

DR. PHIL. NAT. J. PORT

PRAKTILINE

TAIMEANATOOMIA JA -FÜSIOLOOGIA

ÕPPE- JA TÖÖRAAMAT
KESKKOOLI IV KLASSILE

K./Ü. „L O O D U S“, T A R T U

DR. PHIL. NAT. J. PORT

PRAKTILINE TAIMEANATOOMIA JA -FÜSIOLOOGIA

ÕPPE- JA TÖÖRAAMAT
KESKKOOLI IV KLASSILE

24055A

K./Ü. »L O O D U S«, 1 9 3 6



A-10167

ARHIIVILUGU

Saateks.

Meil puudus ajakohane ja keskkooli õppekavadele vastav taimeanatoomia ja -füsioloogia õpperaamat. Seni koolides kasutatav Polovtsovi „Taime ehitus ja elu“ on toitefüsioloogilises osas tublisti vananenud ega vasta tänapäeva nõuetele. Ka puudub selles raamatus ülevaade orgaanilise keemia algmõisteist, mis HM-i vastavates õppekavades ette nähtud.

Käesolev „Praktiline taimeanatoomia ja -füsioloogia õppe- ja tööraamat“ tahab kõrvaldada mainitud puudusi. Ta on koostatud HM-i õppekavade kohaselt ning puhtpraktilise õppe- ja tööraamatuna. Taimeanatoomia ja -füsioloogia õpetamine ja õppimine ilma vastavate vaatluste ja katseteta ei suuda kunagi huvitada õpilasi ega pakkuda neile elus vajalikke teadmisi taime ehitusest ja elust. Seepärast ongi käesolevas raamatus tööaluseks võetud praktiline õppeviis. Katsed on valitud sellised, mis paratamatult tarvilikud ja mida on võimalik teostada kõige lihtsamate vahenditega; keerukad katsed on hoopis ära jäetud. Kaunis rohkesti on toodud mikroskoopilisi vaatlusi. Kuigi autor ei eita tabelite väärtust, peab ta taime ehituse õigeks mõistmiseks siiski tarvilikuks vastavate osade otsest vaatlemist ja uurimist mikroskoobiga. Õpilaste praktiliseks töötamiseks on seepärast igal keskkoolil tarvis mitu mikroskoopi, mis ei tarvitse aga sugugi olla eriti keerukad ning kallid, vaid üsna lihtsad töömikroskoobid, kuni 500-kordse suurendusega. Üks objektiiv kooli kohta võiks olla suurema suurendusega — pisikute vaatlemiseks. Katsed tuleksid enamasti korraldada koolis — looduslooklassis või -kabinetis, kuid üksikuid lihtsaid katseid võivad õpilased sooritada ka kodus.

Õpperaamatu koostamisel on arvestatud uusimaid taimeanatomilisi ja -füsioloogilisi uurimusi, muidugi sel määral, kui neid

oli võimalik kasustada õpperaamatus. Erilist mainimist väärivad ses mõttes USA teadusmeeste viimaseaegsed uurimised taime toitefüsioloogia alal. Keerukamad küsimused ja katsed (mis tarbe korral ka keskkoolikursusest võivad väljagi jääda) on toodud väikese kirjaga.

Pean oma meeldivaks kohuseks avaldada südamlikku tänu hr. professor dr. P. K o g e r m a n'ile, kes lahkesti läbi vaatas ja oluliste näpunäidetega täiendas keemilise (süsinikuühendite) osa.

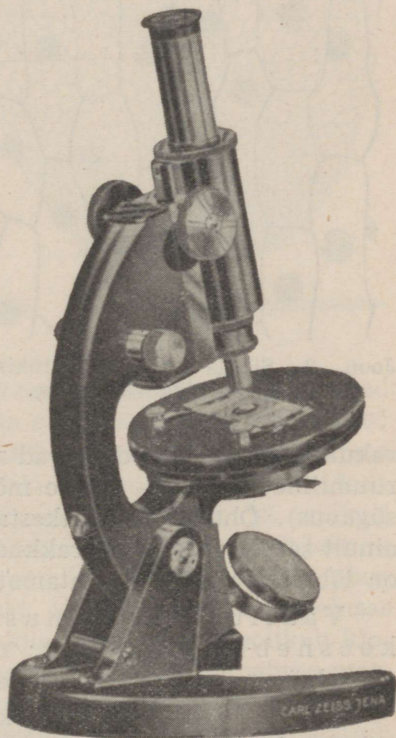
Autor.

Tartus, 30. juulil 1936.

1. Taimerakk.

Mikroskoop. Taime, looma või inimese kehaehitusega tutvumisel peame kasustama pisasjade vaatlusvahendit — mikroskoopi. Mikroskoobi peaosiks on suurendusklaasidega varustatud toru, mis on kinnitatud jala külge ja mida vastavate kruvide abil võib liigutada üles ja alla. Toru all on vaatluslaud, mille keskel — toru otsa vastas — asetseb pisike ava. Mikroskoobiga vaatlemisel peame vaadeldava eseme ehk objekti paigutama vaatluslauale ava kohale.

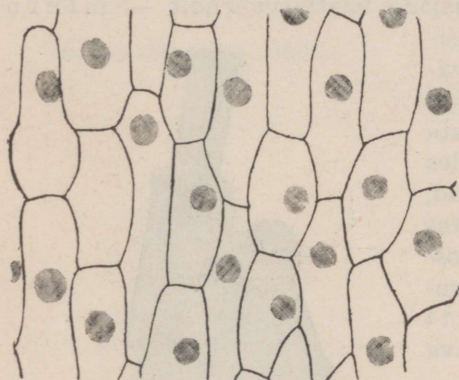
Mikroskoobiga vaadeldavad esemed peavad olema hästi õhukesed ning läbipaistvad ja asetatud läbipaistvasse vedelikku, nagu puhtasse vette, piiritusse või õlisse. Selleks paigutatakse nad vaatlusklaasile (objektiklaasile) vastavasse vedelikku ja kaetakse õhukese katteklaasiga. Nii saadakse preparaat, mida vaadeldakse mikroskoobiga läbipaistvas valguses. Meie võime näha preparaadi üksikosi seda paremini ja selgemini, mida tugevamini nad on valgustatud ja mida soodsam on suurendus. Preparaadi valgustamiseks kasustame vaatluslaua alla kinnitatud pööratavat peeglit, mille abil juhime tugeva valguskiirtekimbu läbi



Joon. 1. Mikroskoop.

vaatluslaua ava vaadeldavale esemele. Vastava suurenduse saamiseks kasustame mitmesuguse suurendustugevusega läätsede süsteeme, mida asetame vaatlustoru otste külge. Toru ülemise otsa külge kinnitatavaid läätsi nimetatakse okulaariks, alumise otsa külge kinnitatavaid — objektiiviks. Nii okulaare kui ka objektiive on igal mikroskoobil mitu — erineva suurendusvõimega. Tavalistel vaatlustel kasustatakse 50—1000-kordset suurendusvõimet. Mikroskoobi suurendusvõime on näha mikroskoobi suurendustabelist, mis igal mikroskoobil kaasas.

Taimeraku osised. Vaatlus 1. Lõikame köögisibula pooleks. Võtame sibula soomuse ja tõmbame noa või näpitsa abil



Joon. 2. Sibula soomusnaha tükike mikroskoobiga vaadatuna.

selle pinnalt tükikese õhukest kilet (nahka); asetame selle vaatlusklaasile veetilgasse ning katame kateklaasiga. Vaadeldes seda soomusnaha tükikest mikroskoobiga, umbes 100-kordse suurendusega, näeme, et ta koosneb pisikestest piklikest, ebaühtlase suurusega osistest. Neid osiseid nimetatakse rakkudeks. Iga taimerakk on piiratud kestaga. Mikroskoobi vaatepildis eraldatavad jooned ongi

rakukestad, mis moodustavad nagu mingi võrgu või koe. Rakk on ruumiline mõiste — kolme mõõtega (pikkus, laius ja paksus või sügavus). Õhukesed rakukestad on läbipaistvad ja meie näeme ainult serviti asetsevaid rakkude kesti, kuna risti asetsevad kestad on läbipaistvad ning nähtamatud.

Vaatluse tulemus: sibula soomuse kile koosneb rakkudest nagu müür kividest või meekärg kärjetoopidest.

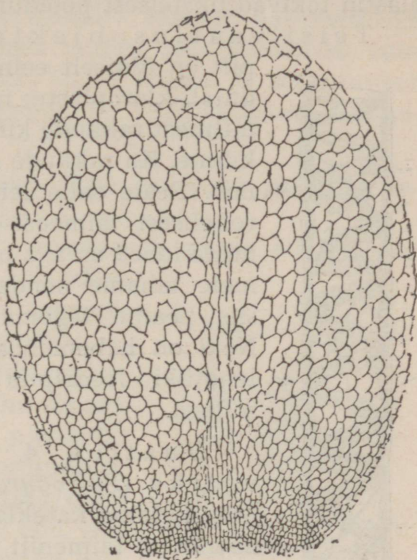
Teisi vaatlusobjekte: terava habemenoaga võime valmistada õhukesi lõike — leedripuu (*Sambucus nigra*) säsis, kaalikast, mõnest toorest rohtse taime varrest jne.

Vaatlus 2. Lisandame esimese preparaadi kateklaasi serva alla tilgakese nõrka joodilahust piirituses ning asetame kateklaasi vastasserva ligi ribakese kuivatuspaberit: nii tõmbame joodilahuse kergesti kateklaasi alla. Sibula kesta rakke kõik aeg mikroskoobiga

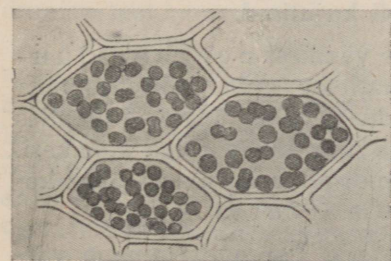
silmitsedes näeme, kuidas jood värvib raku sisaldise kollakaks. Meie märkame nüüd rakkudes peenesõmeralist ainet — raku alglima ehk protoplasmat, mida uuemal ajal nimetatakse lihtsalt plasmaks. Elusrakus on plasma täiesti selge ning läbipaistev, seega nähtamatu. Jood aga surmab plasma ja muudab värviliseks ning sõmerjaks. Hoolikal vaatlemisel märkame igas rakus veel suuremat ümmargust, pruunikaks värvunud kehakest. See on raku tuum. Mõnes rakus pole märgata ei alglima ega tuuma; need on kesta eraldamisel lõhki kistud rakud, milledest plasma ühes tuumaga on välja joosnud.

Vaatluse tulemus: taimerakk koosneb keast, plasmast ja tuumast.

Vaatlus 3. Võtame tähtsambla (*Mnium*) rohelise lehekese ja valmistame sellest preparaadi. Juba 50-



Joon. 3. Tähtsambla leht mikroskoobiga vaadatuna.



Joon. 4. Tähtsambla lehe rakud tugevama suurendusega vaadatuna. Rakkudes näha kloroplastid.

see koosneb rakkudest, mis omavad siin rohelist värvust. Umbes 200—300-kordse suurendusega neid rakke vaadeldes võime eraldada selgesti rakukesta ja väikesi rohelisi kehakesi — kloroplaste¹. Läbipaistvat plasmast kui ka tuuma on elusas rakus raske näha. Hoolikalt kloroplaste silmitsedes võime märgata, et mõned nende hulgas on keskelt nagu kokku pigistatud: need on poolduvad kloroplastid. Kloroplastid teki-
vad üksteisest pooldumise teel.

¹ „Kloroplast“ on kreekakeelne sõna ja tähendab roheline kehake.

Vaatluse tulemus: Rohelise tähtsambla lehe raku-
plasmas asetsevad rohelised värvikehakesed ehk kloroplastid; nendest oleneb tähtsambla roheline värvus. Kloroplastid tekivad üksteisest pooldumise teel.

Teisi vaatlusobjekte: vesikatku (*Elodea*) lehed; pilt on üldiselt eelmisega üsna sarnane, — mis puudutab kloroplaste; muidu koosneb aga vesikatku leht mitmest rakkude kihist, kuna tähtsambla leht on ühekihine. Ka rakkude kuju on mõlemal samblalehel erinev. Peale selle leiame rohelisi värvikehakesi igast rohelisest taimeosisest, eriti lehtedest. Suurte taimede lehed on aga paksud ning läbipaistmatud, ja kui meie tahame nende rakkudes vaadelda kloroplaste, siis peame tegema lehtedest õhukesed ristilõigud. Neid on habemenoaaga kergem lõigata, kui asetame lehetüki leedripuu säsi vahele ja lõikame koos sellega.



Joon. 5.
Keermikvetika raku-
(1—3), mil-
ledes näha
tähekujuli-
sed tuumad
ja keerdu-
nud lindi
kujulised
kromoplas-
tid.

Vaatlus 4. Asetame mõned keermikvetika (*Spirogyra*) niidid vaatlusklaasile veetilka ning katame kateklaasiga. Mikroskoobiga vaadeldes näeme, et taimeniit koosneb siin üksteise otsa asetunud pikkadest rakkudest. Rakkudes leiame kruvitaoliselt keerdunud rohelise lindi, mis on selle taimeraku kloroplast. Peale selle leiame rakus veel läbipaistva, kuid mitterohelise rakutuuma.

Vaatluse tulemus: Keermikvetikal on kloroplastid keerdunud lindi kujulised.

Vaatlus 5. Teeme värskest porgandijuur-
rest preparaadi ja vaatleme seda mikroskoobiga
300—500-kordsel suurendusel. Siin leiame rakkudes
pisikesi oranži värvusega muutliku kujuga kehakesi,
milledest olenebki porgandi punane värvus. Neid ke-
hakesi nimetatakse kromoplastideks¹.

Vaatluse tulemus: Porgandi punane vär-
vus on tema rakkudes asetsevaist oranžikaist vär-
vikehakekestest — kromoplastidest.

Teisi vaatlusobjekte: punakaid kromoplaste leia-
me valminud tomati koore rakkudes, roosi viljades, kollai-
seid — võilille, kullerkupu jt. taimede õite kroonlehtedes.

¹ Kreekakeelne sõna, mis tähendab — värvikehake.

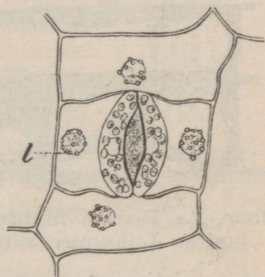
Kromoplastidest oleneb taime juurte, õite ja viljade punane, oranž ja kollane värvus.

Vaatlus 6. Lõikame toas kasvatatava taime seebralille (*Zebrina pendula*) lehe alumiselt (lillalt) küljelt habemenoaga õhukese pinnalõigu ja vaatleme seda umbes 300—500-kordse suurendusega. Leiame rakkudes kaunis suure tuuma ja selle ümber pärjana hulga väikesi värvituid kehakesi. Neid kehakesi nimetatakse leukoplastideks¹.

Vaatluse tulemus: seebralille rakkude plasmas leidub pisikesi värvita kehakesi — leukoplaste.

Teisi vaatlusobjekte: leukoplaste võime leida kõikides noortes taimerakkudes, näit. idandite, kasvupungade jt. rakkudes, aga ka seemnekudede rakkudes, näit. maisi seemnetes.

Kõiki 4., 5. ja 6. vaatlusobjektide rakkudes leitud kehakesi nimetatakse ühe sõnaga plastiidideks². Värvita plastiidid on leukoplastid, rohelised — kloroplastid, punakad ja kollased — kromoplastid. Noortes rakkudes on plastiidid värvita; nad võivad muutuda valguse käes rohelisteks kloroplastideks või punakaskollasteks kromoplastideks. Mõnel juhul kloroplastid võivad muutuda kromoplastideks, näit. tomati ja roosi viljades. Seega värvikehakesed arenevad leukoplastidest ning paljunevad pool-dumise teel.



Joon. 6. Seebralille mar-rasknaha rakud: näha rakutuumad ja nende ümber pärjana leukoplastid (1). Keskkel — õhulõhe.

Vaatlus 7. Teeme punase kapsa lehepinnast habemenoaga õhukese lõigu ja vaatleme seda mikroskoobiga. Näeme, et rakud on siin peaaegu üleni lilla d. Lilla värvus oleneb rakkudes leiduvast värvilisest rakumahlast. Rakumahl asetseb rakuõõnes ehk vakuoolis. Punasel kapsal võtab rakuõõs enda alla suurema osa rakust; rakuplasma asetseb õhukese, vaevaltnähtava kihina rakukesta all.

Vaatluse tulemus: taimerakkudel on õõned, milledes asetseb rakumahl. Punase kapsa leherakkudes on rakumahl lilla.

Teisi vaatlusobjekte: lillat, sinist ja punakat rakumahla leidub paljude taimede õite kroonlehtede rakkudes, näit.

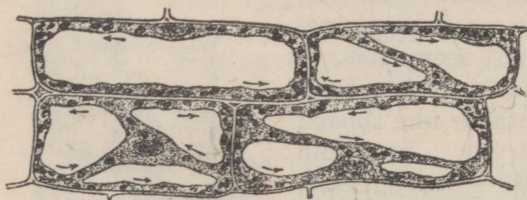
¹ Kreekakeelne sõna, mis tähendab — valge kehake.

² Kreekakeelne sõna, mis tähendab — kehake.

tulbil, võõrasemal, lõvilõual jt., aga ka punasevärviliste lehtede marrasknaha rakkudes, näit. toalilledest seebralillel, koleusel, iresiinel, sügisel punaseks värvunud lehtedes (vahtral, viirpuul jt.).

Vaatluste 1—7 kokkuvõtt:

Taimerakk	1) plasma	{ a) rakuplasma b) rakutuum c) plastiidid	{ leukoplastid kloroplastid kromoplastid
	2) rakukest		
	3) rakuõõs ehk vakuool	{	rakumahl



Joon. 7. Plasma liikumine vesikatku lehe rakkudes. Liikumise suund näidatud nooltega.

edasijuhtimine ning liikumine. Pole ühtegi elusat raku taimes, milles puudub plasma. Ja kui plasma sureb rakus mingil põhjusel, siis sureb ühes sellega ka rakk.

Keemiliselt koostiselt on plasma muutliku ning väga keeruka ehitusega. Peamiselt esinevad siin valk- ja rasvained ühes anorgaaniliste ja orgaaniliste sooladega. Peale selle sisaldab plasma veel rohkesti vett. Õieti on kõik plasmaained vees hajunud: ühed molekulideni, teised suuremate osakestena (kolloidid).¹ Värvuselt on plasma, nagu eespool mainitud, selge ja läbipaistev (värvitu), tiheduselt — vedel või sülditaoline, mis sõltub ainete kolloidsest olekust. Kuumuses, aga ka soolade ja kangete hapete lisandamisel plasma t a r r e t u b, samuti kui kanamuna valk keetmisel.

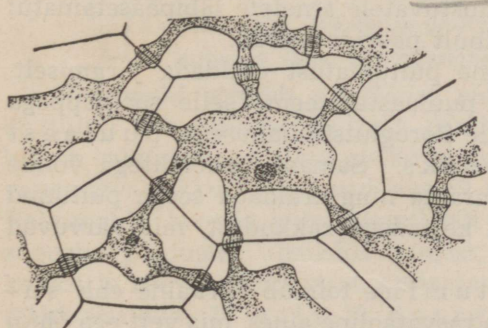
Elusplasma on rakkudes alatises liikumises; ühtedes rakkudes on see liikumine väga aeglane ning tavaliste vaatlusvahenditega mitte märgatav, teistes rakkudes on ta aga üsna kiire ning

¹ Ained võivad vees lahustuda kuni aine pisemate algosakesteni — molekulideni, näit. vees lahustuvad soolad, või veidi suuremate molekulide ühikuteni. Viimast hajumisviisi nimetataksegi kolloidseks hajundiks. Molekulidena hajunud ained on täiesti selged, kolloidselt hajunud aga tuhmjad.

mikroskoopilisel vaatlusel hästi nähtav, näit. vesikatku (*Elodea*) lehe kesksoone rakkudes (liikumine algab mõne minuti pärast peale lehe äratõmbamist või lõikamist varre küljest), *Tradescantia virginica* lehe karvakestes ja seebralille tolmukate karvakestes (viimased on eriti soodsad vaatlusteks, sest nad koosnevad ühest ainsast rakkude reast; rakumahl sisaldab siin lillat värvainet, mis pärast värvitu plasma ja tema liikumine on hästi selgesti näha), veetaime kilbuka (*Hydrocharis*) juurte karvakestes jm. Rakuplasma pindkiht on märksa tihedam muust plasmast ning on suure tähtsusega ainete pääsemisel plasmasse ja vakuooli; siin toimubki teataval viisil ainete valik: ühed pääsevad raku, teised aga mitte (näit mullast juurekarvakes-tesse).

Lõpuks tuleb mainida, et elusplasma on naaber-rakkude plasmaga pidevas seoses peente niiditaoliste plasmajuhtmete ehk plasmodesmide kaudu: seega elusplasma moodustab taimekehas enamvähem ühtlase terviku ning see, mis toimub ühes taime-keha osas, tuleb kasuks või kahjuks kogu taimele. Plasmodesmid ulatuvad ühest rakust teise läbi peente rakukestadest asetsevate avade (pooride).

Lisanditena rakuplasmas esinevad: tärklis-terad, valgu- ja soolade kristallid, parkaine ja ensüü- mid, millel võime lahustada tärklist, valke ja rasvaineid.



Joon. 9. Plasmodesmid datlilipalmi vilja rakkude kestades.



Joon. 8. Plas- ma liikumine seebralille tol- mukakarva- keste raku- des; 1 — leu- koplastid, m — plasmaso- merad.

Rakutuum on plas- mast tihedam (veevaesem) ja sisaldab fosforit. Ta juhib plasma tegevust: ilma tuumata plasma su- reb kiiresti. Eriti täht- tis ülesanne on tuumal raku pooldumisel. Uurimi- sed on näidanud, et raku- tuum on päritavate oma- duste kandja. Raku pool- dumisel jaguneb kõige en- ne rakutuum ja siis alles

plasma (vt. edasi „Rakkude paljunemine“). Ka tuum on kaetud tihedama pindkihiga, samuti kui rakuplasma. Tuumaainetes toi- muvad aga rakkude pooldumisel järsud muutused.

Rakukest. Noore raku kest on õhuke ja tihedas ühenduses plasmaga: plasmakiukesed ulatuvad siin sügavale kestaainesse. Vanemate rakkude kest pakseneb plasmast eristuvate ainete mõjul. Paksenemisel jäävad kestasse õhemad kohad ja poorid, milledest läbi ulatuvad plasmodesmid. Enamasti toimub kesta paksenemine ühtlaselt ja enamvähem tasapinnaliselt rakukeske suunas. Mõnedes — enamasti pikkades torukujulistes — rakkudes tekivad aga paksendused rõngaste ja spiraalide kujul. Omapäraseid rakukesta moodustised on okaspuudel koobaspoorid (vt. joon. 60): siin jäävad naaberrakkude paksenevatesse kestadesse vastakuti koopad, millede vahele jääb õhuke keskkile (esmane rakukest). Väga paksuks muutuvad kestad luuviljades, näit. kirsi ja ploomi kivides, palmiseemnete ja pähklike kestad (vt. joon. 9).

Noore raku kest koosneb puhtast kiudainest ehk tselluloosist. Mõnel taimel jääb tselluloosist kest püsima ka vanadel rakkudel, näit. puuvillakiududes, linakiududes jm. Puhas tselluloos lahustub koondatud väävelhappes.

Katse. Asetame katseklaasi pisut puuvilla, valame sinna juurde koondatud väävelhapet (H_2SO_4) ja loksutame veidi: vähe seismise järel lahustuvad puuvillakiud väävelhappes täielikult. Kloor-tsink-joodi mõjul värvub puhas tselluloos lillaks.

Rakukesta puitumine. Puutüvedes rakukestad puituvad ja muutuvad ühes paksenemisega vastupidavamaks ning tugevamaks. Puitumist põhjustab isesugune aine — ligniin, mis koos tselluloosiga moodustavad puitunud rakukesta. Puitunud rakukest on veele ja vees lahustuvatele ainetele läbipääsetamatu: need pääsevad kestast läbi ainult pooride kaudu.

Puitunud rakukesta võime puitumatust eraldada järgmiselt.

Katse. Võtame mõne puulaastu, teeme selle soolhappega (HCl) märjaks ja tõmbame üle floroglutsiinilahusega: puulaast värvub karminpunaseks. Samade vahenditega võime värvida mikroskoopilisi preparaate ning eraldada seega puitunud kestadega rakke tselluloosist kestadega rakkudest, mis värvuvad kloor-tsink-joodiga lillaks.

Rakukesta korgistumine toimub korkaine ehk suberiini mõjul. Korkaine on rasvataoline aine, mis vett ega õhku läbi ei lase. Korgistunud kestadega rakud surevad üsna pea. Miks? Korktamme koostises on korgistunud kestadega rakkude kiht üsna paks (korkkiht) ja sellest valmistatakse pudelikorke. Meie puude koostises (kasel, tammel) on korkkiht õhem; kuid ka õhuke korkkiht suudab hästi takistada vee aurumist (näit. kartulimugula koor).

Katse. Asetame tükikese pudelikorki katseklaasi, valame sinna juurde koondatud leelist (KOH) ja soojendame piirituslambil: varsti lahustub kork leelises.

Korkaine lahustub soojas leelises.

Miks leelise- ja joodipudelit ei või sulgeda korgiga?

Kloor-tsink-jood värvib korgi kollakaks või pruuniks.

Rakukesta kutiinistumine. Lehtede pinda katva marrasknaha rakkude välisseinad kattuvad paljudel taimedel veekindla ainega — kutiiniga, mis on oma koostiselt kaunis ligidane korkainele. Ka ta värvireaktsioonid on peaaegu sarnased korkaine omadega. Kutiinistunud rakukestad takistavad vee aurumist läbi lehepinna ja on seal suure tähtsusega.

Vaatlus. Teeme mõnest kuival kohal kasvava taime lehest (kukehari, nelk, palukas) õhukese lõigu ja vaatame seda mikroskoobiga; siin võime selgesti eraldada välimisi pakse kutiinistunud rakukeste samade rakkude külgmistest ja õhematest kestadest.

Puitumine, korgistumine ja kutiinistumine on kolm tähtsat taimeraku kesta muutumisviisi. Peale selle rakukestadesse koguneb mõnikord veel räni (SiO_2 — kõrrelistel), lubjasooli, värvaineid jt.

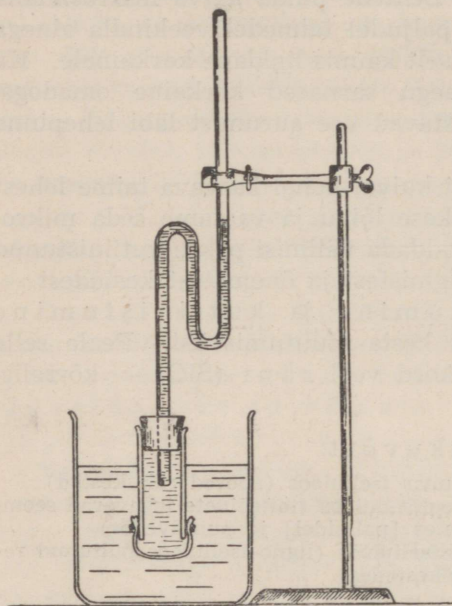
Kokkuvõtt:

Rakukest	{	a) puhas tselluloos (noored rakukestad)
		b) pooltselluloos (toiteainete tagavarad seemnetes [palmidel] ja puutüvedes)
		c) liittselluloos (ligno-tselluloos puitunud rakukestades)
	{	1) tselluloosist
		2) suberiinist (korkkude puutüvede, juurte ja mugulate kooses)
		3) kutiinist (lehe marrasknaha väliskestad)

Rakumahl asetseb rakuõones ehk vakuoolis. Noored rakud on tulvil täis plasmata ja neil puudub õõs. Vakuoolid tekivad hiljem rakuplasmas, algul pisikeste mullikeste või põiekestena, mis vanemates rakkudes sulavad lõpuks kokku üheks ainsaks õõneks. Rakumahl koostis pole keemiliselt püsiv; see muutub mitmesugustel põhjustel, olenedes taimest, selle osadest, taime kasvukohast ja kasvutingimustest, aastaajast, taime vanusest jne. Rakumahl sisaldab: 1) vett, 2) anorgaanilisi ja orgaanilisi toitesooli, 3) suhkrut, 4) happeid, 5) värvaineid jm. Esijoones ta on toiteainete varaait, mis varustab plasmata ning selle osa veega, toitesooladega ja suhkruga. Peale selle rakumahl heidetakse aga ka kõik ainetevahetusel tekkinud kõrvalproduktid, nagu süsihappegaas (CO_2), orgaanilised happed,

lahustumatud soolad jne. Mõned rakumahla eristunud ained võivad olla taimele kaudselt tulusad, näit. värvained kroonlehtede ja viljade rakumahas.

Rakkude siserõhk (turgor) Vees lahustuvatel sooladel ja suhkrul on rakumahas peale toiteülesannete veel teissugune tähtsus: nad põhjustavad vee liikumist ühest rakust ja ühest taimesast teise, näit. mullast juurtesse ja sealt edasi läbi varre lehtedesse.



Joon. 10. Katseseadis vee liikumise tõestamiseks osmoosete jõudude mõjul suhkrulahustes.

Katse. Võtame lahtise otsaga klaastoru (silindri) või ilma põhjata pudeli, köidame sellel ühe otsa leotatud põiega tugevasti kinni, teise aga suleme paraja korgiga, millesse teeme augu ning pistame sealt läbi klaastoru. Valame silindrisse või pudelisse 10%-st suhkrulahust ja paigutame selle siis klaasanumasse puhtasse vette ning kinnitame hoidja külge (vt. joon. 10). Märgime lahuse seisu peenes torus ning vaatame seda umb. $\frac{1}{2}$ –1 tunni pärast uuesti. Selgub, et lahus klaastorus on tõusnud. See tõusmine on võimalik ainult sel teel, kui vesi väljast anumast tungib silindrisse läbi põie (klaassilindri seinad ei lase vett läbi).

Katse näitab: vesi tungib läbi põie suhkrulahusesse.

Katse. Korraldame katse vastupidi: täidame silindri ja osa klaastorust puhta veega, asetame ta siis anumasse, kus on 10%-ne suhkrulahus, ja märgime vee seisu peenes torus. Vaadeldes katseseadist $\frac{1}{2}$ –1 tunni pärast, näeme, et vesi klaastorus on langenud.

Katse näitab: vesi on tunginud silindrist läbi põie suhkrulahusesse.

Katse. Täidame silindri ja osa klaastorust 20%-se suhkrulahusega ja asetame selle anumasse, milles on 10%-ne suhkrulahus.

lahus. $\frac{1}{2}$ —1 tunni järel katseseadist jälgides näeme, et lahus klaastorus on tõusnud.

Katse näitab: vesi tungib läbi põie nõrgema koondisega suhkrulahusest tugevama koondisega lahusesse.

Katse. Valame nii silindrisse kui ka anumasse ühesuguse koondisega (näit. 10%-st) suhkrulahust. $\frac{1}{2}$ —1 tunni pärast näeme, et lahus klaastorus pole tõusnud ega langenud.

Katse näitab: kui suhkru koondis mõlemal pool põit on ühesugune, siis vee liikumist läbi põie pole märgata.

Järeldus: vee liikumist läbi põie põhjustab suhkru koondise vahe: vesi liigub läbi põie alati suurema koondisega suhkrulahuse suunas.

Samu katseid võib korraldada ka sooladega; kuid põis ei pea vees lahustunud sooli kinni, seepärast muutub soola koondise vahe üsna ruttu ja katse ei anna selgeid tulemusi. Kui aga leotame põit enne katsetamist vasevitrioli- (CuSO_4) ja ferrotsüaankaaliumi- [$\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$] lahuses, siis muutub see sooladele läbipääsetamatuks ja katsed soolalahustega annavad samu tulemusi mis suhkrulahustega.

Vee liikumist läbi kile (ehk membraani) suhkru- ja soolalahuste mõjul nimetatakse osmootseks liikumiseks ehk osmoosiks. Seda põhjustab soola- või suhkrulahuste erinev koondis. Osmootne vee liikumine toimub samuti kõikjal taimerakkudes ning ka alati vähema (lahjema) koondisega rakumahlast tugevama koondisega rakumahla, kusjuures kilena esineb siin plasma pindkiht. Vee juurdevool rakuõõnesse kutsub esile teatava surve, pinge. Pinge tugevus oleneb rakumahlas peituvate suhkru ja soolade koondisest: mida suurem on see koondis, seda tugevam on vee juurdevool ja ühes sellega rakus tekkiv pinge, mis surub plasma vastu rakukesta ning venitab (tõmbab) pingule ka rakukesta. Seda osmootse vee liikumisega põhjustatud pinget rakukestades nimetatakse turgoriks. Turgori mõjul on ka pehmed taimeosad (näit. lehed) pinguli ja seisavad püsti. Langeb aga rakudes turgor (näit. kui rakkudest vett aurub rohkem kui juurde tuleb), siis langevad pehmed koed (lehed) longu: taimed närt-sivad.

Rakkude paljunemine. Iga rakk tekib enesega sarnasest, s. o. samasugusest rakust. Selle tõeni on jõutud pikkade uurimiste kaudu ja ta on kehtiv tänapäevsete elutingimuste kohaselt maakeral.

Rakkude paljunemine toimub tavaliselt pooldumise teel, mil

puhul emarakk jaguneb kaheks tütarrakuks. Seda pooldumist on kaunis raske jälgida lihtsate vahenditega mikroskoobi abil. Uurimiste kaudu on kindlaks tehtud, et rakud võivad poolduda kahel viisil: a) lihtsamalt ja b) keerukalt.

a) Rakkude lihtpooldumine esineb alamate taimede juures, harvemini kõrgematel taimedel. Siin algul rakutuum soonistub keskelt, muutub keskelt järk-järgult peenemaks ning lõpuks pooldub. Samal ajal tekib rakku uus vahesein, mis jaotab plasma pooleks, aga nii, et kummassegi ossa jääb oma tuumasa. Tekib kaks uut rakku, mis ei tarvitse aga olla ei tuuma- ega plasmaosade poolest sarnased ja võrdse suurusega. Sellisel pooldumisel võivad tütarrakud erineda emarakust.

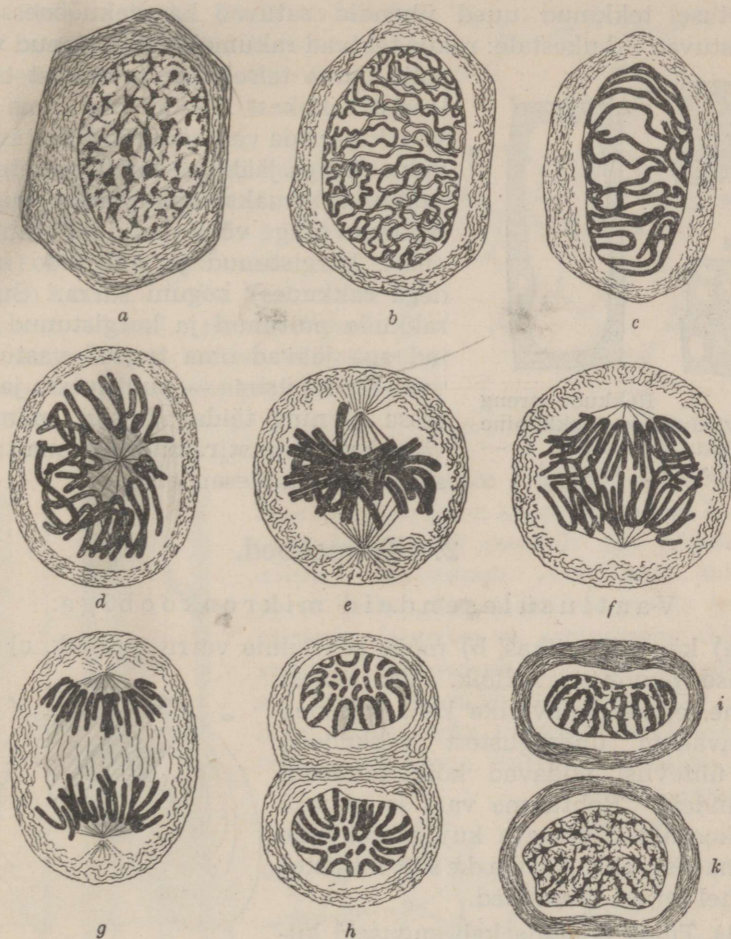
b) Keerukas rakkude pooldumine erineb eelmisest just sellepolest, et siin plasma, peamiselt aga tuum — jaguneb tütarakkude vahel võrdselt; siin tekivad kaks tütarakku, mis oma omadusilt ja väärtuselt (mitte suuruselt) on emarakuga sarnased. Rakutuum pooldumine võrdseteks osadeks toimub siin üsna keerukalt. Nagu joonisel näha, muutub emaraku tuuma aines enne pooldumist märgatavalt: algul ta sõmerdub, siis tekiavad sõmeratest niidikese, igal taimeliigil kindel arv. Sellist tuuma arengut võib selgesti jälgida ainult värvitud preparaadidel, kusjuures tuumaniidikeste aine tugevasti värvainet enesesse võtab ning hästi värvub, nende vahel asetsev vedelam aine aga püsib värvituna — selgena. Esimest tuumaainest nimetatakse seepärast kromatiiniks¹, teist — värvumatut — akromatiiniks². Kromatiin-niidi tükikesi aga kutsutakse kromosoomideks (värvuvateks tombukesteks). Nagu mainitud, igal taime- ja loomaliigil tekib tuuma pooldumisel alati kindel arv kromosoomi (hernel 14, nisul 16, õunapuul 34, inimesel 48 jne.).

On selgitatud, et kromosoomid on päritavate omaduste edasikandjad tütarakkudele ja järglastele. On väga tähtis, et need päritavad omadused jaotuksid tütarakkude vahel võrdselt ja ühesuguselt, sest ainult siis võivad järeletulevad rakud kujuneda täiesti emarakuga sarnaseiks. Järgnevad tuuma pooldumise astmed näitavad meile, mil viisil saavutatakse võrdne tuumaaine jaotus: tuum omandab värtna kuju; tema otstelt keskele suunduvad juhtniidikesed, mida mööda kromosoomid liiguvad tuuma keskele ja jagunevad siin igaüks pikuti pooleks. Peale seda igast kromosoomist üks pool liigub ühte värtna tippu, teine teisele poole. Nii jaotubki tuuma

¹ Kromatiin tähendab kreeka keeles „värviahne“.

² Akromatiin tähendab „mitte-värviahne“, s. o. värvitu.

väärtuslik osa — kromatiin — võrdselt pooleks, kusjuures ka kromosoomide arv kummaski tütararakus jääb endiseks. Lõpuks tuumapooled muutuvad ümmarateks,

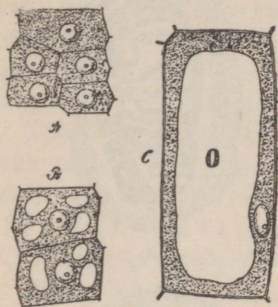


Joon. 11. Rakutuumade keerukas pooldumine; kulg — tähtede järjekorras.

kromosoomid kaovad ja sulavad kokku; samal ajal tekib plasmasse tuumade vahele uus vahesein ning emarakk ongi pooldunud kaheks võrdseks tütararakuks.

c) Rakkude jagunemine enam kui kaheks osaks toimub alamate taimede (vetikate ja seente) juures, miliste emarakud (näit. eoste moodustumisel) jagunevad 4 või 8 tütararakuks.

Rakkude areng. Noor rakk, nagu eespool mainitud, koosneb peamiselt plasmast. Ta kest on õrn ja õhuke, koosneb puhtast tselluloosist ning laseb kergesti läbi vett, toitesooli ja õhku. Ainete vahetusel tekkinud uued ühendid satuvad kas rakuõõnesse või sadestuvad rakukestale: rakus tekivad rakumahlaga täitunud vakuolid, kuna teiselt poolt puhtast tselluloosist rakukest hakkab muutuma ning võib kujuneda veele raskesti läbitungitavaks. Seega jääb vee ja toiteainete vool raku vähemaks, rakuplasma hakkab kiduma ning võib paljudel juhtudel (näit. korgistunud ja puitunud kestadega rakkudes) koguni surra. Surnud rakkude puitunud ja korgistunud kestad aga jäävad oma tugeva vastupidavuse tõttu püsima — puutüvesse ja kooresse — ning täidavad siin mõnikord väga kaua pärast rakkude surma taimeelus tähtsaid ülesandeid.



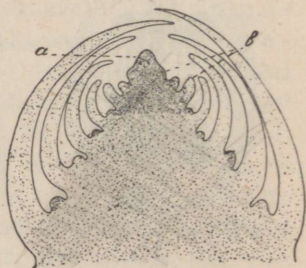
Joon. 12. Rakkude areng ja vakuoolide tekkimine tähestiku järjekorras. O — üks suur vakuool.

2. Taimekoed.

Vaatlusülesandeid mikroskoobiga:

a) keermikvetikas, b) mõne rohttaime varre ristilõik, c) üheaastase puuoksa ristilõik. Vaatlustest näeme, et keermikvetika keha koosneb enamvähem ühesugustest rakkudest, mis ühte viisi täidavad kõiki taimeelu ülesandeid. Rohttaime vars ja puuoks aga koosnevad erineva kujuga rakkude rühmadest ehk kudedest, millistel igal juhul on eri ülesanded.

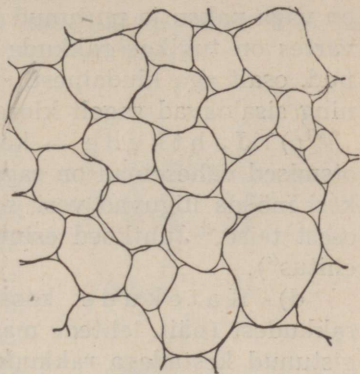
1) Tuleb eristada kahesuguseid kudesid: ühed koosnevad plasmarikastest, õhukesekestalistest ja pooldumisvõimelistest rakkudest; taime kasvu ajal nende kudede rakud poolduvad pidevalt ning loovad uusi kudesid, näit. puudel ja põõsastel — kambiumiring ja pungades — kasvukuhikud, kõrrelistel — sõlmedest kõrgemal asetsevad kasvu võimelised alad, juurte tippude kasvu punktid jt. Selliseid kudesid nimetatakse loovkudedeks ehk meristeemiks.



Joon. 13. Kasvukuhik pungas. Tumedam osa — loovkude; a — kasvukuhik, b — lehtede alged.

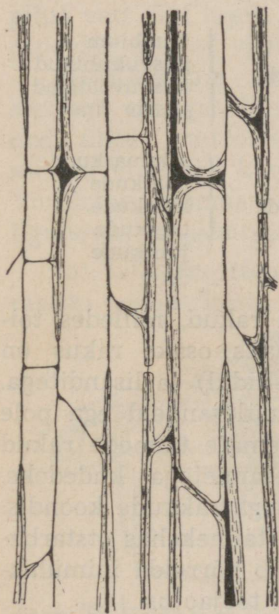
2) Teised — eelmistest tekkinud koed — muutuvad varem või hiljem plasmavaesemaks; nende rakkude kestad paksenevad ja muutuvad toiteainetele raskemini läbipääsetavaiks, rakud kaotavad ühes sellega pooldumisvõime ning muutuvad püsikoeks. Püsi-
kude rakud on spetsialiseerunud eri ülesannete kohaselt ning omandanud sellekohase kuju. Neid on seepärast otstarbekohane vaadelda ja liigitada nende ülesannete ja toimete järgi. Tähtsamad püsikoed:

a) Põhikude ehk parenhüümikude. Selle koe rakud on enamasti elusad, plasmarikkad ja õhukesekestalsed; rakud on enamasti ümmarad; nad ei asu päris tihedasti üksteise küljes ning nende vahele jäävad rakkude vahelised



Joon. 14. Parenhüümikude.

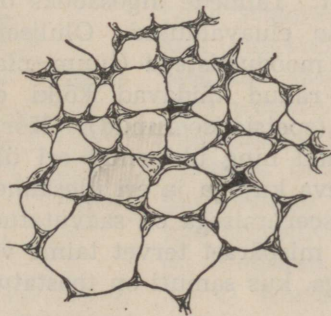
ruumid. Põhikoe rakud on vähe spetsialiseerunud ning on kaunis sarnased loovkoe rakkudega (neil puudub aga pooldumisvõime). Ta esineb — rohtsete taimede varte keskosades, puutüves säsinä ja säsi-
kiirtena, lehtedes — sammaskoe rakkude vahel — täitekoena, viljades (õunad, pirnid, kirsid, ploomid, maasikad jt.) — mahlaka suhkrurikka magusa koena, seemnetes — toitekoena, kartulimugulates, kaalikates, porgandites jne.



Joon. 15.

Rohtse taimevarre tugikude, mille rakukestad osaliselt paksenenud ja puitunud. Joon. 15 — pikilõik.

Joon. 16 — samad rakud ristilõigust.



Joon. 16.

b) Tugikude — erineb nii asukohalt kui ka rakkude kujult eelmisest tunduvalt; tema rakud on pikad, teravaotsaliste kiudude sarnased (puitunud seintega, näit. puutüvedes [vt. edasi

„Tüve ehitus“) ning omavad tugevat paindekindlust. Plasma on nendest enamasti kadunud. Erijuhu tugikoest moodustab luukude (luuviljades, palmi viljades ja pähkli kestades), mille rakud on väga paksu ja puitunud kestaga (vt. joon. 9). Rohtsetes taimevartes on tugikoe rakkude kestad osaliselt paksenenud ja puitunud, osalt aga kiudainest. Rakud on siin plasmarikkad ja elusad ning sisaldavad sageli kloroplaste.

c) Juhtkude — koosneb torukujulistest rakkudest, mille otsmised vaheseinad on sageli kadunud (lahustunud). Neid torukesi mööda liiguvad vesi, soolad ja muud toiteained ühest taimeosast teise. Juhtkoed esinevad kõikides taimeosades (vt. „Varre ehitus“).

d) Katekude koosneb kas kutiinistunud välisseintega rakkudest (näit. lehtede marrasknahk ehk epidermis) või siis korgistunud kestadega rakkudest (korkkude, korp).

e) Sammaskude esineb lehtedes marrasknaha all ning koosneb elavatest, kloroplastiderikastest ning õhukesekestalistest pikliku kujuga rakkudest (vt. „Lehe ehitus“).

Koed	a) rakud, plasmarikkad, pooldumisevõimelised	loovkude	kambium kasvukuhikud kasvuvõõtmad juurte tipud
	b) rakud, plasmarikkad või plasmavaesed, pooldu- misevõimetud	püisikude	sammaskude põhikude katekude tugikude juhtkude

Kokkuvõtt: Taimede algosadeks on rakud, milledes toimuvad kõik taime eluavaldused. Olulisemaks osaks rakus on plasma ühes oma moodustistega (tuum, plastiidid) ja lisanditega. Alamate taimede rakud täidavad kõiki eluülesandeid ega pole diferentseerunud (spetsialiseerunud). Kõrgemate taimede rakud on spetsialiseerunud ning ühinenud eri ülesannetega kudedeks. Iga kude on erineva kujuga ja eri ülesannetega rakkude koondis. Rakkude spetsialiseerumisega on saavutatud taimekehas otstarbekohane tööjaotus, mispärast tervet taime võib võrrelda inimühiskonnaga või riigiga, kus samuti on teostatud tööjaotus

3. Seeme ja tema idanemine.

Taimeriiik jaguneb kahte suurde eriossa: õistaimedeks ja eostaimedeks. Õistaimed paljunevad seemnetega,

eostaimed eostega. Seeme on paljurakuline, eos enamasti üherakuline taimeosis.

Seemnete ehitus. Vaatlus. Paneme aedoa seemne 6—12 tunniks vette likku. Ligunedes seeme muutub pehmeks; teda on nüüd võimalik kergesti lõigata ja jaotada osadeks.

Aedoa seeme on kaetud paksu ja sileda kestaga. Ühel serval on seemnevarre jälg, milles on näha täppidena soonte asemeid: siitkaudu liikusid seemne kasvamisel toiteained seemnesse. Seemnevarre ligidal seemne serval märkame tursunud kohta; kui seemet külgedelt pigistada, tuleb siit välja vett. See on ainus ava aedoa seemne kesta ja teda nimetatakse seemnepiluks.

Katse. On tarvilik teada, kas seemnekest ka mujalt (peale seemnepilu) vett läbi laseb. Seda võime järele proovida mitmel viisil.

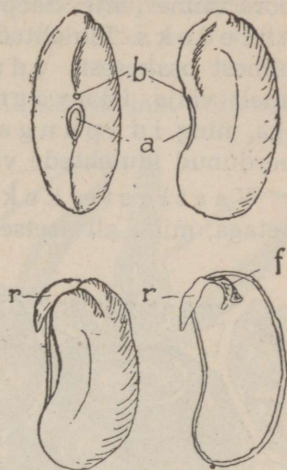
a) Kleebime seemnepilu mõnel seemnel vahaga kinni ja asetame seemned ühes kontrollseemnetega (millel seemnepilud pole kinni kleebitud) vette. Võrdleme, kummad seemned enne läbi ligunevad ja paisuvad.

b) Lõikame ligunud aedoa seemne pooleks ja võtame kummaltki poolelt kesta tervelt ning ilma vigastamata maha. Kuivatame seemnekesta seest hoolikalt kuivatuspaberiga, asetame kesta pisut peent suhkrut ning paneme siis seemnekestad veepinnale ujuma. Määrame kindlaks, kui palju kulub aega, kuni suhkur seemnekesta hakkab lahustuma, s. o. millal vesi on tunginud läbi seemnekesta.

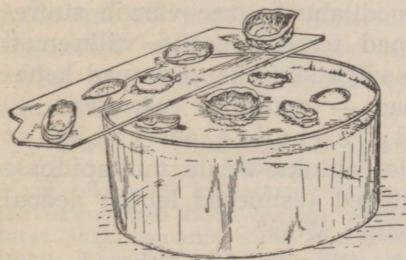
Joon. 18. Katse veel ujuvate oaseemne kestadega, millesse paigutatud suhkrut; ülal vasem. — kontrollkatse.

seemnepilu, ning võrdleme suhkru lahustumise kiirust.

Katsetest näeme, et aedoa terve seemnekest laseb



Joon. 17. Aedoa seemne ehitus: a — seemnevarre jälg, b — seemnepilu, r — idujuureke, f — idupungake.



Joon. 18. Katse veel ujuvate oaseemne kestadega, millesse paigutatud suhkrut; ülal vasem. — kontrollkatse.

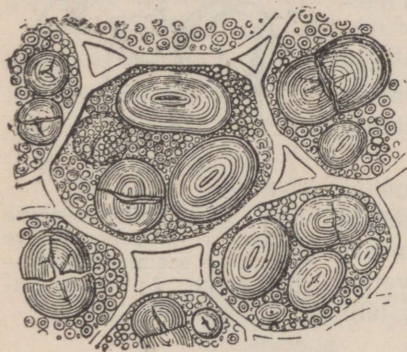
seemnepilu, ning võrdleme suhkru lahustumise kiirust.

Katsetest näeme, et aedoa terve seemnekest laseb

vett väga aeglaselt läbi ja et vesi pääseb seemnesse läbi seemnepilu.

Vaatlus. Võtame ligunud ja kooritud aedoa seemne; see laguneb kergesti kaheks pooleks. Seemne idanemisel tõusevad need seemnepooled mullapinnale ja moodustavad kaks esimest noore taime lehte. Seepärast nimetatakse neid seemnepooli idulehtedeks. Idulehtede vahel asetseb taime idu. See koosneb kolmest osakesest: idujuurekesest, mis ulatub idulehtede vahelt välja, iduvarrekesest, mis ühendab idulehti üksteisega, ning idupungakesest — pisikestest lehekestest, mis keerdunud idulehtede vahele.

Vaatluste kokkuvõtt: Aedoa seeme on kaetud paksu kestaga, mille all asetsevad kaks idulehte ning nende vahele peidetud idu. Idu koosneb — juurekesest, varrekesest ja pungakesest.



Joon. 19. Rakud aedoa idulehest. Suuremad viirulised terad rakkudes on tärklisterad, pisemad — valgu- (proteiini-) terakesed.

Vaatlus. Kaabime noa- või nõelaotsaga aedoa idulehtedest pisut ainet, asetame selle vaatlusklaasile veetilka ja katame kateklaasiga. Vaadeldes seda preparaati umbes 300-kordse suurendusega mikroskoobi all, märkame seal kahesu- guseid terakesi: ühed on suure- mad, veidi viirulised ja lõhestu- nud, teised pisemad. Paigutame kateklaasi serva alla tilga nõrka joodilahust: see värvib suure- mad terad siniseks, väiksemad

aga kollakaspruuniks. Suuremad, joodiga siniseks värvuvad keha- kesed on tärklisterad, pisemad — pruuniks värvuvad — valkained. Seega — aedoa idulehtedes on tärklis- t ja valku, mis on kasvavale idule toiduks. Peale mullapinnale kerkimist idanemisel kuivavad idulehed (esimesed lehed) aedoa- varsti ning langevad „tühjadena“ maha. Miks?

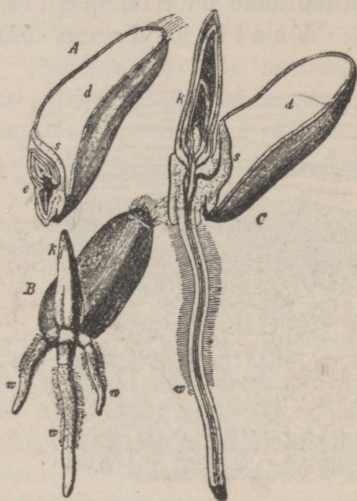
Teisi vaatlusobjekte: hariliku oa, lilloa, herne, kõr- vitsa ja kurgi seemned. Nende ehitus on aedoa omaga sarnane. Väiksemate seemnete ehitusega võime tutvuda suurendusklaasi või mikroskoobi abil. Kõiki taimi, millede seemned koosnevad ka- hest poolest ehk idulehest ja millede idanemisel mullapinnale ker- kivad kaks lehekest, nimetatakse kaheidulehisteks.

Nisu seeme. See, mida harilikult nimetatakse nisu seemneks ehk nisuteraks, pole seeme (seeme areneb seemnepungast), vaid vili, teris, mis on arenenud tervest taime sigimikust.

Vaatlus. Vaatleme leotatud nisuterist. Välisvaatlusel märkame, et nisuterise üks ots on tõmp ning karvane, teine — terav ning sile. Piki seemet läheb vagu. Terava otsa küljes märkame väikest puhetist. Kesta pole võimalik teriselt ära võtta, sest see on seemnekudedega kokku kasvanud.

Lõikame terise pikuti pooleks, nii et lõik läheks läbi puhetise. Suurendusklaasiga lõhkilõigatud nisu vilja silmitsedes märkame, et enamik selle koest on valge ning jahukas. Selle koe kaabet mikroskoobiga vaadeldes näeme, et see sisaldab joodiga siniseks värvuvaid tärklisteri. See on toitekude (ehk endosperm).

Terise peenema otsa küljes asetsev puhetis on idu; see koosneb juurekesest ja pungakesest, mis mõlemad on kaetud ülestikku asetsevate tupekujuliste kestadega; nende vahel asetseb lühike iduvarreke. Toitekoe ja idu vahel märkame kumerat nahka, mis nagu kilp kaitseb idu; see on vahenahk ehk kilp, mille rakkudes peitub tärklis, valke ja rasva lahustavaid ensüüme. Nende ensüümide mõjul toitekoe lahustumatud toiteained muudetakse vees lahustavaiks ning võivad pääseda toiduna idurakkudesse.



Joon. 20. Nisuterise idanemine. A — teris pikilõikes: d — toitekude (endosperm), s — kilp ehk vahenahk, e — idu; B — idanev nisuteris; w — juured, k — iduvars; C — idanev teris pikilõikes.

Katse. Niisutame või leotame mõni tund odrateriseid ning paneme nad siis sooja kohta idanema. 2—3 päeva pärast, mil teriste idud on umbes 1 cm pikkused, kuivatame idanenud odraterised (ehk linnased) ning jahvatame nad kohviveskiga peeneks. Saadud linnasejahu paneme puhasse purki, valame sinna arendatud vett peale ning laseme seista mõni tund. Loksutame leotise ning kurname ta läbi filterpaberi puhtasse klaasi; saime linnaste ekstrakti, mis on täiesti selge, magusa maitsega, kollakat värvust ning sisaldab ensüümi — maltaasi, mis võib tärklis muuta suhkruks.

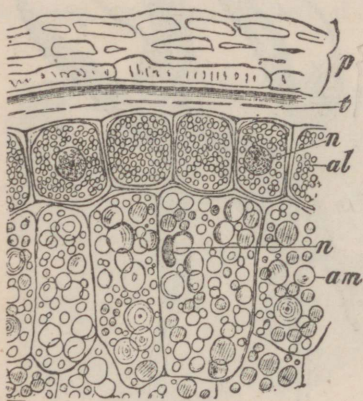
Nüüd paneme katseklaasi pisut puhast tärklis (kas nisu- või kartuli-tärklis — ükskõik), valame peale puhast vett, loksutame tärklise veega segi ning soojendame piirituslambil, kuni tärklis muutub klistriks. Laseme sellel klaasis pisut jahtuda ning lisandame siis tilga joodilahust: klistri-

muutub siniseks, mis näitab, et ta on ikkagi tärklis (tärklisterad on kliist-
ris vaid paisunud ning osalt lõhestunud).

Valame nüüd katseklaasi kliistrile peale veidi varem valmistatud linna-
seekstrakti ning jätame katseklaasi rahulikult seisma: lühikese aja järel
märkame, et kliister muutub vedelaks, läbipaistvaks ning kaotab samal ajal
sinise värvuse. Järeleproovimisel selgub, et tärklis on lisandatud
ensüümi mõjul muutunud suhkruks.

Teisi vaatlusobjekte: nisuterise ehitusega sarnane-
vad kõrreliste — rukki, kaera, odra, maisi, hirsi jt. terised ja tulbi,
võhumõõga, liilia jt. seemned. Idanemisel nendel taimedel kerkib
mullapinnale üks ainus kokkukeerdunud leht, mispärast neid taimi
kutsutakse üheidulehisteks.

Vaatlus. Teeme õhukese lõigu leotatud nisuterisest risti



Joon. 21. Nisuterise ristilõik:
p — viljakestad, t — seemnekest;
al — valkainete- (aleurooni-) ri-
kaste rakkude kiht, n — rakutuu-
mad; am — tärklisterad.

läbi kesta ja selle all asetseva toi-
tekoe. Mikroskoobiga seda lõiku
vaadeldes leiame järgmist: terise
kest on 3-kihine, millest kõige alu-
mine on seemnekest, ülemised aga
viljakestad. Kõikide kestade rakud
on väga kidunud ning halvasti nä-
ha. Seemnekesta all on üks kiht
peeneteralisi toitekoe rakke, mida
jood värvib kollaseks. Need ra-
kud sisaldavad valke. Järgmised sügavamad toitekoe ra-
kud on tulvil täis tärklisteri,
mis värvuvad joodiga siniseks. Siit
selgub, et nisuterise toitekude si-
saldab tärklis ja valke. Muu
seas valkained — peale toiteväärt-
tuse — teevad jahutaigna sitkeks
ning on tarvilikud leivaküpseta-
misel.

Katse. Võtame veidi puhast võid või rasva, asetame selle
puhtale taldrikule ja tilgutame sinna peale eetrit; näeme, et rasv
lahustub eetris. Kuid kui eeter ära aurub, jääb rasv tald-
rikule järele.

Proovime, kas ka nisujahu on rasva. Selleks võtame klaas-
lehtri, asetame sellesse kokkumurtud kurnamispaberi, raputame
sellele nisujahu ja valame peale eetrit, mille jahust läbivalgu-
nult laseme tilkuda puhtale taldrikule. Kui eeter ära aurub,
jääb taldrikule valget ainet, mis lõhnab värske võina. Tulemus:
nisujahu sisaldab rasva. Samasuguse katse abil võime
leida rasva ka teiste taimede toitekudedest. Vaatlustest ja katse-

test selgub, et nisuterise toitekoes on tärklis, valke ja rasva, mis kuluvad idanevale nisuidule toiduks. Neid aineid tarvitab oma toiduks aga ka inimene.

Seemnete idanemine.

Kuivas seemnes taime idu on puhkeolekus. Idu ärkab ellu ja seeme hakkab idanema, kui sinna tungib vett ühes toiteainetega ning hapnikuga.

Seesmised idanemistingimused. Idanemisvõime. Ainult need seemned võivad hakata idanema, mis on korralikult valminud ja millel on täiesti terve idu. Poolvalminud seemnetel pole idanemisvõimet. Paljude taimede seemned pole viljade valmimise ajal (näit. kui viljad lõhkevad ja seemned välja kukuvad) veel päris idanemisküpsed ning vajavad teatud aega järelvalmimiseks. Järelvalmimine kestab näit. sinilillel 2 kuud, saarel 7 kuud, lõökannusel 10 kuud. Ka rikutud ja vigastatud iduga seemned ei idane. Teiselt poolt võib aja jooksul kaduda ka täiesti tervete ning küpsede seemnete idanemisvõime. Nii kaob idanemisvõime kohviolet kuivas kohas seistes 3—5 päeva jooksul, pajudel, paplitel ja jalakatel paari nädala pärast, aedpriimulail 1 aasta vältel, linaseemnetel 3—5 a., teraviljal (nisu, rukis jt.) 50 a. jooksul jne. Heades tingimustes püsib seemnete idanemisvõime kauem, halbades aga kaob kiiremini. Tähtsamaks idanemisvõime kadumise põhjuseks on ülemäärane veekaotus seemnetest, peamiselt idurakkudest: aja jooksul seemned kuivavad sel määral ja idurakud kaotavad nii palju vett, et nende rakkude plasmakolloidid pööratamatult tarretuvad. Kõige kauemini hoidub seemnetes alal idanemisvõime jahedas ja paraskuivas kohas. Külvi eel on tarvis teada, kui suur on idanevate seemnete %. Selleks pannakse 25, 50 või 100 seemet sooja kohta niiskesse saepurusse idanema ning arvutatakse idanema hakanud seemnete järgi idanemisvõimeliste seemnete %.

Välised idanemistingimused. a) **Vesi** (niiskus). Puhkeolekus seemne idurakud on veevaesed. Niipea kui seemned satuvad niiskesse mulda ja nendesse imbub vett, hakkavad nad paisuma ning idanema. Seemnesse pääsenud vesi äratab ellu kõigepealt ensüümid, mis muudavad toitekoes säilitatud lahustumatud toiteained (tärklis, valgud, rasvained ja õlid) vees lahustuvaiks. Lahustunud toiteained imuvad ühes veega idurakkudesse, kus algab ainetevahetus, rakkude pooldumine ning idu kasvamine.

Nagu eespool nägime, pääseb vesi paksukestalistest seemne-

kestadest väga aeglaselt läbi, eriti juhtudel, kui seemnepilu on suletud. Sellised seemned peavad seisma mullas vahest 2—3 aastat, enne kui nende kest osaliselt kõduneb ning vesi sellest läbi pääseb (näit. kuivanud pojengi, akaatsia, läätspuu, palmide jt. seemned). Niisugused seemned idanevad kiiremini, kui nende kesta enne idanema panemist vigastada (kriimustada, viilida). Ka seemnete kihitamine, s. o. sügisel kihtide viisi mõnesse nõusse niiskesse liivasse asetamine — kohe peale seemnete valmimist — takistab seemnekestade läbikuivamist ning soodustab — eriti paksukestaliste ja marjade — seemnete idanemist: kihitatult ületalve hoitud seemned hakkavad järgmisel kevadel mahakülvatult kiiresti idanema.

Seemnesse imunud vee mõjul seemned paisuvad. Paisumist põhjustavad toitekudede kolloidid, mis ahnelt vett neelates mahult suurenevad. Seemnekesta surnud rakud paisuvad vähem kui sisekudede rakud, mispärast idanevate seemnete kestad paisuvate sisekudede surve mõjul lõhkevad.

Kui suur on idanevate seemnete paisumisjõud, näeme järgmistest katsetest.

Katse. Täidame klaaspudeli herneseemnetega, valame sinna vett kaelani, suleme pudeli korgiga ning köidame korgi tugeva nööri või traadiga kinni. Mõne aja pärast pudel lõhkeb. Miks?

Katse. Võtame tugeva klaaspurgi või — veel parem — metallist silindri, täidame selle poolest saadik hernestega ning valame vett peale. Nüüd asetame silindrisse paraja kergestiliikuva kolvi ning selle varrele mingi raskuse (näit. 5- või 10-kilogrammise kaaluvihi). Nii võime määrata, kui suure raskuse paisuvad herved võivad üles tõsta.

b) Soojus. Iga taimeliigi seemned vajavad idanemiseks vastavat soojust: lõunamaiste taimede omad kõrgemat, põhjamaiste omad madalamat. Idanemisel tuleb eristada kolme soojusastet: a) *alamat astet* (*minimum*), millest peale idanemine võib alata, b) *parimat astet* (*optimum*), kus idanemine toimub kõige paremini, ja c) *ülimat astet* (*maximum*), millest kõrgemal taime seeme enam ei idane. Järgmises tabelis näeme neid temperatuuristmeid.

	Alama a. t° C°	Parima a. t° C°	Ülima a. t° C°
Kõrsviljad (nisu, rukis jt.).	0—5	25—31	31—37
Kanep, lina, peakapsas . .	0—5	25—31	31—37
Kurk	15—19	31—37	44—50
Kõrvits	10—16	37—44	44—50

Neid idanemissoojuse astmeid on võimalik kergesti katseliselt järele proovida, asetades niisked seemned vastava temperatuuriga kohtadesse, näit. keldrisse jäätükile, taimelavadesse, soojale pliidile jm.

Põhjamaa taimede seemnetele, mis talvel külma käes, on l ä b i k ü l m u m i n e tarvilik: ilma selleta need seemned ei hakka idanema.

c) **Hapnik.** Idurakkude elustumiseks ja nendes ainetevahetuse võimaldamiseks on peale vee ja soojuse tarvilik veel hapnik. Idandid h i n g a v a d energiliselt: neelavad hapnikku ja eritavad süsihappegaasi.

Seda võime tõestada järgmiste katsetega.

K a t s e. Asetame oa või herne seemned pudelisse, valame pudeli keedetud, kuid jälle jahutatud vett täis ja korgime õhukindlalt kinni. Asetame pudeli parajasse sooja kohta ($20-25^{\circ}\text{C}$). Seemned ei hakka idanema. Miks?

K a t s e. Paneme kahte ühesugusesse purki idanenud herneid. valame neile juurde veidi vett, korgime õhukindlalt kinni ja asetame purgid sooja kohta. Kolmanda tühja purgi korgime samuti kinni. 24—48 tunni pärast näeme, et idandid purkides on märgatavalt kasvanud. Avame ühe seemnetega purgi korgi ettevaatlikult ning viime sinna traadi otsa kinnitatud põleva küünla: küünal kustub järsku, millest näeme, et purgis puudub hapnik. Kuhu see võis jääda? Avame teise seemnetega purgi ning valame sinna selget baariumi leeliselahust [$\text{barüütvett Ba(OH)}_2$] või lubjavett [Ca(OH)_2], suleme purgi korgiga ning loksutame teda veidi: barüüt- või lubjavesi läheb sogaseks. Katsest näeme, et idanevate seemnetega purgis on rohkesti süsihappegaasi. Kordame mõlemat katset kolmanda, tühja purgiga; leiame, et sealt pole hapnik kadunud ega ka tekkinud süsihappegaasi. Järelikult: i d a n e v a d seemned neelavad hapnikku ja eritavad süsihappegaasi.

K a t s e. Paneme suuremasse purki rohkem herneteri idanema ja valame purki pisut vett; jätame sealjuures $1/2-2/3$ purgist tühjaks, et idanditel oleks küllaldaselt õhku; suleme purgi ja laseme korgist läbi peenikese termomeetri; katame purgi ümbert paksu vildiga (nii et ta ei jahtuks) ning asetame sooja kohta. Aegajalt termomeetrit kontrollides, — 48 tunni vältel, märkame, et purgisolev termomeeter näitab kõik aeg mõne pügala võrra rohkem kui toatermomeeter samal kohal. Siit näeme, s e e m n e t e idanemisel (hingamisel) tekib soojust.

Et seemned vajavad idanemisel hapnikku hingamiseks, nagu

loomad ja inimesedki, siis ei või neid paigutada idanema liiga sügavasse mullasse, kuhu õhku küllaldaselt ei pääse. Eriti rasketes (savikates) ja niisketes muldades on õhku vähe. Seemneid kaetakse seepärast harilikult sama paksu mullakihi, kui suur on nende läbimõõt; suuremad seemned võivad (eriti kerges mullas) idaneda märksa sügavamal (uba, hernes), üsna väikesi seemneid seevastu ei kaeta aga üldse mullaga, vaid surutakse mullapinnale kinni (näit. lobeelia, begoonia, gloksiinia jt. seemned).

Vesi, soojus ja hapnik on tähtsamaid välistegureid seemnete idanemisel. Peale nende võivad idanemist mõjustada veel mitmed muud tegurid.

d) **Valgus.** Enamik seemneid on ükskõiksed valguse suhtes ja võivad idaneda nii valguse käes kui ka pimedas. Leidub aga ka selliseid taimi, millele seemned kardavad valgust ja selle käes ei idane, näit. mustkõõmne, okasõuna, maltsa ja rebaseheinaliste seemned. Teiselt poolt leidub jälle taimi, mille seemned ei idane pimedas ning vajavad enne mullasse külvamist lühema- või pikemaajalist valgustamist, näit. võipätaka, kukesaba, tubaka, mürktulika jt. seemned.

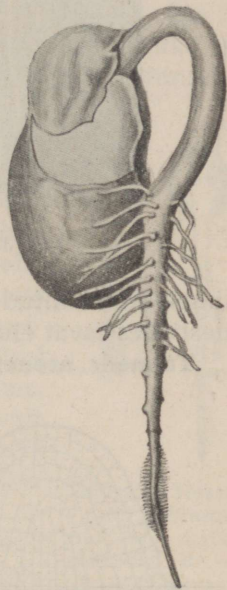
e) **Muld.** Tavaliselt seemned külvatakse mulda, milles leidub niiskust, õhku ja soojust, s. o. kõiki esijoones tarvilikke idanemistegureid. Toiteainete tagavarad on säilitatud seemnete toitekudedesse, seepärast idandid mullast toiteaineid ei vaja: seemneid võib idandada niiskes saepurus ja liivas, niiskete riidelappide vahel jne. Kuid mullas leidub peale selle veel rida muid tegureid, millised võivad mõnikord mõjustada ka seemnete idanemist. Nii näiteks on seemnete idanemisel suure tähtsusega mulla reaktsioon. Ühed mullad (soo-, raba-, savi- ja puhtliivamullad) on hapud: nende muldade vesi värvib sinise lakmuspaberi punaseks; teised — lubjarikkad mullad on leelised: värvivad punase lakmuspaberi lillaks. Hapudel muldadel kasvavate taimede seemned võivad idaneda ainult hapus mullas (kanarbik, mustikas, kuremari jt.), leelistel muldadel kasvavate taimede seemned jälle leelisel mullal (koldrohi, läätspuu, ristikheinad jt.). Ka mõningad soolad, millistel ei tarvitse ollagi toiteväärtust (näit. mangaani-, joodi- ja boorisoolad), vaid mis õige nõrkades koondistes mõjuvad plasma pindkihisel nii, et see vett rohkem läbi laseb (suuremas koondises need soolad on plasmale mürgised), võivad soodustada seemnete idanemist, teised soolad seevastu jälle seda takistada.

Mullas elutsevad hulgaliselt bakterid ja seened; nagu eespool mainitud, paksukestalistes seemned hakkavad idanema alles siis, kui nende seemnekestad on kohati kõdunenud (mädanenud) ja ei takista vee läbipääsu. Seemnekestade mädanemist põhjustavad aga mulla bakterid ja seened. Kuid mõningad mullas elutsevad seened ja bakterid põhjustavad ka taimehaigusi ning võivad hävitada taime idandeid, näit. tõusmetepõletik, mille ohvriks langeb väga palju idandeid ja noori taimi.

Seemnete idanemine. Elmistest vaatlustest ja katsetest selgub, et seemnete idanemise all tuleb mõista seemne idu elluärkamist ühes kõikide teiste sinna juurde kuuluvate nähtustega. Idanemiseks on tarvis, et vesi ja hapnik soodsas soojuses pääseksid seemnesse ja idurakkudesse. Idurakkudes vesi muudab pooltarretunud ja veevaese plasma vedelamaks ning liikuvaks. Hapniku mõjul samad rakud hakkavad hingama. Ühes sellega algabki plasma elutegevus ja ainetevahetus, milleks on aga tarvis vas-

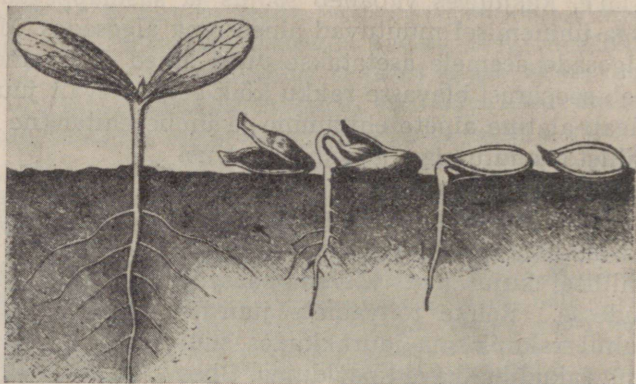
tavat välist kui ka seesmist soojust (s. o. soojust *minimumi* ja *maximumi* vahel). Hapniku ühinedes plasmaga ja toiteainetega, mis sisaldavad süsinikku, toimub nende ainete *h a p e n d u m i n e* ehk *p õ l e m i n e*, kusjuures vabaneb soojus ja süsihappegaas (CO_2). Hapnikuga ühinemisel muutuvad ained oma algosades. Muutunud ainete algosade asemele asetatakse uued ained (toiteained), mil-liseid peab seepärast elavasse rakku kõik aeg pidevalt juurde voo-lama. Algab alatine ainete ehitamine ja ümberehitamine plasmas, alatine ainete muutumine ja vahetus. Uusi toiteaineid saavad idurakud seemne toite-kudedest. Ensüümide mõjul muudetakse siin säilitatud lahustumatud ained vees lahustu-vaiks, millisel kujul nad võivad pääseda idurakkudesse. Rohke toiteainete juurde-voolu puhul rakuplasma idurakkudes suu-reneb ning rakud hakkavad poolduma. Ühes sellega suureneb idurakkude arv ning idu hakkab *k a s v a m a*.

Idandi arenemine. Idaneva seemne kest lõhkeb enamasti idujuurekese kohalt. Tek-kinud lõhe kaudu tungib kasvama hakanud idujuureke seemnekestast läbi ning suun-dub raskustungi mõjul otse alla, sügava-masse mullasse. Ka iduvarreke hakkab pi-kenema; kaheidulehistel taimedel ta keer-dub enamasti kõveraks ning, kõverdunud osa ette surudes, tungib läbi seemet katvast mullakihist — üles valguse poole. Jõud-nud mullapinnale, ajab iduvarreke end sirgu ning tõstab idulehed ja idupungakese üles valguse kätte. Üheidulehistel tungib mullast läbi lehekesi kattev teravatipuline tupp või kokkukeerdunud iduleht. Kuni selle momendini taime i d u on kasvanud seemne toitekudedes peituvate toiteainete arvel. Jõudnud valguse kätte, muutuvad idulehed ja idupungakesest tek-kinud pärislehed kiiresti roheliseks: idust on saanud i d a n d. Ro-helised idandi rakud hakkavad endid toitma iseseisvalt ning val-mistama päikesevalguse kaasabil vajalikke toiteaineid (suhkrut, tärklis, valke, õlisid, rasvaineid). Nende ainete kõrval järjest hoog-samini kasvama hakanud idand nõuab aga veel pidevalt vett ja mõningaid anorgaanilisi toitesooli. Nende ainetega varustavad idandit juured, mis selleks ajaks on tublisti pikenenud, hargnenud



Joon. 22. Aedoa idane-mine.

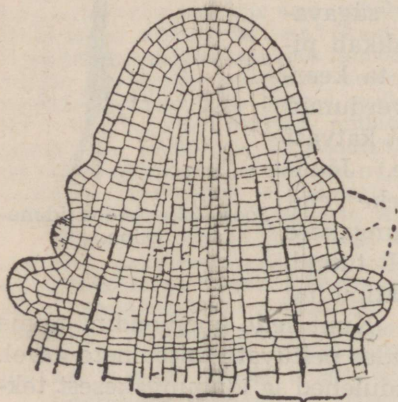
ja kattunud juurekarvakestega. Nii on idand varustatud kõige eluks vajalikuga ja muutunud nooreks taimeks. Selleks ajaks on aga ka seemnes peituvad toiteained jõudnud lõpule: ema-



Joon. 23. Kõrvitsa idandi areng.

taimelt kaasaantud toetus on läbi, ja noor taim peab alustama täiesti iseseisvat elu.

Taimede arenemine ja kasvamine. Enamikul taimedest arenevad nii maa-alused (juurestik) kui ka maapealsed osad (vars, lehed, viljad) enamvähem tasakaalukalt, kusjuures suuremale maapealsele osale vastab ka tugevam juurestik. Kuid esinevad ka erandjuhud, kus näit. juurestik on hiigelpikk, maapealsed osad aga sellega võrreldes koguni väikesed (kõrvetaimed), või vastupidi — taim on üsna lopsakas, aga juured on koguni väikesed (näit. parasiit-taimedel — soomukas, käopäkk jt.).



Joon. 24. Pikilõik kasvukuhikust. Puhetised külgedel on lehtede ja okste alged.

Suuruselt on taimed väga erinevad: ühelt poolt paljale silmale nähtamatud pisikud ja teiselt poolt hiigelpuud, kuni 100 ja rohkem meetrit kõrged. Ka eluealt erinevad taimed: ühtedel kestab see 1 ainsa suve (aedmagun, põldsinep, saialill), teistel 2 aastat (kapsas, kaalikas, por-

gand, võõrasema, lõosilm), kolmandatel aga palju aastaid (mõningatel puudel mitu tuhat aastat).

Nagu eespool nägime, koosnevad kõrgemad taimed kudedest; sealjuures ainult loovkudede rakud omavad pooldumisvõimet. Seetõttu taimed ei kasva kõikides osades ühtlaselt.

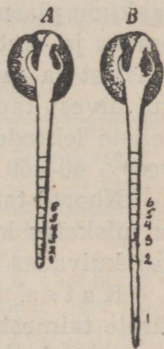
Tähtsamad kasvukohad asetsevad taimedel pungades. Joon. 24 näeme läbilõiku puutaime pungas peituvast kasvukuhikust. On väga iseloomulik, et kasvukuhiku rakud pole täitsa ühesugused; meie võime tähele panna siin kaunis selgesti erinevust kihtide kaupa: seesmised rakud on hoopis isesuunalised, aga ka kujult teissugused kui välimised. Eri asetusega ja kujuga rakkudest arenevad ka isesugused koed ja taimeosad: välimistest pinnarakkudest (kasvukuhiku alusel on näha väikesed puhetised) lehed ja varreharud, kõige seesmistest — juhtkoed, vahemistest kihtidest aga mitmed teised osad (kate- ja tugikoed).

Katse. Võtame mõne päeva vanuse, sirge juurega oa või herne idandi; tõmbame selle juurele tušiga — alates juure tipust — ühesuuruste vahedega märgid ning paneme idandi klaaskausikesesse niiskele filterpaberile (märkidega ülemisel küljel). 24 tunni pärast juurt silmitsedes märkame, et tipu ligidal tehtud märkide vahed on tunduvalt suuremad kui kaugemate märkide vahed. Katsest näeme, et juur kasvab tipu ligidalt. Seal asetseb juure loovkude.

Õistaimede lehed kasvavad alusest, sõnajalaliste lehed tipust. Kergesti võime kõrreliste lehtede kasvu nende alusest määrata sel teel, kui lehtede ladvad maha lõikame (näit. rohu ja muru niitmisel): taimelehed kasvavad varsti endise pikkuseni.

Kõrreliste vartel asetsevad loovkude ja kasvuvöötmed sõlmevahede alumistes osades, mis on kaetud lehetuppedega. Puutüved kasvavad jämedamaks kambiumiringi abil jne.

Tuleb silmas pidada, et loovkoe rakud ei pooldu mitte terve kasvuaaja vältel, vaid ainult lühema aja jooksul: rohttaimedel on see aeg kevadel ja suve algul, puudel ja põõsastel aga enamasti kahel perioodil: üks kord kevadel, teine kord suve lõpul. Taime kasv on kurvi laadi: algul rakkude pooldumine ja taime kasv on aeglane, muutub siis kiiremaks ja vaibub lõpuks. Rakkude pooldumine ise toimub aga peamiselt öösiti, pimedas, mispärast valguse käes on taimede kasv aeglasem.



Joon. 25. Herne juure kasvamine; A — katse algusel, B — 24 tunni pärast.

4. Taimeline keemiline koostis.

Katse. Võtame mõnelt kasvavalt taimelt lehti, tüki vart, juurt või ükskõik millist osa, lõikame selle — kui tarvis — pismateks tükkideks ja kaalume täpsalt keemilistel kaaludel. Kuivatame neid taimeosi umbes 100° C kuumuses, näit. plekkpannil nii, et nad kõrbema ei hakkaks, kuni kõik vesi on välja auranud¹. Kaalume siis kuivatatud taimeosad. Kaalude vahest näeme, kui palju sisaldas võetud taimeosa vett. Veehulka võime arvutada ka % taime toorkaalust.

Sellised katsed on näidanud, et veehulk mitmesugustes taimekudedes ja rakkude plasmas on väga kõikuv. Nii on leitud, et noore loovkoe rakkude plasma võib sisaldada kuni 93% vett; vanemate rakkude plasmas on veehulk väiksem. Mitut liiki taimedes, taimeosades ja -kudedes veehulk sõltub taime kasvukohast, kasvutingimustest ja taime vanusest. Lehtedes on harilikult rohkem vett kui tüves; kapsalehtedes keskmiselt 86%, tomatilehtedes 84%, kõrreliste lehtedes 77%, õunapuu lehtedes 60%. Puutüvedes kõigub vee-% 40—60 vahel, seemnetes 10—20 vahel.

Noorte taimede koed on veerikkamad kui vanadel; varjulistes ja niisketes kohtades kasvavatel taimedel on veesisaldus suurem kui kuivades ja päikesepaistelistes kohtades kasvavatel.

Katse. Võtame taime kuivainet (s. o. seda osa, mis jääb järele taimest pärast vee väljaurutamist), asetame selle kaanega varustatud portselanist kausikesse (tiiglisse) ja kaalume ühes sellega. Paneme nüüd kaanestatud tiigli ühes taime kuivainega piirituse- või gaasitulele ning kuumutame teda $1\frac{1}{2}$ —1 tundi, nii et tiigel kõik aeg helendaks. Jahutame tiigli ning kaalume. Arvanud maha tiigli raskuse kaalutistest enne ja pärast kuumutamist, leiame taime kuivaine kaalu enne ja pärast kuumutamist.

Kuumutamisel põlesid kuivainest ära need osad, mis sisaldasid süsinikku (s. o. orgaanilised ained, nagu valk ja rasvained, õli, tärklis, suhkur, tselluloos, korkaine jt.). Järele on tiigli põhja jäänud mineraalained (soolad) valkja tuhana. Kaalutistest leiame, kui palju on taimeosas põlevaid süsinikuühendeid ehk orgaanilisi aineid ja kui palju mineraalaineid.

Sellistest katsetest on selgunud, et puhast süsinikku on taime kuivaines 40—50%.

¹ Teaduslikel katsetel toimetatakse taimeosade kuivatamist eriliselt ehitatud kuivatuskappides, kus temperatuur hoitakse kõik aeg 105—110° C vahel; taimeosi kuivatatakse seal 1—2 tundi, kuni püsiva (konstantse) kaaluni, mil kõik vaba vesi taimekudedest ja -rakkudest on ära auranud.

Katse. Võtame taimeosa kuumutamisel järelejäänud mine-
raalainet ja kaalume selle. Paneme ta kas tiiglisse või vastavasse
klaasi ning valame peale arendatud vett, segame klaaspulgaga
ning jätame natukeseks ajaks seisma. Edasi kurname need ained
ühes veega läbi filtri: vees lahustunud soolad lähevad filtrist läbi,
lahustumatud aga jäävad filtrile. Võtame viimased ettevaatlikult
ühes filtriga ja kuivatame, kaalume siis (koos filtriga) ning arvame
maha filtri kaalu: nii leiame, kui palju on taimes vees lahustuvaid
ja lahustumatuid sooli.

Analüüsides vastavate vahenditega edasi nii vees lahustuvaid
ja lahustumatuid sooli, leiame lõpuks kõik algained ehk ele-
mendid, milledest taimed koosnevad.¹ Niisuguste analüüsides
kaudu on leitud taimedest kuni 40 algainet. Ühed nendest esine-
vad seal suuremal, teised väiksemal määral. (Ühe sellise täpsa ana-
lüüsi tulemused on koondatud järgmisse tabelisse.)

Maisitaimede kuivaine analüüs.

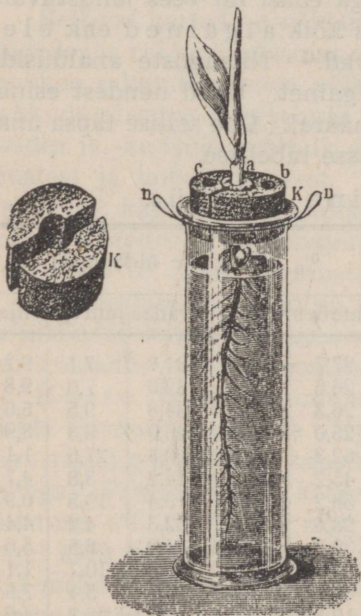
Juurte, varte, lehtede, viljade jne. kuivkaal 835,9 g	Keemil- ne märk	Kaal g	‰ kuiv- kaa- lust	‰ iga algaine üldhulgast				
				lehtedes	varres	terades	juurtes	viljas
Hapnik	O	371,4	44,431	27,7	23,7	31,8	7,1	9,7
Süsinik	C	364,2	43,569	26,6	24,5	32,0	7,0	9,8
Vesinik	H	52,2	6,244	26,3	22,7	34,8	9,5	6,6
Lämmastik	N	12,2	1,459	25,0	13,8	46,0	6,3	8,9
Siliitsium	Si	9,8	1,172	62,3	8,6	0,4	27,6	1,1
Kaalium	K	7,7	0,921	45,2	32,2	14,2	3,6	4,7
Kaltsium	Ca	1,9	0,227	58,2	18,0	3,4	19,5	0,9
Fosfor	P	1,7	0,203	28,6	10,5	52,3	4,2	4,4
Magneesium	Mg	1,5	0,179	32,3	21,0	34,2	6,8	5,6
Väävel	S	1,4	0,167	39,8	22,7	25,8	10,7	1,1
Kloor	Cl	1,2	0,143	42,8	36,9	7,1	5,4	7,8
Alumiinium	Al	0,9	0,107	19,5	2,9	6,7	66,3	4,6
Raud	Fe	0,7	0,083	23,0	14,6	15,7	44,1	2,7
Mangaan	Mn	0,3	0,035	27,9	12,6	35,7	14,9	8,0
Määramata elemendid		7,8	0,933					

Tabelist näeme, et süsinik, hapnik ja vesinik (C, O, H) moo-
dustavad 94,2% maisitaimede kuivainest. Samad algained esinevad
kõikides taimeosades aga ka enamvähem ühtlases vahekorras. See-
vastu vähemal määral esinevad elemendid, nagu raud, alumiinium,
siliitsium jt. on kuhjunud rohkem ühte või teise taimeossa. Nii
on lämmastikku, fosforit ja mangaani rohkem tera-
des, rauda ja alumiiniumi juurtes, kaltsiumi ja si-
liitsiumi lehtedes, kaaliumi ja kloori lehtedes ja vartes.

¹ Teadusliku täpsusega selliseid analüüse toimetatakse vastavalt sisus-
tatud laboratooriumides.

Teiste taimede analüüsid on andnud süsiniku, hapniku ja vesiniku, aga ka fosfori ja väevli esinemise kohta umbes samu andmeid (väheste kõikumistega) nagu eelmises tabeliski, teiste elementide esinemises aga on leitud üksikute taimeliikide juures suuri kõikumusi. Nii sisaldab näit. raudosi 49,4% mineraalaineist siliitsiumi, mis asetseb peamiselt marrasknahas, madal mandlipuu 44,1% mineraalaineist kaltsiumi, kollad kuni 39% mineraalaineist alumiiniumi, merivetikad kõikuval arvul joodi. Haruldasematest algainetest võib mainida titaani esinemist õuntes, vanadiini — suhkrupeetides.

5. Vesikultuurid.



Joon. 26. Vesikultuuri anum; a — auk taime jaoks, b ja c — õhustamise ja tugikepi augud, k — kork, n — traat purgi tõstmiseks.

misse (suuremasse) auku puuvilla või puhta ligniini abil. Suleme kaane teised augud samuti puuvillaga (et õhust tolmu ja pisikuid lahusesse ei pääseks) ja jätame seemne sel viisil kasvama. Et lahusesse ei ulatuks valgust ja et seal ei saaks hakata kasvama vetikad, selleks katame klaaspurgi ümberringi tumeda valgustpidava paberiga või kartongiga. Aegajalt (kui taim on kasvanud

Katse. Võtame 2—3-liitrise klaaspurgi või savist poti ning valmistame sellele tsinkplekist paraja kaane, millesse teeme 3 auku: ühe suurema keskele (taime jaoks) ja kaks vähemat (nendest ühe tugikepi ja teise lahuse õhustamise tarvis). Täidame anuma destilleeritud veega¹ ja kaalume iga liitri vee kohta järgmisi puhtaid soolaid: fosforhaput kaaliumi (KH_2PO_4) 0,25 g, lubisalpeetrit ehk kaltsiumnitraati [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$] 1,00 g, magneesiumsulfaati ehk mõrusoola (MgSO_4) 0,25 g. Need soolad raputame purki, kus nad vees üsna kiiresti lahustuvad. Lisandame siis lahusele veel kolm-neli tilka fosforhappe-raualahust [$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$].

Sellisesse soolalahusesse asetame mõne suurema idanenud seemne juure (on soovitatav, et idujuure pikkus oleks kuni 2 cm) ja kinnitame seemne kaane keskmise

¹ Lihtsamal juhul võib vesikultuurilahuse valmistamiseks kasutada destilleeritud vee asemel puhast vihma- või lume sulatamisest saadud vett, isegi kaevuvett.

suuremaks, siis vähemalt ülepäeviti) õhustame lahust purgis, pumbates sinna (näit. jalgrattapumba abil) läbi kaane ava õhku.

Sellise hoole juures sirgub soolade lahusesse paigutatud taimeidand — suureks taimeks, võib hakata õitsema ning kanda vilja. Kirjeldatud taimekasvatuse viisi vees (õigemini nõrgas soolade lahuses) nimetatakse **vesikultuuriks**.

Vesikultuuri-katsest näeme: 1) kui taimele anda tarvilikke vees lahustuvaid toitesooli, mis sisaldavad 7 algainet: lämmastikku (N), fosforit (P), väävlit (S), kaaliumi (K), kaltsiumi (Ca), magneesiumi (Mg) ja rauda (Fe), siis taim võib kasvada nende soolade lahustes ega vaja kasvamiseks mulda; 2) taim ei vaja vesilahuses süsinikku (C) ega võta seda juurte abil.

Vesikultuurid on väärtuslikuks vahendiks taime toitumisküsimuste uurimisel, sest lisandades lahusele üht või teist algainet soolana meie võime jälgida, millist mõju see avaldab taime kasvusse; jättes aga lahusest välja valiku järgi mõne elemendi, võime määrata kindlaks, kas see element on taimele tarvilik ja milliseid muutusi tema puudumine kutsub esile taime kasvus.

Täpsate teaduslike katsete puhul kasustatakse vesikultuuride asemel veel järgmisi kunstlikke taimekasvatuse viise:

a) **Jooksva toitelahuse kultuurid** — erinevad vesikultuuridest seepoolest, et siin kasvatatakse taim mitte püsivas toitelahuses, vaid viimast uuendatakse järjekindlalt, näit. 1—2 korda päevas, või lastakse seda pidevalt anumast läbi voolata. Sel taimekasvatuse viisil on, eelmisega võrreldes, mitmeid paremusi: a) lahust pole siin tarvis õhustada ja seetõttu ta püsib palju puhutamana, kuna õhustamisel satub lahusesse rohkesti pisikuid; b) lahuse koostis püsib kõik aeg muutumatuna, sest juurte tegevus ja toitesoolade ammutamine juurte kaudu ei avalda sellesse mingit mõju. Kuid jooksva toitelahuse kultuurid nõuavad pikema katse puhul palju puhast vett ja sooli ning on seetõttu kallid.

b) **Liivakultuurid**. Eelmistes kultuuriseadistes võidakse kasvatada ainult üksikuid taimi. Tavaliselt valitakse selleks hästi tugevad ja elujõulised idandid. See kõik aga mõjustab katsete tulemusi, sest võrdlusvõimalused on väikesed. Mainitud puudust on võimalik kõrvaldada sel teel, kui istutame taimi suuremal arvul puhta liivaga täidetud emailitud metallpottidesse ja kastame neid vastavate soolade lahustega. Taimed kasvavad siin loomulikumates tingimustes kui vees ja hoiuvad juurte abil ise püsti. Taimi on siit kaunis kerge analüüsida terve juurestikuga kätte saada. Puhta räniliiva kultuure kasustatakse tänapäev tai-

mede väetusküsimuste uurimisel igal pool põllumajanduse ja aian-
duse katseasutistes.

Milliseid algaineid vajab taim? Nagu nägime vesikultuuri-
katsest, taimed võivad kasvada soolalahustes, mis koosnevad veest
(H_2O) ja 7 algainest: N, P, S, K, Ca, Mg, Fe. Neile tuleb aga juurde
arvata veel kümnes element — süsinik (C), mida taimed võtavad
õhust. Nii arvatigi kuni viimase ajani, et taimedele on elamiseks
ja kasvamiseks paratamatult tarvilikud eelmainitud 10 algainet.
Kõige uuema aegsed ja eelmistest märksa täpsamad analüüsid, kus



Joon. 27. Väetuskatsed liivakultuuridega.

on kasustatud mikrokee-
milisi ja spektraalanalüü-
tilisi¹ ainete määramise
viise, on näidanud, et siin
asi siiski pole nii lihtne ja
et taimed vajavad alg-
aineid märksa suuremal
arvul. Kõigepealt nende
analüüside kaudu avas-
tati, et vesikultuurides —
peale sooladena sinna vii-
dud algelementide — lei-
dub alati vähesel määral
veel mangaani (Mn), boori
(B), joodi (J), siliitsiumi
(Si).

Tekkis küsimus: kust
need algained võisid sat-
tuda lahustesse? Uurimis-
tel selgus, et ühed nendest
on pääsenud sinna koos

toitesooladega, sest tavaliselt ei leidu (isegi nn. „keemiliselt
puhaste“ soolade hulgas) kunagi päris puhtaid sooli, vaid nad sisal-
davad (kuigi väga vähesel määral) mangaani ja joodi.
Teiseks lisaainete allikaks on taime seemned, mis, nagu ana-
lüüsi andmeist näha (vt. tabel lk. 33), sisaldavad mangaani, kloori,
alumiiniumi. Kolmandaks lahustub vees vähesel määral ka anuma
klaas, millest pääseb lahusesse boori, siliitsiumi jt. aineid.

Kui vesikultuurid valmistati eriviisil puhastatud sooladest ja
vees lahustumatust plaatinast anumais, siis selgus, et taimed 9-st

¹ Spektraalanalüüsiga määratakse aineid valguse spektrumi muutmise
(kiirte neelumise) kaudu. Selle menetlusega võib määrata kõige väikse-
maid algaine hulki.

algelemendist koosnevas lahuses ei kasvanud. Lisandati aga sinna eelnimetatud mangaani, boori, joodi ja siliitsiumi väga vähesel määral, muutus taimede kasv priskemaks; kuid õitsemiseks ja viljade valmimiseks vajasisid paljud nendest veel teisi algaaineid.

Nagu eespool (lk. 34) mainitud, vajavad mõned taimed kasvamiseks koguni haruldasi elemente, nagu titaani (Ti) (õunapuud), vanadiini (V) (suhkrupeedid), tsinki (Zn) (seened) jt. algaaineid. Seega tõuseb taimedele tarvilikkude algelementide arv juba 20-ni.

Milleks vajavad taimed mitmesuguseid algaaineid? Kunstlikkude kultuuride ja taimeanalüüside kaudu on läinud enamvähem korda selgitada ka seda küsimust.

Süsinik (C) on olulisim algaaine taimes; ta esineb rakuplasmas, kõikides plasma kaudu moodustatud orgaanilistes ainetes ja rakukestas. Kõik süsinikuühendid põlevad, mispärast kuivanud taimeosi kasustatakse põletus- ja kütteinena samuti kui rasvaineid ja õlisid.

Hapnik (O) ja **vesinik (H)** — esinevad esmajoones keemilise ühendina, veena (H_2O), ning on sellena taimeelus asendamatud. Hapnik puhtal kujul on elusaile taimerakkudele tarvilik hingamisel ning teda leidub paljudes keemilistes — nii orgaanilistes kui ka anorgaanilistes — ühendites.

Lämmastik (N) on valkaine (proteiinide ja proteiidide) algosis ning vajalik kõikides elusrakkudes. Eriti rohkesti vajavad lämmastikku kiirestikasvavad taimed.

Fosfor (P) on raku tuumaine algosis, seega tarvilik kõikides elusrakkudes ja eriti loovkudedes. Teda leidub võrdlemisi suurel hulgal seemnetes ja viljades, mispärast fosforvæetised on tarvilikud taimedele eriti õitsemise ja viljade valmimise ajal. Ta etendab veel tähtsat osa tärglisse tekkimisel ning selle muutmistel teisteks aineteks.

Væævel (S) on valkainete algosis (valkude lagumise lõpp-produkt on alati halvalõhnaline væævelvesinik — H_2S) ning esineb ühes sellega rakuplasmas. Ta soodustab juurekarvakeste arengut, liblikõielistel taimedel juuremügarate tekkimist ja mügarbakterite kasvu; on tarvilik leherohelise ehk klorofüllil tekkimisel.

Kaaliumi (K) leidub kõikides loovkudedes, kus ta soodustab plasma paisumist ja rakkude pooldumist. Lehtedes — sammaskoe-rakkudes — ta kiirustab süsiniku sarnastamiskäiku kui ka teisi biokeemilisi protsesse rakuplasmas, mispärast ta on eriti vajalik kiirestikasvavatel taimedel.

Kaltsium (Ca) on tarvilik rohelistel taimedel, mille lehtedes teda leidub alati suuremal määral; ta etendab tähtsat osa süsihüdraatide (tärgklis, suhkur) moodustamisel ja nende kasustamisel, neutraliseerib taimedes tekkinud mürgiseid happeid (näit. oblikahapet) ja muid mürkaineid, vähendab ning tasakaalustab teiste soolade mõju jne.

Magneesiumi (Mg) leidub suuremal hulgal lehtedes ja seemnetes; ta on leherohelise algosis ja tarvilik selle moodustamisel; tarvilik ka õlide tekkimisel; esineb kõikides loovkudedes.

Naatrium (Na) esineb suuremal määral mereäärsetes ja meretaimedes, vähemal aga ka maismaataimedes; ta sarnaneb oma toimelt mitmeti kaaliumiga; neutraliseerib mürkaineid ja happeid.

Raud (Fe) on vajalik klorofüllil moodustamisel, kuigi ta ei kuulu selle aine keemilisse koostisse; raua puudumisel tekib taimedes kloroos, s. o. lehtede kolletumine leherohelise puudumisel; tal on katalüütiline ehk keemilisi reaktsioone kiirendav mõju.

Siliitsiumi (Si) leidub taimedes ebaühtlaselt: ühtedes on teda rohkesti, teistes koguni vähe; esinedes peamiselt lehtedes, harvemini vartes, ta muu-

dab rakukestad tugevaks ja annab neile ühes sellega suuremat vastupidavust kahjuritele ning taimehaigustele; peale selle siliitsium soodustab fosfori toimet.

Boor (B). Vähesel määral esineb ta kõikides taimedes, suuremas ulatuses aga liblikõielistes ja paksulehelistes (sukulentides); ilma boorita taime rakud ja koed arenevad ebanormaalselt; ta mõjub väga nõrgas koondises (1:12 000 000—1:25 000); suure katalüütilise toimega; soodustab liblikõielistel juuremügarate tekkimist ning mügarbakterite tegevust.

Mangaan (Mn) on tarvilik seemnete tekkimisel ja viljade valmimisel; mõjub katalüütiliselt ning soodustab ainetevahetust rakkudes väga nõrgas koondises (1:50 000 000—1:100 000).

Kloori (Cl) leidub suuremal määral okaspuudes, peale selle kõikide taimede seemnetes ja rakumahlas; ta tõstab taime üldist arenemist ja tusedust; soodustab suhkru tekkimist. Lõplikult pole tema tähtsust suudetud veel selgitada.

Alumiinium (Al) esineb taimedes ebaühtlaselt: ühtedes rohkemal määral (karukollad, tubakas), teistes vähemal; ta soodustab juurekarvakeste kasvu; suurendab rakukesta ja rakuplasma läbilaskevõimet veele ja teistele toitesooladele, tõstab ensüümide tegevust ja assimilatsiooni.

Teised algelemendid. Taimedes esineb veel palju algaaineid, näit. baariumi (Ba), strontsiumi (Sr), arseeni (As), tsinki (Zn), vaske (Cu) jt.; kui võrra nende tähtsus on üldine ning kehtiv kõigi taimede kohta või kui võrra see on erijuhuslikku laadi ning tähtis ainult üksikute taimeliikide juures, need küsimused pole veel lõplikult selgitatud.

6. Kultuurtaimede väetamine.

Looduses vabalt omaette kasvades (näit. metsas) taimede osad (lehed, oksad) langevad igal aastal maapinnale, surevad, mädanevad ja mineraalistuvad, mispuhul suur hulk mullast võetud sooli satub mulda tagasi. Sel viisil toimub looduslik mulla väetamine, mispärast muld ei muutu lahjaks ja taimed (näit. metsapuud) võivad samal kohal jõudsasti kasvada sadu aastaid.

Kultuurtaimedega on asi teisiti. Siin kasvatatakse iga aasta samal kohal uusi, enamasti kiirestikasvavaid ja rohkesti toitesooli nõudvaid taimi. Nende taimede osi kasustatakse mitmeks otstarbeks ning kõrvaldatakse kasvukohalt. Ühes taimedega viiakse põllu- ja aiapinnast minema suurel hulgal mullast võetud toitesooli, mispärast need mullad iga aastaga jäävad toitesoolade poolest kehvemaks. Kui tahame, et taimed sellistes tingimustes võiksid kasvada korralikult ja koguni tugevasti ning anda kõrget saaki, siis peame mulda varustama taimele vajalike toitesooladega ehk mulda väetama.

Et kõik taimeliigid ei vaja mullast mitmesuguseid toitesooli võrdsel arvul, vaid mõningaid rohkemal, teisi vähemal määral, siis võime ajutiselt maa väetamise vajadust vältida või teda mõneks aastaks edasi lükata sel teel, kui kasvatame antud maa-alal mitte üht ja sama taime mitu aastat järgemööda, vaid vahetame külvi. Moodses põllu- ja aiapidamises on külvikorrad valitud nii, et üks

teatav taimeliik (olgu see näit. rukis või kapsas) jõuab samale maa-alale tagasi alles 4, 7 või koguni 10 aasta pärast; sealjuures taimede järjekord on valitud nii, et järgnevad taimed vajaksid peamiselt selliseid toitesooli, mida eelmised kasustasid vähem. Muidugi tuleb ka külvikorra vahetamise puhul maad aegajalt väetada, kuid ikkagi ainult osaliselt (mõnd üksikut põldu), mullas peituvad toitesoolad leiavad aga sel puhul taimede poolt palju otstarbekohasemat kasustust.

Segakülv. Katsed põlluviljadega on näidanud, et segavili kasvab põldudel paremini kui ühte liiki puhasvili. Paremateks segaviljapõllu taimedeks on kaer, oder ja hernes. Ka sinne näht põhjeneb asjaolul, et sobivalt valitud segudes taimed kasustavad mullast eri aineid otstarbekohasemalt ning võivad koguni anda kaaslastele lisaaineid, nagu antud juhul hernes, mis rikastab mulda lämmastikusooladega.

Maaväsimus. Kui kasvatame pikemat aega mõnd taime ühel ja samal kohal (näit. viljapuid 40—60 aastat), siis isegi korralikule väetamisele vaatamata tekib nende taimede suhtes maaväsimus ja uued taimed vanade asemele istutatult ei arene korralikult. Maaväsimust põhjustavad: a) ühtede toitesoolade ülemäärane vähenemine mullast; b) juurte eritised, mis on samale taimeliigile „mürgised“ ja takistavad tema kasvu.

Maa väetamine ja väetisained. Maa väetamiseks kasustatakse loomulikke (loodusepäraseid) ja kunstlikke aineid; esimeste hulka kuuluvad laudasõnnik, virts, kompostmuld, kunstväetiste hulka aga mitmesugused soolad, mis sageli kunstlikult valmistatud.

Laudasõnnikut saadakse põhust ja loomade väljaheiteist; ta sisaldab hulgaliselt pisikuid, millede mõjul toimub sõnnikus orgaaniliste ainete mädanemine ja mineraalistumine. Laudasõnnik sisaldab mitmesuguseid taimedele vajalikke toitesooli, sest ta on tekkinud taimedest enestest, lisaks sellele aga rohkesti lämmastikuühendeid looma väljaheidete näol. Laudasõnnik sobib igasuguste kultuurtaimede väetamiseks. Raskemate savigate maade väetamiseks on kasulikum tarvitada kergemat ja kiiremini kõdunevat hobusesõnnikut, kergetele liivastele maadele aga veisesõnnikut.

Virts koosneb peamiselt loomade vedel-väljaheiteist; ta sisaldab rikkalikult lämmastikku, kuid liiga vähe mineraalsooli, mispärast ta sobib pealisväetisena rammusamatele aiamauldadele kiirestikasvavate aedviljade puhul, mis vajavad palju lämmastikku.

Lämmastikusooli uhetakse vihmaveega kõige rohkem mullast välja, seepärast nendest tulebki mullas kõige sagedamini puudus.

Kompostmuld moodustatakse aia puhastamisel saadavatest taimejäätmest, millistele lisandatakse veel sõnnikut. Ta on seetõttu toiteaineterikas muld, mis kõlbab igasuguste taimeliikide kasvatamiseks.

Kunstväetised sisaldavad peamiselt 5 algainet: lämmastikku, fosforit, väävlit, kaaliumi ja lupja (kaltsiumi).

Lämmastikväetised on vees kergesti lahustuvad salpeeterhappe ja ammooniumi soolad, millistest tähtsamad: kaaliumsalpeeter (KNO_3), naatrium- ehk tšiilisalpeeter (NaNO_3), lubisalpeeter [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$]; väävelhappeammoonium [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$], karbamiid ehk kusinik [$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$]. Et lämmastikusoolad — eriti salpeeterhappe soolad — kergesti mullast välja uhetakse, kiiresti kasvavad kultuurtaimed neid aga palju vajavad, siis on just lämmastikusoolade kasustamine põllu- ja aiamajanduses kõige suurem.

Fosforväetised. Nendest on vees hästi lahustuv superfosfaat [$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$], peale selle ka toomasjahu; fosforiit [$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$] seevastu lahustub vees väga vähe. Et taimed vajavad fosforit rohkemal määral õitsemisel ja viljade moodustamisel, siis fosforväetised tõstavad just viljasaaki.

Väävliühendid. Väävelhappeammoonium [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$] lahustub vees hästi, seevastu kips (CaSO_4) aga halvasti. Et mullas väävlit leidub enamasti külluses ja tema sooli nii kergesti sealt välja ei uhet, siis ülalmainitud väävliühendeid kasustatakse mitte niipalju väävelväetisena kui just lämmastik- ja lubiväetistena.

Kaaliumväetised lahustuvad vees hästi. Nendest on tähtsamad: kaalisoole ehk kaaliumkloriid (KCl), kaaliumsalpeeter (KNO_3), fosforhappekaalium (KH_2PO_4) ja kainiit ($\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4$). Kaaliumi on kiiresti kasvavatele kultuurtaimedele alati tarvis.

Lubiväetised: lubisalpeeter [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$], harilik lubi (CaCO_3), põletatud, kuid kustutamata lubi (CaO) ja kustutatud lubi [$\text{Ca}(\text{OH})_2$], peale selle ka kips (CaSO_4). Lubiväetisi kasustatakse hapudel ja rasketel savikatel maadel; harilik lubi vähendab mulla happesust ja muudab rasked mullad õhurikkamaks.

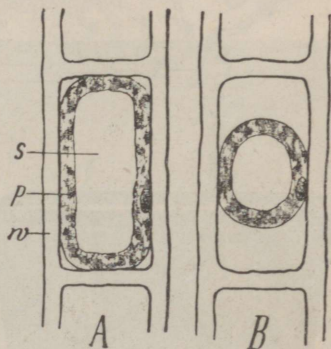
Nitrofoska on kunstväetis, mis sisaldab lämmastikku, fosforit ja kaaliumi; ta on mõjuvamaid kunstväetisi tänapäeval.

Kunstväetiste valikul ja nende otstarbekohasel kasutamisel meie peame teadma kolme asja: a) mida sisaldab antud kunstväetis ja milleks on ta tarvilik; b) milliseid sooli on antud mullas vähe ja c) milliseid sooli vajab kasvatatav taim rohkemal määral. Ülaltoodud kunstväetised sisaldavadki peamiselt neid algaaineid, mida kultuurtaimed vajavad suuremal määral ning millistest võib kiiremini tekkida puudus. Kuid taimele on tähtsad ka need algaained, mida ta vajab koguni vähe, nagu boor, jood, mangaan jt. Kui need ained mullas puuduvad, siis taimed — vaatamata teiste toitesoolade küllusele mullas — ei saa korralikult kasvada ning hakkavad kiratsema. Viimasel ajal on hakatud pöörama põllumajanduses ja aianduses (eriti Ameerikas) tähelepanu ka nendele vähe tarvisminevatele toitesooladele. Mõningaid nendest leidub tavaliselt kunstväetiste hulgas, nagu joodi tšii-lisalpeetris.

Toitesoolade miinimumi seadus. Taimetele tingimata tarvilikud algelemendid toitesooladena mullas on asendamatud; puudub üks nendest, siis ei pääse mõjule ka teised algaained ning taim hakkab kiratsema või ei arene üldse. Seega mõjustavad taime kasvu just need tarvilikud algaained kõige tunduvamalt, milliseid antud juhul on mullas kas liiga vähe või mis seal puuduvad. Seda toitesoolade vahetõrget nimetataksegi miinimumiseaduseks.

Plasmolüüs. Katse. Valmistame 1-, 5-, 10- ja 15-% suhkru- või

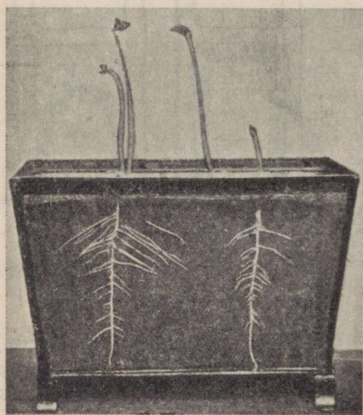
CaCl₂ lahused. Lõikame seebralille (*Zebrina pendula*) alumiselt punaselt lehepinnaalt väikeste tükikestena marrasknahka ning asetame igasse lahundisse mõned lõigud. Umbes 10 min. seismise järel võtame järjekorras — alates nõrgema koondisega lahustest — marraskitükikesed ning vaatleme neid mikroskoobi all, igaühete tema lahuse tilgas. Näeme, et värvunud lilla aine täidab elusrakke 1-% ja 5-% lahustes täielikult, 10-% ja 15-% lahustes on ta aga tõmbunud rakukestade küljest lahti — raku keskele või ühte otsa. Nähtus põhjeneb sellel, et suurema koondisega suhkru- või soolalahus põhjustas osmootset veeliikumist rakuvakuoolist välja — läbi raku-plasma ja kesta; selle tagajärjel langeb algul turgor rakkudes,



Joon. 28. Raku plasmolüüs. A — plasmolüüsi algus, kus plasma (p) on rakunurkades rakukestast (w) veidi eemaldunud; s — vakuool. B — plasmolüüsunud rakk: plasma on kokku tõmbunud raku keskele.

hiljemini aga — suurema veehulga kaotamisega rakuvakuoolist — tõmbub plasma rakus koomale ning lõpuks seinte küljest lahti, nagu seda selgesti näeme 15-% suhkrulahuses. Sellist plasma kokkutõmbumist veekaotuse tagajärjel nimetataksegi *plasmolüüsiks*. Plasmolüüs toimub, kui elusrakud satuvad suurema koondisega soola- või suhkrulahustesse, kui see on nende enda vakuoolis. Kaotanud suurema hulga vett, rakkude eluavaldused jäävad seisma ning rakud surevad lühema või pikema aja vältel.

Samane nähtus võib toimuda ka juurekarvakestega mullas, kui taimi kasta liiga tugeva koondisega soolalahustega. Sel puhul ei liigu vesi ja toitesoolad mullast mitte juurekarvakestesse ja taimesse, vaid vastupidi — juurekarvakestest välja ning taimed kuivavad.



Joon. 29. Juurte kasvu uurimisel kasutatav klaasseintega kast.

Siit selgub, et mulda ei või väetada liiga ohtrasti. Väetusnormiks peetakse: 1—2 g soola 1 liitri kastmisvee kohta või 25—30 g 1 m² mullapinna kohta.

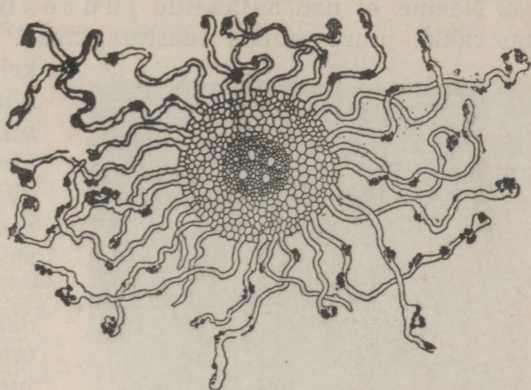
Mulla omaduste parandamine. Põllu väetamine ei seisne ainult selles, et lisandada mullale tarvilikke toitesooli, vaid ka selles, et parandada mulla omadusi: neutraliseerida hapusid muldi (lubjaga), õhustada raskeid muldi (liivaga, lubjaga ja kerge sõnnikuga), rikastada mulla huumuse ja ühes sellega mulla pisikute hulka (hariliku laudasõnnikuga), vähendada liigset niiskust (maa kuivendamisega), suurendada

niiskust (niisutamisega ja valamisega) jne.

Mulla tähtsus. Taimi võib kasvatada ka ilma mullata, nagu nägime eespool; sellele vaatamata osutub muld siiski kõige sobivamaks ja otstarbekohasemaks aluseks taimede kasvatamisel, sest a) ta sisaldab ise hulga taimedele vajalikke toitesooli, b) ta hoiab hästi kinni niiskust ja väetamisel mullasse viidud sooli, c) oma huumusesisalduse poolest ta võimaldab loendamatule pisikule elamist ja olemist, millistest osa soodustab taimede kasvu, d) tumeda värvuse tõttu ta soojeneb hästi ning säilitab soojust.

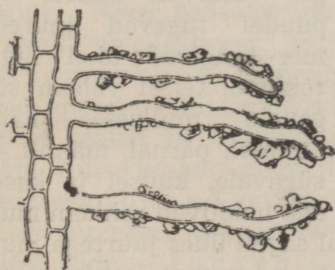
7. Juurte ehitus ja tegevus.

Vaatluskatse. Võtame klaasseintega kasti, mille põhi on kitsam kui pealmine osa ja mille otsmistes seintes on peenikesed õhuaugud. Täidame kasti niiske mullaga, jättes peale kaane alla 3—5 cm võrra ruumi,



Joon. 30. Juure ristilõik.

ning asetame mullapinnale vastu klaasi idanema mõned oa, herne või nisu seemned. Katame kasti kaanega, et muld liigselt ei kuivaks, ja asetame sooja kohta, kus jälgime idanemiskäiku läbi klaasi. Näeme: juured suunduvad peale seemnekestast väljumist otsejoones alla mullasse (raskustungi mõjul); et klaas on sissepoole viltu, siis suruvad juured endid selle vastu ja meie võime nende arengut hästi näha. Hernel ja oal tekib idujuurekesest peajuur, mis pikemaks kasvades moodustab külgsuuri; viimased harunevad omakorda edasi peenemateks juureharudeks. Nisul tekib algul kolmenamvähem ühesugust, võrdse jämedusega juurt, millele hiljemini lisandub teisi samasuguseid peenijuuri; need kõik on narmasjuured. Nisul ja üheidulehistel taimedel ei teki jämedamat peajuurt. Nii on ühe- ja kaheidulehistel taimede juurte kujud erinevad.



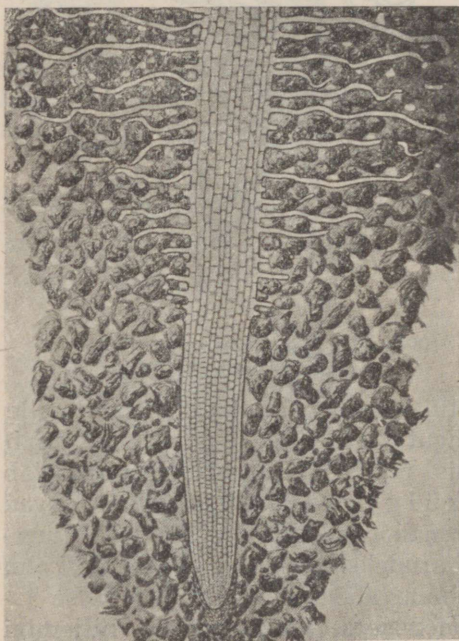
Joon. 31. Juurekarvakesed.

Vaatluskatse. Paigutame mõned nisuterised idanema niiskele kurnamispaberile ning asetame nad ühes sellega (et niiskus nii kiiresti ei auruks) mõnda kaanega klaasnõusse. Kolmandal-neljandal päeval märkame, et nisujuured on tihedalt kattunud peente juurekarvakestega. Mikroskoobiga neid vaadeldes näeme, et iga juurekarvake on üks rakk (õigemini rakuharu). Juurekarvakesed tekivad õrnakestalistest juurepindnahast (epibleemi) rakkudest — veidi

Vaatluskatse. Paigutame mõned nisuterised idanema niiskele kurnamispaberile ning asetame nad ühes sellega (et niiskus nii kiiresti ei auruks) mõnda kaanega klaasnõusse. Kolmandal-neljandal päeval märkame, et nisujuured on tihedalt kattunud peente juurekarvakestega. Mikroskoobiga neid vaadeldes näeme, et iga juurekarvake on üks rakk (õigemini rakuharu). Juurekarvakesed tekivad õrnakestalistest juurepindnahast (epibleemi) rakkudest — veidi

tagapool juuretipu kasvuvöödet, seega ainult peentel juurtel. Juure jämedamaks kasvamisega ning selle pindnaha paksenemisega surevad (kuivavad) juurekarvakesed. Mõnedel veetaimedel (vesiroos, vesikuusk jt.) puuduvad juurekarvakesed.

Vaatlus. Vaatleme mõnda tervet juuretipu mikroskoobiga. Näeme, et nad on kaetud juurekübaraga, mis kaitseb õrnu rakke juure mullas edasitungimisel kõvade mullasõmerate



Joon. 32. Juure ots mullas (pikilõik). Näha juurekübar ja juurekarvakesed.

kriimustuste vastu. Juurekübar aga kulub väljast alatas; kulunud rakkude asemele tekivad seestpoolt uued rakud; nii püsib juurekübar enamvähem ühesuurusena.

Juurte tegevus. Jämedamad juured hoiavad taimi mullas püsti, peened juurte ladvad aga, mis on kaetud juurekarvakestega, võtavad mullast vett ja toitesooli.

Suuri puid tuulte käes püsti hoida pole kerge; vastavalt sellele on puudel tugevad juured, mis tungivad ühel liigil rohkem, teisel vähem sügavale mullasse, näit. tammel, pärnal, männil — sügavale, kuusel ja kasel aga hoiduvad rohkem mul-

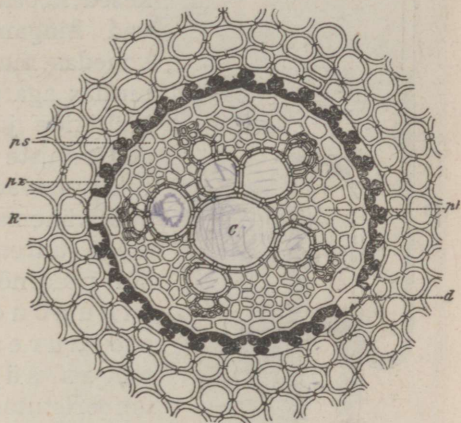
lapinna ligidale. Viimaseid murrab tuul sageli ühes juurtega mullast välja, esimesi aga mitte. Madalate rohtsete taimede püsti-hoidmine on kergem: siin ei tarvitse taimede juured olla nii tugevad. Ujuvatel veetaimedel, nagu vetikad, kilbukas jt., puuduvad juured.

Vee ja toitesoolade vastuvõtmist toimetavad peamiselt juurekarvakesed. Need on elusrakud, millede rakumahlas leidub alati suhkrut. Viimane põhjustabki vee liikumist juurekarvakese vakuooli läbi rakukesta ja plasma. Vesi ühes lahustunud sooladega tungib osmootsel teel juurekarvakesesse, just samuti, nagu meie seda eespool tõestasime katsega.

Uurimised on näidanud, et suhkru (ja soolade) koondis juurekarvakeste rakumahas on nõrgem kui kuski mujal taimeosades ja et see koondis tõuseb lehtede suunas. Sel põhjusel vesi ei või jääda peatuma juurekarvakestesse, vaid ta liigub siit edasi suurema koondisega suhkru- ja soolalahustega rakkudesse, kuni jõuab lõpuks lehtedesse, kus ta auruks muutudes taimest lahkub.

V a a t l u s. Teeme õhukese ristilõigu läbi sibula või võhumõõga juure keskosa (mitte juurika!) ja vaatleme seda mikroskoobiga, et võida heita pilku juure siseehitusele. [Rakukesta koostise mõistmiseks on soovitatav preparaati värvida kloor-tsink-joodiga või floriglutsiini ja soolhappega.]

Näeme: juure marrask-naha (epidermise) all asetseb parenhüümkude (juure koor), mis koosneb elusrakkudest. Juure siseosa on piiratud paksukestaste rakkudega, mida floriglutsiin värvib lillakas-punaseks (järelilikult rakukestad on puitunud või koguni korgistunud). Need paksukestased rakud moodustavad juure sisemarraski (sisenaha ehk endodermise), mille rak-

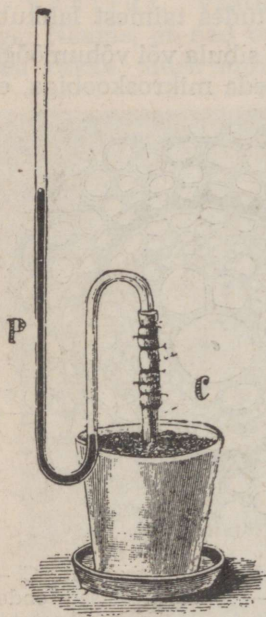


Joon. 33. Ristilõik sibula juurest. C — kesksoon, px — paksukestased endodermise rakud, d — õhukesekestased läbilaskerakud; ph — juureniine rakud, R — juure torusooned; (ps — peritsükel ehk juure kambium.)

kude kestad on kolmest küljest puitunud ega lase seepärast vett läbi. Juure keskel näeme jämedamaid valendusi: need on puitunud seintega sooned, mida mööda liiguvad vesi ja toitesoolad juurest üles varresse. Soonte vahel asetseb saartena vähematest rakkudest kude — juureniin; selle kaudu suhkur ja orgaanilised ained valguvad taime lehtedest alla juurtesse.

Silmitsedes seda pilti tekib küsimus: kuidas pääsevad vesi ja mineraalsoolad juure koorerakkudest (parenhüümkoest) läbi puitunud kestaga endodermise rakkude — juure keskel asetsevatesse soontesse? Mikroskoobiga täpsamalt endodermist uurides võime leida selles kohti (nagu auke), kus endodermise rakud on õhukesekestased: need on läbilaskerakud, millede kaudu pääsebki vesi ühes sooladega juure koorest juure keskossa — soontesse.

Uurimised on näidanud, et läbilaskerakud võimaldavad veel liikuda ainult ühes suunas, s. o. väljast sissepoole. Need rakud töötavad seega nagu suruv pump, mis pärast tekib juure soontes alatine rõhe, mis surub vett edasi. Seda juurte rõhet võib isegi mõõta elavhõbemanomeetriga, nagu näha joon. 34.



Joon. 34. Elavhõbemanomeetriga juurerõhke määramine. C — kummitoruga ühendatakse taime vars kõvera klaastoruga, kuhu on valatud elavhõbe (P). Juurerõhe surub elavhõbeda üles.

Juurte hingamine. Nagu nägime eespool, juurte peenemad osad ja juurekarvakesed koosnevad elusrakkudest, mis vajavad hingamiseks hapnikku. Kuivas ja kohedas mullas on õhku rohkesti, märjas mullas aga üsna vähe. Mitmesuguste taimeliikide juured vajavad hapnikku kaugeltki mitte võrdselt. Ühtede taimede juured tungivad sügavale mullasse: need lepivad vähema hapnikuhulgaga; teiste taimede juured aga arenevad mullapinna ligidal: need nõuavad palju hapnikku. Hapnikunõuete kohaselt iga taimetuurestik areneb talle vastavas sügavuses. Seepärast ei või ümberistutamisel paljuaastase elukestusega taimi — eriti puid ja põõsaid — asetada kunagi sügavamalt mullasse, kui nad kasvasid enne; alati jäägu puudel juurekael mullapinna piirile. Sealjuures tuleb aga veel arvestada mulla vajumist pärast istutamist ning istutada puud seevõrra (s. o. 5—10 cm) mullapinnasest kõrgemale.

Hingamisel juured neelavad hapnikku ning hingavad välja süsihappegaasi (CO_2). Viimane, ühinedes mullas veega, moodustab süsihappe (H_2CO_3). Kuigi see on väga

nõrk hape, omab ta siiski võimet lahustada vees lahustumatuid sooli, näiteks lupja (CaCO_3), fosforiiti [$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$] jt. Niiviisi pääsevad ka vees lahustumatud soolad taimedesse.

Juurekarvakeste tähtsus, peale vee imemise, seisneb veel selles, et nad suurendavad paljukordselt juurte tegevuspinda. Et nad püsivad vaid peente juurte tippude piirkonnas ja kaugemal, jämedamaks kasvanud juurteosadel ära kaovad, nihkuvad nad juurte kasvades kõik aeg mullas edasi ning puutuvad sel viisil kokku peaaegu iga pisemagi mullaraaasukesega juurestiku piirkonnas.

Juure teisi ülesandeid. Paljude taimede juurtesse säilitatakse talveks toitainete (tähtlase, suhkru, valkude jt.) tagavarasid; sellised juured muutuvad seetõttu jämedamaks, näit. porgandil, kaalikal, peedil, naeril, siguril, mädarõikal jt. ning inimesed kasustavad neid toiduks juurviljana. Mullas elutsevate loomade ja röövikute vastu on need toidutagavarad kaitsetud mürg- ja mõruainetega, mis asetsevad enamasti juurte kooses.

Mügarbakterid ja mükoriisa. Liblikõieliste taimede juurtel asetsevates mügarates elutsevad mügarbakterid, millised omavad võimet valmistada õhulämmastikust lämmastikku sisaldavaid toiteaineid. Nende bakterite kaasabil liblikõielised võivad elutseda kehvemates muldades kui teised taimed. Liblikõieliste taimede juured suudavad kogu muldagi rikastada lämmastikusooladega, eriti pärast juurte mädanemist (näit. ümberküntud ristikheinasöödis). Mügarbakterid arenevad paremini leelistes muldades, seepärast ka liblikõielised taimed kasvavad hästi lubjarikastel maadel.



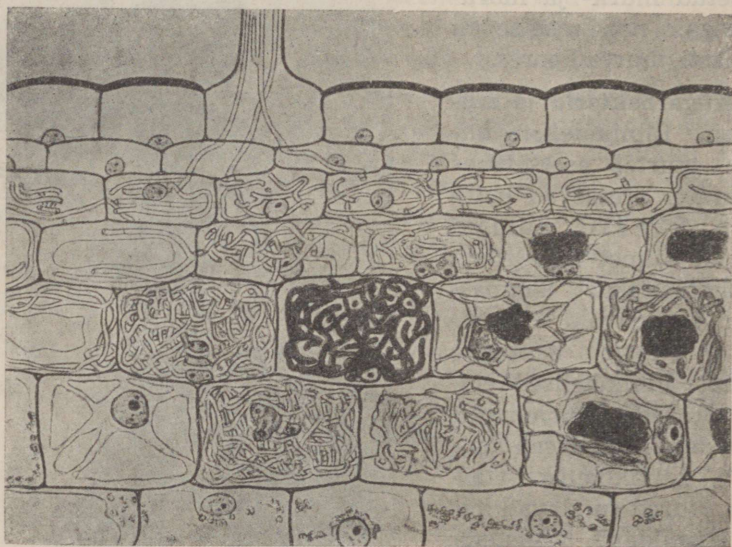
Joon. 35. Mükoriisa lepa juurtel.

Paljud metsapuud elavad sümbioosis (= kooselu) seentega, mis elutsevad nende juurtel või juure kudedes. Neid seeni nimetatakse mükoriisaks¹ ja nad aitavad juurtel vastu võtta vett ja toitesooli. Puhastes kultuurides, ilma vastavate seenteta, pole neid taimi sageli üldse võimalik kasvatada. Mükoriisaga taimed on: lepad, pöökpuud, kuused, kanarbikulised, käpalised jt.

Parasiit- ja poolparasiittaimed. Mõned taimed tungivad kas juurtega või erisuguste imikutega teistesse elus-

¹ Mükoriisa — juureseen.

taimedesse ning imevad sealt endile vajalikke toiteaineid. Need on kas parasiit- või poolparasiittaimed. Esimestel puuduvad enamasti tavalised juured ja nad on varustatud vaid lühikeste imikutega, näit. võrm, soomukas, käopäkk, teistel on peale imikute ka tavalised juured. Parasiittaimed on sageli ilma lehtedeta ega oma üldse leherohelist, poolparasiittaimed, nagu silmarohud, robihein, härghheinad jt. on rohelised taimed.



Joon. 36. Mükoriisa käpalise käo keele juurtes.

8. Lehe ehitus ja tegevus.

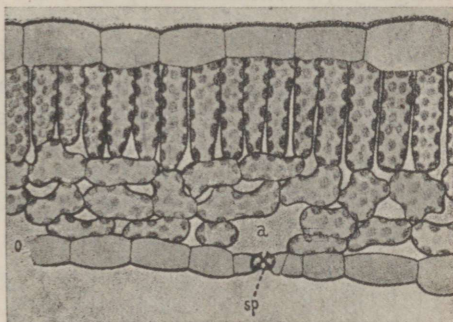
Vaatlus. Teeme ristilõigu mõnest taimelehest (näit. mungalille, kapsa, õunapuu või mõne potilille omast) ja vaatleme seda mikroskoobiga. Näeme: lehe pealmine ja alumine pind on kaetud lamedarakulise marrasknaha. Pealmise marrasknaha rakkude välisseinad on enamasti tugevasti paksenenud ning kutiinistunud, alumise marrasknaha omad aga mitte. Lehe ülemisel küljel marrasknaha all leiame ühe või rohkem kihte (näit. mungalille ja õunapuu lehel) piklikke rakke, mis on tihe-
dalt surutud üksteise vastu ja milles leidub rohkesti kloroplaste. See on sammaskude. Sammaskoe all on kohedam kude, mille rakkude vahel leidub suuremaid ja vähemaid õhuga täidetud vahe-
ruume. See on lehe kobekude. Ka kobekoe rakkudes näeme kloroplaste, kuid vähemal arvul kui sammaskoe rakkudes. Sam-

mas- ja kobekoe piirdel leiame lehtedes veel ringikujuliselt rakkudega piiratud juhtkoe soonkimbuna. Sellise ehitusega on suurelt enamikult ka teiste taimede lehed.

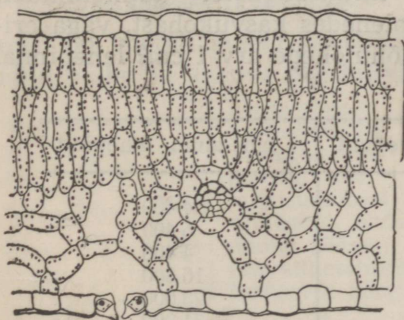
Vaatlus. Lõikame mõne taime lehe alumiselt pinnalt habemenoaga tükikese marrasknahka ja vaatleme seda mikro-

skoobiga. Näeme: marrasknaha rakkude piirded on lainjad (üheidulehistel — ka sirgjoonelised); rakud on läbipaistvad ja nendes puuduvad kloroplastid. Kuid selliste tavaliste marrasknaharakkude vahel märkame paarikaupa pisemaid ja kõvera kujuga rakke, milledes leidub kloroplaste. Nende rakkude kõverdusesse jääb pisike pilukujuline ava,

mida nimetatakse õhulõheks; õhulõhesid piiravaid rakke kut-
sutakse aga sulgrakkudeks, sest nende mõjul õhulõhe sule-
takse ja avatakse. Õhulõhede
kaudu pääseb õhk lehtedesse
ning täidab kõiki kobekoe
rakkude vahelisi ruume; nende
kaudu aurub aga ka taimelehte-
dest vett.



Joon. 37. Mungalille leht — ristilõik; a — õhuruumid rakkude vahel; sp — õhulõhe.

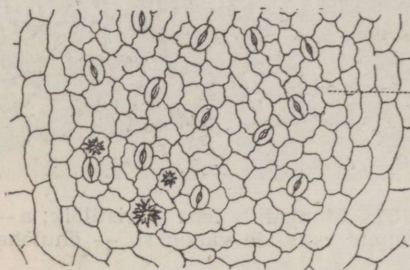


Joon. 38. Ristilõik õunapuu lehest; sammaskude on kolmekihine.

osa (keskmiselt $\frac{1}{20}$ — $\frac{1}{40}$) läbi marrasknaha. Vee aurumist läbi marrasknaha rakkude takistavad kutiinistunud rakkude kestad, mis on sageli veel kaetud vahaaainega ja tiheda karvkatttega.

Läbi õhulõhede auruv veehulk oleneb: a) õhulõhede asetusest, b) nende arvust ja c) avade suurusest. Kaudselt mõjus-
tavad aga vee aurumist lehtedest veel — taime kõrgus, tuule
tugevus, õhu soojus ja õhu niiskus.

Õhulõhede asetus on taimedel mitmesugune: ühtedel taimedel õhulõhed asetsevad lehe mõlemal küljel kaunis võrdsel arvul, näit. kõrsviljadel, tomatil jt., teistel taimeliikidel (enamik taimedest) on pealmisel lehepinnal õhulõhesid vähem kui alumisel, näit. kapsal, kaalikal, kartulil, kurgil jt.; kolmandatel puuduvad õhulõhed ülemisel lehepinnal ja esinevad ainult alumisel, näit. õunapuul, kirsipuul, persikupuul jt.; lõppeks ujuvate lehtedega vee-
taimedel (vesiroos, jõekupp, ujuv penikeel jt.) õhulõhed asetsevad ainult lehtede ülemisel pinnal. Miks? Tavaliselt aarub vett



Joon. 39. Tükike lehe marrask-nahka õhulõhedega.

lehtede ülemiselt pinnalt rohkem kui alumiselt; seepärast leiamegi, et kuivadel ja päikesepaistestel kohtadel kasvavatel taimedel on õhulõhed alumisel lehepinnal ja puuduvad ülemisel, kuna niisketes ja varjulistes kohtades kasvavate taimede juures see on vastupidi.

Õhulõhede arv on mitmesugustel taimeliikidel, aga ka ühel ja samal taimeliigil, olenedes kasvukohast, väga erinev. Tabelis on toodud keskmine õhulõhede arv 1 cm² lehepinnal meie tuntuimatel taimedel.

Taime nimi	1 cm ² ülem. lehepind	1 cm ² alum. lehepind
Nisu	6 200	4 400
Oder	5 400	5 400
Kaer	4 000	4 400
Kartul	5 200	16 300
Kapsas	5 200	23 000
Õunapuu	0	31 200

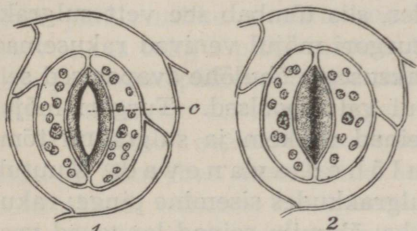
On arusaadav, et lehtedest, mille marraskis on rohkem õhulõhesid, vee aarumine on suurem.

Õhulõhede avade suurus oleneb taimeliigist, päevajast ja ilmastikust. Suuremad õhulõhed on kaeral, amarüllisel ja mõningatel vee- ja niiske maa taimedel, väga väikesed aga kuivade kinkude, stepi- ja kõrvetaimedel. Normaalseste kasvutingimuste puhul on enamikul taimedest õhulõhed avatud ainult päeval (valguse käes) ning suletud öösi, kuid esinevad ka erandjuhud, kus taimedel õhulõhed sulguvad palavaga keskpäeval või kus nad jää-

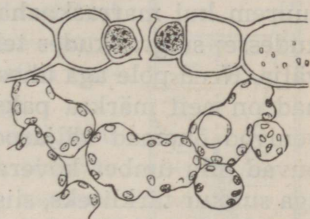
vad avatuks öösi (näit. öösi õitsevatel taimedel). Mõningatel taimeliikidel õhulõhed sulguvad vihmaga, teistel jälle kuivaga.

Kui palju aurub vett taimedest? — Katse. Lõikame mõne elava ja lehistunud taimeoksa, asetame selle veega täidetud klaasi ja kallame vee peale kihi õli. Õli ei auru ja takistab ka vee aurumist klaasis. Asetame veeklaasi ühes oksaga tundlikule kaalule ning tasakaalustame. Nüüd võime jälgida, kui palju aurub võetud taimeokstast vett — näit. 1 tunni, 6 tunni, 12 tunni ja 24 tunni vältel jne.

Selliseid katseid terve taimega nende loomulikes kasvu-kohtades on raskem teostada ja nad nõuavad keerukamaid vahendeid. Sellekohased katsed on aga näidanud, et suve jooksul taimedest auruv veehulk on mõnikord väga suur. Järgmised and-



Joon. 40. Õhulõhed: 1 — avatud (c),
2 — suletud. (Pealtvaade).



Joon. 41. Õhulõhe ehitus
(külgvaade).

med on võetud ameerika (USA) vastavast uuemast kirjandusest ning näitavad auruva vee hulka taimedest suvise kasvuaja vältel:

1 hernetaimest	58,5	liitrit
1 kartulitaimest	112,5	„
1 tomatitaimest	153,0	„
1 maisitaimest	243,0	„
1 talinisutaimest (15-harul. juur- dunud põõsas)	112,5	„
1 päevalilletaimest	553,5	„
1 hektaarilt kõrsviljapõllult (arvutatud)	3 602 300	liitrit.

Nendest andmetest näeme, kui ääretu suur on taimede veenõue suve jooksul suuremal kultuuralal (näit. põllul, aias), kui raske on seda veehulka kunstlikul teel (valamisega) soetada ja milline suur tähtsus on vihmale kui looduslikul maa niisutajal.

Kuidas avanevad ja sulguvad õhulõhed? Enamikul taimedest on õhulõhed avatud päeval ja suletud öösi. On tähelepanv, et päevaajal, millal õhulõhed on avatud, sisaldavad sulgrakud rohkesti suhkrut, kuna öösi, millal nad on suletud, on samades rakkudes suhkru asemel tärklis. Seega rööbiti õhulõhede avanemise ja sulgumisega käib tärklise muutumine suhkruks ja suhkru muutumine tärkliseks. Selle muutumise põhjuseks arvatakse olevat

ensüüm diastaas, valgus ja K- ja Ca-soolad. Ka nende taimede juures, millede õhulõhed sulguvad päeval või püsivad avatuina öösiti, on avatud õhulõhede puhul leitud nende sulgrakkudest suhkrut, suletud õhulõhede puhul aga tärklis. Veel on kindlaks tehtud, et suhkru- ja tärklisehulk sulgrakkudes on tunduvalt suurem kui marrasknaha rakkudes, millist asjaolu põhjustavad sulgrakkudes peituvad kloroplastid.

Tekib küsimus: miks õhulõhed on avatud, kui sulgrakkudes on suhkur, ja miks nad on suletud, kui seal suhkur on muutunud tärkliseks? Suhkur lahustub vees, ta seob endaga vett, on osmootselt aktiivne (tegev) aine, mis põhjustab vee liikumist enese suunas; tärklisel — seevastu — pole neid omadusi. Et sulgrakkudes suhkru koondis on suurem kui marrasknaha rakkudes, siis tõmbab see vett sulgrakkudesse; sulgrakkudes tekkinud turgori mõjul venivad rakuseinad välja. Need pole aga ühesuguse paksusega: õhulõhe avapoolsed seinad on neil märksa paksemad kui väljasoolsed. Turgori mõjul venivad õhemad väljasoolsed seinad rohkem ja sulgrakud tõmbuvad pilu ümber kõveraks: õhulõhed avanevad. Muutub aga suhkur tärkliseks, siis kaob sulgrakkudes sisemine pinge; rakuseinad lähevad lõdvaks ning sirgeks; õhupilu seinad langevad vastamisi: õhulõhed on suletud.

Mis tähtsus on vee aurumisel lehtedest? Lehtedest vee aurumine on seoses taimejuurte tegevusega: taimejuured võtavad alati mullast vastu võtta ainult niipalju vett (ühes veega ka toitesooli), kuipalju seda aurub lehtedest. Aurub aga lehtedest rohkem vett, kui juured suudavad mullast saada (näit. liiga kuivas mullas), siis närtsivad taimed ja surevad. Seepärast vee aurumine lehtedest peab olema tasakaalus juurestiku kaudu saadava vee hulga.

Peale selle vee aurumine lehtedest on väga suureks jooks, mis tõstab vee üles kõrgete puude latva ja paneb selle liikuma kogu taimekehas. Vee aurumine töötab nagu imev pump.

Lehtedest aurub ära ainult vesi, kuna selles lahustunud soolad jäävad kõik leherakkudesse. Siin need soolad, mida vesi on üles tõstnud, kasustatakse toiteainete valmistamiseks ning viiakse ainetevahetuse ringkäiku.

Süsiniku sarnastamine ehk assimilatsioon. Tähtsaim lehtede ülesanne on süsiniku sarnastamine, s. o. süsihappegaasist, veest ja mineraalsooladest süsinikuühendite ehk orgaaniliste ainete valmistamine. Kuidas ja missugustes tingimustes see toimub, seda näeme järgnevatest katsetest.

Katsed¹. Võtame vesikatku oksa, lõikame nende varreotsad terava noaga läbi, et nende õõned ei ummistuks, köidame nad kaunis õrnalt puhta klaaspulga külge, lõigatud (tüvepoolsed) varreotsad ülespidi, ja asetame nad ajutiselt puhtasse vette. Nüüd võtame kaks klaasanumat: ühe täidame keedetud ja ilma liigutamata jahtuda lastud õhuvaba arendatud (destilleeritud) veega (häda korral võib kasustada ka harilikku keedetud ning jahutatud vett), teise sama veega, millele lisandame aga natuke selterssi või söögisoodat, s. o. varustame süsihappegaasiga.

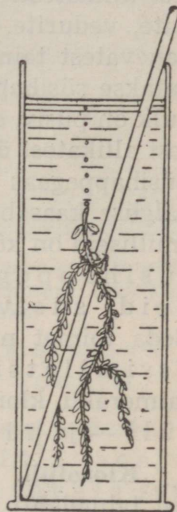
a) Asetame nüüd vesikatku oksad klaaspulgaga süsihappegaasiga varustatud veeanumasse ning tõstame selle päikesevalgusesse: kohe hakkab varreotsast erituma gaasimullikesi. Varjutame katseanumat päikese eest papitükiga: kohe jääb mullikeste eritumine taimevarte otstest harvemaks ning lõpuks seisma. Kõrvaldame papitüki ja laseme päikesel paista uuesti vesikatku vartele: mullikeste eritumine algab uue jõuga.

b) Teeme sama katset samade vesikatku okstega õhuvabas arendatud vees, s. o. tõstame need oksad esimesse veeanumasse ning asetame päikesevalgusesse: siin gaasimullikeste eritumine ei toimu ei päikesevalguses ega pimedas.

c) Viime vesikatku oksad uuesti süsihappegaasiga varustatud vette — päikese kätte ning kogume erituvat gaasi veega täidetud ja kummuli keeratud katseklaasi; selleks katame vesikatku varreotsad klaaslehttriga ning asetame gaasikogumise katseklaasi vee all selle toru kohale. Kui gaasi on $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ klaasi, suleme katseklaasi vee all sõrmega õhukindlalt ning pöörame ümber. Viime katseklaasi kogutud gaasisse traadi otsas tükikese hõõguvat sütt: see hakkab katseklaasis põlema heleda leegiga. Siit näeme, et gaas, mida eritasid päikesevalgusel rohelised vesikatku oksad (õieti küll selle rohelised lehed²), on hapnik.

d) Kordame katset mitteroheliste taimeosadega, näit. juurtega: meie ei märka mingisugust gaaside eritumist ei päikesevalguses ega pimedas.

Elmistest katsetest näeme: 1) rohelised taimelehed eritavad päikesevalguses hapnikku; 2) hapniku eritamiseks nad vajavad



Joon. 42. Katse vesikatku ok-saga.

¹ Nende katsete korraldamiseks vajame päikeseapaistelist ilma.

² Märkus: Veealused taimed ei erita hapnikku mitte otse vette, vaid lehe rakuvahelistesse ruumidesse, mis on ühenduses varreõõnega.

süsihappegaasi; 3) mitterohelistel taimedel puudub võime eritada hapnikku.

Analüüsides on selgunud, et taime kuivaines on kuni 50% süsinikku. Taimede toitluskatsed aga näitavad, et süsinik puudub mineraalsoolade ja väetisainete hulgas ja et taimed teda juurte abil mullast ei võta. Kust saavad siis taimed süsinikku, mida neile nii suurel hulgal tarvis? — Nad võtavad seda õhust (veealused taimed muidugi veest) süsihappegaasina. Õhus on süsihappegaasi kaunis vähe, mahu järgi 0,03%, linnade kohal veidi rohkem, metsade ja merede kohal vähem. Süsihappegaasi satub õhku järgmistest allikatest: inimeste ja loomade hingamisel, majade ja vabrikute, vedurite, aurikute jt. korstnatest, tulepurskemägedest, mädanevatest taime- ja loomajäätmest jne. Maakera õhkkonnas arvatakse süsihappegaasi leiduvat üldse 2 100 000 000 000 000 kg. See hulk on püsiv, sest taimede poolt assimilatsioonil tarvitata ja teistest allikatest õhku juurde tulev CO₂ hulk on enamvähem võrdne. Süsihappegaas pääseb taimelehtedesse õhulõhede kaudu. Päikesevalguse kaasabil rohelistes kloroplastidega varustatud taimerakud (milliseid on kõige rohkem lehtede sammaskoes) valmistavad süsihappegaasist ja veest süsiniku ja vee ühendeid, süsivesikuid, mispuhul vabaneb hapnik. Seda toimet nimetatakse süsiniku sarnastamiseks ehk assimilatsiooniks. Selles ülitähtsas toimes on peateguriks taimeraku kloroplastides peituv roheline värvaine — klorofüll — ja päikesevalgus.

Klorofüll. Katse. Hõõrume portselanuhmris peeneks rohelisi taimelehti (näit. nõgeselehti), valame hõõrutisele piiritust ja segame: piiritus omandab tumerohelise värvuse, sest kloroplastide värvaine — klorofüll — lahustub piirituses. Kurname klorofüll piirituslahuse hästisuletavasse klaasnõusse või katseklaasi; ta on läbipaistvas valguses tumeroheline, põrkvalguses aga punaka helgiga.

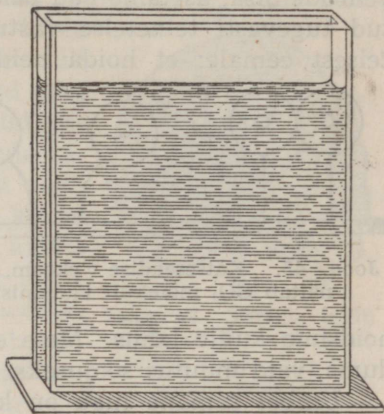
Katse. Valame klorofüll piirituslahust katseklaasi ja lisandame sama palju bensiini; loksutame mõlemad hästi segi. Bensiin ei segune piiritusega, vaid koguneb varsti selle pinnale, sest ta on piiritusest kergem. Sealjuures bensiinikiht on tumeroheline, piirituskiht — rohekaskollane. Nii võime lahutada klorofüll kaheks värvaineks ehk pigmendiks: tumeroheliseks ja kollaseks.

Erimenetlustega on kumbagi värvainet võimalik jagada veel kaheks algosaks, nii et lõplikult klorofüll koosneb neljast pigmendist:

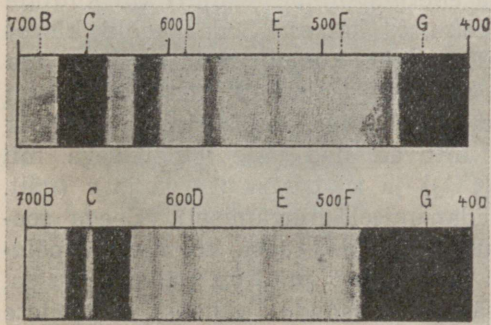
a-klorofüll ¹	} rohelist värvust
b-klorofüll	
ksantofüll ²	} kollast värvust.
karotiin ³	

a- ja b-klorofüllist oleneb taimelehtede roheline värvus, ksantofüllist ja karotiinist lehtede sügisene kollane värvus.

Klorofüll tähtsus. Katse. Teeme toa pimedaks ja laseme läbi peene aknakatte augu kimbu päikesekiiri tuppa. Asetame valguskiirtekimbu ette klaasprisma; kiirtekimp jaguneb 7 värvivõtmeks ehk spektrumiks: punane—oranž—kollane—roheline—helesinine—tumesinine—lilla. Paigutame nüüd prisma ette õhukeste rööpkülgedega klaasnõu ($10 \times 5 \times 1$ cm) klorofüll



Joon. 43. Klaasnõu klorofüllil valguskiirte neelamise määramiseks.



Joon. 44. Klorofüllil valguskiirte neelamine: ülal a-klorofüllist, all b-klorofüllist läbi lastud päikesevalguse spektrid; mustad vöötmad on neelumiskohad, kust kiired kadunud.

Katsest näeme, et klorofüll neelab päikesevalgust; selles seisnebki ta määratu suur ja ainulaadne tähtsus looduses: ta vangistab päikesevalgust, päikeseenergiat ja rakendab selle tegevusse süsinikuühendite moodustamisel. Milleks ja mil määral seda energiat tarvis on, see selgub järgmisest näitest:

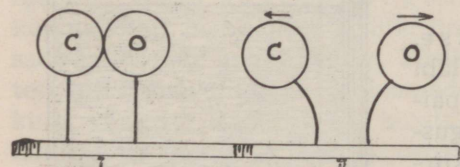
¹ Klorofüll tähendab — leheroheline.

² Ksantofüll — lehekollane.

³ Karotiin — porgandi värvaine (sest ta esineb ka porgandis — *Daucus carota*).

180 g¹ suhkrut ($C_6H_{12}O_6$) moodustamiseks on tarvis 246 g süsihappegaasi (CO_2), 102 g vett (H_2O) ja 674 000 kal. energiat, ehk valemi järgi: $6CO_2 + 6H_2O + 674\,000\text{ kal.} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$. Suhkru moodustamisel vabaneb hapnik.)

K a t s e. Võtame kaks metallist kuuli, mis on kinnitatud terasvedrude otsa; asetame nad paku külge nii, et kuulid oleksid surutud tugevasti teineteise vastu. Tõmbame kätega kuulid teineteisest eemale; et hoida neid teineteisest lahus, selleks peame



Joon. 45. Katseseadise skeem, mis näitab CO_2 molekuli laotamist.

kulutama käte jõudu. Niipea kui laseme käed kuulide küljest lahti, langevad kuulid teineteise vastu. Teineteise vastu põrgates kuulid lähevad soojaks. Kust tuli see soojus? See moodustus sellest energiast, millega meie

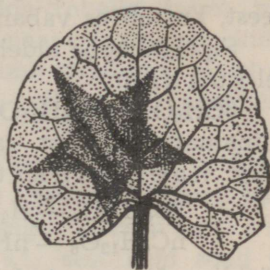
hoidsime kuule lahus. Meie energia (jõud) ei läinud seega kaduma, vaid muutus soojuseks.

Umbes samane lugu on ka päikeseenergiaga taimelehes. Et moodustada suhkrut süsihappegaasist ja veest, tuleb eraldada hapnik süsihappegaasist ehk — teiste sõnadega — lõhkuda CO_2 molekul süsinikuks ja hapnikuks (s. o. C ja O_2). C ja O_2 on aga CO_2 molekulis omavahel väga tugevas seoses. See seos tuleb katkestada ning selleks kulutada energiat umbes samuti kui kuulide eemaldamiseks teineteisest eelmises katses. Seda teebki klorofüllil abil vangistatud päikeseenergia, kusjuures ta ei lähe aga kaotsi, vaid säilib lahutatud süsiniku ja hapniku aatomeis, kuni nad on teineteisest eraldatud. Niipea aga, kui süsinik ja hapnik teineteist uuesti kohtavad, liituvad nad jälle teineteisega, mil puhul tekib süsihappegaas (CO_2) ja vabaneb soojus (näit. põlemisel, hapendumisel, mädanemisel, hingamisel). Seega soojus, mida saame ahjudes puude, hagude, turba või kivisöe põletamisel, mootorites bensiini põletamisel jne., on päikeseenergia, mis mõnel juhul võib olla säilitatud sadade (puudes), tuhandete (turbas) ja miljonite aastate eest (kivisöes, põlevkivis). Ka elektrijõud ja valgus on seesama päikeseenergia, mis on masinate abil ümber muudetud elektriks, samuti kui seegi soojus, mis tekib meie kehas (veres) toiteainete hapendumisel — hingamise tagajärjel. Seega päike on kogu energia allikaks eluslooduses ning ilma päikeseta kaoks elu maakeralt.

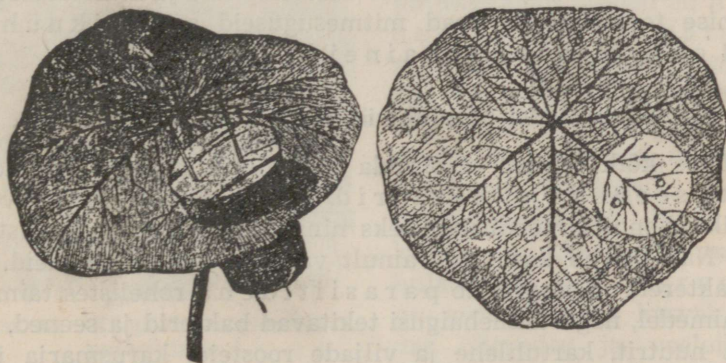
¹ Üks nn. gramm-molekul suhkrut on 180 g, sest suhkru molekulaal on 180.

Missuguseid süsinikuühendeid valmistavad taimelehed?

Katse¹. Katame õhtul valguskindla tinapaberiga (stannioliga) toa priimula või mungalille lehe kinni ning lõikame katepaberisse enne mõne märgi või tähe. Järgmisel päeval pärast lõunat võtame katselehe ja ühe hariliku lehe selle kõrvalt ning asetame nad mõlemad mõneks minutiks keeva vette, kuni nende rakud ära surevad. Siis paigutame lehed umbes 10 minutiks piiritusse. Klorofüll lahustub piirituses ja lehed kaotavad oma rohelise värvuse. Asetame nad nüüd pärast puhta veega loputamist taldrikule vähesesse vette ning tilgutame sinna veidi jood-joodkaaliumi lahust. Näeme: katseleht jääb muidu valgeks (värvituks), ainult lõike kohale ilmub nähtavale sinine märk — seesama, mille lõikasime katepaberisse. Teine katmatult seisnud leht värvub aga üleni siniseks. Sinise värvuse joodiga annab tärklis. Katsest näeme: Valguse käes tekib tärklis, kuid ainult otseselt päikesekiirtest mõjustatud leheosades.



Joon. 46. Tärklis tekib valgustatud leheosas: viisnurk on joodiga värvunud siniseks.

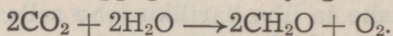


Joon. 47. Tärklis ei teki pimedas: korgiga kaetud osa klorofüllist vabastatud lehest jääb valgeks joodi lisandamise puhul, sest seal puudub tärklis.

Õösi pimedas tärklis muutub ensüümi mõjul suhkruks ja valgub sellena lehtedest välja. Kui korrata eelmist katset hommikul vara taimelt murtud lehega, siis jääb see joodi juurdelisel valgeks ega anna sinist värvust, sest temas pole tärklist.

¹ Katse tuleb teha selge, päikesepaistese ilmaga.

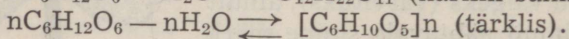
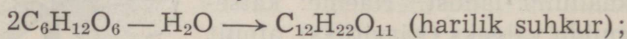
Uurimised on näidanud, et esimeseks süsiniku sarnastamisel tekkivaks aineks pole siiski suhkur, vaid palju lihtsama ehitusega aine — sipelgahappe aldehyüd — CH_2O . Selle aine üldtekkekäik veest ja süsihappegaasist on järgmine:



Siit näeme, et sipelgahappe aldehyüd tekib süsihappegaasist ja veest, kusjuures vabaneb hapnik.

Sipelgahappe aldehyüdist võib saada tema molekulide liitumisel suhkrud:

$6\text{CH}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (viinamarja- ehk kobarsuhkur, glükoos). Viinamarjasuhkrust saame samuti liitumise teel harilikku ehk naerisuhkrut ja tärklisi:



Tärklis võib muutuda ensüümide kaasabil vastassuunas tagasi suhkruteks.

Peale suhkrute ja tärklise valmistavad taimed süsihappegaasist ja veest veel tselluloosi. Suhkrud, tärklis ja tselluloos on nn. süsivesikud (süsiniku ja vee ühendid), sest nendes on hapniku- ja vesinikuaatomid samas vahekorras nagu vees (H_2O).

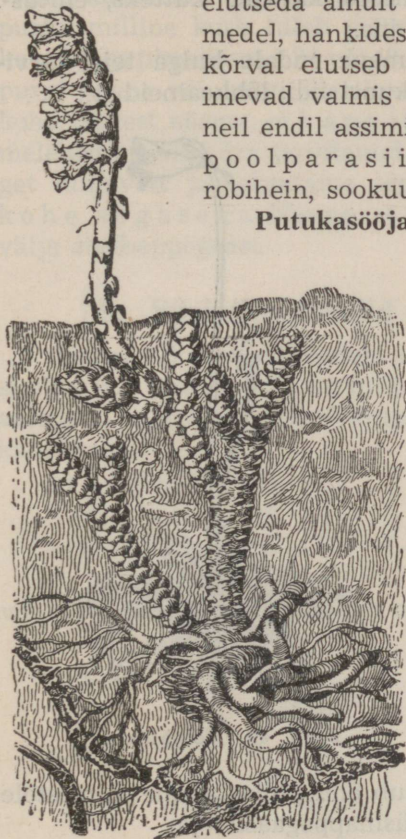
Süsivesikutest moodustatakse edasi hapniku ja mineraaloolade liitumise teel lõpmata read mitmesuguseid süsinikuühendeid ehk orgaanilisi aineid.

Taimed, millel puudub süsiniku sarnastamise võime.

Mitte kõik taimed ei sisalda klorofüllit. Klorofüllivabad on esiteks seemned ja bakterid, millel puudub seega võime süsinikuühendite moodustamiseks ning päikeseenergia kasustamiseks. Nad võivad kasustada ainult valmis süsinikuühendeid. Üks osa baktereid ja seeni elab parasitidena rohelistes taimedes või taimedel, nagu taimehaigusi tekitavad bakterid ja seemned, näit. kapsa nuutrit, kartulilehe ja viljade roosteid, karusmarja jahukastet, õunapuuvähki jt. tõbesid põhjustajad, teised jälle — mädanevaid taimeosadel, sõnnikus ja huumusrikkas mullas saprofüütidena, nagu mitmesugused hallitusseened, mädarikbakterid, söödavad ja mitesöödavad seemned. Parasiitseened ja bakterid on peremeestaimede kahjulikud ning koguni hädaohtlikud, sest nad võtavad neilt toiteaineid ja rikuvad nende kudesid (võivad peremeestaimi koguni surmata). Saprofüüt- ehk mädarikseened ja -bakterid seevastu on looduses kasulikud, sest nad muudavad mahalangenud taimeosi ja surnud taimi ning loomade laipu mine-

raalideks, veeks ja gaasiks, millised ained võivad uuesti minna taimede toitumise ringkäiku.

Kuid ka kõrgemategi taimede hulgas leidub klorofüllivabu taimi (k ä o p ä k k, v ö r m, s o o m u k a s), millised samuti võivad elutseda ainult parasiitidena rohelistel taimedel, hankides nendelt valmis toiteaineid. Nende kõrval elutseb aga veel rida rohelisi taimi, mis imevad valmis toiteaineid naabertaimedelt, kuigi neil endil assimilatsioonivõime ei puudu. Need on poolparasiidid, nagu silmarohi, härghein, robihein, sookuuskjalg jt.



Joon. 48. Käopäkk — klorofüllitu parasiitaim.

Putukasööjad taimed. Kehvadel liiva- ja turbapinnastel kasvavad taimed kannatavad sageli l ä m m a s t i k u -puudust, sest neid sooli on seal vähe. Mõned sellistes kohtades kasvavad taimed hangivad endile lämmastikuühendeid sel teel, et püüavad kinni putukaid ja seedivad („söövad“) neid. Tähtsamad meil kasvavad putukasööjad taimed on h u u l -heinad ja v ö i p ä t a k a s, mis kasvavad soodes ja rabades, aga ka niisketel liivapinnastel. Nad püüavad putukaid kleepainete abil, millega on kaetud huulheina lehekarvad ja vöipätaka lehepind. Peale selle kuulub putukasööjate taimede hulka veel v e s i h e r n e s; ta on veetaim ning kasvab tiikides, järvedes ja veeloikudes. Vees elutsevaid putukaid püüab

ta oma lehepõiekeste-püünistega, mis töötavad samuti nagu automaatsulguriga kanade munetamiskastid: putukad pääsevad sinna kergesti sisse, kuid mitte enam välja. Surnud putukate laipadest imevad putukasööjad taimed välja peamiselt lämmastikuühendeid.

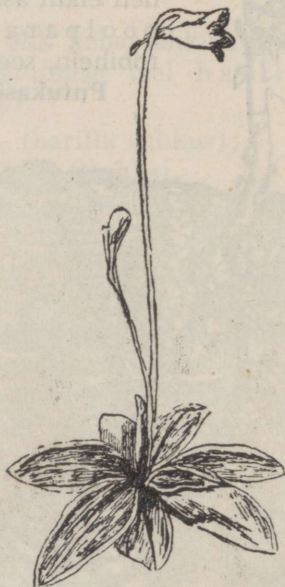
Süsiniku sarnastamise tähtsus. Ainult rohelised taimerakud omavad võimet moodustada süsihappegaasist ja veest süsivesikuid, neid aineid muuta ja lahustada võivad aga ka mitterohelised taime ja looma rakud. Süsivesikute moodustamisel on määratu suur

tähtsus mitte üksnes taimede elus, kus neid aineid kasustatakse toite- ja ehitusmaterjalina, vaid ka inimeste ja loomade elus, sest

- 1) neid toiteaineid (tärklis, suhkur) tarvitavad toiduks loomad ja inimesed;
- 2) tselluloosi kasustavad inimesed katteks, kütteks, ehitus-, kirjutus-, trükimaterjaliks jne.;
- 3) süsivesikuist valmistab inimene endale hulga teisi tarvilikke aineid, näit. piiritust, kunstiidi, lõhkeaineid jt.;



Joon. 49. Ümmaralehine huulhein.



Joon. 49. Võipatakas.

- 4) süsiniku sarnastamisel toimub õhu puhastamine inimestele ja loomadele kahjulikust süsihappegaasist ja
- 5) selle rikastamine hapnikuga, mis on vajalik hingamiseks nii inimesele ja loomadele kui ka taimedele endile;
- 6) süsiniku sarnastamine on päikeseenergia säilitamine süsinikuühendesse.

Hingamine. Et elusad taimerakud vajavad hapnikku ja eritavad süsihappegaasi, seda nägime seemnete idanemisel ja õppisime tundma juurte ning juurekarvakeste juures. Tekib küsimus, kas ka rohelised leherakud hingavad, s. o. tarvitavad hapnikku ning eritavad süsihappegaasi. Päikesevalguse käes, mil lehtedes toimub süsiniku sarnastamine (CO_2 neelumine ja O_2 eritamine), on seda küsimust võimatu lahendada, sest hingamine ja süsiniku sar-

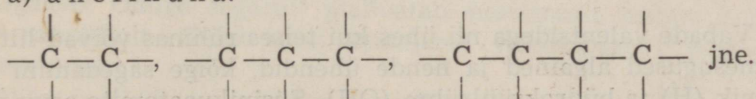
nastamine on teineteisele vastukäivad toimed; küll aga võime seda selgitada pimesdas.

Katse. Paneme mõnda keskmise suurusega plekkpurki värskeid rohelisi taimelehti ja suleme purgi õhukindlalt. (Katseks võime kasustada väga hästi ka mõnd lihvitud klaaskorgiga klaaspurki, milline kork tuleb määrada vaseliiniga ning purk asetada katseajaks pimesdasse.) 24 või 48 tunni pimesdas seismise järel avame purgi kaane või korgi ja viime sinna põleva küünla: see kustub kohe. Sellest näeme, et hapnik on purgist kadunud: taimelehed on selle ära tarvitanud, sisse hinganud. Valame purki selget lubjavett ja loksutame seda veidi: lubjavesi muutub kohe sogaseks. Näeme, et rohelised taimelehed on hinganud välja süsihappegaasi.

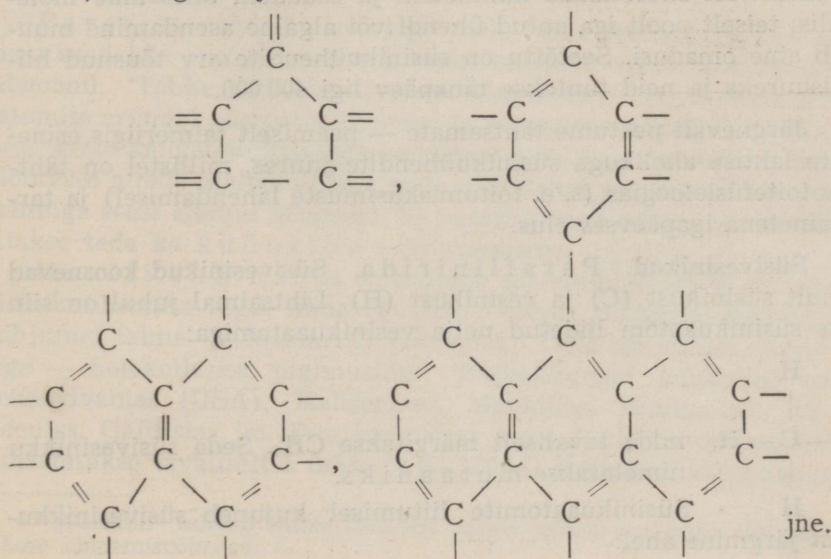
9. Süsinikuühendid ehk orgaanilised ained.

Jaotus. Süsinikuühendeis on juhtival kohal neljavalentne süsiniku (C) aatom. Süsinikuühendite molekulides võib süsiniku-aatomeid olla ühest kuni mitme sajani, mis liituvad üksteisega kahel viisil:

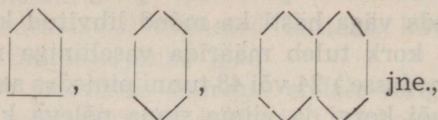
a) ahelikuna:



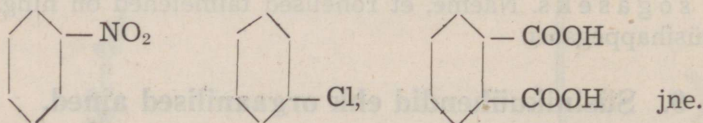
või b) ringikujuliselt ehk tsükliliselt:



Tsüklilistes ühendites on igas ringis kas 3, 4, 5, 6 või rohkem süsinikuaatomit. Kuuelüliline ringühendus esineb siiski kõige sagedamini. Lihtsustatud kujul ringe ehk tsükleid märgitakse hulknurkadena



mille nurkadele paigutatakse vastava ühendi iseloomulikud keemilised märgid ja ühendid, näit.

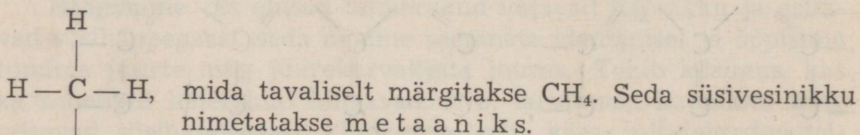


Mõlema liitumisviisiga süsinikuühendite rühmal on erinevad algomadused, seepärast orgaanilisi aineid jagatakse kahte suurde pearühma: a) lahtise ahelikuga süsinikuühendid ja b) tsüklilised ehk ring- süsinikuühendid.

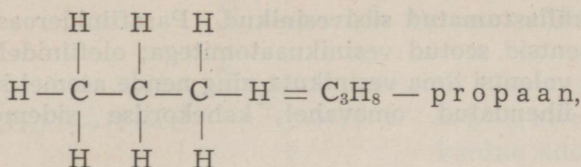
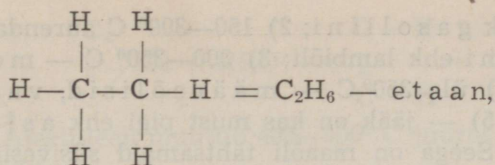
Vabade valentsidega nii ühes kui teises rühmas võivad liituda mitmesugused algaained ja nende ühendid, kõige sagedamini aga vesinik (H) ja hüdroksüülrühm (OH). Süsinikuaatomite arvu võib liitmise teel suurendada kümneteni ja sadadeni ühes aine molekulis; teiselt poolt iga antud ühendi või algaine asendamine muudab aine omadusi. Seetõttu on süsinikuühendite arv tõusnud hiigelsuureks ja neid tuntakse tänapäev ligi 400 000.

Järgnevalt peatume tähtsamate — peamiselt taimeriigis esinevate lahtise ahelikuga süsinikuühendite juures, millistel on tähtsus toitefüsioloogias (s. o. toitumisküsimuste lahendamisel) ja tarbeainetena igapäevses elus.

Süsivesinikud. Parafiinirida. Süsivesinikud koosnevad ainult süsinikust (C) ja vesinikust (H). Lihtsaimal juhul on siin üks süsinikuaatom liidetud nelja vesinikuaatomiga:



Süsinikuaatomite liitumisel kujuneb süsivesinikkudest järgmine ahel:



C_4H_{10} — butaan, C_5H_{12} — pentaan, C_6H_{14} — heksaan jne. Rea neli esimest esindajat — metaan, etaan, propaan ja butaan — on gaasid, keskmised 5—15 süsinikuaatomiga ühendid on vedelad ained ning sealt edasi suurema C-aatomite hulgaga ühendid on tahked kehad ehk nn. parafiinvaha. Kõik selle rea süsivesinikud on tuletatud valemi järgi $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$.

Metaan (CH_4) on värvitu ja lõhnatu gaas, mis põleb nõrga sinaka leegiga. Teda leidub soo- ja kaevandusgaasides, aga ka valgustusgaasis. Õhuga segatult plahvatab süütamisel, puhtal kujul põleb rahulikult. Tekib raku kestainest (tselluloosist) pisikute kaastegevusel.

Etaan (C_2H_6) — värvitu hästipõlev gaas, mida leidub maa-gaasis ja maaõlis.

Parafiinvaha¹ on valge aine, mida leidub maaõlis ja mida saadakse puu, pruunsöe, kivisöe, turba jt. ainete kuivdestil-latsioonil. Tahke parafiin koosneb kõrgematest (s. o. suurema aatomite arvuga) süsivesinikkudest; ta ei reageeri teistele ainetele, isegi mitte kangetele hapetele, seepärast teda kasustatakse selliste sööbivate ainete alalhoidmisel, mida asetatakse parafiinist või pa-rafiiniga seest kaetud nõudesse. Et parafiin hästi põleb, siis kasus-tatakse teda ka küünalde valmistamiseks.

Maaõli ehk nafta on paljude süsivesinikkude ja muude süsinikuühendite segu, mida arvatakse olevat tekkinud maapõue kuhjunud taime- ja loomariigi jäätmeist. Teda on mitme värvu-sega — helekollasest pigimustani. Rikkalikumad leiukohad on Pennsylvanias (USA), Kalifornias, Mehhikos, Kaukaasias, Ru-meenias, Galiitsias jm. Puurkaevudest ammutatud toores maaõli puhastatakse tavaliselt 5 osas: 1) 0—150° C kuumusel aurendades

¹ „Parafiin“ tuletub ladina sõnadest *parum affinis*, s. t. vähe aktiivne, vähese ühinemisvõimega.

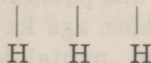
saadakse bensiini ehk gasoliini; 2) 150—300° C aurendades saadakse petrooleumi ehk lambiõli; 3) 300—350° C — mootorite kütteõli; 4) üle 350° C — määreõlisid, vase-liini ja parafiini; 5) — jääk on kas must pigi ehk asfalt või parafiinvaha. Seega on maaõli tähtsamaid süsivesinik-kude algallikaid looduses.

Olefiinid — küllastumatud süsivesinikud. Parafiinidereas on kõik süsiniku valentsid seotud vesinikuaatomitega; olefiinidel on aga kaks süsiniku valentsi ilma vesinikuta ning nende asemel kaks süsinikuaatomit ühendatud omavahel kahekordse sidemega,

näit. $\text{H}-\text{C}=\text{C}-\text{H} = \text{C}_2\text{H}_4$ — etüleen,



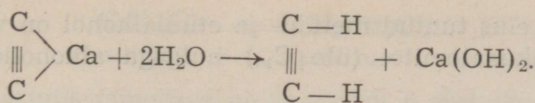
$\text{H}-\text{C}-\text{C}=\text{C}-\text{H} = \text{C}_3\text{H}_6$ — propüleen, C_4H_8 — butü-



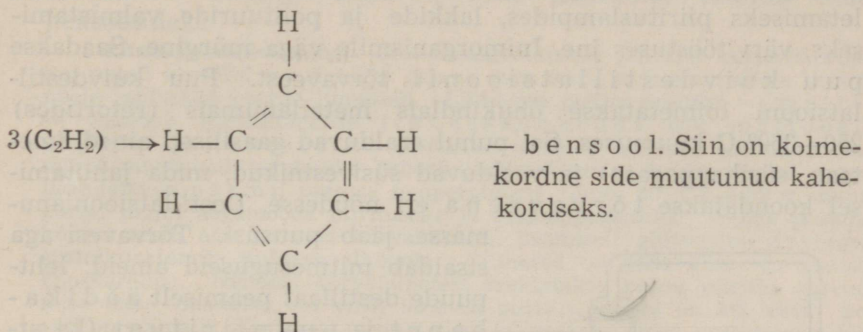
leen jne. Seetõttu olefiinid omavad küllastumatut loomu, sest nad sisaldavad vastavate parafiiniderea esindajatega võrreldes 2 aatomi võrra vähem vesinikku. Neile vastab üldvalem: $\text{C}_n \text{H}_{2n}$. Küllastumatuse tõttu etüleenirea esindajad reageerivad kergesti teistele ainetele. Muidu on aga etüleenirea ja parafiinirea vahel suur sarnasus: mõlemal juhul on lihtsamad (s. o. vähema süsinikuaatomi arvuga) esindajad gaasid või vedelikud ning kõrgemad (suurema süsinikuaatomite arvuga) — tahked kehad.

Etüleen (C_2H_4). Etüleen on magusa lõhnaga gaas, mis põleb heleda leegiga. Ta tekib süsinikuühendite kuivdestillatsioonil; teda leidub valgustusgaasis 4—5%.

Atsetüleen $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$ on järgmine küllastumatu süsivesinikkude rea esindaja, kus kahe süsinikuaatomi vahel on kolmekordne side. Ta on värvitu pahalõhnaline gaas, mis põleb väga palava leegiga. Õhuga või hapnikuga moodustab kergesti plahvatava gaasisegu. 15-atmosfäärilise rõhu all atsetoonis lahustatult on atsetüleen müügil terassilindrites. Teda kasustatakse autogeensel metallide jootmisel ja valgustusgaasina. Atsetüleeni saadakse kergesti kaltsiumkarbiidist CaC_2 vee juurdelisamisel, mil puhul teda kasustataksegi karbiidlaternates valgustusgaasina:



Atsetüleen muutub 400—500° C juures kergesti ringikujuliseks ühendiks:

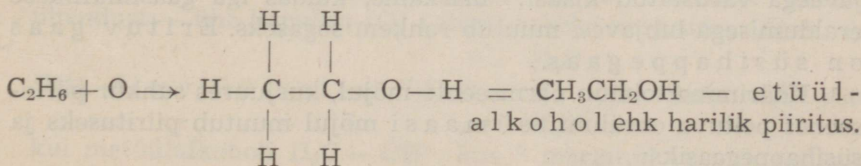
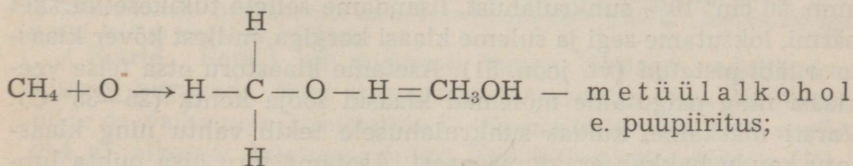


★ **Süsivesinikkude asendusproduktid.** Igasuguste süsivesinikkude rühmade esindajail võib asendada vesinikuaatomeid mõne teise algelemendiga või nende rühmaga. Sel viisil saadud asendusproduktid on teissuguste omadustega. Kõige kergemini süsivesinikkudest vesinik asendub kloori (Cl), broomi (Br) ja joodiga (J).

Metaanist tuletatud jodoform (HCJ_3) on kollane kristalne pulber, mida kasustatakse vähemate haavade ravimisel.

Kloroform HCCl_3 on magusa lõhnaga vedelik, mille aurude sissehingamine mõjub uimastavalt.

Alkoholid. Kui süsivesinikkudes mõni vesinikuaatom asendada OH-rühmaga, siis saame alkoholi. Alkoholid tekivad teataval tingimuses süsivesinikkude hapendamisel, näit.:

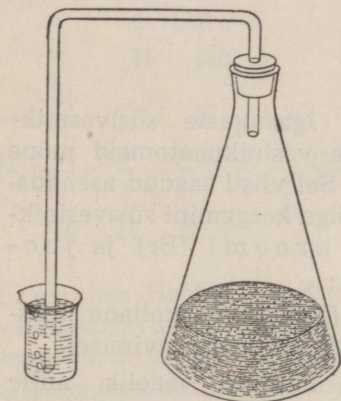


Igapäevses elus tuntud metüül- ja etüülalkohol on vedelikud, kõrgema süsinikuaatomite (üle C_{10}) hulgaga alkoholid on aga tahked kehad.

Metüülalkohol ehk **puupiiritus** (CH_3OH) on värvitu, kibeda lõhnaga vedelik, mis põleb sinaka leegiga. Teda kasustatakse põletamiseks piirituslampides, lakkide ja polituuride valmistamiseks, värvitööstuses jne. Inimorganismile väga mürgine. Saadakse puu kuivdestillatsioonil tõrvaveest. Puu kuivdestillatsiooni toimetatakse õhukindlais metallanumais (retortides) $250-360^\circ C$ kuumuses. Sel puhul eralduvad gaasilised ained (metaan, süsihappegaas) ja veelduvad süsivesinikud, mida jahutamisel koondatakse tõrvaveena eri nõudesse. Destillatsioonianu-

masse jääb puusüsi. Tõrvavesi aga sisaldab mitmesuguseid aineid: lehtpuude destillaat peamiselt äädikahapet ja puupiiritust (ka atsetooni), okaspuude destillaat aga tärpentiiniõlisid. Uuemat ajal saadakse puupiiritust peamiselt CO ja H_2 segust eriseadistes.

Etüülalkohol ehk **harilik piiritus** (CH_3CH_2OH) on värvitu viinalõhnaga vedelik, mis tekib taimedes suhkrut sisaldavate mahlade käärimisel. Tavaliselt teda valmistatakse tärglisest. Etüülalkoholi kasustatakse maitseainena, ravimina ja puhastusvahendina, keemiatööstuses lakkide

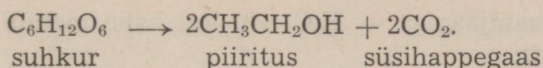


Joon. 51. Käärimiskatse.

valmistamisel, põletamiseks jne. Inimorganismile mürgine.

Käärimine. Katse. Valame kummikorgiga varustatud klaasi umb. 50 cm^3 10% suhkrulahust, lisandame sellele tükikese värsket pärmi, loksutame segi ja suleme klaasi korgiga, millest kõver klaastoru läbi pistetud (vt. joon. 51). Asetame klaastoru otsa teise vee-klaasi ning paigutame mõlemad klaasid sooja kohta ($25-35^\circ C$). Varsti märkame, kuidas suhkrulahusele tekib vahtu ning klaastoru kaudu hakkab eralduma gaasi. Asetame toru otsa puhta lubjaveega varustatud klaasi: märkame, kuidas iga gaasimullikese eraldumisega lubjavesi muutub rohkem sogaseks. Erituv gaas on süsihappegaas.

Käärimine toimub pärmseente mõjul, kusjuures suhkur pärmseenes peitva ensüümi tsümaasi mõjul muutub piirituseks ja süsihappegaasiks:



Käärimisvõimelised on peamiselt 6 süsinikuaatomiga suhkrud ehk heksoosid (monosahhariidid), kuna tärklis ja kõrgema C-aatomite hulgaga suhkrud enne käärimist tulevad muuta heksoosideks.

Piiritusevalmistamine. Eestis valmistatakse piiritust kartulitärklisest. Sel puhul kartulid muudetakse palava auru käes pudruks, millele lisatakse peale jahtumist juurde linnaseid. Linnastes peituv ensüüm — maltaas — muudab kartulitärklise linnasesuhkruks ehk maltoosiks ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) ja heksoosiks ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), millised suhkrud mõlemad pärmi mõjul muutuvad alkoholiks (käärimisvõimelised). Suhkrustunud meskile lisandatakse pärmi; parajas temperatuuris (umb. 30°C) suhkur muutub pärmi mõjul aegamööda piirituseks ja süsihappegaasiks. Nende peaainete kõrval tekib aga ka veel kõrvalaineid, peamiselt glütseriini ja kõrgema süsinikuaatomite hulgaga alkohole. Viimased on paha lõhna ja maitsega (puskarolid). Nendest kõrvalainetest eraldatakse puhas piiritus arendamise teel. Saadakse sel viisil 95%-ne piiritus, milles on 5% vett. Seda vett on võimalik piiritusest mitmel viisil kõrvaldada (näit. kustutamata lubja abil). Veevaba puhast alkoholi kutsutakse absoluutseks alkoholiks (*alcohol absolutus*), mil on mitmeid piiritusest erinevaid omadusi. Viin on veega lahjendatud piiritus (40—45% alkoholisisaldusega).

Veine valmistatakse mitmesuguste marjade (viinamari, sõstrad, karusmarjad) ja puuvilja (õuna) mahladest samuti käärimise teel, kusjuures iga veinisordi saamiseks tuleb peale erineva valmistusviisi kasutada vastavat kultuurpärmi.

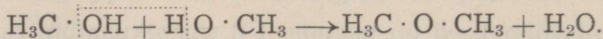
Õllevalmistamine erineb piiritusevalmistamisest seepoolest, et siin kasustatakse odratärklisi. Odraterised pannakse algul sooja kohta mõneks päevaks idanema; terise vahenahas peituva ensüümi maltaasi mõjul odratärklis muutub linnasesuhkruks ja glükoosiks (viinamarjasuhkruks). Linnasevirdele (suhkrulahusele) lisandatakse õllepärmi, mille mõjul suhkur käärib etüülalkoholiks (piirituseks) ja süsihappegaasiks. Maitseainena lisandatakse õllevirdele veel humalaid. Õlles ei lasta käärimist minna lõpuni, kuni kõik suhkur ära kääriks, vaid osa suhkrut jäetakse käärimata, kuna kääriv õlu viiakse keldrisse madalasse temperatuuri. Alkoholi-% õlles on mitmesugune, olenedes õllesordist, ning kõigub 0,5—4% vahel.

Looduses toimub käärimine suhkrut sisaldavates taimemahlades üsna laialdaselt, näit. vigastatud puuviljades, marjades jne., kuhu lahtiste haavade kaudu tuul kannab metsikute pärmsente eoseid. Metsikuid pärmseni leidub peaaegu kõikjal.

Eetrid. Eetrid on enamasti kange lõhnaga vedelikud, mis kiiresti auruvad. Neid kasustatakse ravimina kui ka rasvade, õlide ja vaikainete lahustamisel. Keemiliselt võib neid vaadelda kui a) alkoholi tuletusprodukte, kus OH-rühma vesinik (H) on asendatud mõne süsivesinikujäägiga, või b) kui kahe alkoholi ühendust — ühe hapniku-(O) aatomi kaudu, kusjuures eritub vesi.

Näit. dimetüüleeter: $\text{C}_2\text{H}_4\text{O} = \begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagup \\ \text{O} \\ \diagdown \\ \text{H}_3\text{C} \end{array}$. Seda võib võtta kui metüülalkoholi $\text{H}_3\text{C} - \text{OH}^*$, kus * märgitud vesinik on asen-

datud metaanijäägiga — H_3C , või kui kahe metüülalkoholi liitumisprodukti:

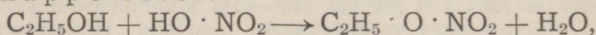


Tuleb eristada a) liht- ja b) segaeetreid. Lihteetrid on moodustatud kahest samanimelisest alkoholist, segaeetrid aga — kahest erinevast alkoholist, näit.:

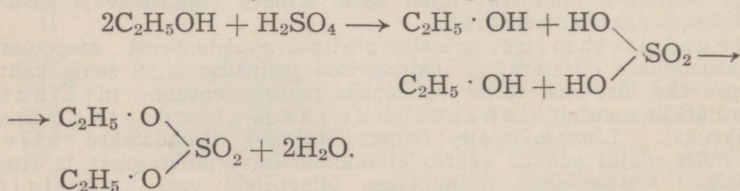
- | | |
|----------------------|---|
| a) dimetüüleeter | $\text{H}_3\text{C} \cdot \text{O} \cdot \text{CH}_3,$ |
| dietüüleeter | $\text{H}_5\text{C}_2 \cdot \text{O} \cdot \text{C}_2\text{H}_5,$ |
| b) metüül-etüüleeter | $\text{H}_3\text{C} \cdot \text{O} \cdot \text{C}_2\text{H}_5.$ |

Tähtsaim eetreist on dietüüleeter $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$. Teda kasutatakse lahustus- ja puhastusvahendina ja ravimina. Ta aurub kiiresti ja aurud süttivad ning plahvatavad tule ligidal, mispärast eetrit tuleb tulest eemal hoida.

Estrid. Need on meeldivalõhnalised ained, mis sageli esinevad taimede õites ja viljades. Keemiliselt koostiselt nad on alkoholi ja happe tuletised. Näit. etüülalkoholi ja salpeeterhappe ester:



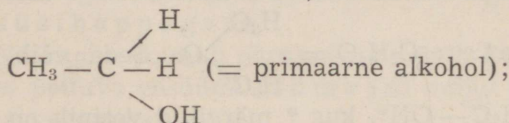
etüülalkoholi ja väävelhappe ester:

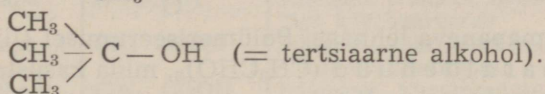
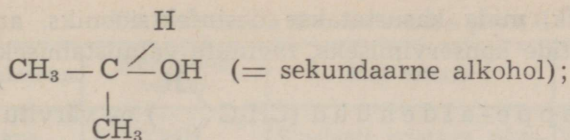


Eriti meeldiva lõhnaga on orgaaniliste hapete ja alkoholide estrid; nii oleneb pürni lõhn äädikahappe ja propüülalkoholi estrist, ananase lõhn võihappe ja etüülalkoholi estrist. Kunstlikult valmistatud estreid kasustatakse tänapäev väga laialt looduslike lühnaõlide asemel.

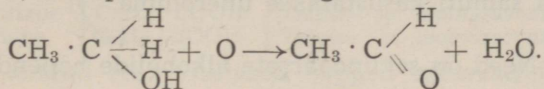
Alkoholide hapendumisproduktid.

a) **Aldehüüdid.** Selle järgi, mitu vesinikuaatomit on alkoholis OH-rühma siduva süsinikuaatomi küljes, jagatakse alkohole primaarseiks ($=\text{CH}_2\text{OH}$, s. o 2 vesinikuaatomiga), sekundaarseiks ($=\text{CHOH}$ — ühe vesinikuaatomiga ja tertsiaarseiks ($=\text{C} \cdot \text{OH}$ — ilma vesinikuta) Näit.:





Primaarsete alkoholide hapendumisel tekivad omapäraseid ühendeid, mida nimetatakse aldehyüüdideks¹. Siin on iseloomustav, et hapnik on süsinikuga ühenduses kahekordse sidemega:



Viimane rühm $-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{H} \\ \searrow \text{O} \end{array}$ erineb põhjalikult alkoholi iseloomus-

tavast rühmast $\text{C} \cdot \text{OH}$; et seda erinevust esile tõsta, kirjutataksegi aldehyüdrühmas H ja O teises järjekorras kui alkoholidel, nimelt CHO, kusjuures aga tuleb silmas pidada, et siin C ja O vahel on

kahekordne side $(\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{H} \\ \searrow \text{O} \end{array})$. Selle kahekordse sideme (= küllasta-

matus tunnuse) tõttu aldehyüdid väga kergesti hapenduvad edasi (s. o. liituvad hapnikuga) ning muutuvad orgaanilisteks hapeteks (vt. edasi „Orgaanilised happed“); seejuures aga aldehyüdiga kokkupuutuv aine muutub hapnikuvaesemaks ja temas toimub taandumine ehk reduktsioon. Aldehyüde kasustatakse mainitud omaduse tõttu keemiatööstuses taandamise otstarbel. Tähtsamad aldehyüdid:

Sipelgahappe-aldehyüd ehk formaldehyüd² (HCHO) on teravalõhnaline gaas. Nagu eespool süsiniku sarnastamise juures mainitud, peetakse sipelgahappe-aldehyüdi esimeseks assimilatsiooniproduktiks. Oma gaasilise ja küllastumatu loomu tõttu on ta vähepeüsiv aine, mispärast ta taime lehtedes vabal kujul ei esine. Kunstlikult tuletatakse teda metüülalkoholist ja õhust vasega kuumutamisel.

Formaldehyüd vees lahustatuna (teda lahustub seal mahu järgi umbes 40%) moodustab formaliini. Formaliin on terava-

¹ Aldehyüd on tuletatud kahest ladinakeelsest sõnast *alcohol dehydrogenatus*, mis tähendab vesinikust vabastatud alkoholi.

² Sipelgahape on ladina keeles *acidum formicum*; siit formaldehyüdi nimetus.

lõhnaline vedelik, mida kasustatakse desinfektsiooniks, anatoomiliste preparaaside konservimiseks, ravimite valmistamiseks jne.

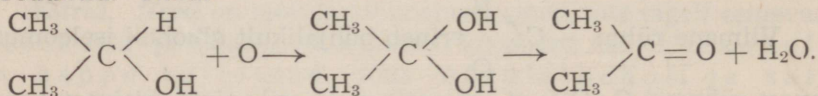
Äädikahappe-aldehüüd ($\text{CH}_3\text{C} \begin{smallmatrix} \text{H} \\ \diagup \\ \text{O} \end{smallmatrix}$) on värvitu vedelik, tugeva aevastamapaneva lõhnaga.

Polümeriseerumisel (liitumisel) tekib temast paraldehüüd $(\text{CH}_3\text{CHO})_3$, mida kasustatakse unerohuna ning rahustusvahendina.

Äädikahappe-aldehüüdi tuletusprodukt on kloraal

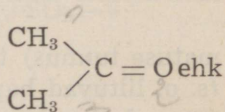
$(\text{CCl}_3\text{C} \begin{smallmatrix} \text{H} \\ \diagup \\ \text{O} \end{smallmatrix})$, mida samuti kasustatakse unerohuna.

b) **Ketoonid.** Need on sekundaarsete alkoholide hapendumisproduktid. Näit.:



Ketoonis on hapnikuaatom seotud süsinikuaatomiga kahekordse sidemega, samuti kui aldehüüdis, ainult selle vahega, et ketooni süsinikuaatomi juures puudub vesinik. Ka ketoonid on küllastumatud ühendid, kuid nad hapenduvad edasi märksa raskemini kui aldehüüdid.

Tähtsamaks ketooniks on atsetoon:

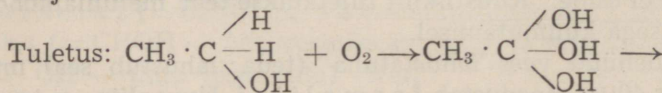


$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$. Ta on meeldiva ning värskendava lõhnaga värvitu vedelik, mida saadakse puu kuivdestillatsioonil. Atsetooni kasutatakse vaikude ja rasvade lahustajana kui ka lähteainena orgaaniliste ainete tuletamisel.

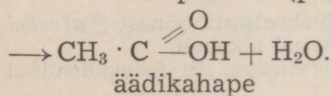
c) Rasvahapped.

Primaarsete alkoholide hapendumise lõpp-produktina, nagu eespool mainitud, tekivad rasvahapped. Nende iseloomustavaks

rühmaks on nn. karboksüülrühm $-\text{C} \begin{smallmatrix} \text{O} \\ \diagup \\ \text{OH} \end{smallmatrix}$, mida lühendatult kirjutatakse COOH .



etüülpiiritus (primaarne)



Tähtsamad rasvahapped.

Happe nimetus	Keemiline valem	Kus esineb	Olek
Sipelgahape	$H \cdot COOH$	Sipelgate eristises, nõgese kõrvekarvades	Vedel
Äädikahape	$CH_3 \cdot COOH$	Suhkrute käärimisel, puu kuivdestillatsioonil	Vedel
Propioonhape	$C_2H_5 \cdot COOH$	Enamasti kunstprodukt, taimedes estritena	Õlitaoline vedelik
Võihape	$C_3H_7 \cdot COOH$	Võis, lihaekstraktis, higgs, taimedes estritena	Õlitaoline vedelik
Palderjanihape	$C_4H_9 \cdot COOH$	Palderjanis, humalas	
Palmitiinhape	$C_{15}H_{31} \cdot COOH$	Taime- ja loomarasvas	Tahke
Steariinhape	$C_{17}H_{35} \cdot COOH$	Taime- ja loomarasvas	Tahke

Et toodud reas viimased happed esinevad taime- ja loomarasvas, siis nimetataksegi seda rida rasvahapete reaks.

Rasvahapetest on kõige tugevam sipelgahape; praktilises elus on tähtsamad aga: äädikahape, palmitiin- ja steariinhapped.

Äädikahape on terava lõhnaga ja hapu maitsega värvitu vedelik, mida veega lahjendatult kasustatakse toitute (salatite ja marinaadide) valmistamisel. Teda saadakse kahel viisil: a) puu kuivdestillatsioonil tõrvaveest ja b) alkoholist selle edasihapendamisel äädikahappe bakterite (*Bacterium aceti*) kaasmõjul õhurikastes tingimustes. Nii muutub lahtiselt kääriv vein sageli hapuks, s. o. äädikahappeks.

Võihape. Sellel on kaks teisendit: a) normaalvõihape $CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH$ ja b) isovõihape $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH \cdot COOH$.

Esimest leidub võis ja estritena taimede viljades; teda tekib ka orgaaniliste ainete mädanemisel (näit. juustus). Isovõihapet leidub jaanikaunades.)

Palderjanihapest tuntakse 4 teisendit, nendes leidub kahte palderjanijuurtes:

(isopalderjanihape $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH \cdot CH_2 \cdot COOH$ ja

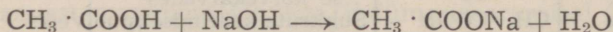
metüül-etüül-äädikahape $\begin{matrix} CH_3 \\ C_2H_5 \end{matrix} > CH \cdot COOH$.)

Mõlemaid kasustatakse ravimite valmistamiseks (palderjanitilgad).

Kõrgema süsinikuaatomite hulgaga rasvahappeist on tähtsad palmitiin- ja steariinhapped. Nad on tahked kehad, mis esinevad taime- ja loomarasvas koos õlihappega ($C_{17}H_{33} \cdot COOH$), puhtalt aga steariinis. Steariini kasustatakse küünalde valmistamiseks.

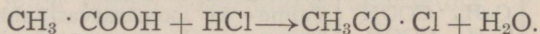
Rasvahapete soolad. Asendades mineraalhappes vesiniku mõne metalliga saame selle happe soola, näit. $\text{HNO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

Samuti võib asendada ka rasvahappe karboksüülrühmas vesiniku mõne metalliga ning tuletada rasvahappesooli, näit.:



äädikahape seebikivi $\rightarrow$ äädikahappe-naatrium + vesi.

Äädikahappe-naatrium on läbipaistev ja vees kergesti lahustuv kristalne sool. Kuid rasvahapete karboksüülrühmas võib asendada ka OH-rühma mõne halogeeniga (Cl, Br, J), näit.:

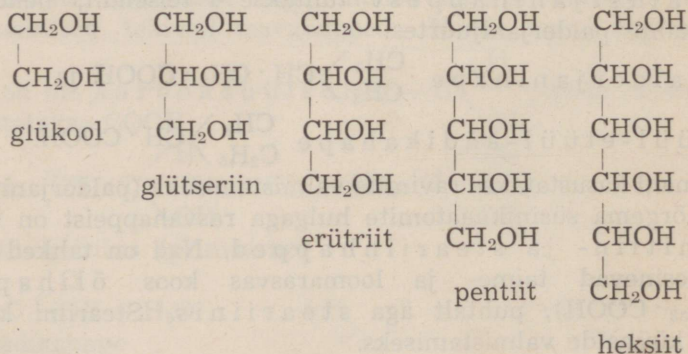


CH_3COCl on atsetüül- ehk äädikahappe-kloriid.

Äädikahappe-kloriid on teravalõhnaline värvitu vedelik. Nii erinevad mõlemad äädikahapest tuletatud ained teineteisest väga tublisti.)

Teistest rasvahapete sooladest on tähtsamad palmitiin- ja steariinhapete kaalium- ja naatriumsoolad, mida kasutatakse seepidena. Tahked seebid on palmitiin- ja steariinhapete ning õlihappe naatriumsoolad: $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COONa}$, $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}$ ja $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COONa}$. Samade hapete kaaliumsoolad on aga pooltahked ehk nn. määrdeseebid. Viimastest on eriti tähtis õlihappe kaaliumsool $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOK}$, mida tuntakse roheline seebi nime all ja kasutatakse ravimite valmistamisel ja taimekaitsevahendina. Rasvahapete kaltsiumisoolad vahutavad vees halvasti, mispärast lubjarikas vesi pole pesemiseks päris soodus: siin tekib seebipinnale lubiseebikiht, mille mõjul seep lakkab vahutamast. (Seebivalmistamisest vt. edasi.)

Mitmeväärased alkoholid. On võimalik süsivesinikkude ahelas iga süsinikuaatomiga liita OH-rühma: nii tekivad mitmeväärased alkoholid. Näit.:

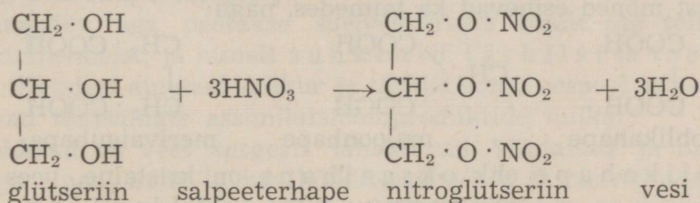


Mitmeväärsete alkoholide reas on hulk tähtsaid aineid; peale glütseriini on pentiidid ja heksiidid (s. o. viie- ja kuueväärset alkoholid) taimeriigis väga tähtsal kohal suhkru te tekkimisel.

Glükool on värvitu ja magusa maitsega vedelik, mida kasutatakse uute ainete tuletamisel.

Glütseriin on magusamaitseline, värvitu ja lõhnatu siirupitaoline vedelik, mis veega hästi seguneb ja mida kasutatakse võidevahendina naharavimisel ning kreemide ja salvide valmistamisel. Glütseriin esineb ühenduses rasvahapetega — estritena (näit. rasvas), kust ta seebikeetmisel vabaneb.

Salpeeterhappega glütseriini mõjustades tekib nitroglütseriin, mis on väga tugevavõimeline lõhkeaine:



Nitroglütseriin on värvitu vedelik, mis soojuse kui ka põrutuse mõjul plahvatab. Ränihiibiga immutamisel ta kaotab lõhkeamisvõime nõrkade põrutuste mõjul ning plahvatab süttimisel. Ränihiibi (=poröösne räni settekivim) immutatud nitroglütseriin on tuntud dünamiidinime all.

Seebikeetmine. Seebikeetmiseks võetakse mingisugust loomavõi taimerasva, kookospähkli-, palmi-, oliivi-, linaõli jm. ning keedetakse leelise- ehk nn. seebikivi- (NaOH) lahuses. (Keetmisel rasvas (mis on palmitiin-, steariin- ja õlihapete estrid¹) katkeb ühendus glütseriini ja rasvahappe vahel ning seebikivi juuresolekul tekivad rasvahapete naatriumsoolad, s. o. seep.) Glütseriin vabaneb. Et vabastada seepi kõrvalainetest (nn. seebipärast), selleks lisandatakse keedisele tublisti keedusoola: nii kerkib seep kergema ainena keedise pinnale; soojalt võib teda valada vormidesse, jahtunult tahkeks aineks aga lõigata tükkideks. Sellisel keetmisel on seebis kuni 70% puhast seepi. Paremaid seepe valmistatakse eriliste presside (valtside) abil, mis vett ja muid kõrvalaineid seebist välja pigistavad; nii võib saada seebi, milles

¹ $\text{H}_2\text{C} \cdot \text{O} \cdot \text{OC} \cdot \text{C}_{15}\text{H}_{31}$

$\text{HC} \cdot \text{O} \cdot \text{OC} \cdot \text{C}_{15}\text{H}_{31}$

$\text{H}_2\text{C} \cdot \text{O} \cdot \text{OC} \cdot \text{C}_{15}\text{H}_{31}$

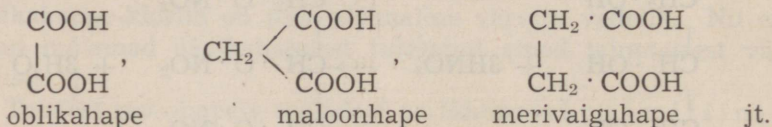
glütseriin-tripalmitiin-ester, rasva algosa.

on kuni 90% puhast seepi. Odavamatele seepidele lisandatakse kaalu suurendamiseks sageli vesiklaasi, glaubrisoola jm., nii et seal puhast seepi on kõigest kuni 50%.

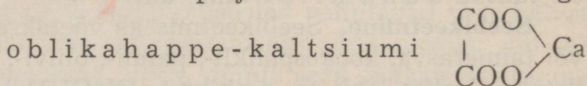
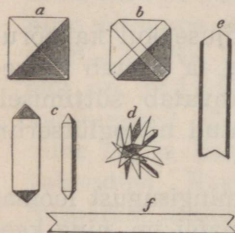
Nagu eelpool mainitud, Na-seebid on tahked, K-seebid ja eriti õlihapperikkad seebid — poolvedelad. Rohelise seebi valmistamiseks kasustatakse linaseemneõli ja KOH. Ta on pehme kollakaspruuni värvusega määrdeseep.

Mitmealuselised happed.

Orgaanilistes hapetes võib karboksüülrühm — COOH esineda enam kui üks kord, olenedes sellest, mitmeväärsest alkoholist nad on tuletatud. Tähtsamad on kahealuselised happed, milledest mõned esinevad ka taimedes, nagu:



Oblikahape ehk oksaalhape on kristalne, vees kergesti lahustuv aine; puhtal kujul on ta mürgeine, mispärast teda taimedes leidub üsna harva ja vähesel määral, kuid tema Na- ja K-sooli, mis pole mürgised, leidub hapuoblikas, rabarbris ja teistes hapumaitselistes taimedes. Üsna paljudes taimedes leidub aga



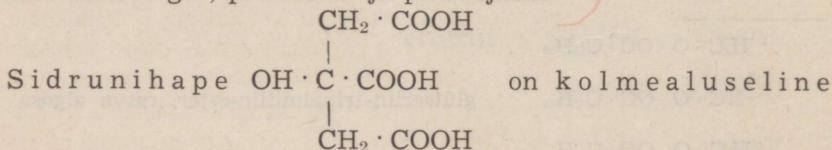
Joon. 52. Oblikahappekaltsiumi kristallid — kristalle, mis on vees lahustumatud. mitmesuguse kujuga.

Kaltsiumi osaline tähtsus, nagu eespool mainitud, seisnebki oblikahappe neutraliseerimises ja ühes sellega taimedele kahjutuks tegemises. — Haput oblikahappe kaaliumsoola

COOK
|
COOK kasustatakse tindiplekkide kõrvaldamiseks.

Maloonhapet saadakse sünteetiliselt äädikahapest. Teda leidub suhkrupeedis.

Merivaiguhape on kristalne ja vees lahustuv aine, mida leidub merivaigus, pruunsöes ja puuviljades.



hape, mida leidub sidrunites, apelsinides, karusmarjades, pohla-marjades jt. Ta on kristalne aine, mida kunstlikult valmistatakse ja kasustatakse toitute ning jookide valmistamisel (limonaadid).

Süsivesikud.

Varemalt nimetati süsivesikuiks kõiki süsinikuühendeid, mil-
listes vesiniku ja hapniku vahekord molekulis on selline nagu
vees, s. o. vesinikku kaks korda rohkem kui hapnikku, ja kus
igale süsinikuaatomile vastas üks vee molekul. Seega paistis,
nagu koosneksid süsivesikud või süsihüdraadid süsinikust ja veest,
mispärast tekkiski selline nimetus. Nii kuulusid siia ka äädikahape
 $C_2H_4O_2$, piimahape $C_3H_6O_3$ jt.

Tänapäev aga peetakse süsivesikuteks ainult osa sellistest
süsinikuühendest, ja nimelt suhkruid, tärklisi ja tsellu-
loosi. Nendest ainetest suhkur ja tärklis, nagu eespool selgitatud,
kuuluvad tähtsamate assimilatsiooniproductide hulka.

Suhkrud on vees kergesti lahustuvad kristalsed ja magusa
maiguga ained, mida leidub kõikides elusates taimerakkudes kui
ka looma ja inimese veres. Nad on tähtsad toiteained ja energia-
allikad. Inimene kasustab neid magusate toitute ja mitmesuguste
jookide valmistamisel.

Molekuli suuruse järgi jagatakse suhkruid lihtsuhkru-
teks ja lihtsuhkruteks.

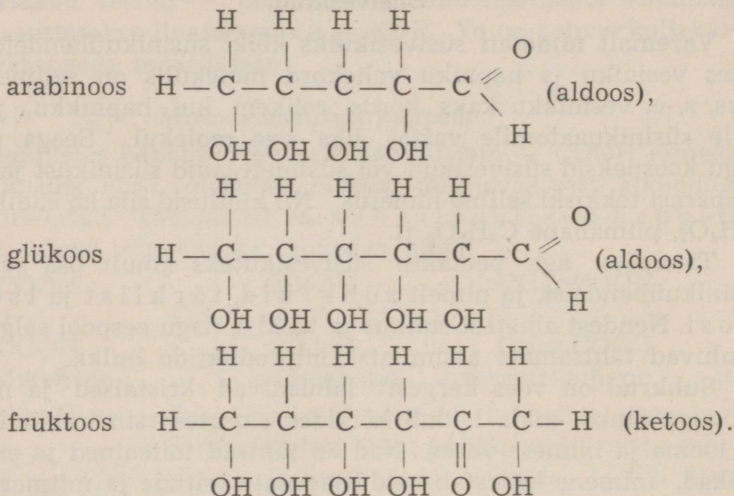
1) Lihtsuhkrud, monosahhariidid ehk monoo-
sid on väiksema molekuliga suhkrud 5 ja 6 süsinikuaatomiga,
s. o. $C_5H_{10}O_5$ ja $C_6H_{12}O_6$. Väikese molekuli tõttu need suhkrud
pääsevad läbi rakuplasma ja rakukestast ning võivad liikuda
ühest rakust teise. Seedimisel kõik suurema molekuliga suhkrud
ja süsivesikud muudetakse ensüümide kaasabil lihtsuhkruks, sest
ainult niisugusel kujul nad võivad pääseda verre.

Süsinikuaatomite arvu järgi lihtsuhkrud jagunevad kahte ala-
rühma — pentoosideks ja heksoosideks.

a) Pentoosid on 5 C-aatomiga suhkrud — $C_5H_{10}O_5$. Nen-
dest on tähtsamad arabiinoo ja ksüloos. Neid leidub pee-
tides, mungalilles, päevalilles, porgandis, kartulilehtedes, kirs-
ivaigus jm. Pärmi mõjul nad ei kääri alkoholiks.

b) Heksoosid on 6 C-aatomiga suhkrud — $C_6H_{12}O_6$, mil-
lest tähtsamad: glükoos, fruktoos, galaktoos ja man-
noos. Heksoosidest glükoos ja fruktoos esinevad kõige sageda-
mini; ka suurema molekuliga suhkrud laostuvad ensüümide mõ-
jul enamasti glükoosiks ja fruktoosiks. Mainitud heksoosid kääri-
vad pärmseente mõjul kergesti alkoholiks, galaktoos ja mannoos

aga raskemini Enamik lihtsuhkruist omab üht aldehyüdrühma, fruktoos aga ketoonrühma. Seega on glükoos, galaktoos ja mannoos aldoheksoosid (aldehüüdsuhkrud), arabinoos ja ksüloos aldopentoosid, kuna fruktoos on ketohexsoos. Näit.



Aldehyüd- ja ketoonsuhkrute tõestamiseks kasustatakse nn. Fehlingi lahust; see koosneb kahest eriosast: Fehlingi lahus I sisaldab vasevitrioli CuSO_4 , Fehlingi l. II — kaalium-naatriumtartraati + kaaliumleelist — KOH . Olulist osa suhkrute tõestamisel Fehlingi lahuses omavad CuSO_4 ja KOH . Suhkru tõestamist toimetatakse järgmiselt: proovitavat suhkrulahust valatakse katseklaasi ning sellele lisandatakse võrdsetes osades Fehlingi lahuseid I ja II, loksutatakse segi ja soojendatakse piirituselambil; üsna kiiresti sinakas lahus muutub punakaspruuniks, andes sellevärvilise sademe Cu_2O , kui proovitav suhkur sisaldab aldehyüd- või ketoonrühma. Reaktsiooni kulg on sealjuures järgmine: $\text{CuSO}_4 + 2\text{KOH} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{K}_2\text{SO}_4$. Aldooside ja ketoonide mõjul $\text{Cu}(\text{OH})_2$ taandub naatrium-kaaliumtartraadi juuresolekul: $[\text{Cu}(\text{OH})_2]_2 - \text{O} \rightarrow \text{Cu}_2\text{O}$ (punakaspruun sade) + $2\text{H}_2\text{O}$. Cu_2O tekib ainult aldooside ja ketooside mõjul, teisuguse ehitusega suhkrute puhul mitte.

Glükoos ehk viinamarjasuhkur esineb paljude taimede viljades (marjamahlades) rikkalikult, nii et need tunduvad magusadena ning on söödavad. Eriti rohkesti on teda viinamarjades, kust ta on saanud oma rahvapärase nimetuse. Teda leidub veel mees, inimeste ja loomade veres ning tegelikult igas elusas rakus. Ka enamik kõrgemaid suhkruid, tärklis ja tselluloos annavad hüdrolyüsimisel, s. o. ensüümide või hapete mõjul veega ühtimisel, mille tagajärjel nad laostuvad algosadeks, glükoosi.

Fruktoos ehk viljasuhkur erineb teistest lihtsuhkruist keemiliselt seepoolest, et tema molekul sisaldab ketoonrühma ja on seetõttu ketoonisuhkur ehk ketoos. Teda leidub samuti

kui glükoosigi taimede viljades, sageli koos teiste suhkrutega, aga ka mees.

Galaktos ja mannoos esinevad liitsuhkrute algosadena, puhtal kujul aga väga harva.

2) Liitsuhkrud koosnevad kas ühest või mitmest lihtsuhkrust. Molekuli suuruselt neid jagatakse di- ja trisahhariidideks.

a) Disahhariidid ehk bioosid ($C_{12}H_{22}O_{11}$) koosnevad kahest heksoosi molekulist, millest lahutatud 1 molekul vett. Kui disahhariidile aga see vee molekul külge liita (näit. ensüümi või mõne happe mõjul), siis toimuva hüdrolüüsi mõjul nad laostuvad algosadeks — liitsuhkruiks. Tähtsamad disahhariidid on:

1) Sahharoos ehk harilik suhkur. Teda leidub suhkruroos, suhkrupeetides ja mitmesuguste teiste taimede viljades. Suhkruroost ja -peetidest pressitud mahl sisaldab 12—20% sahharoosi, mispärast neid taimi kasvatataksegi suhkru tootmiseks. Sahharoos on glükoosist 1,5 korda magusam. Pärmien süümi tsümaasi mõjul ta ei kääri. Ta ei sisalda ka aldehüüdi ega ketoonrühma (Fehlingi lahusele ei reageeri). Ensüüm invertaasi mõjul ta laostub glükoosiks ja fruktoosiks.

2) Maltoos ehk linnasesuhkur tekib odratärklisest ensüüm diastaasi mõjul ja on tähtis õllevalmistamisel. Pärmien süümi tsümaasi mõjul muutub alkoholiks. Ensüüm maltaasi mõjul laostub glükoosiks: 1 molekul maltaasi annab 2 molekuli glükoosi. Maltoosi molekul sisaldab aldehüüdrühma.

3) Laktoos ehk piimasuhkur. Teda leidub imetajate loomade ja emapiimas. Ta magusus on nõrgem kui sahharoosil. Pärmil mõjul käärib alkoholiks. Ensüüm laktaasi mõjul laostub glükoosiks ja galaktoosiks.

b) Trisahhariidid ehk trioosid ($C_{18}H_{32}O_{16}$) koosnevad kolmest lihtsuhkrust. Neid leidub taimemahlades kõrvuti disahhariididega. Tähtsam trioos on rafinoos, mis esineb suhkrupeedi mahlas. Hüdrolüüsil laostub glükoosiks, fruktoosiks ja galaktoosiks.

c) Polüsahhariidid ($(C_6H_{10}O_5)_x$) koosnevad lihtsuhkrust, kuid nende molekuli suurust ja ehitust pole senini suudetud kindlaks teha.

Tärklis [$(C_6H_{10}O_5)_x$]. Tärklis on suhkrutele väga ligidane, sest hüdrolüüsimisel ta laostub lihtsuhkruks — glükoosiks — ning assimilatsioonil tekib nähtavasti samuti lihtsuhkrust. Esineb peaaegu kõikides rohelistes taimedes (välja arvatud liilialiste sugukond ja mõned teised taimeliigid). Ta on terakujuline — mitte

kristalne aine —, mis vees lahustamatu. Igal taimeliigil on iseguse suuruse ja kujuga tärklisterad.

Joodi mõjul tärklis värvub siniseks; soojuse mõjul vees ta paisub ning muutub klištriks. Ensüüm diastaasi mõjul ja ka hapestega soojendamisel toimub tärklise hüdroolüüsi, s. o. liitumine veega ning laostumine maltoosini; edasi ensüüm maltaasi mõjul laostumine jätkub kuni glükoosini. Hüdroolüüsi üldskeem on seega: $(C_6H_{10}O_5)x + xH_2O \rightarrow xC_6H_{12}O_6$. Tärklis $\xrightarrow{\text{diastaas}}$ maltoos $\xrightarrow{\text{maltaas}}$ glükoos. Selles suunas toimubki tärklise seedimine inimese- ja loomakehas. Kartulitärklist kasustatakse piirituse valmistamiseks, mispuhul teda enne hüdroolüüsitakse glükoosiks. Puhtal kujul kasustatakse tärklist (kartuli- ja nisu- tärklist) toitute ja ravimite valmistamisel, pesutriikimisel, puudrite valmistamisel jne.

Inuliin on tärklisega sarnlev aine, kerakujulistes kristallides; esineb reservainena juurikates ja juuremugulates, näit. daaliail. Ta lahustub kuumas vees. Hüdroolüüsimisel laostub fruktoosiks.

Glükogeen on nn. „loomatärklik“, sest ta esineb loomade ja inimeste maksas ja lihastes (varuainena). Rohke toitumise puhul glükogeeni hulk maksas suureneb, nälgimise puhul aga väheneb. Hüdroolüüsil laostub glükoosiks.

Tselluloos $(C_6H_{10}O_5)x$. Tselluloosist ehk kiudainest koosnevad taimerakkude kestad. Puhtal kujul teda leidub aga ainult noorte rakkude kestades ja mõningates karvakestades (puuvill) ning kiududes. Vanemate rakkude kestadesse sadestub mitmesuguseid kõrvalaineid (ligniini, suberiini, pektiini jt.). Tselluloosi kasutatakse väga mitmesuguseks otstarbeks, nagu paberi, tsellofaani, tselluloidi, kolloodiumi, kunstiidi, aga ka lõhkeainete (nagu püroküliini, nitrotselluloosi) valmistamiseks. Hüdroolüüsil tselluloos laostub glükoosiks, järelikult teda võib kasutada ka suhkrumistamiseks. Tselluloosi saadakse puidust — puumassist. Kasutades mitmesuguseid keemilisi aineid vabastatakse tselluloos kõrvalainetest. Seda toimetatakse tselluloosi- ja puupapivabrikutes (meil Tallinnas, Jägalal, Türil). Toiteainena on tselluloos inimorganismis raskesti kasustatav, veise organismis aga küll.

Hemitselluloos (pooltselluloos) erineb tselluloosist seepoolest, et ta kergemini hüdrolyseerub. Teda leidub taimede viljades (liblikõielised, palmid, õunaseemned, pähkliid) reservainena ja ta on seemnete idanemisel kergesti kasustatav. Hüdroolüüsil muutub galaktoosiks, mannoosiks ja pentoosideks.

Tselluloosile ligidased ained on: ligniin (puitunud rakukestades), suberiin ja kutiin (korgistunud ja kutiinistunud rakukestades).

Kokkuvõtt.

Süsi- vesikud	suhkrud	lihtsuhkrud	monosahhariidid	$\left\{ \begin{array}{l} \text{pentoosid} \\ \text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{arabinoos} \\ \text{ksüloos} \end{array} \right\}$
				$\left\{ \begin{array}{l} \text{heksoosid} \\ \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{glükooos} \\ \text{fruktoos} \\ \text{galaktoos} \\ \text{mannoos} \end{array} \right\}$
	mittesuhkrud	lihtsuhkrud	disahhariidid ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)		$\left\{ \begin{array}{l} \text{sahharoos} \\ \text{maltoos} \\ \text{laktoos} \end{array} \right\}$
			trisahhariidid ($\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_{16}$)		$\left\{ \begin{array}{l} \text{rafinoos} \end{array} \right\}$
			polüsahhariidid ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$) x		$\left\{ \begin{array}{l} \text{tärglis} \\ \text{inuliin} \\ \text{glükogeen} \\ \text{tselluloos} \\ \text{hemitselluloos} \end{array} \right\}$

Valgud.

Süsivesikud, rasvad ja valgud on meie tähtsamad igapäevsed toiduained. Süsivesikud ja rasvad koosnevad ainult kolmest algaainest — süsinikust, vesinikust ja hapnikust. Valgud sisaldavad aga peale selle veel lämmastikku ja väävlit (rakutuuma valgud ka fosforit). Ühes algainete arvu suurenemisega valkude molekulis muutub suuremaks ja oma ehituselt keerukamaks ka nende molekul. Eespool nägime, et seni pole veel suudetud kindlaks määrata võrdlemisi lihtsa koostisega ainete, nagu tärklise ja tselluloosi molekulide suurust ja ehitust. Valkainete molekulide suurust on, nende keerukusele vaatamata, läinud siiski korda mitmel juhul kindlaks teha. Olgu siin toodud paar näidet: hemoglobiin (punaste vereliblede värvaine) — $\text{C}_{758}\text{H}_{1203}\text{N}_{195}\text{S}_3\text{FeO}_{218}$, gliadiin — $\text{C}_{685}\text{H}_{1068}\text{N}_{196}\text{O}_{211}\text{S}_5$. Nendest näidetest selgub, kui hiigelsuured võivad olla valgu molekulid. Muidugi on väga raske kujutella, milline on sellise suure ja keeruka koostisega molekuli siseehitus ehk struktuur.

Valkude jaotus. Valke jaotatakse kahte suurde rühma: a) lihtvalgud (ehk proteiinid ja b) liitvalgud ehk proteiidid.)

a) Lihtvalgud. Siia kuuluvad:

- a) albumiinid, vees lahustuvad valkained, nagu vereseerumi albumiin, piimaalbumiin ema- ja lehmapiimas;
- b) globuliinid, ei lahustu vees, küll aga neutraalsoolade lahustes, nagu vereseerumi globuliin, fibrinogeen;
- c) lihasproteiinid — sarnanevad globuliinidega, nagu müosiin ja müogeen, esinevad lihastes;
- d) tugiproteiinid — tarretuvad kõvaks, nagu kollageen — sidekoes, glutiin (želatiin), keratiin ehk sarvaine jt.;
- e) protamiinid, esinevad verelibledes ja sugurakkudes.

b) Liitvalgud on eelmistest keerukama ehitusega:

- a) fosforproteiidid — sisaldavad fosforit, esinevad piimas, nagu kaseiin;
- b) glükoproteiidid, mille tähtsamaks esindajaks on munavalk, mitmesugused limaained (mutsiinid);
- c) tuumaproteiidid, esinevad rakutuumades, maksas, sugurakkudes jm.;
- d) hemoglobiin — punane värvaine verelibledes jt.

Valkude jaotusest nähtub, et nad on ülitähtsad inimkeha ehitusel; kuid nad ei puudu samuti ka taimekehas. Kuna valgud on rakuplasma algosaks, siis ei saa olla ühtki elusrakku ilma valkudeta. Nii liht- kui ka liitvalgud koosnevad omakorda lihtsamatest ainetest ning laostuvad ensüümide mõjul lõppeks nn. amiinohapeteks.

Amiinohapped tuletatakse rasvahappeist sel teel, et nende molekulis asendatakse üks või rohkem vesinikuaatomeid nn. amiinorühmaga — NH_2 . (Selle järgi, millise C-aatomi külge, arvates karboksüülrühmast COOH , amiinorühm liitub, eristatakse α , β , γ jt. amiinohappeid: $\text{CH}_3 \cdot \underset{\delta}{\text{CH}_2} \cdot \underset{\gamma}{\text{CH}_2} \cdot \underset{\beta}{\text{CH}_2} \cdot \underset{\alpha}{\text{COOH}}$.) Valkudes

esinevad peamiselt α -amiinohapped. Lihtsamad amiinohapped on:

glükokool — $\text{CH}_2\text{NH}_2 \cdot \text{COOH} = \alpha$ -amiinoäädikahape;

alaniin — $\text{CH}_3 \cdot \text{CHNH}_2 \cdot \text{COOH} = \alpha$ -amiinopropioonhape;

leutsiin — $(\text{CH}_3)_2 \cdot \text{CH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CHNH}_2 \cdot \text{COOH} =$

α -amiinokaproonhape;

tsüstiin — $\text{HOOC} \cdot \text{CHNH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{S} \cdot \text{S} \cdot \text{H}_2\text{C} \cdot \text{CHNH}_2 \cdot \text{COOH} = \text{di-(}\alpha\text{-amiino } \beta\text{-thio)-propioonhape.}$

Amiinohapped lahustuvad vees ja sel kujul valkude algosad võivadki pääseda toiteainetena rakkudesse.

Seedimine. Süsivesikud, rasvad ja valgud tekivad taimedes ja säilitatakse seal harilikult varuainetena vees lahustumatul kujul: viljades, mugulates, juurtes jm. Inimesed kasustavad neid taimeosi toiduks. Kuid — nagu nägime — sellisel vees lahustumatul kujul ei pääse need suurte molekulidega ained läbi soolte seinte — verre: neid tuleb enne seedida, s. o. vastavate ensüümide abil

purustada vähemateks algosadeks. See toiteainete laostamine toimub seedeelundites. Seedimisel on kahekülgne toime: a) mehaaniline toidu peenendamine ja leotamine ning b) ainete molekulide keemiline laostamine (lõhkumine). Viimane toimub igal ainel vastavate ensüümide kaasabil.

10. Varre ehitus ja tegevus.

Varre ülesandeid. Taimede vars ühendab juuri lehtedega. Varre kaudu liiguvad juurte abil mullast võetud vesi ja soolad üles lehtedesse; sama vart mööda juhitakse aga ka lehtedes valmistatud



Joon. 53. Sooküpressi hiigeltüvi.

orgaanilised toiteained alla juurtesse. Peale selle harunev vars on soodsaks kinnituskohaks lehtedele; eriti tähtis on see puudel, millede lehtede arv ulatub sadadesse tuhandetesse ja miljoneisse. Selleks vars peab olema tugev, et kanda lehtede raskust ja mitte murduda tuule käes. Lõppeks säilitatakse varresse sageli talveks toiteainete tagavara.

Varte ulatus. Varte pikkus erineb suuresti. On taimi, millel lehed algavad otse juurekaelast ning asetsevad kodarikuna maapinnal, näit. nurmenukul, teelehel, liivakannil jt. Neil taimedel tekib ainult õisikuvars. Teistel taimedel varre pikkus ulatub üle

100 m (suurtel puudel, nagu eukalüptus, mammutipuu), kuna väänkasvude (liaanide) varred ületavad pikkuselt mõnikord isegi 200 m. Samuti erinev on varre jämedus. Väikestel rohttaimedel on vars mõnikord vaevalt 1 mm jämedusega, kuna suurtel puudel seevastu ta võib olla läbimõõdus üle 10 m (mammutipuu, sooküpress).

Varre tugevus ja iga. Varte tugevus on sõltuvuses taime eaga: üheaastaste taimede varred on enamasti rohtunud ja nõrgad, paljuaastaste taimede omad aga puitunud ja tugevad, näit. puudel. Puitunud varsi kut-
sutakse tüvedeks. Tüve iga võib soodsates kasvutingimustes olla mõnikord üsna pikk, pärnadel üle 1000 a., tammel kuni 2000 a.; hiigelmammutipuude vanust hinnatakse isegi kuni 5000 aastale ja draakonipuu iga veelgi pikemaks.



Püstised, lamavad ja ronijad varred. Enamikul taimedest on vars küllalt tugev, seisab püsti ning suudab vastu panna ka tormi murdmisele. Ideaalse ehitusega on selles mõttes kõrreliste kõrre ehitus, näit. rukkil, kus tugevus ja painduvus on saavutatud koos ehitusmaterjali kokkuhoiuga.

Paljudel vee-, aga ka kuivmaataimedel on vars niivõrra nõrk, et ei suuda iseseisvalt püsti seista. Sellised lõdvavarrelised taimed lamavad, ujuvad vees või roomavad mööda maapinda, näit. lillakas, maasikas, hanejalg, linnutatar, roomav tulikas, penikeeled, särjesilm jt. Teised lõdva varrega taimed ronivad tugesid või kõrval kasvavaid taimi mööda üles valguse poole. Ühed ronitaimedest keerutavad endid tugede ümber (humal, aeduba, tobiväät), teised jälle köidavad endid tugede külge köitragude abil (hernes, koeranaeris). Puitunud varrega ronitaimedel ehk liaanidel on kinnitumiseks kas köitraid (pärisviinapuul), haarjuured (luuderohul) või kleepivate otstega

Joon. 54. Koeranaeri köitraag. A — toetuspunkt (oks), mille ümber on mässinud end köitrao ots (w — x); W — köitrao keeru vahe; B — koeranaeri vars; köitraag asetseb kõrvuti lehega (b — lehevars) ja pun-gaga (k); u — köitrao keerdumatu osa.

haarväädid (metsviinapuudel).

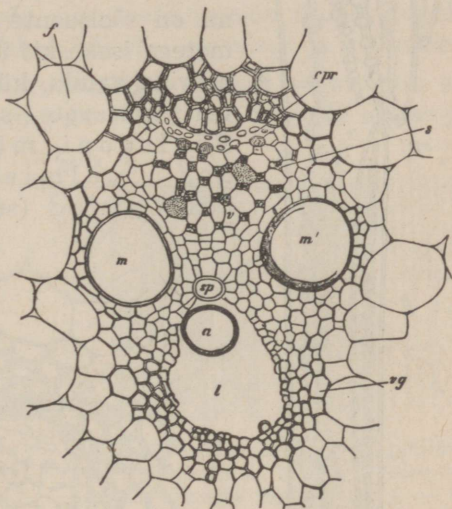
Varre siseehitus. Varre siseehituse tundmaõppimise vajadus seisneb selles, et jõuda selgusele: a) missuguseid teid mööda liiguvad mahlad varres üles ja alla, b) milliste vahenditega on saavutatud varre tugevus ja c) kuidas toimub varre jämedaks kasvamine.

Katsed. Pistame tüki rukkikõrt, millel sõlmed ära lõigatud, pu-

nase tindi või tušilahusesse ja jätame ta sinna mõneks minutiks. Lõikame siis terava nõga kõrre risti läbi ja vaatame lõikepinda luubiga. Leiame kõrres ringi (mõnel juhul 2 ringi) punaseks värvunud täppe. Lõikame kõrre pikuti lõhki. Nüüd märkame, et punased jooned (arvult 12—15) jooksevad rõõbiti kõrre sisepinnal. Katsest selgub, et tint pääseb rukki-körres edasi peenikesi torukesi ehk sooni mööda.

Vaatlus. Võtame mõne pehme üheidulehise taime varre, mida oleks kergem lõigata habemenõaga, näit. maisi varre.

Maisi varre kasustamist põhjustab ka veel see asjaolu, et ta on küllalt jäme, mispärast teda on parem lõigata. Teda on soovitatav korjata suvel ja alal hoida piirituses. Teeme maisivarrest kaks lõiku, ühe risti ja teise pikuti, ning värvime nad kudede eraldamiseks ühe järgmise värviga: 1) kloor-tsink-jood — värvib lillaks tselluloosist rakukestad; 2) koondatud HCl (soolhape) ja floroglutsiin värvib karminpunaseks puitunud rakukestad; 3) koondatud HCl ja aniliinsulfaat värvib kollaseks puitunud rakukestad; 4) Sudan III piirituslahus värvib soojendamisel korgistunud rakukestad punaseks. Ristilõigus näeme, et soon pole mitte üks toru, vaid ta koosneb hulgast torukestest ja on seega soonkimpe ehk juhtkimpe, sest seda mööda liiguvad mahlad. Kõigepealt paistavad silma soonkimbu sisepoolses küljes kolm kuni neli jämedamat toru, millede värvusest nähtub, et nad on puitunud kestadega rakkudest; need on torusooned, mida mööda vesi ühes mullast võetud sooladega liigub üles — lehtede suunas. Torusoonetest väljaspool asetsevad tselluloosist kestadega rakud, mis sisaldavad plasmat. Seda kudet ja torusooni piiravad paksu- ja puitunud keсталised rakud, mis moodustavad soonkimbu tupe.



Joon. 55. Maisi soonkimbu ristilõik: *a*, *m*, *m'*, *sp* — torusooned, *v* — sõeltorud; *s* — saaterakud; *f* — põhikude (parenhüüm), *vg* ja *cpr* — tupp, *l* — rakkudevaheline ruum.

Pikilõigus näeme järgmisi üksikasju: torusoonte seinad

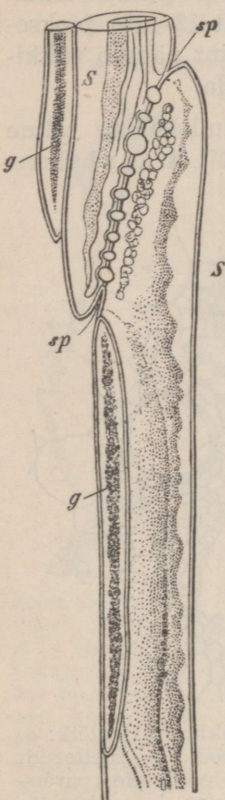
omavad rõngakujulisi või spiraalikujuulisi seinapaksendusi ja auguke-
 kesi (poore); nende otsmised vaheseinad on aga kadunud, nii et
 nad moodustavad tõeliselt pikki torukeksi. Seevastu tselluloosiste
 kestadega rakud, mis on ka pikad ja torukuju-
 liselt üksteise otsas, ei oma külgeinte paksen-
 dusi ja nende otsmised vaheseinad on alles;
 need on aga läbitud peentest augukestest ehk
 pooridest ning meenutavad seetõttu sõela-
 põhja, mispärast neid nimetatakse sõelsoon-
 teks. Ka sõelsoonte külgeintes leidub poore;
 nii on sõelsoonte rakkude plasma plasmajuht-
 metega isekeskis ühenduses otsmiste rakuseinte
 pooride kaudu, külgpooride kaudu aga ka kõr-
 val asetsevate saaterakkude plasmaga. Sõelsooni mööda liiguvad lehtes-
 des valmistatud orgaanilised
 toiteained (suhkrud, valkained, rasvad ja

õlid) alla —
 juurtesse.

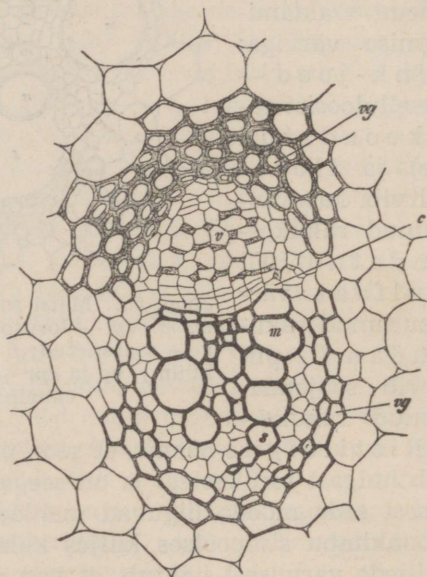
Nii sel-
 gub, et maisi
 varres üles
 minev vee-
 vool toimub
 torusooni ja
 alla liikuv or-
 gaaniliste toi-
 teainete vool
 — sõelsooni
 kaudu ühes ja
 samas soon-
 kimbus.

Teisi
 vaatlus-
 objekte.

Maisi varre
 omaga sarna-
 se ehitusega
 on kõikide



Joon. 56. Sõel-
 soon pikisuunas
 (S); pooriline
 vahesein (sp);
 g — plasmarikas
 sõelsoonega kõr-
 vuti asetsev saa-
 terakk.



Joon. 57. Roomava tulika soon-
 kimbu ristilõik: s, m — torusooned,
 v — sõelsooned, c — kambium, vg
 — paksukestalisel tuperakud.

üheidulehiste taimede varred; lõikude valmistamiseks sobivad
 nendest liiliate, tulpide, aspari jt. varred. Iseloomulik üheidu-
 lehiste taimede varre ehitusele on see, et nende juhtkimbud on pii-

ratud pidevalt paksukestaliste tugikoe rakkudega ehk nn. soonkimbu tupega, s. t. nad on kinnised; mitteõnsas varres on soonkimbud laiali pillatud, ilma kindla korrata.

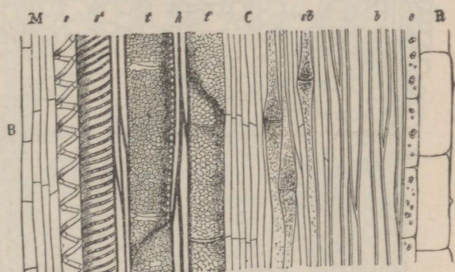
Vaatlus. Võtame mõne kaheidulehise rohtse taime varre. Kergesti kättesaadav ja hõlpsasti lõigatav on roomava tulika vars. Teeme sellest risti- ja pikilõigu ning värvime samuti nagu eelmise preparaadi. Väikese suurendusega mikroskoobiga vaadeldes näeme, et tulika õnsas varres moodustavad soonkimbud ühe ringi ja asetsevad peaaegu üksteise kõrval. Paksukestalistes tugirakud ei koondunud siin soonkimpude ümber tupeks, vaid asetsevad soonkimbu kahel küljel (seesmisel ja välimisel).

Tugeva suurendusega mikroskoobiga üksikut soonkimpu silmitsedes näeme: puitunud seintega torusooni, mis asetsevad kimbu eespoolses osas, on arvult rohkem kui maisi varres. Nendest väljaspool õhukekestalistest rakkudest õrn loovkude on soonkimbu kambium ja sellest edasi väljapoole kuni tugikoerakkudeni asetsevad sõelsooned. Kambiumi kohal puudub soonkimbul tupp.

Seega on vahe ühe- ja kaheidulehiste taimede varre ehituses järgmine: a) kaheidulehistel taimedel on soonkimbus toru- ja sõelsoonte vahel kambium, üheidulehistel kambium soonkimpudes puudub; b) üheidulehiste soonkimbud on kinnised, s. o. ümbritsetud surnud tugikoe rakkudega, kaheidulehiste soonkimbud on külgedelt lahtised ehk avatud.

Pikilõigis pole ühe- ja kaheidulehistel taimedel suurt erinevust toru- ja sõelsoonte ehituses. Kambiumi rakud paistavad siin silma õhukeste ja võrdlemisi järsult ristseinaliste rakukestade poolest.

Teisi vaatlusobjekte. Kaheidulehistest rohtsetest taimedest kõlbavad vaatluseks igasugused aiataimed, nagu kartul, tomat, daalia, päevalill jt. Soonkimbud on neil taimedel külgedelt lahtised ja vartes leiame kambiumi, mis mõnikord ulatub koonkimbust välja soonkimpude vahele ning moodustab seega varres peaaegu pideva ringi, näit. päevalill. Peale soonkimpude juures aset-



Joon. 58. Päevalille varre pikilõik: M — põhikude, r, s — spiraalse seinapaksendusega torusooned, t — torusooned külgsuurendusega, h — puukiud; c — kambium, sb — sõelsooned, b — niinekiud, e — tärklis sisaldavad rakud, R — koorerakud.

seva tugikoe leiame paksukestalistest rakkudest koosnevat kude rohtsete taimede vartes veel selle pinna ligidal kas pideva ringina või üksikute saarekestena; selle koe rakud on plasmarikkad ja nende kestad on ainult osaliselt paksenenud (kollenhüüm) (vt. lk. 19, joon. 15 ja 16).

Okaspuude tüve ehitus.

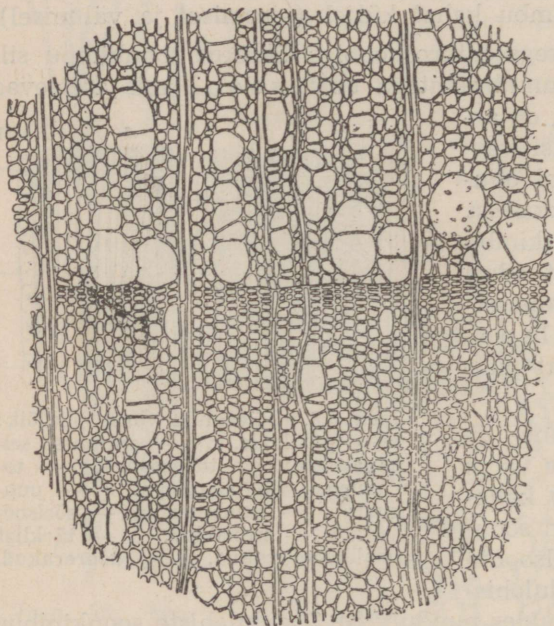
Vaatlus. Võtame noore 2—3-aastase männioksa. Toores oks on vaigune; teda on raske lõigata ning lõigud on ebaselged.

Seepärast on soovitatav männioks asetada enne kasutamist mõneks nädalaks piiritusse, milles vaik lahustub. Männioksaast teeme 3 lõiku: ühe ristilõigu ja kaks pikilõiku. Üks pikilõik tuleb teha raadiuse suunas, teine aga raadiusega risti (tangentaalne lõik). Kõik lõigud värvime nagu eespool.

Vaatleme algul ristilõiku vähema suurendusega. Näeme: männi oks koosneb: a) säsis, hõredast parenhüüm-

koest, mis asetseb oksa keskel; b) puidust ja c) koorest. Koore ja puidu vahel asetseb kitsa ringina d) kambium. Säsis kuni kooreni ulatuvad kitsad kiirtekujulised plasmarikaste rakkude read — säsikiired. Siin-seal puidus leidub jämedamaid torukeksi — vaigukäike. Puidu rakkudel, välja arvatud säsi ja säsikiirte omad, on kestad puitunud. Vaadeldes lõike suurema suurendusega märkame järgmisi üksikasju:

1) Säsi ja säsikiired koosnevad õhukesekestalistest rakkudest. Rakukestad pole nendes kudedes puitunud. Pikilõikudel



Joon. 59. Männioksa ristilõik: näha kahe aastarõnga vahe.

(radiaal- ja tangentaallõigul) märkame, et säskiired koosnevad vähestest rakkude ridadest ja on üsna kitsad.

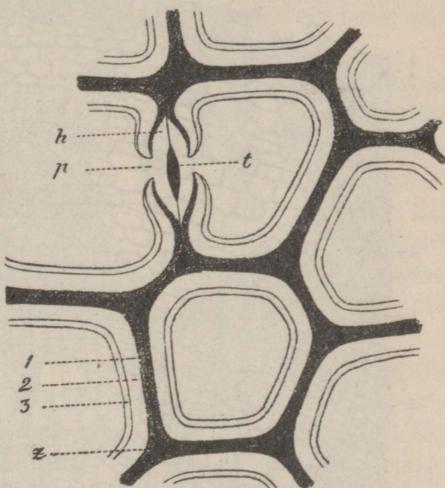
2) Puit (= kõva puuosa) koosneb 2—3 aastarõngast (sõltudes oksa vanusest). Iga aastarõngas koosneb kahesugusest koest: hõredamast, s. o. suurema valendusega rakkudest, ja tihedamast; hõredam — jämedarakuline kude — on tekkinud kevadel, tihedam — sügisel. Kõikide rakkude kestad on siin kaunis paksud ja puitunud. Radiaalsel pikilõigul märkame, et puidu rakud on kõik kujult enamvähem ühesugused ja teravate otstega, kuna nende külgsentes asetsevad koobaspoorid, mis paistavad mikroskoobi all otseseisangus (radiaal-lõigul) kahekordsete ringidena. Läbi koobaspooride võivad liikuda mahlad, kuigi rakuseinad on puitunud. Nende teravate otstega ja koobaspooridega varustatud rakkude kaudu liigub vesi ühes sooladega juurtest üles okaste suunas. Need rakud asendavad eespool tundma õpitud torusooni ja nad esinevad ainult okaspuude tüvedes ja okstes; neid nimetatakse trahheiidideks.

3) Vaigukäigud, mis esinevad puidus ja koores, on seest vooderdatud õhukeste tselluloosist kestadega ja elavate rakkudega; need rakud eritavadki vaiku.

4) Kambiumi rakud on õhukese tselluloosist kestaga.

5) Koore leiaime seesmises osas tselluloosist kestadega sõelsooni (mis pikilõikudes kergesti eraldatavad), teravaotsalisi niinekiude ja koore parenhüüm rakke, välises osas õhukese korkkihi, mis välispinnalt on kaetud marrask-nahaga.

Nii selgub, et männi oksas, samuti ka tüves, tõusev vool liigub puidus trahheide mööda, kuna langev vool kulgeb koore kaudu sõeltorusid mööda. Tugevust männi tüvele ja okstele annavad

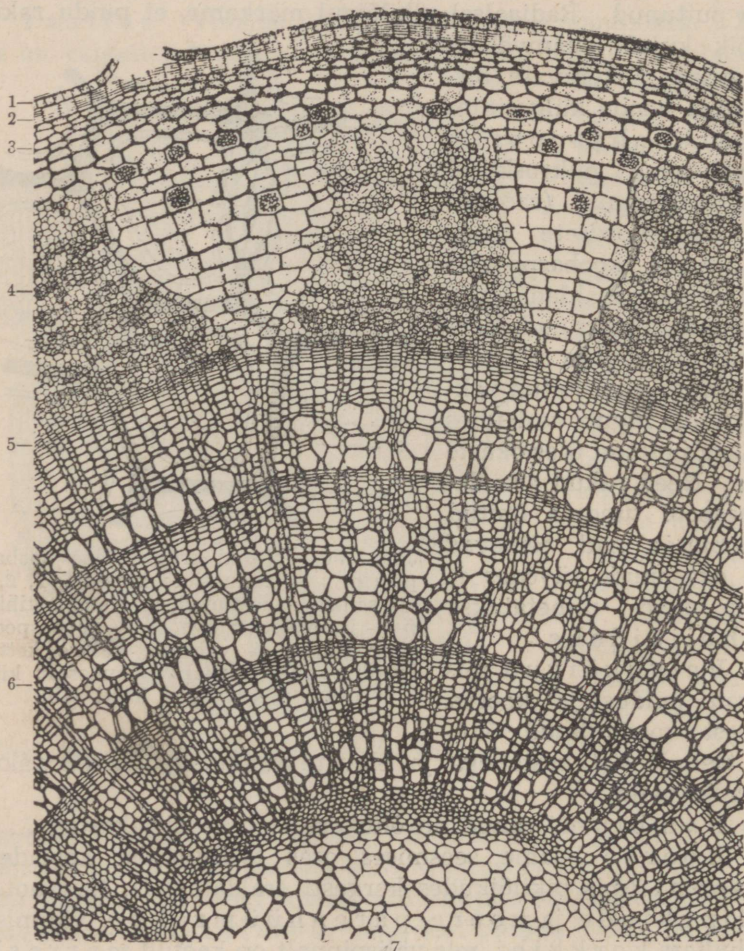


Joon. 60. Männi trahheiidide koobaspoorid. *z* — rakuseinte keskkile, *1, 2, 3* — sellele sadestunud nooremad kihid; *p* — koobaspoori ava, *h* — koobaspoori siseruum, *t* — vahetile keske kettakujulise paksendusega: õhukest kileosast pääseb vesi hästi läbi.

paksude puitunud kestadega trahheiidid. Tüve jämedaks kasvamine toimub kambiumi kaudu, mis iga aasta moodustab uue aastarõnga puidus, aga ka uusi sõelsooni, niinekiude ja parenhüüm-koe rakke kooses.

Lehtpuude tüve ehitus.

Vaatlus. Võtame 2—3-a. pärna oksa, teeme sellest samasugused kolm lõiku nagu männistki, värvime nad ning uurime neid



Joon. 61. Kolmeaastase pärna oksa ristilõik: 1 — marrasknähk, 2 — korkkiht, 3 — koore algkude, 4 — koore niineosa, 5 — kambium, 6 — puit (3 aastarõngast), 7 — säsi.

mikroskoobiga. Üldpilt on siin eelmisega kaunis sarnane; meie leiame, et ka pärna oks koosneb säsisist, säsikiirtest, pui-

dust, kambiumist ja koorest. Säsi, säsi kiirte ja kambiumi ehitus ei erine palju männi omast. Erinevus on peamiselt puidu ja koore ehituses.

Puit. Aastarõngad vastavad siin männi omadele. Kuid jämedama valendusega torukesed on siin torusooned, millede seintes näeme pikilõigul rõnga- ja spiraalikujulisi seinapaksendusi. Peale selle leiame puidus veel puitunud paksukestalisi tugirakke — puukiude, mis annavad puidule ja ühes sellega tüvele tugevust, ning õhukese tselluloosist kestaga puu parenhüüm-rakke. X

Koor. Pärna koore võime eraldada kahte osa: a) seesmist niineosa, milles leiame sõelsooni ühes plasmarikaste saaterakkudega, tselluloosist kestadega pikki teravaotsalisi niinekiude ning lühemaid koore parenhüüm-rakke; b) välimist korpa, mis koosneb marrasknahast, selle all asetsevast korkkihist ja parenhüümkoest. Niinekiud on väga sitked ja vastupidavad, mispärast pärna niint kasustatakse köiteniine valmistamiseks, roguskitööstuses ja viiskude ning matide punumiseks.

Kokkuvõtt. Mahlade liikumine rohtsetes taimede vartel toimub soonkimpude kaudu, kusjuures tõusev vool kulgeb torusooni ja langev vool sõelsooni mööda. Üheidulehistel taimedel on soonkimbud ilma kambiumita ning kinnised (piiratud tupega), kaheidulehistel aga varustatud kambiumiga ning lahtised. Puitunud vartel ehk tüvedes tõusev vool liigub puitu mööda (okaspuudel trahheiidide kaudu, lehtpuudel torusooni mööda), langev vool aga koore niint kaudu sõelsooni mööda.

Tugevust rohtsetele vartele annavad soonkimpude ümber asetsevad paksukestalisel tugikoerakud, aga ka varre pinna ligidased tugikoed, mille rakkude kestad on aga ainult osaliselt paksenenud (kollenhüüm). Puutüvede tugevus oleneb puidu ehitusest. Okaspuude puidu moodustavad trahheiidid: need on ka ühtlasi tüve tugikoeks. Lehtpuude tüve tugevus oleneb peamiselt puukiududest: tüved, milles neid on rohkem, on kõvemad ja vastupidavamad (tamm, vaher).

Rohtsete taimede varred on sageli õõnsad ja tugikoed asetsevad siin harilikult pinna piiril, varre kantide nurkades ja soonkimpude ümber. Selline tugikude paigutus on väga otstarbekohane, sest see teeb varre eriti paindetugevaks. Paljuaastastel puutaimedel, mis iga aasta jämedamaks kasvavad, võib tugikude asetseda tüve keskel, mitte aga selle pinnal. Miks?

Varre jämedaks kasvamine. Rohtsete taimede üheaastase kestusega varred kasvavad ainult üks kord; teiskordne jämedaks kasvamine neil puudub. Paljuaastaste tüvede jämedaks kasvamine toimub kahel viisil: a) okas- ja kaheidulehistel puudel kambiumiringi abil, mis moodustab iga aasta puidus uue aastarõnga ja koores uusi sõelsooni ja niinekiude; b) üheidulehiste puitunud tüvede jämedaks kasvamine toimub soonkimpude tekkimise kaudu tüve pinna ligiduses tüve parenhüümkoos, nagu palmidel, draakonipuul ja teistel.

Milliste jõudude mõjul liiguvad mahlad taimede vartes?

Tõusev vool. Eespool tutvusime kahe jõuallikaga, mis põhjustasid vee liikumist taime ladva suunas: need olid juurte rõhe ja lehtede imemisjõud aurumise tagajärjel. Nendele lisandub veel kolmas, s. o. rakumahla suhkru ja soolade koondise tõus taime ladva suunas. On leitud, et suhkru ja soolade koondis rakumahlas on kõige väiksem juurekarvakestes ja kõige suurem lehtedes. See koondiste vahe põhjustab osmootset vee liikumist elavates rakkudes pidevalt lehtede suunas.

Langev vool võib sõelsoontes esile tulla lihtsalt orgaaniliste ainete raskuse mõjul. Et see aga toimub kõik aeg elusrakkude kaudu, siis on voolu suunanäitajaks sageli elus rakuplasma. Nii juhitaksegi orgaanilised toiteained peamiselt kahesugustesse punktidesse: a) loovkudedesse ja kasvupunktidesse ning b) säilituspaikadesse. Nii ei ole siin alati tegemist langeva vooluga.

Miks puud koore rõngastamisel kohe ei kuiva?

Katset võib igaüks teha mõne lihtsa ja väheväärtusliku puuga, näit. lepa või pajuga. Võib arvata, et kui meie puutüvel koore rõngakuuliselt maha võtame, siis puu peaks varsti ära kuivama, sest rõngastamine takistab orgaaniliste toiteainete liikumist alla juurtesse. Tegelikult pole aga asi päris nii, ja kevadel rõngastatud puud elavad enamasti järgmise kevadeni. Selle nähtuse põhjuseks on asjaolu, et langev vool suundub niine sõelsoontest säskiiri kaudu puitu ning seda mööda pikkamisi ka allapoole kuni juurteni. Juured ei jää seega kohe pärast rõngastamist päriselt nälga ning nad suudavad kuidagi oma ülesandeid täita sügiseni. Järgmisel kevadel aga, mil taimel on lehistumise momendil tarvis palju vett, ei suuda juured toiteainete puudusel moodustada uusi juurekarvakesi ja puud kuivavad.

Viljapuude rõngastamine. Kui viljapuu oksal kitsa (3—5 mm) ribana koore rõngakujuliselt ära võtame, siis takistab see suuresti assimilatsiooniproduktide oksast äravoolamist; neid kuhjub oksa endisest rohkemal määral, ja et puidu kaudu oks saab endiselt vett ja mineraalsooli, siis on ta kasvutingimused eriti soodsad. Selline rõngastatud oks kasvab jõudsasti, õitseb hästi ning kannab rohkem vilja. Kitsas äravõetud kooreriba kasvab tavalisti sügiseks kinni ja oks kasvab endiselt edasi. Rõngastamise asemel võib langevat mahlade voolu takistada ka pingevöö või traadi abil, millega koore sëlsooned kinni surutakse.

Varre teisi ülesandeid. Juurikatesse ja tüvedesse koguvad taimed endile talveks toiteainete tagavaru, millede arvel nad kevadel suudavad ehitada kiiresti hulga uusi lehti või õisi (varakevadel õitsevad taimed). Nii on puude säsid mõnikord tulvil täis tärklis, näit. saagopalmil, samuti ka juurikad, varred ja varre mugulad on toiteainerikkad ning s õ ö d a v a d, näit. kartulimugulad, asparivarred, nuikapsavars, mädarõika juurikad jt. Peale selle on vars paljudel taimedel vegetatiivseks paljundusvahendiks, nagu maasikal, hanejalal, lillakal. Inimene kasustab taimevart vegetatiivsel taimede paljundamisel — üsna sageli — pistikutena, pistokstena, võrsikutena, muldokstena ja vaiadena.

Milleks tarvitab inimene taimevart ja selle tooteid.

Nagu nägime eespool, taimeriiik varustab inimesi toiteainetega ja hingamiseks tarviliku hapnikuga. Peale selle kasustab inimene aga taime vart ja temas peituvaid aineid veel paljudeks otstarveteks. Peatume alljärgnevalt mõningate selliste ainete juures.

Hoonete ehitus- ja sisustusmaterjal. Tähtsaim puuhoonete ehitusmaterjal, nagu palgid, plangud, lauad, sindlid ja laastud saadakse puude tüvedest. Puumaterjalil on hoonete ehitamisel mitu paremust: puit on halb soojusejuht, mispärast temperatuur on puuhooneis ühtlasem ja õhk üldiselt kuivem kui kivimajades; ka on puumaterjal odavam kui kivi. Puumaterjali puuduseks on tema süttivus ning mädanevus. Mädanemisele peavad kauemini vastu vaigused (okaspuud) ja parkainerikkad puud (tamm). Puust valmistatakse enamasti ka kõik hoonete sisustis: elamute mööbel ja kõrvalhoonete varustis. Mööblitööstuses on eriliselt hinnatav vastupidav tammepuit ja peenema mööbli valmistamisel mitmesugused kaunikirjalised välismaa puidud, mida kasutatakse enamasti õhukese vineerina, näit. päiklipuu ja maha-
gonipuu vineer.

Kütteained. Tavaliseks meie elukorterite kütteaineks on puud. Puude põletamisel ahjudes vabaneb nendes peituv päikeseenergia soojuse näol. Puude vähenemise ja kallinemise tõttu on viimasel ajal hakatud tarvitama tubade kütmiseks turvast, mis koosneb taimede (turbasambla jt.) jäätmeist. Vabrikute, tehaste, vedurite ja laevade kütteks kasustatakse kivisütt ja põlevkivi, mis on samuti taimelise päritoluga. Ka mootorite küte — bensiin, petrooleum ja õlid, mida saadakse maaõlist, põlevkivist ja kivi-
söest — on taimeriigist pärinev, samuti kui valgustamiseks tarvitata-
v petrooleum, parafiin ja steariin.

Rõivad. Loomariigist pärineva villase riide kõrval, mida kasustatakse raskemate pealistrõivaste valmistamiseks, tarvita-
takse pesu ja kergemate (naiste) pealistrõivaste valmistamiseks väga laialt-puuvillriiet. Puuvilla saadakse puuvillapõõsa viljadest. Seda kasvatatakse Ida-Indias, Malai saartel, Aafrikas ja Kesk- ja lõunapoolses Põhja-Ameerikas. Kõrvuti puuvillriidega tarvitatakse pesuriidena linastriiet, mida valmistatakse lina niinekiududest. Uuemal ajal on hakanud siidriidega tugevasti konkureerima kunsti-
siid, mida valmistatakse mitmesuguste keemiliste vahenditega sitkeks ning venivaks muudetud tselluloosist.

Paber. Tänapäeva kultuurelu pole mõeldav ilma paberita ja sellele kirjutatud või trükitud sõnata, ilma postita ja telegraafita, ajalehtedeta, ajakirjadeta, igasuguseks otstarbeks trükitud raamatuteta. Paberit valmistatakse puidust, taimevartest ja tema olulisemaks osaks on tselluloos. Parempaber, nagu pärgament, on peaaegu puhas tselluloos. Lihtpaber sisaldab tselluloosi kõrval teisi kõrvalaineid (ligniini), kuna sile kriitpaber, millele trükitakse peamiselt pilte, sisaldab rohkesti lupja.

Värvained. Vanaaegsed värvained olid enamikus pärit taimeriigist, peale idamaise kuulsa purpuri, mida saadi tigudest. Nii kasustasid ka meie esivanemad riiete värvimisel: maranapuna (saadi tedremarana juurtest), naistepuna (naistepuna õienuppudest), kanarbikurohelist, kaselehekollast, kollase karikakra kollast jt. Ülemaailmse kuulsusega olid omaaegsed indigosinine ja krapp-punane, mida samuti saadi taimedest. Tänapäev on need värvained muutunud odavaiks ja kõigile kättesaadavaiks, sest neid valmistatakse keemilisel teel algelementidest. Üldise lugupidamise on viimasel ajal võitnud tõrvvärvid nii oma toonide puhtuse kui ka valguse- ja pesukindluse poolest. Tõrvvärve saadakse kivisöetõrvast. Neid värve tuntakse tänapäev 2000 ümber ja nende hulgas on suurema väärtusega ani-

liin- ja indantreenvärvid. Keemiliselt koostiselt kuuluvad nad tsükliliste süsinikuühendite hulka. Odav ning hea värv on tänapäev üheks tähtsamaks puuvillriide edu ning leviku põhjuseks.

Ka toiteainete värvimiseks kasustatakse inimorganismile kahjutuid taimevärve, nagu safrani kollast ja kepproosi punast.

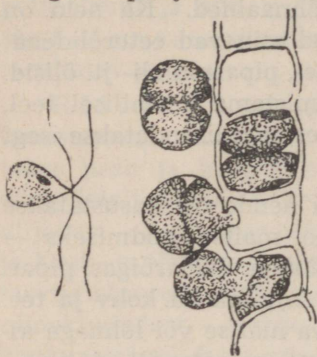
Lõhnaained. Samuti kui värvained on inimesi vanast ajast saadik meelitanud mitmesugused lõhnaained. Ka neid on saadud taimedest, peamiselt õitest, kus nad esinevad eeterõlidena; nii kasustati ammu roosi-, nelgi-, kannikese-, piparmündi- jt. õlised. Uuemal ajal on hakatud lõhnaaineid valmistama keemilisel teel, mispärast nad on muutunud nii odavaiks, et neid lisandatakse isegi üsna odavatele seepidele.

Maitseained. Paljusid taimi või nende osi kasustatakse mitte toiduks, vaid toitudele ja jookidele maitse andmiseks — maitseainetena. Siia kuuluvad: humal, köömen, mädarõigas, pipar, sinep, teekummel, till, vorstirohi (majoraan), aga ka kohv ja tee. Mainitud taimede osad sisaldavad meeldiva maitse või lõhnaga aineid, mis toitude ja jookide juures mõjuvad isuäratavalt ning seedimist soodustavalt, kui nende tarvitamisega ei liialdata.

Ravimid. Vanemal ajal õppis inimene taimi tundma peamiselt sel määral, kuivõrra ta neid suutis kasutada toiduks või ravimite valmistamiseks. Seepärast olid omaaegsed arstid, nõiad ja soolapuhujad esimesteks taimeteadlasteks, kes püüdsid õppida tunda mitmesuguste taimede mõju inimorganismisse haiguste puhul. Ka meie vanad rahvapärased taimede nimed, nagu kopsurohi, kuu-tõverohi, paiseleht, seljarohe, silmarohi, soolikarohi, verihein, verehurmarohi, voolmerohi, koerapöörirohi, veiste südamerohi, sealõuarohe, üheksavägilane jt. näitavad, et meie esivanemadki on kasustanud taimi mitmesuguste tõbede ravimisel. Mitmed taimedest saadud ravivahendid, mida tänapäevgi kasustatakse, on ülemaailmse tähtsusega, nagu oopium (magunates), kokaiin (kokaiinipõõsas), kiniin (*Cinchona's*), hüdrastiin (*Hydrastis canadensis'es*), atropiin (karumustikas), kofeiin (kohvipuu) jt. Need on enamasti mürkained, mis aga arsti käes mõjuvad valuvaigistavalt (oopium), operatsioonide ja haiguste puhul veresooni koondavalt (kokaiin, hüdrastiin), palavikku vähendavalt (kiniin) jne.

Varemal ajal saadi peaaegu kõik ravimid taimedest; nüüd, mil on tundma õpitud vastavate ravimainete keemilised koostised, valmistatakse neid ka keemilisel teel algelementidest.

Parkained. Paljud taimed sisaldavad parkainet ehk tanniini; see mõjub valkainetesse tihendavalt ja konservivalt. Seejärel kasustatakse parkainet nahkade parkimisel, mis teel toores nahk omandab tiheduse, painduvuse ja vastupidavuse niiskusele ja mädanemisele. Parkaine saamiseks kasustatakse meil peamiselt paju-, tamme- ja kuusekoort, mujal aga ka mitmesuguseid lehtedel tekkivaid „sapiõunu“. Tanniini sisaldavad ka teepõõsa lehed ning see põhjustabki tee pruunika värvuse ja kibeda maitse.



Joon. 62. Niitvetika ulootriksi viburitega varustatud rändeos (vasemal).

Vaik. Okaspuude vaigukäigud sisaldavad vaiku. Vaik kaitseb neid puid pisikute vastu, sest ta hoiab puusse tekkinud haavad puhtad. Peale selle vaik takistab okaspuude puidu mädanemist, misjärel neid puid kasustataksegi hoonete ehitamiseks, puust sildadeks jm. Okaspuude kuivdestillatsioonil muutub vaik kampoliiks ja tärpentinioliiks. Kampolit kasustatakse seebikeetmisel, paberi ja kirjalaki valmistamisel, tärpentinioli aga kui head lahustajat lakkide valmistamisel.

11. Taimede tundlikkus ja liikumine.

Taimed on enamasti kinnitatud juurtega maa külge ega või vabalt liikuda. See ei tähenda aga sugugi, et taimeriigis liikumisvõimalused üldse puuduvad. Ligemal vaatlusel selgub, et siin võib kindlaks teha väga mitmekesiseid liikumisviise.

Üldiselt võib eristada taimede juures järgmisi liikumisvorme:

1. Vabad ehk autonoomsed liikumised. Need on tingitud mitte välisärritustest, vaid taimede või taimerakkude seesmisest liikumistarbest. Vaba liikumine esineb rakuplasmas, nagu nägime eespool; vees võivad vabalt liikuda bakterid ja paljude vee- ja taimede rändeosad ehk zoosporid (näit. niitvetikal, ulootriksil jt.), aga ka vetikate, sammalde ja sõnajalaliste isas-sugurakud — gameetid ja spermatozoidid.

2. Välisärritustest tingitud kindlakujulised liigutused. Need näeme paljude taimede juures. Kui puudutame häbeliku mimoosi (*Mimosa pudica*) lehte, siis tõmbuvad tema üksik-lehekesed üksteise järel kiiresti kokku ja terve liitleht langeb

longu. Siin on ükskõik, mis suunas või millise asjaga meie lehte puudutame: tulemus on ikka üks ja sama ning oleneb vaid puudutuse tugevusest. Pärast ärrituse möödumist leht toibub ja ajab enese jälle sirgu. (Samuti reageerivad puutumisele kukerpuu (*Berberis vulgaris*) õie tolmukad, kollase rändrassi (*Nonnea lutea*) emaka suudmelapid, kärbsepüünise (*Dionaea muscipula*) lehehõlmad jt.) Ka paljude liblikõieliste ja teiste taimede liitlehtede osakeste nn. „õine seisak“, mis avaldub lehekeste lõdvas, peaaegu püstloodses allalangemises õhtul pimedatulekuga, kuulub sellesse liigutusterühma, samuti kui mitmesuguste taimeliikide õite avanemine ja sulgumine hommikuti ja õhtuti või vihma eel — valgusest ja niiskusest põhjustatud ärritusil. Toodud juhtudel välisärritused mõjuvad rakuplasmasse lehevarre või õie katelehtede alusosade rakkudes nii, et tema vee läbilaskvus muutub ning seega langeb sisemine rakkude pingeline — turgor, mille tagajärjel lehed langevadki longu.

3. Kasvuliikumised välisärrituse suunas ehk tropismid.

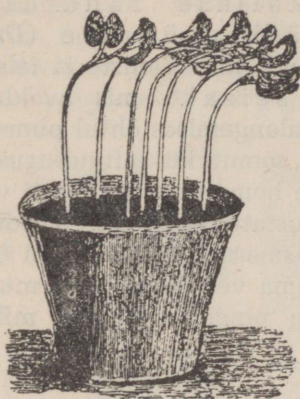
Need liikumised on seoses taime kasvuga ja neid võime märgata kasvavate taimeosade juures.

a) **Kasvuliikumine raskustungi suunas ehk geotropism.** Selle nähtusega tutvusime ühe eelmise idandamiskatsa juures (vt. lk. 30), kus nägime, et idandi juur kasvas raskustungi mõjul otse püstloodis alla mullasse, vars aga sellele vastupidises suunas üles — valguse poole. Kui asetame idandi juure ükskõik missugusesse suunda, alati ta pöördub edasikasvamisel otse alla. Kuid selliselt raskuse mõjul ärritav on vaid idandi peajuur, mis areneb edasi taime peajuureks: ainult need kasvavad püstloodis otse alla. Nendest tekkinud külguured kasvavad aga viltu — ühel taimeliigil suurema, teisel vähema nurga all (vt. joon. 29). Ka juurekarvakesed pole tundlikud raskustungile ja kasvavad igas suunas juurte ümber.

Taime peajuur, mis kasvab raskustungi suunas, reageerib raskustungile positiivselt ehk on positiivselt geotroopilise ärritatavusega. Seevastu peavars, mis kasvab otse vastassuunas, on negatiivselt geotroopilise ärritatavusega. Tüve külgharud samuti kui külguured ei allu raskustungi ärritusele. Tähelepanev on ka see, et maa-alused varred ehk juurikad kasvavad ristloodis ja samuti pole geotroopiliselt ärritatavad.

b) Kasvuliikumine valguse suunas ehk fototropism.

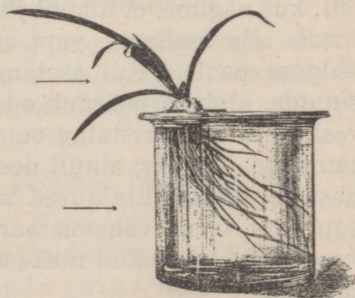
Katse. Külvame potti mõninga taime (näit. kapsa, rukki, kaera) seemneid ja asetame nad ühes potiga idanema kuhugi



Joon. 63. Idandite kõveraks kasvamine valguse mõjul.

täiesti pimedasse kohta, kõige parem mõne valguskindla kupli alla või pimedasse kasti. Umbes 3 päeva pärast, mil idandid on 2—3 cm pikkuksed ja sirgelt püsti üles kasvanud, paigutame poti ühes idanditega avaramasse valguskindlasse kasti, mille ühes küljes on umbes $2,5 \times 2,5$ cm ava. Asetame katsekasti avaküljega akna poole (või vastu tugevat elektripirni) vastu valgust. Umbes 24 tunni pärast kasti avades märkame, et kõik idandid on kooldunud oma tippudega kasti ava, s. o. valguse poole. Katsest näeme, et taimevars kasvab valguseärrituse suunas ja on positiivse fototroopilise ärritatavusega.

Et päike päeva jooksul valgustab taime mitmest küljest ja peaaegu ümberringi, siis tüved kasvavad üles püstloodis, just nagu paistaks valgus otse ülalt. Nii püstloodis sunnib tüve kasvama aga ka tema negatiivne suhtumine raskustungisse. Kui taimed saavad valgust ainult ühelt küljelt (näit. aknal kasvavad taimed), siis koolduvad nad valguse poole. Seda kooldumist selektatakse järgmiselt: nagu eespool kuulsime, poolduvad pimedas rakud rohkem ja taimed kasvavad kiiremini, kuna valgus kasvu tagasi hoiab. Seega ka valgusepoolne külg taime varrest kasvab aeglasemalt kui vastaspoolne varre külg. Ja nii tekibki varre kõverdumine valguse poole.



Joon. 64. Taime vars lehtedega kooldub valguse poole, juured aga valgusest eemale.

Katse. Asetame mõne taime seemiku (näit. sinepi või kapsa) vesikultuuri purki ja paigutame selle valguskindla kupli alla, millel on ühel küljel umbes 1 cm laiune pilu. Keerame kupli piluga valguse poole. 24—48 tunni järel idandit vaadates leiame, et tema

varretipp on kooldunud valguse poole, juuretipud aga valgusest eemale. Katsest näeme, et idandi vars on positiivselt, idandi juured aga negatiivselt valgusest ärritatavad. Positiivselt valgusest ärritatavad on ka rootsudega taimelised, mis pööravad endid nii, et valgusekiired satuksid lehelabale võimalikult otse. Erandiks on mõned rootsutud lehed, millel laba pööramine võimatu, ja mõned nn. kompasstaimed, nagu eukalüptus (*Eucalyptus amygdalina*) ja metsik salat (*Lactuca scariola*), mille lehed asetsevad serviti põhja — lõuna suunas.

c) Kasvuliikumine niiskuse suunas ehk hüdrotropism.

Katse. Võtame väikese puhta lillepoti, suleme tema põhja-augu vahaga ja köidame niidiga välisseina külge mõned herne- või oaidandid, nii et nende juured poleks surutud vastu potti. Täidame poti poolest saadik veega ja keerame ta põhja-servale umbes 45° all viltu, aga nii, et idandite juured püstloodis alla kasvades eemalduksid poti küljest. Asetame poti ühes idanditega pimedasse ja sooja, kuid mitte liiga kuiva kohta. 1—2 päeva pärast märkame, et kõik idandite juured on kasvanud kõveraks potiseina poole ja on surunud end selle vastu, mitte aga edasi kasvanud püstloodis alla. Miks? Läbi poorilise potiseina ulatub niiskus poti välisseinani: juured ongi kasvanud niiskuse ärritusel sinna poole. Seega taimede juured ärrituvad niiskuse mõjul positiivselt, s. o. kasvavad niiskuse poole. Hüdrotroopilise ärritatavuse mõjul taimede juured suunduvad mullas alati niiskuse poole ja „otsivad“ mullas niiskemaid kohti.

Samasse 3-sse ärritatavuse rühma kuuluvad veel: d) liikumiskasv keemiliste vahendite ärrituse suunas (+ ja — kemotropism), millele reageerivad juured; e) liikumiskasv soojuseärrituse suunas (+ ja — termotropism), millele reageerivad juured ja varred; g) liikumine ehk pöördumine puuteärrituse mõjul (+ ja — tigmotropism), millele alluvad väänkasvude köitrad, näit. hernel, koeranaeril, viinapuul jt. (vt. joon. 54).

Kõik ülaltoodud ärritusliikumised tulevad toime elusplasma kaudu. Peale selle esineb rida mehaanilisi liikumisi surnud kudedes, nagu viljakaunade, kötrade, kuparde, kukurviljade jt. lõhkumine, keerdumine ja selle tagajärjel seemnete väljapaiskumine. Siin mitmesuguse ehitusega surnud koed kuivades tõmbuvad ebaühtlaselt kokku või jälle paisuvad niiskuse mõjul.

12. Taimede paljunemine.

Taimed, samuti kui kõik elusorganismid, omavad tungi hoolitseda järglaste eest, et vanemate surmaga ei häviks liik. Nad paljunevad. Taimede paljunemine toimub kahel viisil: a) sugutul ehk vegetatiivsel ja b) sugulisel ehk generatiivsel teel. Sugutul paljunemisel uued taimed arenevad emataime kehaosadest, sugulisel paljunemisel aga sugurakkudest.

Vegetatiivne paljunemine. a) Lihtsam juht vegetatiivsel paljunemisel on see, kus taimest juhuslikult eraldatud kehaosa taastekkimise ehk regeneratsiooni mõjul muutub emataimega sarnaseks ja eluvõimeliseks. Nii katkikistud seeneniit või kiud-

vetikas ei sure, vaid iga osa areneb iseseisva taimena edasi; mahamurtud ja mullasse tallatud puuks areneb mõnel juhul edasi puuks; purukistud orasheinajuurika tükkidest kasvavad uued orasheinad jne.

b) Keerukamal juhul uued taimed võivad areneda ainult emataime eriosadest või



Joon. 65. Hammasjuure varre pungad (br).



Joon. 66. Halitusseene eosed (c).

elunditest. Alamatel taimedel vegetatiivne paljunemine toimub eostega. Mõningatel vetikatel ja seentel on eosed varustatud viburitega, millede abil nad võivad vabalt liikuda; need on rändeosed ehk zoosporid (nuivetikal, ulootriksil (vt. joon. 62), vees elutsevail mädarikseentel (*Saprolegnia*) jt. Tavalised eosed on viburiteta ning neid levitab tuul.

Kõrgemad taimed paljunevad vegetatiivselt:

- 1) maapealsete võsunditega (maasikas, hanejalg, lillakas);
- 2) maa-aluste võsunditega (orashein, osi, liivtarn);
- 3) juurikate abil (piibeleht, võsaülane, kaisel, pilliroog);
- 4) varremugulatega (kartul);

- 5) varrepungadega (hammasjuur, kirju- ja pungliilia);
- 6) juuremugulatega (daalia, kanakoole, pojeng);
- 7) sibulatega (laugud, sibulad, tulbid, nartsissid);
- 8) lehepungadega (jüirilill, leesputk, mitmed sõnjalad).

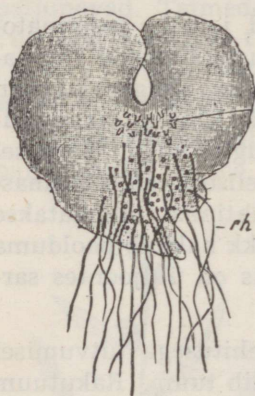
Suguline paljunemine. Siin on tegevad isas- (spermatozoidid, seemnerakud, tolmutterad) ja emassugurakud (munarakud), mis valmivad vastavates suguelundites. Sugurakud on üksikult pooldumis- ja edasiarenemisvõimetud. Elujõuliseks muutmiseks peab isassugurakk liituma emassugurakuga: viimasel juhul muutub elujõuliseks ja arenemisvõimeliseks ainult emas-sugurakk, s. o. munarakk. Sugurakkude ühtimist nimetatakse sugutamiseks. Peale sugutumist munarakk hakkab poolduma ja temast areneb uus taim, uus organism, mis on üldjoontes sarnane emataimega.

Sugurakkude valmimine. Eespool raku ehitusega tutvumisel nägime, et raku elutegevust ja pooldumist juhib tuum. Rakutuum koosneb kromatiinist ja akromatiinist. Kromatiin rakutuuma pooldumisel kujuneb niiditaoliseks ning tükeldub igal taime- või loomaliigil alati kindlaks arvuks kromosoomideks. Kromosoomide arv rakutuumas on seega üks tähtsamaid sisemisi liigi tunnuseid. Kromosoomid kannavad peale selle endas iga liigi päritavaid tunnuseid ja omadusi, mistõttu nende tähtsus on eriti suur sugurakkude juures, sest siin oleneb nendest uue kujuneva organismi välimine ja sisemine ilme. Iseloomulikumaks nähtuseks sugurakkude kujunemisel on aga see, et nendes enne valmimist kromosoomide arv väheneb (taandub) poole võrra. Kui näit. mõne taime harilikku rakutuuma kromosoomide arv on 12, siis sama taime sugurakkude tuumade kromosoomide arv on 6. Sugurakud on seega tuuma tähtsaima aine — kromatiini — poolest poole väärtusega ja seetõttu ka edasiarenemisvõimetud.

Sugutumise tähtsus seisab esijoones selles, et siin kahe suguraku ühtimisel munaraku tuum omandab jälle normaalvarvu kromosoome: munarakk muutub sugutumisel täisväärtuslikuks, elujõuliseks ning pooldumisvõimeliseks.

Kui sugurakkude kromosoomide arv oleks enne sugutumist normaalne, siis sugutumisel see peaks muutuma kahekordseks, järgmise põlvkonna sugutumisel 4-kordseks, kolmandal põlvkonnal — 8-kordseks jne. Sellise kromosoomide arvu suurenemisega peaksid tekkima iga sugutumise järel hoopis uued organismid ning järglased ei saaks kunagi olla sarnased vanematega. Liikide

püsivusest ei saaks sel juhul taime- ega loomariigis olla juttugi. Sugurakkude tuumade kromosoomide arvu vähenemine osutub seega organismide arengul liikide alalhoiu mõttes väga tarviliseks.



Joon. 67. Maarjasõnaja eelleht arhegoonidega (ülal), anteriididega (all ritsoidide vahel) ja juuretaoliste ritsoididega (rh).

Edasi iga suguraku tuum kannab endas iga liigi omapäraseid päritavaid tunnuseid ja omadusi. Liitumisel isassuguraku tuumaga munaraku tuum saab juurde uusi isasraku omadusi, uut jõudu, värskeneb ning uuendub teataval määral. Kui ühel vanemaist on mõningaid organismi elus tähtsaid omadusi või tunnuseid, siis sugutumisel need omadused võivad kanduda edasi järglasile. Looduses selline nii heade kui ka halbade omaduste edasiandmine toimub juhuslikult ja tulemused võivad olla seetõttu mitmesugused (koguni halvadki). Inimese tahtel on võimalik heade omadustega sugupoolte (vanemate) valikuga toimetada nii taimede kui loomade juures sordi- ja tõu- parandust, mis ongi tänapäeva kultuurpõllumajanduses üks tähtsamaid ülesandeid.

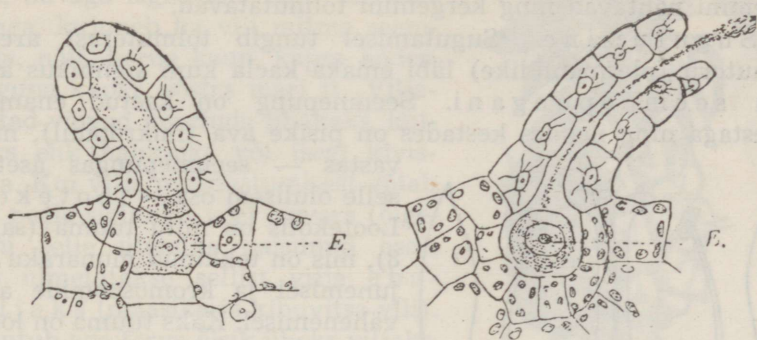
Eostaimede suguline paljunemine. Eos-

taimedel on kaks põlve: eospõlv ja sugupõlv. Eospõlv kannab eoseid, mis moodustuvad eospesades; selle põlve rakkudes on täis arv kromosoomide rakutuumades. Eostest areneb eelleht (sõnajalalistel, osjadel) või eelniit (sammaldel). Eellehe rakkude tuumad sisaldavad kõigest poole arvu eospõlve rakutuumade kromosoomidest. Eellehel tekivad suguorganid — anteriidid ja arhegoonid, mis pärast seda põlve tuleb pidada suguliseks põlveks. Anteriidis valmib hulk viburitega varustatud isassugurakke — spermatozoidid, mis võivad vees ja vedelikes vabalt liikuda. Arhegoonis tekib üks ainus munarakk. Sugurakkude ühtimine, s. o. sugutumine toimub eostaimedel veetilgas, kusjuures spermatozoidid tungivad arhegooni avatud kaelakanali kaudu munaraku juurde. Spermatozoidide sellesuunalist liikumist



Joon. 68. Maarjasõnajala anteriidid vabalt liikuvate spermatozoididega.

põhjustab keemiline ärritaja — õunahape, mida leidub munaraku ümber. Sugutumisel ühtib üks ainus spermatozoid munarakuga. Pärast sugutumist areneb munarakust vastav eostaim (eospõlv), millel tekivad eosed. Sammadel on eospõlveks ainult eoskupa selle varrega, kuna eelniit ja roheline sammal moodustavad sugu põlve.



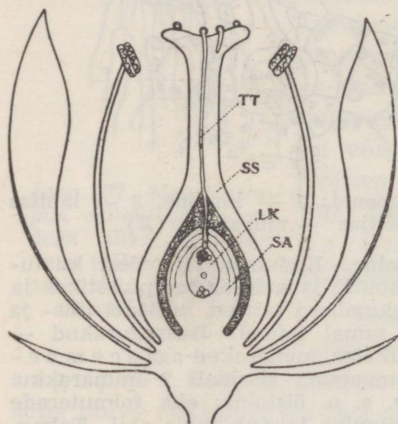
Joon. 69. Maarjasõnajala arhegoonid: 1 — kinnine, 2 — lahtise kaelakanaliga, mille põhjas — munarakk (E).

Paljasseemneliste suguline paljunemine. Kodumaa taimedest kuuluvad paljasseemneliste taimede hulka okaspuud ja mõningates puistikes ja aedades kasvatatav ginkgo. Need on ühekojalised taimed, millel isas- ja emassuguelundid asetsevad lahus, kuid samal taimel. Isassugurakud — tolmutterad — arenevad isasõite tolmukates, munarakud aga seemnepungades, emasõites. Iga üksik seemnepung sisaldab 2 munarakku. Sugutumise eel käib siin tolmumine, s. o. õistolmu ehk tolmutterade ülekandumine isasõitelt emasõitele. Tolmumine toimub tuule abil. Tolmuttera, sattunud emasõie lahtisele seemnepungale, hakkab kasvama: tema kestad väljub peenike rakuplastmast niidike — tolmutoru. Ginkgo tolmutorus on 2 viburitega varustatud ja vabalt liikuvat spermatozoidi, okaspuude tolmutorus aga 2 rakutuuma, millel puudub vaba liikumisvõime. Tolmutoru nii ühel kui teisel juhul tungib läbi seemnepunga koe kuni selles asetseva lootekotini, milles leidub munarakk; siin nii liikuv spermatozoid kui ka tolmutoru tuum ühtivad munaraku tuumaga; seega on toimunud sugutumine. Tähelepanev on paljasseemneliste sugutumisel, et tolmumise ja sugutumise vahe võib olla kaunis pikk: kulub hulk aega, kuni tolmuttera hakkab „kasvama“ ja kuni tolmutoru läbib seemnepunga koe ja jõuab lootekotini. Seemnepungast ühes sugutatud munarakuga areneb siin seeme, paljurakuline ja kestaga kaetud elund. Et seeme asub paljana, katmatult viljasoomuse all, siis nimetataksegi kõiki sellise seemnetekkega taimi paljasseemnelisteks. Seemned asetsevad okaspuudel soomustest koosnevas viljas — käbis.

Õistaimede suguline paljunemine. Õistaimedel on suguelundid peidetud õitesse: isassuguelundid on tolmukad, emassuguelundid — emakad. Tolmukates valmivad isassugurakud — tolmutterad, emakates — seemnepungad munarakkudega. Iga tolmuka tolmukotis on hulk õistolmu ehk tolmuteri, emaka sigimikus võib seemnepungi olla üks või rohkem.

Õite tolmumine, s. o. õistolmu ülekandmine tolmukottidest emaka suudmele toimub alamatel õistaimedel tuule abil, kõrgematel aga peamiselt putukate abil. Putukaid meelitavad õitele mesineste, õite lõhn ja krooni värvus. Väiksemad õied on koondunud enamasti õisikuiks, mis asjaolu pakub mõningaid soodustusi tolmumisel: õied on siin ligistikku, eemalt paremini nähtavad ning kergemini tolmutatavad.

Sugutumine. Sugutamisel tungib tolmuterast arenev tolmutoru (plasmaniidike) läbi emaka kaela kuni sigimikus asetseva seemnepungani. Seemnepung on kaetud enamasti 2 kestaga ning nendes kestades on pisike ava (mikropüül), mille



Joon. 70. Pikilõik läbi õie emaka: SS — sigimiku sein; SA — seemnepung, milles asetseb lootekott (LK) ühes muna- ja teiste raku-tuumadega; TT — tolmutoru.

vastas — seemnepungas asetseb selle olulisem osa — lootekott. Lootekotis on mitu tuuma (sageli 8), mis on tekkinud munaraku kujunemisel ja kromosoomide arvu vähenemisel. Kaks tuuma on lootekoti keskel juba varemini (enne tegelikku sugutumist) liitunud; ülemise lootekoti otsas — mikropüüli vastas — asetseb munaraku tuum kahe kõrvaltuumaga.

Sugutumine toimub järgmiselt: tolmutoru ühes kahe tuumaga (milles kummaski kromosoomide arv on pool normaalarvust) tungib läbi seemnepunga kestades leiduva ava lootekotti; siin üks tolmutoru tuum liitub munaraku tuumaga, teine aga loote-

koti kesktuumaga. Seega on õistaimede sugutumine kahekordne. Sugutatud munaraku tuumast areneb seemne idu, sugutatud lootekoti tuumast — seemne toitekude (teised lootekoti tuumad kulutatakse kudede kasvamisel toiduks); kogu seemnepungast aga moodustub seeme, kusjuures seemnepunga kestadest arenevad seemnekestad. Mikropüül jääb enamikul seemnetest püsima ka seemnekestades seemnepiluna, näit. aedoal, hernel, ja selle kaudu pääseb vesi idanemisel seemnesse. Paljude taimede seemnetel on aga seemnepilu suletud mõne aine või koega, ning sellised seemned ei hakka enne idanema, kuni nende kestad on mädanemisel rikutud.

Vili. Igast sigimiku seemnepungast areneb pärast sugutumist

seeme, emaka sigimikust aga vili, kusjuures sigimiku seintest teki-
vad viljakestad. Sigimiku sein on enamasti kolmekordne, nii
võib ka viljakestas eristada kolme
kihti. Kui sigimikus on ainult üks
seemnepung, siis tekib üheseemnene
vili, näit. pähkel, tammetõru, ploomi
vili; on aga sigimikus mitu seemne-
punga, kujuneb ka vili mitme seem-
nega, näit. herne kaun, kapsa kõder,
maguna kupar, sõstra mari jt. Vilja-
kestad võivad muutuda lihakaks, kui-
vaks ehk nahkseks või isegi kivis-
tuda. Kui vilja moodustumisest võtab
osa peale sigimiku veel õievars (õige-
mini selle ülemine paisunud osa),
siis nimetatakse sellist vilja eba-
viljaks (maasika ja kibuvitsa vili).
Muutub aga terve õisik üheks viljaks,
siis on see liitvili (näit. ananasel).

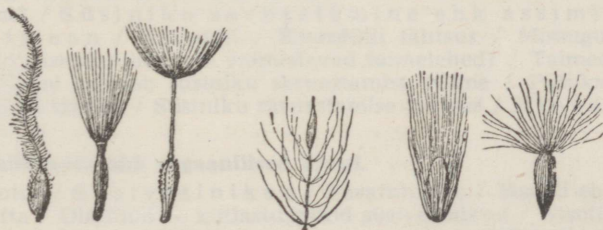


Joon. 71. Ananase liitvili.

Viljade kohta pakub ülevaadet
järgmine tabel:

	Kuivad viljad	Lihakad viljad
Üheseemnesed	pähkel, tõru, kastani vili	kirsi ja ploomi luuviljad
Paljuseemnesed	kukurvili, kaun, kõder, kupar	marjad, õunad

Viljade levimine. Viljade levitamine toimub looduslikkude
jõudude (tuule ja vee), loomade, lindude, putukate ja inimeste
kaasabil.



Joon. 72. Karvakestega varustatud viljad, mida levitab tuul.

Tuulest kantakse laiali tiivulised ja karvadega kaetud viljad ja seemned, nagu kuuse ja männi seemned, vahtra, saare, võilille, pajulille jt. viljad.

Vesi levitab ojade, jõgede ja järvede, aga ka merede ääres kui ka vees kasvavate taimede vilju ja seemneid.

Loomade karvade külge jäävad kinni kisude ja konksudega

varustatud viljad ning kantakse edasi, näit. takja, rassi, ruskme jt. viljad.



Joon. 73. Konksude ja kisudega viljad, mida levitavad loomad.

Linnud levitavad luuviljaliste ja marjade seemneid, mis enamasti seedimatult nende kehast läbi lähevad, aga ka limaseid

veetaimede (vesiroosi) seemneid, mis kleepuvad nende keha külge.

Inimene levitab teadlikult kultuurtaimede seemneid, ühes sellega tahtmatult aga ka umbrohu seemneid. Ka igasugused moodsed veovahendid võivad levitada mitmesuguseid seemneid: laevad, rongid, lennukid, autod ja omnibused kannavad taime vilju ja seemneid kaugele võõrastesse maadesse. Seepärast leidubki sadamate ja jaamade piirkonnas ning raudteedel sageli kasvamas võõra-
maa taimi.

Sisukord.

	Lk.
Saateks	3—4
1. Taimerakk.	
Mikroskoop / Taimeraku osised / Rakuplasma / Raku- tuum / Rakukest / Rakumahl / Rakkude siserõhe ehk turgor / Rakkude paljunemine / Rakkude areng . . .	5—18
2. Taime koed.	
Kudede mõiste / Loovkude / Püsivkude	18—20
3. Seeme ja tema idanemine.	
Õis- ja eostaimed / Seemnete ehitus / Idanemise tingi- mused / Seemnete idanemine / Idandite areng / Taimede arenemine ja kasvamine	20—31
4. Taime keemiline koostis.	
Vesi / Kuivaine / Süsinik / Mineraalsoolad ja algained (elemendid)	32—34
5. Vesikultuurid.	
Milliseid algaineid vajab taim? / Milleks vajab taim mit- mesuguseid algaineid?	34—38
6. Kultuurtaimede väetamine.	
Maaväsimus / Maaväetamine / Väetisained / Toitesoolade miinimumiseadus / Plasmolüüs / Mulla omaduste paran- damine	38—42
7. Juurte ehitus ja tegevus.	
Juurte tegevus / Juurte hingamine / Juurekarvakeste tähtsus / Juure teisi ülesandeid / Mügarbakterid ja müko- riisa / Parasiit- ja poolparasiittaimed	43—48
8. Lehtede ehitus ja tegevus.	
Vee aurumine lehtedest / Kuidas avanevad ja sulguvad õhulõhed / Mis tähtsus on vee aurumisel lehte- dest? / Süsiniku sarnastamine ehk assimi- latsioon / Klorofüll / Klorofüllü tähtsus / Missugu- seid süsinikuühendeid valmistavad taimelehed? / Taimed, milledel puudub süsiniku sarnastamise võime / Putuka- sööjad taimed / Süsiniku sarnastamise tähtsus / Hinga- mine	48—61
9. Süsinikuühendid ehk orgaanilised ained.	
Jaotus / Süsivesinikud / Parafiinirida / Maaõli ehk nafta / Olefiinid — küllastumatud süsivesinikud / Atsetü- leen / Süsivesinikkude asendusproduktid / Alkoholid / Käärimine / Eetrid / Estrid / Alkoholide hapendumis-	

produktid: a) aldehüüdid, b) ketoonid, c) rasvahapped /
 Rasvahapete soolad — seep / Mitmeväärsed alkoholid /
 Seebikeetmine / Mitmealuselised happed / Süsivesi-
 kud / Suhkrud / Tärklis / Inuliin / Glükogeen / Tsellu-
 loos / Valgud / Valkude jaotus / Amiinhapped /
 Seedimine

61—81

10. Varre ehitus ja tegevus.

Varre ülesandeid / Varre ulatus / Varre tugevus ja iga /
 Püstised, lamavad ja ronijad varred / Varre siseehitus
 üheidulehistel, kaheidulehistel, okaspuudel ja lehtpuu-
 udel / Varre jämedakaskasvamine / Milliste jõudude mõjul
 liiguvad mahlad taimede vartes / Rõngastamine / Varre
 teisi ülesandeid / Milleks tarvitab inimene
 taimevart ja selle tooteid: Hoonete ehitus- ja
 sisustusmaterjal — Kütteained — Rõivad — Paber —
 Värvained — Lõhnaained — Maitseained — Ravimid —
 Parkained — Vaik

81—94

11. Taimede tundlikkus ja liikumine.

Vabad ehk autonoomsed liikumised / Välisärritustest tin-
 gitud kindlakujulised liigutused / Kasvuliikumised välis-
 ärrituste suunas ehk tropismid: Geotropism — Foto-
 tropism — Hüdrotropism — Teised tropismid

94—97

12. Taimede paljunemine.

Vegetatiivne paljunemine / Suguline paljunemine / Sugu-
 rakkude valmimine / Sugutumise tähtsus / Eostaimede
 suguline paljunemine / Paljasseemneliste suguline paljune-
 mine / Õistaimede suguline paljunemine / Vili / Viljade
 levimine

98—104