu, mullasse tungivad juured nõuavad rohkem õhku kui seemned puhkeperioodis või oma kasvu juba lõpetanud organid. Loomade elus paneme tähele sama nähtust: mida raskem on töö, seda intensiivsemalt loom hingab ja seda rohkem nõuab ta endale toitu.

Hingamisprotsess kujutab oma olemuselt glükoosi hapendumist lõppsaadusteni, milledeks on vesi ja süsihappegaas. Rasvad kulutatakse samuti hingamiseks. Enamik süsivesikuid muundub lõpuks glükoosiks ja siis juba kasutatakse nad ära hingamiseks.

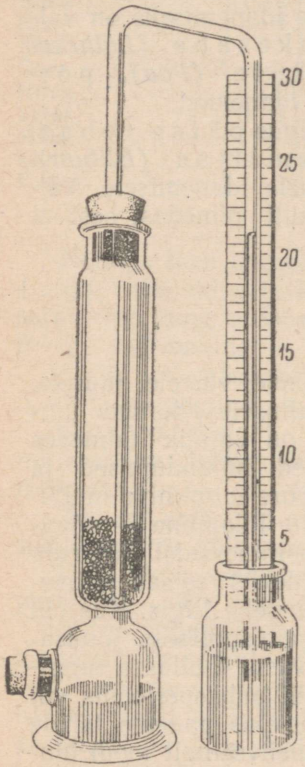
Hingamisprotsess on süsiniku fotosünteesile vastupidine protsess. Teda võib väljendada järgmise skemaatilise valemina:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O$$

Erituva süsihappegaasi ja neelduva hapniku suhe $\frac{CO_2}{O_2}$ (nn. hingamiskoefitsient) on enamikul juhtudel võrdne 1-ga, näiteks liblikõieliste ja kõrreliste seemnetel. Ainult õli sisaldavate seemnete hingamisel on neelduva hapniku maht suurem kui erituva süsihappegaasi maht, kuna rasvade hapendumiseks kulub rohkem

hapnikku, sest rasvad on vähemal määral hapendunud kui süsivesikud.

Kui fotosünteesiprotsessiks on nõutav energia väljastpoolt, siis hingamisprotsess, vastupidi, on seotud vaba energia eritumisega 674 kcal koguses ühe gramm-molekuli glükoosi kohta (180 g).



Joonis 304. Õhuhapniku absorbeerimine idanevate seemnete poolt (seletus on tekstis).

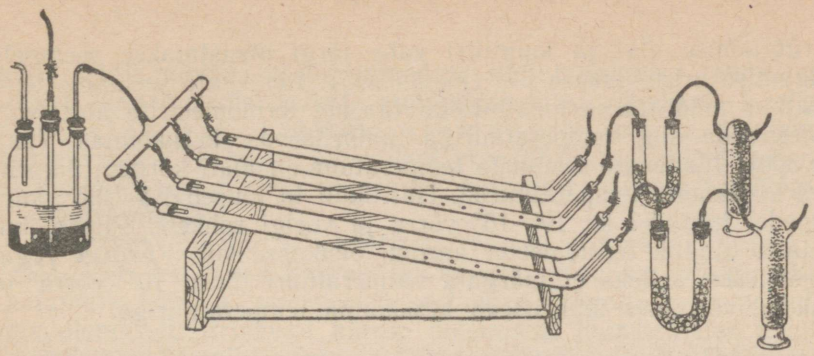
Taimede hingamisprotsess ei erine põhimõtteliselt loomade hingamisprotsessist. Kui viimastel (näiteks imetajatel) on olemas keerulised hingamis- ja vereringeorganid, millede abil varustatakse organismi hapnikuga ja kantakse see mööda keha ning igasse rakku laiali, siis taimedel on hapniku juurdepääs kergendatud juurte ja varte hiiglasuure hargnemise, lehtede ulatusliku kogupinna, õhulõhede, rakuvaheruumide ja rakuseinte suure läbitungitavuse tõttu. Taimedel ei ole eri hingamisorganeid, kuid iga elus rakk varustub hästi õhuhapnikuga.

Vaatamata näivatele välistele erinevustele seisab hingamisprotsessi olemus nii loomadel kui taimedel energia hankimises, organismi iga raku poolt süsivesikute ja teiste orgaaniliste ainete hapendamise teel.

Hingamise uurimise meetodid

Selles, et taimede hingamisel neeldub hapnik, võib kergesti veenduda lihtsate katsete abil: näiteks kustub põlev peerg purgis, kus on idanevaid seemneid. Taime osade hingamise intensiivsust võib jälgida aparaadi abil, mis on kujutatud joonisel 304. Klaasanuma põhja valatakse KOH-lahust, mille kohale asetatakse niiskele vatile idanevad seemned. Anuma mõlemad avad suletakse korgiga. Ülemist korki läbib painutatud klaastoru, mille teine, pikem ots asetatakse värvitud veega täidetud klaaspurki. Seemned absorbeerivad hingamisel hapnikku ja eritavad süsihappegaasi, viimane neeldub KOH-s. Õhu hõrendumine klaasanumas põhjustab vedeliku tõusu torus välisõhu rõhu tõttu. Vedeliku tõusmise kiiruse järgi otsustatakse hingamise intensiivsuse üle.

Hingamisel erituva CO_2 hulka määratakse eudiomeetri abil, mis koosneb ühest otsast suletud ja jaotustega märgitud klaastorust; jaotused näitavad

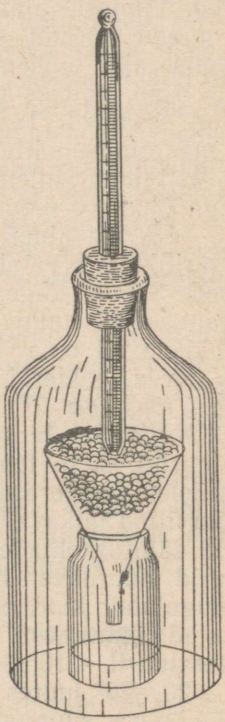


Joonis 305. Apraat hingamisel erituva süsihappegaasi hulga määramiseks.
Idanevad seemned on asetatud painutatud torudesse, mille ette on paigutatud klaasanumad naatronlubjaga, mis puhastab õhku süsihappegaasist. Õhuvool suundub aspiraatori abil paremalt vasakule.

torus oleva gaasi mahtu. Eudiomeetrisse kinnitatakse idanev taim. Toru pööratakse avaga allapoole ja asetatakse anumasse, kus on elavhõbe. Eudiomeetrist imetakse õhku välja selleks eelnevalt sisseviidud kummitoru kaudu ja elavhõbe tõuseb teatava kõrguseni, teatava jaotuseni. Pärast seda kõrvaldatakse kummitoru, surudes ta sõrmedega kinni. Vaadates jaotust elavhõbeda nivoo kõrgusel eudiomeetris ja elavhõbeda nivoo kõrgust anumas, määratakse elavhõbeda samba suurus. See suurus lahutatakse baromeetri poolt näidatava rõhu suurusest. Kui teatava aja möödudes jääb elavhõbeda nivoo muutuseta, siis tähendab see, et katsetingimused (õhurõhumine, temperatuur) ei muutunud ja seeme neelas hingamisel sama palju hapnikku, kuipalju eritas süsihappegaasi. Eritunud CO_2 hulka võib määrata CO_2 neelava sööbenaatriumi (või sööbekaaliumi) abil, mis viiakse torru alt, läbi elavhõbeda.

Jaotuste arv, milleni tõuseb elavhõbe, näitab hingamisel eritunud CO_2 mahtu. Kui katse ajal muutus õhurõhumine, tuleb teha vastav parandus.

Harilikult määratakse hingamisel erituvat süsihappegaasi Pettenkofferi 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, milledesse on paigutatud idanevad seemned, ja siis läbi barüütvee. Seemnete poolt eritatav süsihappegaas peetakse kinni barüütvee poolt ja tema hulk määratakse ära katse lõpul barüütlahuse tiitrimise teel.



Joonis 306. Idanevate seemnete temperatuuri määramine.

Barüütlahuse alg- ja lõpptiitri vahe järgi otsustatakse seemnete hingamise intensiivsuse üle (joonis 305). Idanevate seemnete temperatuur määratakse mõõtmisega täpsete termomeetrite abil, võrreldes seda siis temperatuuriga ümbritsevas keskkonnas (joonis 306). Idanevate seemnete temperatuur on alati kõrgem ümbritseva keskkonna temperatuurist. Harilikult ta tõuseb 1,5—2,5°, kuid mõnedel juhtudel ka 10—15° võrra ja veelgi rohkem. Piisab, kui asetada tundlik termomeeter aarumi õisikusse või *Victoria regia* hiigelõiesse, selleks et märgata temperatuuri tõusu 10° võrra ja rohkem, võrreldes ümbritseva keskkonna temperatuuriga.

Sise- ja välistegurite mõju hingamisele

Taimede hingamise intensiivsus sõltub reast tegureist. Kõige intensiivsemalt hingavad kiiresti kasvavad ja palju vett sisaldavad organid, nagu idanevad seemned, mahlakad viljad, õied (eriti õie isasosad), noored pungad, noored lehed, narmasjuured. Viimasel ajal on kindlaks tehtud, et suur hingamisenergia on omane floeemi elusatele rakkudele, eriti orgaaniliste ainete liikumise ajal. Vähem intensiivselt hingavad oma kasvu lõpetanud taime osad, näiteks puitunud varred, vanad juured, kuivad viljad, kuivad seemned. Teraviljaaitades säilitatavate seemnete kuivaine kao määramine näitab, et niiskusprotsendi suurenemine suurendab tugevasti kadu intensiivsema hingamise tõttu. Normaalse idanevusega õhukuiv seeme kaotab aastas hingamise teel mitte vähem kui 3—4% kuivainet.

Harilikult arvatakse, et loomad hingavad intensiivsemalt kui taimed. See on õige, kuid mitte kõigil juhtudel. Inimene kaotab hingamisel 24 tunni jooksul 1—2% oma kaalust. Idanevad seemned kaotavad oma kaalust umbes samapalju. Seened hingavad kuus korda, bakterid aga kakssada korda intensiivsemalt. *Temperatuuri tõus iga 10° võrra suurendab hingamise intensiivsust umbes 2 korda.* See hingamise tugevnemine toimub kuni 40—50° temperatuurini, s. o. temperatuurini, mis mõjub hävitavalt paljudele taimedele. Temperatuuri alanemine aeglustab hingamist. Mugul- ja juurviljad jätkavad hingamist ka talvel; seetõttu tuleb hoolitseda nende säilituskohtade ventileerimise eest. 0°-le lähenevad temperatuurid pidurdavad hingamist, s. o. suhkru tarbimist, näiteks kartulimugulatel, kuid ei takista diastaasi tegevust, mille tagajärjel mugulad muutuvad magusaks. Samblikud jätkavad hingamist temperatuuril —10°, lehtpuude pungad ja männi- ning kuuseokkad aga —20—25° juures.

Valgus suurendab hingamise intensiivsust. Kuid tuleb meeles pidada, et valguse käes toimub rohelistel taimedel otse 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

hoida lehtikandvad võsud pimedas, siis hingamise intensiivsus hakkab langema süsivesikute puudumise tõttu. Järelikult hingamismaterjali (suhkru) olemasolu mõjub hingamise intensiivsusele. Taimede juhuslikud vigastused ja kahjustused röövikute läbi, samuti mürgid nõrgas kontsentratsioonis tugevdavad hingamisprotsessi.

Hingamis- samuti kui põlemisprotsessil erituvad CO_2 ja H_2O. Peale selle eritub nii hingamisel kui ka põlemisel energia. Kuid vaatamata näivale sarnasusele, erinevad hingamine ja põlemine oma olemuselt. Erinevalt kütuse põlemisest jõumasinates muutub hapendumise keemiline energia taimorganismis ainult vähesel määral soojuseks, peamiselt aga muutub ta sama keemilise energia teisteks vormideks. Põlemise intensiivsus tugevneb hapniku juurdevoolu suurenemisel ning puhtas hapnikus toimub põlemine suurema jõuga; hingamise intensiivsus aga ei ole niisuguses sõltuvuses hapniku hulgast ja puhtas hapnikus hingamine aeglustub.

Põlemine toimub alati kõrgel temperatuuril, kuid hingamine toimub vaid temperatuuride piires, mis ei ole hävitavad organismidele. Lõpuks on organismide hingamine nagu toituminegi fermentatiivne protsess. Eriti tähtsad on hingamisel fermendid oksüdaasid, katalaasid ja dehüdraasid, mida õpitakse käesoleval ajal tõhusalt tundma. Oksüdaaside nähtavat tegevust me märkame alati õuna või kartuli lõikekoha pruuniks ja külmunud lehtede mustaks muutumisel. Arvukate fermentide tegevus elusates rakkudes kannab vene teadlase Palladin'i kujuka väljenduse järgi «kooskõlastatud» iseloomu, surnud rakkudes aga on tal «korratu» iseloom.

Taimede hingamine ja fotosüntees on erinevad, vastupidised, kuid omavahel tihedalt seotud protsessid: hingamiseks on vajalikud süsivesikud, mis tekivad fotosünteesil.

Fotosünteesiprotsess on seotud kuivaine kogumisega taimes ja ühes sellega ka energia kogumisega; dissimileerimisprotsess on seotud kuivaine ja ühes sellega ka energia kulutamisega elutegevuseks. Assimileerimisel neeldub süsihappegaas ja eraldub hapnik; dissimileerimisel neeldub hapnik ja eraldub süsihappegaas. Nende protsesside ühtsus ja vastandlikkus on organismi elu põhitingimuseks. Klorofüllita taimed (samuti ka kõik loomad) omavad ka assimileerimis- ja dissimileerimisvõimet, kuid assimilatsioon toimub neil elusateks osadeks muunduvate orgaaniliste ainete arvel.

5. INTRAMOLEKULAARNE HINGAMINE JA ALKOHOOLNE KÄÄRIMINE

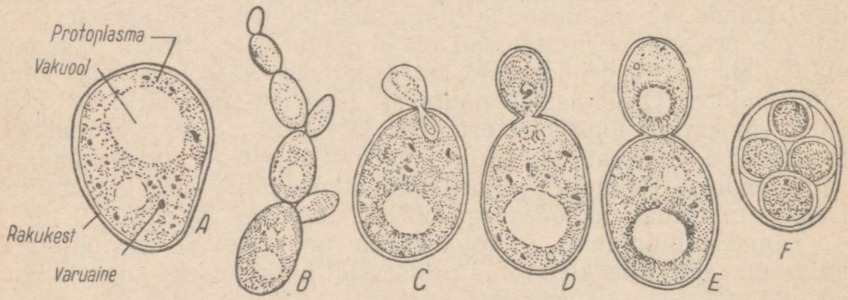
Suure tähtsusega on rohelistele taimedele nende võime toime tulla mõni aeg ilma õhuta, hoides oma elu ülal intramolekulaarse (hapnikuvaba) hingamise abil. On selgunud, et paljude taimede idandid võivad jääda ilma õhuta ööpäevaks ja rohkemakski. Sootaimedel, mis kasvavad niiskuseküllu ses, on see hingamisviis veel rohkem levinud.

Intramolekulaarne hingamine kulgeb järgmise skemaatilise reaktsiooni järgi:

$$C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 25 \text{ kcal.}$$

Glükoos laguneb intramolekulaarse hingamise korral kaheks etüülalkoholi ja kaheks süsihappegaasi molekuliks. Toodud reaktsioonist selgub, et sellel protsessil eritub palju väiksem hulk energiat kui harilikul hingamisel. Intramolekulaarne hingamine päästab mõnikord taime hukkumisest, näiteks kooriku tekkimisel maapinnale või terade säilitamisel hunnikutes jne. Kuid tuleb meeles pidada, et hapniku juurdepääsuta on taimede võimaliku oleskelu kestus väike ja alati seotud orgaanilise aine kaoga ning mürgise piirituse kuhjumisega.

Intramolekulaarne hingamine sarnaneb alkohoolse käärimisega. Alkohoolne käärimine on tingitud mikroorganismidest, mis kuuluvad kottseente klassi (joonis 307). Need seenekesed on tuntud igaühele pärmi nimetuse all. Neid on palju liike, kuid kõige enam levinud on õllepärm *(Saccharomyces cerevisiae)*. Need



Joonis 307. Pärmseened:

A — raku ehitus; B — punguvate pärmseente ahelik; C, D, E — pungumise järgud; F — eoste tekkimine (tugevasti suurendatud).

ainuraksed organismid on väikesed, võrreldes bakteritega aga küllaltki suured. Ühte veetilka 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 kasvund, mis saavutab emaraku suuruse. Mõnikord tekib niisuguseid kasvundeid mitu ja kõik nad tekitavad omakorda uusi kasvundeid, nii et lõpuks moodustuvad terved ahelikud, mis kergesti lagunevad üksikuteks rakkudeks. Peale selle paljunevad pärmseened eostega, mis arenevad eoskottides.

Pärmirakud on eriti hästi kohanenud hapnikuvabale hingamisele ja on võimelised ammutama energiat glükoosist, lagundades teda viinpiirituseks ja süsihappegaasiks. Oma elutegevuseks vajavad pärmseened peale glükoosi neidsamu soolasid, mida vajavad kas-

vamiseks rohelised taimed. Seega on käärimiseks kõigepealt tarvilik viinamarjasuhkur.

Neil juhtudel, kui viinamarjasuhkru asemel antakse pärmseentele roosuhkrut, muundatakse viimane pärmseente poolt ferment invertaasi toimel viinamarja- ja puuviljasuhkruks. Seda muundumist me võime kujutada järgmise reaktsiooni 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 lagundama suhkrut piirituseks ja süsihappegaasiks. Lagundamine toimub pärmis sisalduva fermentide kogumiku abil, mida nimetatakse s ü m a a s i k s. Alkohoolse käärimise protsessi võib kujutada eespool toodud intramolekulaarse hingamise reaktsiooni abil.

Alkohoolne käärimine kulgeb ilma õhuhapniku osavõtuta. Kuid pärmseened jätkavad suhkru käärimist ka siis, kui on olemas õhu vaba juurdepääs. On ainult märgatud, et sel juhul punguvad pärmseened intensiivsemalt. Seega asendab käärimisprotsess neil seenekestel hingamisprotsessi. Suhkru käärimisel kasutavad pärmseened oma elutegevuseks seda energiat, mis eritub keemiliste muundumiste tulemusena.

Kõige soodsamaks käärimise temperatuuriks on temperatuur 25—30°. Piirituse kuhjumine käärivas vedelikus üle 16° (alkoholimõõtja järgi) mõjub pärmseentele hävitavalt. Käärimisprotsessiks on pärmseentele vajalikud soolad, lämmastik ja suhkur.

Alkohoolset käärimist kasutatakse praktikas mitmesuguseks otstarbeks. Piirituse- ja õlletööstus, samuti kui veinitööstuski on rajatud alkohoolsele käärimisele. Koduses elus kasutatakse alkohoolset käärimist leivaküpsetamisel. Segades tainast pärmiga saavutatakse pärmseente ühtlane jaotus jahu osakeste vahel. Sooja kohta asetatud tainas hakkab kerkima, sest et käärimisel erituv süsihappegaas venitab pihkaine laiali. Olles asetatud kuuma ahju, küpseb kerkinud tainas ja muutub poorseks leivaks.

Peale pärmi põhjustavad alkohoolset käärimist ka hallitusseened perekonnast *Mucor*, millest räägisime IX peatükis (lk. 232).

XVII PEATÜKK

TAIMEDE KASVAMINE, TROPISMID JA LIIKUMINE

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 bambuspillirood, millede varre juurdekasv ulatub ööpäeva jooksul kuni 0,5 m ja soodsatel tingimustel koguni kuni ühe meetrini. Taimed näivad meile küll liikumatuina, välistele mõjutustele reageerimisvõimetuina, kuid lähemal vaatlemisel me võime tähele panna paljudel neist ainulaadset vastuvõtlikkust ärritustele ning võimet rea-

geerida neile vastavate liigutustega. Reageerimisvõimet välistele ärritustele nimetatakse loomadel tundlikkuseks, taimedel aga, milledel pole erilisi meeleorganeid, tropismiks. Taimede tropismide põhjusi ei ole veel küllaldaselt uuritud, seni püsinud seletused aga osutuvad puudulikeks.

1. TAIMEDE KASVAMINE JA SUUR KASVUPERIOOD

Taime kasvamisena mõistetakse harilikult tema mõõtmete suurenemist nii pikkuses kui ka laiuses. Taimede kasvamine sõltub väliskeskkonna tingimustest ja sisemistest, taimede rakkudes ja kudedes toimuvatest muutustest.

Taimede kasvamine on seotud rakkude paljunemisega ja taime koostisse kuuluvate ainete ümberjaotamisega. Valguse käes põhjustab roheliste taimede kasvamine fotosünteesi tõttu keha massi suurenemist, sest et orgaaniliste ainete kuhjumine on ülekaalus nende kulutamisest hingamiseks. Pimedas toimub roheliste taimede kasvamine orgaaniliste ainete kulutamise arvel hingamisprotsessiks (idanevad seemned, pungad, mugulad, juurikad jt.) ja seetõttu ilmneb idanenud seemnete kuivatamisel nende kuivaine kaalu vähenemine võrreldes idanemata seemnetega.

Kasvamisnähtust ei tule ära vahetada taime arenemisega. Viimase all mõistetakse taime üleminekut ühest staadiumist teise, s. o. neid kvalitatiivseid muutusi, mida läbib taim, alates seemne idanemisest ja lõpetades viljade ja seemnete moodustamisega.

Taime kasvamine on tingitud rakkude paljunemisest ja nende mahu suurenemisest. Iga rakk teeb läbi kolm kasvamisfaasi: jagunemise, venitumise (ehk rakukesta kasvamise) ja diferentseerumise faasi.

Rakkude jagunemine toimub juure ja varre kasvukuhikutes, õrnades sõlmevahedes ehk varrelülides (näiteks kõrrelistel), lehtede alusel, kambiumikihis ja kõigis kohtades, kus toimub kudede taasmoodustumine, näiteks taimede vigastatud kohtades, mügarate tekkimisel jne. Alg- (embrüonaalse) koe ehk meristeemi rakud on üsna väikesed, õhukeste kestadega, suhteliselt suurte tuumadega ja tulvil protoplasmat. Algkoe rakkudesse koguneb hulgaliselt orgaanilisi aineid. Talle on eriti iseloomulik rakkude korduv kaudne jagunemine (karüokinees). Temas toimub rakkude arvu suurenemine ja elusaine üldise massi kuhjumine, vaatamata intensiivsele hingamisprotsessile.

Rakkude väljavenitumine toimub mõningal kaugusel kasvukuhikutest. Selles kasvamisfaasis tekivad rakkudes vakuoolid, mis täituvad rakumahlaga. Protoplasma surutakse raku seinte ligi, rakkude maht suureneb ja raku kest venitub välja. Rakkude kiire kasvamine toimub selles faasis peamiselt vee ja toitainete arvel, mis voolavad juurde lähedalolevatest vanematest rakkudest ja juhtteedest.

Taime organi ja raku kasvamise kolmandaks faasiks on raku kesta paksenemine ja kudede diferentseerumine. Protoplasmast eritub aineid, millest moodustub tselluloos, mis ladestub raku kesta siseseintel ja tekitab tema pidevat paksenemist või mitmekesiseid paksendusi (neid on käsitletud käesoleva raamatu esimeses osas). Rakud muutuvad ning saavad kuju ja suuruse, mis on omased ühele või teisele koele: homogeenne meristeem diferentseerub mitmesugusteks kudedeks (põhi-, mehaaniline, katte-, juhtkude jt.), kuid selle diferentseerumise põhjused on seni veel selgitamata.

Järelikult, kui jälgida ühe taimeraku elu, tuleme järeldusele, et noor rakk kasvab algul aeglaselt, seejärel kiireneb tema kasvamine (väljavenitumine) teatava piirini ja lõpuks hakkab aeglustuma ning soikub täiesti. Et niisugune kasvamine on omane igale rakule, siis on arusaadav, et taime üksikud osad kasvavad ebaühtlaselt.

Kui mõõta iga päev millimeetriteks jaotatud joonlaua abil ühel ja samal kellaajal aedoa varre kõige noorema lüli pikkust seni, kuni selle lüli kasvamine soikub, siis võime tähele panna, et algul on tema kasvamine aeglane, siis kiireneb, saavutab oma maksimumi, seejärel hakkab aeglustuma ja lõpuks soikub täiesti. Niisugust nähtust nimetatakse suureks kasvuperioodiks.

Näide. Aedoa varrelüli esialgne pikkus on 6 mm. Mõõtmised toimusid iga päev kell 15.

Päevad	Pikkus (mm-tes)	Juurdekasv (mm-tes)	Päevad	Pikkus (mm-tes)	Juurdekasv (mm-tes)
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

Juurdekasvu arvulisi andmeid võib kujutada graafiliselt: horisontaalteljele (abstsissile) kanname võrdsetel kaugustel jaotused, mis vastavad päevadele, vertikaaljoontele (ordinaatidele) aga kanname igapäevased juurdekasvud (näiteks millimeetrid suurendatud mõõdus) ning ühendame lõikumispunktid joonega. Saame suure kasvuperioodi kõvera, mis tõuseb algul vähehaaval, siis järsumalt, saavutab oma maksimumi, seejärel hakkab alanema ja langeb 0-ni.

Vaatlused näitavad, et ka kogu taim kasvab samal viisil — *algul kasvab aeglaselt, siis ta kasvamine kiireneb, saavutab maksimumi, siis aeglustub ja lõpuks soikub.*

Paljud põllumajandustaimed kasvavad esialgu väga aeglaselt (hirss, porgand jt.). Sel ajal tuleb läbi viia rohimine ja ridadevaheline harimine umbrohtude hävitamiseks.

Seda korrapärasust taimede kasvamises võivad häirida välistingimuste mitmesugused kombinatsioonid.

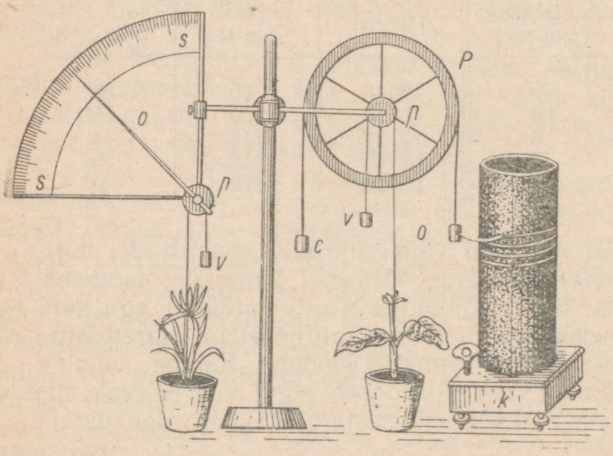
Juure, varre ja lehe tundmaõppimisel selgitasime nende organite kasvamisviise. Juur kasvab tipuga ja tema kasvutsoon ei ületa 8—10 mm, vars aga kasvab tipuga ja ülemiste varrelülidega. Varre kasvutsoon on mitu sentimeetrit pikk, ulatudes vahel 50 sm-ni ja rohkem. Kõrreliste ja teiste üheiduleheliste taimede varte kasvamine toimub sõlmvahedes (nende alumistes osades), lehed kasvavad aga oma alusega, milles võib kergesti veenduda, kui kanda tušiga märgid kõrrelise või sibula lehele.

2. TAIMEDE KASVU KIIRUSE MÕÕTMISE VIISE

Peale vahetu mõõtmise millimeetriteks jaotatud joonlaua abil sooritatakse taimede kasvu kiiruse mõõtmist aparaatidega, mida nimetatakse auksanomeetriteks.

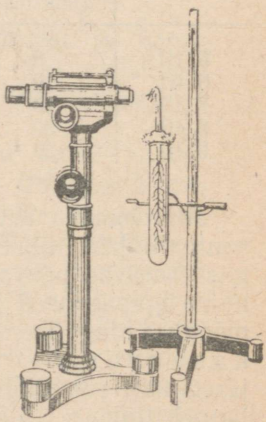
Need aparaadid on väga mitmesuguse ehitusega ja näitavad taimede kasvu suurendatud mõõdus. Näiteks kang-auksanomeetrid suurendavad kasvu kiiruse näitamisi 10—20 korda.

Väga otstarbekohasteks riistadeks on isekirjutajad auksanograafid, mis märgivad suurendatud kujul taimede kasvu käiku. Kirjutamine toimub plokkide ja rataste süsteemi ning osuti abil nõestatud paberile, mis on kinnitatud metallsilindrile, mille paneb pöörlema kellamehhanism (joonis 308).



Joonis 308. Auksanomeetrid.

Vasakul pool on kujutatud auksanomeeter osutiga *o*, mis näitab skaalal *s* — *s* suurendatud juurdekasvu; *p* — plokk — selle üle on pandud niit, mille ühe otsa külge on kinnitatud kaaluviht *v*, kuna teine ots kinnitatakse kasvava taime ladva külge. Paremal pool on teist tüüpi auksanomeeter. Üle väikese ploki *p*, mis on ühendatud suurema plokiga *P*, on pandud niit kaaluvihiga *v*. Niidi otste külge, mis ripuvad suuremalt plokilt, on kinnitatud kaaluviht *C* ja osuti *O*, mis kirjutab juurdekasvukõverad tahmakihiga kaetud paberile; viimane katab kellamehhanismi *k* abil pöörlema pandud silindrit.



Joonis 309. Horisontaalmikroskoop kasvu kiiruse mõõtmiseks.

Kasvu kiiruse mõõtmiseks kasutavad teadlased veel horisontaalmikroskoope, mis kinnitatakse statiivi külge ja omavad okulaaris jaotustega skaalat. Mikroskoop suunatakse kasvava organi tipule ja mõne minuti pärast tõstetakse mikromeetrilise kruvi abil ülespoole; skaala abil leitakse organi juurdekasv teatava aja vältel (joonis 309). Käesoleval ajal on kasutusel aparaadid, mis võimaldavad mõõta taime organi juurdekasvu suurust mitte ainult mõne minuti, vaid koguni mõne sekundi jooksul. Horisontaalmikroskoopide näidud on suurendatud 50 kuni 100 korda, võrreldes tegeliku kasvu kiirusega. Viimasel ajal on hakatud kasutama aparaate, mis suurendavad kasvu kiiruse näitusid tuhat, 10 tuhat ja isegi kuni miljon korda.

Seda laadi «ülitundlikud» aparaadid võimaldavad märgata taime juurdekasvu millimeetri ühe miljondiku osa suuruses. Juurdekasvu näitav valgusetäpp liigub ekraanil kiirusega 60 sm sekundis.

3. VÄLISTINGIMUSTE MÕJU TAIMEDE KASVAMISELE

Taimede kasvu kiirus on väga mitmekesine, sõltudes nii väliskeskkonna tingimustest kui ka taimede sisemistest omadustest.

Õhu- ja mullaniiskuse mõju

Eespool nägime, et taimede kasvatamisel niiskes õhkkonnas on nende lehed suurema pinnaga, varred aga mahlakamad ja tugevama kasvuga kui kuivas õhus arenevatel taimedel. See nähtus on seletatav niiskes õhkkonnas kasvavate taimede vee võrdlemisi nõrga auramisega ja järelikult kasvavate rakkude suurema turgoriga. Optimaalne mullaniiskus (umbes 60% mulla täielikust niiskuse mahutavusest) tugevdab samuti taimede kasvu. Looduslikes tingimustes näeme eriti tugevat taimede kasvu niiskes, soojas kliimas. Meil Nõukogude Liidus on eriti lopsaka kasvuga Musta mere ranniku taimestik, mida nimetatakse *subtroopiliseks*.

Õhkkonna sademete hulka arvestavad meteoroloogiajaamad iga päev. Taimede veevajadust ja sademete mõju põllumajandustaimede kasvamisele ja arenemisele õpitakse tundma taimekasvatuse kursuses, kunstliku niisutamise võtteid ja samuti pinnase kuivendamist aga käsitletakse hüdrotehnikas. Siin märgime ainult, et vee kulutamine arenemise mitmesugustel perioodidel pole ühtlane; neid perioode, kus kultuurtaimed eriti vajavad vee juurdevoolu, nimetatakse *kriitilisteks perioodideks*. Näiteks teraviljadele on niisuguseks perioodiks loomise periood.

Valgus kui taimede kasvamise tegur

Pimedas ja nõrgas valguses toimub taimede kasvamine kiiremini kui tugevas valguses. Valgus takistab taimede kasvamist, ta ei võimalda nende venitumist ja annab neile kindla kuju. Kartuli idud venituvad pimedas säilituskohas mõnikord mitme meetri pikkuseks.

Tuletame meelde etioolunud taimi, s. o. taimi, mis arenevad pimedas. Valgus ei takista ainult varte, vaid ka juurte kasvamist. Kitsad ja pikad lehed venivad pimedas veel tugevamini, laia lehelabaga lehed ei arene välja pimedas, suurenevad aga nõrga varjutamise tingimustes. Juurviljadel arenevad pimedas suured kollased lehed. Etioolumisnähtust kasutatakse köögiviljanduses mõnede õrnade köögiviljade (aspari, salati, lillkapsa jt.) kasvatamisel. Ühed taimed arenevad paremini eredas, teised aga hajunud valguses ja varjus. Sel nähtusel on suur tähtsus metsanduses, kus kõik puuliigid jaotatakse nende suhtumise järgi valguse intensiivsusse kahte rühma — valguselembesed ja varjulembesed taimed. Valguselembeste taimede hulka kuuluvad kask, mänd, haab jt., varjulembeste hulka — pöök, valgepöök, kuusk jt.

Veel pole lõplikult selgitatud põhjused, miks valgus niivõrd tugevasti mõjub taimede väliskujule ja missugune on tema takistav toime kasvamisele. Kuid pole kahtlust, et valgus mõjub mitte ainult taime väliskujule, vaid samuti ka varte ja lehtede anatoomilisele ehitusele.

Temperatuuri ja valguse mõju taimede kasvamisele kajastub ka nende ööpäevases kasvamises. Katsed näitavad, et ühes ja samas temperatuuris annab taim öösel suuremat juurdekasvu kui päeval. Kõrvutame seda nähtust vee auramisega (lk. 486), mis öösel aeglustub, päeval aga tugevneb. Soojal ööl on kasv kõige kiirem varahommikustel tundidel, kasvamine aeglustub aga keskpäeva-järgsetel tundidel. Tugev temperatuuri langus öisel ajal võib muuta taimede kasvamise ööpäevast perioodilisust. On huvitav tõsiasi, et kui taime, mis arenes varem looduslikes tingimustes, kasvatada pimedas, siis ikkagi avaldub kasvamise ööpäevane perioodilisus, ehkki kõikumised öise ja päevase kasvamise vahel muutuvad ikka väiksemaks ja lõpuks kaovad täiesti. Niisugust nähtust nimetatakse järelmõjuks.

Ümbritseva keskkonna temperatuur kui taimede kasvamise tegur

Seemnete idanemise tundmaõppimisel (lk. 495) rääkisime, et on olemas kasvamise temperatuuri miinimum, optimum ja maksimum. Enamikule taimedele on kõige soodsamaks temperatuuriks 25—30°. Temperatuuri tõus alates 0°-st iga 10° võrra kiirendab taimede kasvamist ligikaudu kaks korda. Niisugune kasvamise kiirendamine jätkub temperatuurini, mis läheneb antud taime optimaalsele kasvamise temperatuurile. Edasine temperatuuri tõus aeglustab kasvamist (erinevalt hingamisest) ja temperatuuri lähenemine maksimaalsele peatab kasvamise täielikult.

Põllumajanduslike kultuuride enamiku kasvamise temperatuuri miinimum on umbes 0—5°C. Teatavasti on korda läinud idandada rukki teriseid sulava jää tükkide vahel. Paljud kevadtaimed, näiteks lumikelluke *(Galanthus nivalis)*, siniliilia *(Scilla cernua)*, niisujuur *(Eranthis)* jt. tärkavad sulava lume alt.

Käsitledes taimede külmakindluse küsimust (lk. 489), nägime, et hävitavad temperatuurid on tunduvalt allpool kasvamise minimaalseid temperatuure (näiteks võrsunud rukkil —20° ümber).

Mõnede põllumajandustaimede seemnete idanemise temperatuur on toodud tabelis lk. 496. Kui näiteks kaera saab külvata läbisoojumata mulda, siis kurgid või tubakas nõuavad seemnete idanemiseks hästi soojunud mulda.

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. Seejuures vesiniku ioonide kontsentratsioon avaldab samuti tugevat mõju kasvamisele. CO_2 hulk õhus mõjub süsiniku assimilatsioonile ja järelikult ka taime kasvamisele. Õhuhapnik on vajalik hingamiseks, taimede hingamine aga on tihedas seoses kasvamisega.

Kuna taimede kasvamine ja arenemine on omavahel tihedasti seotud, siis loetletud kasvamise tegurid mõjuvad kahtlemata ka arenemisele, mida käsitletakse üksikasjalisemalt hiljem.

4. TAIMEDE KASVAMISE AASTANE PERIOODILISUS

Taimede kasvamise aastane perioodilisus on tingitud neist ilmastiku muutustest, mis toimuvad erinevatel aastaaegadel. Paraskliima tingimustes sunnib sooja suve vaheldumine külma talvega üheaastasi taimi lõpetama oma elu 3—4 kuu vältel.

Taimede elu kestus (nii kõrrelistel kui ka teistel) sõltub mitte ainult taime sisemistest omadustest, vaid ka arenemise välistingimustest. Me teame (vt. IV peatükk), et on olemas lühieataimi (efemeere), näiteks kevadikud jt., mis suudavad oma arenemistsükli lõpetada mõne nädala vältel; teised üheaastased taimed nõuavad selleks mitu kuud. On kahe- ja mitmeaastasi taimi.

Tatral on vegetatsiooniperiood 75—90 päeva, odral — 96, kaeral — 112, söödanaeril (turnipil) — 70—120, peedil — 140—160, kaalikal — 150—180, kartulil — 120—130 päeva. Toodud arvud kõiguvad sõltuvalt sordist ja välistingimustest. Nii näiteks kestab kartuli varastel sortidel arenemistsükkel 70—90 päeva, keskmistel — 120—130 päeva ja hilistel sortidel — kuni 180 päeva. Kaugel põhjas jõuab oder läbida arenemistsükli 60—70 päevaga. Niiskuse ja lämmastikväetiste küllus mullas ja fosfori ning kaaliumi puudus pidurdavad kõrreliste ja teiste taimede õitsemist ning viljumist, põhjustades vahel külvide lamandumist vegetatiivsete organite ülemäärase arenemise ja taimede vastastikuse varjutamise tõttu. Vee ja lämmastiku puudusel mullas arendavad taimed nõrgemini vegetatiivset massi, õitsevad ja valmivad varemini. Niiskuse puuduse tingimustes annavad paremat saaki varased sordid, mis lõpetavad kasvamise vara, annavad väikese koguse õlgi ja on oma arengus jõudnud pääseda põua käest. Nähtavad muutused, mis

toimuvad õistaimes tema elu ajal, seisavad järgmises: mullas paisuvad ja idanevad seemned annavad kollaseid idandeid, mis väljuvad maapinnale roheliseks muutuvate tõusmetena. Taimede elutingimused muutuvad pärast tõusmete tärkamist järsku, võrreldes elutingimustega enne tärkamist, mullas toimub taimede kasvamine, mis on seotud ainult valmis varuainete omastamise ja kulutamisega, pärast tõusmete ilmumist aga algab fotosüntees, mis domineerib hingamise üle ja suurendab kuivainehulka taimes. Teraviljadel algab pärast idandite maapinnale tõusmist võrsumine.

Võrsumissõlmest arenevad lisajuured ja uued võrsed. Suviteraviljad võrsuvad taliteraviljadest nõrgemini. Võrsumisperioodile järgneb kõrsumine, siis toimub loomine, õitsemine, selle järel piim-, vaha- ja täisküpsus. Mitme- ja kaheaastased taimed suudavad suve jooksul valmistuda talviseks perioodiks ja järgmiseks kevadeks. See ettevalmistumine seisab taimel oma organite (koore, puidu, varte ja juurte parenhüümi) rakkudes tärklise, suhkru, valkude ja teiste orgaaniliste ainete varumises.

Enamiku talvituvate taimede lehed langevad sügisel ja uued lehe- ja õievõsud arenevad talvituvatest pungadest. Lehtede langemise nähtus pole seotud ainult madalate temperatuuridega, veepuudusega, klorofülli lagunemisega, toitumise nõrgenemisega, oblikhapu kaltsiumi soolade kuhjumisega lehtedes, vaid ka päeva lühenemisega. Väga huvitavad on meie lehtpuude kultiveerimise katsed troopikamaades, kus kasvamise tingimused talveperioodil nagu ei peaks soodustama lehtede langemist. Kuid ka seal nad jätkavad raagumist meie talvele vastaval perioodil. Eriti «konservatiivsed» on ses suhtes tammed. Tseiloni saarel on õnnestunud muundada kirsi- ja persikupuud pikaajalise kultiveerimise teel igihaljaiks.

Mitmeaastased niidu- ja põlluheinad talvituvad risoomide ja juurte abil, millesse ladestuvad orgaaniliste ainete varud; varude arvel toimub nende taimede kevadine arenemine.

Söödajuurviljad (peet, porgand, naeris) on kaheaastased taimed ja hakkavad õitsema teisel aastal pärast külvi. Selleks hoitakse s e e m n e i s t i k u d eraldi ja istutatakse kevadel väetatud mulda. Kuid mõningatel juhtudel toimub juurviljade ebaloomulik putkestumine juba esimesel aastal, millele järgneb taime väljasuremine. See putkestumine ehk «ennakõidumine» on seotud istikute viibimisega madalas temperatuuris ja kujutab endast kahjulikku nähtust, sest et nende taimede juured puituvad ja muutuvad täiesti kõlbmatuks. Teisest küljest esineb juurviljadel veel teine ebaloomulik nähtus — mõned peedi ja porgandi seemneistikud, niinimetatud «tõrkujad», ei tekita õisikandvaid võsusid ja jätkavad kasvamist, alandades seega seemnesaaki antud pindalalt. Niisuguste loomuvastaste kõrvalekaldumiste põhjused söödajuurviljade arengus seisavad kvalitatiivsetes muutustes, mis on seotud välistingimuste kompleksi häiretega; need muutused tingivad taime poolt läbitavate arenemise staadiumide aja muutumist (arenemise staadiumidest

antakse teatmeid käesoleva raamatu järgnevas peatükis). Teaduse ees seisab ülesanne selgitada üksikasjaliselt, miks kaheaastased juurviljad puhkevad õitsema esimesel aastal, ning ära kasutada seda nähtust nende arenemise kunstlikuks kiirendamiseks ja seemnete kiirendatud saamiseks.

Taimede kasvamise ülalloetletud nähtuste tundmaõppimine näitab, et ümbritseva looduse aastane rütm ja ilmastiku järsud kõikumised ei saa jääda taimede elutsüklis kajastumata. Taim ja ümbritsev keskkond on omavahel tihedalt seotud ja mõjutavad vastastikku teineteist.

5. TAIMEDE TROPISMID JA LIIKUMINE

Me oleme harjunud vaatama taimedele kui aktiivse liikumisvõimeta organismidele. Meid ümbritsevad taimed, millede lehed ja varred vaid kõiguvad tuule käes, kuid mis pole suutelised end ruumis ümber paigutama. Näib, nagu vastaks taimorganismide liikumatus täiesti nende arenemise tingimustele ja kogu ehitusele, mis on välja kujunenud pikas evolutsiooniprotsessis. Tõepoolest, kõik taime arenemiseks vajalikud ained (vesi, soolad, süsihappegaas) ümbritsevad teda ja tungivad temasse.

Kuid sellele vaatamata osutub kõrgemate taimede liikumatus vaid suhteliseks, sest et mitte ainult paljude taimede rakuplasma ei ole ringlevas (tsirkulatsioon) ja tiirlevas (rotatsioon) liikumises (vt. II peatükk), vaid ka terved taime organid võivad muuta oma asendit — kas aeglaselt või niivõrd ruttu (näiteks mimoosil), et «looduse saladustesse mittepühendatud» inimene hämmastusega vaatleb seda nähtust [1].

Taime organite liikumisi põhjustavad mitmesugused välisärritajad, mis mõjuvad protoplasmale. Katsed näitavad, et vastuvõetud ärritused kanduvad edasi mööda taime ja põhjustavad reaktsiooni rakkude ja tervete organite liigutuste näol kohtades, mis asetsevad mõningal kaugusel ärrituskohast. Loomadel kanduvad ärritused edasi närvisüsteemi kaudu, taimedel aga on selleks otstarbeks raku protoplasma, mis on ühenduses naaberrakkudega plasmodesmide abil (vt. lk. 43).

Taimedel puudub loomadele omane lihaskude ja seepärast on nende liikumised tingitud organi ühe või teise külje ebaühtlasest kasvust (kasvuliigutused) või turgori tugevnemisest teatavates rakkudes, mis tekitavad tugeva rõhu naaberrakkudele (turgorliigutused).

Kasvuliigutused ehk tropismid sõltuvad sise- ja välistingimustest. Taimede liigutusi põhjustavate välistingimuste hulka kuuluvad valgus, vesi, toit, temperatuur, õhk, s. o. kõik see,

[1] Meie kujutlus taimede liikumisest saab täielikumaks ja täpsemaks seoses aeglustatud filmimise rakendamise edusammudega taimede kinoülesvõtete demonstreerimisel: taimed ja nende organid omavad kasvamisperioodil kord aeglasi, kord kiireid liikumisi. Niisama mitmekesised on ka rakusisesed liikumised.

mida taim omastab oma elu vältel, kuna sisemiste tingimuste hulka kuulub taime elav keha kõigi tema individuaalsete iseärasustega; ta ehitab end ümbritsevast keskkonnast ja reageerib liigutuste näol kõigile välistingimuste muutustele.

Eristatakse positiivseid tropisme, kui taime osa 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 üle minna negatiivseks.

Fototropism

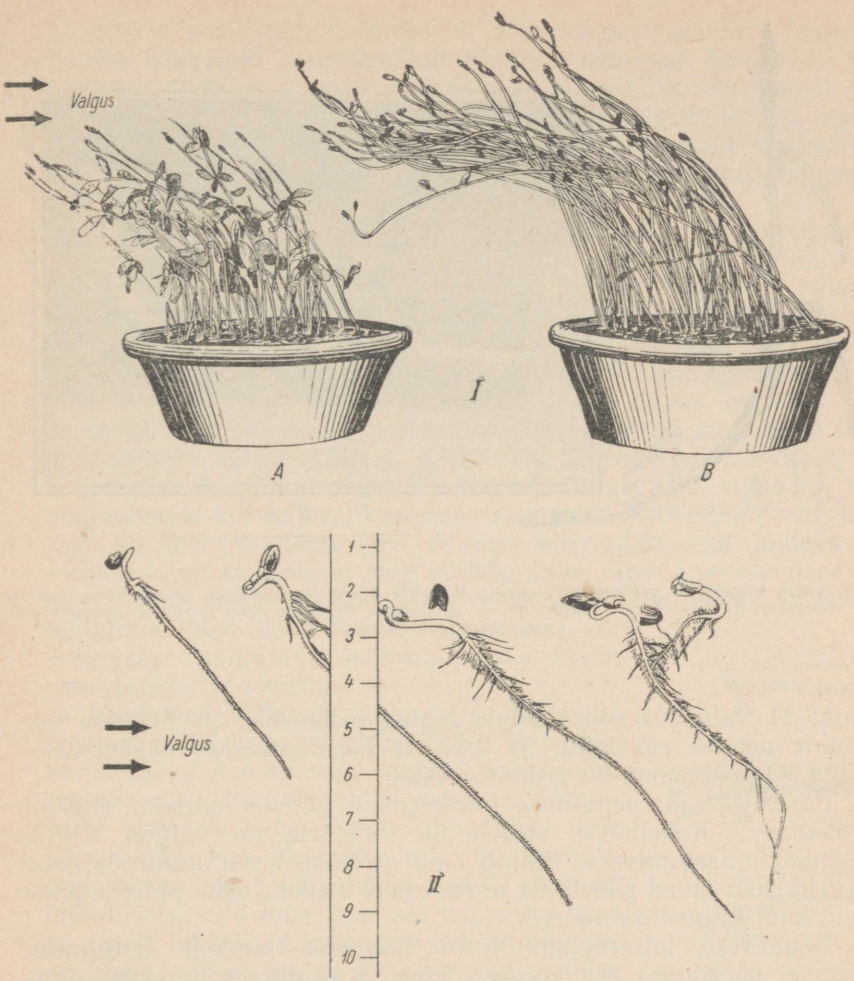
Fototropismiks nimetatakse taimede võimet sooritada liigutusi sõltuvalt valguskiirte suunast. Varem arvati, et ainult päikesevalgus suunab kasvu ja seepärast nimetati seda nähtust heliotropismiks; käesoleval ajal on teada, et ka kunstlikud valgusallikad (elekter jt.) etendavad samasugust osa. Positiivne fototropism on omane vartele, negatiivne fototropism juurtele ja kõitraagudele. Lehed asetuvad harilikult langevate kiirte suhtes risti (transversaalne fototropism).

Fototropismil on suur tähtsus taimede elus, sest tema tõttu on varred ja lehed valgustatuse suhtes kõige soodsamas asendis. Fototropism on eriti arenenud etioolunud taimedel.

Fototropismi võib jälgida fototroopilises kambris, milleks on pimekamber avaga ühes seinas. Kui niisugusesse kambrisse asetada näiteks pott noorte kaera- või vikitaimedega, siis mõne tunni möödudes võib märgata taimede kõverdumist valguse poole, misjuures kõverdused tekivad varre kõige tugevama kasvu kohtades (joonis 310, I). Kui veega täidetud klaasnõu ava katta marliga, kinnitada sellele sinepi idand ja paigutada anum fototroopilisse kambrisse, siis tekib peatselt varre kõverdumine valguse poole ja juure ärapöördumine valguse poolt.

Juurte negatiivset fototropismi võib hästi jälgida näiteks tatra seemnete idanemisel kahe klaasi vahel kuivatuspaberil. Klaasid asetatakse vertikaalselt servaga valguse poole, mis tungib idandite juurde klaaside vahelise pilukujulise ava kaudu. Kõigil ülejäänud külgedel on klaasid kaetud musta fotopaberiga. Tugeva ühekülgse valguse korral pöörduvad idandite juured tugevasti valguse käest ära, varred aga pöörduvad valguse poole (joonis 310, II).

Huvitava fototropismi katse võib korraldada hirsi idanditega. Liivaga täidetud potti külvatakse ridadena mitte sügavale mõnikümmend idanemisvõimelist hirsi seemet. Idandamine toimub pimedas. Kui idandid on kasvanud umbes kahe sentimeetri pikkuseks, kaetakse pooltel idanditel tipud stannioolist tupega. Pott taimedega paigutatakse fototroopilisse kambrisse, mille ava on suletud. Ööpäeva pärast võetakse fototroopilise kambri ava lahti. Kambrit tuleb hoida aknal avaga valguse poole. Juba mõne tunni pärast



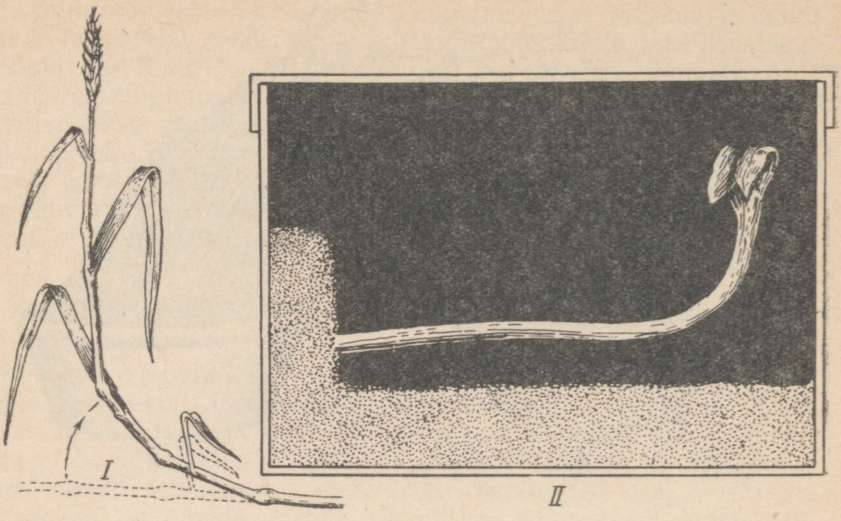
Joonis 310.

I — viki varte heliotropism: A — valguse käes arenenud varred; B — pimedas arenenud varred; II — klaaside vahel arenenud tatra juurte negatiivne heliotropism (valgus pääses juurde vasakult poolt).

võib märgata, et kõik tupeta idandid on andnud harilikke fototroopilisi kõverdusi, kuna tupega kaetud idandid püsivad vertikaalses asendis.

See fototropismi katse hirsi idanditega näitab, et kõrreliste idanitel on valguseärrituse vastuvõtjaks idandi tipp, niinimetatud koleoptiil ja kõverdused tekivad kõige intensiivsema kasvamise kohtades, mis asetsevad tippudest vähe allpool.

Fototroopiline kõverdumine tekib järgmiste protsesside tulemu-



Joonis 311.

I — varre negatiivne geotropism; lamava teravilja kõrre ülestõusmine interkalaarse kasvu ja sõlmekohtade kõverdumise tõttu; II — tsinkkastis niiskesse liiva pistetud aedoa varre negatiivne geotropism.

sena: 1) valguseärrituse toime teatud rakkudele, 2) ärrituse tekkimine nendes rakkudes, 3) ärrituse edasiandmine reageerivasse kohta, 4) reaktsioon kõverdumise näol.

Positiivse ja negatiivse fototropismi tähtsus taimede elus on arusaadav. Rohelistele vartele ja lehtedele on valgus vajalik süsiniku omastamiseks. Paljud õied on positiivselt fototroopilised; näiteks pöörduvad päevalille ja ruskmete õisikuid ikka päikese poole seni, kuni taimed on noored.

Negatiivse fototropismi tõttu tungivad taimede külgjuured maasse, pöördudes ära valguse käest. Kasvatades taimi pimedas, võime näha külgjuurte tekkimist maapinnal.

Geotropism

Geotropismiks nimetatakse taime organite võimet omandada kindlat seisu püstloe suhtes. *Positiivselt geotroopilised organid on juured, negatiivselt geotroopilised — varred.*

Varte negatiivset geotropismi võib kindlaks teha järgmise lihtsa katse abil. Pott lemmaltsaga (või mõne teise taimega) paigutatakse pimedasse ruumi horisontaalses asendis. Mõne päeva pärast ilmneb geotroopiline kõverdus: varre kasv on suundunud ülespoole. Katse varre geotropismi kindlakstegemiseks võib teostada ka nii, nagu on näidatud joonisel 311.

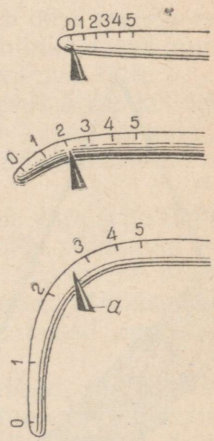
Juurte positiivset geotropismi võib kergesti näidata herne või põldoa idanenud seemnete kinnitamisel niiskesse kambrisse horisontaalasendisse. Juured kõverduvad tipuga allapoole (joonis 312).

Katsed juurte ja varte kasvamissuuna jälgimiseks ja samuti taimede kasvu jälgimine klinostaadi abil tõestavad veenvalt, et geotropismi nähtus on tingitud Maa raskustungist, mis on suunavaks jõuks kasvavatele organitele.

Kui seemnete idandid asetada kiiresti pöörlevale vertikaalsele rattale ja hoolitseda nende niisutamise ja soodsa temperatuuri eest, siis võib varsti märgata, et juured hakkavad kasvama tsentrifugaaltungi suunas, s. o. ratta keskpunktist väljapoole, varred aga tsentrifugaaltungile vastupidises suunas, s. o. ratta keskpunkti poole.

Klinostaadi abil võib kergesti näidata, et igasugune juurte ja varte kõverdumine lakkab, kui pöörata telje ümber horisontaalselt asetatud idandeid, sest Maa raskustung toimib sel juhul kord ühele, kord teisele idandi küljele. Klinostaat koosneb metallteljest, mis kellamehhanismi abil aeglaselt pöörleb. Telge võib seada nii horisontaalsesse kui ka vertikaalsesse asendisse. Klinostaati võib kasutada ka heliotroopiliste kõverdumiste kõrvaldamiseks. Selleks asetatakse klinostaat nii, et pöörlev telg oleks täpselt vertikaalses suunas. Taime aeglane pööramine vertikaalse telje ümber kõrvaldab heliotroopilised kõverdumised isegi siis, kui klinostaat paigutada heliotroopilisse kambrisse lahtise ava vastu.

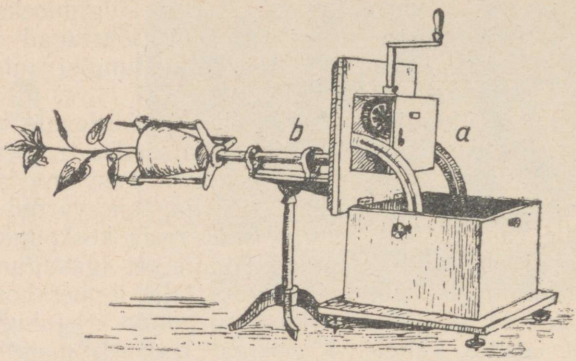
Vaatlused näitavad, et *juurte ja varte geotroopilised kõverdused tekivad kõige intensiivsema kasvu kohtades ja tekivad horisontaalses asendis oleva organi ülemise ja alumise külje ebaühtlase kasvamise tagajärjel.* Seepärast võib enamik taimi, mis on lamandunud tormi tõttu või mõnel muul põhjusel, üles tõusta vaid oma tipmises kasvavas osas, ja ainult kõrrelised, mis omavad interkalaarset (ehk vahe-) kasvu ja kõrresõlmi, tõusevad pärast lamandumist üles peaaegu kogu varre ulatuses, sest sõlmede alumine külg hakkab kiiremini kasvama, sõlmekohtades aga tekivad põlvjad kõverdused. Geotroopilised kõverdused tekivad järgmiste protsesside tagajärjel: 1) raskustungi toime teatavatele rakkudele, 2) ärrituste tekkimine nendes rakkudes, 3) ärrituse edasiandmine kõige kiirema kasvu tsooni ja 4) reaktsioon geotroopilise kõverduse näol, s. o. samad protsessid, milledele me osutasime fototropismi puhul. Rakud, mis on tundlikud geotroopiliste ärrituste vastu, on keskendunud juure tippu ja nimelt — juurekübarasse, mis on kergesti



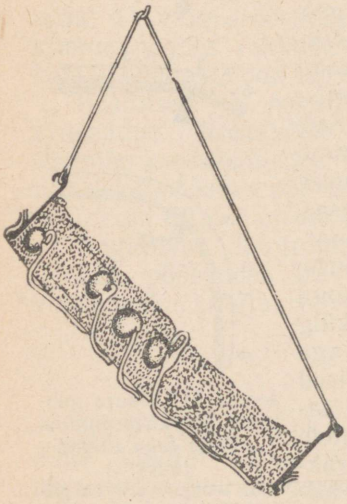
Joonis 312. Juure geotroopiline kõverdumine (*Vicia faba* idandi juur).

Ülal — juur, mis on esialgu kasvanud otse alla, on asetatud horisontaalselt ja temale on kantud tušiga jaotused. Keskel — juur pärast 7 tunni möödumist. All — sama juur 10 tunni möödumisel, ta on uuesti võtnud vertikaalse asendi; *a* — liikumatu näitaja.

tõestatav juure tipu kerge vigastamise teel, mispeale horisontaalselt asetatud juured ei anna geotroopilisi kõverdusi.



Joonis 313. Klinostaat taimede geotropismi ja fototropismi uurimiseks: *a* — tugeva vedruga kellamehhanism, mis paneb telje *b* aeglaselt pöörlema.



Joonis 314. Juurte hüdrotroopilised kõverdused. Niiskes saepurus idanenud seemnete juured on kõverdunud ja surunud end niiske pinna ligi. Saepuru on pandud sõela ja see on riputatud üles kaldasendis.

Juurtele ja vartele kui ka kõigile maakeral olevatele kehadele mõjub alaline Maa külgetõmbeehk raskustung. Sellel tungil on suunav osa taime organite kasvamisel. Juured ja varred sooritavad aktiivselt geotroopilisi kõverdumisi, mida näitavad varte raskus ja juurte võime mullaosakesi laiali nihutada. Maa raskustung on vaid vallandavaks põhjuseks või ärritajaks, kuna energia geotroopiliste kõverduste sooritamiseks hangitakse juure enda poolt, mis võib intensiivselt hingata ja kasvada ebaühtlaselt ühe ja teise küljega.

Hüdrotropism ja teised tropismid

Peale foto- ja geotropismi on taimedele omane veel hüdrotropism, s. o. võime suunata oma kasvu sõltuvalt mullaniiskuse tingimustest (joonis 314).

K e m o t r o p i s m i all mõistetakse taimede võimet suunata oma kasvu sõltuvalt toitainetest. Nii toimub juurte levimine pinnases sõltuvalt toitainete jaotusest selles; seente hüüfide kasv kulgeb nende toiteallika suunas, näiteks lehekudede juurde, läbi õhulõhede jne.; tolmutorude kasv kulgeb mööda emakakaela seemnealgme lootekoti suunas.

T e r m o t r o p i s m i all mõistetakse taimede kõverdusi optimaalse temperatuuri suunas. Seda nähtust võib jälgida juurtel, kui idandada seemneid saepurus, mis on pandud metallkasti, mida kergelt soojendatakse ühest küljest. Samuti võib seda jälgida looduslikus olukorras kõrgetel mägedel, kus põõsaste lamavad varred hoiduvad maapinna ligi, selleks et pääseda intensiivsest kiirgamisest tingitud öisest jahtumisest.

T r a u m a t o t r o p i s m i k s nimetatakse juurte omadust kõverduda vigastuste puhul; a e r o t r o p i s m i k s nimetatakse juurte kasvamist õhule juurdepääsu poole õhu vähesuse korral.

Vään- ja ronitaimede liigutused

Nende taimedega tutvusime eespool (IV peatükis) ja mäletame, et neid iseloomustab nõrk vars, mis vajab tuge.

Vääntaime, näiteks humala varre tipp muudab oma asendit ruumis, tehes lakkamatult väänlevaid, ringlevaid, niinimetatud nutatsioonilisi liigutusi varre külgede ebaühtlase kasvamise tõttu.

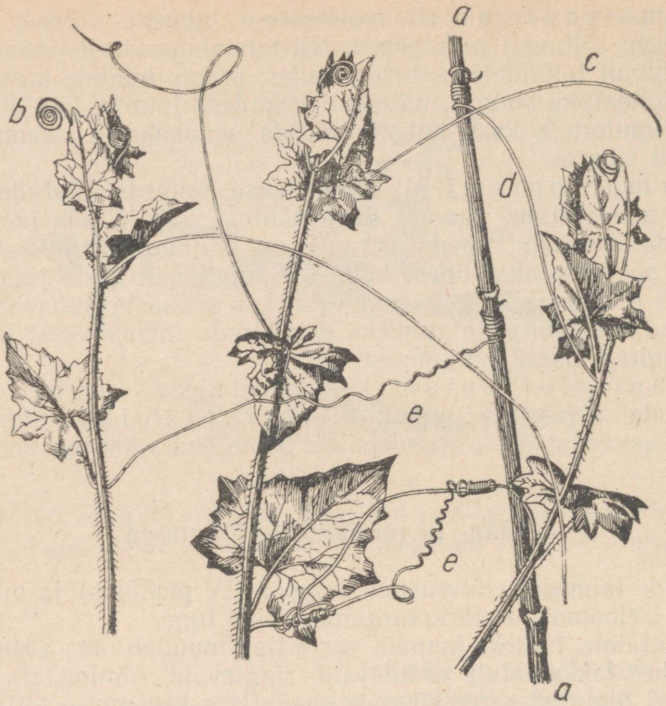
Ringlevad, nutatsioonilised liigutused on omased üldse kõikidele taimedele, kuid enamikule neist niivõrd nõrgal kujul, et neid on täpsete riistadeta äärmiselt raske märgata; vääntaimedel on nad aga saavutanud oma maksimaalse arengu.

Kohanud mingisugust tuge, keerdub vääntaime vars selle ümber, jätkates oma nutatsioonilisi liigutusi. Algul ei hoidu põimunud vars tihedalt toe ligi, kuid seejärel tõmbub spiraal negatiivse geotropismi ja varre kasvamise tõttu mao moodi pingule. Märkisime, et ühed varred väänduvad päri päikest (humal), teised aga vastu päikest (aeduba, tapud, võrmid).

Ronitaimede hulka kuuluvad paljud kõrvitsalised, liblikõielised, viinapuu jt. Nende õrnad köitraod satuvad ringlevate liigutuste tõttu tugedele ja siis, reageerides ärritusele, kõverduvad järsult. Tekkinud kõverduse abil nad hakkavad kinni toest ja keerduvad vedrukujuliselt. Lõpuks kinnitub taim elastselt toe külge, ja ta ei rebene selle küljest lahti ka kõige tugevamate tuulepuhangute korral (joonis 315). Köitraagude tundlikkus on üsna suur ja paljudel juhtudel ületab ta loomade tundlikkuse. On huvitav, et veetilkade vastu on köitraod täiesti tundetud, tühise karvakese puudutuse korral aga võivad nad anda kõverduse.

Ajutised puudutused kõva esemega tekitavad ainult köitrao ajutist kõverdumist, mis hiljem sirgub.

Ärrituste vastuvõtmine mõnedel köitraagudel toimub eriliste



Joonis 315. Hariliku koeranaeri *(Bryonia alba)* köitraod mitmesugustes toe külge kinnitumise faasides:

a-a — tugi, *b* — noor, veel sirgumata köitraag, *c* — sirguv köitraag, *d* — köitraag on haaranud kinni toest, *e* — köitraag on moodustanud spiraali (vedrukese).

seadiste abil, milleks on näiteks poorid plasmarikaste ja vahel ka oblikhapu kaltsiumi kristallidega varustatud rakkude välisseintes. Need seadised asetsevad ainult köitrao kõhtmisel küljel, mis on suure tundlikkusega, kuna köitrao selgmisel küljel nad puuduvad.

Aeglustatud kinoülesvõtted näitavad ronitaimede nutatsiooniliste liigutuste huvitavat iseärasust: köitrao kokkupuutumise momendil toega lakkab varre ladva liikumine täielikult kuni köitrao kinnitumiseni toe külge.

Kasvuliigutuste hulka kuuluvad ka taimede liigutused, mida nimetatakse «õite uinakuks». See nähtus ei ole identne loomade uinumisega; see on ainult piltlik nimetus, mil pole midagi ühist psüühilise tegevusega.

«Õite uinak» ja «lehtede uinak»

«Õite uinakut», s. o. õie kattelehtede sulgumist sellele järgneva avanemisega põhjustab temperatuuri muutumine (tulbid, krookused) või valguse intensiivsuse vaheldumine (võilill, tubakas, vesiroos, palu-karukell, kõrvits jt.).

Paljude taimede õied sulguvad ööseks, kuid vastupidi — ööliblikate poolt tolmeldatavad õied (tubakas, okasõun) on päeval suletud, avanevad aga ööseks.

Niisugused öised õied on valge värvuse ja tugeva lõhnaga. «Lehtede uinak» on seotud lehtede liigestes asetsevate rakkude turgori muutumisega. Lehtede seda laadi liigutusi on eriti arenenud liblikõielistel taimedel ja nende lähemaks põhjuseks osutub kõikuva temperatuuri ja valguse muutuva intensiivsuse üheaegne mõjutus.



Joonis 316. «Häbelik» mimoos *(Mimosa pudica)*.
A — taim rahulikus olekus; B — sama taim ärritusseisus, pärast nõrka raputamist.

Turgorliigutused on suurima arengu saavutanud mimoosil *(Mimosa pudica)*, mis on käesoleva ajani taimede liigutuste eredamaks näiteks (joonis 316).

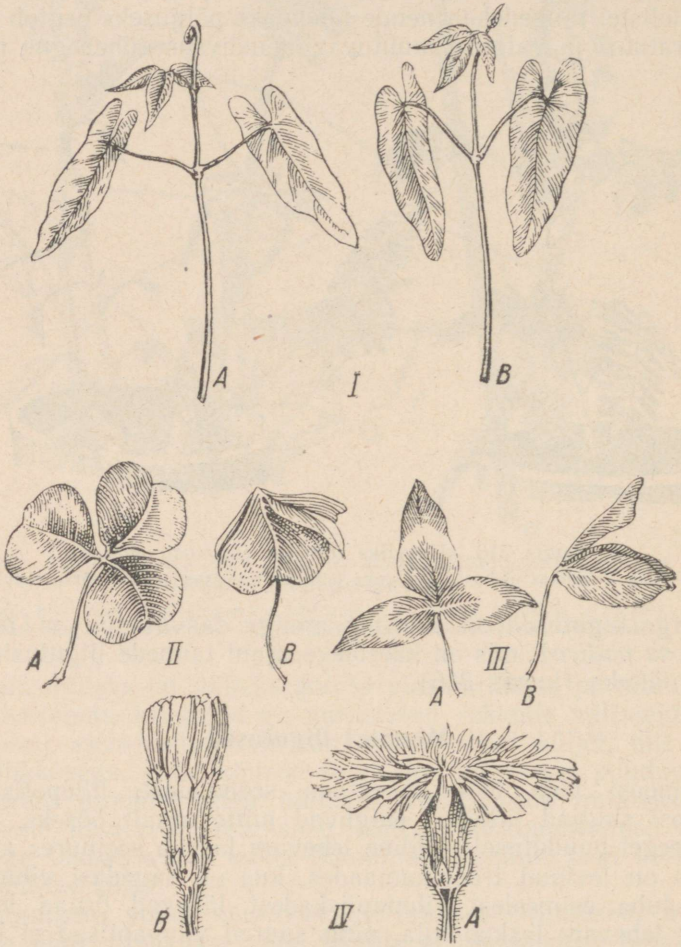
Mimoosi liigutused

Mimoosi võib üles kasvatada seemnetest, lillepotis aknal. Mimoosi sulgjad liitlehed sulguvad mitte ainult ööseks, vaid ka igal kergel puudutusel. Üldine lehevars laskub seejuures alla. See põõsas on levinud troopikamaades, kus on sagedasi vihmavalanguid. Juba esimestest vihmapiiskadest lähevad õrnad lehekesed kokku, lehevars laskub alla, ning suured vihmapiisad ei kahjusta taime, vaid veerevad vabalt maha. Peale selle on võimalik, et mimoos peletab sel viisil eemale putukaid, kes võiksid kahjustada tema õrnu lehti. Mimoosi lehed lähevad ka ööseks kokku ja laskuvad longu.

Eriti tundlikkudeks kohtadeks on mimoosil liigeste alumine külg ja lehekeste tipud.

Ärrituse tõttu sulgunud lehekesed sirguvad mõne aja pärast uuesti. Kui ärritada ühe liitlehe tipmist lehekest, põletades teda pealt tuleklaasiga, siis võime märgata, kuidas ärritus kandub edasi

mööda taime: algul läheb kokku esimene lehekeste paar, siis teine, kolmas jne. ning lõpuks laskub lehevars alla. Kui ärritus on tugev, siis kandub ta üle ka teistele lehtedele, mille lehekesed hakkavad järjestikku kokku kääduma, alates lehealusest. Mimoosi tundlikkus on sõltuvuses välistingimustest (temperatuurist, niiskusest jt.).



Joonis 317. Lehtede ja õisikute päevane (A) ja öine (B) seis:
I — aedoa noored taimed; II — jänesekapsas; III — ristik; IV — kare seanupp.

Tundlikkust võib mõneks ajaks kõrvaldada kui mõjutada mimoosi lühikest aega eetri või kloroformi aurudega.

Ärrituse edasiandmise kiirus ulatub mimoosil kuni 10 sm sekundis. See ärrituse edasiandmise kiirus, ehkki on suur võrreldes teiste taimedega, on väike võrreldes ärrituse edasiandmise kiirusega loomadel (näiteks konnal kuni 28 m sekundis).

Mimoosi lehtede ärritus kandub edasi liigesesse, millel on mimoosil lühikese padjakese kuju. Lehevarte laskumine tekib seetõttu, et ärrituse korral läheb osa vett rakuvakuoolidest rakuvaheruumidesse. Selle tagajärjel väheneb turgoorne rõhumine ja toimub liigese alumise poole märgatav lühenemine, mille tulemusena toimub lehevarte laskumine. Ärrituse edasiandmisteede küsimus kogu taimes on seni veel selgitamata. On oletus, et teatavat osa selles edasiandmises etendavad plasmodesmid (vt. lk. 43).

Taimede liigutusi, mis on põhjustatud kindlat suunda mitte omavate ärritajate, näiteks koidu ja hämariku, temperatuuri muutuste või lõpuks üldise raputamise poolt, nimetatakse taimefüsioloogias nastilisteks liigutusteks. Nende hulka kuuluvad «taimede uinak», mimoosi liigutused ja teised liigutused (joonis 317).

Eriliselt on liikumine arenenud alamatel taimedel, kus sellel on sagedasti nii kogu taime kui ka selle osade — zoospooride ja gameetide vabade ümberpaigutuste kuju.

Peale nende esineb veel niinimetatud hügroskoopilisi liigutusi, mis on omased taimede surnud osadele, näiteks kuivviljadele; nad tekivad õhuniiskuse muutumise tagajärjel. Sellistest lõhenevatest, iseavanevatest ja ise pinnasesse tungivatest viljadest kõnelesime juba viljade käsitlemisel.

XVIII PEATÜKK

TAIMEDE STADIAALSE ARENEMISE TEOORIA

1. ARENEMISE STAADIUMID

Taimede elutsükkel seisab selles, et nad läbivad järjestikku rea staadiume ehk järke, mis erinevad üksteisest mitte ainult selle poolest, et selle aja vältel toimub taime massi koguslik ehk kvantitatiivne suurenemine, vaid ka sügavate kvalitatiivsete erinevuste tekkimise poolest. Taimede stadiaalse arenemise teooria ja taimede jaroviseerimise praktilised võtted on välja töötanud akadeemik T. D. Lõssenko. Eelneva peatüki algul märkisime, et taimede kasvamine ja arenemine ei ole samased nähtused. Hästiharitud põllul kasvav nisu erineb märksa sellest, mis kasvab tihenenud ja harimata mullal külvi ajal juhuslikult sinna sattunud teradest. Kui esimene ulatub 200 sm pikkuseni ja sisaldab peas 60—80 tera, siis teine ulatub vaevalt 10—15 sm pikkuseni ja ta peas valmib 1—2 kõlujat tera. Et ühtede ja teiste taimede elu kestus võib olla sama, siis võime pikkade taimede kohta öelda, et nad kasvasid hästi ja arenesid hästi, lühikeste taimede kohta aga, et nad arenesid samaaegselt pikkadega, kuid kasvasid halvasti ja seepärast andsid väikese saagi.

Nüüd kujutleme endile talirukist ja talinisu, mis on külvatud kevadel viljakasse mulda. Taimed tärkavad hästi, võrsuvad, nende

mass suureneb suve jooksul tugevasti, kuid kõrsumise, loomise ja valmimise faasid ei saabu. Nende taimede kohta võime öelda, et nad kasvasid hästi, kuid jäid seisma oma arenemises.

Suviteraviljade külv kevadel soodsate tingimuste korral erineb taliviljade kevadisest külvist seepoolest, et võrsumisele järgneb neil kõrsumise, loomise, õitsemise ja valmimise faas. Nende taimede kohta võime öelda, et nad kasvasid hästi ja arenesid hästi.

Taliviljad erinevad suviviljadest oma arenemises ainult seepoolest, et esimesed nõuavad üleminekul võrsumisest kõrsumisele madalamat temperatuuri ja selle kestvamat mõju, ehkki, nagu hiljem näeme, madalate temperatuuride lühiaegne toime idanevatele seemnetele võib kiirendada suviviljade arenemist.

Ülaltoodud näidete põhjal võime aru saada, et taimede kasvamisena mõistetakse ühes või teises arenemise staadiumis oleva taime kaalu ja mahu suurenemist. «Seemnetaime arenemisjärkude all ei tule mõista mingite taime organite ja osade moodustumist (arenemist), vaid kvalitatiivseid murdemomente ning etappe, mis iseloomustavad esijoones areneva taime poolt välistingimustele esitatavate vajaduste muutumisega ja olenevad nendest.

Vajadused (incl. assimilatsioon) teatavate tingimuste suhtes ja samuti nende vajaduste vahetus taime individuaalse elu protsessis sõltuvad igal üksikjuhul eraldi analüüsitava antud seemneidu kogu eelnevast perekonnast, liigi ja sordi ajaloost»[1] (joonis 318).

Oma arenemises teeb taim läbi mitu staadiumi. Katsete põhjal tegi T. D. Lõssenko kindlaks järgmised taimede arenemise staadiumid (etapid), mis kvalitatiivselt on täiesti erinevad. Ühte staadiumi nimetab ta *jaroviseerumise staadiumiks*, mis läbitakse taime poolt kas ajal, millal taimed on võrsumise olekus, või ka sel ajal, millal seemne idu hakkab kasvama. Selle staadiumi läbimiseks on vajalik niiskuse, temperatuuri ja õhu juurdepääs kindlas vahekorras. Taimede kasvamine võib toimuda ka tingimuste vajaliku vahekorra puudumisel, kuid arenemist, millest on tingitud viljumine, ei toimu. Ainult pärast jaroviseerumise staadiumi läbimist võib saabuda taimede arenemise järgmine etapp, mida akad. Lõssenko nimetab *arenemise valgusestaadiumiks*.

Selles arenemise staadiumis põhjustab (samuti kui jaroviseerumise staadiumis) päevavalguse kestus kooskõlas teiste tingimustega rakkude kvalitatiivseid muutusi kasvukuhikuis, mis antakse edasi taime uuesti moodustunud rakkudele. Viljumine saabub ainult taime poolt arenemisjärkude järjestikulisel läbimisel.

T. D. Lõssenko tegi oma katsetega kindlaks, et «jaroviseerumise staadiumile vahetult järgnev valgusjärk kulgeb kõrrelistel teraviljadel kõige paremini pidevas valgustuses või vähemalt pikal päeval koos teiste teguritega (temperatuuriga, niisukusega, õhuga)».

Taimede kasvamise ja arenemise kiirusele mõjuvad nii taimede sisemised erisused kui ka välistegurid: niiskus, valgus, soojus, õhk

[1] Akad. T. D. Lõssenko, Agrobioloogia, Tartu, 1949, lk. 73.

ja toitained (mineraalsoolad). Kõik kasvamise tegurid on taimele arenemise staadiumide läbimiseks vajalikud tingimata kindlas omavahelises kooskõlas ja on üksteisega asendamatud. Nii on jarovi-



Joonis 318. Puuvillapõõsas. Taimed on kasvatatud erinevais tingimustes. Parempoolse nõu taimed kasvasid aeglaselt, kuid arenesid kiiresti, moodustades õisi ja kupraid. Keskmise nõu taimed kasvasid ja arenesid kiiresti, moodustades õisi ja kupraid. Vasakpoolse nõu taimed kasvasid kiiresti, kuid arenesid aeglaselt; nad ei suutnud moodustada õienuppe ega õisi (T. D. Lõssenko järgi).

seerumise staadiumi läbimiseks igale liigile ja igale sordile nõutav niiskuse, soojuse ja õhu juurdepääsu kindel vahekord; viljumist ja seemnete valmimist põhjustavate järgmiste arenemise staadiumide läbimiseks on samuti nõutav vajalikkude tingimuste kompleks, milles ööpäevase valgustuse kestusel on otsustav osa.

Tundma õppides taime ja keskkonna vastastikust mõjutust ja muutes välistingimuste vahekorda, võib mõjutada kasvuaja pikkust ja kiirendada või aeglustada üksikute arenemise staadiumide läbimist taime poolt. Akadeemik T. D. Lõssenko leiutas arenemise kestuse muutmise viisid ja uuris läbi välistingimuste kompleksi mõju paljudele taimede liikidele ja sortidele. Tema tõestas, et *«olemasolevad nisu- ja ka rukki- ning odrasordid ei ole teravalt eraldatud kaheks rühmaks: tali- ja suvisortideks. Nad on seotud ülemineku reaga enam talvistest vähem talvistele, s. o. suvisortidele. Talivormid, olles esindatud vastavalt valitud sortide reaga, lähevad*

järk-järgult üle suvivormideks ja ka vastupidi, suvivormid talivormideks».

Kuid teatud rajooni konkreetsetes tingimustes on vajalik ja otstarbekohane taimesortide jaotus suvi- ja talisortideks, sest põllumajanduse praktikud peavad täpselt teadma, kas mingi sort tuleb külvata sügisel või kevadel.

Lähtudes seisukohast, et *«jaroviseerumise järgu, mille läbimiseta kõrrelised ei suuda üle minna viljumisele, võivad taimed läbida mitte ainult põllul, roheliste taimedena, vaid ka seemnetena, millede idud on kasvamist vaevalt alustanud»,* leiutas akad. Lõssenko külvise mõjutamise viisid, millede abil sai võimalikuks põllumajanduslike kultuuride kasvamise ja arenemise suunamine.

2. TAIMEDE JAROVISEERIMINE

Madal talvine temperatuur, milles arenevad talivilja orased, on soodsaks teguriks taliviljadele nende edasiseks arenemiseks, mis lõpeb viljumisega. Ajutine madal temperatuur idanemise perioodil mõjub soodsalt ka suviviljadele, sest nende arenemine kiireneb ja viljumine toimub varemini. Käsitledes taimede arenemisjärkude küsimust, me näitasime, et väliskeskkonna tingimused mõjutavad taimede kasvamist ja arenemist: taimed võivad kiiresti kasvada ja aeglaselt areneda, s. o. üle minna ühest arenemise staadiumist teise; taimed võivad aeglaselt kasvada ja kiiresti areneda, s. o. kiiresti valmida, ja lõpuks — kiiresti kasvada ja areneda.

Väliskeskkonna tingimused, mis on vajalikud taimede kasvamiseks ja arenemise staadiumide läbimiseks, ei ole alati ühesugused. Nende tingimuste täpne tundmine võimaldab eriliste võtete abil taime kasvamist pidurdades või kiirendades sundida taime arenema meile vajaliku kiirusega.

Kevadel külvatud talivilju (nisu, rukist, õlikaalikat, vikki jt.) võib sundida viljuma ainult sel juhul, kui madalate temperatuuride asemel, millele alluvad taliviljad talvel, hoitakse madalas temperatuuris vaevalt idanema hakanud seemneid. *Paisunud ja vaevalt idanema hakanud seemnete külvieelset mõjutamist madala temperatuuriga nimetatakse jaroviseerimisvõtteks, kuna seejuures taliviljad nagu muunduvad suviviljadeks.* Eespool märkisime, et jaroviseerimisena mõistetakse taime poolt kindla arenemise staadiumi läbimist, ilma milleta ei saa taim üle minna teistesse arenemisjärkudesse, mis viivad ta viljumiseni. Jaroviseerimise staadiumi läbimiseks on taimele vajalik vastava temperatuuri mõjutus kooskõlas teatava niiskuse ja õhu juurdepääsuga teatava aja vältel. Talinisu jaroviseerimise algul tuleb külvist ühtlaselt niisutada (37 kaaluosa vett 100 kaaluosa külvise kohta). Temperatuuril 5—10° hakkavad terad idanema umbes 2—3 päeva pärast. Kui umbes 5 protsendil teradel hakkavad idud vaevalt nähtavale tulema, allutatakse terad madalamale temperatuurile: +2°-st kuni 0°-ni ja

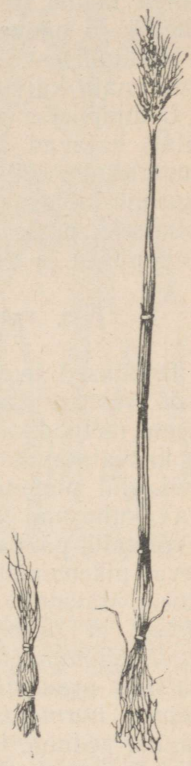
hoitakse selles temperatuuris 35—50 päeva, sõltuvalt sordist. Paisunud seemnete nii pikaajaline madalas temperatuuris hoidmine põhjustab kvalitatiivseid stadiaalseid muutusi seemne idu algmeristeemi rakkudes; need muutused põhjustavad rakkude ja kudede tekkimist, millest hiljem arenevad vars, viljapea, õied ja vili.

Stadiaalsed muutused antakse edasi emarakkude poolt tütarrakkudele, kuid ei kandu üle varem tekkinud rakkudele.

Kui jaroviseerimine kulges kõikide juhiste kohaselt, mis on välja töötatud katsete alusel, siis läbivad taliviljad jaroviseeritud külvise varase külvi korral ka järgmised arenemisjärgud ja, arenedes kui suviviljad, annavad saagi suve lõpul (joonis 319).

Varsti pärast taliviljade jaroviseerimise avastamist tõestati, et «jaroviseerida» võib *mitte ainult tali-, vaid ka suviteravilju* ja samuti maisi, päevalille, puuvillapõõsast, kenaffi, sojauba, hirssi, lupiini, kartulit ja teisi taimi. Suure tähtsusega on lupiini seemnete, kartuli mugulate ja suvinisu jaroviseerimine. Praktikas teostatakse eriti laialt suvinisu sortide jaroviseerimist.

Jaroviseeritud seemnete kasutamine külviks kiirendab taimede arenemist. On iseendast mõistetav, et mitte ainult iga taimeliigi, vaid ka iga omavahel sarnaste sortide rühma jaroviseerimise meetodid on erinevad. Nii näiteks võetakse hiliste kõva-suvinisu sortide kuivade seemnete 100 kaaluosa kohta 33 kaaluosa vett. Jaroviseerimise ajal peab temperatuur seemnekihi keskel olema vähemalt 2—3° ja ülimalt 5°. Jaroviseerimise aeg on 10—15 päeva. Varajasi sorte niisutatakse väiksemal määral (100 kaaluosa terade kohta 31 osa vett). Külvise temperatuur jaroviseerimise ajal peab olema mitte kõrgem kui 8—10° ja mitte madalam kui 5°. Jaroviseerimine toimub 3—6 päeva enne külvi.



Joonis 319. Talinisu sort «Ukrainka» kevadkülvi taimed: vasakul — jaroviseerimata külvisest, paremal — jaroviseeritud külvisest. Esimesed taimed ei saanud läbida jaroviseerumise staadiumi ning ei ole pead loonud. (T. D. Lõssenko järgi.)

Jaroviseerimine on üks põhilisemaid agrotehnilisi võtteid, mille laiaulatusliku rakendamise eesmärgiks on põllumajanduskultuuride saagikuse tõstmine. Jaroviseerimine kiirendab mitmesuguste kultuuride valmimist ja soodustab uute kultuuride kasutuselevõtmist ning nende nihutamist põhja poole. Jaroviseerimisel on eriti suur

tähtsus põua vastu võitlemise vahendina. NSV Liidu lõuna- ja kagurajoonides kannatavad suviteraviljad tihti kuivade kõrvetavate tuulte, suhhoveide all, mis on eriti kahjulikud teraviljade õitsemise ja piimküpsuse perioodil. Külvid hukkuvad mõne päeva kestel või alaneb nende tera väärtus. Nisukülvide kiirendatud arenemine, vahel 3—5 päeva võrra, aitab neil pääseda suhhoveidest ja seega ka hukkumisest. Jaroviseeritud teraviljade saagid suurenevad jaroviseerimata külvidega võrreldes 1—2,5 ts võrra hektarilt.

Lõunapoolse päritoluga taimed (puuvillapõõsas, sojauba, hirss, mais) vajavad jaroviseerimise staadiumi läbimiseks kõrgemaid temperatuure (20—30°) kui tavalisteks kasvamisprotsessideks. Kuid, nagu me juba mainisime, vajavad taimed jaroviseerimise staadiumi läbimiseks peale vastava temperatuuri veel õhuhapniku küllaldast juurdepääsu ja vastavat niisutamist.

3. TAIMEDE ARENEMISE VALGUSESTAADIUM

Teadlased teostavad palju katseid selleks, et selgitada *päeva ja öö kestuse vahekorra mõju mitmesugustele taimedele.* Nende katsete metoodika seisab selles, et vagonetid koos kastides ja nõudes kasvatatavate katsealuste taimedega lükatakse iga päev määratud ajal pimedaisse majakestesse (või kaetakse tumedate katetega), kuhu nad jäävad määratud ajani järgmisel päeval. Sel viisil on võimalik päeva kunstlikult kindla tundide arvu võrra lühendada. Päeva pikenemist, vastupidiselt, saavutatakse katse all olevate taimede täiendava valgustamise teel tugevate elektrilampidega. *Osutub, et taimed reageerivad päeva lühendamisele erinevalt ja nimelt: lõunamaised (eriti troopikalised) taimed nõuavad oma normaalseks arenemiseks lühikest päeva; paraja kliima taimed aga nõuavad normaalseks arenemiseks pikemat päeva.* Nii õitsevad sojauba, aeduba, hirss, sorgo, riis, mais, tubakas, puuvill, päevalill ja krüsanteem seda varem, mida lühem on päev ja mida pikem öö. Neid taimi, mis on troopikalise päritoluga, nimetatakse l ü h i p ä e v a t a i m e d e k s. Päeva pikenemisel kasvatavad sellised taimed lehtede ja varte suurt vegetatiivset massi, kuid õitsevad vähe või ei õitse üldse (joonis 320). Kultiveerimisel põhjamail, kus suvine päev on pikk, annavad lühipäevataimed suurt haljasmassi, kuid hilinevad õitsemisega ega jõua valmida. Paljud lõunamaataimed (mais, päevalill) on põhjapoolseis rajoonides tähtsad silokultuuridena.

Niisugused taimed, nagu nisu, kaer, oder, magun, redis jt., kuuluvad p i k a p ä e v a t a i m e d e hulka. Suurendades päeva kestust täiendava elektrivalgustuse abil, võib kiirendada nende õitsemist ja valmimist ning vastupidi — päeva lühendamisel vagonettide pimedaisse majakestesse paigutamise teel võib saavutada suurt vegetatiivse massi arenemist, kuid õitsemine ja valmimine hilinevad.

Taimede valgustamise kestus etendab tähtsat osa maa-aluste organite — mugulate, sibulate ja juurikate — moodustamisel.

Lühike päev soodustab sibula roheliste lehtede arenemist, kuna pika päevaga arenevad paremini sibulad.

Ülalpool osutasime sellele, et normaalseks arenemiseks peavad taimed läbima valgusestaadiumi. Niinimetatud lühipäevataimed (hirss, aeduba, sojauba jt.) läbivad arenemise valgusestaadiumi pimedas, mistõttu neile on vajalik valguse ja pimeduse perioodiline vahetus. Neile taimedele on valgus vajalik ainult toitumiseks, s. o. süsiniku assimileerimiseks. Pikapäevataimedele (nisule, kaerale, odrale jt.) on valgus vajalik mitte ainult assimileerimiseks, vaid ka valgusestaadiumi läbimiseks, milleta ei saa saabuda viljumine. Sellega seletubki, miks esimesed (lühipäeva-) taimed ei saa läbida arenemise valgusestaadiumi pideva valgustamise puhul, kuna teised (pikapäeva-) taimed sama tingimuse korral läbivad selle staadiumi kiiremini ja kiirendavad viljumise protsessi.



Joonis 320. Mais. 1931. aasta külv Odessas. Taimed ei suutnud läbida valgusestaadiumi (Odessa päev on nende jaoks pikk). Nad kasvasid kuni 3 m kõrguseks, kuid neil puudusid viljumisorganite sugemed. Selle maisi sort on troopikalise päritoluga. (T. D. Lõssenko järgi.)

Niisugused teraviljad, nagu nisu, kaer ja oder, läbivad arenemise valgusestaadiumi ainult võrsumise ajal, millal areneb peaalge ja millal luuakse õie organid. Seepärast, vastandina jaroviseerumise staadiumile, ei saa nende taimede juures esile kutsuda valgusestaadiumi läbimist sel ajal, millal taimed asuvad veel idanevate seemnete faasis.

Taimede päevase valgustamise kestust on võimalik muuta taimede istikute kasvatamise perioodil. Need võtted kuuluvad köögiviljanduse praktikasse.

Stadiaalse arenemise teooria põhineb taimede päriliku loomuse suunava muutmise alusel. Kõigi muutumiste põhjuseks on taimede toitumise tüübi, assimilatsiooni ja ainevahetuse tüübi muutumine. Käesoleval ajal on välja töötatud meetodid taliviljade muutmiseks suviviljadeks. Nii sunnitakse näiteks talinisu esimese 40—45 päeva jooksul arenema madalas temperatuuris (+1°, +3°), hiljem aga asetatakse ta kõrgemasse temperatuuri (+10°, +15°). Esmalt kulgeb jaroviseerimisprotsess talivilja sordile normaalsetes tingimustes, hiljem aga aeglustub ja lakkab temale mittenormaalsete

tingimuste tõttu. Talivilja taime pärilikkus muutub ja taimel tekib kalduvus jaroviseerumise staadiumi läbimiseks kõrgendatud temperatuuris. Tekib ebapüsiva pärilikkusega järelpõlv. Kolme-nelja sugupõlve vältel saadakse sel teel talivormist püsiv suvivorm.

Suviteraviljade jaroviseerimine kulgeb normaalselt kevadistel temperatuuridel. Kui neid aga jaroviseerida madalamas temperatuuris, siis kahe-kolme sugupõlve järel muutuvad nad taliviljadeks: neil ilmneb tarve jaroviseerumise staadiumi läbimiseks madalamatel temperatuuridel. See võte on leidnud juba praktilist rakendamist pehmete suvinisude *(vulgare)* muutmisel talivormideks. Isegi kõvanisu *(durum)*, mida alati on kultiveeritud suvinisuna, on õnnestunud käesoleval ajal muuta talinisuks. T. D. Lõssenko ütles selle kohta oma ettekandes «Olukorrast bioloogiateaduses» järgmist: «Kui aga asuti kõvanisu ümberkujundamisele, ümberkasvatamisele talinisuks, siis selgus, et pärast kahte-kolme-nelja sügiskülvi (mis on vajalik suvivilja muutmiseks taliviljaks) *durum* muutus *vulgare*'ks, s. o. üks liik muutus teiseks. *Durum*-vorm, s. o. kõva 28-kromosoomiline nisu, muutub mitmesugusteks pehme 42-kromosoomilise nisu teisenditeks; üleminekuvorme liikide *durum* ja *vulgare* vahel me seejuures ei leia. *Ühe liigi muutumine teiseks toimub hüppeliselt.*»[1]

Nisu talvekindlate talivormide saamine on väga suure tähtsusega nende nihutamisel karmidesse Siberi tingimustesse.

Taimede stadiaalse arenemise teooria alusel on loodud palju võtteid, mis tõstavad taimede saake ja parandavad nende kvaliteeti, näiteks kartuli jaroviseerimine, puuvillapõõsa pintseerimine, mis tõstab saaki ja soodustab selle kultuuri nihutamist uutesse rajoonidesse, jt. Selle teooria alusel on saadud värvilise kiuga puuvilla sorte, kõrgesaagilise nisu sorte ja palju teisi mitmesuguste taimede kasulikke sorte.

LÕPPSÕNA

Botaanika on juba ammust ajast arvatud teaduste hulka, mis kannavad üldist nimetust *scientia amabilis*, s. o. armastusväärne, kallis, meelepärane teadus. Nüüd me võime öelda, et see teadus on ühtlasi ka kasulik teadus.

Botaanika õppimisel tutvusime me taimede elu mitmete külgedega, taimefüsioloogia küsimustega, paljude liikide, perekondade ja sugukondadega.

Me peame alati meeles pidama, et taim on elav organism, mis on alalises sõltuvuses teda ümbritsevast keskkonnast, et taim ehitab end ümbritsevast keskkonnast võetud ainetest, et taimed ja loomad on tekkinud loomulikul teel ühistest kaugetest esivanematest ja moodustavad ühtse elava looduse.

---

[1] Akad. T. D. Lõssenko, Agrobioloogia, Tartu, 1949, lk. 726.

Taimede ja loomade maailm on lõpmata mitmekesine ja organismid on isekeskis väga keerukates suhetes.

Organismide eluprotsessidesse segab end inimene, kes püüab alistada endale loodust. Me õppisime tundma botaanikat. Nüüd on kohane küsida, millise tähtsusega on need teadmised agronoomi edasises haridusekäigus ja tema tulevases tegevuses?

Teadmised taimedest, taimefüsioloogiast on tarvilikud kõigepealt mitmesuguste küsimuste uurimisel põllunduses, mullateaduses, geneetikas, selektsioonis ja seemnekasvatuses, põllu-, köögivilja-, sööda-, rohumaa- ja umbrohutaimede, samuti ka nende taimede uurimisel, mida kasutatakse metsaistutustel.

Kesk- ja kõrgema haridusega agronoomid on sidunud oma elu jäädavalt taimedega ja peavad seepärast hästi tundma botaanikat, sest need teadmised on vajalikud neile nende praktilises agronoomilises tegevuses.

Meie riigis õpib iga kolhoosnik taimede elu küsimusi, sest need on seoses põllumajandusliku tootmisega, millest ta kõige vahetumalt osa võtab. Ja kõigepealt varustab teda nende teadmistega just agronoom ning seepärast peavad agronoomid ise omama küllaldasel määral neid teadmisi taimede elust.

Botaanilistel teadmistel on meil praegu mitte ainult üldhariduslik tähtsus, nad ei ole ainult vaimse silmaringi laiendamiseks, vaid neil on ka suur praktiline ja spetsiaalne — agronoomiline tähtsus.

Juba K. A. Timirjazev näitas, et niipea kui lausutakse «sõna *viljasaak,* hakkab naturalist tundma mulda jalgade all, sest tema ülesanne selles seisabki, et määrata saagi tingimusi, ikalduse põhjusi ning vahendeid selle pahe tõrjeks»[1].

Milles seisab siis botaaniliste teadmiste seos põllumajandusliku tootmisega?

Oskus saada maa teatavalt pindalalt maksimaalset saaki põhjeneb taimede elu seaduste tundmisel, mida käsitletakse füsioloogias.

Me ei saa veel öelda, et botaanika ja taimefüsioloogia annavad meile täiesti lõplikke teadmisi. Edasise arenemise käigus täpsustatakse, täiustatakse neid teadmisi ja antakse vajalikke vastuseid sotsialistliku põllumajanduse küsimustele. *Teada seda kasulikku, mis on saavutatud teaduse poolt, on vajalik selleks, et saada maksimaalseid saake sovhooside ja kolhooside põldudelt.*

Tuletame lühidalt meelde neid peamisi küsimusi, mida oleme tundma õppinud.

Taimede organid ja kogu organism tervikuna on ehitatud rakkudest ja kudedest. Rakkudes, mis sisaldavad endas elavat ainet — protoplasmat, tuuma ja plastiide, luuakse mitmekesised orgaanilised ained — tulevase saagi alus. Paljunenud rakkudest arenevad koed, mis täidavad taimes mitmesuguseid funktsioone. Taime

[1] К. А. Тимирязев Земледелие и физиология растений, М., 1948, стр. 44—45.

organite tundmaõppimine näitab, et hargnenud juured puutuvad kõige tihedamalt kokku mullaga ja ammutavad sealt vett ning tarvilikke mineraalaineid. Me saime teada, et juured ja muld on omavahel tihedas sõltuvuses: mullast, tema soolade koostisest, tema struktuurist oleneb juurte ja kogu taime areng; juured mõjutavad omakorda kivimite murenemist, loovad mulla struktuuri, koguvad sinna toitainete varusid. Väetiste kasutamine, mis on üks saagi suurendamise tegureid, on rajatud mineraalse toitmise seaduste tundmisele. Lämmastiku ringkäigu õige mõistmine looduses soodustab nitraatide säilitamist sõnnikus ja mullas.

Liblikõieliste kui lämmastikusidujate tundmaõppimine viib järeldusele nende laialdase kasutuselevõtmise vajadusest külvikordades.

Võsude ja varte tundmaõppimine annab meile ettekujutuse mahlade liikumise põhjustest taimedes, võsude mitmesugustest metamorfoosidest ja valmistab ette eriteadmiste tajumiseks vegetatiivsest paljundamisest, vääristamistest, puuvõra vormimisest ja koore kaitsest vigastuste eest.

Võsude ja lehtede tundmaõppimine kõneleb meile vajadusest luua taimedele laialdast roheliste lehtede pinda, milles valguskiirte abil luuakse tulevane saak. Leht on organ, mis on võimeline kergesti muunduma ja täitma mitmesuguseid elu funktsioone, milledest peamisi on fotosüntees ja transpiratsioon (vee auramine). Nende tingimuste tundmine, mis soodustavad fotosünteesi, abistab agronoomi ja kolhoosnikut võitluses saagi eest. Taimede transpiratsiooni tingimuste tundmine aitab neil pidada võitlust põua kahjuliku mõjuga, luua võitlusvahendite süsteemi niiskuse säilitamiseks, saada püsivaid saake.

Kõik küsimused, mis on ühenduses taimede paljunemisega, on samuti vahetus seoses põllumajandusliku praktikaga. Vegetatiivne paljunemine, mis on laialt levinud looduses ja mida kasutatakse sovhooside ja kolhooside praktikas, on rajatud organismide võimele taastada kaotatud organeid, s. o. regeneratsioonivõimele. Sellel paljunemisel esineb emataime tunnuste kestev ülekanne tütartaimedele. Kuid ümbritseva keskkonna tingimuste muutumisel võib taim koduneda mõnedega neist tingimustest ja omandada uued tunnused, mis antakse edasi järglastele. Taimede vääristamise ja mentori-küsimused on tihedas seoses mitšuurinliku teaduse suurima avastusega võimalustest ja vajadustest üle anda pookealuse omadusi pookoksale ja ka vastupidi, samuti vegetatiivsete hübriidide saamisest. Vegetatiivsete hübriidide olemasolu on eredamaid tõendusi, mis lükkab ümber ebateadusliku kromosoomilise pärilikkuse teooria.

Taimede õitsemine, tolmlemine, viljastamine ja viljumine on vahetult seoses saagi saamisega. Tuleb teada mitmesuguste taimede paljunemise iseärasusi ja ka tingimusi, milledest sõltub selle edu. Ainult omandades kõik need iseärasused, võib aru saada sugulise hübridiseerimise ja pärilikkuse kõigutamise küsimustest sugulises protsessis, samuti ka hübriidsete seemikute suunavast kasva-

tamisest, risttolmlemise kasutamisest saagikuse tõstmisel, tolmuterade segu valiku võime olemasolust tolmlemisel ja paljudest teistest küsimustest, mis on olemuseks, sisuks nõukogude loovas darvinismis kui teaduslikus aluses taimede loomuse ümberkujundamisel. See aitab mõista neid aluseid, mis on vajalikud geneetika, selektsiooni ja taimekasvatuse kursuse edasisel tundmaõppimisel.

Taimede kasvu ja stadiaalse arenemise teooria õppimisel taimefüsioloogias antakse põhjendus nendele rohkearvulistele võtetele taimede mõjutamiseks, mida kasutavad sotsialistliku põllunduse eesrindlased mitmesuguste kultuuride saagikuse tõstmiseks. Neid eesrindliku agronoomiateaduse ja praktika saavutusi käsitletakse üksikasjalikult järgnevates botaanikadistsipliini kursustes, seepärast ei süvenenud me nende detailide vaatlemisse.

Samasuguses tihedas seoses põllumajandusega on ka meie poolt tundma õpitud süstemaatikaküsimused (bakterid, seened, samblad, paljasseemne- ja katteseemnetaimed), samuti ka taimegeograafia elemendid ja Nõukogude Liidu taimevööndid. Isegi vetikad ja samblikud on seoses inimese põllumajandusliku tegevusega, millest oli juttu juba meie kursuses; peale selle tuleb neid taimi, samuti nagu sõnajalgtaimigi, tunda selleks, et mõista taimeriigi arenemist Maakeral.

Nõukogude kord on loonud kõik tingimused teaduse kiireks arenemiseks meie maal ja teinud teaduse kättesaadavaks rahvale. Botaanikas, nagu teisteski teadustes, on vene teadlased etendanud suurt, sageli juhtivat osa. Nõukogude teadlased on täielikult kinnistanud endale selle juhtiva osa. Paljusid neist mainisime me juba mitmes kohas raamatus.

Mitšuurinliku teaduse võit teaduse arenemist takistava veismannistide-morganistide reaktsioonilise õpetuse üle viib õitsele meie põllumajanduse ja loob sellega põllumajandussaaduste külluse, mis on tähtsamaid tingimusi üleminekuks sotsialismilt kommunismile. Me teame nüüd, et taimede kasvatamisega, mõjutades neid väliskeskkonna tingimustega, võime me muuta organismide pärilikkust. Me teame, et tuleb õppida tundma taimorganismi nõudeid nende arenemise staadiumide läbimisel, tuleb rahuldada tema nõudeid vastava hoolitsemisega, ilma milleta ei saa suurt saaki. Me teame, et stadiaalse arenemise teooria aitab lahendada terve rea tegelikke küsimusi, mis on seoses taimedelt suurte saakide saamisega. Mitšuurinlik õpetus on lõplikult tõestanud, et taimed (ja loomad) on võimelised omandama uusi tunnuseid ja omadusi ümbritseva keskkonna mõjutusel ja andma neid edasi pärilikkuse teel. Mitšuurinlik õpetus räägib sellest, et inimene võib tunnetada organismide päriliku loomuse muutumise põhjusi, et ta võib viimaste arenemist juhtida ja luua taimede (ja loomade) uusi vorme. Taimorganismi arenemist uuritakse sõltuvuses ümbritsevast keskkonnast.

Mitšuurinlik agrobioloogiateadus tungib kindlalt sovhooside ja

kolhooside praktikasse. Põllumajanduse eesrindlased — looduse ümberkujundajad — rakendavad oma kogemusi maailmas ennenägematute rekordsaakide saamiseks põllumajandustaimedelt.

Teadlaste suurimad avastused bioloogias lükkavad ümber kodanlikud ebateaduslikud tõendused taimede loomuse mittetunnetatavusest.

OSKUSSÕNADE REGISTER

A

Aastane perioodilisus 509	годичная периодичность
aastarõngas 108	годичный слой, г. кольцо
abileht 122, 140	прилистник
abirakk 162, 165	вспомогательная клетка
aerenhüüm 406	аэренхима
aerenhüümne kude 70	аэренхимная ткань
aeroob 211	аэроб
aerotropism 517	аэротропизм
agar-agar 190, 206	агар-агар
ainete omastamine 3, 61	усвоение веществ
ainete sisenemine 431	поступление веществ
ainurakne 6, 191	одноклеточный
akromatiin 39	акроматина
aktinomorfne 143	актиноморфный
aktinomükoos 227	актиномикоз
alamad seened 229	низшие грибы
alamad taimed 28, 33	низшие растения
albinism 445	альбинизм
albumiin 437	альбумин
aleuroonkiht 54	алейроновый слой
aleuroontera 54, 437	алейроновое зерно
algeos 248	пикнида
algkude 62, 85	образовательная ткань
algoloogia 187	альгология
alkaloid 36, 46, 441	алкалоид
alkannatinktuur 55	тинктура алканны
alkohoolne käärimine 501, 502	спиртовое брожение
alumine sigimik 150	нижняя завязь
alushein 391, 409	низовой злак
amiinhape 36, 438	аминокислота
amitoos 57	амитоз
ammonifitseerija bakter 213, 471	бактерия аммонификации
amööb 43	амёба
amülaas 492	амилаза
amüloid 435	амилоид
anabeniin 207	анабенин
anabioos 258	анабиоз
anaeroob 211	анаэроб
anafaas 58	анафаза
anastomoos 120	анастомоз
andrötseum 26, 138	андроцей
andur 278	киль
anemofiilne 137, 341	анемофильный
aneuriin 440	аневрин
aniliinsulfaat 44	сернокислый анилин
anteridiaalne rakk 276	антеридиальная клетка
anteriidium 196, 258, 262	антеридий
antipoodid 162, 165	антиподы
antokloor 42, 46, 141	антохлор
antotsüaan 41, 46, 141	антоциан
apofüüs 261	апофиза
apokarpne 147	апокарпный
apoteetsium 237, 254	апотеций
areaal 17, 186	ареал
arenemise staadium 510, 522	стадия развития
aretamine 172	выведение
arhegoniaalsed taimed 17, 187	архегониальные растения
arhegoonium 185, 258, 262, 277	архегоний
arhespoor 164	археспорий
arm 172	рубчик
aromaatne alkohol 434	ароматический спирт
askorpiinhape 440	аскорбиновая кислота
askospoor 233	аскоспора
askus 233	аск
aspiraator 499	аспиратор

assimilaadid 479, 491 — ассимиляты
assimilatsioon 26, 61, 446 — ассимиляция
assimilatsiooniprotsess 442 — процесс ассимиляции
assimilatsioonitüüp 186 — тип ассимиляции
assotsiatsioon 409 — ассоциация
astel 97, 286 — колючка
astriktrahhee 68, 83 — лестничная трахея
auksanograaf 506 — ауксанограф
auksanomeeter 506 — ауксанометр, ростомер
auksospoor 202 — ауксоспора
auramisprotsess 482 — процесс испарения
autogaamia 154, 379 — автогамия
autotroofne 184, 210 — автотрофный
avapööris 389 — раскидистая метелка, развесистая м.
avavili 168 — раскрывающийся плод

B

Bakter 184, 208 — бактерия
bakteriofaag 219 — бактериофаг
bakterioos 219 — бактериоз
bakteroid 466 — бактероид
basidiaalne rakk 248 — базидиальная клетка
basidiospoor 239 — базидиоспора
basiidium 239 — базидя
bentos 189, 203 — бентос
betuliin 42 — бетулин
binaarne nomenklatuur 29, 187 — бинарная номенклатура
biureetreaktsioon 439 — биуретовая реакция

D

Darvinism 8 — дарвинизм
dehüdraas 501 — дегидраза
dekstroos 46, 433 — декстроза
denitrifitseerija bakter 214 — денитрифицирующая бактерия
deplasmolüüs 48 — деплазмолиз
diastaas 53, 434, 492 — диастаз
diatomiin 202 — диатомин
difundeerima 433 — диффундировать
difusioon 49, 61 — диффузия
dihaasium 152, 318 — дихазий
dihhogaamia 155, 379 — дихогамия
dihhotoomiline 100, 120, 152 — дихотомический
dikarüon 233 — дикарион
dimorfne 156 — диморфный
diploidne tuum 60 — диплоидное ядро
disahhariid 433 — дисахарид
dissimilatsioon 3, 61 — диссимиляция
druusid 55, 110 — друзы

E

Eba-algkude 227 — ложная образовательная ткань
ebadihhotoomiline 100, 152 — ложнодихотомический
ebakeeljas 361 — ложноязычковый
ebalahus 50 — ложный раствор
ebamari 171, 372 — ложная ягода
ebasarikas 152, 318 — развилина
ebasarikõisik 152 — определенное соцветие
ebateadlik valik 10 — бессознательный отбор
ebavahesein 149, 169 — ложная перегородка
ebavili 167, 322 — ложный плод
edifikaator 410 — эдификатор
eelleht 269 — заросток
eelniit 262 — протонема
eeterlik õli 5, 436 — эфирное масло
efedriin 279 — эфедрин
efemeer 87, 405 — эфемер
efemeroid 88, 405 — эфемероид
eksiin 146, 276 — экзина
eksokarp 171 — экзокарпий
eksosmoos 49 — экзосмос
ekstsentriline kihisus 53 — эксцентрическая слоистость
ektotroofne 477 — эктотрофный
elateer 257, 267 — элатер
elementaarliik 185 — элементарный вид
elusaine 504 — живое вещество
elutegur 404 — фактор жизни
elutsükkel 511 — жизненной цикл
eluvorm 409 — жизненная форма
emakakael 27, 147 — столбик
emakas 26, 143, 147 — пестик
emakasuue 27, 147 — рыльце
emakera 192 — материнский шар
emakkond 26, 141 — гинецей
emarakk 164 — материнская клетка
emas-eelleht 276 — женский заросток
emasgameet 27, 162, 189 — женская гамета
emasmütseel 239 — женский мицелий
emasniit 195 — женская нить
emassugurakk 27, 136 — женская половая клетка

emataim 133, 180	материнское растение
embrüokott 271, 276	зародышевый мешок
embrüoloogia 16	эмбриология
embrüonaalne 504	эмбриональный
emulsioon 436	эмульсия
endodermis 81, 101	эндодермис
endokarp 171	эндокарпий
endosmoos 49	эндосмос
endosperm 166, 171	эндосперм
endoteetsium 163	эндотеций
endotroofne 477	эндотрофный
ennakõidumine 510	цветуха
ensüüm 36, 440, 492	энзима
entomofiilne 137, 341	энтомофильный
eos 133, 232	спора
eoskand 239	базидия
eoskott 233, 261	споровый мешок
eoskogu 243	клубочки спор, спорокучки
eoskupar 259	коробочка
eoslava 237	гимениальный слой
eoslavakandja 240	гименофор
eospea 266	спороносный колосок
eospesa 232	спорангий
eostugi 239	стеригма
epidermis 63, 101, 125,	эпидермис
epiplast 177	эпибласт
epifragma 261	эпифрагма
epifüüt 75, 402	эпифит
epikotüül 77	надсемядольное колено
epiteelrakk 69, 71	эпительная клетка
epivalva 202	эпивальва
ergotiin 237	эрготин
erieoseline taim 266, 270	разноспоровое растение
erikaelne 342	гетеростильный
erikaelsus 156, 293	гетеростилия, разностолбчатость
erikuju 91	видоизменение
erilehisus 123	разнолистность
eripähikuline 401	разноколосный
esifloeem 83	первичная флоэма
esikest 43	первичная оболочка
esikoor 101, 103, 110,	первичная кора
esiksüleem 83	первичная ксилема
esimeristeem 62	первичная меристема
esiniin 82	первичный луб
esipuit 82	первичная древесина
esisäsikiir 105, 110	первичный сердцевинный луч
esiõu 127	передний дворик
etioolumine 406, 443	этиоляция
etsidiospoor 248	эцидиоспора
etsiidium 248	эцидий
eudiomeeter 446, 498	эвдиометр
evolutsioon 7, 69, 136	эволюция
evolutsiooniteooria 8	теория эволюции

F

Fakultatiivsed aeroobid 211	факультативные аэробы
felloderm 63, 110	феллодерма
fellogeen 63, 110	феллоген
fenoloogia 409	фенология
ferment 53, 440, 492	фермент
fermentatiivne protsess 501	ферментативный процесс
fibroosne 145	фиброзный
filtreeruv viirus 220	фильтрующийся вирус
floeem 67, 101, 131	флоэма
floora 17, 403	флора
floroglutsiin 44, 66	флороглюцин
fluorestsents 443	флуоресценция
formatsioon 419	формация
fotosüntees 26, 61, 441, 451	фотосинтез
fotosünteesiprotsess 124, 451	процесс фотосинтеза
fototroopiline kamber 512	фототропическая камера
fototropism 512	фототропизм
fragmobasiidium 242, 244	фрагмобазидий
fruktoos 46, 433, 493	фруктоза
fukoksantiin 203	фукоксантин
fükoerütriin 203	фикоэритрин
fükotsüaan 203	фикоциан
fülloklaad 97	филлокладий
füllood 114, 335	филлодий
fülogeenia 184	филогения
fülogenees 15, 88	филогенез
füsioloogiline kuivus 482	физиологическая сухость
füsioloogiliselt happeline sool 459	физиологически кислая соль
fütopatoloogia 17, 251	фитопатология
fütotsönoos 408	фитоценоз

G

Gaasivahetus 446 газообмен
gall 291, 437 галл
gameet 60, 136, 189, 263 гамета
gametofüüt 263, 270 гаметофит
geel 51 гель
geen 59 ген
geneetika 184 генетика
generatiivne rakk 146, 164 генеративная клетка
geobotaanika 17 геоботаника
geotropism 514 геотропизм
gliadiin 438 глиадин
globoid 54 глобоид
globuliinid 438 глобулины
gluteniin 438 глютенин
glükogeen 207, 210, 434 гликоген
glükoproteiid 438 глюкопротеид
glükoos 46, 433, 492 глюкоза
glükosiid 36, 434 глюкозид
glütseriin 436 глицерин
gummoos 45 гуммоз
gutatsioon 481 гутация
gonidiaalne kiht 254 гонидиальный слой
goniid 254 гонидий
gutt 70 гутта
günetseum 26, 138, 147 гинецей
günofoor 328 гинофор

H

Haavakude 56 каллус
hallitus 226, 474 плесень
hallitusseen 503 плесеневый гриб
halofüüt 49, 420 галофит
hambuline 119, 142 зубчатый
hammasjas 176 зубовидный
hammastunud 386 зазубренный
hapendav ferment 494 окислительный фермент
haploidne tuum 60 гаплоидное ядро
hapnikuvaba 501 бескислородный
harali-oksine 345 растопыренно-ветвистый
hargnemine 100 ветвление
harjake 368 щеточка
harkjas 100 вильчатый
harvsaagjas 119 крупнопильчатый
hašiš 291 гашиш
haustor 261, 472 гаустория
heksoos 433 гексоз
heliotropism 512 гелиотропизм
hematokroom 188 гематокром
hemiin 494 гемин
hemitselluloos 210, 435 гемицеллюлоза
hermafrodiitne 150 гермафродитный
heterofüllia 123 гетерофиллия
heterogaamia 189 гетерогамия
heterostüülia 156, 293, 342 гетеростилия
heterotallism 195 гетероталлизм
heterotalluslik 233 гетероталличный
heterotroofne 184, 210 гетеротрофный
hingamine 497 дыхание
hingamisjuur 74 дыхательный корень
hingamiskoefitsient 497 дыхательный коэфициент
hingamisprotsess 6, 179 процесс дыхания
homogeenne 38 гомогенный
homotalluslik 233 гомоталличный
hormogoon 207 гормогоний
hulkrakne 16 многоклеточный
hulkviljalised 282, 286 многоплодниковые
hõimkond (divisio) 15, 33, 183 тип
hõlmine 116, 142 лопастный
hõredapuhmikuline 84 рыхлокустовый
hästiveniv pihkaine 438 длинная клейковина
hübriid 10, 136 гибрид
hübridiseerimine 135, 383 гибридизация
hüdrofüüt 406 гидрофит
hüdrolüüsima 436 гидролизовать
hüdrolüütiline ferment 404 гидролитический фермент
hüdrotropism 516 гидротропизм
hügrofüüt 405 гигрофит
hügroskoopsusniiskus 482 гигроскопическая влага
hümeniaalne kiht 237 гимениальный слой
hümenofoor 240 гименофор
hüpokotüül 78, 166 подсемядольное колено
hüpovalva 202 гиповальва
hüüf 226, 227 гиф

I

Idand 179, 445 росток, проросток
idanemise energia 494 энергия прорастания
idanemisvõime 170 способность прорастать
idanevus 170, 494 всхожесть
idu 174 зародыш

idujuur 166, 174 корешок зародыша
iduleht 166, 174 семядоля
iduplasma 13 зародышевая плазма
idupung 166, 174 почечка
idusoomus 177 зародышевая чешуйка
iduvars 174 зародышевый стебель
igihaljas 113, 452 вечнозеленый
igikelts 410 вечная мерзлота
imemisjõud 482 сосущая сила
imev rakk 176 всасывающая клетка
imev vööde 78 всасывающая зона
induusium 268 индузиум
infrapunane 445 инфракрасный
infiltratsioonimeetod 128 метод инфильтрации
integument — vt. seemnealgmekate
interkalaarne kasv 86 интеркалярный рост
intramolekulaarne 501 интрамолекулярный
intertsellulaar 477 межклетник
intiin 146, 276 интина
inulaas 493 инулаза
inuliin 46, 435, 495 инулин
inversioon 434 инверсия
invertaas 434, 493 инвертаза
invertsuhkur 434 инвертированный сахар
isasgameet 27, 189 мужская гамета
isasmütseel 239 мужской мицелий
isasniit 195 мужская нить
isassugurakk 27, 147 мужская половая клетка
isetolmlemine 154 самоопыление
isogaamia 189 изогамия

J

Jagune 116, 142 рассеченный
jagunematu leht 116 цельный, простой лист
jagunemine 56, 504 деление
jahusus 383 мучнистость
jaroviseerumise staadium 522 стадия яровизации
jaroviseerimine 522, 524 яровизация
juhtkimp 67, 101 проводящий пучок
juhtkude 100, 101 проводящая ткань
juur 72 корень
juurdekasv 505 прирост
juurduv 90 укореняющийся
juure alge 73 зачаток корня
juurekael 24, 77, 175 корневая шейка
juurekarv 24, 79, 480 корневой волосок
juurekübar 78 корневой чехлик
juuremugul 76 корневой глубень
juurenarmas 24, 75 корневая мочка
juurerõhk 480 корневое давление
juurestik 24, 72 корневая система
juuretupp 178 корневое влагалище
juurevõsu 92, 133 корневая поросль, корневой побег

K

Kaalumeetod 486 весовой метод
kaarhambuline 119 выёмчатый, струговидно-раздельный
kaarroodne 120 дугонервный
kaenlapung 92 пазушная почка
kaenlasisene 334 пазушный
kahehuuleline 143 двугубый
kaheiduleheline 33, 281 двудольный
kahekojaline 151, 262 двудомный
kahekordne õiekate 139 двойной околоцветник
kahehambuline 119 двоякозубчатый
kahelissulgjagune 119 двояко-перисторассеченный
kahelisulgjas 119 двояко-перистосложный, рассеченный
kahepesane 148 двугнездный
kahepoolne leht 130 двусторонний лист
kaherühmane 33, 144 двубратственный
kahesuguline 150 обоеполый
kahesõnaline nomenklatuur 29 бинарная номенклатура
kahetuumaline 39 двухъядерный
kaheõieline 378 двухцветковый
kaksikseemnis 169 двусемянка
kaksik-tiibvili 170 двукрылатка
kalatsa 161 халаза
kalatsogaamia 164 халазогамия
kalgenduma 38, 489 свертываться
kallus 56 каллус
kambium 63, 70, 105 камбий
kambiumikiht 56 камбиальный слой
kambiumirõngas 107, 108 камбиальное кольцо
kanalrakk 259 канальцевая клетка
kandeos 239 базидиоспора
kanneljas 119 лировидный
kannus 143 шпорец

kapilliitsium 223 капиллиция
karjala kask 290 карельская береза
karotiin 41, 440, 443 каротин
karotinoid 210 каротиноид
karpogoon 206, 210 карпогон
karpospoor 206 карпоспора
kartuli-lehemädanik 230 картофельная гниль
karv 129 волосок
karvastunud 88, 395 покрытый волосками
karvatutt 361 хохолок
karüokünees 57, 504 кариокинез
karüokineetiline 199 кариокинетический
karüolümf 39 кариолимфа
karüoplasma 38 кариоплазма
kase mahl 481 пасока березы
kaste 482 роса
kastreeerimine 158 кастрация
kasvamine 6, 504 рост
kasvu kiirus 506 скорость роста
kasvuhulk 78, 85 конус нарастания, точка роста
kasvuliigutused 511 ростовые движения
kasvund 502 вырост
kasvuorgan 28 орган роста
kasvuperiood 137 вегетационный период
kasvupunkt 56, 85, 262 точка роста
kasvuspoor 202 спора роста
kasvutsoon 506 зона роста
kasvuvitamiin 440 витамин роста
katalaas 501 каталаза
katalüsaator 492 катализатор
kate 152, 319, 338 обвертка
katkestunult sulgjagune 119 прерывчато-перисторасеченный
katteke 338 обверточка
kattekude 63, 110 покровная ткань
katteleht 152, 359 прицветник
katteseemnelised 280 покрытосеменные
katteseemnetaimed 280 покрытосеменные растения
kattesoomus 276 кроющая чешуя
kaun 29, 168 боб
kaunalised 33 бобовые
kautšuk 5, 70 каучук
kautšukitaim 70, 101 каучуконос
keeleke 86, 376 язычок
keeljas 143 язычковый
keel-õis 359 язычковый венчик
keeris 152 завиток
kellukjas 143 колокольчатый
kemosüntees 214 хемосинтез
kemosünteesiv 210 хемосинтезирующий
kemotropism 147, 517 хемотропизм
kergitamine 490 выпирание
keskkond 3, 511 среда
kesklamell 58 срединная пластинка
keskne platsenta 149 срединная плацента
keskrood 120 средняя жилка
keksilinder 480 центральный цилиндр
kest 34, 172 оболочка
kestsibul 96 пленчатая луковица
ketasseened 237 дискомицеты
kevadeos 248 эцидиоспора
kevis 248 эцидий
kiirdrakk 62, 78, 262 верхушечная клетка, точка роста
kiirjas 143 актиноморфный
kiiver 284, 402 шлем
kiiverjas 157 шлемовидный
kilbike 176 щиток
kilpjas 118 щитовидный
kimp 108 пучок
kimbukambium 107 пучковый камбий
kimbuvaheline 107 межпучковый
kineetiline energia 452 кинетическая энергия
kinnistamine 430 закрепление
kitiin 227 хитин
kitsalabaline leht 127 лист с узкой пластинкой
kiud 5, 65 волокно
kiudaine 44, 435 клетчатка
kiudsoonte kimp 67, 101, 105, 131 сосудисто-волокнистый пучок
kiutaim 101 прядильное растение
kivisrakk 44, 66, 170, 171 каменистая клетка
kivistis 16 окаменелость
klaasjas 383 стекловидный
klaasisus 383 стекловидность
kladood 97, 374 кладодий
klamüüd 191 хламида
klamüdospoor 244 хламидоспора
klass (classis) 15, 33, 183 класс
klassifikatsioon 183 классификация
kleepjalg 402 прилипалец
kleistogaamne 154, 312 клейстогамный
kleistokarp 235, 236 клейстокарп
klinostaat 515 клиностат
klorofüll 4, 26, 40, 442, 445 хлорофилл

klorofülli spekter 445 спектр хлорофилла
kloroos 444 хлороз
kloroplast 39, 125, 127, 442 хлоропласт
koagulatsioon 489 свертывание
kobar 152 кисть
kobarõisik 152 неопределенное соцветие
koguseemnis 171 сложная семянка
kodarik 99 розетка
koguluuvili 171 сложная (сборная) костянка
koguvili 167, 321 сложный плод
kohanemisvõime 159 способность приспособляться
kohesioonitung 483 сила сцепления
koleoptiil 513 колеоптиле
koleoriisa 178 колеориза
kollateraalne 107 коллатеральный
kollenhüüm 64, 110, 131 колленхима
kolloid 50 коллоид
kolloidne aine 435 коллоидальное вещество
kollodium 49 коллодиум
kolmehõlmane 118, 143 трехлопастный
kolmepesaline 148, 170 трехгнездный
kolmetine 119 тройчатый
kolmetiselt jagune 119 тройчаторассеченный
koloonia 192 колония
kompasstaim 123 растение-компас
kondriosoomid 34 хондриозомы
konidiospoor 231 конидиоспора
koniid 231 конидий
konjugatsioon 198 конъюгация
kontsentriline kihisus 108 концентрическая слоистость
koobaspoor 68, 111 окаймленная пора
koor 101, 110 кора
kopulatsioon 193, 233 копуляция
korgikambium 63, 110 пробковый камбий
korgistumine 44 опробковение
korgistunud vööde 80 опробковевшая зона
korkaine 45 пробковое вещество
korkkude 63, 110 пробковая ткань
korp (korba) 64, 110 корка
kornutiin 237 корнутин
korvõisik 152, 359 корзинка
kotteos 233 сумкоспора
kottseened 233 аскомицеты
kristall 55 кристалл
kristalloid 50 кристаллоид
kromatiin 39 хроматин
kromatiinaine 60 хроматиновое вещество
kromatiinniit 57 хроматиновая нить
kromatofoor 41, 188 хроматофор
kromatograafiline meetod 454 хроматографический метод
kromoplast 39, 141 хромопласт
kromosoom 57, 59 хромозома
kromosoomiline pärilikkuseteooria 13 хромозомная теория наследственности
kroon 26, 140 венчик
krooni tipmed 27 лопасти венчика
kroonjas 140 венчиковидный
kroonleht 26, 140 лепесток
kroonlehitud 282 безлепестные
ksantofüll 41, 448 ксантофилл
ksantoproteiinreaktsioon 439 ксантопротеиновая реакция
ksenogaamia 155 ксеногамия
kserofüüt 405 ксерофит
ksüleem 67, 101, 131 ксилема
kude 62 ткань
kuivaine 432, 451 сухое вещество
kuivustaim 405 ксерофит
kuivvili 167 сухой плод
kukkurvili 168 листовка
kulendid 223 псевдоподии
kunstlik süsteem 21, 184 искусственная система
kunstlik valik 10 искусственный отбор
kupar 28, 170 коробочка
kutiikula 45, 103, 129 кутикула
kutiin 45 кутин
kutineerumine 45 кутинизация
kõder 168 стручок
kõdrake 170 стручочек
kõrgemad seened 233 высшие грибы
kõrgemad taimed 33, 184 высшие растения
kõrs 88, 376 соломина
kõrsumine 380, 510, 522 выход стеблей в трубку
kõrresõlm 89 стеблевой узел
kõrvakesed 121, 376 ушки
kõrvekarv 130, 292 жгучий волосок
kõverdus 89 изгиб
käbi 272 шишка, шишечка
kännas 152, 321 щиток
kännasjas 355 щитковидный
kännuvõsu 92 пневая поросль
käärimine 215 брожение
kääv 57 веретено
köitraag 114, 517 усик
kübarseen 226 шляпочный гриб

külgjuur 24, 75 боковой корень
külgoks 274 боковая ветвь
küljepung 92 боковая почка
külmakindlus 487, 489 холодостойкость

L

Ladvapung 85, 92, 97 верхушечная почка
laevuke 143 лодочка
laguprodukt 438, 462 продукт распада
laguvili 168, 344 дробный плод
lahk-kroonlehised taimed 282, 341 раздельнолепестные растения
lahklehine 140, 141 свободнолистный
lahkviljalehine (günetseum) 147 свободнолистный (гинецей)
laiaharuline 290, 318 развесистый, раскидистый
laialabaline 127 широкопластинчатый
laktoos 215 лактоза
lamandumine 89, 330, 444 полегание
laminariin 203 ламинарин
lapik 88 сплюснутый
laskuv vool 67, 101, 478 нисходящий ток
latv 85 верхушка
latvmine 308 верхушечный
lehealge 85 зачаток листа
lehe alus 89 основание листа
lehearm 92 листовой рубец
lehe kaenal 26, 85 пазуха листа
leheke 115 листочка
lehekodarik 87 розетка листа
lehelaba 26, 115 пластинка листа
leheparenhüüm 130 паренхима листа
lehepoolte-meetod 451 метод листовых половинок
lehepung 92 листовая почка
leherood 120 жилка листа
leheroots 26, 115 черешок листа
lehesõlm 89 листовой узел
lehetupp 85, 122 влагалище листа
lehikseened 240 пластинчатые грибы
leht 26, 111 лист
lehtede asetus 98 листорасположение
lehtede langemine 115, 452, 510 листопад
lehtede uinak 518 сон листьев
lehter-eosla 237 апотеций
lehterjas 143, 345 воронковидный
lendkarv 140, 180 летучка
leukoplast 39, 41, 125 лейкопласт
levimisorgan 28 орган распространения
levimisrajoon 17 район распространения
levimisviis 180 способы распространения
levuloos 438 левулоза
liaan 335, 423 лиана
liaanitaoline 87 лиановидный
libisev kasv 68 скользящий рост
lible 378, 381 колосковая чешуя, к. пленка, к. створка
liblikõielised 33 мотылковые
libriform 65, 111 либриформ
ligniin 44, 435 лигнин
lihakas juur 76, 88, 460 мясистый корень
lihakas soomus 114 мясистая чешуя
lihakas vili 168, 170 мясистый плод
lihaktaimed 405 суккуленты
lihasööja taim — vt. putukasööja taim
lihheniin 253 лихенин
lihtleht 115 простой лист
lihtvili 167 простой плод
liiges, liigestus 115, 374 сочленение
liigisisene võitlus 11 внутривидовая борьба
liik 21, 29, 185 вид
liikumisvõime 6 способность к движению
liitkroonlehised taimed 282, 341 сростнолепестные растения
liitkukkurvili 168 сложная листовка
liitlehine 140, 141 спайнолистый, сростнолистный
liitleht 115, 119 сложный лист
liitluuvili 321 сложная костянка
liitpea 152, 380 сложный колос
liitsarikas 152, 336, 338 сложный зонтик
liitseemnis 321 сложная семянка
liittera 53 сложное зерно
liitvalk — vt. proteiid
liitvili 167, 296 соплодие
liitviljalehine 147 сростнолистный
liivkultuur 456 песчаная культура
lima-amööb 224 миксамёб
limakapsel 210 слизистая капсула
limastik 223 плазмодий
limastumine 44, 45 ослизнение
lineaalne 128 линейный
linnasesuhkur 434 мальтоза

lipaas 493 липаза
lipoidid 36, 491 липоиды
lipp-pööris 389 одногривная метелка
lisajuur 76, 101 придаточный корень
lisakroon 300 привенчик
lisapung 92 придаточная почка
lisavõsu 92 добавочный побег
lise (liseme) 166, 334 придаток
lodiikula — vt. paislaju
looduse ümberkujundamine 404 преобразование природы
looduskaitseala 430 заповедник
looduslik valik 9, 11, 403 естественный отбор
loomine (pea) 380, 510, 522 колошение
loomne tärklis 210, 434 животный крахмал
loomulik süsteem 15 естественная система
loor (sõnajalgadel) 268 покрывало (у папоротников)
lootekott 161, 165, 171, 276 зародышевый мешок
luuvili 170, 323 костянка
lõhine 116, 142 раздельный
lõhkev, pakatav 180 растрескивающийся
lõvi (lõve) 64, 110 чечевичка
läbilaskerakk 81 пропускная клетка
lähistroopika 427 субтропика
lämmastikusiduja 215, 254 азотфиксирующий
lämmastikuvaba 433 безазотистый
lämmastikuühend 433, 437 азотистое соединение
lüdi 170 плюска
lühieataim 509 эфемер
lühioks 279 укороченная ветвь
lühipäevataim 526 растение короткого дня
lühiraag 378 стерженька
lühivõsu 272, 279 укороченный побег
lülieos 231 конидий
lülieostekandja 231 конидионосец
lüliline libriform 66 перегородчатый либриформ
lülipuit 110 ядро древесины
lüsigeenne 71 лизигенный

M

Maa-alune vars 93, 95 подземный стебель, п. побег
madalakasvuline 410 низкорослый
mahl 142 сок
mahlajooks 480 плач растения
mahlakas 431 сочный
mahla rõhk 480 давление сока
mahumeetod 486 объемный метод
makrospoor 165, 266 макроспора
makrosporofüll 272 макроспоролистик
makrosporangium 148, 161, 273, 276 макроспорангий
maltaas 492 мальтаза
maltoos 434, 492 мальтоза
maltspuit 110 заболонь
mari 171 ягода
matsereerimine 44 мацерация
meeketas 336, 344 медовый диск
meelohk 314 медовая ямка
meenääre 26, 142, 284 нектарник
meetaim 327 медоносное растение
meioos 57, 60 мейоз
merekapsas 190 морская капуста
meristeem 505 меристема
merevetikas 188 морская водоросль
mesimahl 26 нектар, мед
mesofüüt 406 мезофит
mesofüll 41, 120, 130 мезофилл
mesokarp 171 мезокарпий
mesoplasma 36 мезоплазма
metafaas 57 метафаза
metamorfoos 75, 138 метаморфоза
metsastepp 416 лесостепь
metsavöönd 411 лесная зона
mikrobioloogia 17, 212 микробиология
mikroskoopiline preparaat 15 микроскопический препарат
mikroorganism 7, 17 микроорганизм
mikropüül 161, 179, 277 микропиле
mikrosoomid 36 микрозомы
mikrosporangium 266, 276 микроспорангий
mikrospoor 144, 162, 266, 276 микроспора
mitmeaastane taim 87 многолетное растение
mitmepesaline 148, 170 многогнездный
mitmeõieline 378 многцветковый
mitoos 57, 60 митоз
mitterakuline organism 196 неклеточный организм

mittesöödav seen 240 несъедобный гриб
monopodiaalne 95, 100, 152 моноподиальный, неопределенный
monosahhariid 433 моносахарид
monospoor 206 моноспора
mosaiikne asetus 99 мозаичное расположение
muda 414 ил
mugul 95 клубень
muldkultuur 456 почвенная культура
mullabakter 407 почвенная бактерия
mullaniiskus 507 влажность почвы
mulla tekkimine 4 почвообразование
munajas 116 яйцевидный
munarakk 27, 136, 162, 165 яйцеклетка, яйцевая клетка
muskardiin 227 мюскардина
muundumine 186, 491, 493 изменение
muutlikkus 9 изменчивость
mõhk 206, 258 брюшко
mõha-kanalrakk 259, 277 брюшная канальцевая клетка
mõlajas 118 лопатовидный
männas 157 мутовка
männaseline 98 мутовчатый
mügar 504 клубенька
mügarbakter 466 клубеньковая бактерия
mükoriisa 226, 402, 477 микориза
müksamööb 224 миксамёб
mürgine seen 227 ядовый гриб
mürktaim 351, 415 ядовитое растение
mütseel 33, 221, 477 мицелий

N

Naaskeljas 332 шиловидный
naast 142, 300, 344 отгиб
narmasjuured 76, 274, 480 мочки
nastiline liigutus 521 настическое движение
neerjas 118 почковидный
negatiivsed tropismid 512 отрицательные тропизмы
nekroos 219 некроз
nektar 26, 142 нектар
neel 344 зев
neeldumisvööde 445 полоса поглощения
niidukõrreline 482 луговой злак
niinkiud 65, 101, 110 лубяные волокна
niinosa 67, 101 луб
niiskustaim 405 гигрофит
niitjas 154 нитевидный
nitrifikatsioon 213, 462 нитрификация
nitrifitseerija bakter 213, 471 бактерия нитрификации
nooljas 116 стреловидный
nukleiinhape 438 нуклеиновая кислота
nukleoproteiidid 39, 438 нуклеопротеиды
nurkkollenhüüm 64 уголковая колленхима
nutatsioon 364 нутация
nutatsiooniline liikumine 517 нутационное движение
nutjas 154 головчатый
nutsell — vt. seemnealgme südamik
nutt (nuti) 152 головка
närbumine 487 увядание
näärekarv 24, 130 железистый волосок
näärmering 293 железистое кольцо

O

Obligaatsed aeroobid 211 облигатные аэробы
odajas 116 копьевидный
oga 97, 130 шип
ohe 378 ость
oks 85 ветка
oksamännas 274 мутовка сучьев
oksüdaas 39, 61, 494, 501 оксидаза
oksüdeerimisprotsess 179 процесс окисления
oleiinhape 436 олеиновая кислота
olelusvõitlus 11, 136 борьба за существование
oogaamia 189 оогамия
oogoonium 184, 196, 230 оогоний
oospoor 196 ооспора
õrganogeen 432 органоген
osmomeeter 51 осмометр
osmoos 49, 447 осмос
osmootne rõhk 49 осмотическое давление

P

Paarissulgjas 119 парно-перисто-сложный
paaritusulgjas 119 непарно-перисто-сложный
pahk 290 кап, наплыв
paiskevahend 180 метательное приспособление

paislajud 379, 397 пленочки
paisumine 494 набухание
paisumise kiirus 495 быстрота набухания
paisumisprotsess 495 процесс набухания
paksend 69 утолщение
paksuseinaline 65, 197, 259 толстостенный
paleobotaanika 16, 186 палеоботаника
paljasseemnetaimed 271 голосеменные
paljasteraline 380, 385 голый (злак)
paljunemine 56, 132 размножение
paljutuumaline 38, 57, 188 многоядерный
palmitiinhape 436 пальмитиновая кислота
palu 412 бор
papaiin 493 папаин
papainaas 493 папаиназа
papill 141 сосочек
parafüüs 204, 237, 262 парафиза
parasiit 189, 471 паразит
parasiitseen 226, 241 паразитный гриб
parasiittaim 5, 189 паразитное растение
parenhüümne 35 паренхимный
parenhüümrakk 103 клетка паренхима
parenhüümtupp 132 паренхиматическое влагалище
parkaine 436, 437 дубильное вещество
parketaim 437 дубильное растение
partenokarpia 139 партенокарпия
partenogenees 139 партеногенезис
patogeenne bakter 218 патогенная бактерия
pea 152, 378 колос
peajuur 24, 75, 174 главный корень
pealisheinad 409 верховые травы
peatelg 382 стержень колоса
pektiinained 44, 111 пектиновые вещества
penitsilliin 227, 234 пенициллин
pepsiin 476 пепсин
perekond (genus) 21, 29, 33, 183 род
peremeestaim 226, 471 хозяин-растение
periderm 63 перидерма
perikarp 166, 167, 171 перикарпий
perisperm 164, 176 перисперм
peristoom 262 перистом
periteetsium 236, 254 перитеций
peritsükkel 82, 101 перицикл
pesa 144 гнездо
pigment 46 пигмент
pigmentbakter 222 пигментная бактерия
pihkaine 438 клейковина
piimasoon 38, 70, 101 млечный сосуд
piimhappebakter 215 молочнокислая бактерия
piimküpsus 167, 383, 510 молочная спелость
piimmahl 70 млечный сок
pikapäevataim 526 растение длинного дня
piklik-teritunud 26 продолговато-заостренный
pinnuke 142, 300 ноготок
pintseerimine 528 чеканка
pisiliik 185, 365 мелкий вид, элементарный вид
pistik 85, 133 черенок
plaatkollenhüüm 64 пластинчатая колленхима
plankton 189, 414 планктон
planktonivetikas 189 планктонная водоросль
plasmalemma 36, 51 плазмалемма
plasmodesm 43, 227, 491, 511 плазмодесм
plasmolüüs 47, 127 плазмолиз
plasmoodium 223 плазмодий
plastiidid 34, 36, 39, 125, 460 пластиды
plastilised ained 67, 491 пластические вещества
platsenta 28, 148 семяносец, плацента
pleiohaasium 154 плейохазий
polaartuum 165 полярное ядро
polinaarium 402 поллинарий
polükroism 47, 344 поликроизм
polüsahhariid 433 полисахарид
pomerants 171, 315 померанец
pookealus 134 подвой
pookimine 134 прививка
pookoks 134 привой
poole (poolme) 205 створка
poolkõrb 419 полупустыня
pool-liittera 53 полусложные зерна
poolläbilaskev 51 полупроницаемый
poolparasiit 471, 473 полупаразит
poolpõõsas 342, 409 полукустарник
poolsarikas 354 полузонтик
poolus 165 полюс

poor 65, 68, 111 пора
poortrahhee 68, 83, 105 пористая **трахея**
porogaamia 164 порогамия
positiivsed tropismid 512 положительные тропизмы
potentsiaalenergia 179, 451 потенциальная энергия
potomeeter 486 потометр
primaarne 38, 40, 435 первичный
profaas 57 профаза
prokambium 70, 101 прокамбий
prosenhüümne 35 прозенхимный
protandria 155, 300, 318 протандрия
proteaas 493 протеаза
proteiidid 438 протеиды
proteiintera 54 протеиновое зерно
proteolüütilised fermendid 498 протеолитические ферменты
protogüünia 156, 325 протогиния
protoneema 262 протонема
protoplasma 34, 36 протоплазма
protoplast 34 протопласт
pseudopoodid 223 псевдоподии
ptomaiinid 213 птомаины
ptüaliin 53 птиалин
puhaskultuur 215, 222 чистая культура
puhkeperiood 189, 480 период покоя
puhmikulised kõrrelised 376, 387 кустовые злаки
puhtimine 245, 416 протравливание
puidukiir 82 луч древесины
puiduparenhüüm 69, 109 древесная паренхима
puidusoon 110, 131 сосуды древесины
puit 5 древесина
puitaine 44, 435 древесинное вещество, древесина
puitosa 67, 101 древесина, древесинная часть
puitrakk 44 клетка древесины
puitumine 44 одеревенение
pulseeriv vakuool 191 пульсирующая вакуолия
pung 85, 92 почка
pungasetus 376 почкосложение
pungasoomus 93 почечная чешуя
pungumine 502 почкование
puri 143 парус
putkestumine 443 этиолирование
putk 26, 156, 344 трубочка
putkjas 143 трубчатый
putukasööja taim 6, 114, 475 насекомоедное растение
putuktolmleja 137, 146, 341 насекомоопыляемый
putk-õis 361 трубчатый цветок
puuviljasuhkur 433 плодовый сахар
põhikude 176, 505 основная ткань
põhiparenhüüm 70, 101, 125 основная паренхима
põhiroots 115 основной черешок
põhivõsu 92 основной побег
põisik 400 мешочек
põldkatse 457 полевой опыт
põuakindel 488 засухоустойчивый
põuakindlus 487 засухоустойчивость
põõsas 342 кустарник
pähik 378, 381 колосок
pähkel 170 орех
pähklike 170, 344, 351 орешек
päikesespekter 445 солнечный спектр
päised kõrrelised 380 колосовые злаки
pärilikkus 9, 528 наследственность
päripäikest väänduv 88, 517 вьющийся по ходу солнца
pärisdihhotoomiline 100 истинно-дихотомический
pärisparasiittaim 351 настоящее паразитное растение
päris-sklerenhüüm 65 собственно-склеренхима
pärisvili 167 истинный плод
pööris 152, 378, 389 метелка
pöörisjas 299 метельчатый
pööriskõrrelised 389 метельчатые злаки
pöörispea 378, 395 султан
pöörispäised kõrrelised 389, 394 султанные злаки
püknid 248 пикнида
püknokoniid 248 пикноконидий
pürenoidid 41, 188 пиреноиды
püsieos 233 покоящаяся спора

R

Raaf 202 шов
radiaalne 111 радиальный
radioaktiivne 460 радиоактивный
radiatsioon 451 радиация
rafiidid 55 рафиды
rakis 28, 184, 187 слоевище
rakistaimed 29, 187 слоевищные растения
rakk 3, 34, 50 клетка
raku kest 34, 43, 188 клеточная оболочка
raku mahl 45 клеточный сок

rakusisene 493 внутриклеточный
raku vaheruum 70, 81, 103, 126, 482 межклеточник, межклеточное пространство
raku tuum 34, 38 клеточное ядро
raku turgor 432 клеточный тургор
raoke 382 стерженек
rasv 4, 433, 436 жир
rasvhape 436 жирная кислота
ravimtaim 327, 441 лекарственное растение
reduktsioon 60, 164 редукция
rindelisus 409 ярусность
ringlev liikumine 37, 511 струйчатое движение
rinne 409, 412 ярус
risoidid 75, 184, 196, 256 ризоиды
risomorf 227, 240 ризоморф
risoom 88, 93 корневище
risosfäär 212 ризосфера
ristamine 158 скрещивание
risttolmlemine 154 перекрестное опыление
ristvahesein 65 поперечная перегородка
ristõis 310 крестовидный цветок
rohumaa 414 луг
rohumaa kõrreline 395 луговой злак
rohumaaviljelus 356 луговодство
roiskbakter 110, 215 бактерия гниения
roiskumine 212 гниение
rombjas 116 ромбический
ronitaim 517 лазящее растение
roniv 88, 357 лазящий
rood 26, 120 жилка
roodumine 26, 119 жилкование
roomav 88, 357 ползучий
roosuhkur 46, 434, 503 тростниковый сахар
rootsuline 120 черешковый
rootsutu 26, 121 сидячий
rotatsioon 511 ротация
rudimentaarne 177 рудиментарный
rõngastamine (tüve) 479 кольцевание (ствола)
rõngastrahhee 68, 83, 103 кольчатая трахея
rööproodne 120 параллельнонервный

S

Saagjas 119 пильчатый
saaterakk 70 спутник, сопровождающая клетка
sademeline kile 51 осадочная перепонка
sahharoos 46, 228, 434 сахароза
samaeoseline 271 равноспоровый
sammasjuur 24, 75 стержневой корень
sammasjuurestik 75 стержневая система
sammaskude 130 столбчатая ткань
sammasparenhüüm 125, 405 столбчатая паренхима
sammasrakk 145 столбчатая клетка
saprofüüt 5, 189, 471, 474 сапрофит
saprofüütseen 225 сапрофитный гриб
sarikake 338 зонтичек
sarikakiir 338 луч зонтика
sarikas 152, 336 зонтик
sarnaspähikuline 400 равноколосный
seeme 165, 171 семя
seemik 159 сеянец
seemnealge 27, 148, 161 семяпочка
seemnealgme suu 161, 172 семявход, пыльцевход
seemnealgme südamik 161 ядро семяпочки
seemnealgme kate 161, 166 покров семяпочки
seemnekandja 28, 148 семяносец
seemne kest 166 кожура семени
seemnekägarad 167 клубочки (свеклы)
seemnesoomus 276 семяная чешуя
seemnetaimed 264 семенные растения
seemnete levimine 180 распространение семян
seemnete paisumine 494 набухание семян
seemneõmblus 172, 173 семяшов
seemnis 170 семянка
seen 225, 474 гриб
seeneniit 477 гиф
seeneniidistik 226, 477 грибница
seenenõõr 227, 240 ризоморф
seenpõimik 226 микроиза
seinmine 148 стенный
seitsmelõhine 119 семираздельный
sekundaarne 38, 41, 435 вторичный
selts (ordo) 15, 33, 183 порядок
sensibilisaator 446 сенсибилизатор
seos 143 связник, спайник
sferokristall 46, 435 сферокристалл
sibul 85, 96 луковица
sibula kand 96 донце

sibultaim 88, 405, 417 луковичные растения
sigimik 27, 147, 149, 379 завязь
sigimikuraag 328 ножка завязи
sigipung 285 выводковая почка
singas 179, 380 первичный лист, колеоптиле
sisekate 171 внутриплодник
sisesilinder 82, 101, 106 центральный цилиндр
sisesõkal 378, 381 внутренняя цветковая чешуя
skafiid 204 скафидий
skarifikatsioon 495 скарификация
skisogeenne 71 схизогенный
sklerehüüm 64, 131, 237 склеренхима
sklerenhüümtupp 103 склеренхиматическое влагалище
sklereiidid 66 склереиды
sklerootsium 237 склероций
sool (sooli) 50 золь
soolakutaim 49, 407 галофит
soomus 96 чешуя
soomussibul 96 черепичатая луковица
soorus 268 сорус
soostumine 413 заболачивание
sootaim 477 болотное растение
sopilis-hambuline 367 выемчато-зубчатый
sopilis-lõhine 368 выемчато-надрезанный
soreedid 255 соредии
sort 186 сорт
spermaatsium 206 спермаций
spermatozoid 204, 258, 262 сперматозоид
spermium 136, 147, 273 спермий
spiraaltrahhee 68, 83 спиральная трахея
spoor 133 спора
sporangium 223, 232, 259 спорангий
sporofüll 270 споролистик
sporofüüt 263, 270 спорофит
sporogoon 259, 261 спорогоний
staadium 510 стадия
stadiaalse arenemise teooria 14, 521 теория стадийного развития
stepp 417 степь
stepivöönd 363, 416 степная зона
sterigma 239 стеригма
steriliseerimine 220 стерилизация
stoloon 95, 345 столон
stratifisteerimine 495 стратификация
stroobilus 281 стробилус
strooma 40, 188, 237 строма
subepitermiline 163 субэпитермический
suberiin 45, 63 суберин
subtroopiline 507 субтропический
sugukaksiklus 196 гермафродитизм
sugukond (familia) 22, 33, 183 семейство
suguline hübriid 135 половой гибрид
suguline paljunemine 136 половое размножение
suguta paljunemine 132 бесполовое размножение
sukulent 71, 97, 405 суккулент
sulgeosla 236 перитеций
sulgev kile 43 замыкающая пленка
sulghõlmine 116, 118 перистолопастный
sulgjagune 116, 119 перисторассеченный
sulglõhine 116, 118, 119 перистораздельный
sulgrakk 126 замыкающая клетка
sulgroodne 26, 120 перистонервный
sulgvili 168 нерастрескивающийся плод
suspensor 166 подвесок
suunav kasvatamine 159 направленное воспитание
suur kasvuperiood 504, 505 большой период роста
suuääris 262 перистом
suvieos 246 летняя спора
sõeltoru 69, 110 ситовидная трубка
sõkal 177, 378 цветочная чешуя
sõklaline 177 пленчатый
sõlm 24, 85 узел
sõlmevahe 376 междоузлие
sõrmhõlmine 116 пальчатолопастный
sõrmjagune 116 пальчаторассеченный
sõrmjalt viiehõlmane 118 пальчато-пятилопастный
sõrmjas 119 пальчатый
sõrmlõhine 116 пальчатораздельный
sõrmroodne 120 пальчатонервный
säilituskude 70, 492 запасающая ткань
sämphambuline 310 выемчато-зубчатый
säsi 105 сердцевина
säsikiht 254 сердцевинный слой
säsikiir 83, 109 сердцевинный луч
südajalt teritunud 116 сердцевидно-заостренный

südajas 116 сердцевидный
sügisvärvus 452 осенняя окраска
sügomorfne 143, 152 зигоморфный
sügoot 136, 189, 192, 233 зигота
sümaas 505 зимаза
sümbioos 226, 254 симбиоз
sümbioosi nähtus 477 явление симбиоза
sümbiootiline 184, 226 симбиотический
sümpodiaalne 95, 100, 152 симподиальный
sünergiidid 162, 165 синергиды
sünkarpne 147, 281 синкарпный
sünteetiline 469 синтетический
süsiniku assimilatsioon 61 ассимиляция углерода
süsihappegaas 4 углекислый газ
süsinikuühend 432 углеродистое соединение
süsivesik 4, 36, 44, 433 углевод
süstjas 116 ланцетный

Z

Zooglöa 210 зооглея
zoospoor 133, 189, 224 зооспора

T

Tagaõu 127 задний дворик
taimeassotsiatsioon 416 растительная ассоциация
taimeanatoomia 15, 24 анатомия растения
taimede karastamine 490 закалка растений
taimede liikumine 503 движение растений
taimefüsioloogia 16, 431 физиология растений
taimegeograafia 17, 183, 403 география растений
taimehõimkond 185 тип растений
taimekaitse 219 защита растений
taimekasvatus 186, 507 растениеводство
taimekooslus 17, 408 растительное сообщество
taimekude 62 растительная ткань
taimeliik 183, 185 вид растений
taimemorfoloogia 14, 24 морфология растений
taime organ 24 орган растений
taime rakk 34 растительная клетка
taimerasv 436 растительный жир
taimeriik 97, 183, 403 растительный мир
taimesüstemaatika 15, 183 систематика растений
taimevorm 186 форма растений
taimevöönd 404 растительная зона
taimeõli 54, 55 растительное масло
taimeökoloogia 17, 404 экология растений
taimkate 183, 408 растительный покров
taimkond 4 растительность
taimorganism 3 растительный организм
talieos 248 зимняя спора
talivorm 382, 524 зимняя форма
tallofüüt 29, 187 талломное растение
tallus 28, 187 таллом, таллус
talvekindlus 395, 489, 490 зимостойкость
talvitumine 93 перезимовка
tammesalu, tammik 290 дубрава
tapetkiht 145 тапетальный слой
taskuke 402 кармашек
teisend 185, 186 разновидность
teiskasv 83 вторичный рост
teiskoor 108, 110 вторичная кора
teisniin 83 вторичный луб
teispuit 83 вторичная древесина
teissäsikiir 110 вторичный сердцевинный луч
teistuum 162, 165 вторичное ядро
teleutospoor 248 телейтоспора
telofaas 58 телофаза
tetraadid 144, 164, 261 тетрады
tetraspoor 206 тетраспора
teraline 36 зернистый
teravahambuline 395 острозубчатый
teris 170, 380 зерновка
teritunud 118 заостренный
termofiilne bakter 220 термофильная бактерия
termotropism 517 термотропизм
terveservaline 26, 119 цельнокрайный
tiibvili 170 крылатка
tiirlev liikumine 37, 201, 501 вращательное движение
tiivad 143 вёсла (крылья)
tiivuline 88 крылатый
tipe, tipme 27, 293 доля
tipprakk 238 дикарион
tohlkude 131 губчатая ткань

tohlparenhüüm 125 губчатая паренхима
toitaine 56, 509 питательное вещество
tolmlemine 27, 139, 154 опыление
tolmukaniit 26, 143, 164 тычиночная нить
tolmukapea 26, 143, 164 пыльник
tolmukas 26, 143, 379 тычинка
tolmukate ring 138 круг тычинок
tolmukkond 26, 144 андроцей
tolmukott 143, 276 пыльниковый мешок
tolmutera 27, 144, 146 пыльцевое зерно
tolmutoru 161 пыльцевая трубка
tonoplast 36 тонопласт
torikuline 241 трутовиковый
trahhee 67, 103, 132 трахея
trahheiid 67, 68, 132, 259 трахеида
transpiratsioon 405, 482, 485 транспирация
transpiratsiooni koefitsient 485 транспирационный коэфициент
transplantatsioon 134, 143 трансплантация
transversaalne 512 трансверсальный
traumatropism 517 травмотропизм
trihiid 53 трихит
trihhogüün 206 трихогина
tropism 504, 511 тропизм
trüpsiin 493 трипсин
tselluloos 5, 44, 435 целлюлоза
tsirkulatsioon 511 циркуляция
tsüstoliit 55 цистолит
tsütaas 435, 495 цитаза
tsütokinees 58 цитокинез
tsütoloogia 16, 58 цитология
tsütoplasma 34 цитоплазма
tugielement 67 механический элемент
tugikude 64, 101 механическая ткань
tuhk 432 зола
tundravöönd 410 зона тундр
tungalseened 236 пиреномицеты
tupjas 140 чашечковидный
tupp 26, 138, 140 чашечка
tuppleht 26, 140 чашелистик
turgor 47 тургор
turgorliigutused 511 тургорные движения
turgoorne pinge 483 тургорное напряжение
tuultolmlemine 282 ветроопыление
tuum 38 ядро
tuumake 57 ядрышко
tuumamahl 38 ядерный сок
tuumaplaat 57 пластинка ядра
tuumavõrk 38 ядерная сеть
tõlvik 152, 397 початок
tõri, tõrve 293 раструб
tõru 170 жолудь
tõusev vool 67, 100, 478 восходящий ток
tõusmed (oras) 179, 481, 510 всходы
tähtjas 154 звездчатый
tähtroodne 120 звездчатонервный
täidisõis 138 махровый цветок
täisküpsus 167, 383, 510 полная спелость
täkiline 119 надрезный
täkilis-saagjas 312 городчато-пильчатый
tärklis 51, 434, 435, 449 крахмал
tärklisetupp 101 крахмальное влагалище
tärklistera 51, 492 крахмальное зерно
tüllid 110 тиллы
tütarkera 193 дочерний шар
tütarrakk 58 дочерняя клетка
tütartuum 58 дочернее ядро
tüvendtaim 28 листостебельное растение
tüvevõsu 92 поросль ствола, стеблевая поросль
tüveõõs 110 дупло
tüvi 108 ствол

U

Uinuv pung 92 спящая глазка
ujuleht 128 плавающий лист
umbrohi 75 сорное растение, сорняк
universaalrakk 61 универсальная клетка
urb 152, 286 сережка
uredospoor 246 уредоспора
urvasõieline 288 сережкоцветный

V

Vahakirme 88, 373 восковой налет
vahaküpsus 167, 383, 510 восковая спелость
vahekasv 86 вставочный рост
vahekate 171 межплодник

vahelduvad lehed 98 очередные листья
vaigukäik 69, 71, 274 смоляной ход
vaik 5, 71, 274 смола
vakuool 34, 45, 191 вакуоля
valendik 103 просвет
valgukristall 54 белковый кристалл
valgusbakter 213 светящиеся бактерия
valguselembeline 275, 406, 508 светолюбивый
valgusestaadium 406, 522, 526 световая стадия
valik 10 отбор
valk 4, 437 белок
valkaine 36, 55, 437, 462 белковое вещество
valmimine 167, 522 созревание
varisemine 167 осыпание
varjulembelised taimed 508 тенелюбы
varjutaim 131 теневое растение
varjutamine 444, 508 затенение
varrelüli 24, 85, 376 междоузлие
varreümbrine 121 стеблеобъемлющий стебель
vars 24, 84, 460
varuaine 53, 101 запасное вещество
varupung 346 запасная почка
vastakud lehed 98 супротивные листья
vastupäikest väänduv 88, 517 вьющийся против солнца
veelõhe 405, 482 водяное устьице
veemahutavus 495 благоемкость
veesisene 271 подводный
veetaimed 406 гидрофиты
vegetatiivne hübriid 134 вегетативный гибрид
vegetatiivne paljunemine 75, 114, 133 вегетативное размножение
vegetatiivne rakk 146, 164, 280 вегетативная клетка
vegetatsiooniperiood 28, 411, 486, 509 вегетационный период
vertikaalne vöönd 410 вертикальная зона
vesikude 70 водяная ткань
vesikultuur 456, 457 водная культура
vesinik-eksponent 459 показатель водородных ионов
vibur 133, 191 жгутик
viburorganism 190 жгутиковый организм
viiehõlmane 118 пятилопастный
viielõhine 119 пятираздельный
viinamarjasuhkur 46, 433, 503 виноградный сахар
viirushaigus 220 вирусная болезнь
vili 27, 165 плод
viljade levimine 180 распространение плодов
viljakate 166, 167, 380 околоплодник
viljakeha 236 плодовое тело
viljaleht 26, 147, 280 плодолистик
viljalehtede ring 138 круг плодолистиков
viljaliha 170, 171 мякоть
viljapoolmed 169 створки
viljaoks 92 плодушка
viljasein 166 стенка плода
viljaraag 28 плодоножка
viljastamine 27, 136, 139, 161 оплодотворение
viljatu 368 бесплодный
vitamiin 4, 440 витамин
võihappebakter 216 маслянокислая бактерия
võihappeline 216 маслянокислый
võnkõisik 154 извилина
võra 85 крона
võrdosmootne 49 равноосмотический
võrkroodne 120 сетчатонервный
võrktrahhee 68, 88 сетчатая трахея
võrse 377, 510 отпрыск
võrsumine 380, 510, 522 кущение
võrsumisperiood 510 период кущения
võrsumissõlm 86, 380, 510 узел кущения
võsu 85 побег
võsund 85, 133, 323 плеть, ус
võsundilised kõrelised 376 некустовые злаки
väheveniv pihkaine 438 короткая клейковина
väliskate 171 внеплодник
väliskeskkond 4 внешняя среда
väliskest 146 наружная оболочка
välissõkal 378, 381 наружная цветочная чешуя
välistupp 140, 321, 322 подчашие
väljapuhumine 490 выдувание
väljasopistumine 146 выпячивание
väljavenitumine 504 растяжение
vääduv 88, 342 вьющийся
vääntaim 427, 517 вьющееся растение
väävlibatker 217 серобактерия

Õ

Õhuhapnik 496 кислород воздуха
õhujuur 74 воздушный корень
õhukesekestaline 384 тонкокожий
õhukude 406 воздухоносная ткань
õhukäik 70, 103 воздухоносный ход
õhulõhe 64, 103 устьице
õhulõhe pilu 126 щель устьица
õhuniiskus 507 влажность воздуха
õhuruum 127, 258, 482 воздухоносная полость
õiediagramm 151 диаграмма цветка
õiekate 26, 139, 166 околоцветник
õiekroon 26, 140 венчик
õiepung 26, 92 цветочная почка
õieputk 26 трубочка венчика
õiepõhi 26, 149 цветоложе
õieraag 26, 152 цветоножка
õietolm 27, 146 пыльца
õietupp 26 чашечка
õievalem 151 формула цветка
õievarb 87 цветочная стрелка
õis 26, 138, 185 цветок
õisik 152 соцветие
õite uinak 518 сон цветов
õitsemine 137 цветение
õlitaim 55, 436 масличное растение
õmblus 149, 202 шов

Ä

Ärahaudumine 490 выпревание
äraspidimunajas 116, 286 обратнояйцевидный
äravettimine 490 вымокание
ärritus 503 раздражение
ärritumisvõime 61 разражимость
äädikahappeline 216 уксуснокислый

Ö

Ökoloogia 17, 404 экология
ööpäevane perioodilisus 508 суточная периодичность

Ü

Üheaastane taim 28, 87 однолетное растение
üheidulehelised 33, 178, 281, 369 однодольные
ühekojane 151, 155 однодомный
ühepesaline 148, 170 одногнездный
ühepoolne leht 128 односторонний лист
ühepähikuline 400 одноколосный
üherühmaline 33, 144 однобратственный
üheseemneline 170 односеменный
ühesuguline 151 однополый
ühetuumaline 39, 188 одноядерный
üheõieline 378 одноцветковый
üldkate 152, 359 обвертка
ülemine sigimik 149 верхняя завязь
ümbritsev keskkond 404, 508 окружающая среда
ürgmets 430 девственный лес

TAIMENIMEDE REGISTER

A

Aaloe — *Aloe* 114 — алоэ
aarum — *Arum* 482, 500 — аронник, арум
adoonis — *Adonis* 284, 418 — горицвет
aeduba — *Phaseolus* 172, 328, 334 — фасоль
agaav — *Agave* 114, 427 — агава
ahvileivapuu — *Adansonia* 87 — баобаб
akaatsia — *Acacia* 335, 427 — акация
akakapsas — *Ajuga* 351, 415 — живучка
albitsia — *Albizzia* 335 — альбиция
algrohevetikad — *Protococcales* 193 — протококковые
alpikannike — *Cyclamen* 342 — цикламен
alpiroos — *Rhododendron* 342 — рододендрон
amarüllilised — *Amaryllidaceae* 371 — подснежниковые
anabaasis — *Anabasis* 299 — анабазис
anabeena — *Anabaena* 207 — анабена
angerpist — *Filipendula* 323, 417 — земляной орешек
angervaks — *Filipendula* 323, 414 — таволга
aniis — *Pimpinella* 336 — анис
apelsinipuu — *Citrus* 315, 428 — апельсин
aprikoosipuu — *Armeniaca* 324, 428 — абрикос
arbuus — *Citrullus* 358 — арбуз
arbuutus — *Arbutus* 424 — земляничное дерево
ardiisia — *Ardisia* 468 — ардизия
arhegoniaalsed taimed — *Archegoniatae* 185 — архегониальные растения
arnika — *Arnica* 361 — арника
artišok — *Cynara* 361 — артишок
artrospiira — *Arthrospira* 208 — артроспира
aruhein — *Festuca* 393, 411 — овсяница
aruheinalised — *Festucaceae* 380 — овсяницевые
asalea — *Azalea* 342, 422 — азалея
askleepias — *Asclepias* 70, 98 — ваточник
askohüüta — *Ascochyta* 251 — аскохита
aspar — *Asparagus* 93, 371, 373 — спаржа
asparilised — *Asparagaceae* 371 — спаржевые
aspergill — *Aspergillus* 233 — аспергилл
astelpihlakas — *Mespilus* 326 — мушмула
astelpõõsas — *Ilex* 113, 423 — падуб
aster — *Aster* 361, 419 — астра
asterionella — *Asterionella* 201 — астерионелла
azotobakter — *Azotobacter* 214, 254 — азотобактер
avokaado — *Persea* 286 — авокадо

B

Badaan — *Bergenia* 327, 437 — бадан
baklažaan — *Solanum melongena* 171 — баклажан
bakterid — *Bacteria* 33, 184, 208 — бактерии
bambus, bambuspilliroog — *Bambusa, Phyllostachis* 370, 430 — бамбук
bambuselised — *Bambuseae* 380 — бамбуковые
banaan — *Musa* 167, 427 — банан
barbula — *Barbula* 418 — зеленый мох
bataat — *Ipomoea* 78, 342 — батат
batsillid — *Bacillus* 209 — бациллы
begiatoa — *Beggiatoa* 217 — беггиатоа
begoonia — *Begonia* 114, 132 — бегония
belladonna — vt. karumustikas
botrüüdium — *Botrydium* 34, 197 — ботридий
brüofüllum — *Bryophyllum* 114, 132 — бриофиллум

D

Daalia — *Dahlia* 361, 435 — георгина
datlipalm — *Phoenix* 171, 427 — финиковая пальма
desmiidium — *Desmidium* 200 — десмидиум
diatooma — *Diatoma* 201 — диатома
diktamnus — *Dictamnus* 315, 419 — ясенец
draakonipuu — *Dracaena* 371 — драцена
drüüas — *Dryas* 410 — куропаточья трава
džuzguun — *Calligonum* 295, 421 — джузгун
džuut — *Corchorus* 318 — джут

E

Eba-akaatsia — *Robinia* 158, 335 — белая акация
ebajasmiin — *Philadelphus* 327 — жасмин
eebenilised — *Ebenaceae* 428 — эбеновые
efedra — *Ephedra* 420 — эфедра
ehmik — *Thuidium* 260 — туйдиум
elulõng — *Clematis* 284, 423 — ломонос
elupuu — *Thuja* 274, 427 — туя
elevandiluu-palm — *Phytelephas* 436 — пальма слоновой кости
emajuur — *Gentiana* 410, 415 — горечавка
enelas — *Spiraea* 321, 417 — спирея
emakalised taimed — *Gynaeciatae* 185 — пестичные растения
eriviburvetikad — *Heterocontae* 191 — разножгутиковые
esparsett — *Onobrychis* 32, 328, 417 — эспарцет
eudoriina — *Eudorina* 193 — эвдорина
eukalüpt — *Eucalyptus* 87, 430 — эвкалипт
eukommia — *Eucommia* 430 — эйкоммия

F

Feijoa — *Feijoa* 455 — фейхоя
filodender — *Philodendron* 482 — филодендрон
fragmobasidiaalsed seened — *Phragmobasidiomycetes* 242 — фрагмобазидиальные грибы
fuksia — *Fuchsia* 55 — фуксия

fusaarium — vt. punakaste
füllofora — *Phyllophora* 190 — филлофора
füllostikta — *Phyllosticta* 251 — филлостикта
füsaalis — *Physalis* 345, 350 — физалис
fütoftora — *Phytophthora* 230 — фитофтора

G

Ginkgo — *Ginkgo* 130, 273 — гинкго
gleditšia — *Gleditschia* 335, 427, 495 — гледичия
glöokapsa — *Gloeocapsa* 207 — глеокапса
glöospoorium — *Gloeosporium* 251 — глеоспориум
glütsiinia — *Wistaria* 335, 427 — глициния
gneetum — *Gnetum* 279 — гнетум
granaat — *Punica* 428 — гранат
greipfruut — *Citrus* 315 — грейпфрут
gutapertšipuu — vt. eukommia
gvajuula — *Parthenium* 362 — гваюла

H

Haab — *Populus* 288, 416 — осина
habeheinalised — *Andropogoneae* 380 — бородачевые
habesamblik — *Usnea* 252 — бородатый лишайник
haguhein — *Koeleria* 415, 418 — келерия
halapaju — *Salix* 415 — шелюга
hanijalg — *Potentilla* 323 — гусиная лапка
hanimalts — *Chenopodium* 298 — марь
hanirohi — *Arabis* 308 — резуха
harakalatv — *Erysimum* 308, 420 — желтушник
harakkuljus — *Linnaea* 413 — линнея
harakputk — *Anthriscus* 339 — купырь
harjashein — *Aristida* 421 — селин
heinputk — *Angelica* 339, 415 — дудник
hellik — *Funaria* 260 — фунария
helvik — *Marchantia* 28, 256, 258 — маршанция
hernes — *Pisum* 172, 334 — горох
hevea — *Hevea* 320 — гевея
hiina nõges — *Boehmeria* 292 — китайская крапива
hiirehernes — *Vicia* 330, 412, 418 — горошек, вика
hiirekõrv — *Capsella* 310 — пастушья сумка
hirsilised — *Paniceae* 380 — просяные
hirss — *Panicum* 391 — просо
holobasidiaalsed seened — *Holobasidiomycetes* 240 — холобазидиальные грибы
hondrilla — *Chondrilla* 362 — хондрилла
hortensia — *Hydrangea* 47, 327 — гортензия
humal — *Humulus* 291, 417, 423 — хмель
hundihammas — *Astragalus* 415, 418 — астрагал
hundinuialised — *Typhaceae* 371 — рогозовые
hunditubakas — *Hieracium* 361, 410 — ястребинка
huulhein — *Drosera* 413, 475 — росянка
huulheinalised — *Droseraceae* 312 — росянковые
huulõielised — *Labiatae* 351 — губоцветные
hõbepuu — *Elaeagnus* 468 — лох
hõlmikpuu, gingo — *Ginkgo* 273, 427 — гинкго
härghein — *Melampyrum* 351, 415 — марьянник
härjasilm — *Leucanthemum* 361, 415 — нивяник
hũatsint — *Hyacinthus* 371, 418 — гиацинт

I

Ikkesvetikad — *Conjugatae* 197 — сцеплянки
imikas — *Anchusa* 250, 344 — румянка
iminõges — *Lamium* 351, 412 — яснотка, глухая крапива
indigo — *Indigofera* 335 — индиго
islandi samblik — *Cetraria* 253 — исландский мох
isopüürum — *Isopyrum* 249 — лещица

J

Jaanileivapuu — *Ceratonia* 335 — рожковое дерево
jahukaste — *Erysiphe* 235 — мучнистая роса, милдью
jahukasteseened — *Erysiphaceae* 235 — мучнисторосые грибы
jalakalised — *Ulmaceae* 293 — ильмовые
jalakas — *Ulmus* 293, 423 — ильм
jasmiin — *Jasminum* 424, 428 — жасмин
jugapuu — *Taxus* 424, 427 — тисс
jumikas — *Centaurea* 361, 415, 419 — василёк
jusshein — *Nardus* 408, 416 — белоус
juudavaiguputk — *Ferula* 420 — смолоносница
juudipuu — *Cercis* 335 — иудино дерево
juusrohevetikad — *Ulotrichales* 194 — улотриксовые
jõhvikas — *Oxycoccus* 342, 413 — клюква
jänesekapsas — *Oxalis* 250, 413 — кислица
jänesekapsalised — *Oxalidaceae* 315 — кислицевые
jänesekõrv — *Bupleurum* 418 — володушка
jürilill — *Cardamine* 308, 415 — сердечник

K

Kaalikas — *Brassica* 307 — брюква
kaameliohakas — *Alhagi* 335, 480 — верблюжья колючка
kadakkaer — *Gerastium* 302, 411 — ясколка
kadakas — *Juniperus* 274, 410, 424 — можжевельник
kaer — *Avena* 389 — овёс
kaeralised — *Aveneae* 380 — овсовые
kaheidulehelised taimed — *Dicodyledoneae* 282 — двудольные растения
kail — *Ledum* 342 — багульник
kakiploomipuu — *Diospyros* 428 — хурма
kaktus — *Cactus* 427 — кактус
kalamiit — *Calamites* 267 — каламит
kampešipuu — *Haematoxylon* 335 — кампешевое дерево
kampripuu — *Cinnamomum* 428 — камфорный лавр
kanakoole — *Ficaria* 284, 412 — чистяк
kanarbik — *Calluna* 342, 413 — вереск
kanarbikulised — *Ericaceae* 342 — вересковые
kanatnik — *Abutilon* 317 — канатник
kandseened — *Basidiomycetes* 239 — базидиомицеты
kanep — *Cannabis* 151, 291 — конопля
kannatuslill — *Passiflora* 119 — пассифлора
kannike — *Viola* 312, 410 — фиалка
kannikeselised — *Violaceae* 312 — фиалковые
kanntaim — *Nepenthes* 477 — кувшинник
kappar — *Capparis* 424 — каперцы
kapparilised — *Capparidaceae* 312 — каперцовые
kapsanuuter — *Plasmodiophora* 224 — капустная кила
kapsas — *Brassica* 305 — капуста
kardhein — *Ceratophyllum* 414 — роголистник

karelehelised — *Borraginaceae* 343 — бурачниковые
karevetikas — *Cladophora* 195 — кладофора
karikakar — *Anthemis* 361 — пупавка
kartul — *Solanum* 345 — картофель
karukeel — *Lycopsis* 250 — кривоцвет
karukell — *Pulsatilla* 284, 413, 418 — прострел
karumustikas — *Atropa* 345, 349 — белладонна
karuohakas — *Carduus* 361, 362 — чертополох
karuputk — *Heracleum* 339 — борщевик
karusammal — *Polytrichum* 256, 260, 413 — кукушкин лён
karusmari — *Grossularia* 327 — крыжовник
kaselised — *Betulaceae* 288 — березовые
kasepuravik — *Boletus* 241 — березовик
kask — *Betula* 288, 289, 410 — береза
kassia — *Cassia* 335 — кассия
kassinaeris — *Malva* 317 — мальва
kassinaerilised — *Malvaceae* 315 — мальвовые
kassitapp — *Convolvulus* 342 — вьюнок
kassitapulised — *Convolvulaceae* 342 — вьюнковые
kassiurb — *Gnaphalium* 411, 413 — сушеница
kastan — *Castanea* 87, 291, 423 — каштан
kastehein — *Agrostis* 391, 415 — полевица
kasteheinalised — *Agrostideae* 380 — полевицевые
kastevars — *Deschampsia* 393, 413 — щучка, луговик
kastik — *Calamagrostis* 413 — вейник
katkujuur — *Petasites* 414 — подбел
katteseemnetaimed — *Angiospermae* 185, 280 — покрытосеменные растения
kaulerpa — *Caulerpa* 35, 196 — каулерпа
kaunviljalised — *Leguminosae* 335 — бобовые
kautšukipuu — *Hevea* 320 — гевея
keelõielised — *Liguliflorae* 361 — язычкоцветные
keerdlehikud — *Pteropsida* 265 — папоротниковидные
keermikvetikas — *Spirogyra* 39, 198 — спирогира
keerispea — *Phacelia* 345 — фацелия
keldriseen — *Coniophora* 242 — кониофора
kellukas — *Campanula* 356, 415 — колокольчик
kellukõielised — *Campanulaceae* 356 — колокольчиковые
kenaff — *Hibiscus* 317 — кенаф
kerahein — *Dactylis* 393, 415 — ежа
kerasviburlane — *Volvox* 192 — вольвокс
kerasviburilised — *Volvocaceae* 192 — вольвоксовые
kesakann — *Sagina* 416 — мшанка
ketasseened — *Discomycetes* 237 — дискомицеты
kevadik — *Draba* 185, 310, 410 — крупка
kibekas — *Acroptilon* 367 — горчак
kibuvits — *Rosa* 322, 412, 416 — шиповник
kidad — *Sphenopsida* 265 — клинолистные растения
kiinapuu, kiniinipuu — *Cinchona* 354 — хинное дерево
kiirikseened — *Actinomycetes* 227, 251 — лучистые грибы
kikkaputk — *Archangelica* 339 — дягиль
kikkapuu — *Evonymus* 412, 416, 427 — бересклет
kilbirohi — *Alyssum* 420 — бурачок
kilbukas — *Hydrocharis* 37, 414 — водокрас, лягушатник
kilbukalised — *Hydrocharitaceae* 371 — водокрасовые
kilpjalg — *Pteridium* 265, 270 — орляк
kimarputk — *Trinia* 418 — кудрявец
kipslill — *Gypsophila* 418 — качим
kirburohi, konnatatar — *Polygonum* 295, 414, 420 — горец
kirikakar — *Bellis* 361 — маргаритка
kirisamblik — *Graphis* 252 — письменный лишайник

kirsipuu — *Cerasus* 323, 423 — вишня
kirssploomipuu — *Prunus* 423 — алыча
kivipuravik — *Boletus* 241 — белый гриб
kivirik — *Saxifraga* 327, 410 — камнеломка
kivirikulised — *Saxifragaceae* 326 — камнеломковые
klamüdomoonas — *Chlamydomonas* 191 — хламидомонада
klorell — *Chlorella* 194 — хлорелла
klorokokkum — *Chlorococcum* 193 — хлорококк
klosteerium — *Closterium* 200 — клостерий
klostriidium — *Clostridium* 471 — клостридиум
kobarhüatsint — *Muscari* 418 — гиацинт мышиный
koeranaeris — *Bryonia* 359, 518 — переступень
koerapöörirohi — *Hyoscyamus* 345, 348 — белена
koeras — *Cannabis* 291 — посконь
koerputk — *Aethusa* 336, 415 — петрушка собачья
koerõispuu — *Viburnum* 412 — калина
kogelejarohi — *Berteroa* 310 — икотник
kogrits — *Gyromitra, Helvella* 238 — строчок
kohvipuu — *Coffea* 354 — кофейное дерево
koirohi — *Artemisia* 361 — полынь
koksagõss — *Taraxacum* 362, 365 — кок-сагыз
kold — *Lycopodium* 265, 413 — плаун
koldrohi — *Anthyllis* 415 — язвенник
kollakas — *Barbarea* 308, 415 — сурепица, сурепка
kollane akaatsia — vt. läätspuu
kolleema — *Collema* 252 — коллема
konnarohi — *Alisma* 414 — частуха
konnarohulised — *Alismataceae* 371 — частуховые
konnatatar — vt. kirburohi
kontpuu — *Cornus* 336, 423 — кизил
kookospalm — *Cocos* 181, 427 — кокосовая пальма
kooresamblik — *Evernia* 253 — дубовый мох
kopsurohi — *Pulmonaria* 47, 344, 412 — медуница
kordaiidid — *Cordaites* 274 — кордаиты
korgipuu — *Phellodendron* 64 — бархатное дерево
korgitamm — *Quercus* 430 — дуб пробковый
koriander — *Coriandrum* 336 — кориандр
kormofüüdid — *Cormophyta* 28, 33, 184 — листостебельные растения
kortsleht — *Alchemilla* 323, 412, 415, 482 — манжетка
korvõielised — *Compositae* 359 — сложноцветные
kotkasiib — *Struthiopteris* 270 — страусовый папоротник
kottseened — *Ascomycetes* 233 — аскомицеты
kosmaarium — *Cosmarium* 200 — космариум
krapp — vt. punavärvik
kress — *Lepidium* 310, 420 — перечник, кресс
kroonlehitud — *Apetalae* 282 — безлепестные
krookokk — *Chroococcus* 207 — хрококк
krookus — *Crocus* 407 — крокус
kroonrooste — *Puccinia* 249, 320 — корончатая ржавчина
krüptomeeria — *Cryptomeria* 427 — криптомерия
krüsanteem — *Chrysanthemum* 361 — хризантема
ksantiidium — *Xanthidium* 200 — ксантидиум
kukehari — *Sedum* 78, 97 — очиток
kukehirss — *Echinochloa* 397 — просо куриное
kukekannus — *Delphinium* 284 — живокость
kukeleib — *Setaria* 395 — щетинник
kukemari — *Empetrum* 411, 413 — вороника
kukerpuu — *Berberis* 248, 286 — барбарис
kukerpuulised — *Berberidaceae* 286 — барбарисовые
kukesaba — *Lythrum* 415, 497 — плакун-трава

kukeseen — *Cantharellus* 240 — лисичка
kuldkann — *Helianthemum* 407 — солнцецвет
kuldking — *Cypripedium* 403, 417 — венерин башмачок
kuldlakk — *Cheiranthus* 310 — лакфиоль
kuldtäht — *Gagea* 137, 413 — гусиный лук
kuldvits — *Solidago* 362 — золотарник
kuljuslill — *Adenophora* 357 — бубенчик
kullerkupp — *Trollius* 284, 412 — купальница
kummel — *Matricaria* 181, 361 — ромашка
kummipuu — *Ficus elastica* 291 — фикус
kurekael — *Erodium* 180, 314 — аистник
kurekell — *Aquilegia* 284 — водоспор
kurelääts — *Orobus* 412 — сочевичник
kuremõõk — *Gladiolus* 154 — шпажник
kurereha — *Geranium* 314, 415 — герань
kurerehalised — *Geraniaceae* 314 — гераниевые
kurgirohi — *Borrago* 47, 344 — огуречная трава, бурачник
kurk — *Cucumis* 358, 489 — огурец
kuslapuu — *Lonicera* 99, 412, 416 — жимолость
kuslapuulised — *Caprifoliaceae* 355 — жимолостные
kuupäevarohi — *Melampyrum* 351 — марьянник
kuusk — *Picea* 274, 279, 410, 423 — ель
kuuskjalg — *Pedicularis* 413, 473 — вшивица
kuutõverohi — *Polygonatum* 373, 413 — купена
kõrkjas — *Scirpus* 400 — камыш
kõrrelised — *Gramineae* 375 — злаковые
kõrrenõgi — *Urocystis* 243 — стеблевая головня
kõrrerooste — *Puccinia* 246 — ржавчина стебелевая
kõrvik — *Galeopsis* 353 — пикульник, зября
kõrvits — *Cucurbita pepo* 357, 489 — тыква
kõrvitsalised — *Cucurbitaceae* 357 — тыквенные
kõvanõgi — *Tilletia* 243 — твердая головня
kõõlusleht — *Sagittaria* 123, 414 — стрелолист
käbihein — *Brunella* 351, 415 — черноголовка
kändalised — *Corymbiferae* 361 — дисконосные
kännak — *Valerianella* 356 — валерьянница
kännuseen — *Armillaria* 227, 240 — опенок
käokannus — *Linaria* 350, 415 — льнянка
käokeel — *Platanthera* 403, 417 — ночная фиалка, любка
käoking — *Aconitum* 284, 415 — аконит
käokübar — vt. kellukas
käolina — vt. karusammal
käopäkk — *Lathraea* 351, 473 — петров крест
käpalised — *Orchidaceae* 402 — ятрышниковые
käpp — *Orchis* 402, 415 — ятрышник
kärbseseen — *Amanita* 227 — мухомор
kärbsepüünis — *Dionaea* 476 — мухоловка
käsnkõrvits — *Luffa* 359, 430 — люфа
kääbuspalm — *Chamaerops* 427 — хамеропс
köömen — *Carum* 336, 415 — тмин
küberooste — *Uromyces* 246, 250 — уромицес
küdoonia — *Cydonia* 326 — айва
külmaseen — *Armillaria* 240 — опенок
künnapuu — *Ulmus* 293 — вяз
küpress — *Cupressus* 274, 427 — кипарис
küüslauk — *Allium* 371 — чеснок
küüvits — *Andromeda* 413 — андромеда

Laanelill — *Trientalis* 342 — седмичник
laanesõnajalg — *Struthiopteris* 270 — страусовый папоротник
lagritsapõõsas — *Glycyrrhiza* 355 — солодка
lahk-kroonlehised — *Choripetalae* 282 — раздельнолепестные
lahnarohi — *Isoetes* 271 — полушник
lajurooste — *Puccinia* 246 — пуцциния
lakmusesamblik — *Roccella* 253 — лакмусовый лишайник
lallemantia — *Lallemantia* 351 — лаллеманция
lapiksamblik — *Parmelia* 252 — пармелия
lauk — *Allium* 371, 419 — лук
laukapuu — *Prunus* 324, 424 — терновик
lavaseened — *Hymenomycetes* 240 — гименомицеты
lavendel — *Lavandula* 351, 428 — лаванда
leedripuu — *Sambucus* 412, 416 — бузина
leetpõõsas — *Genista* 335, 417 — дрок
lehikulised seened — *Agaricaceae* 240 — пластинниковые грибы
lehis — *Larix* 274, 299, 410 — лиственница
lehmalill — *Vaccaria* 303 — тысячеголовник
lehtadru — *Laminaria* 188, 190, 204 — ламинария
lehtertapp — *Ipomoea* 342 — ипомея
lehtsamblad — *Musci* 258, 259 — лиственные мхи
lehtsamblikud — 252 — листовидные лишайники
lemlelised — *Lemnaceae* 371 — рясковые
lemmel — *Lemna* 414 — ряска
lemmjuur — *Jurinea* 418 — юринея
lemmalts — *Impatiens* 180 — недотрога
lemmaltsalised — *Balsaminaceae* 315 — бальзаминовые
lendnõgi — *Ustilago* 242 — пыльная головня
lepidodendron — *Lepidodendron* 264 — лепидодендрон
lepiklill — *Chrysosplenium* 327 — селезёночник
lepp — *Alnus* 288, 416 — ольха
leptootriks — *Leptothrix* 218 — лептотрикс
leseleht — *Majanthemum* 413 — майник
letaaria — *Letharia* 253 — летария
levkoi — *Matthiola* 310 — левкой
liblikõielised — *Papilionaceae* 326 — мотылковые
liguster — *Ligustrum* 427, 428 — бирючина
liilia — *Lilium* 371 — лилия
liilialised — *Liliaceae* 371 — лилейные
liitkroonlehised — *Sympetalae* 341 — сростнолепестные
liivatee — *Thymus* 351, 415, 418 — тимьян
liivkann — *Arenaria* 418 — песчанка
lillakas — *Rubus* 323 — костянка
limaseened — *Myxophyta* 184, 223 — слизевики
lina — *Linum* 314 — лен
linaliilia — *Phormium* 429 — новозеландский лен
linalised — *Linaceae* 312 — леновые
linnujalg — vt. seradella
linnupiim — *Ornithogalum* 250, 418 — птицемлечник
linnurohi — *Polygonum* 181, 295 — спорыш
lipphernes — *Oxytropis* 418 — остролодочник
litterhein — *Thlaspi* 310 — ярутка
liudseen — *Peziza* 238 — пезиза
lobeelia — *Lobelia* 357 — лобелия
lodjapuu — *Viburnum* 416 — калина
loodjuur — *Onosma* 418 — оносма
loorberilised — *Lauraceae* 286 — лавровые
loorberipuu — *Laurus* 113, 286, 427 — лавр

loorberkirss — *Laurocerasus* 423, 427 — лавровишня
lufa — *Luffa* 430 — люфа
luga — *Juncus* 410, 415 — ситник
luigelillelised — *Butomaceae* 371 — сусаковые
lumikelluke — *Galanthus* 508 — подснежник
lumiseen — *Fusarium* 251 — снежная плесень
lupiin — *Lupinus* 328, 332, 468 — люпин
luste — *Bromus* 393, 394, 415 — костер
lutiklill — *Perilla* 351 — перилла, судза
lutsern — *Medicago* 31, 328, 421 — люцерна
luuderohi — *Hedera* 336, 423 — плющ
lõikhein — *Cyperus* 400 — сыть
lõikheinalised — *Cyperaceae* 371, 399 — осоковые
lõokannus — *Corydalis* 137, 305, 412 — хохлатка
lõosilm — *Myosotis* 47, 344, 410, 415 — незабудка
lääts — *Lens* 328, 335 — чечевица
läätspuu, kollane akaatsia — *Caragana* 335 — желтая акация
lüngbüa — *Lyngbya* 208 — лингбия

M

Maajalg — *Glechoma* 121, 351, 412 — будра
maamandel — *Cyperus* 400 — чуфа
maapirn — *Helianthus* 361, 364, 435 — земляная груша
maapähkel — *Arachis* 60, 328 — арахис
maarjahein — *Anthoxanthum* 395, 415 — душистый колосок
maarjalepp — *Agrimonia* 121, 181 — репейник
maarjasõnajalg — *Dryopteris* 265, 267 — щитовник
maasapp — *Erythraea* 415 — золототысячник
maasikapuu — *Arbutus* 424 — земляничное дерево
maasikas — *Fragaria* 323, 412, 482 — земляника
maavits — *Solanum* 345, 349 — паслен
maavitsalised — *Solanaceae* 345 — пасленовые
madar — *Galium* 354, 415, 417 — подмаренник
madaralised — *Rubiaceae* 354 — мареновые
maduliilia — *Dracaena* 371 — драцена
magnoolia — *Magnolia* 286, 427 — магнолия
magnoolialised — *Magnoliaceae* 286 — магнолиевые
magun — *Papaver* 303 — мак
magunalised — *Papaveraceae* 303 — маковые
magus kartul — vt. bataat
maguskirsipuu — *Prunus* 324 — черешня
maikelluke — *Convallaria* 375 — ландыш
mailane — *Veronica* 351, 412, 415 — вероника
mailaselised — *Scrophulariaceae* 350 — норичниковые
mais — *Zea* 176, 397 — кукуруза
maisilised — *Maydeae* 380 — маисовые
majanääts — *Poria* 342 — пория
majavamm — *Merulius* 226, 242 — домовой гриб
maksasamblad — *Hepaticae* 28, 258 — печеночники
malts — *Atriplex* 298, 299 — лебеда
maltsalised — *Chenopodiaceae* 296 — маревые, лебедовые
mammutipuu — *Sequoia* 87, 273, 427 — секвойя, мамонтовое дерево
mandariinipuu — *Citrus* 315, 428 — мандарин
mandel, mandlipuu — *Amygdalus* 324, 417, 428 — миндаль
mannasamblik — *Lecanora* 253 — лишайниковая манна
maran — *Potentilla* 323, 410, 412 — лапчатка
mariadru — *Sargassum* 188 — саргассум
marjamalts — *Blitum* 497 — жминда

marsiilia — *Marsilia* 271 — марсилия
melon — *Cucumis* 358 — дыня
melonipuu — *Carica* 493 — дынное дерево
merikann — *Armeria* 411 — армерия
merikapsas — *Crambe* 418, 419 — катран
merisalat — *Cochlearia* 407 — ложечная трава
mesikas — *Melilotus* 328, 331 — донник
mesikaste — 237 — медвяная роса
metspipar — *Asarum* 113, 137, 413 — копытень
mets-viinapuu — *Parthenocissus* 320 — дикий виноград
metsvits — *Lysimachia* 342, 412, 415 — вербейник
mets-õunapuu — *Malus* 416 — дикая яблоня
mikrosfeera — *Microsphaera* 236 — микросфера
mikrasteerias — *Micrasterias* 200 — микростериас
mimoos — *Mimosa* 335, 519 — мимоза
mimoosilised — *Mimosoideae* 335 — мимозовые
mittetäielikud seened — *Fungi imperfecti* 251 — несовершенные грибы
moniilia — *Monilia* 238 — монилия
mooruspuu — *Morus* 291, 423 — тутовое дерево
mooruspuulised — *Moraceae* 291 — тутовые
munasseened — *Oomycetes* 229 — оомицеты
mungalill — *Tropaeolum* 141, 482 — садовая настурция
mungapipar — *Vitex* 424 — авраамово дерево
murakas — *Rubus* 323, 411, 416 — морошка
murumuna — *Lycoperdon* 227, 242 — дождевик
mururohi — vt. linnurohi
muskuslill — *Adoxa* 137 — адокса
mustikas — *Vaccinium* 342, 413, 422 — черника
mustjuur — *Scorzonera* 361 — сладкий корень
mužootia — *Mougeotia* 200 — можоция
mõik-rohevetikad — *Siphonales* 196 — сифоновые
mõrkjas — *Picris* 363, 367 — горчак
mõõl — *Geum* 322, 412, 415 — гравилат
mädarõigas — *Cochlearia* 310, 460 — хрен
mägi-aster — *Aster* 407 — степная астра
mägisibul — *Sempervivum* 97, 115 — молодило
mänd — *Pinus* 274, 412, 424 — сосна
mändvetikad — *Characeae* 191 — харовые
mändvetikas — *Chara* 200 — хара
mätashari — *Celosia* 497 — петуший гребень
münt — *Mentha* 315, 412, 415 — мята
mügarseen — *Sclerotinia* 238 — склеротиния
mürkel — *Morchella* 238 — сморчок
mürkputk — *Cicuta* 336, 339, 415 — вех

N

Naat — *Aegopodium* 339, 482 — сныть
naeris — *Brassica* 307 — репа
naerishein — *Brassica* 307 — полевая репа
naistenõges — *Nepeta* 418 — котовник
naistepõna — *Hypericum* 415 — зверобой
naistepunalised — *Hypericaceae* 312 — зверобойные
naistesõnajalg — *Athyrium* 270 — женский папоротник, кочедыжник

naviikula — *Navicula* 201 — навикула
neitsiärtse — *Pyrethrum* 361 — пиретрум
neiuking — *Calypso* 413 — калипсо
nelgilised — *Caryophyllaceae* 300 — гвоздичные

nelk — *Dianthus* 303, 415 — гвоздика
niisujuur — *Eranthis* 508 — зимовник
nisu — *Triticum* 382 — пшеница
nitella — *Nitella* 38, 201 — нителла
nuivetikas — *Vaucheria* 196 — вошерия
nulg — *Abies* 274, 279, 412, 422 — пихта
nurmenukk — *Primula* 156, 342, 412, 415 — первоцвет
nurmenukulised — *Primulaceae* 342 — первоцветные
nurmikas — *Poa* 392, 411, 421, 497 — мятлик
nutthallitus — *Mucor* 227, 232 — мукор
nuut — vt. põishernes
nõges — *Urtica* 292 — крапива
nõgeselised — *Urticaceae* 292 — крапивные
nõgiseened — *Ustilaginales* 242 — головневые грибы
nõiahammas — *Lotus* 328, 330, 415 — лядвенец
nälghein — *Spergula* 303 — торица
näsarooste — *Gymnosporangium* 246, 250 — гимноспорангиум
näsiniin — *Daphne* 416 — вольче лыко
nään — *Pimpinella* 338, 415 — бедренец

O

Oblikas — *Rumex* 295, 411, 415 — щавель
oder — *Hordeum* 385 — ячмень
odralised — *Hordeae* 380 — ячменные
ogaputk — *Eryngium* 336, 418 — синеголовник
ohakas — *Cirsium* 361, 367, 419 — бодяк
ohulill — *Gratiola* 351, 415 — авран
ojak — *Fontinalis* 260 — водяной мох
okasmalts, okasleht — *Salsola* 299, 419 — курай
okaspaju — *Hippophae* 468 — облепиха
okaspuud — *Coniferae* 272, 273 — хвойные
okastürn — *Paliurus* 423, 424 — держи-дерево
okasõun — *Datura* 345, 348 — дурман
oleander — *Nerium* 427 — олеандр
opuntsia — *Opuntia* 427 — опунция
orashein — *Agropyrum* 386, 415, 421 — пырей
osjad — *Equisetum* 266, 415 — хвощи
ostsillatooria — *Oscillatoria* 207 — осциллатория

P

Paakspuu — *Rhamnus* 249, 320, 412 — крушина ломкая
paelrohi — *Phalaris* 415 — канареечник
paelrohulised — *Phalarideae* 380 — канареечные
paiseleht — *Tussilago* 363, 414 — мать-и-мачеха
paju — *Salix* 288, 410, 416 — ива
pajulised — *Salicaceae* 286 — ивовые
paljasseemnetaimed — *Gymnospermae* 184, 272 — голосеменные
palderjan — *Valeriana* 355, 410, 415 — валерьяна
palderjanilised — *Valerianaceae* 355 — мауновые
palmid — *Palmae* 371, 427 — пальмы
palmliilia — *Yucca* 371, 429 — юкка
pandoriina — *Pandorina* 193 — пандорина
pappel — *Populus* 288 — тополь
parkjuur — *Statice* 420 — кермек
parkmullapuu — *Rhus* 424 — сумах
paskhein — *Serratula* 417, 418, 419, 420 — серпуха
pastinak — *Pastinaca* 336 — пастернак

paveta — *Pavetta* 468 — паветта
pediastrum — *Pediastrum* 194 — педиаструм
peet — *Beta* 296 — свекла
peitkottseened — *Perisporaceae* 235 — периспориевые грибы
pelargoon — *Pelargonium* 314, 428 — пеларгония
penikeel — *Potamogeton* 414 — рдест
penikeelelised — *Potamogetonaceae* 371 — рдестовые
penitsillium — *Penicillium* 233 — пеницилл
persikupuu — *Persica* 324, 428 — персик
pesajuur — *Neottia* 474 — гнездовка
petersell — *Petroselinum* 336 — петрушка
pigirooste — *Melampsora* 246, 250 — мелампсора
pihlakas — *Sorbus* 326, 410, 416 — рябина
pihlenelas — *Sorbaria* 321 — рябинник
pihta — *Abies* 274, 279 — пихта
piibeleht — *Convallaria* 371, 375, 413 — ландыш
piimalill — *Euphorbia* 250, 318, 424 — молочай
piimalillelised — *Euphorbiaceae* 318 — молочайные
piimjuur — *Tragopogon* 361, 415 — козлобородник
piimnõges — vt. iminõges
piimohakas — *Sonchus* 361, 362, 366 — осот
piimputk — *Peucedanum* 418 — горичник
pilliroog — *Phragmites* 414. — тростник
pilvik — *Russula* 240 — сыроежка
pilvvetikas — *Nostoc* 208, 418 — носток
pinnulaaria — *Pinnularia* 201 — пиннулярия
pintselseen — *Penicillium* 234 — кистевик
piparriisikas — *Lactarius* 240 — груздь
pirnadru — *Macrocystis* 188, 204 — макроцистис
pirnipuu — *Pirus* 325, 416, 423 — груша
pistaatsia — *Pistacia* 424 — терпентинное дерево
pleurokokk — *Pleurococcus* 194 — плеврококк
pleurosigma — *Pleurosigma* 201 — плеурозигма
ploomipuu — *Prunus* 324 — слива
podokarpus — *Podocarpus* 468 — подокарпус
pohl — *Vaccinium* 342, 413 — бурсника
pojeng — *Paeonia* 284, 418 — пеон
pomerantsipuu — *Citrus* 315 — померанец
porgand — *Daucus* 336 — морковь
porss — *Myrica* 468 — мирика
priimula — *Primula* 47 — примула
pritskurk — *Ecballium* 180, 424 — бешеный огурец
pruunvetikad — *Phaeophyceae* 203 — бурные водоросли
pudelkõrvits — *Lagenaria* 359 — горлянка
pueraaria — *Pueraria* 429 — пуэрария
puguseened — *Gasteromycetes* 240, 242 — гастеромицеты
puju — *Artemisia* 361, 362, 419, 421 — полынь
pukspuu — *Buxus* 424, 427 — самшит
punakaste — *Fusarium* 227, 251 — фузариум
punand — *Fumaria* 305 — дымянка
punandilised — *Fumariaceae* 305 — дымянковые
punanupp — *Sanguisorba* 415 — кровохлепка
punapipar, paprika — *Capsicum* 345 — красный перец
punapuravik — *Boletus* 241 — осиновик
punavetikad — *Rhodophyceae* 203 — красные водоросли
punavärvik, krapp — *Rubia* 355 — марена
pune — *Origanum* 415 — душица
pungsammal — *Bryum* 260 — бриум
puravik — *Boletus* 241, 477 — боровик
putkelised — *Umbelliferae* 336 — зонтичные

putkõielised — *Tubiflorae* 361 — трубоцветные
puuvillapõõsas — *Gossypium* 316, 421 — хлопчатник
puutael — *Polyporus* 227 — трутовик древесный
puuvõõrik — *Viscum* 497 — омела
põdrajuur — *Libanotis* 418 — порезник
põdrakanep — *Chamaenerium* 418 — иван-чай
põdraputk — *Seseli* 418 — жабрица
põdrasamblik — *Cladonia* 252, 413 — олений мох
põishernes, nuut — *Cicer* 168, 328 — нут
põisrohi — *Silene* 303, 418 — смолевка
põldmurakas — *Rubus* 416 — ежевика
põldsinep — vt. sinep
põlduba — *Vicia* 334 — боб конский
põõsasmalts — *Kochia* 420, 421 — кохия
põõsas-toompuu — *Prunus* 417 — вишня степная
päevalill — *Helianthus* 361, 363 — подсолнечник
pähklipuu — *Juglans* 423 — грецкий орех
päris-lehtsamblad — *Bryales* 259 — зеленые мхи
päris-rohevetikad — *Isocontae* 191 — собственно-зеленые
— водоросли
pärisraikad — *Lycopsida* 265 — плаунообразные растения
pärmseened — *Saccharomyces* 233, 502 — дрожжевые грибки
pärn — *Tilia* 318, 416 — липа
pärnalised — *Tiliaceae* 318 — липовые
pöök, pöökpuu — *Fagus* 87, 290, 291, 423, 508 — бук
pöökpuulised — *Fagaceae* 290 — буковые
püreetrid — *Pyrethrum* 419 — пиретрумы
püvilill — *Fritillaria* 114 — рябчик

R

Rabakas — *Scheuchzeria* 413 — шейхцерия
rabamurakas — *Rubus* 413 — морошка
rabarber — *Rheum* 296 — ревень
rabasammal — vt. turbasammal
rafiapalm — *Raphia* 427 — рафия
rafiidium — *Raphidium* 194 — рафидиум
rahupalm — *Cycas* 272, 276 — саговник
raihein — *Lolium* 387, *Arrhenatherum* 393 — райграс
rakistaimed — *Thallophyta* 29, 33, 184 — слоевцовые растения
ramjee — *Boehmeria* 292, 429 — рами
raps — *Brassica* 308 — рапс
rauabakterid — 217 — железобактерии
raudrohi — *Achillea* 361, 415 — тысячелистник
raudürdilised — *Verbenaceae* 354 — вербеновые
raudürt — *Verbena* 354 — вербена
rebasesaba — *Alopecurus* 395, 415, 416 — лисохвост
rebashein — *Amaranthus* 299, 300, 497 — щирица
rebasheinalised — *Amaranthaceae* 300 — амарантовые
remmelgas — *Salix* 413 — бредина
reseeda — *Reseda* 418 — резеда
reseedalised — *Resedaceae* 312 — резедовые
riis — *Oryza* 371, 391, 421 — рис
riisikas — *Lactarius* 240 — рыжик
riisilised — *Oryzeae* 380 — рисовые
riitsinus — *Ricinus* 54, 319 — клещевина
rinnarohi — *Linosyris* 420 — грудница
ristik — *Trifolium* 29, 328, 414 — клевер
ristirohi — *Senecio* 87, 419 — крестовник

ristõielised — *Cruciferae* 305 — крестоцветные
rivulaaria — *Rivularia* 203 — ривулярия
robiinia — vt. eba-akaatsia
robirohi — *Alectorolophus* 351, 415, 473 — погремок
rododendron — *Rhododendron* 342, 422, 423 — рододендрон
roheline hallitus — *Penicillium* 227, 234 — сизая плесень
rohevetikad — *Chlorophyceae* 191 — зеленые водоросли
roosteseened — *Uredinales* 246 — ржавчинные грибы
roos — *Rosa* 322 — роза
roosõielised — *Rosaceae* 321 — розоцветные
rosmariin — *Rosmarinus* 351, 428 — розмарин
rotang — *Calamus* 87 — ротанга
rukis — *Secale* 380 — рожь
rukki-kastehein — *Apera* 394 — метлица
rukkilill — *Centaurea* 368 — василёк
ruse — *Bidens* 181, 361, 414 — череда
ruskus — *Ruscus* 97, 424 — рускус
rusujuur — *Lithospermum* 344 — воробейник
ruudilised — *Rutaceae* 315 — рутовые
ruut — *Ruta* 315 — рута
rõigas, rõikhein — *Raphanus* 308 — редька
rõngaslill — *Lavatera* 317 — хатьма
ränivetikad — *Diatomeae* 201 — диатомовые водоросли

S

Saar — *Fraxinus* 416, 423, 428 — ясень
safloor — *Cartamus* 361 — сафлор
saksaul — *Haloxylon* 300, 421 — саксаул
salat — *Lactuca* 122, 361 — салат
saluhein — *Milium* 413 — бор
salvei — *Salvia* 157, 351, 417 — шалфей
salviinia — *Salvinia* 75, 270 — сальвиния
samblikud — *Lichenes* 184, 251 — лишайники
sametpuravik — *Boletus* 241 — моховик
sammaltaimed — *Bryophyta* 28, 255 — мхи
saneljalg — *Athyrium* 270 — кочедыжник
saproleegnia — *Saprolegnia* 229 — сапролегния
sarapuu — *Corylus* 288, 289, 412, 416, 477 — орешник
sarikalised — *Umbelliferae* 336 — зонтичные
sarsasan — *Halocnemum* 420 — сарсазан
sarvikpea — *Ceratocephalus* 418 — репяшок
sarvrohi — *Cerastium* 302 — ясколка
sarvviljak — *Ceratocarpus* 419, 420 — устели-поле
seahernes — *Lathyrus* 328, 330, 414, 415 — чина
seakapsas — *Cirsium* 121 — бодяк
sealõuarohi — *Scrophularia* 412 — норичник
seanupp — *Leontodon* 415 — кульбаба
seatapp — *Calystegia* 342 — вьюн
seebililll — *Saponaria* 303, 415 — мыльнянка
seeder — *Cedrus* 279, 427 — кедр
seedermänd — *Pinus* 87, 250, 277 — кедр сибирский
seemne-sõnajalad — *Pteridospermae* 272 — семенные папоротники
seened — *Fungi* 184, 225 — грибы
seenlill — *Monotropa* 413, 475 — подъельник
seentaimed — *Fungi* 184 — грибы
seigseened — *Zygomycetes* 229 — зигомицеты
seinakorp — *Xanthoria* 252, 254 — стенной лишайник
selaginell — *Selaginella* 266 — селагинелла

seljarohi — *Mercurialis* 407 — пролеска
seller — *Apium* 336 — сельдерей
septooria — *Septoria* 251 — септория
seradella — *Ornithopus* 328, 469 — сераделла
sfagnum — vt. turbasammal
sferoteeka — *Sphaerotheca* 236 — сферотека
sidrunipuu — *Citrus* 315, 428 — лимон
sigillaria — *Sigillaria* 264 — сигиллярия
sigur — *Cichorium* 361 — цикорий
silmarohi — *Euphrasia* 351, 417, 473 — очанка
silmviburlane — *Euglena* 190 — эвглена
sinep — *Sinapis* 308 — горчица
sinerõigas — *Isatis* 312 — вайда
sinikas — *Vaccinium* 342, 413 — голубика
siniladvalised — *Polemoniaceae* 343 — синюховые
siniliilia — *Scilla* 407, 413, 508 — подснежник
sinilill — *Hepatica* 284 — перелеска
sininukk — *Jasione* 342, 413, 415 — букашник
sinivetikad — *Cyanophyceae* 206, 414 — синезеленые водоросли
sirel — *Syringa* 428 — сирень
sirpputk — *Falcaria* 418 — резак
sklerotiinia — vt. mügarseen
sojauba — *Glycine* 328, 421 — соя
soldanella — *Soldanella* 407 — сольданелла
soofora — *Sophora* 335 — софора
sookail — *Ledum* 342, 413 — багульник
sooküpress — *Taxodium* 427 — таксодий
soolarohi — *Salicornia* 49, 299, 420 — солерос
soolikarohi — *Tanacetum* 361 — пижма
soomukas — *Orobanche* 351, 473 — заразиха
sorgo — *Sorghum* 371, 389 — сорго
spinat — *Spinacia* 298 — шпинат
stahhübotrüs — *Stachybotrys* 227 — стахиботрис
stepi-aruhein — *Festuca* 419 — типчак
stepirohi — *Stipa* 371, 417, 418 — ковыль
stsenedesm — *Scenedesmus* 194 — сценедесмус
sugapea — *Cynosurus* 415 — гребенник
suhkruroog — *Saccharum* 371, 434 — сахарный тростник
surmaputk — *Conium* 336, 340 — болиголов
sõnajalg — *Dryopteris* 413, 417 — папоротник
sõnajalgtaimed — *Pteridophyta* 184, 263 — папоротникообразные растения
sõrmkübar — *Digitalis* 351 — наперстянка
sõrmrohi — *Cynodon* 397 — свинорой, пальчатая трава
sõstar — *Ribes* 326 — смородина
sügislill — *Colchicum* 373 — безвременник
sügislillelised — *Colchicaceae* 373 — зимовниковые
sügneema — *Zygnema* 198, 200 — зигнема
süneedra — *Synedra* 201 — синедра

Š

Šampinjon — *Psalliota* 226, 240 — шампиньон

T

Tabellaria — *Tabellaria* 201 — табеллярия
takjas — *Lappa* 361, 363 — лопух

talivikk — *Vicia* 330 — вика
tallofüüdid — *Thallophyta* 29, 33, 184 — талломные растения
tamm — *Quercus* 290, 416, 423 — дуб
tapurohi — *Echinospermum* 344, 420 — липучка
tarn — *Carex* 400, 415, 420 — осока
tatar — *Fagopyrum* 293, 482 — гречиха
tatralised — *Polygonaceae* 293 — гречишные
tausagõss — *Scorzonera* 362 — тау-сагыз
tedremaran — *Potentilla* 323 — лапчатка-узик
teeleht — *Plantago* 351 — подорожник
teelised — *Theaceae* 312 — чайные
teepõõsas — *Thea* 428 — чайное дерево
tekooma — *Tecoma* 427 — текома
tihashein — *Scutellaria* 351, 415 — шлемник
till — *Anethum* 338 — укроп
timut — *Phleum* 395, 415 — тимофеевка
tiofüüsa — *Thiophysa* 217 — тиофиза
tiootriks — *Thiothrix* 217 — тиотрикс
tokkroos — *Althaea* 317 — штокроза
tolüpootriks — *Tolypothrix* 208 — толипотрикс
tomat — *Lycopersicum* 345, 489 — томат
toomingas — *Padus* 324 — черёмуха
toompihlakas — *Amelanchier* 326 — ирга
topinambur — vt. maapirn
torik — *Polyporus* 241 — полипорус
torikulised — *Polyporaceae* 241 — трутовиковые
tselkova — *Zelkowa* 423 — дзельква
tsitrus — *Citrus* 315, 428 — цитрус
tsümbella — *Cymbella* 201 — цимбелла
tubakas — *Nicotiana* 24, 345 — табак
tuberoos — *Polianthes* 428 — тубероза
tuder — *Camelina* 310 — рыжик
tuhkpuu — *Cotoneaster* 326, 424 — кизильник
tuletael — *Fomes* 241 — фомес
tulikalised — *Ranunculaceae* 282 — лютиковые
tulikas — *Ranunculus* 284, 410, 415, 497 — лютик
tuliürt — *Phlomis* 119, 419 — зопник
tulp — *Tulipa* 371, 418, 420 — тюльпан
tungaltera — *Claviceps* 236 — спорынья
tungpuu — *Aleurites* 320, 430 — тунговое дерево
turbasammal — *Sphagnum* 256, 259, 413 — торфяной мох
tuulekaer — *Avena* 181 — овсюг
tõlkjas — *Bunias* 312 — свербига
tõlvrooste — *Phragmidium* 246, 250 — фрагмидиум
tõnnike — *Stachys, Betonica* 351, 354 — чистец, буквица
tähthein — *Stellaria* 303, 411, 415 — звездчатка
tähtpea — *Scabiosa* 415 — скабиоза
tähtputk — *Astrantia* 65 — астранция
tähtsammal — *Mnium* 260, 413, 449 — мниум
täpphallitus — *Aspergillus* 227, 233 — леечная плесень
tääkliilia — *Yucca* 371, 429 — юкка
türnpuu — *Rhamnus* 249, 320 — крушина
türnpuulised — *Rhamnaceae* 320 — крушинные
tüvendtaimed — vt. kormofüüdid

U

Uba — *Vicia* 328, 334 — боб
ubaleht — *Menyanthes* 414 — вахта
ubapõõsas — *Cytisus* 408, 417 — ракитник

ulmik — *Hypnum* 260, 414 — гипнум
unilook — *Sisymbrium* 308 — гулявник
uniohakalised — *Dipsacaceae* 355 — ворсянковые
uniohakas — *Dipsacus* 430 — ворсянка
untsiinula — *Uncinula* 236 — унцинула
upsujuur — *Veratrum* 373, 375, 415 — чемерица
ussikeel — *Echium* 141, 344, 418 — синяк
ussilakk — *Paris* 373, 413 — вороний глаз
uusmeremaa lina — *Phormium* 429 — новозеландский лен

V

Vaak — *Inula* 361, 417, 419, 435 — девясил
vaarikas — *Rubus* 323, 412 — малина
vahulill — *Polygala* 415 — истод
vaher — *Acer* 480 — клён
valge mänd — *Pinus* 250 — веймутовая сосна
valgepöök — *Carpinus* 288, 412, 423 — граб
vallisneeria — *Vallisneria* 38, 371 — валлиснерия
varemerohi — *Symphytum* 344 — окопник
vareskaer — *Elymus* 411 — волоснец
varjulill — *Asperula* 98, 355 — ясменник
varsakabi — *Caltha* 284, 411, 415 — калужница
varsapõlv — *Anagallis* 342 — очной цвет
veiste-südamerohi — *Leonurus* 119, 351 — пустырник
velvitšia — *Welwitschia* 113, 279 — вельвичия
vereurmarohi — *Chelidonium* 181, 304 — чистотел
vesihernes — *Utricularia* 351, 414, 475 — пузырчатка
vesijuus — *Ulothrix* 194 — улотрикс
vesikarikas — *Stratiotes* 371, 414, 448 — телорез
vesikatk — *Helodea* 38, 371, 448 — элодея, водяная чума
vesilehelised — *Hydrophyllaceae* 345 — водолистниковые
vesiroos — *Nymphaea* 181, 286, 414 — кузминка белая
vesiroosilised — *Nymphaeaceae* 286 — кувшинковые
vesisulg — *Hottonia* 342 — турча
vesivõrk — *Hydrodictyon* 194 — водяная сеточка
vetikad — *Algae* 184, 187 — водоросли
vetikseened — *Phycomycetes* 229 — фикомицеты
viigipuu — *Ficus* 291, 423 — смоковница, инжир
viinamarja-ebajahukaste — *Plasmopara* 235 — плазмопара
viinapuu — *Vitis* 320, 423, 428 — виноград
viinapuulised — *Vitaceae* 320 — виноградные
viirpuu — *Crataegus* 326 — боярышник
vikk — *Vicia* 328, 329 — вика
viktooria — *Victoria* 500 — виктория
villpea — *Eriophorum* 400, 401, 411, 413 — пушица
viltrooste — *Cronartium* 250 — кронарциум
virn — vt. madar
vistaaria — *Wistaria* 427 — глициния
võhalised — *Araceae* 371 — аронниковые
võhk — *Calla* 139 — белокрыльник
võhumõõgalised — *Iridaceae* 371 — касатиковые
võhumõõk — *Iris* 418 — касатик
võilill — *Taraxacum* 361, 365 — одуванчик
võipätakas — *Pinguicula* 497 — жирянка
võipuravik — *Boletus* 241 — масленок
võrdviburvetikad — *Isocontae* 191 — равножгутиковые
võrm — *Cuscuta* 342, 471, 497 — повилика
vägihein — *Verbascum* 351 — коровяк
värihein — *Briza* 415 — трясунка

Õ

Õisroog — *Canna* 52 — канна
õistaimed — *Anthophyta* 21, 75, 185 — цветковые растения
õisuba — *Phaseolus* 335 — фасоль
õlikaalikas — vt. raps
õlipuu — *Olea* 428 — маслина
õllepärm — *Saccharomyces* 502 — пивные дрожжи
õnnehein — *Erigeron* 181, 363 — мелколепестник
õunapuu — *Malus* 326, 416, 423 — яблоня

Ä

Ädal-lill — *Parnassia* 327 — белозор
äiakas — *Agrostemma* 302 — куколь
äiatar — *Knautia* 415 — короставник
ängelhein — *Thalictrum* 249, 415 — василистник

Ö

Ödogoonium — *Oedogonium* 196 — эдогониум
öökannike — *Hesperis* 310, 418 — вечерница

Ü

Üheidulehelised — *Monocotyledoneae* 369 — однодольные
ülane — *Anemone* 137, 284, 412 — ветреница
ürgseened — *Archimycetes* 229 — архимицеты

SISUKORD

Sissejuhatus

1. Botaanika ja tema ülesanded 3
2. Taim kui elav organism 3
3. Taimede tähtsus looduses ja inimese elus 4
4. Taimed ja loomad kui ühtne elav loodus 5
5. Õpetus elusorganismide evolutsioonist 7
   Darwini-eelne periood 7
   Ch. Darwini evolutsiooniteooria 8
6. Nõukogude mitšuurinlik agrobioloogiateadus — uus etapp bioloogiateaduste arenemises 11
7. Botaanika jaotamine ja botaanika arenemine 14
   Taimemorfoloogia 14
   Taimesüstemaatika 15
   Taimeanatoomia 15
   Taimefüsioloogia ja teised botaanika osad 16
   Botaanika arenemine 17

ESIMENE OSA

Taimemorfoloogia ja -anatoomia ühes füsioloogiliste põhjendustega

I peatükk. **Taimede organite, liikide, perekondade, sugukondade ja klasside mõiste** 24
1. Taime organid 24
2. Liigi, perekonna ja sugukonna mõiste 29

II peatükk. **Taime rakud, nende sisaldised, rakkude paljunemine, rakud ja taime koed** 34
1. Taime rakud ja nende osad 34
   Protoplasma 36
   Raku tuum 38
   Plastiidid: kloroplastid, leukoplastid ja kromoplastid 39
   Raku kest 43
   Vakuoolid 45
   Raku turgor ja plasmolüüs 47
   Osmootne rõhk 49
   Ainete sisenemine rakku 49
2. Taimerakkude sisaldised 51
   Tärklis 51
   Aleuroonterad ja taimeõlid 54
   Kristallid ja tsüstoliidid 55
3. Rakkude paljunemine 56

4. Rakud ja koed 60
Rakkude elu 60
Taime koed 62

III peatükk. **Taime juured** 72
1. Juurestiku tähtsus ja arenemine 72
2. Juurte kujud 75
3. Juure anatoomia 78
Juure võõtmed 78
Juure anatoomiline ehitus 80

IV peatükk. **Taime varred ja võsud** 84
1. Varte tähtsus ja nende arenemine 84
2. Varte mõõtmed ja taimede elu kestus 87
3. Varte kujud 88
4. Võsude erikujud 91
5. Lehtede asetus 98
6. Hargnemine 100
7. Varre mikroskoopiline ehitus 100
Üheiduleheliste taimede varred 104
Kaheiduleheliste taimede varred 105
Puu tüve ehitus 108

V peatükk. **Taime lehed ja nende erikujud** 111
1. Lehe pinna tähtsus ja lehtede arenemine 111
2. Lehe funktsioonide muutumine 113
3. Lehtede kuju 115
4. Lehtede roodumine 119
5. Lehtede varrele kinnitumise viisid 120
6. Sise- ja välistingimuste mõju lehtedele 122
7. Lehe mikroskoopiline ehitus 124
Epidermis ja õhulõhed 125
Kaitseseadised epidermisel 128
Lehe sammas- ja tohlkude 130
Lehe rood 131

VI peatükk. **Taimede paljunemine** 132
1. Suguta paljunemine 132
2. Suguline paljunemine 136
3. Õis ja selle funktsioonid 137
Taimede õitsemine ja õie ehitus 137
Õis kui muundunud võsu 138
Õiekate 139
Tolmukad ja emakad 143
Õievalemid ja -diagrammid 151
4. Õisikute liigid 152
5. Tolmlemine 154
6. Seemnealge ja viljastamine 161
7. Tolmuterade ja lootekoti arenemine 164

VII peatükk. **Viljad ja seemned** 165
1. Seemnete ja viljade arenemine ning valmimine 165
2. Viljade liigid 167
3. Üldisi mõisteid seemneist 171
4. Kaheiduleheliste taimede seemnete morfoloogia 172
5. Kõrreliste terise morfoloogia 176
6. Seemnete idanemine 179
7. Viljade ja seemnete levimine 180

TEINE OSA

Põhiteadmisi taimesüstemaatikast ja -geograafiast

VIII peatükk. **Taimeriigi mitmekesisus** 183
1. Taimede klassifikatsioon 183
2. Liikide arv. Liik, teisend 185
3. Taimede nimetus 186

IX peatükk. **Rakistaimed ehk tallofüüdid** *(Thallophyta)* **ja arhegoniaalsed taimed** *(Archegoniatae)* 187
1. Vetikad *(Algae)* 187
Üldine iseloomustus ja vetikate jaotamine hõimkondadeks . . . 187
Rohevetikad *(Clorophyta)* 191
Ränivetikad *(Diatomeae)* 201
Pruun- ja punavetikad *(Phaeophyceae* ja *Rhodophyceae)* . . . 203
Sinivetikad *(Cyanophyceae)* 206
2. Bakterid *(Bacteria)* 208
Bakterite üldine iseloomustus 208
Bakterite tähtsus looduses ja põllumajanduses 212
Roiskumine ja nitrifikatsioon 212
Käärimine 215
Patogeensed bakterid 218
Bakterite kõrvaldamine mitmesuguste vahendite abil 220
Bakterite kasvatamine želatiinil 221
3. Limaseened *(Myxophyta)* 223
4. Seened *(Fungi)* 225
Seente üldiseloomustus 225
Alamad seened 229
Ürgseened *(Archimycetes)* 229
Vetikseened *(Phycomycetes)* 229
Kõrgemad seened 233
Kottseened *(Ascomycetes)* 233
Kandseened *(Basidiomycetes)* 239
Mittetäielikud seened *(Fungi imperfecti)* 251
5. Samblikud *(Lichenes)* 251
6. Sammaltaimed *(Bryophyta)* 255
7. Sõnajalgtaimed *(Pteridophyta)* 263
8. Paljasseemnetaimed *(Gymnospermae)* 272

X peatükk. **Katteseemnetaimed** *(Angiospermae)* 280
Kaheidulehelised taimed *(Dicodyledoneae)* 282
Alamklass: lahk-kroonlehised *(Choripetalae)* ja kroonlehitud *(Apetalae)* 282
1. sugukond: tulikalised *(Ranunculaceae)* 282
2. sugukond: kukerpuulised *(Berbéridaceae)* 286
3. sugukond: pajulised *(Salicaceae)* 286
4. sugukond: kaselised *(Betulaceae)* 288
5. sugukond: pöökpuulised *(Fagaceae)* 290
6. sugukond: mooruspuulised *(Moraceae)* 291
7. sugukond: nõgeselised *(Urticaceae)* 292
8. sugukond: tatralised *(Polygonaceae)* 293
9. sugukond: maltsalised *(Chenopodiaceae)* 296
10. sugukond: nelgilised *(Caryophyllaceae)* 300
11. sugukond: magunalised *(Papaveraceae)* 303
12. sugukond: ristõielised *(Cruciferae)* 305
Kõtradega ristõielised 305
Kõdrakestega ristõielised 310
Pähklikestega ristõielised 312

13. sugukond: kannikeselised *(Violaceae)* 312
14. sugukond: linalised *(Linaceae)* 312
15. sugukond: kurerehalised *(Geraniaceae)* 314
16. sugukond: ruudilised *(Rutaceae)* 315
17. sugukond: kassinaerilised *(Malvaceae)* 315
18. sugukond: pärnalised *(Tiliaceae)* 318
19. sugukond: piimalillelised *(Euphorbiaceae)* 318
20. sugukond: viinapuulised *(Vitaceae)* 320
21. sugukond: roosõielised *(Rosaceae)* 321
22. sugukond: kivirikulised *(Saxifragaceae)* 326
23. sugukond: liblikõielised *(Papilionaceae)* 327
24. sugukond: mimoosilised *(Mimosaceae)* 335
25. sugukond: tsesalpiinialised *(Caesalpiniaceae)* 335
26. sugukond: sarikalised ehk putkelised *(Umbelliferae)* 336

Alamklass: liitkroonlehised *(Sympetalae)* 341
27. sugukond: kanarbikulised *(Ericaceae)* 342
28. sugukond: nurmenukulised *(Primulaceae)* 342
29. sugukond: kassitapulised *(Convolvulaceae)* 342
30. sugukond: karelehelised *(Borraginaceae)* 343
31. sugukond: maavitsalised *(Solanaceae)* 345
32. sugukond: mailaselised *(Scrophulariaceae)* 350
33. sugukond: huulõielised *(Labiatae)* 351
34. sugukond: madaralised *(Rubiaceae)* 354
35. sugukond: palderjanilised *(Valerianaceae)* 355
36. sugukond: kellukõielised *(Campanulaceae)* 356
37. sugukond: kõrvitsalised *(Cucurbitaceae)* 357
38. sugukond: korvõielised *(Compositae)* 359
Üheidulehelised taimed *(Monocotyledoneae)* 369
39. sugukond: liilialised *(Liliaceae)* 371
40. sugukond: kõrrelised *(Gramineae)* 375
Päised kõrrelised 380
Pööriskõrrelised ja pöörispäised kõrrelised 389
41. sugukond: lõikheinalised *(Cyperaceae)* 399
42. sugukond: käpalised *(Orchidaceae)* 402

XI peatükk. **Taimegeograafia** 403
I. Taimegeograafia elemendid 403
1. Taimeökoloogia 404
2. Taimekooslused 408

II. NSV Liidu taimkonnavööndid 410
1. Tundravöönd 410
2. Metsavöönd 411
Metsade taimestik 411
Soode taimestik 413
Rohumaade taimestik 414
3. Stepivöönd 416
Metsastepp 416
Stepp 417
Kõrbestepp ja kõrb 419
4. Krimmi lõunaranniku ja Kaukaasia Musta mere ranniku taimkond 422

KOLMAS OSA

Taimefüsioloogia

XII peatükk. **Taimede keemiline koostis** 431
1. Taimede elemendiline koostis 431
2. Taimede koostise orgaanilised ained 433

Lämmastikuvabad ühendid 433
Süsivesikud 433
Taimerasvad ja eeterlikud õlid 436
Orgaanilised happed ja parkained 436
Lämmastikuühendid 437
Vitamiinid 440
Alkaloidid 441

XIII peatükk. **Süsiniku assimileerimine (fotosüntees)** 441
1. Üldmõisteid 441
2. Kloroplastid ja klorofüll 442
Klorofülli lagunemine ja tema tekkimine taimes 443
Klorofülli spekter 445
3. Gaasivahetus ja assimilatsiooni tingimused 446
4. Orgaaniliste ainete kogunemine fotosünteesil ja fotosünteesi produktid 449
5. Fotosünteesiprotsessi tähtsus 451
6. Ajalooline ülevaade teadmiste arengust süsiniku assimilatsiooni kohta 453

XIV peatükk. **Taimede mineraal- ja lämmastiktoitumine** 455
1. Ained, mis tulevad juurestikku mullast 455
2. Taimede uurimise vegetatsiooniline meetod 456
3. Juurestiku kaudu taime tungivate elementide tähtsus 459
4. Väetiste tähtsus 461
5. Taimede toitumine lämmastikust 462
Lämmastiku omastamine liblikõieliste taimede poolt 464
Sünteetiline ammoniaak ja lämmastiku ringkäik looduses . . . 469
6. Parasiitide, poolparasiitide, saprofüütide ja putukasööjate taimede toitumine. Mükoriisa juurtel 471

XV peatükk. **Ainete liikumine varres. Vee auramine taimest** 478
1. Tõusev ja laskuv vool 478
2. Ainete liikumise põhjused. Vee tungimine taimedesse 479
3. Transpiratsioon 485
4. Taimede põuakindlus 487
5. Taimede külma- ja talvekindlus 489

XVI peatükk. **Ainete muundumine taimedes. Taimede hingamine** . . . 491
1. Ainete tarbimine taimede poolt 491
2. Ensüümid ja ainete muundumine 492
3. Seemnete idanemise füsioloogia 494
Seemnete paisumine ja vee osatähtsus 494
Temperatuuri mõju idanemisele 495
Õhuhapniku mõju idanemisele 496
Valguse mõju idanemisele 497
4. Taimede hingamine 497
Hingamise uurimise meetodid 498
Sise- ja välistegurite mõju hingamisele 500
5. Intramolekulaarne hingamine ja alkohoolne käärimine 501

XVII peatükk. **Taimede kasvamine, tropismid ja liikumine** 503
1. Taimede kasvamine ja suur kasvuperiood 504
2. Taimede kasvu kiiruse mõõtmise viise 506
3. Välistingimuste mõju taimede kasvamisele 507
Õhu- ja mullaniiskuse mõju 507
Valgus kui taimede kasvamise tegur 507
Ümbritseva keskkonna temperatuur kui taimede kasvamise tegur 508
Toitainete osatähtsus 509
4. Taimede kasvamise aastane perioodilisus 509

5. Taimede tropismid ja liikumine 511
Fototropism 512
Geotropism 514
Hüdrotropism ja teised tropismid 516
Vään- ja ronitaimede liigutused 517
«Oite uinak» ja «lehtede uinak» 518
Mimoosi liigutused 519

XVIII peatükk. **Taimede stadiaalse arenemise teooria** 521
1. Arenemise staadiumid 521
2. Taimede jaroviseerimine 524
3. Taimede arenemise valgusestaadium 526
Lõppsõna 528
Oskussõnade register 533
Taimenimede register 551

В. И. Исаин
БОТАНИКА
На эстонском языке.
Обложка Р. Роос
Эстонское Государственное Издательство
Таллин, Пярну маантеэ 10

*

Toimetajad
A. Lomp ja N. Raud
Tehniline toimetaja A. Ruutsoo
Korrektorid O. Sepp ja L. Visnap

Ladumisele antud 30. III 1956. Trükkimisele antud 12. IX 1956. Paber 60×92, 1/16. Trükipoognaid 36. Arvutuspoognaid 41,84. Trükiarv 3000. MB-07574. Tellimise nr. 2015. Trükikoda «Ühiselu», Tallinn, Pikk tn. 40/42.

Hind rbl. 11.50

4—4

Rbl. 11.50

21221

TARTU ÜLIKOOLI RAAMATUKOGU
1 0300 00122642 4