

Dr. phil. nat. J. Port

Taimeanatoomia
ja
füsioloogia
õppeaamant

Gümnaasiumi IV klassile

Tartu Eesti Kirjastus

DR. PHIL. NAT. J. P O R T

TAIMEANATOOMIA

JA

-FÜSIOLOOGIA

ÕPPERAAMAT

GÜMNAASIUMI IV KLASSILE

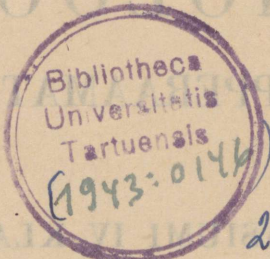
34376



TARTU EESTI KIRJASTUS

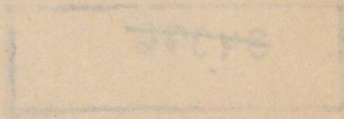
DE PUBL. NAT. U. PORT.

TAIMETAUAS
FÜSIOLOOGIA



2-64078

A-14933
/



Korrektor A. Tigane.

AfV nr. I/0030. Trükiarv: 2600 eks. Paber: ETK paberivabrik, Tallinn; paberi kaust 61x86 cm. Trükk ja brošeerimine: „Noor-Eesti“ trüki- ja köitekoda, Tartu. Ilmunud juulis 1943. Hind: Rmk. 2.75.

SISUKORD.

	Lk.
I. Taimed koosnevad rakkudest. Rakkude ehitus ja elutoimed	5
Taimede erinevus ja ühtsus	5
Taimed koosnevad rakkudest	5
Taimeraku osised	6
Rakuõõs ja rakumahl	9
Rakuplasma — elukandja	10
Rakutuum — päritavate omaduste kandja	12
Rakukest, selle puitumine, korgistumine ja kattumine kutiiniga	15
Rakumahl. Osmootne vee ja lahuste liikumine läbi rakkude; turgor rakkudes	16
Rakkude areng	22
II. Seemnete ehitus ja idanemine	23
Seemnete ehitus	23
Kuipalju on seemnetes mitmesuguseid toiteaineid?	28
Seemnete idanemine	29
Seemnete ettevalmistamine külviks	35
Idandite kasvamine ja arenemine	36
III. Taimede koed ja keemiline koostis	37
Kudede tekkimine	37
Õistaimede kudede liigitamine	38
Taimede keemiline koostis	40
IV. Juur. Vee ja mineraaloolade ammutamine mullast juurte abil	42
Juurte välisehitus	42
Juurte kasvamine	44
Juuere sisehitus	45
Vee ja mineraaloolade vastuvõtmine mullast juurte abil	47
Juurte hingamine	50
Mullabakterid, mügarbakterid ja mükoriisa	51
Missugused ained on taimedele kasvamiseks ja arenemiseks tarvilikud?	54
Milleks kulutavad taimed mitmesuguseid algaineid?	58

Mullastik ja selle tähtsus kultuurtaimede kasvatamisel	60
Mullaomaduste parandamine	61
Mulla tähtsus	62
Mulla väetamine	62
Juurte teisi ülesandeid	65
V. Leht. Transpiratsioon. Süsiniku sarnastamine	66
Lehtede väliskuju	66
Lehe siseehitus	66
Transpiratsioon	68
Õhulõhed, nende ehitus ja tegevus	69
Transpiratsiooni reguleerimine	71
Valguse- ja varjutaimede transpiratsioon	72
Kuupalju kulutavad taimed transpiratsiooni puhul vett?	73
Süsiniku sarnastamine ehk süsiniku assimilatsioon	74
Kloroplastid — süsiniku sarnastamise elundid. Klorofüll ja selle kaaspigmentid	76
Süsiniku sarnastamisel moodustatavad ained	80
Süsiniku sarnastamist mõjustavad tegurid	82
Klorofüllivabad taimed	88
Putuktoidulised taimed	89
Taimelehtede hingamine	90
VI. Vars. Mineraal- ja orgaaniliste toitainete lahuste liikumine	92
Varre ülesanded ja kujud	92
Võrse, selle ehitus, kasvamine ja arenemine	93
Taimevarte mikroskoopiline ehitus	94
Üheiduleheliste taimede varte ehitus	95
Kaheiduleheliste taimede varte ehitus.	97
Lehtpuude tüve ehitus	98
Okaspuude tüve ehitus	101
Tõusev mahlade vool taimedes ja seda põhjustavad jõud „Langev“ vool	102
Varre muutevormid	105
Tooraineid taimeriigist	106
VII. Taimede sigimine	107
Õistaimede suguline sigimine	107
Eostaimede põlvkondade vaheldus	113
Õistaimede suguta ehk vegetatiivne paljunemine	114
VIII. Taimede tundlikkus ja liikumisnähtused taimeriigis	117
IX. Taimede kasvamine ja arenemine	124
Taimede arenemine	127
Taimede arenemist mõjustavad tegurid	128

I. Taimed koosnevad rakkudest. Rakkude ehitus ja elutoimed.

Taimede erinevus ja ühtsus.

Väliselt — õite, viljade, lehtede, varte ja juurte poolest — erinevad taimed üksteisest väga tugevasti. See erinevus paistab silma mitte üksnes eri liikidesse või sugukondadesse kuuluvatel taimedel, vaid ka samasse liiki kuuluvad taimed pole üksteisega päris sarnased. Vaadeldes aga taimede siseehitust, märkame, et erinevused taimede vahel pole kaugeltki nii suured. Võttes abiks mikroskoobi, jõuame taimede pisimate algosisteni — rakkudeni, mis sarnanevad üldjoontes üksteisega sel määral, et pole võimalik vahet teha, missugusele taimele nad peaksid kuuluma. Ja kui ehk rakkude väliskujus esinevad veel lahkuminekid, siis nende elutoimed sarnanevad üksteisega veelgi rohkem. Seega taimede siseehituse ja elunähtuste tundmaõppimine võimaldab saada märksa ühtlasema ja ülevaatlikuma pildi taimeriigist kui nendega väliskuju järgi tutvumine.

Õpetust taimede siseehitusest nimetatakse *t a i m e a n a t o o m i a* k s ning taimede elutegevusest — *t a i m e f ü s i o l o o g i a* k s. Käesolev taimeanatomia ja -füsioloogia õpik tutvustab meid taimede ehitusega ja elutoimetega sel määral, kuivõrra need on tarvilikud teada igal inimesel igapäevases elus esinevate taime elunähtuste mõistmiseks kui ka ratsionaalseks taimede kasvatamiseks.

Taimed koosnevad rakkudest.

V a a t l u s. Võtame hästivalminud tomativilja, lõikame selle noaga pooleks ja vaatleme lõikepinda luubiga. Näeme, et tomati lõikepind pole tasane, vaid sõmerjas. Iga üksik sõmer, mida läbi

luubi võime eraldada, on rakk. Tomativilja rakud on peaaegu ümmargused pisikesed põiekesed.

Paneme veidi muredat tomativilja puhta veega täidetud klaasi, loksutame klaasis vee hästi läbi ning vaatame siis läbi klaasi vastu valgust. Nüüd võime näha vees hõljuvaid punakaid osakesi: need on kas üksikud tomativilja rakud või rakkude kogumikud.

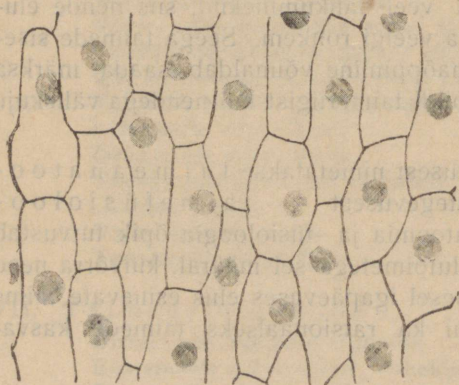
Luubiga on võimalik näha taimerakke veel muredas õunas, kõrvitsavilja siseosas, aed- või toapalsami (*Impatiens*) sõlmede ristilõikudes jm.

Tavaliselt on aga taimerakud nii pisikesed, et neid luubiga näha ei saa ja nende vaatlemiseks tuleb kasutada sellekohast riista — mikroskoopi. Tavalise koolimikroskoobiga on võimalik saada kuni 1000-kordseid suurendusi ning näha sellega kõiki taimekehades esinevaid rakke.

Taimeraku osised.

Vaatlusi mikroskoobiga. a) Võtame söögisibula, lõikame pooleks ja tõmbame noaotsaga selle soomuse pinnalt tükikese õhukest nahka. Asetame mikroskoobi vaatlus-

klaasile tilga destilleeritud vett, paneme sibulasoomuse nahatükikese sinna sisse, katame kateklaasiga ning vaatleme siis saadud preparaati mikroskoobiga. Juba 100-kordse suurendusega näeme, et sibulasoomuse nahk koosneb piklikest ebäühtlase suurusega osakestest — rakkudest, mis moodustavad nagu mingi võrgu. Tumedad jooned selles võrgustikus on rakkudest. Iga rakk on



Joon. 1. Sibula soomusnaha tükike mikroskoobiga vaadatuna.

pisike kehake, mis piiratud ümberringi kestaga, seega ruumiline mõiste: ta omab pikkust, laiust ja paksust ehk sügavust. Õhukesed rakkudest on läbipaistvad; mikroskoobiga vaadeldes

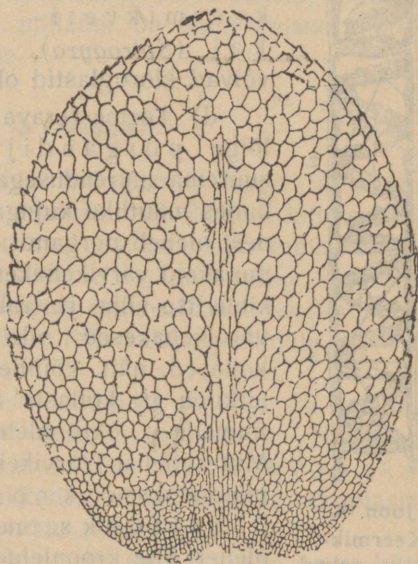
näeme tumedaid, serviti meie ees asetsevaid külgliseinu, mitte aga esi- ja tagaseinu.

b) Lisandame eelmisele preparaadile kateklaasi alla tilgakese nõrka joodilahust piirituses (joodtinktuuri) ja vaatleme pärast seda preparaati mikroskoobiga. Näeme, et rakusisemus on muutunud kollakaks peenesõmeraliseks aineks. See aine on raku alglimi ehk protoplasma, mida viimasel ajal nimetatakse lihtsalt plasmaks. Elusplasma on rakus selge ja läbipaistev; teda pole antud vaatlusviisiga võimalik näha. Joodtinktuur aga surmab plasma, muudab selle ühtlasi sõmeraliseks ning värvib kollaseks.

Selgesti näeme veel igas joodiga värvitud rakus ümmargust pruunikat kehakest — raku tuuma, mis on plasmast tihedam, kuid samuti läbipaistev ja elusrakus raskesti märgatav (joon. 1).

Eelmistest vaatlustest selgub, et sibulasoomuse naharakud koosnevad kestast, plasmast ja tuumast. Samu osiseid võime leida kõikide taimede elusrakkudes. Need on elusa taimeraku peaosised.

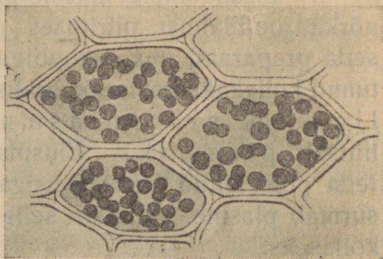
c) Võtame tähtsambla (*Mnium*) üksiku rohelse lehekese ja valmistame sellest preparaadi samal viisil nagu sibulasoomuse nahatükikesest. Vaatleme seda algul umbes 50-kordse suurendusega (joon. 2). Näeme: tähtsambla leht koosneb toredatest rohelistest rakkudest. Vaatleme mõnd lehe-



Joon. 2. Tähtsambla leht mikroskoobiga vaadatuna.

osa nüüd suurema — 200- kuni 300-kordse suurendusega. Näeme igas rakus hulka rohelisi kehakesi ehk kloroplaste (joon. 3). Neid kehakesi hoolikamalt silmitsedes võime leida nende hulgas selliseid, mis on keskelt nagu kokku pigistatud: siin tekivad kaks uut kloroplasti ühest emakloroplastist pooldumise teel. Seega rohelised värvikehakesed tekivad

üksteisest pooldumise teel. Kloroplastidest on lehtede roheline värvus ja neid võime leida iga rohelise taimeosa rakkudes. Õistaimedel on kõige rohkem kloroplaste lehtedes. Neid võime sealt leida ja vaadelda, kui teeme lehtedest terava habemenoga õhukesi lõike ning valmistame nendest mikroskoobi-preparaate. Kõik need rohelised värvikehakesed on enamasti piklikud pütsikesed või ketakesed. Alamatel taimedel, näiteks keermikvetikal (*Spirogyra*),

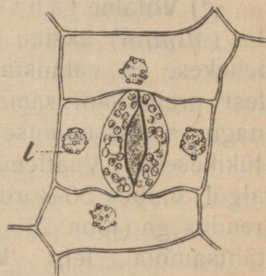


Joon. 3. Tähtsambla lehe rakud tugevama suurendusega vaadatuduna. Rakkudes näha kloroplastid.

võivad kloroplastid olla lindikujulised (joon. 4).

d) Teeme terava habemenoga hästi õhukese lõigu porgandijuurest ja vaatleme seda suurema suurendusega mikroskoobi all. Näeme rakkudes muutliku kujuga oranžikaid kehakesi, milledest on lehtede punane värvus. Samasuguseid punakaid värvikehakesi võime leida veel tomativilja, kibuvitsa-vilja jt. rakkudes. Mõnel juhul võivad värvikehakesed olla veel kollased, näit. võilille, kulterkupu jt. kollaste õitega taimede kroonlehtedes. Mitterohelisi värvikehakesi nimetatakse kromoplastideks; nendest on lehtede ja viljade punane, oranžikas või kollane värvus.

e) Lõikame toataime seebralille (*Zebrina pendula*) alumiselt lillalt lehépinnalt õhukese lõigu habemenoga, teeme preparaadi ja vaatleme seda



Joon. 5. Seebralille mar-rasknaha rakud: näha rakutuomad ja nende ümber pärjana leukoplastid (1). Keskel — õhulõhe.



Joon. 4. Keermikvetika rakud (1—3), mil- ledes näha tähekuju- lised tuomad ja keerdunud lindi kujuli- sed kromo- plastid.

mikroskoobiga umbes 500- kuni 600-kordse suurendusega. Lil-

lakavärvilistes rakkudes näeme värvita rakutuumi ja nende ümber pärjana pisikesi värvita kehakesi; viimaseid nimetatakse l e u k o - p l a s t i d e k s (joon. 5). Kõiki kehakesi, mis esinevad raku- plasmas peale tuuma, nimetatakse p l a s t i i d i d e k s ¹. Värvu- seta plastiidid on leukoplastid, rohelised — kloroplastid, puna- kad ja kollased — kromoplastid. Pimedas kasvanud ja noortes rakkudes leidub ainult leukoplaste, rohelistes taimeosades — kloroplaste, kusjuures viimased tekivad leukoplastidest valguse mõjul. Mõnel juhul võivad kloroplastid muutuda kromoplastideks (punasteks), näit. tomati-, kibuvitsa- jt. viljades nende valmimisel. Kõik plastiidid tekivad pooldumise teel ja paljunevad ainult sel viisil.

Vaatlustest c—e selgub, et rakuosiste hulka kuuluvad peale kesta, plasma ja tuuma veel plastiidid, s. o. värvuseta, rohelised ja punakas-kollased kehakesed, millel on suur tähtsus taimede elus, nagu seda edaspidi näeme.

Rakuõõs ja rakumahl.

Ainult noortes rakkudes täidab rakuplasma kogu rakuruumi. Vanemates elusrakkudes esineb plasma vaid õhukese kihina raku- kesta all. Viimasel juhul võtab suurema osa rakuruumist endale r a k u m a h l, mis koosneb veest ja selles lahustunud sooladest, suhkrust jt. ainetest. Sageli leidub rakumahlas isesugust värv- ainet, mispuhul on kerge värvilise rakumahlaga täidetud õ õ n - s u s t plasmast eraldada.

V a a t l u s. Teeme p u n a s e k a p s a lehepinnast habeme- noaga õhukese lõigu ja vaatleme seda mikroskoobiga. Näeme, et kapsalehe rakud on siin lillad ja et l i l l a v ä r v u s e g a r a k u - m a h l täidab suurema osa rakkuderuumist, surudes rakuplasma vaevalt nähtava õhukese kihina vastu rakukesta.

K a t s e. Rahumahla on punasest kapsast üsna kerge kätte saada. Selleks hõõrume sõrmedega katkikistud (nuga ei või siin tarvitada, sest raud annab rakumahlaga tumedavärvilise sademe, mis katset segab) kapsalehe tükid portselanist uhmris samast ainest nuiaga peeneks, lisandame destilleeritud vett, segame segi ja laseme natuke aega seista. Siis kurname saadud lilla lahuse 3—5

¹ Plastiidid, leukoplastid, kloroplastid ja kromoplastid on kreeka- keelsed sõnad järgmise tähendusega: plastiidid = kehakesed, leuko- plastid = valged kehakesed, kloroplastid = rohelised kehakesed, kromo- plastid = värvikehakesed.

katseklaasi. I katseklaasi lilla lahusega jätame võrdluseks; II klaasi tilgutame lahusesse mõne tilga nõrka hapet: kohe muutub seal lilla värvus — algul roosaks, siis suurema annuse happe mõjul — punaseks. III katseklaasi lisandame nõrka leelislahust: siin muutub lilla värvus siniseks ja hiljemini suurema annuse leelise mõjul kollaseks. IV ja V katseklaasiga võime katset samade tulemustega korrata.

Rakumahas peituvat lillat värvainet nimetatakse antotsüaniiniks (see kreekakeelne sõna tähendab „õiesine“). Katsetest nägime, et see värvaine muutub happe mõjul roosaks või punaseks, leelise mõjul aga siniseks ja kollaseks. Antotsüaniini värvuse muutumisel on suur tähtsus: paljud taimede lehed, eriti õite kroonlehed ja viljad muutuvad selle mõjul värvilisteks sõltuvuses rakumahla reaktsioonist: neutraalses — lillaks, leeliseses — siniseks, happelises — roosaks ja punaseks.

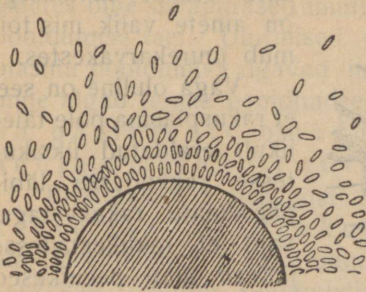
Seniste vaatluste tulemuste kokkuvõte:

Taimerakk	{	1) rakukest	}	(a) rakuplasma	{	leukoplastid
		2) plasma		(b) rakutuum		kloroplastid
		3) rakuõõs rakumahlaga		(c) plastiidid		kromoplastid
				} sisaldab mõnikord antotsüaniini		

Rakuplasma — elukandja.

Pole olemas ainustki elusrakku, milles puuduks plasma. Ja kui plasma rakus sureb, ära kuivab või kaob, siis surevad ka rakud. Seega on rakuplasma olulisim rakuosis. Temas toimuvad raku eluavaldused: toitumine ühes ainetevahetusega, kasvamine, paljunemine, ärrituste vastuvõtmine, nendele reageerimine ja liikumine. Plasma on selge ja läbipaistev (värvuseta) ning vedel või sültjas aine. Keemiliselt koostiselt on ta üks keerukama ehitusega ja koostisega aineid maailmas. Plasma põhiaineks on vesi, milles on hajutatud valgud, rasvataolised ained (lipoidid), mineraal- ja orgaanilised soolad. Mainitud ained on plasmavees enamasti kolloididena hajunud. [Ained võivad vees lahustuda kas molekulideni ja ioonideni (soolad) või siis suuremate osakestena — molekulide kogumikena. Molekulide kogumikke ja eriti suuri molekule, millede läbimõõt on 0,1 kuni 0,001 mikronit (mikron = 0,001 mm), mis püsivad lahustuskeskonnas hõljuvas olekus, nimetatakse kolloidideks.]

Elusplasma kolloidosakesed on kaetud veemolekulidega (joon. 6) ning on laetud negatiivse elektrilaenguga, mis hoiab neid hõljuvas olekus ning takistab üksteisega kokku langemast. Kui aga kolloid-osakesed neutraliseerida, mõjustades neid hapete või raske-metallisooladega, mis omavad ülekaalukalt positiivseid laenguid, või ka vett äravõtvate ainetega, nagu piiritus, atsetoon, siis kolloidosakesed langevad kokku ja plasma tarretub. Samuti tarretub elusplasma ja sureb kõrges kuumuses.



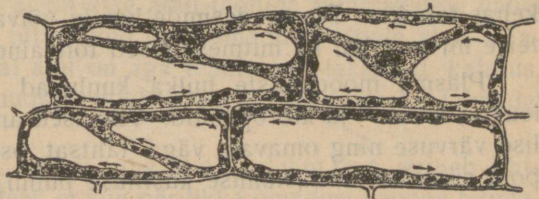
Joon. 6. Veemolekulidega kaetud kolloidosake (vrd. suurusi!).

muutlik ja hõljuv ehitus. Ühtedes rakkudes on plasma liikumine väga aeglane ja tavaliste vaatlusvahenditega vaevalt või mitte

Elusplasma on rakkudes alalises liikumises: seda võimaldab tema kolloidne, kergesti



Joon. 8. Plasma liikumine seebralille tolmukakarvakeste rakkudes; *l* — leukoplastid, *m* — plasmasõmerad.

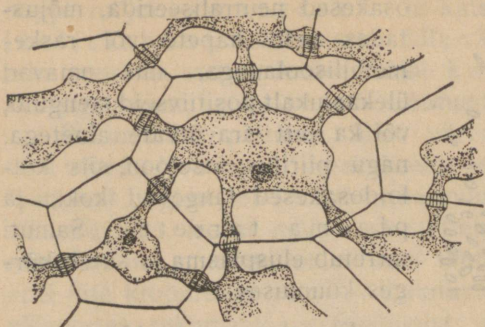


Joon. 7. Plasma liikumine vesikatku lehe rakkudes. Liikumise suund on näidatud nooltega.

sugugi märgatav, teistes aga üsna kiire ja tavalisel mikroskoobiga vaatlemisel hästi nähtav. Nii võib plasma liikumist hästi näha koos kloroplastide edasikandmisega vesikatku (*Helodea*) lehe kesksõone rakkudes (joon. 7), toataime seebralille (*Zebrina*) (joon. 8) ja aedtaime *Tradescantia virginica* lillavärvilistes tolmukate karvakestes, ka viimatimainitud taime lehekarvakestes, kilbuka (*Hydrocharis*) juurekarvakestes jm.

Toiteainete vastuvõtmisel etendab plasma pindkiht tähtsat osa. Rakuplasma pindkiht on siseplasmast tihedam ja sellest ka erineva koostise

ning ehitusega. Plasma pindkihis toimub raku tungivate ainete valik: ühed ained, nagu vesi ja plasma toitmiseks vajalikud ained, pääsevad vees lahustunult plasma pindkihist läbi, teised aga mitte.



Joon. 9. Plasmodesmid datlipalmi viljarakkude kestades.

Plasmodesmid (joon. 9): viimaste kaudu on elusplasma ühendatud naaberrakkude plasmaga ja moodustab seega kogu taimekehas terviku. Plasmodesmide kaudu võivad liikuda ühest rakust teise nii vesi kui ka mitmesugused toiteained.

Plasma moodustiste hulka kuuluvad plastiidid, s. o. leuko-, kromo- ja kloroplastid. Viimased annavad taimedele roheline värvuse ning omavad väga tähtsat osa toitumisel (vt. tagapool süsiniku sarnastamise käsitluse puhul).

Lisanditena võivad esineda rakuplasmas tärklisterad, valgukristallid, rasvained, õlitiigakesed ja ensüümid. Ensüümid on isesugused ained, millede mõjul lagunduvad tärklise, valgu, rasvainete ja õlide suured molekulid ning muutuvad lihtsamateks ja vees lahustuvateks aineteks: tärklis suhkruks, valgud — amiinohapeteks, rasvained — rasvahapeteks ja glütseriiniks.

Rakutuum — päritavate omaduste kandja.

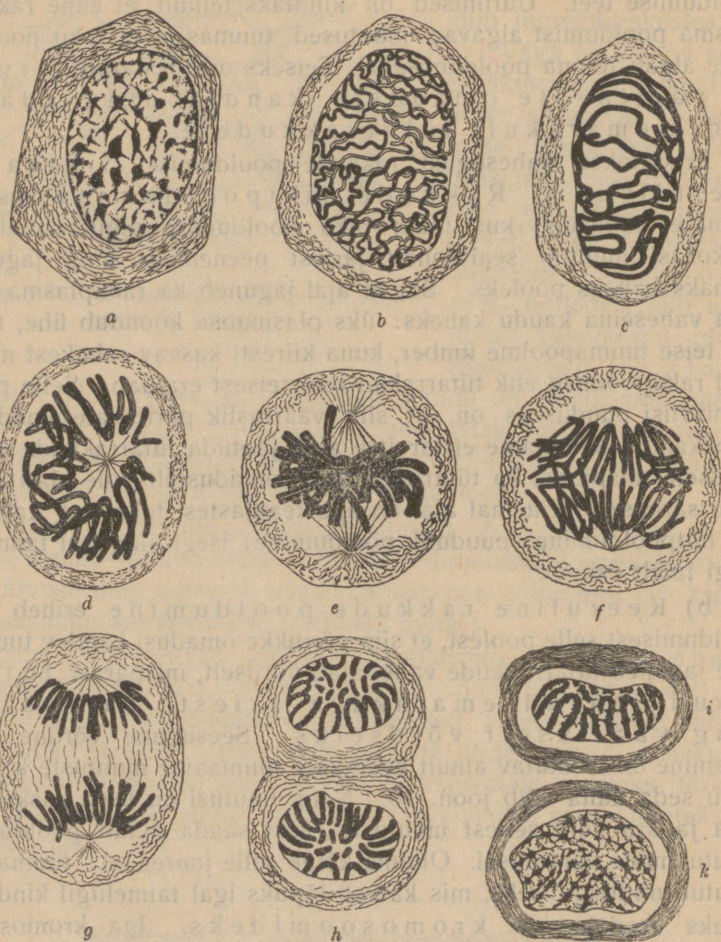
Rakutuum on plasmast tihedam (veevaesem); ta sisaldab plasmast erinevalt rohkesti fosforiühendeid. Tuuma katab tuumakile, mis teda eraldab plasmast. Sellele vaatamata on tuum elutegevuse ja ainetevahetuse kaudu plasmaga pidevas ühenduses ning avaldab plasma tegevusele suurt mõju: kui tuum plasmast

kunstlikult eraldada, siis sureb plasma õige varsti; seega pole tuumata rakud kuigi pikalt elujõulised. Eriti tähtsat osa etendab rakutuum rakkude pooldumisel, mil toimuvad tuumaainetes õige omapärased muutused. Iga rakk tekib enesetaolisest pooldumise teel. Uurimised on kindlaks teinud, et enne raku ja plasma pooldumist algavad muutused tuumas ja et raku pooldumine algab tuuma pooldumisega. Teiseks on tõestatud, et tuum on päritavate omaduste kandja ning edasikandja emarakult tütarakkudele.

Eristatakse kahe sugust rakkude pooldumist: lihtsat ja keerulist. a) Rakkude lihtpooldumine esineb alamatel taimedel, kus tuum raku pooldumise algul soonistub keskosas, muutub sealtkohalt järjest peenemaks ning jaguneb viimaks kaheks pooleks. Samal ajal jaguneb ka rakuplasma tekiva vaheseina kaudu kaheks: üks plasmaosa koondub ühe, teine osa teise tuumapoolme ümber, kuna kiiresti kasvav rakukest mõlemad rakupoolmed ehk tütarakud teineteisest eraldab. Selle pooldumisviisi puuduseks on, et siin väärtuslik päritavate omaduste edasikandja tuumaaine ei tarvitse alati jaotuda tütarakkude vahel võrdselt, mispärast ka tütarakud oma omadustelt pole alati emaraku sarnased. Uuemal ajal on aga teadlastes tekkinud kahtlus, kas lihtpooldumine (puudulik pooldumine) isegi alamatel taimedel kuigi laialt esineb.

b) Keeruline rakkude pooldumine erineb lihtpooldumisest selle poolest, et siin pärilikke omadusi kandev tuumaaine jaguneb tütarakkude vahel alati võrdselt, mispärast tütarakud jäävad emarakuga täiesti sarnaseiks ning väärtuselt võrdseiks. Seesugune võrdne aine jagamine on teostatav ainult keerukate tuumaaine muutuste kaudu, nagu seda näha võib joon. 10. Neid muutusi on üsna raske jälgida ja aru võib sellest muutuste reast saada ainult poolduvate rakutuumade värvimisel. Oluline kõige selle juures on: tuumaaine muutub niidikujuuliseks, mis katkeb lõpuks igal taimeliigil kindlaks arvuks osadeks ehk kromosoomideks. Iga kromosoom koosneb kahe sugusest aineist: seesmisest sõmerjast kergestivärvuvast aineist — kromatiinist (kreekakeelne sõna, mis tähendab „värviahne“ ehk „hästivärvuv“) ning välimisest mittevärvuvast — akromatiinist (kreekakeelne sõna, tähendab „mittevärvuv“, s. o. värvita). Kromatiin ongi pärilikkude omaduste kandja. See aine jaguneb tütarakkude vahel võrdselt sel teel, et kromosoomid lõhestuvad pikuti

pooleks, liiguvad rakutuuma keskele ja siin igast kromosoomist üks pool liigub tuuma ühte, teine pool tuuma teise otsa. Nii jagunevad koos kromatiiniga pärilikud omadused mõlema rakutuuma (seega koos mõlema



Joon. 10. Rakutuuma keeruline pooldumine; kulg — tähtede järjekorras.

tütarraku) vahel võrdselt, kusjuures ka kromosoomide arv jääb endiselt muutumatuks. Kromosoomide arv on näit.: hernel 14, nisul — 16, õunapuul — 34, hapukirsil — 32, maguskirsil — 16, ploomidel — 48, pirnidel — 34, inimesel — 48 jne. Toodud kromo-

soomide arv esineb keharakkudes; sugurakkudes on aga kromosoomide arv poole väiksem.

Tuuma pooldumisele järgneb plasma pooldumine ja uue raku-kesta moodustumine tütarakkude vahele.

c) Rakkude jagunemine enam kui kaheks osaks esineb alamatel taimedel — seentel ja vetikatel. Seentel jaguneb emarakk eoste moodustamisel kas 4 või 8 osaks.

Rakukest, selle puitumine, korgistumine ja kattumine kutiiniga.

Kõik taimerakud, välja arvatud limaseened ja sugurakud, on kaetud kestaga. Noorte rakkude kestad on õhukesed, läbipaistvad, painduvad ning venitatavad; nad koosnevad tselluloosist ehk kiudainest. Plasmakiukesed ulatuvad üsna sügavale raku-kestasse, mispärast plasma on kesta küljes kinni. Rakkude vanemaks saades rakukest pakseneb plasmast erituvate ainete mõjul. Paksenenud kestasse jäävad aga õhemad kohad pooridega, mida läbivad plasmodesmid. Ühes kesta paksenemisega muutub ka kesta koostis; harva koosnevad paksud ja vanad rakukestad puhast tselluloosist, näit. puuvilla-kiududes, linakiududes jm. Enamasti aga rakkude kestad puituvad või korgistuvad, imbudes seejuures läbi puit- ja korkainetega. Pikematele puitunud rakukestadele tekivad rõngaste või spiraalide kujulised paksendused lehtpuude ja rohtsete taimede vartes. Seesuguste paksenduste tähtsusest kuuleme tagapool mahlade liikumise käsitlemisel puutüvedes. Okaspuude tüvedes jäävad puitunud rakukestadesse isesugused avad — koobaspoorid. Väga paksude kestadega rakke leidub viljaluudes, kirsimarja ja ploomi „kivides“, pähklite koortes, palmide viljakestades jm.

Kuid rakukesta paksenemisega, selle puitumisega või korgistumisega surevad enamasti rakud, sest puitunud ja korgistunud kestad ei lase enam vett ega toiteaineid läbi. Seepärast on väga tähtis osata eraldada elavate rakkude tselluloosist kesta surevate või juba surnud rakkude puitunud või korgistunud kestadest makroskoobilistel kui ka mikroskoobilistel vaatlustel. Olgu seepärast toodud siin mõned enamkasutatavad reaktiivid rakukestade koostise määramiseks.

a) Tselluloosist rakukest värvub kloor-tsinkjoodiga lillaks. Prooviks võib võtta puuvilla, puhast

pärgamentpaberit, harilikku paberit ning lõpuks värvida mõni taimekoe mikroskoobiline preparaat.

b) Puitunud rakukest värvub kontsentr. HCl + + floroglutsiiniga märjatult karmiinpunaseks. Prooviks võtta mõni puulaast ning mõjustada seda mainitud reaktiividega; kontrollida reaktiivide toimet ka puuvillaga (tselluloos).

c) Korgistunud rakukesta värvib kloor-tsink-jood kollaseks, Sudan III — oranžpunaseks. Korgistunud rakukestad ei lase läbi vett ega gaase. Seepärast kasutatakse korktamme paksu korkkihti pudelikorkide valmistamiseks.

Peale tselluloosist rakukesta esinevad taimeseemnetes, aga ka mõnedes toitekudedes nn. pooltselluloossed kestad. Pooltselluloosist rakukestad lahustuvad ensüümide mõjul kergesti ning seda ainet kasutavad taimed, eriti idandid, endile toiduks.

Vaatlus. Teeme leotatud mungalille (*Tropaeolum*) seemnest õhukese lõigu, valame sellele tilga joodilahust ja vaatame mikroskoobiga. Näeme: mungalille toitekoerakkude kestad on värvunud joodi mõjul siniseks (samuti nagu tärkliis). Tselluloos (puuvill) värvub aga joodiga kollaseks. Järelikult need rakukestad pole tselluloosist. Nad pole ka puitunud, nagu näitab järeleproovimine kontsentr. HCl + floroglutsiiniga. Mungalille seemnete rakukestad koosnevad pooltselluloosist ja muutuvad seemnete idanemisel ning idandite kasvamisel üha õhemaiks.

Lehepinda katva marrasknaha rakkude välisseinad kattuvad paljudel päikesepaistestel kohtadel kasvavatel taimedel veekindla ainega — kutiiniga, mis on üsna ligidane korkainele ja kuivana nii veele kui gaasidele läbipääsematu. Kui aga kutiini leotada, siis hakkab ta paisuma ning vett ja gaase läbi laskma. Seega pole kutiin päris sarnane korkainega.

Rakumahl. Osmootne vee ja lahuste liikumine läbi rakkude; turgor rakkudes.

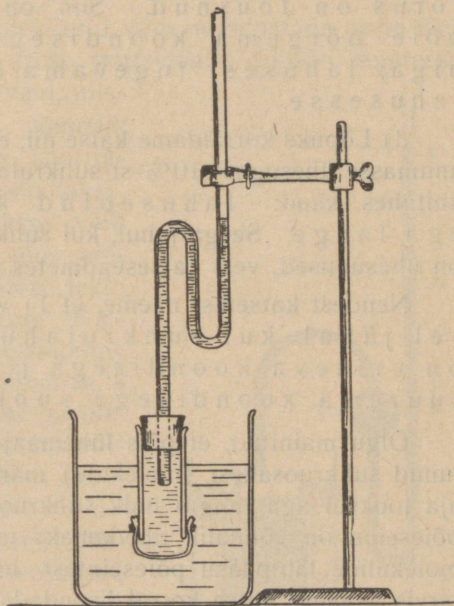
Rakumahl on mitmesuguste ainete vesilahus; peale vee leidub siin mineraal- ja orgaanilisi toitesooli, suhkrut, happeid, värvaineid jt. Rakumahla koostis on väga kõikuv ja muutub sõltuvuses taimeliigist, selle osadest, taime vanusest, kasvukohast, kasvutingimustest, aastajast jne. Esijoones leidub rakumahlas plasmale vajalikke toitesooli ja

-aineid: ta on raku toiteainete varaait. Ent siia satuvad plasmast ka mitmesugused ainetevahetusel tekkinud liigsed ning kõlbmatud ained, nagu CO_2 , orgaanilised happed, lahustumatud soolad jt. Mõned rakumahlas leiduvad kõrvalained võivad olla taimetele kaudselt kasulikud, nagu värvaine antotsüaniin, millest oleneb enamikul taimedel õite värvus.

Rakumahlas esinevaid aineid võib eristada kahte rühma: ühed seovad endiga aktiivselt vett, nagu suhkur, vees lahustuvad soolad, teised on vee vastu ükskõiksed, nagu vees lahustumatud soolad ja ained — tärklis, rasvained, õlid. Esimesi aineid nimetatakse osmootselt aktiivseteks, teisi — osmootselt inaktiivseteks aineteks. Osmootselt aktiivsed ained põhjustavad vee ja lahuste liikumist läbi rakuplasma ühest rakust teise ning ühest taimeosast teise. Vee ja lahuste aineosakeste liikumist läbi mingi kile nimetatakse osmoosiks. Rakkudes on seesuguseks kileks rakuplasma, õigemini selle pindkiht.

Missugustel tingimustel osmootselt aktiivsed ained põhjustavad vee ja lahuste aineosakeste liikumist läbi kile, seda selgitavad meile järgmised katsed.

Katsed. a) Võtame lahtise otsaga klaasilindri, köidame selle ühe otsa kinni vees leotatud põiega, teise otsa aga suleme paraja korgiga, millesse on puuritud auk ning sellest läbi pistetud klaastoru. Viimane võib olla sirge või kõveraks keerratud (vt. joon. 11). Täidame silindri 10%-se suhkrulahusega ja suleme selle korgiga nii, et viimase alla ei jääks õhku: osa suhkrulahust võib seejuures tungida ja jääda klaastorusse. Nüüd asetame silindri klaasanumasse puhtasse vette ja kinnitame kogu seadeldise statiivi külge,



Joon. 11. Katseseadeldis vee liikumise tõestamiseks osmootsete jõudude mõjul suhkrulahustes.

märkides ära suhkrulahuse kõrguse klaastorus. Mõne tunni pärast leiame, et suhkrulahus peenes klaastorus on tõusnud märgatavalt kõrgemale. Seda lahuse tõusmist ei saa seletada teisiti kui sellega, et vesi on tunginud välisest anumast läbi põie silindris olevasse suhkrulahusesse.

b) Korraldame sama katse vastupidiselt: valame põiega kinnikõidetud silindrisse puhast destilleeritud vett ja suuremasse anumasse 10%-st suhkrulahust ning seame katseseadeldised endisel viisil korda. Mõne tunni pärast märkame, et nüüd on vee pind peenes torus mitte tõusnud, vaid langenud. Siin on vesi tunginud silindrist läbi põie välja anumasse — suhkrulahusesse.

c) Täidame silindri 20%-se suhkrulahusega ja valame anumasse 10%-st suhkrulahust ning seame muus osas katse endisel viisil korda. 4—5 tunni pärast märkame, et lahus klaastorus on tõusnud. Siin on vesi tunginud läbi põie nõrgema koondisega (kontsentratsiooniga) lahusest tugevama koondisega suhkrulahusesse.

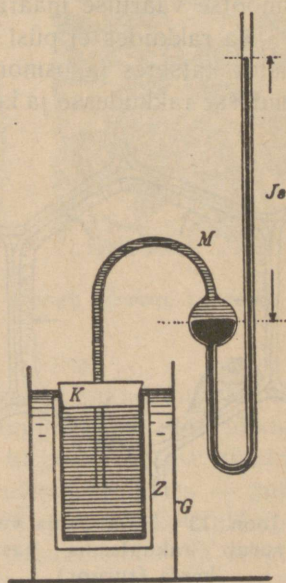
d) Lõpuks korraldame katse nii, et valame nii silindrisse kui ka anumasse ühesugust 10%-st suhkrulahust. Nüüd võib katse seista kuitahes kaua: lahusepind klaastorus ei tõuse ega lange. Seega juhul, kui suhkrulahused mõlemal pool põit on ühesugused, vesi katseseadmetes ei liigu.

Nendest katsetest näeme, et 1) vesi liigub läbi põie sel juhul, kui suhkrulahused kahel pool põit on erineva koondisega ja 2) vesi liigub alati suurema koondisega suhkrulahuse suunas.

Olgu mainitud, et põis lühemaajalise katse vältel vees lahustunud suhkruosakesi (molekule) märgatavalt läbi ei lase, pikema aja jooksul aga tungib hulk suhkruosakesi põiekilest läbi. Kuid põieseinu on võimalik tihedamaks muuta ning sel juhul suhkrumolekulide läbipääsu põieseintest hoopis takistada. Selleks on tarvis esimese katse korral lisandada silindrisse suhkrulahusesse pisut nn. kollast veresoola [$K_4Fe(CN)_6$] ja anumasse vette veidi vasevitrioli ($CuSO_4$). Kollase veresoola ja vasevitrioli ioonid ühinevad põieseintest ning moodustavad siin õhukese sadekile $Cu_2Fe(CN)_6$, mis ainult vett, mitte aga suhkru- või soolaosakesi lahustest, läbi laseb. Sadekilega varustatud põiega võib eeltoodud katseid korraldada nii suhkru- kui soolalahustega.

Kilet, mis ainult vett (või mõnd muud lahustusainet) läbi laseb ning selles lahustunud suhkru- või soolaosakesed kinni peab, nimetatakse poolläbilaskevõimeliseks. Ka raku-plasma pindkiht moodustab seesuguse poolläbilaskevõimega kile, ainult selle vahega, et soolad, mis mõjuvad plasmale ja selle pindkilele paisutavalt ehk tursutavalt, nagu NaNO_3 , KCl , NaCl jt., selle pindkile läbilaskevõimet suurendavad. Nii pääsevad nimetatud soolad ise pindkilest läbi ja soodustavad ka teiste soolade läbipääsu rakuplasmasse. Teised soolad aga, nagu CaCl_2 , MgSO_4 , CaHPO_4 jt., mõjuvad eelmiste sooladega võrreldes plasma pindkilele (ja ka plasmale) vastassuunas, s. o. tihendavalt ja vett vähendavalt ning vähendavad seega plasma pindkile läbilaskevõimet. Seesugust vastassuunalist soolade mõju nimetatakse antagonistlikuks. Plasma pindkile soodus (paras) läbilaskevõime sõltub mõlema vastassuunalise soolarühma koostevusest.

Poolläbilaskevõimega sadekilesid võib moodustada mitte üksnes põieseintesse, vaid ka urbse portselanist silindri seintesse. Seesuguse silindri seinad ei veni, mis pärast niisugust riista on võimalik kasutada täpsemate katsete sooritamisel. Seesuguse riistaga mõõdetakse, kui kõrgele vesi torus üldse võib tõusta ja millest seesugune tõus sõltub. Vee juurdevoolul silindrisse tekib seal rõhk, mida nimetatakse osmootseks rõhuks. Osmootne rõhk surubki vee torusse ja hoiab selle seal teatud kõrgusel. Urbsest portselanist (või mõnest teisest ainest) valmistatud poolläbilaskevõimelise sadekilega katseriista nimetatakse osmomeetris ehk osmootse rõhu määramise riistaks. Katsetest seesuguse riistaga on selgunud, et osmootne rõhk osmomeetris sõltub kasutatavate osmootselt aktiivsete ainete koondisest ja on võrdeline lahuste kontsentratsioonidega. Seejuures lahuste koondised väljendatakse nn. molaarsete lahustena, mida lühendatult märgitakse sõnaga mol. 1,0 mol sahharoosi-



Joon. 12. Osmomeeter.

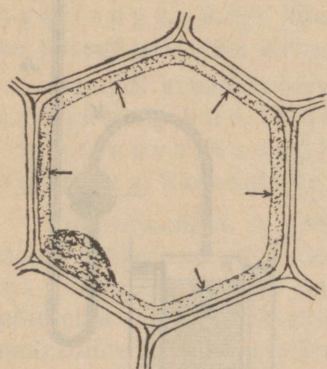
1,0 mol sahharoosi-

lahus on selline, kus 1 liitris (1000 cm^3) dest. vees on lahustatud 1 gramm-molekul (= 180 g, sest sahharoosi molekulaarne kaal on 180) sahharoosi. Järgmine tabel näitab sahharoosi molaarsete lahuste osmootset rõhku atmosfäärides 20° C juures.

Sahharoosi-koondis mol-ides	Osmootne rõhk atmosfäärides	Sahharoosi-koondis mol-ides	Osmootne rõhk atmosfäärides
0,1	2,590	0,6	15,388
0,2	5,064	0,7	18,128
0,3	7,605	0,8	20,905
0,4	10,137	0,9	23,717
0,5	12,748	1,0	26,638
		jne.	jne.

Sahharoosi ja soolade molaarselt võrdsed koondised kutsuvad esile peaaegu võrdset osmootset rõhku (vastav parandus, mis on tarvilik, oleneb soolade dissotsiatsioonist, mis nähtuse juures pole siin võimalik pikemalt peatuda). Nii on võimalik toodud tabeli andmeid kasutada (vastavate parandustega) ka soolade lahuste osmootse väärtuse määramiseks.

Ka rakkudes ei püsi vesi paigal, vaid liigub samuti, nagu eelmistes katsetes ja osmomeetris, läbi rakuplasma ja -kesta alati nendesse rakkudesse ja kudedesse, kus osmootselt aktiivsete ainete



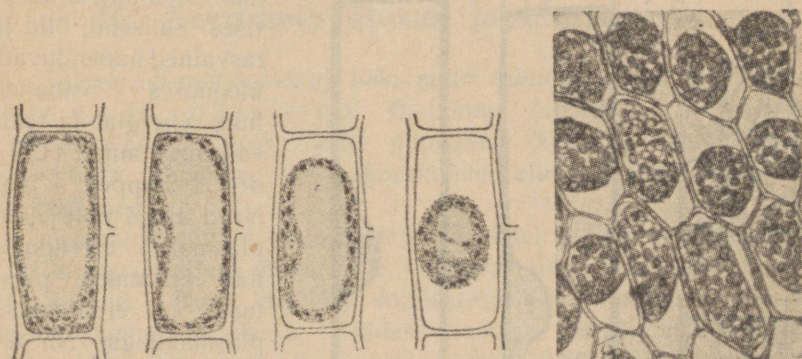
Joon. 13. Rakumahla vesi surub rakuplasma vastu kesta (turgor).

(suhkru ja soolade) koondis on suurem. Vee juurdevoolul rakuõõnesse tekib seal surve ehk rõhk, sest juurdetulnud vesi vajab ruumi. Mida suurem on rakumahlas suhkru-soolade koondis, seda rohkem voolab sinna vett juurde ja seda suuremaks muutub rõhk rakus; see surub rakuplasma vastu rakuseinu ning venitab viimased pingule. Rakuõõne vee survet rakuplasmale ja rakuseintele nimetatakse turgoriks; see vastab osmootsele rõhule osmomeetris ja on seda suurem, mida kõrgem on suhkru ja soolade koondis rakumahlas

ning mida rohkem vett sel põhjusel rakkudesse juurde saab voolata. (Kui vett aga juurde voolamas pole, siis suhkru-soolade koondis üksi rakkudes mingit turgorit ei saa tekitada.)

Turgoril on rakkudes ja taimede elus suur tähtsus: ta hoiab pingul pehmed taimerakud, koed ja taimeosad. Vee kadumisega rakkudest turgor langeb, ühes sellega kaob ka pinge taimekudedes ja taimed või nende osad langevad longu. Seda nähtust nimetatakse harilikult närbumiseks. Kui närbuvaid taimi veega kasta või mahalõigatud ja närbuma hakanud taimeosad asetada vette, siis tungib vesi rakkudesse tagasi: turgor rakkudes tõuseb ja taimeosad ajavad endid uuesti sirgu.

Tekib küsimus, kuidas on võimalik määrata turgorit või osmootse rõhu suurust elavates taimerakkudes ja kudedes? Selleks valmistatakse rida erineva koondisega sahharoosi- (või soola-, näit. CaCl_2) lahuseid, asetatakse õhukesed taimekudedest valmistatud lõigud nendesse ja uuritakse neid lõike mikroskoobiga. Nendest rakkudest ja kudedest, mis asetsevad võrdse või madalama koondisega lahustes kui see on



Joon. 13-a. Plasmolüüs: vasemal — selle arengu skeem, paremal — mikrofoto.

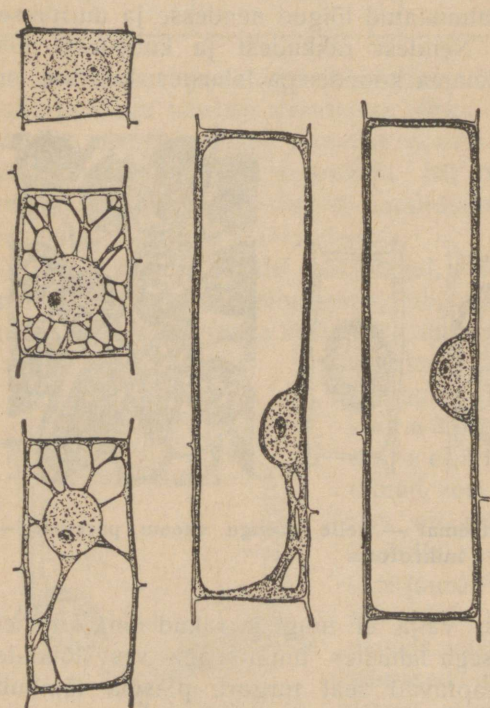
rakumahlas, vesi rakkudest välja ei tungi ja rakud oma kuju ei muuda. Kõrgema koondisega lahustes tungib aga vesi lõikude rakkudest välja, rakud kaotavad seal turgori, plasma tõmbub seinte küljest lahti, mida eriti hästi võib näha värvilistes — antotsüaniini sisaldavates rakkudes. Niisugust plasma kokkutõmbumist ja rakuseinte küljest eraldumist vee äravoolamise ja turgori langemise mõjul elavates rakkudes nimetatakse plasmolüüsiks. Plasmolüüsi abil ongi võimalik üles leida ja määrata osmootselt aktiivsete ainete koondist rakkudes: leides üles piirkoondise, milles plasmolüüs rakkudes algab, võib seda lahuse-

koondist lugeda võrdseks rakumahl suhkru ja soolade koondisega. Plasmolüüs toimub ainult elusates rakkudes, mispärast seda menetlust kasutatakse ka elusrakkude eraldamiseks surnud rakkudest.

Rakkude areng.

Nagu eespool mainitud, koosnevad noored rakud plasmast, tuumast ja kestast. Rakumahl ja rakuõõs puuduvad seal. Raku plasma täidab siin terve rakuruumi. Rakukest on õhuke ning koosneb puhtast tselluloosist. Seesugune kest laseb vabalt läbi vett, selles lahustunud toiteaineid ja õhku. Hingamiseks elus-

plasma vajab hapnikku. Plasma ühinemisel hapnikuga toimuvad selles suured muutused ainete koostises. Suhkrud, õlid ja rasvained hapenduvad, kusjuures vabaneb hulk energiat ja tekiavad uued ained (CO_2 , org. happed jt.). Need ained pole elusplasmale tarvilikud: nad eritatakse plasmast ja eraldatakse plasmakilega. Nii tekiavad esimesed rakuõõned, kuhu hakkab kogunema ka vett. Plasmale on tarvis uusi toiteaineid hapendatud ja tarvitatud ainete asemele. Need liiguvad plasmasse koos veega väljastpoolt. Nii areneb rakkudes a i n e t e -



Joon. 14. Rakkude kasvamine ja aremine järjekorras vasemalt ülalt alla ning paremale.

v a h e t u s: pidev ainete hapendamine ning uute ainete juurdevool ja nendest uute plasmaainete ülesehitamine (rakkude kasvamine ja pooldumine). Ainetevahetusel tekib uusi tarbetuid või

kõrvalise tähtsusega aineid. Osa nendest heidetakse rakuõnde, osa liidetakse rakukestaga. Seetõttu rakuõned suurenevad, sinna voolab vett juurde, turgor rakkudes tõuseb, rakukestad venituvad välja, rakud paisuvad suuremaks. Hiljemini nende kestad muutuvad paksemaks — puituvad või korgistuvad.

Paksenenud ja puitunud rakukestadest pääsevad toitained ja vesi läbi veel vaid pooride kaudu. Seega halvenevad plasma toitumise ja ainetevahetuse tingimused. Plasma juurdeehitus ei toimu enam küllalt energiliselt. Rakuõnekesed liituvad enamasti kokku üheks suureks rakuõneks. Plasma surutakse õhukese kihina vastu rakuseinu. Ja kui ainetevahetuse tingimused muutuvad rakus veelgi halvemaks, hakkab rakuplasma kiduma ning surema. Pärast rakuplasma surma jäävad rakkudest järele vaid rakukestad: puitunud kestad vartesse ja tüvedesse, korgistunud — koosesse.

II. Seemnete ehitus ja idanemine.

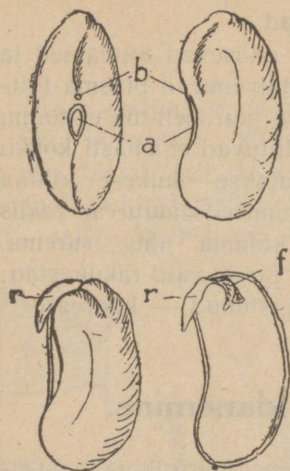
Taimeriigi moodustavad kaks suurt taimede erirühma: õistaimed ja eostaimed. Õistaimed õitsevad ja paljunevad seemnetega; eostaimedel puuduvad õied; nad paljunevad eostega. Seemned on paljurakulised elundid, eosed enamasti üherakulised.

Seemnest algab õistaimede elutsükkel. Kuiv seeme võib püsida kaua sellises olekus, kus on raske öelda, kas ta on elus või surnud. Kuid sattudes soodsatesse tingimustesse hakkab seeme idanema ja elama. Kuidas seemnete eluvõimet kauemini alal hoida, missugustes tingimustes seemneid jõudsamini idanema ja idandid kasvama sundida, et nendest sirguksid tugevad taimed, mis annaksid paremat saaki, — need küsimused on olulise tähtsusega taimede kasvatamisel põllumajanduses ja aianduses.

Seemnete ehitus.

Kaheiduleheliste taimede seemnete ehitus. Kaheidulehelised on niisugused taimed, millede seemnete idanemisel kerkivad mullapinnale kaks idulehte või esimesed lehed kahekaupa. Et mõista seemnete idanemist ja sellega ühenduses olevaid seemnes toimuvaid muutusi, peab tutvuma üksikasjalisemalt seemnete ehitusega. Vaatlusteks sobivad mitmesugused leotatud seemned.

Vaatlus. Seemne ehitusega tutvumiseks valime suuremad seemned. Võtame näit. aedoa (*Phaseolus*) seemneid ja asetame nad vähemalt 6 tunniks vette, et nad muutuksid pehmeks ja et neid oleks kergem lõigata ning osadena vaadelda.



Joon. 15. Aedoa seemne ehitus: a — seemnevarre jälg, b — seemnepilu, r — idujuureke, f — idupungake.

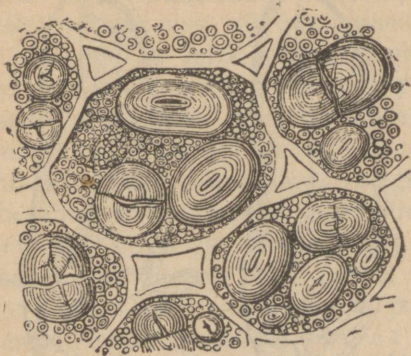
Aedoa seeme on kaetud sileda ja paksu kestaga, mille värvus võib olla mitmesugune. Seemne ühel serval märkame seemnekestal seemnevarre jälge; tumedad täpid selles on soonte asemel. Seemnevarrega oli seeme kinnitatud vilja (kauna) külge ja siitkaudu liikusid toiteained kasvavasse seemnesse. Seemnejäljega samal serval võime tähele panna tursunud kohta, millest leotatud seemet külgedelt pigistades vett välja tuleb. Seda ainsat ava seemnekestas nimetatakse seemnepiluks; tema kaudu pääseb vesi kestast läbi idanemisse seemnesse. Kui kleebime kuival seemnel seemnepilu vahaga kinni ja asetame seemne vette (kontrolliks asetame samasse vette teised seemned lahtise seemnepiluga), siis näeme, et kontrollseemned paisuvad kiiresti, kuna suletud

seemnepiluga seemned vajavad selleks palju päevi või nädalaid, sest vigastamata aedoa seemnekest laseb väga aeglaselt vett läbi.

Võtame nüüd ligunenud aedoa seemnelt kesta ära ja õpime tundma seemne siseehitust. Kooritud seeme laguneb kergesti kaheks poolmeks. Need poolmed moodustavad kaks esimest aedootaime lehte, mis kerkivad seemne idanemisel mullapinnale. Seepärast nimetatakse neid idulehtedeks. Kaheidulehelistel taimedel on idulehti kaks. Idulehtede vahel asetseb seemnes idu (*embryo*), mis koosneb kolmest osakesest: idulehtede vahelt väljaulatuvast idujuurekesest, idulehti teineteisega ühendavast iduvarrekesest ning pisikestest lehekestest koosnevast idupungakesest. Viimane iduosa on keerdunud idulehtede vahele.

Aedoa maapinnale kerkinud idulehed jäävad kord-korralt õhemaks ja kuivavad lõpuks hoopis. Tekib küsimus: miks on see nii?

Et selgusele jõuda selles küsimuses, tuleb uurida idulehtedesse peidetud aineid. Selleks kaabime noa- või nõelaotsaga pisut ainet idulehest, asetame selle vaatlusklaasile veetilgasse, katame kateklaasiga ning vaatleme mikroskoobi all umbes 300-kordse suurendusega. Nüüd näeme kahe-
 suguseid terakesi: ühed on suuremad, viirulised ja osalt lõhestunud, teised aga palju pisemad. Valame kateklaasi serva alla tilga nõrka joodilahust (või jood-joodkaaliumi lahust) ja vaatleme uuesti mikroskoobiga: nüüd on suured terad värvunud lillakassiniseks, väiksemad aga kollakaspruuniks. Suuremad joodiga siniseks värvunud kehakesed on tärklisterad, väiksemad — pruuniks värvunud — valkained (joon. 16).



Joon. 16. Rakud aedoa idulehest. Suuremad viirulised terad rakkudes on tärklisterad, pisemad — valgu- (proteiini-) terakesed.

Tärklis ja valkained on tähtsamad toiteained, millede kulul seemnes peituv idu kasvama hakkab: nad muutuvad ensüümide mõjul vees lahustuvaiks aineteks ja liiguvad sel kujul idurakkudesse.

Peale tärklise ja valkainete sisaldavad seemnepoolmed veel rasvaineid ja mineraalsooli. Viimased saame kätte, kui kuumutame aedoa seemneid portselantiiglis või plekkpannil, kuni kõik süsinikuühendid ära põlevad. Siis jääb seemnetest järele valge tuhk, mis koosneb osalt vees lahustuvatest, osalt lahustumatutest sooladest. Rasvaineid saab eraldada eetri abil (vt. lk. 28). Ka rasvained ja soolad on idule toiduks, nagu tärklis ja valgudki.

Samasuguse ehitusega kui aedoa seemned ning üldjoontes ka samasuguse koostisega on teised kaheiduleheliste taimede seemned, nagu põldoa, lilloa, herne, ka kõrvitsa ja kurgi, kapsa, kaalika, porgandi, peedi jt. taimede seemned. Vahe on seemnete vahel peamiselt nende väliskujus, suuruses ning toiteainete vahekorras.

Üheiduleheliste taimede seemnete ehitus. Üheiduleheliste taimede seemnete idanemisel kerkib esimesena mullapinnale üksainus kokkukeerdunud leht, näit. kõrsviljadel, maisil, hirsil, tulbil, võhumõõgal, liilial, sibulal jt.

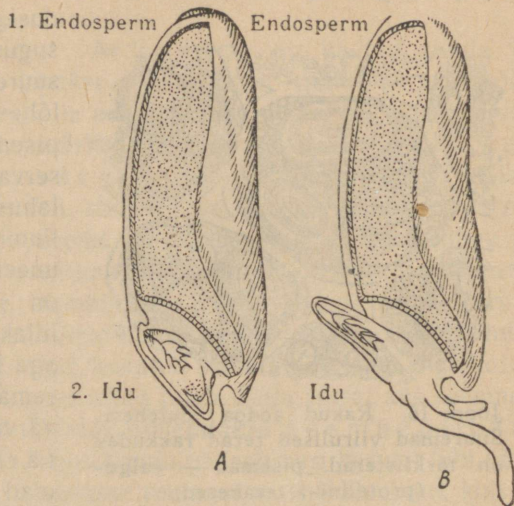
Seemne ehitusega tutvumiseks vaatleme leotatud nisuterist. Sellel võime eristada tõmpi ja teravat otsa. Tõmp ots on kaetud karvakestega, terav ots on sile. Piki seemet läheb vagu. Terava otsa küljel märkame pisikest puhetist: see on idu. Vaatamata sellele, et teris on hästi leotatud, pole võimalik kesta sellelt lahti saada, sest kest on seemnekudega kokku kasvanud.

Lõikame terise pikuti pooleks, nii et lõik läheks läbi idu, ja vaatleme lõigupooli luubiga. Näeme, et enamik nisuterise sisust on valkjas ja jahukas. Kui asetame pisut selle kaabet vaatlusklaasile ja lisandame

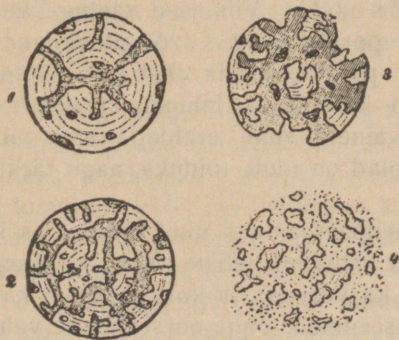
sinna joodilahust, näeme mikroskoobi all, et see koosneb siniseks värvunud terakestest — tärgklisest. Kogu seda tärgklisrikast kudet, millest valmistatakse nisujahu, nimetatakse endospermiks.

Idu asetseb viltu endospermi kõrval; selle pungak koosneb ülestikku asetatud lehekestest, mis on kaetud tupekujulise kestaga. Idujuureke ulatub terise terava otsani. Iduvarreke asetseb pungakese ja juurekese vahel. Idu on eraldatud endospermist kumera nahakesega, mida kutsutakse vahenahaks ehk kilbiks

ja mida peetakse moondunud iduleheks (teiseks iduleheks). Vahenahk sisaldab mitut ensüümi: need lagundavad tärgklise suhkruks,



Joon. 17. Nisuterise ehitus ja idanemine.



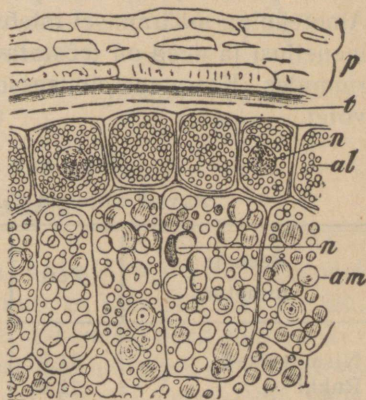
Joon. 18. Nisuterise tärgklise lagunemine diastaasi mõjul.

valgud amiinohapeteks ja rasvad rasvahapeteks + glütseriiniks, s. o. vees lahustuvateks lihtsamateks aineteks, mis toiteainetena pääsevad idurakkudesse.

Ensüümi, mis muudab tärglise suhkruks, nimetatakse diastaasiks. Seda võime eraldada idanevatest seemnetest järgmiselt: võtame nisu- või odrateriseid, mis mõni päev sooja kohas on idanenud ja mille idud on umbes 1 cm pikkused, kuivatame need ning jahvatame kohviveskiga peeneks. Saadud jahu kallame klaaspurki ja valame sellele destilleeritud vett, loksutame segi ning jätame umbes pooleks tunniks seisma. Kurname lahuse läbi filtri puhtasse klaasi: saame täiesti selge kollaka lahuse. Kui valame seda lahust katseklaasi tärgliskliistrile, siis lahustub kliister mõne tunni vältel. Kui aga tärgliskliistri enne joodiga siniseks värvime ja sellele idandite ekstrakti juurde valame, siis kaob mõne tunni vältel tärgliskliistri sinine värvus ja kliister ise muutub vedelaks. Erimenetluste abil võib näidata, et tärglis on muutunud juurdelisatud idandite ekstraktis peituva diastaasi toimel suhkruks.

Valke lagundavaid ensüüme, mida üldnimega kutsutakse proteinaasideks, ja rasvainete lagundajat — lipaasi on raske rakkudest eraldada ja nende mõju valkudele ja rasvadele seesuguse lihtsusega näidata kui diastaasi toimet tärglisele.

Mikroskoobiga õhukest endospermi servalõiku vaadeldes näeme, et terise kest koosneb kolmest kihist; kaks ülemist kihti moodustavad viljakesta ning alumine — seemnekesta. Kestade rakud on kidunud ja halvasti näha. Kõige olulisem selles lõigus on aga kestade all asetsev väiksemate rakkude kiht; need rakud on peeneteralise sisaldisega, mille jood värvib kollaseks. Nimetatud rakud sisaldavad peamiselt valkaineid (aleuroonterakesi). Järgmised sü-



gavamal endospermis asetsevad rakud on tulvil tärglisterakesi, mis joodiga värvuvad siniseks. Seega sisaldab nisuterise

Joon. 19. Nisuterise ristilõik: *p* — viljakestad, *t* — seemnekest; *al* — valkainete- (aleurooni-) rikaste rakkude kiht; *n* — rakutuomad; *am* — tärglisterad.

endosperm ehk toitekude rohkesti tärklis ja väiksemal määral valke. Et valgud asetsevad terise pinna ligidal kestade all, viimased aga püüli valmistamisel jahust eraldatakse, siis lähevad valkained püulist sel teel enamikus kaduma. Et valgud jääksid jahusse, tuleksid ka kliid peeneks jahvatada ja need jahusse jätta.

Peale tärklise ja valkainete sisaldab endosperm vähesel määral veel r a s v a i n e t. Et nisujahu rasva sisaldab, seda võime tõestada eetri abil. Selleks asetame klaaslehtrisse filterpaberile nisujahu, valame sellele eetrit ja laseme viimase läbi jahu tilkuda puhtale klaastaldrikule. Eeter lahustab jahus leiduvad rasvained, ja pärast eetri äraaurumist jääb taldrikule õhuke kiht valget rasva, millel on värske või lõhn.

Lõpuks sisaldab endosperm mineraalsooli, mida teristest põletamise teel võib eraldada, nagu sellest oli juttu aedoa seemnete puhul.

Kuupalju on seemnetes mitmesuguseid toiteaineid?

Eespool nägime, kuidas on võimalik mikro- ja makroskoobiliselt kindlaks teha, missuguseid toiteaineid seemned sisaldavad. Ainete hulga määramisel tuleb kasutada keerukaid ja aeganõudvaid menetlusi ja need on teostatavad vastavate seadmetega laboratooriumides. Kasutame siin seesuguste uurimiste tabelikujulist kokkuvõtet.

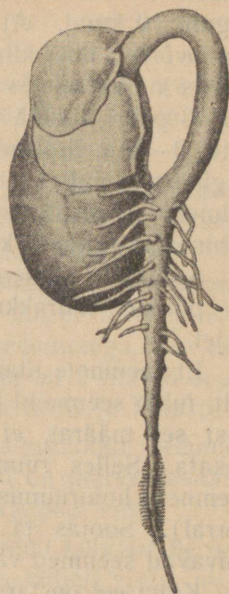
Seemnete koostis.

Arvud näitavad % seemnete õhukuivkaalust.

Seemne nimetus	Vett	Valk-aineid	Rasv-aineid	Tärklis- ja tselluloosi	Mineraal-aineid
Nisu terised . . .	11,9	18,2	1,6	66,6	1,7
Rukki „ . . .	12,8	13,2	1,7	70,4	1,9
Kaera „ . . .	12,8	10,2	5,3	68,7	3,0
Herne seemned . .	10,8	23,3	1,9	58,3	2,7
Aedoa „ . . .	11,8	28,7	2,0	59,4	3,7
Lina „ . . .	8,9	22,8	34,4	19,2	4,2
Päevalille seemned	6,7	26,3	44,3	29,7	3,5

Tabelist näeme, et õhukuivad seemned sisaldavad kõik vähesel määral vett. Veehulk võib aga seemnetes tugevasti kõikuda sõltu-

vuses kasvuaastast, taimede kasvukohast ning seemnete küpsusastmest. Valkude, rasvainete ja tärklise sisalduse järgi jagatakse seemned kolme rühma, mida antud juhul ka tabeli järgi on kerge teha, nimelt: t ä r k - l i s s e e m n e d (nisu, rukis, kaer — üldse kõrsviljad) kõrge tärklisesisaldusega, v a l g u r i k k a d s e e m n e d (hernes, aeduba — üldse liblikõieliste taimede seemned), mis sisaldavad rohkesti valke, ja õ l i s e e m n e d (lina, päevalille, kanepi, puuvillapõõsa, palmide jt. seemned), milles on toiteainete tagavarad suures ulatuses säilitatud õlide ja rasvadena. Tärklisteritest ja -seemnetest valmistatakse jahu ja tangu, valgurikkaid seemneid kasutatakse toiduks enamasti tervelt keedetuna, õliseemnetest aga pressitakse välja õlisid, mida samuti kasutatakse toitude valmistamisel. Mineraalainete sisaldus on kõikides seemnetes võrdlemisi väike; see ei tähenda aga sugugi, et nende tähtsus seemnete idanemisel ja idandite kasvamisel samuti kõige väiksem on, sest mineraalained avaldavad mõju väga väikestes kogustes.



Joon. 20. Aedoa idanemine.

Seemnete idanemine.

Seemnesisesed idanemistingimused. Eespool seemnete ehitusega tutvumisel nägime, et igas seemnes on idu. Idu koosneb elusrakkudest. Seemnete idanemisel need seni puhkeolekus püsinud idurakud hakkavad kasvama ning poolduma. Koos sellega hakkab suurenema ja kasvama ka idu, mis tungib välja seemnest. See ongi seemnete idanemine.

Kuid teatavasti ei hakka kõik mahakülitud seemned idanema. Kerkib küsimus: miks mõned seemned ei idane?

Seemnete idanemisel on peatähtsus idul: see peab olema terve ja idanemisvõimeline. Kui idu on vigastatud, kuivanud, terakahjurite poolt ära näritud, siis seeme ei saa idaneda. Kuid ka terve idu pole alati idanemisvõimeline, näiteks poolvalminud seemnel. Paljudel seemnetel vajab idu järele-

valmimist ega ole vilja küpsemisel veel idanemisvõimeline. Järevalmimiseks kulub näit. sinilille seemnetel pärast viljade lõhkemist veel 2 kuud, saarepuu seemnetel 7 kuud, lõokannusel koguni 10 kuud. Aja jooksul kaob kõikidel seemnete idudel idanemisvõime, ühel kiiremini, teistel pikema aja jooksul: kohvioal kuivas kohas seistes 3—5 päeva jooksul, pajudel, paplitel ja jalkal — paari nädala vältel, aedpriimulal 1 aasta pärast, linaseemnetel 3—5 a. jooksul, teraviljadel (nisul, rukkil jt.) heades hoiutingimustes umbes 50 a. kestel. Jutud püramiididest leitud idanemisvõimelistest nisuteristest, mis seal olevat seisnud mitu tuhat aastat, põhinevad pettusel, kus on esitatud vahetatud värsked nisuteriseid.

Seemnete idanemisvõime kadumine on paratamatu nähtus ja see põhineb idurakkude liiga suurel vee kaotusel kuivamise tagajärjel.

Et seemnete idanemisvõime ei kaoks liiga kiiresti ja enneaegselt, tuleb seemneid hoida jahedas kohas, kus aga ei tohi olla niiskust sel määral, et seemned võiksid hallitama või mädanema hakata. Selles ruumis peab olema puhas ja vahelduv õhk (kui seemneid hoiuruumis on palju, näit. põlluvilja külvisse säilitamise korral). Soojas ja kuivas eluruumis, näit. kirjutuslaua laekas, kuivavad seemned väga ruttu niivõrra, et kaotavad idanemisvõime.

Külvi eel on tarvis teada, kas seemned on idanemisvõimelised ja kui suur on nende idanemis-%. Selleks pannakse 20, 50 või 100 seemet igast taimeliigist või -sordist enne külvi aegsasti niiskesse mullasse, liivasse või saepurusse sooja kohta idanema ja idanenud seemnete hulga järgi arvutatakse idanemis-%.

Seemnete idanemise välistingimused on väliskeskkonna tegurid, mille deta idanemisvõimelised seemned ei hakka idanema. Olulisemad neist on vesi, soojus ja hapnik, siis valgus ja muld.

a) Vesi. On üldtuntud ütlus, et pole elu ilma veeta. Rakuplasma ehitust ja elutoimeid tundes ei saa kellelgi selles suhtes kahtlust olla. Puhkeolekus on idurakkude plasma veevaene, pooleldi tarretunud. Et see võiks hakata elama, liikuma ja toituma, peab ta muutuma veerikkamaks ja vedelamaks. Toiteainete lahustamine toimub ensüümide mõjul vee juuresolekul ja lahustatud ainete juhtimine idurakkudesse — vee kaudu. Vee mõjul seemned paisuvad, nende kestad lõhkevad ja iduosad pääsevad seemnetest välja.

Nagu eespool mainitud, pääseb vesi paksudest seemnekesta-dest läbi seemnetesse ainult seemnepilu kaudu, ja kui viimane on

mingil põhjusel suletud, siis paksukestalised seemned püsivad mullas paisumata ja idanemata 2—3 ja rohkemgi aastat, kuni lõpuks seemnekestad neil kõdunema ja mädanema hakkavad ja vesi seemnetesse võib tungida. Seda juhtub sageli pojengi, akaatsia, läätspuu, palmide jt. seemnetega. Et niisugused paksukestalised seemned kiiremini idanema hakkaksid, on soovitatav nende kestad kohati läbi viilida või kriimustada enne mulda idanema panemist (klaasikillukestega koos purgis raputada!).

Lihavaviljaliste (marjade, õunte, pirnide, ploomide jt.) taimede seemned kuivavad õige kiiresti õhu käes seistes ja võivad idanemisvõime kaotada. Et seda ei juhtuks, on soovitatav niisugused seemned kohe pärast nende valmimist paigutada kihtide viisi niiskesse liivasse kas potti või metallnõusse, katta nõu nii, et hiired ja rotid sinna sisse ei pääse, ja asetada siis nõud seemnetega kas keldrisse või kaevata välja mullasse. Kihitatult üle talve hoitud seemned idanevad järgmisel kevadel maha külitult hästi ja kiiresti.

Eriti tugevasti paisuvad vee mõjul valgurikkad seemned, nagu oad, hernerid, läätsed. See paisumisjõud on märkimisväärne ja seda võib näha ning täpsemalt määrata järgmisel viisil:

K a t s e. Täidame kitsa kaelaga klaaspudeli kuivade hernes-
tega kuni selle kaelani ja asetame pudeli siis küljeli vette, nii et vesi vabalt pudelisse võib pääseda. Mõne tunni pärast pudel lõhkeb.

K a t s e. Võtame mõne silindrikujulise metallanuma, asetame sinna 1 kg herneid ja valame neile niipalju vett peale, et see hernes-
test pisut üle ulatuks. Asetame siis hernesetele peale paraja kaane või kolvi, mis kergelt silindris üles-alla võib liikuda, märke selle kõrguse ning paigutame kaanele mõned kaaluvihid ning katsume määrata, kui suure raskuse paisuvad seemned võivad üles tõsta. Kui lisandame kaanele nii suure raskuse, mida paisuvad seemned enam ei suuda kergitada, oleme ligikaudu leidnud, kui suur on 1 kg hernesete paisumisjõud.

b) S o o j u s. On selgitatud, et iga taimeliigi seemned vajavad idanemiseks vastavat hulka soojust: lõunamaa taimed kõrge-
mat, põhjamaised madalamat temperatuuri. Seejuures aga võib toimuda seemnete idanemine igal taimeliigil 20—30° vahemikus ja mitte ainult mõne kindla soojuskraadi juures. Seemnete idanemisel eristatakse koguni kolme temperatuuriastet: a) a l a m -
a s t e t ehk miinimumi, p a r i m a s t e t ehk optimumi ning ü l i m a s t e t ehk maksimumi. Seemnete idanemine võib alata

soojuse alamastme ületamisel, toimub kõige kiiremini ja soodsamalt parimastme temperatuuri piirides ning lõpeb ülimestme temperatuuri piiri ületamisega. Alljärgnevas tabelis on toodud mõningad andmed mainitud temperatuuriastmete kohta.

Seemnete liigid	Alamaste C°	Parimaste C°	Ülimaste C°
Kõrsviljad (nisu, rukis jt.)	0—5	25—31	31—37
Lina, kanep	0—5	25—31	31—37
Peakapsas	0—5	25—31	31—37
Aedhernes	0—5	37—44	44—50
Kurk	15—19	31—37	44—50
Kõrvits	10—16	37—44	44—50

Temperatuuri mõju seemnete idanemisele võib järele proovida kõige paremini soojamaa taimede seemnetega, näit. kurgi, kõrvitsa, tomati seemnetega.

Kui külvame kurgiseemned kolme ühesugusesse potti — ühesugusesse mulda, paigutame ühe poti külma keldrisse, teise poti — jahedasse ruumi, kus temp. ei tõuse üle 10—12°, ja kolmanda poti sooja lavasse või sooja kööki ja jälgime seemnete idanemist 10—15 päeva jooksul, siis näeme, et kurgiseemned hakkavad idanema ainult viimases potis.

Meie kodumaal, Põhjamaal ja kõrgmägedel kasvavate taimede seemnete järelvalmimiseks on tarvis, et need seemned läbi külmuksid. Selleta need seemned ei omanda mõnikord üldse idanemisvõimet ega hakka mulda külitult idanema. Kui niisuguseid seemneid hoida soojas ruumis talve kestel, siis nad kevadel ei hakka idanema.

Seemnete idanemise alamastmest sõltub seemnete kevadine külviaeg: porgandi ja peterselli seemneid võib maha küllida juba mai alguses (isegi sügisel), sest need seemned idanevad madalas soojuses ja nende idandid ei karda öökülma. Seevastu aedoa, kurgi ja kõrvitsa seemneid võib küllida alles juuni alguses, mil öökülmad on lõplikult möödas ja muld nende taimede seemnete idanemiseks küllalt soe.

c) **Õ h u h a p n i k k u** on tarvis seemnete idanemisel. Et seemned hapnikuta ei idane, seda näitab järgmine katse.

K a t s e. Asetame aedoa või aedherne seemneid kahte pudelesse: ühe pudeleist täidame pärast seda veega ja korgime õhu-

kindlalt kinni; teise purki valame õige veidi vett ja jätame selle pealt lahti. Paigutame mõlemad purgid kõrvuti sooja kohta. 2—3 päeva pärast näeme, et esimeses purgis pole üksi seeme hakanud idanema, teises purgis on aga kõik terved seemned idanenud ja idud selgesti näha.

Hapnikku vajab elluärrganud idurakkude plasma hingamiseks. Kuid ka enne idanemist seemnete idurakud (elusrakud!) vajavad hapnikku ja hingavad; siis on aga seemnete hingamine väga nõrk ja hapnikutarvitus väike. Idanenud seemnete idandite rakud hakkavad energiliselt hingama: nad neelavad hapnikku ja eritavad süsihappegaasi. Järgmine katse selgitab meile idanevates seemnetes hingamisel toimuvat gaaside vahetust.

Katse. Võtame 4 ühesuurust purki: kahte neist mahutame umbes $\frac{1}{3}$ purgimahu ulatuses leotatud herneid, kaks jätame tühjaks. Korgime kõik purgid nii tugevasti kinni, et õhku purki ega sealt välja ei pääseks. Asetame kõik purgid 48 tunniks koos sooja kohta. Siis avame I seemnetega purgi ettevaatlikult ja viime sinna kiiresti traadi külge kinnitatud põleva küünlaotsa: see kustub kohe. Kordame sama katset tühja (III) purgiga: siin küünal põleb edasi. Siit näeme, et idanevate seemnetega purgist on hapnik kadunud: idandid on selle hingamisel ära tarvitanud. Avame nüüd teise (II) idanevate seemnetega purgi, valame sinna pisut selget lubjavett, suleme purgi ning loksutame seda: lubjavesi muutub purgis sogaseks. Kordame sama katset IV purgiga: seal lubjavesi ei muutu sogaseks. Katsetest näeme, et idanevate seemnetega purki on tekkinud süsihappegaasi: selle on idandid endist välja hinganud.

Katsetest selgub, et idanevad seemned neelavad hapnikku ja eritavad süsihappegaasi: nad hingavad.

Plasmaainete (peamiselt suhkrul) ühinemisel hapnikuga, s. o. hapendumisel ehk aeglasel põlemisel, vabaneb soojus.

Katse. Paneme suuremasse purki leotatud herneid poole purgini, pistame purgi korgist läbi peenikese termomeetri, korgime purgi kinni ja katame selle veel ümberringi paksu vildiga, et ta ei saaks jahtuda. (Kui on võimalik kasutada termos pudelit, pole vildiga katmist tarvis.) Jälgime purgi termomeetrit järgmisel ja ülejärgmisel päeval ning võrdleme seda väljaspool purki asetatud

samasuguse termomeetriga: näeme, et purgis on temperatuur mõne pügala võrra kõrgem kui väljaspool purki; seega seemnete hingamisel vabaneb soojust.

Et seemned vajavad idanemisel hingamiseks hapnikku, ei või seemet külvamisel paigutada liiga sügavale mulda, kuhu hapnikku küllaldaselt juurde ei pääse. Seda tuleb eriti silmas pidada raske-
mate ja niiskemate muldade puhul, mis õhku halvasti läbi lasevad. Reaskülvimasinaga on võimalik seemneid paigutada ühtlaselt soovitavasse sügavusse, mispärast seesuguse külvi korral seemnete idanevus on ka parem ning ühtlasem. Üldiselt võib suuremaid seemneid (aed- ja põlduba) katta paksemalt mullaga, kuna peene-
maid seemneid on soovitatav katta niisama paksu mullakihi, kui on nende seemnete läbimõõt pikisuunas. Õige peenikesi seemneid, nagu lobeelia, gloksiinia, begoonia jt. omad, ei kaetagi mullaga, vaid need surutakse ainult niiske mullapinna vastu.

d) Valguse suhtes on enamik seemneid ükskõiksed: nad idanevad ühtviisi nii pimedas kui valguses. Siiski paljude taimede seemned hakkavad alles siis idanema, kui nad enne on olnud päikesevalguse käes, näit. tubaka, kukesaba, mürktulika, või-pätaka jt. seemned. Mõningate taimede seemned kaotavad jälle päikesevalguses oma idanemisvõime, nagu mustköömne, okasõuna, maltsa jt. seemned.

e) Muld pole seemnete idanemisel otseselt tarvilik: seemned võivad idaneda saepurus, liivas, niiskete lappide vahel jm., kui eelmised niiskuse, soojuse ja hapniku tingimused on täidetud. Kaudselt osutub muld aga siiski kõige soodsamaks idanemise ja taimede kasvamise keskkonnaks, sest kobe ja huumusrikas muld peab hästi niiskust, soojeneb päikese käes ja sisaldab ka rohkesti õhku. Lisaks sellele on mulla reaktsioon olulise tähtsusega mõningate seemneliikide idanemisel. Nii idanevad hapus mullas kasvavate taimede seemned ainult hapus mullas (rabarbri, kanarbiku, mustika, kuremarja jt. seemned), kuna leeliseses mullas kasvavate taimede seemned (peamiselt liblikõieliste taimede omad) idanevad rahuldavalt leelise reaktsiooniga mullas. Mõned sooladest, mida leidub mullas, nagu boori, joodi ja mangaani soolad, soodustavad idanevate seemnerakkude plasma paisumist ja vee tungimist selsesse. Samuti omavad tähtsust mullas elutsevad mädarikseened ja bakterid, mis rikuvad seemnete pakse kesti ja soodustavad vee pääsemist seemnetesse ning ühes sellega ka idanemist. Kuid teised mullas pesitsevad parasiit-

bakterid ja -seened võivad põhjustada idandite haigusi ning hävitada need hoopis, nagu seda juhtub igal aastal tõusme- põletiku läbi, mis hävitab lavades palju seemikuid.

Seemnete ettevalmistamine külviks.

„Kuidas külv, nõnda lõikus“ — ütleb eesti vanasõna. See tähendab, et halvast seemnest ei või loota head saaki. Ja kui tahame oma põllu- ja aedvilja saake tõsta, siis peame hoolitsema hea külvisseemne ehk külvisseest.

Mis on hea külvisseeme? Heal külvisseemnel peavad olema järgmised omadused:

1) Hea külvisseeme olgu kõrge idanemis- võimega. Idanemis-% ei tohi langeda alla 97. Seega niisugune seemevili peab olema terve, hästi valminud ja mitte vana.

2) Külvisseeme olgu puhas. Külvis ei tohi sisaldada ei prügi, umbrohtude seemneid ega ka purunenud vilja seemneid. Seemevili tuleb seepärast vastavate puhastus- ja sortimismasinatega enne tarvitamist hoolikalt puhastada. Iga kord pole see sugugi kergesti teostatav, sest paljude kultuurtaimedega kaasuvad juba aastasadu ja -tuhandeid mõned umbrohud, millede seemned on kultuurtaime omadega väga sarnased nii suuruselt, kujult kui ka kaalult, näit. rukkiseemnega — luste, rukkilille seemned, linaseemnega — linatudra ja lina-nälgheina seemned jt.

3) Korralik külvisseeme peab olema kõrge külviväärtusega. Külviväärtus sõltub nii idanemisvõimest kui ka seemne puhtusest. Selle saame, kui seemnete idanemis-% korrutame puhtus-%-ga ning jagame korrutise 100-ga.

$$\text{Külviväärtus} = \frac{\text{idanemis-\%} \cdot \text{puhtus-\%}}{100}$$

Mida kõrgem on külvisseemne külviväärtus, seda parem on külvis.

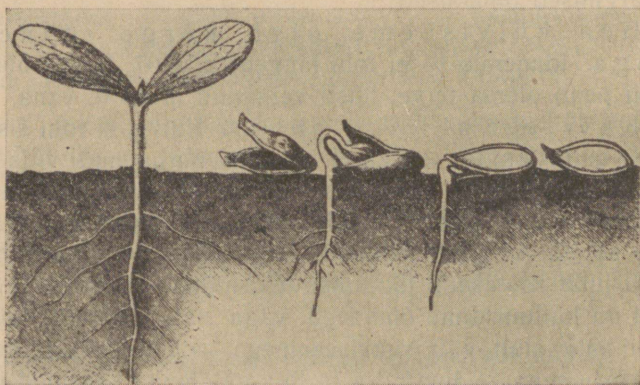
4) Külvisseeme olgu sordiehtne. Saagirohkus oleneb mitte üksnes maaharimisest, maaväetamisest ja külvisseemne kõrgest külviväärtusest, vaid peale selle veel sordi headusest ja vastavusest antud kasvutingimustele. Nii põllu- kui aedtaimedest aretatakse pidevalt uusi ja paremate omadustega seemneid. Neid tuleb taimekasvatajail tunda.

5) Seemned olgu vabad taimehaigustest. Seemnetega võivad levida mitte üksnes sama taimeliigi, vaid ka

hoopis võõraste kultuurtaimede haigused. Põllutaimedest ohustavad kõrsvilju näit. nõgipea, mis levib külvisega. Külvisemne vabastamiseks haigustest tuleb neid puhtida enne külvi vastavate preparaatidega, näit. kuivalt „Ceresaniga“, märjalt 0,25% „Germisani“ või „Uspuluni“ lahusega.

Idandite kasvamine ja arenemine.

Idaneva seemne kest lõhkeb enamasti idujuurekese kohalt. Tekkinud lõhest tungib idujuureke läbi seemnekesta ning suundub raskustungi mõjul otse alla mullasügavusse. Samal ajal sirgub ka



Joon. 21. Kõrvitsaidandi areng.

iduarreke, kuid juurele hoopis vastassuunas. Kaheidulehelistel taimedel ta keerdub enamasti kõveraks ning tungib, kõverdunud osa ette surudes, läbi seemet katvast mullakihist üles valguse poole. Jõudnud mullapinnale, ajab iduarreke enese sirgu ning tõstab idulehed ja pungakese valgusele vastu, jättes seemnekesta sageli hoopis mulla alla. Üheidulehelistel taimedel tungib orana mullast läbi lehekesi ja idupungakest kattev teravatipuline tupp ehk koleoptiil või jälle kokkukeerdunud esimene leht.

Kuni mullapinnale jõudmiseni on taime idu toitnud end toitkudedesse (seemnepoolmetesse, idulehtedesse, endospermi) peidetud varuainetest — tärklisest, valkudest, rasvainetest (ka sooladest), mida ensüümid on muutnud vees lahustuvateks suhkruteks, amiinohapeteks, rasvahapeteks ja glütseriiniks. Viimastest ainetest moodustatakse idurakkude plasmas uuesti valke ja rasvaineid ning

uut plasmat, kuna suurem osa suhkrutest hingamisel kulutatakse energia saavutamiseks. Jõudes valguse kätte puutuvad idu esimesed lehed kokku uue energiaallikaga — päikesevalgusega; selle mõjuil lehed muutuvad varsti rohelisteks ja hakkavad iseseisvalt valgusenergia abil valmistama toiteaineid — tärklisi, suhkrut ja valke. Värvitu ja kahvatu idu on muutunud roheliseladvaliseks idandiks, mis osa tarvilikest toiteainetest suudab ise enesele valmistada.

Paranenud toitlusolude tõttu hakkavad kõik idandi osad kiiremini kasvama, juur ja vars aga ka harunema. Juureharukeste ladvad kattuvad juurekarvakestega, ühes sellega muutub vee ja selles lahustunud mineraaloolade ammutamine mullast üha tugevamaks. Idand saab mullast vett ja mineraalsooli, kuna tema lehed valmistavad orgaanilisi aineid: ta suudab nüüd ennast täiesti iseseisvalt toita ega vaja varuaineid, mis vahepeal seemnest ka viimseni on ära tarvitatud. Idand on muutunud iseseisvaks seemikuks ehk nooreks taimeks.

Kaheidulehelistel taimedel kujuneb idujuur enamikul taimedel peajuureks, millel tekivad külgujuured harudega. Üheidulehelistel taimedel tekib hulk võrdse jämedusega peeni narmasjuuri. Iduvarrekesest tekib taime vars, mis samuti enamikul taimedel haruneb. Varrel ja selle harudel arenevad lehed, hiljemini ka õied ja viljad. Juur, vars ja leht on taime põhielundid. Nende algmed peituvad idus.

III. Taimede koed ja keemiline koostis.

Kudede tekkimine.

Kopvetikas on ainurakne taim. Niitvetikad koosnevad üheaotoliste rakkude reast, mis on tekkinud rakkude ühesuunalisel pooldumisel. Rakud on siin, samuti kui niitseentel, võrdse väärtusega ja täidavad kõiki elutoimeid. Lamevetikate keha on lintjas või pinnakujuline, kusjuures keharakud on enam-vähem võrdse väärtusega. Rakkudel pole siin veel märgata suuremat diferentseerumist ning kohanemist üksikutele toimetele, välja arvatud sugurakud (näit. adrul).

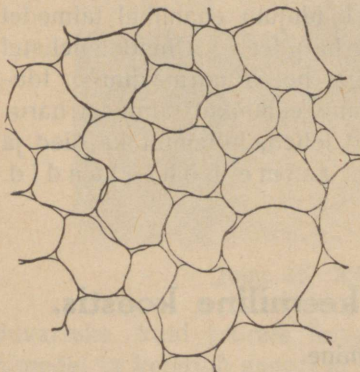
Mandritaimedest on lehtsamalde keha eristunud varreks ja lehtedeks, kusjuures kummagi elundi rakud on erineva kujuga ning mõnevõrra erinevate toimetega. Sõnajalalistel tekivad lehtedesse ja varresse sooned. Õistaimede keha koosneb kol-

mest põhielundist: juurest, varrest ja lehtedest. Iga mainitud elund koosneb mitmest eri kuju ja toimega rakkude rühmast; neid rakkude rühmi nimetatakse kudedeks. Seega koed on kujunenud rakkude kuju ja toimete eristumise ehk diferentseerumise tagajärjel.

Õistaimede kudede liigitamine.

Õistaimede kehad koosnevad kolmesugustest kudedest: ühed koosnevad elavatest ja pooldumisvõimelistest rakkudest, teised — elavatest, kuid pooldumisvõimeta rakkudest ning kolmandad — surnud rakkudest.

a) Esimest, elavatest ja pooldumisvõimelistest rakkudest kudet nimetatakse loovkoeks ehk meristeemiks. See kude esineb puude ja põõsaste kambiumiringis, pungade kasvukuhikutes, juurte tippudes, kõrreliste kasvuvõõtmetes jm. Loovkudede rakud poolduvad enamasti perioodiliselt pikema või lühema aja kestel. Loovkoe rakud on plasmarikkad.



Joon. 22. Parenhüümikude.

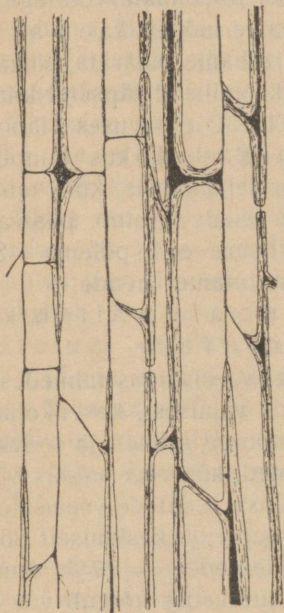
b) Pooldumisvõimeta elusrakkudest koed on nn. püsikoed. Siia kuuluvad: 1) põhikude ehk parenhüümikude, mis koosneb enamasti ümmaratest või paljutahketest lühikestest, enamvähem ühetaolistest ja õhukesekestalistest rakkudest, millede vahele jäävad rakkudevahelised õhuga täidetud ruumid. Põhikudet leiame täitekoena taimevarte keskosades, puutüvedes säsinas ja säsiikiirtenas, viljade, mugulate, juurte ja juurikate toitekoena jne. Nende kudede rakud on plasmavaesed ja suurte vakuoolidega.

2) Teiseks püsikoe vormiks on lehtede pindu, rohtsete varte ja peenemate juurte tipposi kattev katekude, mida lehtede pinnal nimetatakse marrasknahaks ehk epidermiseks, juurte karvakestega kaetud osas — epibleemiks. Katekoerakkude plasma on õhukese kihina surutud rakukesta alla.

3) Püsigude hulka kuulub veel lehtedes esinev pikkadest ja kloroplastide-rikastest rakkudest koosnev s a m m a s k u d e ning õhurikas tohl- ehk kobekude.

c) Surnud rakkudest koosnevad koed on tekkinud elusrakkudest, millede plasma hiljemini rakukestade puitumise või korgistumise tagajärjel on surnud. Siin on aga tugevad rakukestad jäänud

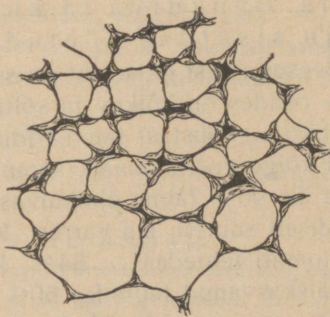
püsima ning need täidavad taimes peamiselt juhtkudedena, tugikudedena ja korkkoena olulisi ülesandeid. Juhtkoe rakkudel on otsmised vaheseinad enamasti kadunud (ensüümi tsütaasi mõjul lahustunud), ja nii on tekkinud torukesed ehk sooned, mida mööda liigub vesi koos selles



Joon. 23.

Rohtse taimevarre tugikude (kollenhüüm), mille rakukestad osaliselt paksenenud ja puitunud. Joon. 23 — pikilõik.

Joon. 24 — samad rakud ristilõigis.



Joon. 24.

lahustunud sooladega. Rakukestad on torukeste sisekülgedel varustatud rõnga- või spiraalikujuste seinapaksendustega. Okaspuudes on juhtkoe rakud teravaotsalised (trahheiidid) ning varustatud koobaspooridega. Tugikoe rakud puutüvedes on pikad, paksukestalised ja teravate otstega. Korgistunud kestadega korkkoe rakud esinevad puutüvede koorepinnal.

Hoopis erinevad on rohttaimede varte tugikoe rakud. Nende rakkude kestad on vaid osaliselt paksenenud, mispärast plasma püsib rakkudes elavana. Seesugust elavatest rakkudest koosnevad tugikudet nimetatakse k o l l e n h ü ü m i k s.

Taimede keemiline koostis.

Et mõista taimede toitumise, kasvamise ja arenemisega seoses olevaid keerukaid nähtusi, peame tundma taime elundite ja nende kudede keemilist koostist, sest need nähtused sõltuvad ainetevahetusest. Selleks tuleb teostada taimeosade keemilist analüüsi. Tutvume alljärgnevalt seesuguse analüüsi lihtsamate võtetega.

Veehulga määramine. Võtame mõnelt kasvavalt taimelt neid osi, millede veesisaldust me tahame määrata, lõikame tükkideks ja kaalume õhukuivas olekus keemilistel täpsetel kaaludel. Edasi kuumutame neid osi 100—110° C palavuses (laboratooriumes on selleks erilised kuivatuskapid, kus temperatuur püsib kõik aeg 105—110° C) portselankausis, kuni taimeosadest kõik vesi ära aurub ning nende kaal muutub püsivaks, kusjuures need osad ei tohi hakata kõrbema ega põlema. Siis kaalume kuivatatud taimeosad ning arvutame nende kuivkaalu. Õhukuiva ja kuivkaalu vahe näitab, kui palju sisaldas võetud taimeosa vett.

Seesugustest katsetest on selgunud, et veesisaldus taimedes ja nende osades on kõikuv ja sõltub taimede vanusest, kasvukohast, ilmastikutingimustest jne. Üldiselt on noored taimed ja loovkoe rakud kõige veerikkamad, samuti veetaimed, kus veesisaldus võib tõusta üle 90% taime õhukuivast toorkaalust. Lehtede veesisaldus on üldiselt suurem kui varres. Kapsa lehtedes on keskmiselt 86% vett, tomati lehtedes — 84%, kõrreliste lehtedes — 77%, õunapuu täiskasvanud lehtedes 60% vett. Puutüvedes kõigub vee % 40—60, seemnetes 6—20 vahel. Üldse on taimede seemned kõige veevaesemad.

Kuivainest põleva osa määramine. Võtame kindla kaaluhulga taimeosa kuivainet (mille saame pärast vee väljaaurutamist), paneme selle kaanega varustatud tiiglisse ning kuumutame seda gaasi- või piiritusetulel 0,5—1 tund nii, et tiigel kõik aeg helendaks. Jahutame tiigli, kaalume selle koos sinna jäänud tuhaga ning arvutame ärapõlenud aine kaalu. Kuumutamisel põleb kuivainest ära süsinik, kuna järele jäävad mineraalained (tuhk). Ka osa lämmastikku võib vee aurutamisel ja kuumutamisel kaotsi minna, mille hulk tuleb määrata erimenetlusega.

Katsetest on selgunud, et taimede kuivaines sisaldab 40% kuni 50% süsinikku.

Mineraalainete määramine. Kuivaine põletamisel järelejäänud tuhk sisaldab mineraalsooli, kus esineb peale

muu veel hapnik. Ühed soolad lahustuvad vees, teised mitte. Valame tuhale tiiglisse destilleeritud vett, segame klaaspulgaga tuha veega segi ning jätame umbes pooleks tunniks seisma. Siis kurname tiigli sisaldise läbi filtri: nüüd lähevad vees lahustuvad soolad koos veega filtrist läbi, kuna filtrile jäävad vees lahustumatud tuhaained (soolad). Mõlemaid osi analüüsitakse üksikasjalikult edasi, kuni leitakse kõik algaained ja määratakse kindlaks nende hulk. Seesuguseid täpseid analüüse tehakse vastavates laboratooriumides, kus on käepärast kõik vajalikud seadmed.

Taimede analüüsides on selgunud, et taimede kuivaine keskmine koostis on: süsinikku 45%, hapnikku 42%, vesinikku 6,5%, lämmastikku 1,5% ja tuhka 5%.

Üldse on aga leitud taimedest kuni 40 algelementi, nendest 20 enamasti kõikides taimedes. Mõned algelemendid esinevad üksikutes taimedes erakordselt suurel määral, näit. siliitsium moodustab raudosja mineraalainete koguhulgast 49,4%, kaltsium 44,1% madala mandlipuu mineraalainetest, alumiinium 39% koldade mineraalainetest, merevetikad sisaldavad üsna rohkesti joodi jne.

Missugustest algelementidest koosneb maisitaimede kuivaine täpse keemilise analüüsi põhjal, seda näeme alljärgnevast tabelist.

Maisitaimede kuivaine koostis.

Juurte, varte, lehtede, viljade jt. kuivkaal 835,9 g	Algelemendid	Kaal g	% kuivkaalust	% iga algelemendi üldhulgast				
				lehtedes	varres	terades	juurtes	viljades
Hapnikku ..	O	371,4	44,431	27,7	23,7	31,8	7,1	9,7
Süsinikku ..	C	364,2	43,569	26,6	24,5	32,0	7,0	9,8
Vesinikku ..	H	52,2	6,244	26,3	22,7	34,8	9,5	6,6
Lämmastikku	N	12,2	1,459	25,0	13,8	46,0	6,3	8,9
Siliitsiumi ..	Si	9,8	1,172	62,3	8,6	0,4	27,6	1,1
Kaaliumi ..	K	7,7	0,921	45,2	32,2	14,2	3,6	4,7
Kaltsiumi ..	Ca	1,9	0,227	58,2	18,0	3,4	19,5	0,9
Fosforit ...	P	1,7	0,203	28,6	10,5	52,3	4,2	4,4
Magneesiumi	Mg	1,5	0,179	32,3	21,0	34,2	6,8	5,6
Väävlit ...	S	1,4	0,167	39,8	22,7	25,8	10,7	1,1
Kloori	Cl	1,2	0,143	42,8	36,9	7,1	5,4	7,8
Alumiiniumi.	Al	0,9	0,107	19,5	2,9	6,7	66,3	4,6
Rauda	Fe	0,7	0,083	23,0	14,6	15,7	44,1	2,7
Mangaani ..	Mn	0,3	0,035	27,9	12,6	33,7	14,9	8,0
Määramata elem.		7,8	0,933	—	—	—	—	—

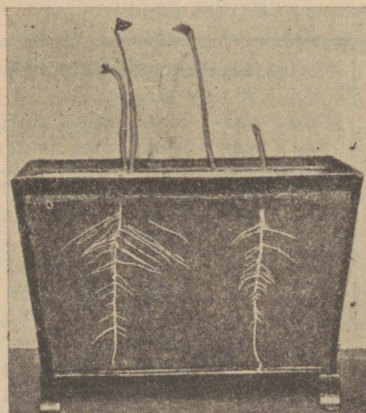
Tabelist näeme, et nn. organogeensed elemendid — süsinik, hapnik ja vesinik — moodustavad 94,2% maisitaimede kuivainest. Need algained esinevad enam-vähem ühesugustes vahekordades kõikides taime osades. Seevastu väiksemal määral leiduvate alg-elementide esinemine mitmesugustes taime elundites pole enam nii korrapärane, vaid neid koguneb kord ühte, kord teise elundisse suuremal määral. Nii leiame maisitaimede juurtes suhteliselt palju alumiiniumi ja rauda, varres kloori, lehtedes — kaaliumi, kaltsiumi ja siliitsiumi, terades — lämmastikku, fosforit ja mangaani.

Ka teiste taimede analüüsid on andnud suhteliselt samasuguseid andmeid süsiniku, hapniku, vesiniku, lämmastiku, väevli, fosfori, K, Ca ja Fe esinemise kohta, mispärast võib arvata, et neid elemente vajavad taimed enam-vähem samasugustes vahekordades ning määral. Need on seega kõikide taimede kasvamisel ja arenemisel paratamatult tarvilikud ained kõikides organites, ja nagu meile eespool selgus, plasma ja valkainete moodustamiseks.

IV. Juur. Vee ja mineraalsoolade ammumine mullast juurte abil.

Juurte välisehitus.

V a a t l u s. Juurte kujust ja nende arenemisest saame kõige parema pildi, kui paneme mõned seemned idanema klaasseintega

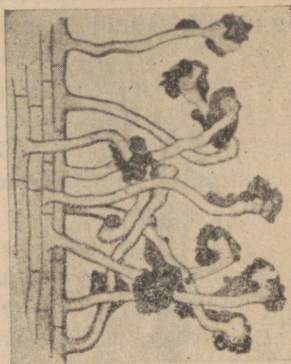


Joon. 25. Kast juurte kasvamise uurimiseks.

kasti (joon. 25), mis allapoole kitsamaks muutub. Täidame niisuguse kasti niiske mullaga, jättes kaane alla varte kasvamiseks umbes 5 cm võrra vaba ruumi. Asetame mõned aedoa seemned ja nisuterised mulda vastu klaasi idanema. Kasvavad juured tungivad otse mullasse ja suruvad endid vastu klaasi, mis võimaldab neid läbi klaasi vaadelda loomulikes kasvutingimustes.

Me näeme, kuidas aedoaal tekib idujuurest p e a j u u r, mis tungib mullasse püstloodis. Sellest harunevad umbes 45° nurga all k ü l g j u u r e d, mis omakorda moodustavad h a r u j u u r i. Nisuterisel seevastu tekib hulk (3—6) peenikesi ja ühejämedusi juuri; nendele lisandub

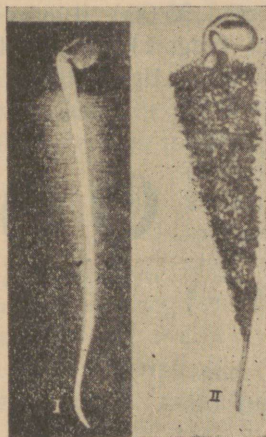
hiljemini veel samasuguseid peenikesi juuri, mida nimetatakse narmasjuurteks. Narmasjuured moodustavad rohkesti harujuuri. Kõik juured ja nende harud kokku moodustavad juurestiku. Aedoa ja nisu juurestik kujundavad kaks eri tüüpi: esimene nendest esineb kaheidulehelistel taimedel, teine üheidulehelistel. Nende vahel võime leida üleminekuid, kus esineb mitu jämedamat peajuurt ja hulk peenemaid narmasjuuri, kus aga peajuur ehk sammasjuur kui niisugune siiski puudub (viljapuude, marjapõõsaste jt. juurestikud, samuti enamiku metsapuude juurestik).



Joon. 26. Juurekarvakesed.

Iga peajuure, külguure, juureharu ja narmasjuure tippu katab tupekujuline moodustis, mida nimetatakse juurekübaraks (joon. 31). Viimane tekib juure tipprakust

selle pideva pooldumise teel. Juurekübara välised rakud on surnud, seesmised aga elavad. Juurekübar on õrnale juuretipule kaitseks mullas edasitungimisel, kusjuures tema välised surnud rakud pidevalt puruks hõõrutakse; nende asemele aga tekivad seestpoolt uued rakud ning juurekübar püsib enam-vähem ühesuurusena.



Joon. 27. Idandi juurekarvakesed.

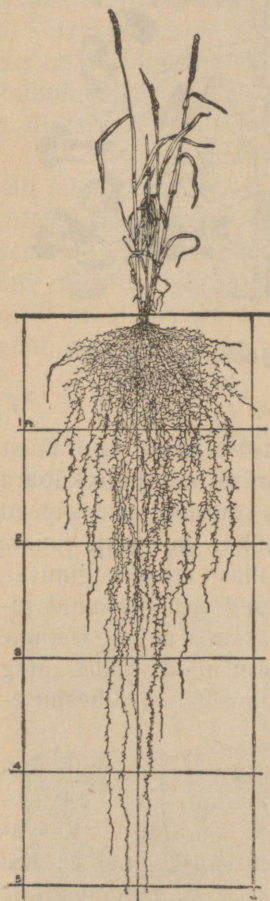
on neid vaadelda luubiga. Teeme aga niisugusest karvakestega kaetud juurest õhukese ristilõigu ja vaatleme seda mikroskoobiga, siis näeme, et iga juurekarvake on juure pindnaha haru (joon. 26 ja 30).

Umbes 1 cm kaugusel juurekübarast kattub juurepind tihedalt juurekarvakestega (joon. 27). Mullas kasvavatel juurtel on neid raske näha. Kui paneme aga nisuterised idanema märjale filterpaberile Petri kaussi ja katame selle kaanega, et kausis püsiks niiske õhk, siis neljandal-viiendal päeval võime näha juurekarvakesi palja silmaga; veel parem

Juurekarvakeste eluiga on lühike ja kestab ainult mõned päevad. Juure tüvepoolses osas surevad ja kuivavad juurekarvakesed pidevalt ja tekivad juure tipupoolsel osal juure edasi kasvades kõik aeg uuesti. Ainult 1 cm ulatuses juuretipust on juured juurekarvakestest vabad. Juurekarvakesed katavad juurepinda väga tihedalt. Kõrsviljade ja maisi juurtel on loendatud neid 1 mm² kuni 700 tükki. Juurekarvakesed suurendavad väga tunduvalt juurestiku imemispinda.

Kui hiiglasuur on taimede juurestik, näitavad ühe teadlase 1937. a. toimetatud uurimised. See teadlane kasvas talirukki taimi suurtes puukastides, ja kui rukkitaimeid hakkasid päid looma ning nende juurestik oli saavutanud maksimaalse ulatuse, ta loendas ning mõõtis kõige suurema hoole ja ettevaatusega kõik taime osad. Talirukki põõsas oli 80-kõrrene puhmik 480 lehega, millede üldine pindala oli 4,5 m². Juurestik aga koosnes 143 I järgu juurest, 35 000 II järgu, 2 300 000 III järgu ning 11 500 000 IV järgu juurest, seega kokku ligi 14 000 000 juurest, millede üldpikkus oli umbes 600 km ja üldpindala 225 m². Sellele lisandus veel umbes 15 000 000 000 juurekarvakest 10 000 km üldpikkusega ja 400 m² pindalaga.

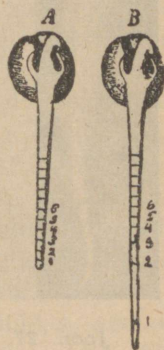
Antud taime maa-pealsete osade pind oli 130 korda maa-aluste osade — juurestiku — pinnast väiksem.



Joon. 28. Nisutaime juurestik ulatub 5 jala sügavuseni.

Juurte kasvamine.

Katse. Juured kasvavad juuretipu ligidalt, mida näeme järgmisest lihtsast katsest. Võtame



Joon. 29. Herne juure kasvamine: A — katse alguses, B — 24 tunni pärast.

2—3 cm pikkuse sirge aedherne või aedoa idu ja tõmbame selle juurele õrnalt tušiga 1 mm-se vahega kriipsud peale, alates juuretipust. 24 tundi märgitud juurt püstloodis niiskes purgis kasvatades märkame, et joonte vahe juuretipul esimesest mm-st alates on veninud mitmekordselt pikemaks.

Juure kasvamisel ilmnevad selgesti rakkude kasvamise kolm eriviisi ehk astet: a) Loovkoe rakkude pooldumine ja kiire paljunemine toimub juuretipus umbes 1 mm ulatuses, kus juure kasv on võrdlemisi väike ja vaevalt märgatav. Rakud on siin tihedalt plasmaga täidetud, võrdlemisi väikesed ja lühikesed.

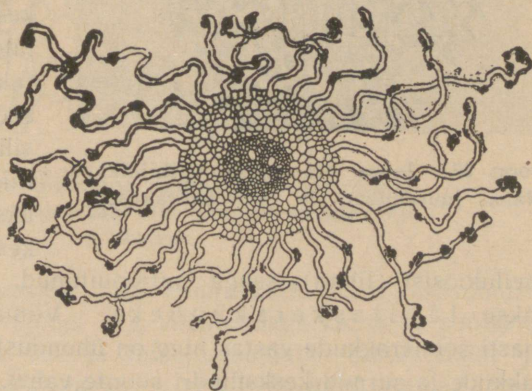
b) Rakkude pikaks venimine esineb juure kiirel kasvuajal ja on eriti intensiivne 3—6 mm piiril juuretipust. Siin rakukestad kasvavad hoogsalt juure pikisuunas; nendes tekib tugev imemisjõud, mispärast nendesse rakkudesse tungib ümbrusest rohkesti vett ja sooli, mis kogunevad rakuõntesse: tekib tugev turgor ja rakud venivad siin pikaks, nendesse tekivad raku-mahlaga täidetud õnsused ning plasma surutakse vastu rakukesta õhukese kihina. Sellel kasvujärgul rakud enam ei pooldu.

c) Rakukestade paksenemine areneb kiiresti kasvava juureosa järel, kus juure kasvamine on jäänud seisma ja juur muutub jämedamaks. Siin on rakkudesse tekkinud üksainus õõs ja plasma asetseb õhukese kihina kesta all. Rakukestad muutuvad paksemaks. Ainult pindnaha rakkude kestad püsivad siin veel õhukestena ja moodustavad juurekarvakesi.

Juure siseehitus.

Vaatlused.

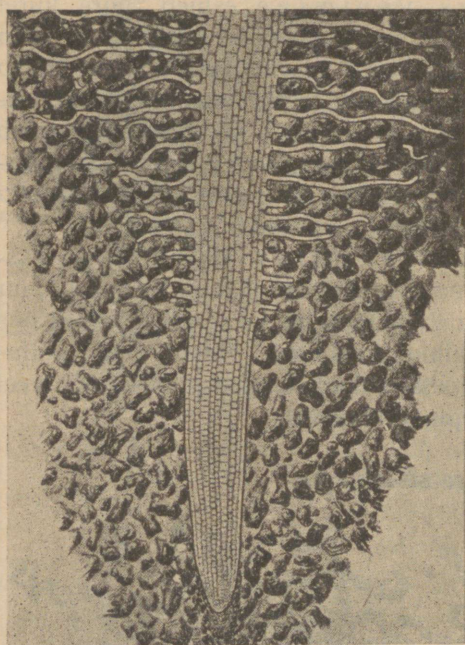
a) Kasvatame laias madalas kaanega varustatud nn. Petri kausis märjal filterpaberil mõned nisuidandid niikaugele, kuni nende juured kattuvad tihedalt juurekarvakestega. Teeme siis juurekarvakestega kaetud juureosast õhukese ristilõigu ning vaat-



Joon. 30. Juure ristilõik.

leme seda nõrgal suurendusel mikroskoobiga. Me võime eristada sellel lõigul selgesti 3 osa: ümberringi on juur kaetud juurekarvakestega; sellele järgneb võrdlemisi ühtlasekoeline juure väline osa — juurekoor ning keskel — juure kesksilinder. Juurekoor ise koosneb elavatest rakkudest, millede vahel võib märgata vahe ruume. Juure kesksilindris näeme üksikuid jämedamaid avasid, mis on soonte ristilõigud.

b) Lõikame sibula juure keskosast õhukese ristilõigu ja vaatleme seda mikroskoobiga 300- kuni 500-kordsel suurendusel. Pöörame



Joon. 31. Juure ots mullas (pikilõik). Näha juurekübar ja juurekarvakesed.

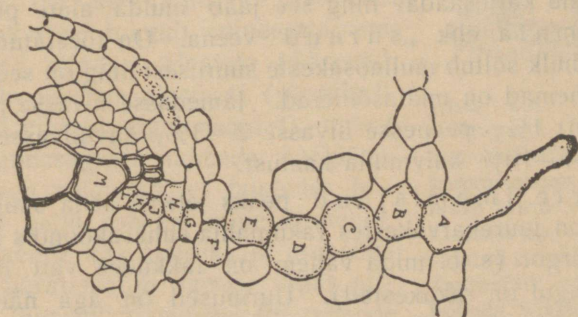
erilist tähelepanu juure kesksilindri osale. Et üksikasju paremini eraldada, värvime preparaadi kontsentr. HCl + floriglutsiiniga ja kloor-tsinkjoodiga. Nüüd näeme, et kesksilindrit piirab puitunud (punaseks värvunud) kestade rakkude rõngas (endodermis). Ka jämedate valendustega soonterakkude seinad on puitunud (punased). Kõik muude kudede rakkude seinad nii koos kui kesksilindris on aga tseluloosist (lillad) ja need rakud seega elus. Silmitsedes terasemalt kesksilindrit piiravat rakkude ringi võime näha selles üksikuid rakke, millede kestad on õhukesed ja

tselluloosist (lillad), seega mitte puitunud. Neid rakke nimetatakse läbilaskerakkudeks. Viimased asetsevad enamasti soonterakkude vastas ning on ühendusteedeks elavate koorerakkude ja surnud kesksilindri soonte vahel. Saarekestena soonte vahel asetsevad juure kesksilindris niineosad.

Uurimiste kaudu on selgitatud, et kesksilindri sooni mööda liiguvad vesi ja mineraalained juurtest edasi vartesse, niineosade kaudu aga suhkur ja muud orgaanilised toiteained lehtedest ja vartest alla juurtesse — kasvavatele juureosadele toiduks. Vee ja mineraalsoolade vastuvõtjaiks mullast on aga juurekarvakesed (väheisel määral ka karvakesteta elusrakkudest koosnev kasvav juureosa).

Vee ja mineraalsoolade vastuvõtmine mullast juurte abil.

Juurte peaülesanne seisab mullast vee ja mineraalsoolade vastuvõtmises ja nende edasitoimetamises varresse. Nagu eespool mainitud, toimub vee ja soolade vastuvõtmine peamiselt juurekarvakeste kaudu. Vesi tungib mullast juurekarvakeste rakuõõnde läbi rakuplasma osmootsel teel, nagu sellest kuulsime eespool, sest juurekarvakeste rakumahl sisaldab osmootselt aktiivset ainet — suhkrut. Koos veega pääsevad juurtesse ka vees lahustunud soolad. Katseliselt on tõestatud, et suhkrukoondis juure rakkudes tõuseb pidevalt juure kesksilindri suunas, mispärast



Joon. 32. Vee liikumine juurekarvakesest juure kesksilindri soonesse läbi elusrakkude tähtede järjekorras.

vesi liigub juurekarvakestest läbi elusrakkude juure kesksilindris leiduvatesse soontesse (joon. 32), viies endaga kaasa ka soolaid. Nii toimub üldjoontes vee ja mineraalsoolade vastuvõtmine ja edasitoimetamine. Üksikasjades on aga kõik need toimed palju keerukamad. Peatume seepärast mõne üksikasja juures.

Kõigepealt tuleb silmas pidada, et vesi pole mullas vabalt, vaid seotult; teda hoiavad seal kinni mitmed jõud: a) iga pisim mullasõmerake on kaetud õhema või paksema veekihiga, mida seal kinni hoiab mullaosakeste adsorptsioonijõud; b) hulk aineid on mullas kolloidses olekus; iga kolloidosaie samuti on kaetud veemolekulidega; peale selle kolloidid neelavad hulk paisumisvett enestesse; seega kolloididega seotud vesi on mullas kinni; c) mullaosakeste vahele jäävad pisikesed poorid, mida mööda liigub nn. kapillaarne vesi ja kerkib alumistest mullakihtidest kõrgematesse; seegi vesi pole päris vaba, vaid on seotud pooride seinte külge kapillaarsete jõududega. Ainult osa vihmavett, mis raskustungi mõjul valgub mullasse, on seal vabas olekus. Et seotud vesi võiks pääseda mullast juurekarvakestesse ja juurtesse, peavad juurekarvakesed vett mullast jõuga imema, kusjuures imemisjõud peab olema tugevam vett mullas kinnihoidvatest jõududest. Katsetelisel on tõestatud, et juurte imemisjõud ei suuda kunagi ületada kõiki vett mullas kinnihoidvaid jõude ja et seega juured ei suuda kunagi kätte saada mullast kõike vett. Juurtesse pääseb vabalt mullas voolav vihma- või kastmisvesi, peale selle kapillaarne vesi, sest kapillaarsed jõud on nõrgad. Suurem osa kolloididega seotud ja mullaosakesi katvast veest pole aga juurtele kättesaadav ning see jääb mulda alati püsima nn. kasutamata ehk „surnud“ veena. On tõestatud, et „surnud“ vee hulk sõltub mullaosakeste suurusest ning on seda suurem, mida peenemad on mullasõmerad. Jämedasse liivasse jääb kasutamata vett 1%, peenesse liivasse 2—3%, saviliivasse 5—10%, sausesse 14—16% kuivmulla kaalust.

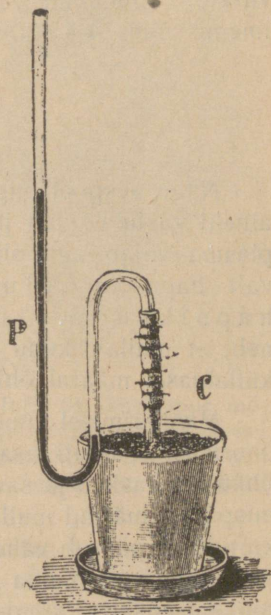
Juurte imemisjõud peaks olema seda suurem, mida tugevam on juurekarvakestes rakumahla suhkrukoondis ning mida nõrgem turgor (s. o. mida vähem on rakkudes vett ning mida vähem pingul on rakukestad). Uurimised on aga näidanud, et suhkrukoondis juurekarvakeste rakumahas pole üldiselt kuigi kõrge ja et juurekarvakeste imemisjõud on hoopis nõrk. Pealegi see imemisjõud võib juurekarvakestes kõikuda ühe ja sama suhkrukoondise puhul. Sellele vaatamata, et imemisjõud on juurekarvakestes koguni väike, imevad juured vett mullast siiski tugeva jõuga, saades selleks lisajõudu lehtede imemisjõust, mis tekib vee aurumisel lehtedest ja on tähtsamaks vee tõstejõuks taimedes. (Sellest kuuleme lk. 68, ptk-s „Transpiratsioon“).

Juured mitte ainult imevad vett ja soolalahuseid mullast, vaid nad pumpavad neid sooni mööda edasi. Seda näeme kevadel mahalõigatud puude kändude juures, kus kändud „nutavad“. Juurte survejõudu saame aga ka kergesti määrata, kui lõikame mõnel potitaimel, näit. fuksial, maha varre ning ühendame selle kummivooliku abil elavhõbe-manomeetriga, nagu näidatud joon. 33.

Vee edasisurumine juurtes ehk juurerõhk pole seni veel üksmeelset seletust leidnud. Mõned teadlased peavad siin oluliseks teguriks juure kesksilindrit piiravas rakkuderingis (endodermis) leiduvaid läbilaskerakke, mis vett ja soolalahuseid ainult ühes suunas — kesksilindrisesse — läbi lasevad ja soontesse edasi suruvad.

Ka mineraalainete vastuvõtmine ehk õigemini nende ainete juurtesse pääsemine on samuti küllalt keerukas. On selgitatud, et taimede juurekarvakestes toimub mineraalainete valik: ühed nendest ainetest pääsevad läbi juurekarvakeste plasmast (peamiselt taimetele tarvilikud algelemendid), teised mitte. Mitmesuguste taimede analüüsides on aga selgunud, et taimedes leidub siiski palju rohkem mineraalaineid, kui seda nende kasvamiseks ja arenemiseks on paratamatult tarvis. Miks niisuguseid „liigseid“ aineid mõnede taimede poolt suuremal, teiste poolt väiksemal määral vastu võetakse ja kuidas need ained üldse taimedesse pääsevad, need on veel lahtised küsimused. On leitud, et mõned kõrvalise tähtsusega mineraalained pääsevad ühel juhul ainult juurtesse, teisel juhul aga juurtest edasi ka varresse ja lehtedesse.

Viimasel ajal on leitud, et mineraalainete vastuvõtmisel juurekarvakeste kaudu on suure tähtsusega juurte hingamise intensiivsus, seega vaba hapniku hulk, mis pääseb juurteni.



Joon. 33. Juurerõhu määramine elavhõbe-manomeetriga. C — kummitoruga ühendatakse taime vars kõvera klaastoruga, kuhu on valatud elavhõbedat (P). Juurerõhk surub elavhõbeda klaastorus üles.

Juhul, kui juured võivad hingata intensiivsemalt, suudavad nad vett ja mineraalaineid rohkem vastu võtta kui siis, kui hapniku juurdepääs juurtesse on puudulik.

Ka t e m p e r a t u u r avaldab suurt mõju juurte imevale tegevusele: külmunud vesi ei pääse juurtesse, 0° juures on juurte imemisvõime 4—7 korda nõrgem kui 20° C juures.

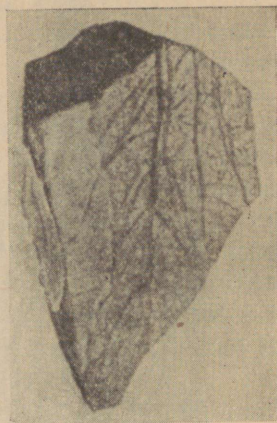
Juurte hingamine.

Nagu eespool nägime, koosnevad aktiivselt vett ja mineraalaineid vastu võtvad juurte osad elavatest rakkudest. Elav raku plasma vajab aga ainetevahetusel energia saavutamiseks pidevalt hapnikku: elusrakud hingavad — neelavad hapnikku ja eritavad süsihappegaasi. Siit järgneb, et mullas, kuhu ulatuvad elavad juurte osad, peab leiduma küllaldasel määral õhku.

Maaharimisel kündmise või kaevamisega kohendatud muld on õhurikas. Samuti sisaldavad kergemad liivarikkad mullad rohkem õhku kui rasked ja savikad mullad. Vesi surub mullast õhu välja, mispärast märjad mullad on õhuvaesed. Ka sügavamatesse mullakihtidesse pääseb vähem õhku. Mõnede taimeliikide juured tungivad sügavasse mulda (tamm, mänd), kust nad võivad ammutada rohkem niiskust, nende juured peavad aga leppima väiksema õhuhulgaga, hingama nõrgemini ning kasvama aeglasemalt. Teiste taimeliikide juurestikud arenevad mullapinna ligidal: nende juured vajavad rohkem hapnikku, hingavad ja kasvavad kiiremini ning kannatavad sageli veepuudust (kuusk, kask). Nii on taimeliikide juured kohanenud suurema või väiksema hapnikutarvituse võimalustele. Ka ühe ja sama taime juured ei saa hapnikku võrdsel määral, sest ühed juured asetsevad mullas sügavamal, teised madalamal.

Seda taimede juurte erinevat hapnikutarvet tuleb silmas pidada puude ümberistutamisel. Ümberistutamisel ei või matta puude juuri sügavamale mulda, kui need kasvasid enne istutamist, ega jätta ka kõrgemale: iga puu peab pärast ümberistutamist ja mulla vajumist jääma võimalikult niisama sügavalt mullasse, kui ta oli enne, sest siis võivad juured edasi kasvada endistes õhuhapniku tingimustes. Samuti ei või matta külviseemet, nagu eespool mainitud, liiga sügavale mulda.

Taimejuured eritavad hingamisel süsihappegaasi, mis ühine- des mullaveega moodustab süsihappe (H_2CO_3). Kuigi see hape on üsnä nõrk, suudab ta lahustada mõningaid vees lahustumatuid soola- sid ja muuta need taimejuurtele kätte- saadavaiks. Kui asetame poti põhja tüki poleeritud marmorit ja selle paari kuu pärast sealt välja võtame, näeme marmori poleeritud pinnas selgesti vaokesi, mille- del on juurte kuju: juurte kohalt on süsi- happe mõjul marmor lahustunud. Peale lubja ja marmori ($CaCO_3$) lahustab süsi- hape veel vähesel määral fosforiiti [$Ca_3(PO_4)_2$].



Mullabakterid, mügarbakterid ja mükoriisa.

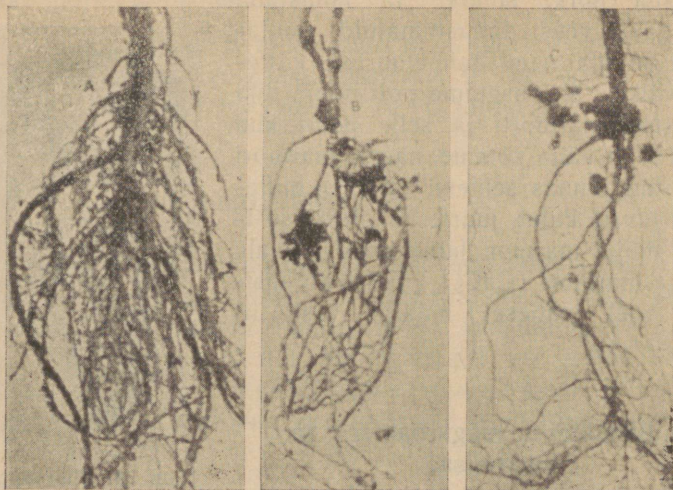
Mullabakterid. Mullas on palju bakte- rite liike ja nende üldarv on loendamatu. Põllumajanduses ja aianduses on tähtsad niisugused, mis toimetavad mullas leiduvate orgaaniliste ainete (huumuse) lagundamist ning mineraliseeri- mist. Sel teel vabanevad mitmed taimede toitumisel vajalikud mineraalsoolad, lahustuvad mullavees ja pääsevad juurte kaudu taimedesse. Teised bakterid tekitavad mullas käärimist, mis- puhul vabanevad orgaanilised happed (peamiselt piimahape), mis lahustavad vees lahustumatuid soolasid ja teevad need taimedele kättesaadavaiks. Kolman- dad bakterid seovad õhu lämmastikku käärimisel vabaneva vesini- kuga ning moodustavad ammoniaagi (NH_3), mis on taimedele tähtsaks lämmastikuallikaks. Neljandad ja viiendad muudavad ammoniaagi salpeetris- ja edasi salpeeterhappeks; need happed moodustavad mullas leiduvate Na, K, Ca-ga ühinemisel väärtuslikke toitesooli.

Joon. 34. Süsihappe mõ- jul tekkinud vaokese- poleeritud marmoritükil kohastikku juurtega.

Siit näeme, et mullabakteriteta mulla orgaanilised ained ei lagunduks, muld ei kääriks ega küpseks, paljud mineraal- soolad oleksid taimedele juurte kaudu kättesaamatud jne. Seepärast ei edene taimekasv ka kuumutatud mullas, milles bakterid on surma- tud (näit. uudismaal kohe pärast alepõletamist).

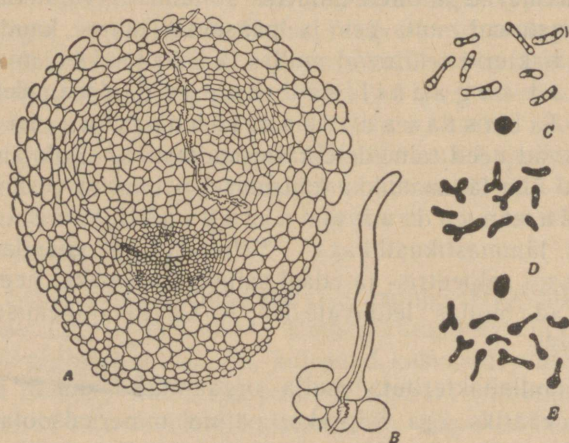
Exhib. univ. Ta

Mügarbakterid. Kui kaevame mullast üles ükskõik missuguse liblikõielise taime, siis märkame selle juurte küljes väiksemaid või



A **B** **C**
Joon. 35. Mügarbakterid: *A* — ristikul, *B* — lillhernel, *C* — sojaoal.

suuremaid mügarikke. Tehes niisugusest mügarast õhukese lõigu ja vaadeldes seda mikroskoobiga umbes 1000-kordsel suurendusel



Joon. 36. Viki-
taime juuremügara
ristilõik (*A*). *B* —
mügarbakterid
tungivad juure-
karvakese kaudu
juuresse. *C* — lut-
serni mügarbakte-
rid, *D* — herne
omad ja *E* — pu-
nase ristiku mü-
garbakterid.

näeme, et iga rakk on tulvil pisikesi kehakesi — baktereid. Need bakterid võivad kasutada õhu lämmas-

tikku endile valkude valmistamiseks. Algul mügarbakterid elavad parasiitidena juuremügarates; hiljemini saavad aga ka taimed osa nendest lämmastikuühenditest, mida mügarbakterid valmistavad. Lõpuks aga, kui liblikõielised taimed surevad või nende pealsed põllult ära koristatakse ja muld ümber küntakse, sureb ka enamik mügarbaktereid, kusjuures nende kehakestes peituvad lämmastikained ja muud orgaanilised ühendid jäävad mullasse. Nii varustavad liblikõielised taimed mulda peamiselt lämmastikusooladega. Seepärast kasutatakse neid taimi sageli roheline väetisena (lupiin, mesikas, lutsern, vikk) ja küntakse mullasse. Et aga bakterid elavad ja paljunevad hästi leeliseses mullas, siis ka liblikõielised taimed kasvavad paremini lubjarikastel pinnastel. Liblikõielised taimed, suutes ise valmistada õhulämmastikust lämmastikuühendeid, ei vaja lämmastikainetega (laudasõnnik, lämmastikusoolad) mulla väetamist ning neid võib aias kui ka põllul kasvatada lahjematel muldadel (III või IV põllul).

Mükoriisa. Paljude metsapuude ja -põõsaste juurtel või juurtetes elavad seeneniidikased, mis mõnel juhul katavad juurepinda samuti nagu juurekarvakesed. Uurimised on selgitanud, et kuigi need seeneniidikased elutsevad osalt juurekudede kulul, ei tule neid seeni siiski võtta parasiit- ehk nugiolestena tavalises mõttes. Kui eraldada niisugused seeneniidikased juurtelt, siis taimede kasv



Joon. 37. Mükoriisa käpalise käokeele juurtetes.

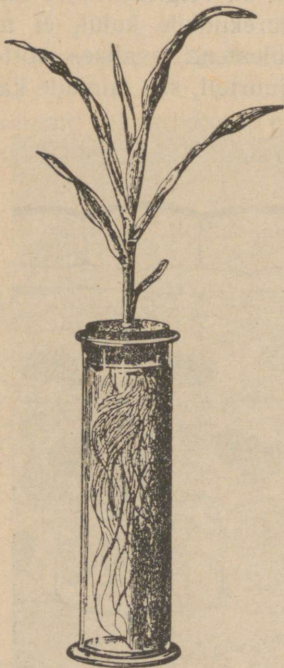
jääb kiduramaks. Järelikult on seemned antud juhul taimetele kasulikud: nad aitavad taimejuuri vee ja toitesoolade ammutamisel. Niisugust nähtust, kus kaks olest koos elades teineteist aitavad ja vastastikku kasulikud on, nimetatakse s ü m b i o o s i k s.

Taimejuurtel elutsevaid seeni nimetatakse m ü k o r i i s a k s (s. o. juureseenteks) (joon. 37). Et seemned elutsevad hapus keskkonnas, siis esineb mükoriisa peamiselt hapudel soomuldadel kasvavate taimede juurtel (näit. leppadel), toores ja hapus huumuses kasvavatel juurtel (kuusk), aga ka hapul liivmullal kasvavate taimede juurtel (kanarbik jt.), tungides osa niidikestega juurekoesse ning varustades end sel teel orgaaniliste toiteainetega.

Mullabakterid, mügarbakterid ja mükoriisa aitavad taimede juurtel ammutada mullast vett ja mineraalaineid.

Missugused ained on taimedele kasvamiseks ja arenemiseks tarvilikud?

Mitmesuguste taimede analüüsides on selgunud, et taimed sisaldavad kuni 40 algainet. Tekib küsimus, kas kõik taimedes esinevad ained on nende kasvamiseks ja arenemiseks paratamatult tarvilikud ning missugused on need ained, milleta taimed läbi ei saa?



Joon. 38. Vesikultuur.

Et vastata nendele küsimustele, selleks kasvatatakse taimi kunstlikult valmistatud toiteainete lahustes, kusjuures on võimalik proovida kõiki aineid ning selgitada, kas üks või teine nendest on taimetele kasvamiseks tarvilik või mitte.

Kunstlikest taimekasvatuse viisidest on tähtsamad järgmised:

Vesikultuurid. Siin kasutatakse mulla asemel taimede kasvatamisel puhastatud (destilleeritud) vett, millele lisandatakse toitesooli. Toitelahused valatakse klaasanumatesse, millede suurus võib olla mitmesugune: mida suuremad anumad, seda rohkem mahub sinna toitelahust ja seda paremini arenevad taimed. Teaduslike katsete puhul kasutatakse kuni 100 l anumaid,

harilikel katsetel 3- kuni 10-liitriseid (joon. 38). Anum kaetakse kaanega, millesse on tehtud 3 ava: üks keset kaant — kasvata-tava taime jaoks, teine — kepi jaoks, mille külge kinnitatakse nõrgad taimevarred, ja kolmas, et toitelahuse õhustamiseks vasta-vat õhustustoru läbi pista. Taimeidand kinnitatakse puhta puuvilla abil suuremasse kaaneavasse nii, et selle juur ulatuks toitela-husse. Et toitelahuses leiduks küllaldaselt hapnikku juurte hinga-miseks, õhustatakse lahust iga päev 1—2 korda, kusjuures õhk puhastatakse enne lahustesse pumpamist tolmust ja pisikutest, mis lahustes võivad hakata elama ning katsete käiku mõjustada. Liht-sam õhupuhastusviis on õhu kurnamine läbi steriliseeritud puu-villa, mida asetatakse õhustustorusse.

Lihtsaimad vesikultuuride lahused koosnevad järgmistest toite-sooladest. 1) K n o p i l a h u s: iga liitri destill. vee kohta võe-takse järgmisi soolaid: fosforhappekaaliumi (KH_2PO_4) 0,25 g, lubisalpeetrit [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$] 1,00 g, magneesiumsulfaati (MgSO_4) 0,25 g ning mõni tilk fosforhapperaua [$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$] lahust.

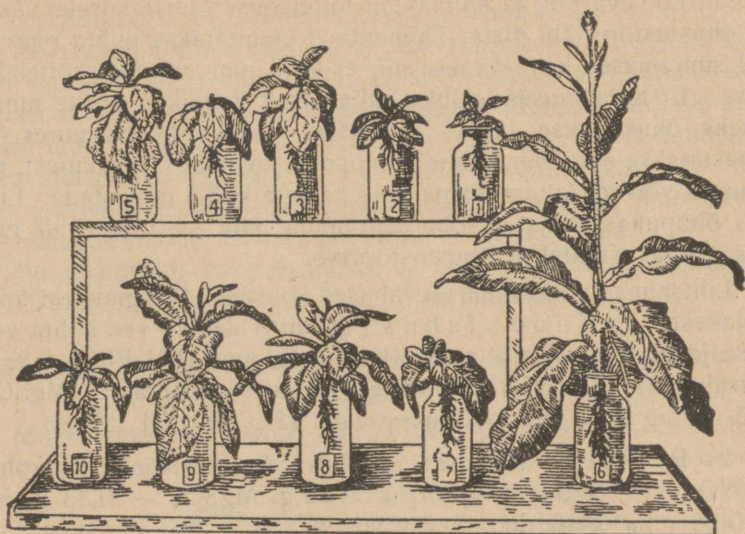
2) P f e f f e r i l a h u s: iga liitri destilleeritud vee kohta: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ — 0,33 g, KH_2PO_4 — 0,33 g, MgSO_4 — 0,33 g, KCl — 0,16 g ja 3—6 tilka FeCl_3 lahust.

3) V a n d e r C r o n e l a h u s: 1 liitri destill. vee kohta: KNO_3 — 1,0 g, CaSO_4 — 0,5 g, MgSO_4 — 0,5 g, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ — 0,25 g, $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ — 0,25 g.

Toodud soolalahustes on kasvatatud väga mitmesuguseid taimi kuni viljade valmimiseni. Järelikult need lahused peavad sisaldama kõiki taimede kasvamiseks ja arenemiseks vajalikke alg-aineid. Tegelikult need lahused sisaldavad vett (H_2O) ja 7 alg-ainet: lämmastikku (N), fosforit (P), väävlit (S), kaaliumi (K), kaltsiumi (Ca), magneesiumi (Mg) ja rauda (Fe) [Pfefferi lahusele lisaks veel kloori (Cl), kuid et see teistes lahustes puudub, siis saavad taimed nähtavasti selleta läbi]. Nendest katsetest nähtub, nagu vajaksid taimed kõigest 9 algainet mullast (nende hulgas puudub süsinik). Kui aga jätta ükskõik missugune loeteldud algaine nendest sooladest välja, siis taimed ei arene enam normaalselt ja hakkavad kiratsema. Järelikult on kõik need üheksa algementi taimede kasvamiseks paratamatult tarvilikud (joon. 39).

Uemal ajal on vesikultuure muudetud selles mõttes, et toite-lahuseid lastakse pidevalt anumast läbi voolata. Niisuguseid jooksva toitelahuse kultuure pole tarvis õhustada, nad püsivad alati puhtad ja värsked ja taimed arenevad ning kas-

vavad nendes jõudsamini ja paremini kui tavalistes vesikultuurides. Siingi on kasutatud samasuguse koondisega toitelahuseid nagu tavaliste vesikultuuride puhul.



Joon. 39. Tubaka vesikultuur täielikus toitelahuses (6) ja ilma üksikute elementideta: 1 — ilma N, 2 — ilma P, 3 — ilma K, 4 — ilma Ca, 5 — ilma Mg, 6 — täielikus toitelahuses, 7 — ilma B, 8 — ilma S, 9 — ilma Mn, 10 — ilma Fe.

Vesikultuurid näitavad, et muld kui niisugune pole taimede kasvatamisel sugugi paratamatult tarvilik ja seda võib hoopis ära jätta. Taimed vajavad kasvamiseks ja arenemiseks vett ning mineraalsoolaid.

Liivkultuurid. Vesikultuurides võidakse kasvatada ainult üksikuid taimi. Loomulikult valitakse selleks tugevamad idandid. See võib aga moonutada katsetulemusi, sest pole võimalik võrrelda lahuste mõju nõrgemate taimede kasvule. Mainitud puuduse kõrvaldamiseks on hakatud taimi kasvatama emailitud metallpottides, mis täidetakse puhastatud (lābikuumutatud) liivaga. Pottidesse istutatakse või külitakse mitukümmend taime; liiva kastetakse toitesoolade vesilahusega. Liivkultuuride taimed kasvavad loomulikuma isingimustes, hoiduvad ise pūsti ega vaja alati tugemist. Taimi on pottidest koos juurtega võimalik kergesti kätte saada, kui on tarvis analüüsida või mõõta neid. Seepärast kasutatakse täna-

päeval puhtaid räniliivkultuure peaaegu kõikides põllumajanduslikes ja aianduslikes katsejaamades märksa suuremal arvul kui vesikultuure (joon. 40).

Ka liivkultuuride kaudu on selgitatud, et taimed vajavad siin kasvamiseks vaid vett ja 7 algainet.

Kõige uuemal ajal on aga algelementide määramise meetodid väga palju täienenud. On kasutamisele võetud spektraalanalüütilised võtted, millede abil on võimalik kindlaks määrata algelementide kõige pisemaid hulki. Seesuguste menetlustega taimede kultuurides kasutatavaid toitelahuseid uurides leiti, et need sisaldavad palju rohkem algelemente kui seni arvati. Lisaks veele ja 7 algelemendile leiti toitelahustes vähesel määral veel mangaani (Mn), boori (B), joodi (J) ja siliitsiumi (Si), üsna sageli ka kloori (Cl), alumiiiniumi (Al) jt. algaaineid.

Tekkis kohe küsimus, kust siis need algaained toitelahustesse olid pääsenud, kuna neid keegi sinna polnud viinud? Järeleproovimistel selgus, et ühed nendest on pääsenud lahustesse koos teiste sooladega (mangaan, jood), sest ka „keemiliselt puhtad“ soolad, mida katsetel kasutati, pole tavaliselt päris puhtad. Teiseks lisaainete allikaks osutusid seemnete toidutagavarad (vt. eespool-toodud maisitaimede kuivaine analüüsi tabelit!) ning kolmandaks — anumate klaasseinad, milledest pääsesid lahustesse boor, siliitsium jt. ained.



Joon. 40. Väetuskatsed liivkultuuridega.

Ja kui edaspidi koostati vesikultuuride lahused tõesti puhas-
test sooladest, kus eespool-mainitud lisaained puudusid, ja kaeti
anumate seinad parafiinikihiga või võeti katseteks plaatinast anu-
mad, siis selgus, et taimede kasvamiseks ja normaalseks arenemi-
seks ei piisanud destilleeritud veest ja 7 algelemendist, vaid sinna

tuli lisandada veel pisut mangaani, boori, joodi, siliitsiumi, kloori, mõnel juhul ka alumiiniumi jt. algaineid. Seega suureneb taimede kasvamiseks ja arenemiseks vajalike algelementide hulk 13—15-ni, mõne taime puhul kuni 20-ni.

Milleks kulutavad taimed mitmesuguseid algaineid?

Seda küsimust on suudetud selgitada kunstlike taimekultuuride ja kasvatatud taimede täpse analüüsi kaudu.

Süsinikku (C) ei ammuta taimed mullast, vaid õhust (see selgub lehtede toimetega tutvumisel). Süsinik on olulisem taimedes leiduv algaine, ta moodustab umbes 45% taime kuivainest. Ta esineb rakuplasmas, rakukestas, tärklises, suhkrus, õlides ja kõikides orgaanilistes ainetes.

Hapnik (O) ja **vesinik (H)** moodustavad vee ning on sellena taimedele asendamatuks aineks. Peale selle kulub hapnikku elusrakkude hingamisel. Hapnik ja vesinik esinevad rakuplasmas, rakumahlas, kõikides süsivesikutes, rasvades, õlides, valkudes jm.

Lämmastik (N) kuulub rakuplasma ja valkude algelementide hulka. Lämmastikuta ei saa läbi ükski elus rakk, elus taim ega selle kasvavad osad.

Fosfor (P) esineb plasmas ja eriti rakutuumades. Ta on tarvilik kõikides elusrakkudes ja loovkudedes. Rohkesti fosforit sisaldavad viljad ja seemned, samuti on ta vajalik õite moodustamisel kui ka tärklise tekkimisel rohelistes kloroplastides.

Väävel (S) on valkude ja plasma algosis. Väävlit sisaldavad väetusained soodustavad muide juurekarvakeste tugevamat arenemist ja liblikõielistel taimedel juuremügarates jõulist mügarbakterite paljunemist. Tarvilik leherohelise ehk klorofüllü moodustamisel.

Kaalium (K) — plasma algosis; teda leidub kõikjal loovkudedes ja ta soodustab rakkude paljunemist (arvatakse, et oma radioaktiivsuse tõttu). Tarvilik süsiniku sarnastamisel.

Kaltsium (Ca) esineb suuremal määral lehtedes, kus on tarvilik süsivesikute moodustamisel (tärklis, suhkur) kui ka nende ainete ümbermuutmisel. Neutraliseerib taimedes tekkivaid mürgiseid happeid (oblikahapet jt.).

Magneesium (Mg) — leherohelise algosis; tasakaalustab K ja Na toimet. Esineb kõikides loovkudedes, lehtedes ja seemnetes.

Naatrium (Na) esineb peamiselt rannaäärsetes soolakutaimedes, vähesel määral ka muudes taimedes. Oma toimelt sarnaneb kaaliumiga. Toime avaldub enamasti koos Ca-ga.

Raud (Fe) on tarvilik leherohelise moodustamisel, kuigi ta selles aines ise ei esine. Raua puudumisel (näit. leeliseses mullas) tekib taimedel kloroos ehk lehtede kolletumine. Etendab tähtsat osa rakkude hingamisel.

Siliitsium (Si) esineb suuremal määral kõrreliste vartes ja lehtedes, andes neile tugevust ning muutes neid vastupidavaiks kahjuritele kui ka taimehaigustele.

Boori (B) leidub kõikides taimedes vähesel hulgal, suuremal määral aga liblikõielistes ja paksulehelistes. Boorita arenevad taimed ebanormaalselt. Soodustab liblikõieliste juurtel mügarbakterite tegevust. Mõjub väga nõrgas koondises (1 : 12 000 000 kuni 1 : 25 000).

Joodi (J) sisaldavad rohkemal määral merevetikad, milledest muide joodi toodetakse. Hoopis väikestes koondistes ta soodustab ka maismaa taimede kasvamist ja arenemist. Et tšiili salpeeter sisaldab joodi, võib arvata, et osa tšiili salpetri soodsast toimest taimede kasvule langeb joodi arvele. Toime üksikasjad on tundmata.

Kloor (Cl) esineb ebaühtlaselt mitmesugustes taimeliikides: rohkesti on teda okaspuudes, vähesel määral kõikide taimede seemnetes ja rakumahlas. Soodustab taimede kasvu üldiselt. Toime üksikasjad seni tundmata.

Mangaan (Mn) on tarvilik viljade valmimisel ja seemnete tekimisel. Soodustab ainetevahetust rakkudes õige nõrgas koondises (1 : 50 000 000 kuni 1 : 100 000).

Alumiinium (Al) on ebaühtlase esinemisega: ühtedes taimedes leidub teda rohkesti (kollad, tubakas), teistes vähesel hulgal. Soodustab juurekarvakeste arenemist ja tekkimist ning ensüümide tegevust.

Teiste algelementide suhtes, mis taimedes leitud, puuduvad seni üksikasjalisemad andmed nende kasutamise ja mõju kohta.

Mullastik ja selle tähtsus kultuurtaimede kasvatamisel.

Eespool nägime, et taimi võib kasvatada ka mullata; sellele vaatamata osutub muld siiski kõige soodsamaks ja otstarbekamaks aluspinnaks nii taimede kasvamisel kui kasvatamisel.

Mulla koostis ja omadused. Muld on kivimite murenemisel ja orgaaniliste jäätmete lagunemisel tekkinud maakera koore pealmine kiht, milles kasvavad taimede juured. Seega koosneb muld kahest osast:

a) **Mineraalainetest**, mis võivad olla peenema- või jämedamateralsed, osalt vees lahustuvad, enamikus aga lahustumatud. Lahustuvate soolade hulk kõigub mullas 0,1—1,0% vahel.

Mulla mineraalosa koosneb kruusast, liivast ja savist, millele lisandub lupja, fosfori- ja väävelhappe-sooli. Nendest on tähtsamad liiv ja savi, millede hulga järgi mullad jagunevad liivmullaks, saviliivmullaks, liivsavimullaks ning savimullaks. Nendest muldadest on saviliiv- ja liivsavimullad kultuurtaimede kasvatamiseks kõige soodsamad, sest nad sisaldavad küllaldaselt toitesooli, hoiavad hästi kinni vett ning lasevad vajalikul määral õhku läbi. Seevastu liivmuld on liiga kuiv ega pea küllaldaselt vett kinni, savimuld aga laseb raskesti õhku läbi, peab liigselt vett kinni ja on külm. Liivmulda saab parandada savi lisandamisega, savimulda — liiva abil. Mineraalainete hulka kuulub ka vesi.

b) **Orgaaniliste ainete laguproduktidest**, mida nimetatakse huumuseks. Huumuse moodustavad orgaaniliste ainete lagunemise ja kõdunemise vahetimed (mitte lõppained — H_2O , CO_2 , H_2S , PH_3 , NH_3 jt. ained).

c) Nendele kahele osale lisandub veel kolmas — elav — oosa, s. o. mullas elutsevad loomad, bakterid ja seened. Nende toimed on mehhaanilist ja keemilist laadi. Mehhaaniliselt nad segavad mullaosi, kannavad alumisi osi üles mullapinnale, näit. vihmussid, mutid jt. Keemiliselt muudavad elusolesed peamiselt orgaanilisi aineid, olgu seedides (vihmuss, mullaröövikud) või tekitades käärimist (bakterid) ja mädanemist (seened). Nagu eespool mainitud, on elusoleste, eriti bakterite tähtsus mullas nii suur, et nendeta muld polegi taimedele ja nende juurtele elamiseks kõlblik ega toiteained mullast kättesaadavad. Mullas elutsevad olesed vajavad aga hingamiseks õhuhapnikku, mispärast nad esinevad peamiselt mullastiku pealmistes kihtides (enamikus kuni 30 cm sügavuses).

Mulla soojus. Huumuse tõttu on mulla värvus tume (must), mis neelab rohkesti päikesesoojust. Õhuküllane ja niiskust sisaldav muld soojeneb aeglaselt, hoiab aga ka hästi soojust kinni, mispärast temperatuuri kõikumised mullas on märksa väiksemad kui õhus. Mulla soojus on suure tähtsusega juurte hingamisele, kasvamisele kui ka vee ja toiteainete ammutamisele, samuti mullabakterite elutegevusele.

Mulla reaktsioon on suure tähtsusega nii looduslike kude kui kultuurtaimede kasvamisel. Ühed taimed on kohanenud hapudele muldadele, teised — leelisestele, kolmandad kasvavad rahuldavalt enam-vähem neutraalsetel pinnastel. Hapud mullad on enamasti need, milledes leidub kas huumushapet või muid orgaanilisi happeid, näit. soomullad, liivmullad jt. Lubjarikkad mullad seevastu on leelisesed — nendes tekib kergesti Ca(OH)_2 . Huumusrikkad ja hästiõhustatud mullad on aga neutraalse reaktsiooni piiril — kas nõrkhappelised või nõrkleelised. Haput mulda saab neutraliseerida ja parandada lubja abil.

Mullaomaduste parandamine.

Mullaomadusi võib mitmel viisil parandada. Kui muld on liiga niiske või vesine kõrgeleulatuva põhjavee tõttu, saab asja parandada maa kuivendamisega. Siin kaevatakse enamasti vastava sügavusega kraavid, millede põhja asetatakse torud ning aetakse siis kraav uuesti mulda täis, või teostatakse kuivendamist sügavate lahtiste kraavidena. Enamik kultuurpõlde madalamatel maadel on tänapäeval torutatud. On muld aga liiga kuiv, siis saab seda viga parandada mitmel viisil: väiksemaid aiamaa-alasid kastetakse kuivade ilmadega, kuivadele liivmuldadele lisandatakse savi ning laudasõnnikut, mis suurendavad mulla vee kinnihoidmise võimet; suuremaid põlde jõgede ligidal niisutatakse kunstlikult jõgede vee paisutamise ning põldudele juhtimise teel; kõrvealade niisutamist korraldatakse sügavate puur- ja arteesiakaevudega jne.

Huumuse hulka mullas suurendatakse haljasväetise, laudasõnniku ja kompostmulla lisandamisega, samuti turbapuru annustega. Haput mulda neutraliseeritakse lubjaga; samuti saab rasket savimulda lubja lisandamisega muuta kergemaks ning õhurikkamaks. Mulla õhustamist saavutatakse kündmisega, kaevamisega ja üldse mulla harimisega.

Põllumehe ja aedniku suuremaks mureks ongi pidev mullaomaduste parandamine.

Mulla tähtsus.

Eespool nägime, et kunstlikes toitelahustes kasvatatakse taimi ka ilma mullata. Need kunstlikud kultuurid on aga väga kallid ning nõuavad palju hoolt. Seevastu osutub muld kõige otstarbekamaks, odavamaks ja soodsamaks taimekasvatamise aluspinnaks, mida selleks otstarbeks on kasutatud juba paljusid aastatuhandeid. Muld sisaldab hulk taimedele tarvilikke mineraalsoolasid, millede hulka seal on tarbe korral võimalik väetiste abil suurendada. Muld hoiab hästi kinni niiskust ja soolasid, eriti siis, kui ta sisaldab küllaldaselt huumust või on hästi peeneteraline. Tumeda värvuse tõttu muld neelab rohkesti päikesekiiri ja soojeneb; soojus aga soodustab juurte tegevust ja kasvamist. Mullas elutseb peamiselt huumuse arvel loendamatu hulk pisilasi, kes aitavad muuta vees lahustumatuid aineid lahustuvaiks ning taimedele kättesaadavaiks. Muld on kobe ning võimaldab taimede juurtel seal edasi kasvada, aga ka taimi mullas püsti hoida.

Mulla väetamine.

Looduses vabalt kasvavate taimede, näit. metsapuude, lehed varisevad sügisel, mädanevad, nendes peituvad mineraalained vabanevad ning valguvad koos veega tagasi mulda. Sel viisil saab muld tagasi suurema osa sealt juurte kaudu võetud mineraalainetest; ta ei muutu nii ruttu lahjaks, ja puud võivad samal kohal kasvada sadu aastaid. Hoopis teine on lugu kultuurtaimedega. Nende osi kasutatakse küll inimese-, küll loomatoiduna ja veetakse aedadest ja põllult ära. Ühes saakidega kõrvaldatakse põllumullast ka taimede poolt ammutatud toitesoolad. Kultuurtaimede kasvumaad jäävad seega iga aastaga lahjemaks. Et taimed siin korralikult kasvada võiksid, tuleb mullale puuduvad ja äraviidud toitesoolad tagasi anda, s. o. tuleb mulda väetada.

Maa ühe külgsel, kiiret lahjenemist saab mõnevõrra vältida veel külvikorra vahetamisega, sest kõik taimed ei vaja mullast samu toitesoolasid võrdsel määral. Moodsal taimekasvatamisel jõuavad samad taimed endisele põllule alles 5—7—10 aasta pärast, kusjuures taimede järjekord on valitud selliselt, et järgmine taimeliik kasutaks suuremal määral neid toitesoolasid, mida eelmine tarvitas väikesimal määral. Kuid ka külvikorra vahetamisel tuleb põlde ikkagi väetada.

Ka s e g a k ü l v i korral kasutavad põlluviljad paremini mulla toitesoolasid kui puhaste kultuuride puhul. Nii sobivad kaer, oder ja hernes hästi kokku ning annavad segaviljana suuremat saaki kui samad viljad üksikult kasvades.

Pikemat aega samal paigal kasvavate taimede, näit. viljapuude puhul, mis püsivad samal kohal kuni 60—70 aastat, tekib m a a - v ä s i m u s ja taimed hakkavad kiratsema. Nähtus põhineb sellel, et pikaaegsel samal kohal kasvamisel tuleb mõnedest toitesooladest mullas nappus kätte; peale selle arvatakse, et puude juured eritavad kahjulikke aineid, mida pikapeale võib koguneda mulda sellisel määral, et need ained hakkavad kahjustama taimede kasvu.

Väetised jagunevad loomulikeks ja kunstlikeks. Esimesed koosnevad või moodustatakse looduslikest ainetest, teised on soolad, mida viimasel ajal valmistatakse kunstlikult.

Loomulikud väetised on laudasõnnik, virts, haljasväetis, kompostmuld.

L a u d a s õ n n i k koosneb aluspõhust ja loomade väljaheidetest. Pisikute toimel sõnnik käärib, mädaneb ning mineraliseerub. Ja et põhk on saadud põllutaimedest, siis vabanevad siit kõik need mineraalained, mis põllutaimede kasvamiseks tarvilikud on. Nendele lisanduvad veel loomade väljaheidetes peituvad ühendid, millede hulgas on kõige rohkem lämmastikku. Kõdunemisel tekib laudasõnnikust huumust, mis mulla parandamiseks on väga tähtis. Poolkõdunenud laudasõnnik (sügisel värskest välja veetud ja mullas ületalve seisnud) sobib peaaegu kõikide kultuurtaimede väetamiseks. Raskemate savimuldade väetamiseks sobib paremini kergesti kõdunev ja rohkesti soojust andev hobusesõnnik, kuna kergematele liiv- ja saviliivmuldadele aeglasemalt kõdunev veiste ja seasõnnik. Et NH_3 sõnnikust kaduma ei läheks, tuleb sõnnik võimalikult kohe pärast laialilaotamist mullasse kunda.

V i r t s a moodustavad peamiselt loomade vedelad väljaheidet. Ta sisaldab rohkesti lämmastikku, muid toitesoolasid vähesel määral. Sobib rohumaade, aga ka kiiresti kasvavate aedtaimede kasvumaade pealtväetamiseks, kusjuures on soovitatav teda enne tarvitamist lasta mõni nädal käärida. Kasutatakse veega lahjendatult.

H a l j a s v ä e t i s e moodustavad roheliselt mulda küntud taimed. Selleks kasutatakse peamiselt liblikõielisi taimi, nagu uba, hernest, vikki, peluskit, mesikat, lupiini jt., mis rikastavad mulda lämmastikainetega.

Kompostmulla saadakse aiapuhastamisel korjuvatest umbrohtudest kui ka kultuurtaimede jäätmeist, milledele lisandatakse võimaluse korral veel sõnnikut. Kompostihunnikud kaevatakse paar korda aastas ümber, mispuhul taimed 2—3 aasta jooksul seevõrra kõdunevad, et seda ainet võib kasutada huumus- ja toitesooladerikka väetisena.

Kunstväetised. Need on mineraalsoolad, mis sisaldavad peamiselt 5 algainet: lämmastikku, fosforit, kaaliumi, väävlit ja lupja.

Lämmastikväetised on kas salpeeterhappe või ammoniumi soolad. Nad lahustuvad hästi vees. Tarvilikud nii aedkui põllutaimede kasvatamisel, sest et neid rohkesti mullast välja uhutakse. Siia kuuluvad: tšiili salpeeter (NaNO_3), lubisaldeer $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2]$, kaaliumsalpeeter (KNO_3); väävelhappe-ammoonium $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$, karbamiid ehk kusinik $[(\text{NH}_2)_2\text{CO}]$.

Fosforväetised. Kõige rohkem kasutatakse vees lahustuvat superfosfaati $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2]$, vähem vees lahustumatut fosforiiti $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$, mis hapete toimel aga lahustub ja taimede juurtele kättesaadavaks muutub. Peale selle kasutatakse veel toomasjahu, aianduses sarvepuru jne.

Kaaliumväetised lahustuvad hästi vees. Tarvilikud kõikide kultuurtaimede — eriti juurviljade — kasvatamisel. Tähtsamad on: kaalisool (KCl) ja kaaliumsalpeeter (KNO_3). Nendest KCl sisaldab 40% kaaliumi.

Väävelhappesoolad leiavad kasutamist väiksemal määral kui eelmised väetised, sest neid leidub mullas rohkemal hulgal. Tähtsamad on: kips (CaSO_4) ja väävelhappe-ammoonium $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$, mida kasutatakse mitte puhta väävelväetisena, vaid liitväetisena.

Lubiväetised. Maa lubjaga rikastamiseks kasutatakse kõige rohkem põletatud ehk kustutatamata lupja (CaO), mis mullas veega ühineb ja moodustab kustutatud lubja ehk lubileelise $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$; see neutraliseerib mullahappeid; siis harilikku lupja (CaCO_3) ning kipsi (CaSO_4). Liitväetistest kuulub lubiväetiste hulka lubisalpeeter $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2]$. Lubiväetisi ei või lisandada mullale üheaegselt laudasõnnikuga ega superfosfaadiga, sest siis muutuvad lahustuvad fosforhappe-soolad vees lahustumatuks fosforiidiks, mida taimed mullast raskesti kätte saavad.

Mainitud väetistest kulutavad taimed kõige rohkem lämmastikku, kaaliumi ja fosforit. Väetisi, mis sisal-

davad kõiki nimetatud kolme ainet, nimetatakse täisväetisteks. Loomulikest väetistest on täisväetised laudasõnnik ja kompostmuld. Kunstväetistest kuulub siia nitrofoska, mis on tänapäeva mõjuvamaid kunstväetisi.

Et otstarbekalt kasutada kunstväetisi, eriti üksikväetisi ja osata valida õigeid kombinatsioone, kasutada väetisi nõutaval hulgal ning iga kultuurtaime tarviduste kohaselt, peab oskama otsustada, a) millist või milliseid toiteaineid antud väetis sisaldab, b) milliseid mineraalaineid antud kultuurtaim vajab ja c) missugused mineraalsoolad ning missugusel määral on antud juhul mullas tarvilikud.

Nagu eespool selgitatud, vajavad kultuurtaimed mineraalaineid palju suuremal arvul, kui neid leidub väetisainetes. Paljudest nendest pole mullas puudust: pea igas mullas leidub magneesiumi, naatriumi, kloori, rauda, siliitsiumi, alumiiniumi jt., mida seepärast väetistena pole tarvis mulda viia. Uuemal ajal on siiski hakatud tähelepanu pöörama mõnele algainele, mida taimed vajavad küll vähesel hulgal, kuid mis taimekasvu eriti tugevasti mõjustavad, nagu mangaan, boor, jood jt., ja mis mõnikord mullas võivad puududa.

Kokkuvõttes olgu mainitud, et otstarbeka ning põhjaliku maa-harimise ja ratsionaalse mulla väetamisega on võimalik saagiandi aedades ja põldudel tunduvalt tõsta ning toota senisest mitmekordselt suuremal määral toiduaineid nii inimeste kui loomade tarvis. Selles suunas tuleb veel palju töötada.

Juurte teisi ülesandeid.

Peale toiteainete ammutamise mullast on taimede juurtel veel teisi ülesandeid. Juurte abil hoiduvad taimed mullas püsti või kinnituvad maa külge. Paljud taimed säilitavad eriti talveks oma juurtesse toiteainete (tärglise, õlide, valkude, suhkru jne.) tagavarasid, nagu porgand, kaalikas, peet, sigur, võilill jt. Niisuguseid taimi kasvatatakse aedades juurviljana. Juuremugulatel (näit. pojengil, daaliatel) on peale toiteainete tagavarade säilitamise suur tähtsus ka paljunemisevahenditena.

Ent leidub ka taimi, millel juured hoopis puuduvad, nagu ujuvad veetaimed, parasiitained (näit. võrm) jt.

V. Leht. Transpiratsioon. Süsiniku sarnastamine.

Lehtede väliskuju.

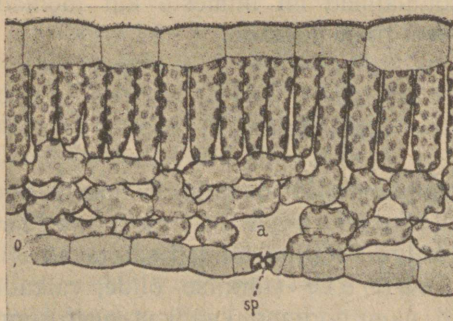
Lehed koosnevad lehelabast ja -varrest. Paljude taimede lehed on varreta. Lehelaba on suuruselt ja kujult väga mitmekesine ning muutlik mitte üksnes eri taimeliikidel, vaid ka ühel ja samal taimel. Selle nähtuse põhjused on üsna tumedad.

Välisvaatlusel näeme lehelabas r o o s t i k k u. Lehe roodudes leiduvad sooned, millede kaudu liiguvad mahlad. Enamikul üheidulehelistest taimedest on rööproodsed lehed, kaheidulehelistel — nurk- ja võrkroodsed. Kuid esinevad ka erandid: ussilakk on nurkroodsete lehtedega, kuulub aga üheiduleheliste hulka, teeleht — rööproodsete lehtedega — on jälle kaheiduleheline taime.

Taimefüsioloogiliste toimete seisukohalt on lehelaba koossoontega olulisem leheosa.

Lehe siseehitus.

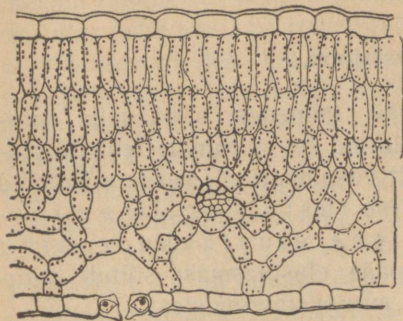
V a a t l u s. Teeme õhukese ristilõigu mõnest värskest taimelehest, näit. mungalille, kapsa või õunapuulehest, ja vaatleme seda mikroskoobiga. Näeme järgmist pilti: lehe pealmine ja alumine pind on kaetud lamellatest rakkudest koosneva m a r r a s k n a h a g a. Pealmise marrasknaha rakkude välisküljed on seestmistest paksemad ning kaetud k o o r e n d i ehk k u t i i k u l a g a. Koorend koosneb vahavõi rasvataolistest ainetest ja laseb raskesti vett läbi. Alumise marrasknaha koorend on õhuke ning halvemini nähtav. Ülemise marrasknaha all näeme mungalillel ühe



Joon. 41. Mungalille leht — ristilõik;
a — õhuruumid rakkude vahel; sp —
õhulõhe.

kihi pikki sambakujulisi rakke, õunapuulehel — 2—3 kihti, mis moodustavad s a m m a s k o e. Sammaskoe rakkudes on rohkesti

kloroplaste. Rakud ise on aga tihedalt üksteise vastu surutud. Sammaskoe all kuni alumise marrasknahani on kohedam

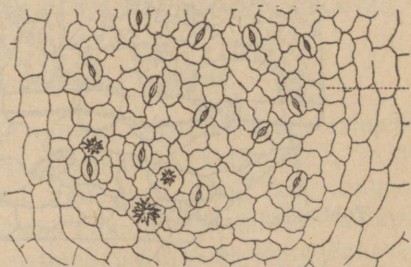


Joon. 42. Ristilõik õunapu lehest; sammaskude on kolmekihine.

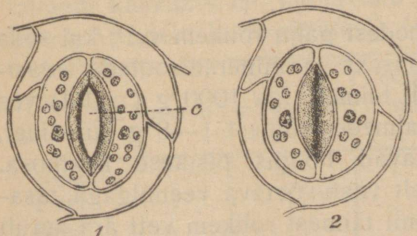
tükikest mikroskoobiga, näeme, et see koosneb laineliste vahe-seintega rakkudest. (Üheiduleheliste taimede lehe marrasknaha rakud on sirgeseinalised.) Marrasknaha rakud ei sisalda kloroplaste. Marrasknaha rakkude vahel märkame kahekaupa esinevaid kõveraid rakke, mis sisaldavad kloroplaste. Nende rakkude vahel asetseb pisike pilu, mida nimetatakse õhulõheks, rakupaari õhulõhe ümber aga — sulgrakkudeks, sest nende toimel õhulõhed sulguvad ja avanevad.

kude, mille rakkude vahel on suured õhuga täidetud vahe-ruumid. Seda kudet nimetatakse kobekoeks. Ka kobekoe rakud sisaldavad kloroplaste, kuid väiksemal arvul kui sammaskoe rakud. Sammaskoe ja kobekoe piiril asetsevad sooned, mis on piiratud rakkude ringiga. Umbes samasuguse ehitusega on ka teiste taimede lehed.

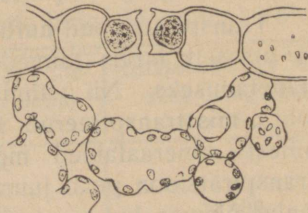
Vaadeldes lehe alumiselt pinnalt lõigatud marrasknaha



Joon. 43. Tükike lehe marrasknaha õhulõhedega.



Joon. 44. Õhulõhed: 1 — avatud (c — ava), 2 — suletud. (Pealtvaade.)

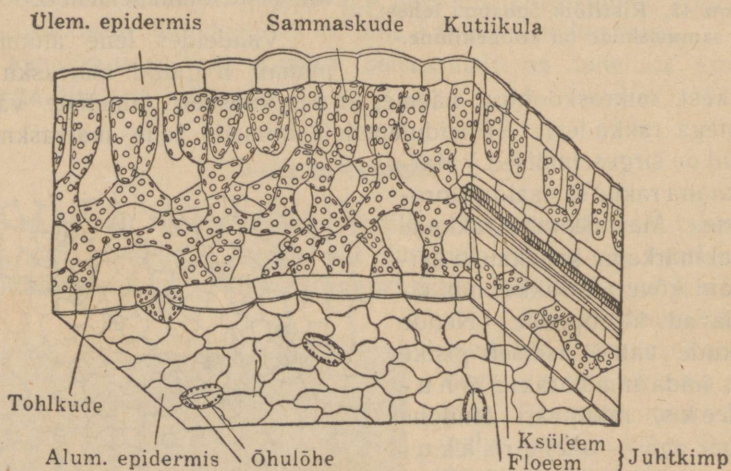


Joon. 45. Õhulõhe ehitus (külgvaade).

Õhulõhede kaudu pääseb õhku lehtedesse — kobekoe rakuvahelistesse ruumidesse; samuti toimub õhulõhede kaudu gaasivahetus lehtede hingamisel ja süsiniku sarnastamisel.

Transpiratsioon.

Transpiratsioon on vee läbikäik taimedest koos selle aurumisega lehtedest. See pole aga lihtne vee aurumine lehtede pindadelt, nagu näit. aurumine vabalt veepinnalt või veega niisutatud paberilt. Transpiratsioon on füsioloogiline protsess, mis toimub läbi lehe elusrakkude ning nende kaasabil: vee läbipääs elusplasmast sõltub raku sisestest ja mitte üksnes välistest aurumistingimustest.



Joon. 46. Lehe mudel. (Tohkkude ehk kobekude, ksüleem ehk sooned puitosas, floem- ehk sõeltorud niines.)

Transpiratsioonil aurub taimedest palju rohkem vett, kui seda on otseselt tarvis taimede elamiseks ja mineraalsoolade edasitoimetamiseks. Nii valmistavad taimed iga 1000 g (= 1 l) vee kohta, mis transpireerub läbi taimede, kõigest 1—8 g kuivainet, millest mineraalained moodustavad hoopis pisikese kaaluosa. Transpiratsioon peab juurte poolt vastuvõetava veehulgaga tasakaalus olema; kui transpiratsioonil taimest rohkem vett ära aurub kui seda juured suudavad vastu võtta, siis hakkavad taimed närbuma ja võivad hoopis ära kuivada.

Transpiratsioonitähendus seisab selles, et 1) transpiratsioonil tekib leherakkudes tugev imemisjõud, mis paneb liikuma taimes vee koos mineraalsooladega ning tõstab need juurtest üles lehtedeni; 2) transpiratsioonil kulub rohkesti soojust vee auruks muutmiseks. On leitud, et kuni 80% taimlehtedele langevast päikeseenergiast kulub lehtedes peituva vee auruks muutmiseks. Seega hoitakse ära lehtede liigne soojenemine päikese käes. 3) Tugeva transpiratsiooni korral tekib taimedes kesksuvel vee perioodiline puudujääk; see on leitud tarviliku olevat, et taimed võiksid hakata õitsema ning vilja kandma.

Transpiratsioon toimub peamiselt läbi lehe õhulõhede ja ainult õige väikesel määral läbi marrasknaha ja niiske kutiikula. Transpiratsioonil auruv vesi tuleb sammaskoe ja kobekoe rakkudest, muutub rakuvahelistes ruumides veeauruks ning lahkub sel kujul lehtedest läbi õhulõhede. Marrasknaha rakud ei võta otseselt osa transpiratsioonist. Nad on ühenduses lehe soonte piirderakkudega ning ammutavad nendest vett. Seejärel arvatakse, et marrasknahk on veereservuaariks sammaskoe ja kobekoe rakkudele. Paljudel taimedel leidub marrasknaha vastas veel eriline vee kude, mille rakkudes kloroplastid puuduvad.

Õhulõhed, nende ehitus ja tegevus.

Õhulõhed esinevad lehtedel mitmel viisil: ühtedel taimedel peaaegu võrdsel arvul mõlemal lehepinnal (kõrsviljad), teistel ülemisel lehepinnal märgatavalt väiksemal arvul kui alumisel (kartul, kapsas jt.), kolmandatel nad puuduvad ülemisel lehepinnal hoopis (lehtpuudel), kuna aga neljandatel ujuvate lehtedega veetaimedel õhulõhed esinevad ainult ülemisel lehepinnal (vəsiroos, kilbukas jt.). Õhulõhede avade kogupindala moodustab 1—2% üldisest lehepinnast. Õhulõhede arv (tihedus) on muutlik ja sõltub taimede kasvukohast, mullastiku niiskusest jne. Järgnevas tabelis leidub andmeid kultuurtaimede õhulõhede hulga ja asetuse kohta.

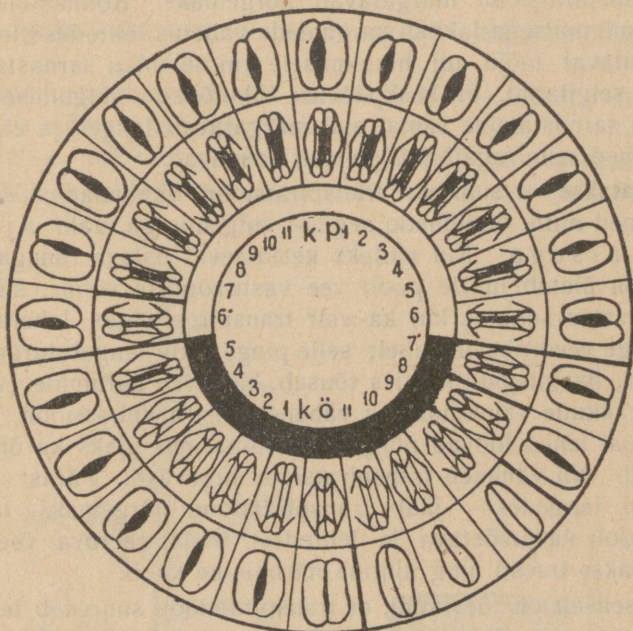
Taimenimi	Õhulõhede arv ülemise lehepinna 1 cm ² -l	Õhulõhede arv alumise lehepinna 1 cm ² -l
Nisu	6200	4 400
Oder	5400	5 400
Kaer	4000	4 400
Kartul	5200	16 300
Kapsas	5200	23 000
Õunapuu	—	31 200

Vaadeldes õhulõhede ehitust lehe ristilõigul, näeme: õhulõhede sulgrakud on marrasknaha rakkudest pisemad, sisaldavad kloroplaste ja nende kestad on kolmest küljest paksud ja ainult marrasknaha rakkude poolel õhemad. Seesugusest sulgrakkude ehitusest sõltub õhulõhede avanemine ning sulgemine. Kui sulgrakkudes on suur veerõhk ehk turgor, siis selle mõjul venituvad välja nende rakkude õhukesed tagumised seinad: sulgrakud tõmbuvad kõveraks ja nende vahele tekib pilu — õhulõhed avanevad. Ümberpöördult — kui sulgrakkudest vesi ära voolab ja seal turgor langeb, siis kaob pinge nende õhukestele seintele: need langevad lõdvalt tagasi ja õhulõhed sulguvad.

Kuidas avanevad ja sulguvad õhulõhed? Kui õhulõhed on avatud (näit. päeval), sisaldavad sulgrakud suhkrut, kui nad aga on suletud (öösi), on sulgrakkudes suhkru asemel tärklis. Suhkru kui osmootselt aktiivse aine mõjul voolab vett marrasknaha rakkudest sulgrakkudesse, nendes tekib turgor ja õhulõhed avanevad. Kui aga tärklis asendab suhkrut, siis osmootne rõhk sulgrakkudes langeb, sest tärklis ei seo vett: vesi voolab sulgrakkudest ära marrasknaha rakkudesse ning õhulõhed sulguvad. Nii on asja üldkäik. Siin tekib aga kohe küsimus: miks on sulgrakkudes kord tärklis, siis suhkur? Miks tärklis muutub kord suhkruks ja siis jälle — ümberpöördult — suhkur tärkliseks? Seesuguse tärklise suhkruks muutumise ja ümberpöördult — suhkru tärkliseks muutumise põhjused pole üksikasjades veel lõplikult selgitatud. See arvatakse toimuvat valguse, ensüümide ja soolade kaasmõjul. On näidatud, et üks ja sama ensüüm K ja Na juuresolekul muudab tärklise suhkruks, Ca mõjul aga suhkru tärkliseks. Et aga kõik mainitud algained rakuplasmas samaaegselt esinevad, pole nende vastassuunaline mõju päris selge. Arvatavasti on siin valgusel ja mõnel muul teguril veel oma kaasmõju.

Uurides mitmesuguste meetoditega õhulõhede liikumist ööpäeva jooksul taimede lehtedel on selgitatud, et õhulõhed avanevad ja sulguvad mitmesugustel taimeliikidel eri aegadel. Nii on soodsa mullaniiskuse korral kõrsviljadel õhulõhed päeval avatud, öösi suletud. Kartulitaimel, kapsal, loomapeedil jt. (joon. 47) on aga soodsatel tingimustel õhulõhed päeval ja öösi lahti (või sulguvad mõneks tunniks enne kesk-

ööd). Suurel hulgal taimedest toimub õhulõhede sulgumine ja avanemine eelnimetatud tüüpidega võrreldes vahepealselt ning üleminevalt.



Joon. 47. Õhulõhede ööpäevane liikumine: väline ring. kartulilehtedel, seesmine ring — maisil. Must ring — öötunnid. *KP* — keskpäev, *KÖ* — kesköö.

Transpiratsiooni reguleerimine.

Taime transpiratsioon ja vee vastuvõtmine juurte kaudu peavad olema tasakaalus ja neid vahakordi peavad taimed võima mõnel määral reguleerida. Õhulõhede avamine ja sulgumine on üheks transpiratsiooni reguleerimise vahendiks. On tähele pandud, et see regulatsioonimoodus on kaunis puudulik. Esiteks ei toimu õhulõhede avanemine ja sulgumine küllalt kiiresti: selleks kulub, sõltuvalt temperatuurist, üsna palju aega: 10° C juures kulub õhulõhede avanemiseks umbes 4 tundi, 20° juures — 2 tundi, 30° juures umbes 1 tund, 40° juures muutub aga tärklis sulgrakkudes

õige kiiresti suhkruks ning õhulõhed jäävad avatuks. Teiseks ei anna õhulõhe-ava suuruse muutumine mitte alati märgatavaid tulemusi. Uuemad uurimised on näidanud, et alles siis, kui õhulõhede läbimõõt on vähenenud 50—75% (maksimaalsest läbimõõdust), jääb transpiratsioon märgatavalt nõrgemaks. Kolmandaks õhulõhede sulgumisega lakkab ka gaaside vahetus lehtedes ning avaldab peatavat mõju nii hingamisele kui süsiniku sarnastamisele. Nii on selgitatud, et keskpäevase õhulõhede sulgumise korral süsiniku sarnastamine samal ajal märgatavalt langeb ja et mõned stepitaimed selle tagajärjel viletsalt kasvavad.

Arvatakse, et suurimat transpiratsiooni vähendamist saavutavad taimed mitte õhulõhede aeglase sulgemisega, vaid a j u t i s e n i ä r b u m i s e g a. Kui näiteks keskpäeval palava ilmaga transpiratsioon ületab juurte poolt vee vastuvõtmise võime, siis tekib vettjuhtivates soontes kui ka vett transpireerivates leherakkudes suur pinge veeosakeste vahel; selle pinge tõttu langeb turgor leherakkudes, imemisjõud nendes tõuseb, kuid vee aurumine (veeauru pinge) rakkude vaheruumides väheneb ja transpiratsioon langeb. Samal ajal lehed lõövad nõrgalt närbuma, mis ajaks ka õhulõhed sulguvad. Nii väheneb transpiratsioon tugevasti. Pärast — temperatuuri langedes — jääb transpiratsioon nõrgemaks, tasakaal juurte poolt vastuvõetava ja lehtedest transpireeruva vee vahel saavutatakse uuesti ning ajutine närbumine kaob.

Katseliselt on tõestatud, et transpiratsioon suureneb temperatuuri tõusuga, ka õhuniiskuse langemisega, kuid mitte kuigi märgatavalt tuule mõjul.

Valguse- ja varjutaimede transpiratsioon.

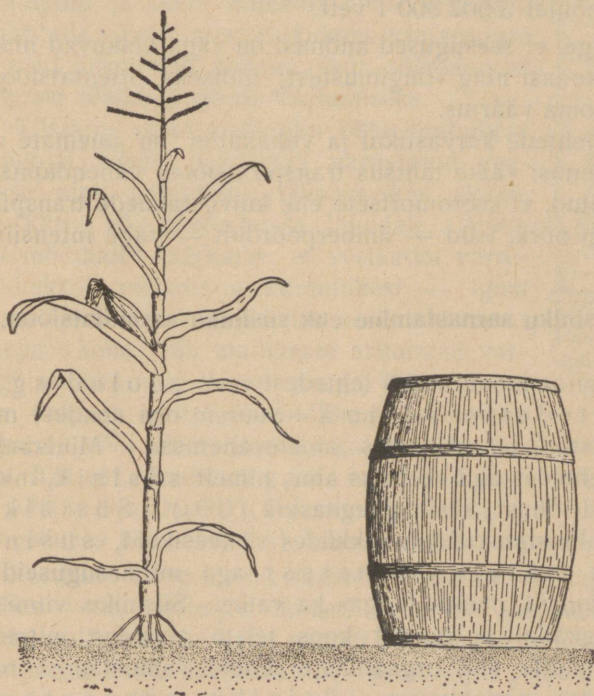
Ühed taimed eelistavad kasvamiseks päikesepaistest paika, teised — varjulist kohta. Esimesed on valguse-, teised varjutaimed. Kui varjutaimed satuvad päikese kätte (näit. metsapuude või põõsaste maharaiumise korral), siis nad närbuvad ja surevad. Valgusetaimed seevastu ei arene normaalselt varjus. Uurimised on näidanud, et valgusetaimed hakkavad alles siis närbuma, kui nad on kaotanud transpiratsioonil 25—30% oma üldisest veehulgast, varjutaimed aga närbuvad, kui seesugune veekadu ulatub 2—3%. Seega on suur vahe valguse- ja varjutaimede vee kasutamises. See vahe põhineb nähtusel, et valgusetaimedel on rakukestad turgori mõjul pingul ja välja venitatud, varjutaimedel

aga ainult pingul (mitte välja venitatud). Seepärast langeb turgor viimaste rakkudes kiiresti ning taimed hakkavad närbuma, kuna esimeste rakkudes väheneb turgor alles suurema veekaotuse järel.

Kuupalju kulutavad taimed transpiratsiooni puhul vett?

Kuupalju transpiratsioonil taimest või selle osast vett kaob, seda võib määrata mitmel viisil.

Katse. a) Lõikame mõne lehistunud taimeoksa, paneme selle veega täidetud klaasi ning valame veele klaasis kihi õli peale:



Joon. 48. Maisitaime poolt suve jooksul kulutatud veehulk.

õli ei auru kiiresti ja takistab ka vee aurumist. Vesi võib kaduda klaasist ainult läbi taime transpireerudes. Kaalume oksa ühes veeklaasiga ning jälgime kaalude abil veekadu 6, 12 ja 24 tunni järel.

b) Katame mõne taimepoti pealt veekindlalt (asetame näiteks õhukindlasse vastava suurusega plekist ümbrikusse) või võtame vesikultuuri-anuma koos taimega, asetame tundlikkudele kaaludele ja jälgime samuti transpiratsioonil toimuvat veekadu 1 või mitme päeva vältel.

Seesuguste katsetega on selgitatud, kuipalju vajavad taimed vett terve kasvuaja vältel. Näib, et see veehulk on üsna suur. Nii kulutasid suvise kasvuaja vältel: 1 aedhernetaim 58,5 liitrit vett, 1 kartulitaim 112,5 l, 1 tomatitaim 153 l, 1 maisitaim 243 l (joon. 48), 1 viieteistkümneharuline talinisutaim 112,5 l, 1 päevalilletaim 553,5 l jne. 1 ha kõrsviljapõllult transpireerub seesuguste arvutuste põhjal 3 602 300 l vett.

On selge, et seesugused andmed on väga kõikuvad ning sõltuvad kasvukohast ning -tingimustest; üldiseks orientatsiooniks on neil siiski oma väärtus.

Taimelehtede karvastikul ja vahakattel on uuemate andmete järgi võrdlemisi väike tähtsus transpiratsiooni vähendamisel. Samuti on leitud, et kseromorfsete ehk kuivustaimede transpiratsioon pole sugugi nõrk, vaid — ümberpöörduvalt — väga intensiivne.

Süsiniku sarnastamine ehk süsiniku assimilatsioon.

Transpiratsioonil aurub lehtedest vesi, soolad aga jäävad lehtedesse püsima. Suurem osa nendest mineraalainetest astub leherakkudes ainetevahetusse. Mineraalainetele lisandub lehtedes aga veel üks aine, nimelt süsinik, mida lehed ammutavad õhust süsihappegaasina (CO_2). Süsinikust ja veest valmistatakse leherakkudes süsivesikuid, süsinikust, veest ja mineraalainetest aga mitmesuguseid orgaanilisi toiteaineid, muude hulgas ka valke. Süsiniku viimist toiteainete ringkäiku ja temast koos teiste ainetega mitmesuguste süsinikuühendite ehk orgaaniliste ainete valmistamist rohelistes taimelehtedes nimetatakse süsiniku sarnastamiseks ehk süsiniku assimilatsiooniks. Süsiniku sarnastamine on rohelistes taimelehtede ja üldse rohelistes taimede kõige tähtsam toiming.

Süsiniku sarnastamise tingimused. Missugustes tingimustes süsiniku sarnastamine võib toimuda, seda selgitavad järgmised katsed, mida saab sooritada kas päikesepaistel või tugeva elektrilambi valgusel.

Katse d. Võtame vesikatku värskeid oksi, lõikame nendelt terava noaga maha noored ladvad mõne cm pikkuselt nii, et varreõõned ei pigistuks kokku ega ummistuks, ning köidame need ladvad kimbuna — lõikeotsad ülespidi, ladvad allapoole — niidiga kergelt puhta klaaspulgga külge. Asetame selle kimbu koos klaaspulgaga puhta veega täidetud klaasi (joon. 49).

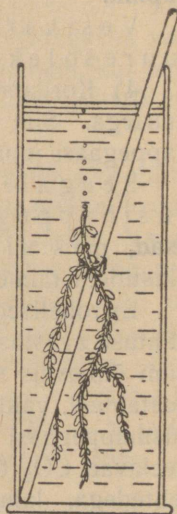
Nüüd valime kaks ühetaolist klaasanumat (soovitavalt sirgeseinalised ja mitte kumerad), ühe nendest täidame destilleeritud või ka harilikku puhta veega, millest õhk enne katset keetmise teel eraldatud ja mida hiljemini ilma segamata lastud jahtuda. Teise anuma täidame samasuguse veega, kuid lisandame sellele pisut söögisoodat või selterssi süsihappegaasi tekitamiseks.

1) Tõstame nüüd vesikatku okstekimbukese klaaspulgaga süsihappegaasiga varustatud veeanumasse ning paigutame viimase kas aknale päikese kätte või elektrilambi lähedale. Mõne sekundi möödudes märkame, et vesikatku varreotstest hakkab erituma gaasimullikesi — igast varreotsast pideva reana. Varjutame katseanumat papilehega: kohe jääb mullikeste eritumine varrest aeglasemaks ning lakkab peagi. Kõrvaldame papilehe valguse eest: õhumullikeste eritumine algab uuesti. Nii võime korrata katset palju kordi samade tulemustega. Katsest näeme, et gaasimullikeste eritumine vesikatku varrest (õigemini lehtedest, mis on õhukäikudega ühenduses varreõõntega) toimub ainult valguse käes.

2) Kordame sama katset samade vesikatku okstega õhu- ja CO₂-vabas vees, asetades taimed esimesse veeanumasse ning paigutades selle valguse kätte samuti kui eelmise anuma. Näeme: gaasimullikeste eritumist vesikatku varreotstest ei toimu ei valguses ega pimedas. Katsest näeme, et õhumullikeste eritumine vesikatku varreotstest ei toimu süsihappegaasist vabas keskkonnas.

See on vesikatkul õhumullikeste eritamiseks tarvis päikesevalgust ja süsihappegaasi.

3) Asetame vesikatku oksad uuesti süsihappegaasiga varustatud vette ning paigutame anuma päikese kätte. Kogume erituvat gaasi kummulikeeratud ja veega täidetud katseklaasi. Kui seda



Joon. 49. Katse vesikatku oksaga.

gaasi on kogunenud umbes pool katseklaasi, suleme selle ava vee all näpuga, keerame klaasi ümber ja viime sellesse traadi külge kinnitatud hõõguva söetüki: see lööb kohe heledalt põlema. Sellest katsest selgub, et vesikatku varreetstest erituv gaas on **hapnik**.

Vesikatku lehed eritavad süsihappegaasi juuresolekul päikesevalguses hapnikku.

4) Kordame eelmisi katseid mitteroheliste taimeosadega, näit. juurtega. Siin ei märka me mingit gaasimullikeste eritumist süsihappegaasi juuresolekul ja valguse käes.

Seega eritavad hapnikku valguse käes ja süsihappegaasi juuresolekul **ainult rohelised taimeosad**, mis sisaldavad kloroplaste, mitte aga kloroplastideta taimed ega taimeosad.

Et rohelised veetaimed eritavad päikesepaistel hapnikku, selle nähtuse avastasid teadlased juba ligikaudu 200 aasta eest. Hiljemini õnnestus neil selgitada, et hapnikku eritavad mitte ainult veetaimed, vaid kõik rohelised taimed ja et see nähtus on seoses süsihappegaasi neeldumisega. On korda läinud tõestada, et taimed neelavad CO_2 õhust oma roheliste osadega, peamiselt roheliste lehtedega, lahutavad süsiniku hapnikust, kulutavad süsinikku mitmesuguste orgaaniliste ainete valmistamiseks ning vabastavad hapniku. See ongi süsiniku sarnastamine. On selgitatud, et süsiniku sarnastamine toimub roheliste taimelehtede elusrakkude kloroplastides. Süsihappegaasi lahutamiseks süsinikuks ja hapnikuks kulub rohkesti valgusenergiat.

Seega süsiniku sarnastamine võib toimuda roheliste taimelehtede elusrakkudes süsihappegaasi juuresolekul ning valgusenergia abil.

Kloroplastid — süsiniku sarnastamise elundid. Klorofüll ja selle kaaspigmentid.

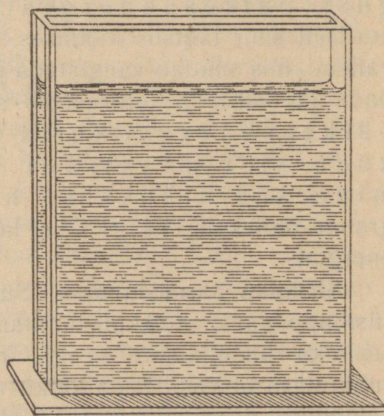
Taimede roheline värvus on rakkudes peituvatest kloroplastidest. Kloroplastid koosnevad värvita põhjainest ja selle pinda õhukeselt katvast rohelisest värvainest — leherohelelisest ehk klorofüllist. Viimast on võimalik kergesti kloroplastidest eraldada alkoholi, eetri või atsetooni abil, milles klorofüll hästi lahustub.

K a t s e. Võtame värskeid nõgeselehti, hõõrume need portselanuhmris peeneks ning valame puhastatud piiritust peale, segades selle klaaspulgaga peenekshõõrutud nõgeselehepudruga segi. Kohe omandab piiritus tumerohelise värvuse. Kurname selle roheline klorofüllilahuse klaasnõusse või katseklaasi ning vaatleme seda ligemalt; klorofüllilahus on läbipaistvas valguses tumeroheline, põrkvalguses (langevas valguses) aga punane. Samuti on klorofüll tumepunane, kui teda vaadelda läbi paksu kihi, näit. katseklaasis ülalt alla (8—10 cm paksune kiht laseb läbi ainult punaseid kiiri).

K a t s e. Valame katseklaasi umbes poolest saadik klorofüllipiirituse lahust ja lisandame sellele bensiini. Loksutame mõlemad ained hästi segi ning jätame katseklaasi rahulikult seisma. Varsti kerkib bensiin piiritusest kõrgemale tumerohelise kihina, alla aga jääb rohekaskollane piiritusekiht. Piirituse ja bensiini abil on võimalik lahutada klorofüll kaheks värvaineks (õigemini kaheks värvainete rühmaks): tumeroheliseks ja rohekaskollaseks. Erimenetlustega on kummaski rühmas eraldatud kaks eri värvainet ja nimelt: tumerohelises bensiinilahuses on kaks klorofüll — a- ja b-klorofüll¹, milledest esimene on sinakasroheline, teine — kollakasroheline. Kollases piirituselahuses on kaks värvainet: kollane — ksantofüll ja oranžkollane — karotiin. Viimased kaks värvainet värvivad sügisel lehed kollaseks, kui klorofüll lehtedest kaob. Karotiini aga leidub paljudes viljades (õuntes), porgandis jm.

Seega koosneb taimede roheline värvaine neljast pigmentist: kahest klorofüllist, ksantofüllist ja karotiinist.

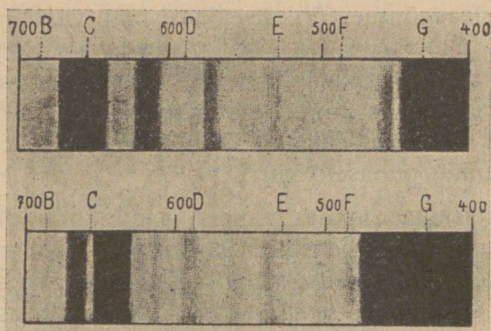
Klorofüll tähtsus selgub järgmisest katses.



Joon. 50. Klaasnõu klorofüll valguškierte neelamise määramiseks.

¹ Klorofüll tähendab leheroheline, ksantofüll — lehekollane ja karotiin — porgandi-värvaine (esineb porgandis *Daucus carota*); kõik need nimed on kreekakeelsed.

Katse. Katame toaknad tumeda riidega ja teeme kattesse pisikese augu, mille kaudu päikesekiired võiksid pääseda tuppa. Asetame selle kiirtekimbu ette klaasprisma: see jagab valgus-



Joon. 51. Ülal a-klorofülli ja all b-klorofülli valguseneelamise spekter.

kiired 7 värviribaks ehk spektriks: punane — oranž — kollane — roheline — helesinine — tume-sinine — lilla. Paigutame nüüd prisma ette õhukese rööpsete külgedega klaasnõu (10×5×1 cm) klorofüllipiirituse lahusega (joon. 50). Kohe kaob spektrist osa värviribasid, nimelt — osa punasest, kõik sinised ja lillad toonid. Täpsemal katsetamisel näeme tumedaid vöote ka kollases ja rohelises spektriosas (joon. 51).

Katsest näeme, et klorofüll neelab päikesevalgust, päikeseenergiat. Selles seisabki klorofülli erakordselt suur tähtsus looduses. See on peaaegu ainuke looduslik vahend, mis suudab vangistada päikeseenergiat, seda töösse rakendada ja säilitada tulevasteks aegadeks. Selle vangistatud päikeseenergia kulul toimub elavate leherakkude kloroplastides süsihappegaasi lahutamine süsinikuks ja hapnikuks. Nimelt kulub ühe gramm-molekuli (44 g) CO₂ lagundamiseks C + O₂ 98 000 kal. energiat.

Süsiniku sarnastamine. Süsiniku sarnastamine on sisuliselt süsihappegaasi molekuli lahutamine süsinikuks ja hapnikuks ning süsiniku ühendamine veega, mil moodustuvad süsivesikud — suhkrud ja tärklis. Seda käiku võib väljendada järgmise keemilise valemiga: 6CO₂ + 6H₂O + 674 000 kal. → C₆H₁₂O₆ + 6O₂.

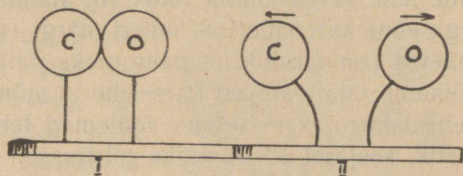
Täpsemalt: 264 g CO₂ + 108 g H₂O + 674 000 kal. annavad 180 g C₆H₁₂O₆ + 192 g O₂.

Tegelikult on antud juhul tegemist väga keerukate keemiliste reaktsioonidega, milledest toodud valem annab edasi vaid protsessi algained ja lõpptulemuse. Selle protsessi suurim tähtsus seisab selles, et kulutatud päikeseenergia ei lähe siin kaduma, vaid

säilib täiel määral süsiniku sarnastamisel tekkinud ainetes (süsinikus) ning vabanevas hapnikumolekulis. Seesugust energia säilitamist selgitab järgmine katse.

Katse. Võtame kaks terasvedru otsa kinnitatud metallkuuli ja paneme vedruotsad pakusse nii, et kuulid oleksid surutud tugevasti teineteise vastu

(joon. 52). Surume nüüd kuulid kätega teineteisest eemale ja hoiame kinni. Selleks peame kulutama jõudu. Kui laseme kuulid lahti, siis langevad nad kohe tagasi teineteise vastu seesuguse hooga, et vastastikku tõuganud küljed lähevad kuulidel soojaks.



Joon. 52. Katseseadeldise skeem, mis näitab CO_2 molekuli lahutamist.

Kust tuli see soojus? See on sama energia, millega me hoidsime kuule teineteisest lahus. See energia pingutas vedrusid, surus kuulid tagasi teineteise vastu ja muutus sealjuures soojuseks.

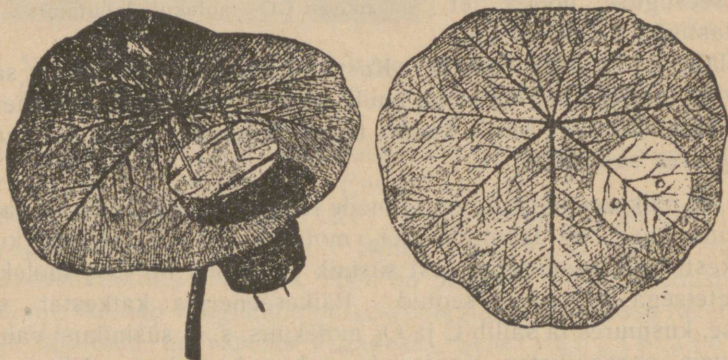
Ka päikeseenergiaga on taimede rohelistes leherakkudes samasugune lugu. Et lahutada CO_2 molekul $\text{C} + \text{O}_2$, selleks kulub rohkesti päikeseenergiat, sest süsinik ja hapnik on CO_2 molekulis teineteisega tugevasti seotud. Päikeseenergia katkestab selle seose, kusjuures ta säilib C ja O_2 molekulis, s. o. süsinikust valmistatavais orgaanilistes ainetes ja vabas hapnikus. Niipea kui süsinikku sisaldav aine satub kokku hapnikuga kas lausa põlemisel ahjus või toiteainete hapendumisel veres sissehingatud hapniku abil või mädanemisel looduses, igal juhul vabaneb soojust. Ja see soojusenergia on rohelise taimelehe kaudu vangistatud päikeseenergia. Seega kõik soojusenergia, mis vabaneb ahjus küttepuude põletamisel, turba, põlevkivi või kivisöe kasutamisel, petrooleumi põletamisel lampides, bensiini plahvatamistel mootorites jne., see kõik on üks ja sama päikeseenergia, mis on säilitatud roheliste taimerakkude kaudu sadade, tuhandete ja miljonite aastate eest. Ka elektrienergia, mida saavutatakse mootorite abil valgustamiseks, soojendamiseks või muuks otstarbeks, on samuti päikeselt pärit.

Päike on kõikide energiavormide algallikas, ja roheline taimerakk on selleks vahendajaks, mille kaudu me päikeseenergiat saame kasutada.

Süsiniku sarnastamisel moodustatavad ained.

Süsiniku sarnastamisel tekib rohkesti mitmesuguseid aineid. Kõige lihtsam on tõestada tärklise moodustumist assimilatsiooni puhul. Seda võime teha järgmise lihtsa katsega.

K a t s e. Katame õhtul toapriimula või aias kasvava mungalille lehe valguskindla foto- või stannioolpaberiga kinni, lõigates aga enne katepaberisse mingi märgi (tähe, sõna, risti). Järgmisel päeval (on tarvilik, et päev oleks päikesepaistene!) pärast lõunat lõikame taime küljest katselehe ja mõne teise selle kõrval asetseva lehe kontrolliks, asetame mõlemad lehed paariks minutiks keeva vette, seejärel 10 minutiks piiritusse. Kui lehed piiritusest välja võtame, on klorofüll nendest täiesti kadunud ja nad on muutunud



Joon. 53. Tärklis ei teki pimedas: korgiga kaetud osa klorofüllist vabastatud lehest jääb valgeks joodi lisandamise puhul, sest seal puudub tärklis.

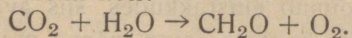
värvituiks. Loputame nad veega ja asetame puhtale taldrikule vähesesse vette. Tilgutame sinna veidi jood-joodkaaliumi lahust. Nüüd näeme, et katselehes tuleb nähtavale katepaberisse lõigatud märk sinisena, muud leheosad jäävad aga valgeks. Kontroll-leht aga muutub üleni siniseks. Sinise värvuse annab jood tärklisega. Katsest näeme: tärklis tekib rohelises taimelehes ainult selle valgustatud osades, sest tema tekkimiseks on tarvis päikeseenergiat.

Tugeva suurendusega lehe sammaskoe rakke uurides võime mikroskoobi abil näha, et tärklisterad tekivad kloroplastides (joon. 54). Arvatakse, et tärklise ja teiste assimilatsioonisaaduste tekkimisel on tarvilik mitte üksnes klorofüll, mis

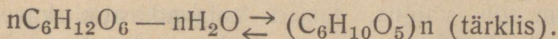
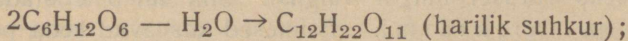
katab kloroplaste õhukese kihina, vaid ka kloroplastide põhiaine (strooma). Seega assimilatsioon ei saa toimuda väljaspool elusrakke, näit. ainuüksi klorofüllilahuse abil mõnes katseklaasis.

Tärklis on liiga keerukas aine ja teda ei saa pidada süsiniku sarnastamise esimeseks — lihtsamaks — saaduseks. Tärklis, nagu eespool kuulsime, muutub ensüümi mõjul suhkruks ja ümberpöörduvalt — suhkur tärkliseks. Ka suhkur, milleks tärklis peale assimilatsiooni lõppu õhtuti ja öösiti lehtedes muutub ning milena ta lehtedest välja juhitakse, pole veel süsiniku sarnastamise esimeseks produktiks, nagu seda teadlased on kindlaks teinud.

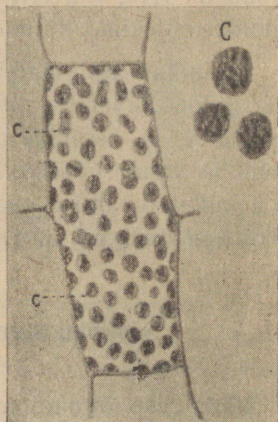
Esimeseks süsiniku sarnastamisel moodustatud süsinikuühendiks, mis on tuletatud süsihappegaasist ja veest, peetakse sipelgahappe-aldehüüdi — CH_2O . Üldjoontes võib väljendada selle aine tekkimist järgmise valemi abil:



Valemi kohaselt moodustatakse sipelgahappe-aldehüüd süsihappegaasi ja vee molekulidest, kusjuures vabaneb üks molekul hapnikku. See aine on aga mürgine ning teda pole vabal kujul (mainimisväärsel hulgal) taime lehtedes leitud. Seepärast arvatakse, et ta kohe tekkides polümeriseerub ja moodustab suhkruid: $6\text{CH}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, s. o. viinamarjasuhkruid ehk glukoosi. Viinamarjasuhkrust tekivad harilik suhkur ja tärklis.



Veel lihtsamad ained kui suhkrud ja tärklis on väiksema C aatomite arvuga ained, nagu trioosid — $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$, tetraosid — $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4$ ja pentoosid — $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$. Kõikides nendes ainetes on vesiniku ja hapniku vahekord samasugune kui vees, s. o. vesinikku kaks korda rohkem kui hapnikku. Niisuguseid süsinikuühendeid nimetatakse süsivesikuteks. Siia kuuluvad — suhkrud, tärklis, tselluloos ja pooltselluloos.



Joon. 54. Tärklisterad kloroplastides (c).

Peale süsivesikute moodustatakse süsiniku sarnastamisel samadest kolmest algelemendist — C, H ja O —, kuid teistes vahekordades kui süsivesikutes, veel rasvaineid ja õlisid.

Kõige keerukamad ained süsiniku sarnastamise saadustena on valgud. Siin lisanduvad kolmele eelmainitud algelemendile veel lämmastik (N), väävel (S), siis fosfor (P), raud (Fe) jt., mistõttu valkude molekulid kujunevad väga suurteks ja keerukateks.

Süsiniku assimilatsioonisaadused on enamikus toiteained ja tselluloos. Nende ainete moodustamisel kui ka lagundumisel ensüümide ja hapniku mõjul tekib rakkudes veel rohkesti liit-aineid ja vaheprodukte, mis taimede elus teinekord võivad etendada küllaltki tähtsat osa, nagu estrid, orgaaniliste hapete soolad, tsüklilised ühendid, alkaloidid jt.

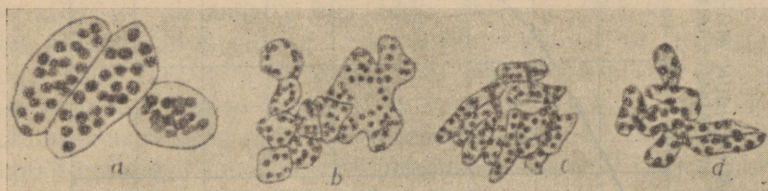
Süsiniku sarnastamist mõjustavad tegurid.

Nagu eespool nägime, on süsiniku sarnastamiseks tarvis valgust, leherohelist ja süsihappegaasi, ning et süsiniku sarnastamise protsess toimub elusrakkudes, siis avaldavad sellele mõju temperatuur ja vesi ning mõned mineraalained.

Süsiniku sarnastamise sõltuvus valgusest. Valgust on tarvis kõigepealt klorofüllil moodustamiseks. Pimedas idandatud taimede idud jäävad värvituiks; nad muutuvad rohelisteks alles valguses. Ainult okaspuude idanditel võib klorofüll tekkida ka ilma valguseta. Kuid kõik taimed ei vaja süsiniku sarnastamiseks võrdsel hulgal valgust. Siin tuleb eristada valguse- ja varjutaimi. Esimesed kasvavad seda paremini, mida tugevam on valgus, teised vajavad aga kasvamiseks umbes 0,1 osa keskpäeva valgusest. Valgusetaimede sammaskude on enamasti mitmekihiline; mõnikord esineb veel koguni teine sammaskoe kiht vastu alumist epidermist; varjutaimede sammaskude on aga nõrgalt arenenud. Valgusetaimedel on kloroplastid väikesed, varjutaimedel palju suuremad (joon. 55). Valgusetaimede hingamine toimub palju intensiivsemalt kui varjutaimedel, mispärast esimestel süsiniku sarnastamise produktide kadu on palju suurem kui teistel. Valgusetaimede lehed on enamasti väik-

semad ja asetsevad taimedel hõredalt, nii et ükski leht teise varju ei jää (kask, mänd), varjutaimede lehed on laiema labaga ja asetsevad taimedel tihedamalt koos (pärn, kuusk).

Kasvuhoonetes on püütud päikesevalgust täiendada või koguni asendada kunstvalgusega. Eriti varakevadisel taimede



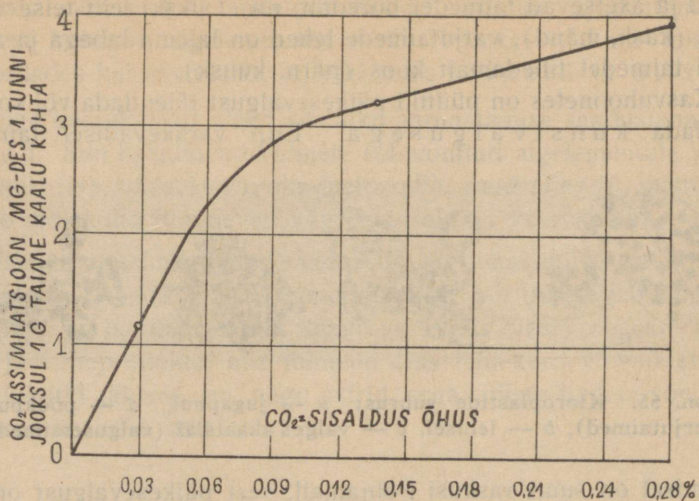
Joon. 55. Kloroplastide suurus: a — jugapuu, d — pöökpuul (varjutaimed), b — lehisel, c — valgel akaatsial (valgusetaimed).

ajutamisel on suuri raskusi Põhjamail, sest päikesevalgust on sel ajal veel liiga vähe. Valgustades aga õhtuti ja hommikuti taimi kasvuhoonetes tugevajõuliste elektrilampidega, pikendades seega valgustusaega ning andes nõrgale päikesevalgusele elektrivalgust lisaks, on saadud häid tulemusi. On siiski leitud, et kõik taimed ei talu võrdselt kunstvalgust, mis erineb teatavasti oma koostiselt päikesevalgusest. Hästi kasvavad ja arenevad kunstvalguses või selle kaasabil kõrsviljad, lina, kurk, tomat, aeduba, tatar, maasikas jt., kunstvalgust ei talu ega arene selle mõjul rahuldavalt redis, kapsas, salatid, spinat, päevalill jt.

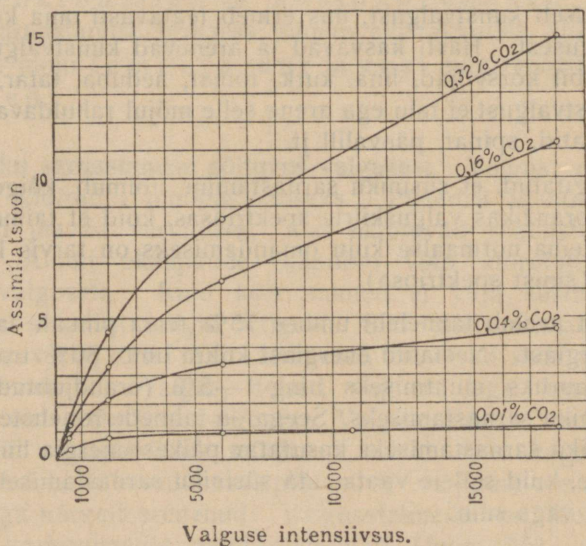
On selgitatud, et süsiniku sarnastamine toimub kõige intensiivsemalt oranžika valguskiirte spektriosas, kuid et taime arenemiseks ja tema normaalse kuju omandamiseks on tarvis ka lühemaid kiiri (sinist spektriosa).

Üldiselt neelab taimeleht umbes 75% tema pinnale langevast päikeseenergiast. Neelatud energiast kulub umb. 80% transpiratsioonivee auruks muutmiseks ning 1—5% (erandjuhtudel kuni 10%) süsiniku sarnastamiseks. Seega on taimede roheliste lehtede poolt süsiniku sarnastamiseks kasutatav päikeseenergia hulk võrdlemisi väike, kuid sellele vaatamata süsiniku sarnastamisel saadud ainete hulk väga suur.

Süsiniku sarnastamise sõltuvus CO₂-st. Viimaseaegsed uuringud on näidanud, et CO₂ hulk õhus pole küllaldane jõuliseks kultuurtaimede kasvamiseks. On suurendatud CO₂ hulka õhus



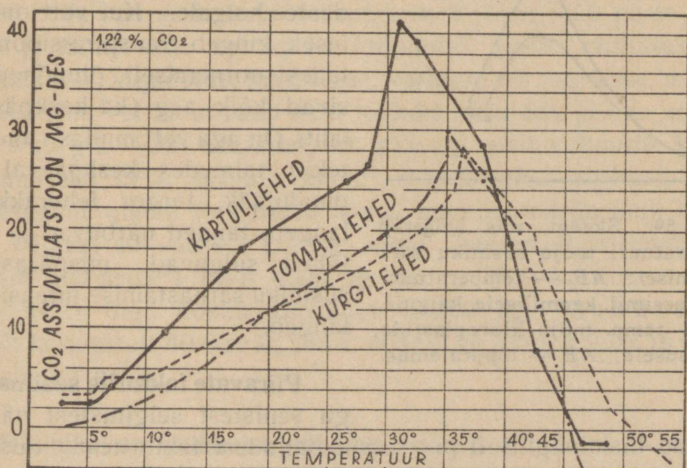
Joon. 56. Süsiniku sarnastamise sõltuvus CO₂ hulgast õhus.



Joon. 57. Süsiniku assimilatsiooni sõltuvus valguse ja CO₂ hulgast.

0,03% kuni 0,3% ja leitud, et koos sellega suureneb taimedes ka süsiniku sarnastamise produktide hulk (joon. 56). Ja kui koos CO₂ hulgaga on suurendatud valguse hulka, siis on assimilaatide hulk veelgi rohkem suurenenud (joon. 57). Seepärast on kasvuhoonetes kui ka vabamaas taimede kasvatamisel hakatud teostama nn. „CO₂-ga väetamist“, kus seda gaasi on rohkesti saadaval, näit. kõrgahjude läheduses. Samuti on selgitatud, et laudasõnnikuga mulla väetamine on ühtlasi ka õhu rikastamiseks CO₂-ga, mis samuti, kui taimede kasvatamine sõnnikulavades, aitab tõsta kultuurtaimede saagiandi. Uurimised on näidanud, et 1 ha mullapinnalt eraldub 1 tunni jooksul järgmised hulgad CO₂: liivasest huumusvaesest mullast 2 kg, liivsavimullast 4 kg, keskmiselt väetatud mullast 5 kg, tugevasti väetatud huumusrikkast mullast 10 kuni 25 kg. 1 ha kaerapõldu vajab aga samal ajal, s. o. 1 tunni vältel süsiniku sarnastamiseks 15 kg CO₂; sellest kogusest saab ta mullast 5 kg ja õhust 10 kg CO₂.

Süsiniku sarnastamine ja klorofüll hulk. Nagu eespool mainitud, esineb klorofüll õhukese kihina kloroplastide pinnal. Seesuguse klorofüll paigutusviisi tõttu tõuseb klorofüll pindala kõrgemates taimedes tunduvalt ning ületab lehepinna suurust isegi mitmesajakordselt (pöökpuul 200-kordselt). Et valgusetaimedes on palju sammaskudet, nende rakud tulvil pisikesi kloroplaste, siis



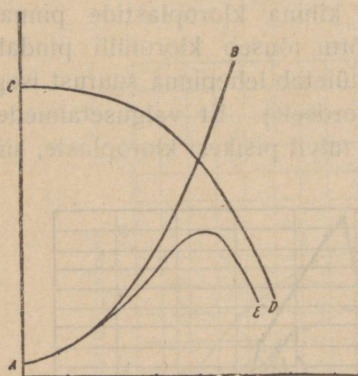
Joon. 58. Süsiniku sarnastamise sõltuvus temperatuurist.

on valgusetaimede lehtedes klorofüllil hulk palju suurem kui varju-
taimede lehtedes, kuigi viimaste pindala võib olla suurem. Uuri-
mised on aga näidanud, et võrdse suurusega lehepinnad (näit.
1 cm²) moodustavad valguse- ja varjutaimedel peaaegu võrdset
hulgal assimilatsiooniprodukte. Sellest peab järeldama, et varju-
taimede lehtedes on klorofüll valguse suhtes tundlikum kui valguse-
taimede lehtedes ja et viimased assimileerivad esimestest suhte-
liselt nõrgemini.

Süsiniku sarnastamise sõltuvus temperatuurist ja veehulgast.

Süsiniku sarnastamise intensiivsus tõuseb rööbiti temperatuuri
tõusuga 0—35° C ja langeb siis järsku täieliku seisakuni.
Assimilatsiooni kõrgpunkt kõigub mitmesugustel taimeliikidel
30—40° C vahel. Süsiniku sarnastamise järsku langemist pärast
haripunktile jõudmist seletatakse soojuse inaktiveeriva mõjuga
kloroplastidele: liiga kõrges soojuses kloroplastid lakkavad
töötamast. Seega temperatuuri tõus mõjub assimilatsiooniprotsessi

keemilisele käigule ja kloroplas-
tide töövõimele vastupidises suu-
nas — esimest kiirendades, teist
aeglustades (joon. 59).



Joon. 59. Skeem, mis selgitab
temperatuuri mõju süsiniku sar-
nastamisel: AB — temperatuuri
mõju assimil. keemilisele käigule,
CD — temp. mõju kloroplastide
aktiivsusele; AE — lõpptulemus.

Ka vee hulk mullas ja selle
kättesaadavus avaldavad mõju
assimilatsioonile ning selle saa-
duste hulgale. Kui vett on kül-
luses, kulgeb transpiratsioon leh-
tedest normaalselt, õhulõhed pü-
sivad kõik aeg (ka keskpäeval)
lahti. On aga vett mullas vähe, siis
tekib taimedes keskpäeval vee
puudujääk, turgor leherakkudes
langeb, taimed näruvad ja õhu-
lõhed sulguvad, mispärast ka
süsiniku sarnastamise intensiivsus
langeb.

Piiravate faktorite seadus. Na-

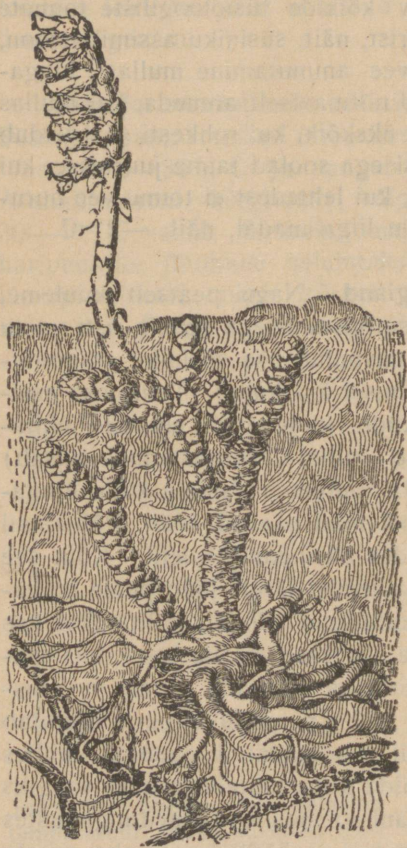
gu senistest selgitustest nähtub,
sõltuvad füsioloogilised protsessid paljudest faktoritest. Süsiniku
sarnastamist mõjustavad valgus, CO₂ ja klorofüllil hulk, tempera-
tuur, vesi ja veel mõned algaained, nagu raud, milleta ei teki kloro-

fülli. Kui üks piiravatest (või protsessi tingivatest) faktoritest on miinimumis, näit. kui temp. on kõigest 1°C , siis vaatamata sellele, et teised tegurid esinevad soodsal määral, assimilatsiooniprotsess ei saa areneda. Samuti võib iga teine tegur avaldada süsiniku sarnastamisele peatavat mõju, kui see esineb liiga nõrgalt — miinimumis. Selles seisabki piiravate faktorite seadus. See seadus on kehtiv kõikide füsioloogiliste toimete puhul, mis sõltuvad mitmest tegurist, näit. süsiniku assimilatsioon, transpiratsioon, toitesoolade ja vee ammutamine mullast, hingamine jt. Nii näiteks ei saa taimed normaalselt areneda, kui mullas puudub üks tarvilik mineraalne, ükskõik, kui rohkesti seal leidub teisi aineid. Samuti ei pääse vesi ega soolad taime juurtesse, kui rikkalikult neid ka mullas leiduks, kui lehtedest ei toimu vee aurumist või kui mulla temperatuur on liiga madal, näit. -2°C .

Süsiniku sarnastamine ja saagiand. Nagu peatselt kuuleme, toimub lehtedes rööbiti süsiniku sarnastamisega sellele risti vastu käiv protsess, nimelt hingamine, mispuhul osa süsiniku assimilatsioonil tekkinud ainetest hapendumisel ära kulub. Teine osa assimilatsioonisaadustest kulub rakkude, kudede ja elundite ehitamiseks jne. Mida pikemad on ööd (millal C sarnastamine seisab) ja mida kõrgem temperatuur, seda suurem on ainete kadu hingamisel. Ümberpöördult — mida pikemad päevad (näit. Põhjamail suvel), seda rohkem tekib taimedes süsinikuühendeid. Kõik see ainete hulk, mis assimilatsioonisaadustest järele jääb peale hingamisel ja taimeosade ehitamisel kulutatud ainete, säilitatakse kas seemnetesse, viljadesse, lehtedesse, vartesse või juurtesse, mis osades inimene või loom saab neid toiduks kasutada ja mis moodustab saagi. On näidatud, et sinep põllukultuuris kulutab hingamiseks 27% assimilatsioonil moodustatud ainetest, umbes samasugune ainete % variseb mulda koos lehtedega ning saagiks jääb kõigest 40—45%. Nisu annab heades kasvutingimustes (Taani andmed) 1 ha-lt 4500 kg teri ja 7500 kg (maha arvata 15% vett) õlgi, kokku kuivainet 10 200 kg. Suhkrupeet annab keskmiselt 40 000 kg juuri, 40 000 kg lehti, kokku 16 000 kg kuivainet 1 ha-lt.

Süsiniku sarnastamise tähtsus. Ainult rohelised taimerakud võivad moodustada $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ süsivesikuid ning ühendada viimaseid mineraalainetega ja tuletada valke. Süsivesikuid ja

valke kasutavad loomad ja inimesed endile toiduks kui ka mitmesugusteks muudeks otstarveteks. Seega seisab süsiniku sarnastamise tähtsus selles, et sel teel toodetakse 1) toiteaineid inimestele, loomadele ja taimedele endile, 2) tselluloosi rakukestade ehitamiseks, mis ainet inimesed kasutavad riiete valmistamiseks, kütteks, ehitus- ja puutöömaterjaliks, paberi, kunstiidi ja lõhkeainete tootmiseks jne.; 3) süsiniku sarnastamisel toimub õhu puhastamine CO_2 -st ja selle rikastamine hapnikuga ning 4) päikeseenergia säilitamine.



Joon. 60. Käopäkk — klorofüllita parasiittaim.

Klorofüllivabad taimed.

Klorofüllivabad taimed on seened ja bakterid. Nendel puudub süsiniku sarnastamise võime, mispärast nad peavad kasutama roheliste taimede poolt valmistatud orgaanilisi toiteaineid. Üks osa baktereid ja seeni elab nügilistena ehk parasiitidena rohelistel taimedel ning tekitab taimehaigusi (kapsanuuter, kartulileherooste, karusmarja-jahukaste, õunapuu-vähktõbi jt.), teine osa baktereid ja seeni elab mädanevatel taimeosadel — metsa all, mullas, sõnnikus jm.

Need on mädarikbakterid ja -seened, millede kaastegevusel toimub orgaanilise aine kõdunemine ja mineraliseerumine. Bakterid vajavad elamiseks leelisest keskkonda ega arene

seepärast hapumahlalistes taimerakkudes, seemed seevastu elutsevad peamiselt hapus keskkonnas ja põhjustavadki seetõttu nii rohkesti taimehaigusi. Ka kõrgemate taimede hulgas leidub klorofüllivabu taimi [k ä o p ä k k (joon. 60), v õ r m, s o o m u k a s], millel samuti puudub süsiniku sarnastamise võime ja mis võivad elada teiste roheliste taimede kulul parasiitainena. Kuid leidub ka mõningaid rohelisi taimi, mis vaatamata oma assimilatsioonivõimele imevad valmis-toiteaineid naabertaimedest. Neid taimi nimetatakse poolparasiitideks (silmarohi, härghein, robihein, sookuuskjalg jt.).

Putuktoidulised taimed.

Kehvadel liivastel ja turbapinnastel kasvavad taimed tunnevad sageli puudust lämmastikainetest, mida nimetatud muldades on vähe. Mõned niisugustel pinnastel kasvavad taimed „oskavad“ katta oma lämmastikupuudust sel teel, et püüavad kinni putukaid ning

kasutavad neid toiduks. Nende taimede lehed eritavad valke seedivaid (lagundavaid) ensüüme, lagundavad valkained amiinhapeteks ja imevad need püütud putukate kehast enesesse.

Kodumaa taimedest kuuluvad putuktoiduliste hulka kehvadel niiske-liivalistel maadel ja rabadel kasvavad huulheinad ja võipätakas ning veetaim ve-sihernes.



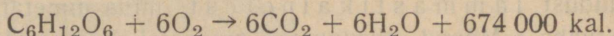
Joon. 61. Ümmaralehine huulhein.



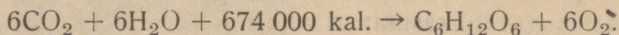
Joon. 62. Võipätakas.

Taimlehtede hingamine.

Et elusrakud hingavad, s. o. neelavad hapnikku ja eritavad CO_2 , sellega tutvusime juba seemnete idanemist käsitelles. Hingamine on vastassuunaline protsess süsiniku sarnastamisele mitte ainult gaasidevahetuse, vaid ka energiakasutamise poolest: süsiniku sarnastamisel kulutatakse päikeseenergiat, sest siinsed keemilis-füsioloogilised protsessid on soojust neelavad ehk endotermilised, hingamisel ühinevad süsinikuühendid hapnikuga soojust eritavateks ehk eksotermilisteks reaktsioonideks, kusjuures vabaneb soojust. Süsiniku sarnastamisel moodustatakse CO_2 , veest ja mineraalainetest keerukaid orgaanilisi ühendeid, hingamisel keerukad orgaanilised ühendid hapnikuga ühinemisel lagunduvad lihtsamateks aineteks. Üldskeemina võib hingamist märkida järgmise valemiga (peaaineks hingamisel on suhkur):



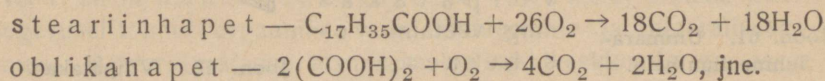
Süsiniku assimilatsiooni:



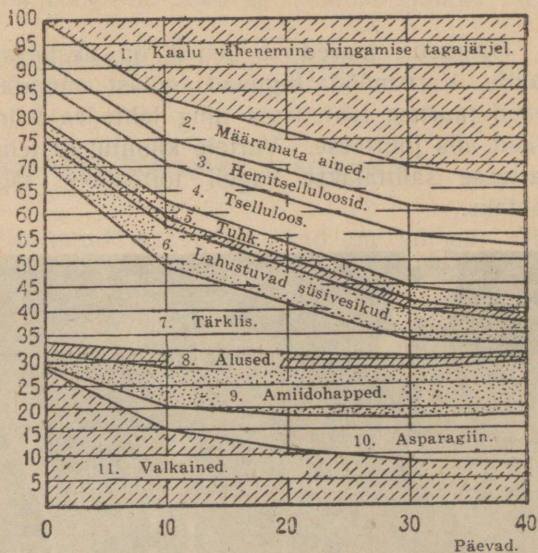
Hingaminegi pole lihtne keemiline reaktsioon, vaid keerukas füsioloogiline toiming, mis sõltub hapnikuhulgast, temperatuurist, veest, orgaanilistest ühenditest kui hingamisel kasutatavast algmaterjalist, mineraalainetest jne.

Valguses on roheliste taimlehtede hingamist raske kindlaks teha, sest et siin süsiniku sarnastamine seda protsessi segab ning hingamisel tekkiva CO_2 ära kasutab. Kui paigutame aga rohelise taime õhukindla kupli alla ning asetame 24—48 tunniks pimedasse ruumi, siis analüüsides kupli all oleva õhu koostist enne ja pärast katset leiame, et sealt on katse vältel kadunud hapnik ning selle asemele ilmunud CO_2 .

Nagu mainitud, on peamisteks hingamisel kasutatavateks aineteks suhkrud, mis küllaldase hapniku juurdepääsu puhul põlevad lõpuni ning annavad $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Peale süsivesikute kasutatakse hingamisel aga ka teisi aineid, näit. rasva-, amiinohappeid,

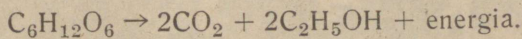


Kui hingamine toimub hapnikuvabas ruumis, s. t. kui hingamisel puudub välis hapnik, siis taimerakud ammutavad vajalikku hapnikku toiteainetest nende molekulide ümberehitamise kaudu. Niisugust hingamist nimetatakse intramolekulaarseks



Joon. 63. Varuainete muundumine hingamisel; kuluvad peamiselt tärklis ja valkained: esimene muudetakse suhkruks, s.o. lahustuvaiks süsivesi-kuiks, teised — amiinohapeteks.

ehk anaeroobseks hingamiseks. Sellise hingamise tuntuimaks nähtuseks on alkoholiline käärimine, mil kobarsuhkur muutub alkoholiks ja süsihappegaasiks:



Vesi mõjustab roheliste taimelehtede hingamist peaaegu samal viisil kui süsiniku sarnastamist. Vee puudusel leherakkudes hakkavad lehed närbuma, nende õhulõhed sulguvad ja gaasivahetus on takistatud. Ka temperatuuri mõju hingamisele on samasuguse toimega nagu süsiniku sarnastamisel.

Peale mainitud tegurite on hingamisel kaastegevad mitmed ensüümid ning raua- ja fosforhappe-soolad.

Hingamisel vabanev energia muutub enamikus keemiliseks energiaks ja vähesel määral ka soojuseks. Hingamise kaudu saadav keemiline energia kulub plasmaainete sünteetiliseks ülesehitamiseks.

VI. Vars. Mineraal- ja orgaaniliste toiteainete lahuste liikumine.

Varre ülesanded ja kujud.

Taimede juured ja lehed on üksteisega ühendatud varre kaudu. Vart mööda liiguvad mullast ammutatud vesi ja mineraalained juurtest lehtedesse ning lehtedes valmistatud orgaanilised ained alla juurtesse. Vartele kinnituvad lehed. Paljuaastastesse vartesse säilitatakse sageli toiteainete tagavarasid järgmiseks aastaks.



Joon. 64. Sooküpressi hiigeltüvi.

Taimede varred on suuruselt ja kujult kui ka eluealt väga mitmekesised. Ühtedel taimedel arenevad lehed otse juurekaelast ning vars on vaevalt märgatav (võilill, teeleht, nurmenukk jt.). Teistel, näit. puutaimedel, ulatub vars (tüvi) kümnetesse meetritesse, liaanidel kuni 200 m. Jämeduselt kõigub varte läbimõõt 1 mm kuni 10 ja rohkem meetrini (joon. 64).

Varre püsivuse järgi jagunevad taimed üheaastasteks, kaheaastasteks ja paljuaastasteks. Viimased eristuvad kahte rühma: rohtsete vartega taimed ehk püsikud ja puitunud vartega taimed — puud ja põõsad. Puude eluiga võib küündida heades elutingimustes tuhandettesse aastatesse: pärnadel 1000 a., tammedel kuni 2000 a., mammutipuudel isegi 5000 aastani.

Puude ja põõsaste puitunud varsi nimetatakse tüveks.

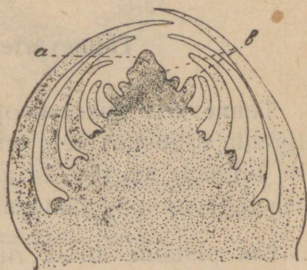
Võrse, selle ehitus, kasvamine ja arenemine.

Puude ja põõsaste harude kasvavad osad on võrsed. Ühe aasta vanust võrset nimetatakse virveks. Võrsed ja virved on kaetud lehtedega. Lehtede asetus on kas spiraalne või vastastikune. Iga lehe kaenlasse tekib suve lõpul üks pung ning virve tippu — tipp- ehk terminaalpung. Iga võrse kasvab tipust ja sirgub niikaua, kuni tekib virve latva tipp-pung. On leitud, et tipp-pung eritab isesugust ainet (hormooni), mis virve edaspidist kasvu takistab.

Pung on kaetud soomustega; need eritavad mõnikord kleepainet, mis soomused veekindlalt kokku kleebib. Siseehituselt eristatakse kasvupungi õie pungadest. Esimesed sisaldavad lehtede, teised õite algmeid. Igas pungas on loovkoest koosnev kasvukuhik (joon. 65). Kevadel pungade puhkedes arenevad nendest õied, õisikud, lehed, kusjuures kasvukuhikust sirgub virves.

Võrse siseehitus. Lõikame mõne võrse pikuti pooleks. Näüd võime eristada palja silmaga kolme osa: koort, puitu ja säsi. Suurendusklaasiga võime näha koores kolme osa: pinnal siledat marrasknaha, selle all rohekat või kollast värvi esikoort ning vastu puitu valget kiulist osa — niint. Ka puit on kiulise ehitusega. Säsi seevastu on pehme ja habras.

Koort eraldab puidust õhuke elusrakkude kiht, mida palja silmaga on raske näha: see on mähk ehk kambium. Ka ristilõigis



Joon. 65. Kasvukuhik pungas. Tumedam osa — loovkude; a — kasvukuhik, b — lehtede algmed.

näeme samu võrseosi. Jämedama võrse puhul märkame puidus kontsentrilisi ringe — a a s t a l õ i m i. Need on tekkinud loovkoest — kambiumist. Igal aastal moodustab kambium ühe aastalõime ehk -ringi. Seega võib aastalõimede arvu järgi määrata võrse vanust. Võrse kasvab jämedamaks igal aastal kambiumi mõjul, mis moodustab sissepoole puidurakke, väljapoole niine- ja koorerakke.

Puutüve makroskoopiline ehitus. Vaatleme mõningaid jämedama puutüve piki- ja ristilõike. Selgesti võime siin eraldada samu osi, mis võrseksi: koort, puitu ja säsi. Luubiga üksikuid osi ligemalt silmitsedes leiame siin siiski mitmeid erinevusi. Kõigepealt koor pole enam pinnalt sile, vaid kare ja korbane. Selle väline osa koosneb surnud rakkudest, millede kestad on korgistunud. Mõnel juhul näeme paksemaid või õhemaidsid korkkoe ehk korgi kihte (kasel), teisel juhul on korkkoe vahel kõvu ja paksustalisi rakke. Seesugust välist, enamasti lõhestunud kooreosa nimetatakse k o r b a k s. Korba all asetseb koore niinosa, milles mõnel juhul (päernal, kuusel) võib märgata tugevaid ja pikki kiude. Puidus näeme selgesti aastalõimi, võime loendada, kui vana puutüvi on ning eristada igas ringis tihedamat ja hõredamat kudet. Läbi puidu kulgevad radiaalselt säsi suunas s ä s i k i i r e d, mis ühendavad säsi koorega. Koore ja puidu vahel on siingi kambiumikiht pideva ringina. Puidu kude võib olla ühel puul tihedam, teisel kohedam, ühel pehmem, teisel kõvem: nendest omadustest sõltub puidu tehniline väärtus.

Taimevarte mikroskoopiline ehitus.

Taimevarre mikroskoopilise ehituse tundmaõppimise sihiks on selgitada esijoones neid teid, mida mööda liiguvad mahlad. Peale selle tutvume sel teel ka nende kudedega, milledest sõltub taimevarte tugevus ning jämedaks kasvamine.

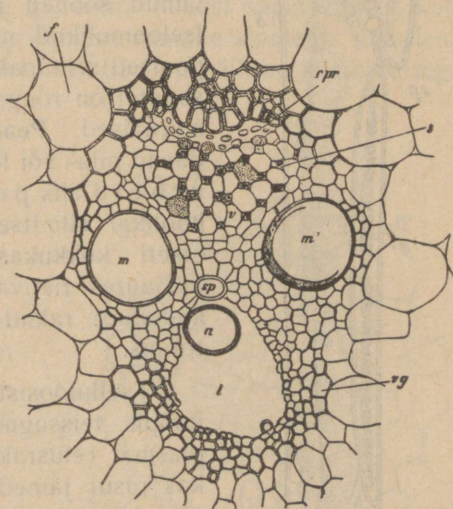
Kui pistame kuiva rukkikõrre sõlmehelise osa punasesse tinti ning lõikame selle mõneminutilise seismise järel terava noaga tindipiirist kõrgemalt risti läbi, siis näeme luubiga kõrres ringi punaseid täppe. Pikilõigus näeme täppide asemel punaseid jooni. See lihtne katse näitab, et punane tint liigub rukkikõrt mööda edasi. Tindiga punaseks värvitud jooned on s o o n e d, mida mööda kasvavas rukkikõrres liigub vesi koos mineraalooladega. Samasuguse katse võib korraldada ka elavate taimede vartega,

näit. õitsevate piibelehtedega, valgeõieliste tulpidega jt., kusjuures mahalõigatud taimevarred tuleb asetada punasesse tinti kauemaks ajaks, kuni tint tõuseb õitesse ja värvib seal valged õite katelehed punaseks.

Üheiduleheliste taimede varte ehitus.

Vaatlus. Võtame piirituses leotatud maisitaimet varretüki, mida on kerge habemenoaga lõigata, ja teeme sellest kaks hästi õhukest lõiku: ühe risti ja teise pikuti vart. Rakkude ja kudede paremaks eristamiseks värvime need lõigud kloor-tsink-joodiga (värvib tselluloosist rakukestad lillaks) ja kontsentr. HCl + floroglutsiiniga (värvib puitunud kestadega rakud ja sooned karminpunaseks).

Vaatleme algul ristilõiku mikroskoobiga. Näeme, et üksik soon pole üksainus toru, vaid et see koosneb hulgast peenikestest soonekestest. Seega on iga jämedam soon tegelikult soonkimp ehk juhtkimp, mis juhib mahlade liikumist kindlas suunas. Iga soonkimbu sisepoolsel küljel paistavad silma 3 jämedamat soont, millede seinad, nagu värvusest nähtub, on puitunud. Nende vahel asetseb veel neljas peenem soon. Kõiki sooni mööda liigub vesi koos lahustunud mineraalooladega juurtest üles lehtedesse.

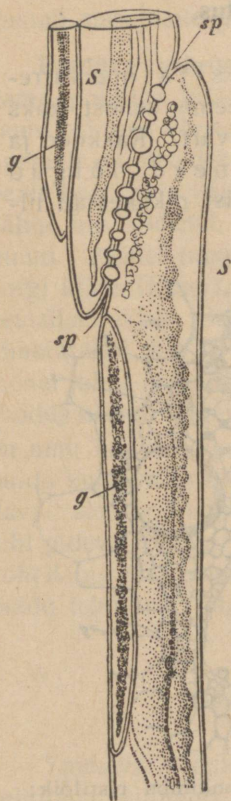


Joon. 66. Maisi soonkimbu ristilõik: *a, m, m¹, sp* — sooned, *v* — sõeltorud; *s* — saaterakud; *f* — põhikude (parenhüüm), *vg* ja *cpr* — tupp, *l* — rakkudevaheline ruum.

Soontest väljaspool märkame rühma rakke, millede seinad on värvunud kloor-tsink-joodiga lillaks, mis järelikult koosnevad tselluloosist. Selle koe rakud on taime kasvamisel elavad, sisaldavad plasmata ja moodustavad soonkimbu niinosa. Niin koosneb

sõeltorudest ja saaterakkudest, mida paremini näeme pikilõigis. Sooned ja sõeltorud on soonkimbu juhtkoed: esimest mööda liigub, nagu mainitud, vesi mineraalsooladega varres alt-poolt üles — lehtedesse, niine sõeltorusid kaudu juhitakse aga

orgaanilised süsiniku sarnastamisel moodustatud ained lehtedest alla juurtesse. See-ga liiguvad soonkimbus mah-lad kahes vastassuunas. Ümber-ringi on soonkimp piiratud puitunud-kesta-liste rakkudega, mis moodustavad soon-kimbu tupe.



Joon. 67. Sõeltoru pikisuunas (S); pooriline vahesein (sp); g — plasmarikas sõeltoruga kõrvuti asetsev saaterakk.

Vaatleme pikilõiku. Punaseks värvunud sooned paistavad siin kohe silma. Iseloomulikud nende juures on aga sees-poolsed seinapaksendused, mis jämedamatel soontel on rõngakujulised, peenematel aga spiraalsed. Peale selle soonte seinad sisal-davad pilu- või torukujulisi õhemaid kohti — urbeid ehk poore. Edasi selgub soonte hoolikal silmitsemisel, et need koosnevad otseti kokkukasvanud rakkude ridadest, kusjuures ristivaheseinad rakkude vahel on kadunud: rakud on liitunud sel viisil pikaks toruks.

Tselluloosist kestadega sõeltorud on hoopis teissugused. Nendes võime näha plasmata (elusrakud!). Nad on liitekohtadel kas pisut jämedamad või teravate otstega üksteise vastu surutud. Heal preparaadil võime näha, et vaheseinad sõeltorude rak-kude liitumiskohtades pole kadunud, vaid augukestega läbistatud (nagu sõela põhi!). Siit on tekkinudki nende omapärane nimetus — sõeltorud. Vaheseinas leiduvate avade kaudu on sõeltorude rakkude plasma üksteisega ühenduses, mis võimaldab hästi mitmesuguste orgaaniliste toitainete edasijuhtimist sõeltorusid mööda. Sõeltorude kõrval märkame peenemaid plasmarikkaid rakke — sõeltorude saaterakke, mis on sõeltorudega ühendatud rakkude vaheseintes esinevate peenikeste pooride kaudu.

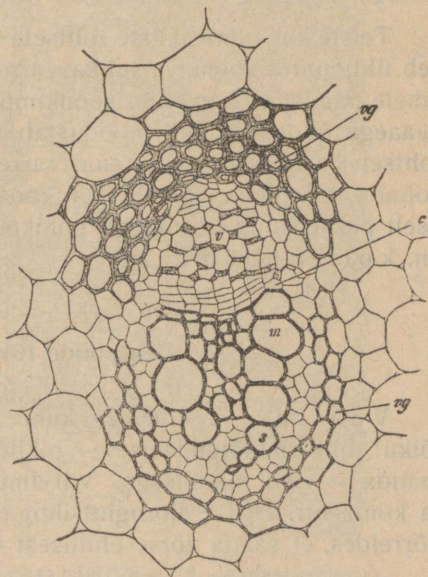
Maisivarre ehitusega on sarnane kõikide üheiduleheliste taimede soonkimpude ehitus: nad koosnevad soontest ja sõeltorudest ning on piiratud kinnise tupega. Soonkimbud on maisivarres kindla korrata läbisegi, õõnsates vartes (kõrrelised) aga ühe või kahe ringina. Soonkimbu tuped annavad üheiduleheliste taimede vartele tugevust.

Kaheiduleheliste taimede varte ehitus.

Vaatlus. Võtame mõne kaheidulehelise rohtse taime, näit. roomava tulika, varre ja teeme sellest samasugused kaks lõiku, nagu maisivarrest, ning värvime samade ainetega. Vaatleme algul valmistatud preparaadi ristilõiku väikese suurendusega.

Näeme, et õõnsas tulikavarres on soonkimbud paigutatud ainsa ringina ja ligistikku. Paksukestalistes soonkimpude tugirakud on asetunud kahele poole kimpe: sise- ja välisküljele, kusjuures külgedelt on soonkimbud ilma tugikoeta. Seega on soonkimbud külgedelt lahtised, mis on esimeseks lahku minevaks tunnuseks ühe- ja kaheiduleheliste taimede varte anatoomias.

Vaatleme edasi mõnd soonkimbu ristilõiku suurema suurendusega (joon. 68). Kohe paistavad silma punaseks värvunud puitunud seintega sooned soonkimbu siseküljel, mida on aga arvult palju rohkem kui maisi soonkimpudes. Sõeltorud



Joon. 68. Roomava tulika soonkimbu ristilõik: *s*, *m* — sooned; *v* — sõeltorud, *c* — kambium; *vg* — paksukestalistes tuperakud.

saaterakkudega asetsevad soonkimbu väljaspoolses osas paksukestalistes tuperakkude käärus. Soonte ja sõeltorude vahel märkame

pisikestest õrnakestalistest rakkudest koosnevat reeglipärast kudet: see on elav loovkude — kambium, mis sageli soonkimbu külgedelt lahtistest tupeavadest välja ulatub. Et kaheiduleheliste taimede soonkimbud sisaldavad kambiumi, see on teiseks erinevustunnuseks kahe- ja üheiduleheliste taimede varre ehituses. Nimetatud kahe tunnuse abil on alati võimalik mikroskoobiga kindlaks teha, kas meil on tegemist ühe- või kaheidulehelise taime varrega.

Pikilõigis on erinevus kahe- ja üheiduleheliste taimede vahel väike. Roomava tulika (aga ka teiste kaheiduleheliste taimede) varre soonkimpudes on soonte seinad rõngaliste ja spiraalsete seinapaksendustega, mõned aga sügavate täpp-pooridega. Sõel- torud ja saaterakud ei erine maisitaimede omadest. Kambiumi rakud on pikilõigis järskude ristseintega pikad rakud. Järsult erinevad kujult soonkimbu tuperakud, mis on paksukestalistes ja teravate otstega, milledega nad üksteise vahele kiiluvad.

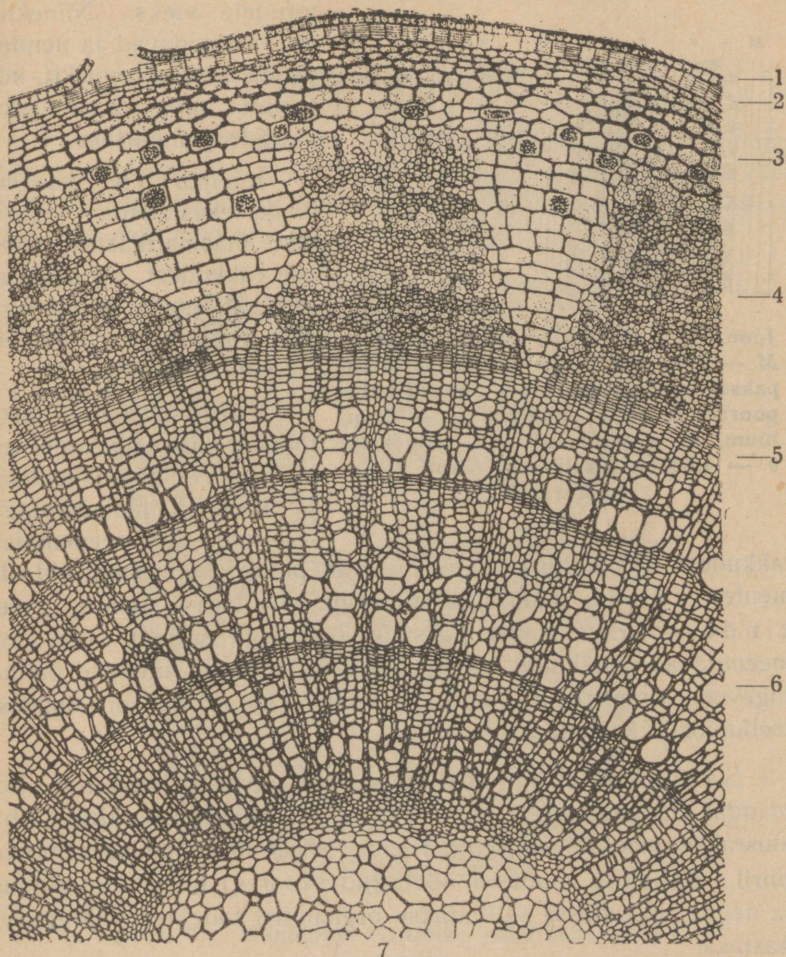
Teiste kaheiduleheliste rohtsete taimede varte siseehitus sarnaneb üldjoontes roomava tulika varre ehitusega. Mõnel juhul võib tähele panna, et kambium soonkimpudest välja ulatub ning varres peaaegu pideva ringi moodustab (päevalill). Tugikudet leiame rohtsetes vartes saarekestena varre kantide nurkades või muul kohal varre pinna ligidal; see koosneb rohelistest elusaist ja osaliselt paksenenud kestadega põhikoe rakkudest, mis moodustavad nn. kollenhüümi.

Lehtpuude tüve ehitus.

Vaatlus. Teeme 2- kuni 3-aastase pärna oksast kolm lõiku: ühe ristilõigu, teise — pikilõigu raadiuse suunas ja kolmanda — risti raadiusega. Värvime need lõigud kloor-tsink-joodi ja kontsentr. HCl + floroglutsiiniga ning uurime neid üksteisega võrreldes, et saada võrse ehitusest õiget pilti.

Vaatleme kõige enne ristilõiku väikese suurendusega. Võime siin eristada kergesti koort, kambiumi, puitu, säsi ja säsiikiiri ning aastalõimi (ehk aastaringe, aastarõngaid). Vaatleme koort üksikasjalisemalt: see on pinnalt kaetud marrasknahaga, millele järgneb pisikestest lamedatest rakkudest tihe korkkiht ning viimasele — koore põhikude, mis ulatub paiguti kiiludena koore niinosasse. Need

kiilud on tekkinud koore väljavenitatavuse tagajärjel, sest puit, iga aastaga jämedamaks kasvades, pingutab kõik aeg koort. Koore põhikoe rakud on elavad ja pooldumisvõimelised. Nad ulatuvad



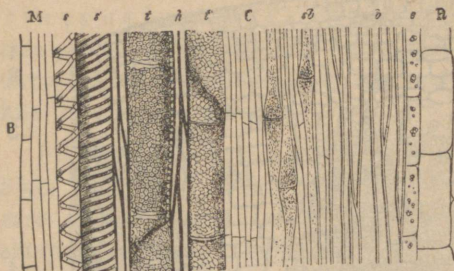
Joon. 69. Kolmeaastase pärna oksa ristilõik: 1 — marrasknahk, 2 — korkkiht, 3 — koore põhikude, 4 — koore niinosa, 5 — kambium, 6 — puit (3 aastarõngast), 7 — säsi.

kohati kuni kambiumini ja säsi kiirteni. Rohkesti võime näha põhikoe rakkudes oblikahappekaltsiumi kristalle.

Sisemise kooreosa moodustab niin, mida tuleb vaadelda nii risti- kui pikilõikudes. Siin vahelduvad sõeltorud saate-

rakkudega ja niinekiududega. Sõeltorud ja saaterakud on elusad ning tselluloosist kestadega, niinekiud — pikad teravate otstega surnud rakud paksude puitunud kestadega. Nad on sõeltorudele toeks. Niinekiud

on vastupidavad ja nendest valmistatakse roguskit, köiteniint ning kasutatakse mattide punumiseks.



Joon. 70. Päevalille varre pikilõik: *M* — põhikude, *r, s* — spiraalse seinapaksendusega sooned, *t* — sooned küljpooridega, *h* — puukiud; *c* — kambium, *sb* — sõeltorud, *b* — niinekiud, *e* — tärglist sisaldavad rakud, *R* — koorerakud.

Kambium koosneb õhukesekestalistest elavatest plasmarikastest loovkoe rakkudest. Ta moodustab väljapoole mitmesuguseid koorerakke, sissepoole — puiduelemente.

Puidus esinevad aastalõimed, millede kevadel tekkinud osa on hõredakoelism ja koosneb jämedamatest, sügiskude aga peenematest

rakkudest. Pikilõigis võime eristada puidus kolmesuguseid elemente: sooni, mida mööda liigub vesi ladva suunas, puukiude — teravaotsalisi paksude kestadega surnud rakke, mis meenutavad niinekiude, on aga nendest lühemad, annavad puidule tugevust, ning puu parenhüüm rakke, mis on õhukeste tselluloosist kestadega elusrakud.

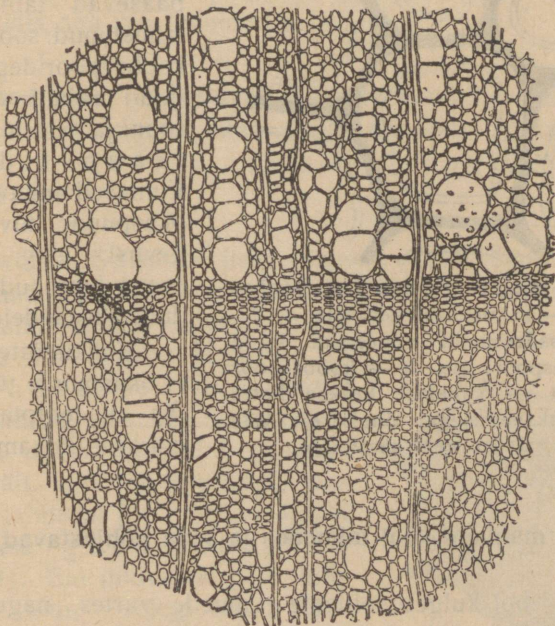
Säsi ja säsi kiired koosnevad elavatest rakkudest. Kolmandal (tangentiaalsel) lõigul näeme, et säsi kiired on kitsad ribad elusrakke, mis läbivad puitu, algavad säsis ning lõpevad kambiumi piiril. Säsi kiirte kaudu on sõeltorud (kooses) ühendatud puiduga ja nende rakkudes säilitatakse orgaanilisi toiteaineid järgmiseks aastaks.

Tutvunud lehtpuu tüve (võrse) ehitusega, võime vastata eespool-püstitatud kolmele küsimusele: 1) Vesi koos sooladega liigub tüves ladva suunas puidusooni mööda, lehtedes valmistatud orgaanilised ained alla juurtesse sõeltorusid mööda, kusjuures sõeltorud on ühenduses säsi kiirtega, mis pärast säsisse ning säsi kiirtesse on võimalik säilitada toiteaineid. 2) Tüvele annavad tugevust peamiselt puukiud, mõnel määral ka sooned, koorele — niine-

kiud. 3) Puutüvi kasvab jämedamaks kambiumirakkude pooldu-
misel. Kambium moodustab ringikujuliselt sissepoole puidu-
elemente, väljapoole koorelemente.

Okaspuude tüve ehitus.

Vaatlus. Valmistame 3-aastase männi oksast (soovitav
seda enne piirituses leotada, et vaik lahustuks, sest see takistab
lõikude valmistamist) samasugused kolm lõiku nagu pärnaoksast
ja uurime neid mikroskoobiga (joon. 71).



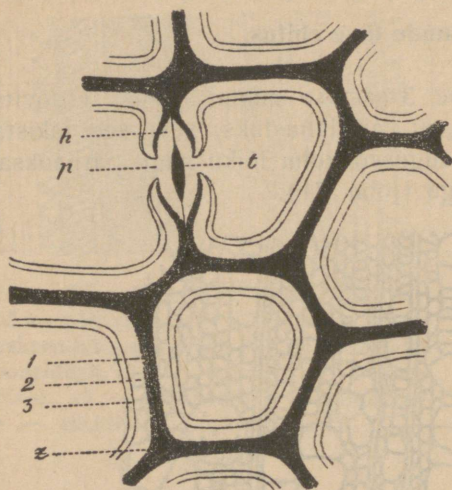
Joon. 71. Männioksa ristilõik: näha kahe aasta-
rõnga vahe.

Peaosad on siin samad, mis lehtpuus: koor, kambium,
puit, säsi ja säsi kiired. Erinevalt märkame siin puidus
aga veel vaigukäike; need on vooderdatud õhukeskestaliste
elusrakkudega, mis eritavad vaiku.

Koor on ehituselt peaaegu samasugune kui pärnal; okas-
puude niinosas puuduvad aga saaterakud.

Kambium, säsi kiired ja säsi on samasugused kui pärnal.

Puit aga erineb oma ehituselt lehtpuude puidust väga tunduvalt. Siin puuduvad nii sooned kui ka puukiud.



Joon. 72. Männi trahheiidide koobaspoor: *z* — rakuseinte keskkile, *1, 2, 3* — selle sadestunud nooremad kihid; *p* — koobaspoori ava, *h* — koobaspoori siseruum, *t* — vahekile keskse kettakujulise paksendusega; õhukesest kileosast pääseb vesi hästi läbi.

Nende asemel esinevad teravaotsalised paksude kestadega surnud rakud, mis on varustatud koobaspooridega, nagu seda radiaalsel lõigul näeme. Koobaspooridest pääsevad läbi vesi ja lahustunud soolad. Need koobaspooridega varustatud rakud asendavad sooni ja neid nimetatakse trahheiidideks. Viimased annavad aga ka okaspuude tüvedele tugevust ning täidavad seega lehtpuude puukiudude ülesandeid.

Kokkuvõttes näeme, et okaspuude tüvede ehitus on lehtpuude omast märksa lihtsam.

Tõusev mahlade vool taimedes ja seda põhjustavad jõud.

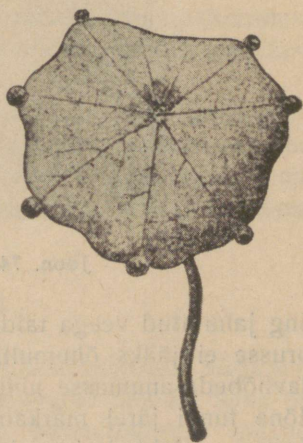
Tõusev vool kulgeb rohtsete taimede vartes, nagu eespool näidatud, soonkimpude sooni mööda, puitunud vartes — tüvedes — aga puidu kaudu (sooni ja trahheiidide mööda). Et puutaimedel tõusev vool kulgeb tüve puitu pidi, seda on kerge tõestada rõngastuse abil. Kui puutüvelt koor rõngakujuliselt ära võtta, siis saab vesi liikuda üles lehtedesse ainult kas puidu või säsi kaudu, mitte aga koort mööda. Niisugused rõngastatud puud ei kuiva ära, vaid elavad terve suve üle, millest nähtub, et nende veevarustus on korras. Sel korral ei saa aga säsi veejuhtimisel arvesse tulla, sest see puudub paljudel puudel (õõnespuud) ja õõnsatel taimedel.

Tõusev vool algab elusrakkudes (juurekarvakesed ja juurekoorerakud), kulgeb siis surnud elementide (soonte ja trahheidide) kaudu ning lõpeb lehtedes jällegi elusrakkudes (sammast- ja kobekude). Katseliselt on selgitatud, et vee liikumine läbi elusrakkude on väga aeglane ning seotud suurte takistustega. On leitud, et vee läbitungimisel 1 mm paksusest elusrakkude ja plasma kihist on tarvis jõudu, mis vastab 1 atmosfääri rõhule. Selle jõu moodustavad osmootselt aktiivsed ained - rakumahlas, mis pärast mainitud ainete kontsentratsioon peab pidevalt tõusma vee liikumise suunas. Seepärast vee juhtimine läbi elusrakkude on ebaotstarbekas ning taimed kasutavad seda moodust ainult vee juhtimise tee alguses ja lõpus. Surnud rakkude kestad soontes ei takista aga vee liikumist kuigi palju.

Millised jõud põhjustavad tõusvat voolu? Vesi tõuseb ja liigub taimeladva suunas kahe jõuallika mõjul: juurerõhu ja transpiratsioonil lehtedes tekkiva imemisjõu mõjul.

Juurerõhk. Sellest oli juttu eespool. Juurerõhust piisab vee edasisurumiseks madalamate taimede lehtedeni. Mõnel juhul võib tähele panna, kuidas juurerõhu mõjul surutakse vesi taimede lehtedest eri avade — hüdatooidide — kaudu välja tilkadena, enamasti niiskes õhus ja öösiti, mil veeaurumine peaaegu seisab, näit. kõrviljade orastel, kasvuhoo taimedel jne. Seda nähtust nimetatakse gutatsiooniks (joon. 73). Ent juurerõhk pole üldiselt kuigi suur. Pealegi on ta ebaühtlane ning esineb perioodiliselt.

Lehtede imemisjõud tekib elusrakkudes transpiratsiooni toimetel, mil rakkudest auruva vee mõjul turgor nendes langeb, soolade kontsentratsioon seevastu aga tõuseb, sest soolad jäävad vee aurumisel rakkudesse. Leherakud imevad vett lehe soonkimpudest (soontest), viimased on



Joon. 73. Gutatsioon mungalille lehel.

aga ühenduses varre soontega ja edasi juurte soontega. Nii toimub lehtede kaudu vee ülesimemine läbi terve taimekeha. Lehtede imemisjõudu võib selgitada järgmise katse abil.

Katse. Lõikame mõne lehistunud elusa võrse ja ühendame selle õhukindlalt kummitoru abil keetmise teel õhust vabastatud



Joon. 74. Lehtede imemisjõud.

ning jahutatud veega täidetud toruga, kuid nii, et võrse otsa alla torusse ei jääks õhumullikesi. Asetame klaastoru alumise otsa elavhõbeda-anumasse ning kinnitame võrse ja toru statiivi külge. Mõne tunni järel märkame, kuidas elavhõbe klaastorus hakkab tõusma — lehtede imemisjõu mõjul (joon. 74).

Seesuguste katsetega pole aga suudetud tõsta elavhõbedat üle 76 cm kõrguse: ikka tekib siin vee ja elavhõbeda-samba vahele õhumullikeste kiht, mille mõjul ühendus vee ja elavhõbeda vahel

katkeb. Niisuguste katsete põhjal arvatigi, et lehtede imemisjõud ei ületa 1-atmosfäärilist õhurõhku ning suudab tõsta vett kuni 10 m kõrgusele maapinnast. Et aga puude tüved on üle 100 m kõrged, siis ei suudetud kuidagi mõista, missugused jõud tõstavad vett puutüvedes nii kõrgele.

Viimased uurimised on toonud siingi asjasse selgust. Kui võeti klaastoru asemel toores liaanivars, siis õnnestus selle abil tõsta elavhõbedat üle 152 cm, seega kahe atmosfääri rõhu kõrguseni, sest siin ei tekkinud katset takistavaid õhumullikesi toru-soontes.

Katseliselt on kindlaks tehtud, et imemisjõud meie puude leherakkudes (sammast- ja kobekoes) vastab 10—15 atm. rõhule, millest piisab vee tõstmiseks ka kõige kõrgemate puude latva. Juurerõhk võib aga tõusta kõigest 2—3 atm. rõhuni.

Edasi on selgitatud, et leherakkude imemisjõu toimele suvistel keskpäevatundidel, mil juured ei suuda ammutada vett mullast niisugusel määral, nagu seda aurub lehtedest, tekib taime vartes veesakeste vahel suur pinge kõikides veesoonekestes, mis läbivad taimevarsi. Lehtede imemisjõu mõjul on kõik need veejoad nagu riputatud lehtede külge. Mõõtmiste abil on kindlaks tehtud, et need veejoakesed soontes muutuvad keskpäeval peenemateks, ei katke aga mitte, sest veejoakeste katkestamiseks on tarvis 300—350 atm. vastavat jõudu. Sooned peenenevad vartes, ei lange aga rõngakujuliste või spiraalsete seinapaksenduste tõttu kokku. Seega on selgitatud ka soonte seinapaksenduste tähtsus.

Vesi ja soolalahused liiguvad puutüvedes üles ainult puidu väliseid aastalõimi ehk *maltspuud* mööda. Vanemates puutüvedes on tüve sisemine osa — *lülipuu* — muutunud sinna-kogunenud parkainete, värvainete jt. tõttu veele läbipääsematuks.

„Langev“ vool.

Süsiniku sarnastamise saadused juhitakse lehtedest välja mitmes suunas: üks osa alla juurtesse sõeltorusid mööda, teine osa — varresse või tüvesse sõeltorude ja parenhüümkoerakkude kaudu (puutüvedes säškiiri mööda), kolmas osa aga suundub hoopis üles võrsete kasvupunktidesse uute lehtede, pungade, õite ja viljade moodustamiseks. Seepärast ei saa alati kõnelda langevast voolust, vaid selle asemel võiks kasutada nimetust *h a j u v v o o l*.

Orgaaniliste ainete edasitoimetamine nii ehituspunktidesse kui ka säilituspaikadesse toimub elavate rakkude ja elusplasma kaudu. Millised jõud siin peale elusplasma tegevad on, pole seni teada.

Lahustumatud ained, nagu tärklis, valgud, rasvained, muudetakse vastavate ensüümide toimeel vees lahustuvaiks ja juhitakse lehtedest välja vesilahustena. Kasvupunktides need ained pääsevad samal kujul ka loovkoe rakkudesse. Säilituspaikades aga, nagu puutüvede säsis ja säsiikiertes, mugulates, juurikates ning juurtes, muudetakse lahustunud ained ensüümide toimeel jälle vees lahustumatuiks aineteks ning säilitatakse tärklisena, valkudena, rasvadena ja õlidena.

Varre muutevormid.

Rohtsete taimede varred omandavad nendesse kogunenud toiteainete puhul sageli hoopis erinevaid vorme, eriti maa-alustes osades. Mainigem siin vaid juurikat, mugulat ja sibulat.

Juurikas on maa-alune vars, mis meenutab juurt. Viimasest ta erineb selle poolest, et tema pinnal leidub klorofüllivabu soomuslehti, viimaste kaenas — kasvupungi. Juurel aga puuduvad igasugused lehemoodustised, mispoolest juurt ja juurikat on võrdlemisi kerge teineteisest eraldada.

Varremugul erineb juuremugulaist, mis esinevad pojengil, daaliail jt. taimedel, seepoolest, et tema pinnal leiduvad nn. „silmad“, s. o. lohukesed, kus soomuslehtede kaenas asetsevad kasvupungad. Kartulitel tekivad varremugulad mulla alla maetud varre otstel, kuhu koguneb toiteaineid, peamiselt tärklis. Mugula ladvapoolel otsal on „silmi“ rohkem kui tüvepoolel. „Silmad“ asetsevad mugulatel spiraalselt, samuti nagu lehed varrel.

Sibul on maa-alune lühivõrse soomustega (soomuslehtedega) kaetud pungaga. Varreosa moodustab sibulal selle kand, millest tekivad juured ja millele kinnituvad sibula soomused. Soomused on toiteainete- (suhkru-) rikkad ja klorofüllivabad lehed, millele kaenas tekivad pungad ehk tütarsibulad.

Tooraineid taimeriigist.

Taimeriik varustab loomariiki ja inimesi mitte üksnes toiteainetega, vaid siit saab inimene veel hulk tooraineid tehniliseks

ümbertöötamiseks. Mainigem selles mõttes kõigepealt puitu, mida kasutatakse hoonete ehitamiseks (vaigurikast okaspuu puitu) ja mööbli valmistamiseks, vineeritööstuses, aga ka küttematerjaliks. Edasi kasutatakse puitu tselluloosi tootmiseks. Viimasest aga valmistatakse paberit, lõhkeaineid, kunstiidi, puitvilla (tsellvilla); okaspuude puidust saadakse kuivdestillatsioonil kampolit ja tärpentiiniõli. Lina, kanepi, džuuudi, kookospähkli jt. kiududest valmistatakse niiti ja nõöri.

Autotööstus vajab palju kummit. Toorkummit ehk kautšukit saadakse troopikamail esinevatest ja praegusajal istandikes laiaviisiliselt kasvatatavatest kautšukipuudest, milledest tähtsamaks on *Hewea brasiliensis*.

Ravimtaimedest toodetavatest ainetest valmistatakse mitme-suguseid ravimeid. Merevetikatest toodetakse joodi.

Kivistunud taimmaterjalid, nagu pruunsüsi, mustkivisüsi, põlevkivi, turvas, annavad rohkesti kuiva kui ka vedelat kütteainet (benssiini, petrooleumi, mootoriõlised jt.), peale selle aga toodetakse siit arvutu hulk värvaineid ja muid orgaanilisi ühendeid, teiste hulgas ka ravimeid. Maadõligi on taime-lise päritoluga ja sellest saadakse hulk kütte- ja määrdõlised ning muid aineid.

VII. Taimede sigimine.

Õistaimede suguline sigimine.

Õied. Õistaimede sugulise sigimise elundeiks on õied, mis on lühivõrsed ja millede lehed on muutunud õieosadeks — tupplehtedeks, kroonlehtedeks, tolmukateks ja emakateks. Et kõik õieosad on muutunud kujuga lehed, seda võime jälgida põjengi, vesiroosi jt. taimede õitel. Tupp ja kroon moodustavad õie kateosa, tolmukad ja emakad on õie suguelundid. Tolmukate kottides tekivad õietolmuterad, mis moodustavad isassugurakke. Emakate sigimikes arenevad seemnepungad — igauks ühe munarakuga, mis on emassugurakud.

Sugurakkude liitumine — sugutumine. Munarakk ja õietolmutera pole üksikult pooldumisvõimelised. Kui aga munarakk liitub õietolmuteraga või õigemini selle tuumaga, siis omandab ta uut elujõudu ning hakkab pärast seda jõudsasti poolduma. Kahe eripoolse suguraku liitumist nimetatakse sugutumiseks. Sugutumine on kasuks munarakule, mis pärast seda hakkab poolduma

ning moodustab koos edasiareneva seemnepungaga seemne. Seemnest areneb ja kasvab uus taim. Igast õiest tekib niipalju seemneid, kuipalju selle sigimikus on sugutatud munarakkudega seemnepungi. Iga taim kannab enamasti rohkesti õisi; igas õies on üks või rohkem seemnepungi. Nii moodustab taim rohkesti seemneid ja paljuneb nende abil suguliselt.

Sugurakkude valmimine. Eespool tutvusime rakkude ehitusega ja nende pooldumisega, kusjuures selgus, et rakkude pooldumist juhib rakutuum. Rakutuuma tihekude ehk võrkmik koosneb kromatiinist ja akromatiinist. Tuuma pooldumisel hargneb võrkmik niiditaoliselt lahti ning jaguneb kindlaks arvuks kromosoomideks, vastavalt igale taimeliigile. Rakutuuma kromosoomide arv on seega üks olulisemaid taimeliigi tunnuseid. Kromosoomid kannavad pärilikke taimeliigi tunnuseid. Sugurakkude tuumade liitumisel sugutumisaktiil antakse liigi tunnused vanemate kaudu edasi järglastele.

Pärilikke omadusi kandvaid kromosoomide kromatiiniosakesi nimetatakse geenideks. Iga geen kannab üht tunnust. Iga tunnuse edasiandmiseks järglastele on tarvis, et samasugune geen esineks mõlemas sugurakus, mis sugutumisel liituvad.

Sugurakud kujunevad valmimisel tavalistest taimekeha rakkudest erinevaiks. Seejuures on kõige olulisem, et sugurakkude kromosoomide arv väheneb (taandub) kahekordselt. Nii on õunapuu tavalistes keharakkudes 34 kromosoomi, sugurakkudes aga kõigest 17, nisul on tavalistes rakkudes 16 kromosoomi, sugurakkudes 8 jne. Kromosoomide arvu vähenemist peetakse üheks põhjuseks, miks sugurakud ilma sugutumata edasi poolduda ei või.

Kromosoomide arvu vähenemisel on suur bioloogiline tähtsus. Kui kromosoomide arv sugurakkudes võrduks harilike rakkude kromosoomide arvuga, siis sugutumisel see arv kahekordistuks, järgmise põlvkonna sugutumisel neljakordistuks jne. Seesugustel asjaoludel tekiks iga sugutumise korral hoopis suuremate tuumadega rakud ning uued seniolematud organismid. Liikide püsivusest ei saaks juttugi olla. Kromosoomide arvu vähenemisega sugurakkudes hoitakse ära organismide muutlikkus ning säilitatakse liikide püsivus.

Sugutumise tähtsus. Sugutumisel munaraku tuum liitub seemneraku tuumaga, kusjuures munaraku kromosoomide arv

muutub vastava liigi keharakkude omadega võrdseks. Seega on munarakk sugutumise kaudu täisväärtuslikuks ning pooldumisvõimeliseks muutunud.

Uuemaegsed teadlased uurinud, et munarakk taimedel ei sisalda raku pooldumist ja kasvamist soodustavat hormooni. Õietolmuterad on aga kasvuhormoonist rikkad. Sugutumisel see (või need — kui hormoon on mitu) hormoon pääseb munarakku, mispärast arvatakse, et munaraku hoogsat edasist pooldumist põhjustab sugutumisel edasiantud kasvuhormoon.

Iga isas- kui ka emassugurakk kannab oma kromosoomides hulga liigipäraseid omadusi ja tunnuseid. Järglastele antakse edasi elujõulistena need tunnused, millede geenid esinevad mõlemas sugurakus, kuna ühepoolsed geenid pärilikku mõju ei avalda. Et sugurakkudesse pääseksid väärtuslike omaduste kandjad geenid, see sõltub õistaimede tolmlemisest.

Õistaimede tolmlimine. Tolmlamiseks nimetatakse tolmutate tolmutokkides valminud õietolmu ülekandmist sama taimeliigi emakasuudmeile. Õietolmu ülekandmine tolmutatelt emakate suudmeile toimub alamatel õistaimedel tuule abil, kusjuures palju väärtuslikku õietolmu kaduma võib minna. Kõrgemate taimede tolmlmist sooritavad karvased ja tiibadega varustatud putukad, peamiselt mesilased ja kimalased, kes külastavad õisi, otsides sealt mesinestet või õietolmu endile toiduks. Õies urgitsedes määrivad nad endid õietolmuga kokku ning kannavad seda enda teadmata teiste taimede õitele edasi. Et liitlehelise krooniga õitesse pääsevad ainult vastava kehaehituse ja suurusega putukad, siis toimub iga taimeliigi tolmlimine vaid mõne kindla putukaliigi kaudu. Õite lõhna ja värvuse ning õisikute hea nähtavuse järgi leiavad putukad vastavad taimeliigid üles.

Tehakse vahet isetolmlamise ja risttolmlamise vahel. Esimesel juhul satub õietolmu sama õie või sama taime õie emakasuudmeile, teisel juhul aga samasse liiki kuuluva võõra eksemplari emakasuudmeile. Isetolmlamine on osutunud taimedele üldiselt kahjulikuks, sest selle toimet järglased on elunõrgad, seemned ei idane või idanevad halvasti. Isetolmlajaid taimi, näit. hernerid, leidub harvemini. Risttolmlamisel on järglased enamasti tugevad ja elujõulised. Et isetolmlamine on taimedele kahjulik, siis on loodus püüdnud mitmel viisil isetolmlamist vältida (sugurakkude valmimine mitmesugustel aegadel samas õies ja samal taimel, suguelundite paigutamine eri kõrgusele või eri taimedele jne.).

Et tolmlēmisele võiks järgneda sugutumine, selleks peavad sugurakud kokku sattuma: õietolmutera tuum tungima emakasuudmelt läbi kaela sigimikku seemnepungani, kus asetseb munarakk. Selleks peab õietolmutera hakkama emaka suudmel kasvama ning tungima peenikese niiditaolise tolmutoruna läbi emakakaela kudede kuni alla sigimikku ja seemnepunga munarakuni. See tolmutera idanemine ja kasvamine ei lähe aga alati libedalt.

Esiteks võivad emakasuudmel hakata vastava ensüümi mõjul idanema enamasti ainult samasse liiki kuuluva taime õietolmuterad. Sellega on seletatav, miks võõrasse liiki kuuluva taime tolmuteradega on harva võimalik sugutada munarakku ning miks looduses esineb väga harva liikide ja perekondade segunemisi. Teiseks ei hakka paljudel juhtudel samalt õielt või samalt taimelt pärinev õietolmutera emakasuudmel idanema, või kui hakkabki, siis tekib liiga lühike tolmutoru, mis ei küüni munarakuni. Seega hoitakse ära isetolmlēmise halvad tagajärjed (isesugutumine). Nähtuse põhjusi pole suudetud veel täielikult selgitada. Seesugune nähtus esineb sageli kultuurtaimede sortidel, mispuhul kõneldakse sortide isesteriilsusest. Rohkesti isesteriilseid sorte on viljapuudel (õuna- ja pirnipuudel). Üheks isesteriilsuse põhjuseks on sugurakkude kromosoomide ebanormaalne arv. On rohkesti õuna- ja pirnipuude sorte, millede õietolmutera või munarakk sisaldab normaalarvu ja mitte vähendatud arvu kromosoomi, s. t. kus tolmutera tuumas on 34 kromosoomi 17 asemel. Kui nüüd niisugune tolmutera rakutuum liitub 17-kromosoomilise munaraku tuumaga, siis tekib sugutatud rakus $34 + 17 = 51$ kromosoomi. Ja nii ongi leitud paljude õunapuusortide keharakkudes 34 kromosoomi asemel 51 kromosoomi, s. o. 3-kordne sugurakkude kromosoomide arv. Niisugused viljapuude sordid on kõik isesteriilsed ega anna sama sordi õietolmuga tolmlēmisel ei vilju ega seemneid.

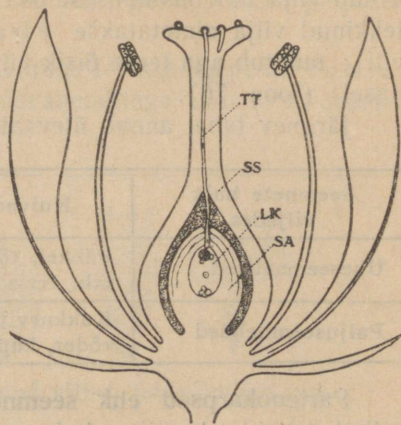
Õietolmuteras on vähe plasmata. On leitud, et kasvav ja emakakaelas edasitungiv tolmutoru toidab end emakakaela rakkude toiteainete arvel ensüümide kaasabil.

Seemnepung, lootekott, munarakk ja sugutusprotsessi üksikasjad. Iga emaka sigimikus on üks või rohkem seemnepungi. Iga seemnepung on kaetud enamasti kahe kestaga ning kinnitatud sigimiku seinale külge, millelt ta saab endale toiteaineid. Seemnepunga tipus leidub kestades pisike ava (mikropüül) ja selle vastas

hulgatuumaline (enamasti 8 tuuma) lootekott, mille 3 tuuma asetsevad vastu mikropüüli, 3 tuuma vastasotsas ning 2 tuuma on liitunud keskel nn. lootekoti tuumaks. Üks mikropüüli vastas asetsevaist tuumadest ongi munarakutuum (joon. 75).

Kui tolmutoru on jõudnud emakakaelast läbi seemnepungani, siis ta tungib viimasesse kas mikropüüli kaudu või läbib seemnepunga kestad. Tolmutorus on kaks tuuma. Jõudnud lootekotini, tungivad tolmutoru tuumad lootekotti: üks nendest liitub munarakutuumaga, teine — lootekoti keskse kaksikutuumaga (viimasel korral liituvad 3 tuuma). Seega toimub seemnepunga lootekotis kaks sugutusakti. Sugutatud

munarakutuum hakkab poolduma ning siit areneb seemneid, sugutatud lootekoti kesktuumast kujuneb aga toitekude. Kolmekordse kromosoomide arvuga rakud ei püsi kaua, sest nad kasutatakse teiste poolt toiduks ära. Edasisel arenemisel kujuneb seemnepungast seeme, kusjuures seemnepunga kestadest arenevad seemnekestad. Seemnepilu ehk mikropüülgi säilib sageli (aedoal, aedhernel), teistel juhtudel ta aga suletakse mõne täiteainega.



Joon. 75. Pikilõik läbi õie emaka: SS — sigimiku sein; SA — seemnepung, milles asetseb lootekott (LK) ühes muna- ja teiste rakutuumadega; TT — tolmutoru.

Vili. Igast seemnepungast areneb pärast sugutumist seeme, sigimikust enesest aga vili. Enamasti kujuneb vili siis, kui osa või kõik sigimikus leiduvad seemnepungad on sugutatud. Ei toimu mingil põhjusel sugutumist, siis ei arene ka vilja ning seesugused õied langevad tühjalt maha. Nähtavasti on viljade areneminegi seotud hormoonidega, mis sugutumisel pääsevad seemnepunga ning avaldavad mõju vilja tekkimisele. Viljakestad tekivad sigimiku seintest, mis koosnevad kolmest kihist. Igäüks viljakestadest võib muutuda kas mahlakaks, lihakaks, või jälle puituda („luustuda“), muutuda kuivaks ja nahkseks. Kui sigimik on üheainsa

seemnepungaga, siis tekib üheseemneline vili (päkel, teris, seemnis), kui seemnepungi on hulk, siis paljuseemneline (marjad). Võtab vilja moodustamisest osa peale sigimiku veel õiepõhi, siis tekkinud vilja nimetatakse e b a viljaks (maasikas, kibuvitsa vili); muutub aga terve õisik viljaks, siis on see liitvili (ananasel) (joon. 76).

Järgnev tabel annab ülevaate mitmesugustest pärisviljadest.

Seemnete hulk viljades	Kuivad viljad	Lihakad viljad
Üheseemnelised	Päkel, tõru, kastani vili, teris, seemnis	Luuviljad kirssidel, ploomidel
Paljuseemnelised	Kukkurvili, kaun, köder, kupar	Marjad, õunad, kurk, kõrvits, tomat

Partenokarpset ehk seemneta viljad. Mõnel juhul võivad viljad tekkida ka siis, kui munarakud on jäänud sugutumata.

Looduslikes tingimustes esineb seesuguseid seemneta vilju väga harva. Kunstlikult on aga suudetud mitmesuguste keemiliste vahenditega sugutumata munarakke ja seemnepungi mõjustades moodustada vilju, milles seemned puuduvad. Nii-suguseid vilju nimetatakse partenokarpseteks ehk seemneta viljadeks. Looduses pole seemneta viljadel mõtet; kultuurtaimede puhul nad võivad mõnikord inimestele meeldida, näit. seemneta pirn või seemneta ploomid ja banaanid, mida võib hammustada nagu maasikaid. Seemneta vilju on saadud tuletada muide hormoonide abil (näit. heteroauksiini mõjul).



Joon. 76. Ananase liitvili.

Viljade ja seemnete levimine.

On tähtis, et seemned ja viljad mitte üksnes valmiks, vaid et seemned emataimedest leviks eemale, et vastav taimeliik võiks vallutada uusi alasid ning levida kaugemale, leides ühes sellega soodsamaid tingimusi kasvamiseks.

Kultuurtaimede seemneid levitab inimene — küll teadlikult neid maha külvates, küll teadmata teiste seemnetega edasi toimetades. Koos kultuurtaimede seemnetega ta levitab paljude umbrohtude seemneid.

Looduses toimub seemnete ja viljade levik kõigepealt tuule abil (tiivulised, karvased ja lendamisvahenditega varustatud seem-



Joon. 77. Karvakestega varustatud viljad, mida levitab tuul.

ned ja viljad) (joon. 77). Vesi kannab edasi veekogudes ja veekogude äärtel kasvavate taimede vilju ja seemneid. Loomade karvadesse jääb kinni rohkesti kisulisi ja konksudega varustatud vilju (joon. 78).

Veel linnud levitavad limaseid veepinnal ujuvaid seemneid (vesiroosi seemned), teised — marjadest seemneid nokkivad linnud aga mitmesuguste lihakate viljade ja marjade seemneid, mis nende noka või sulgede külge kleepuvad.

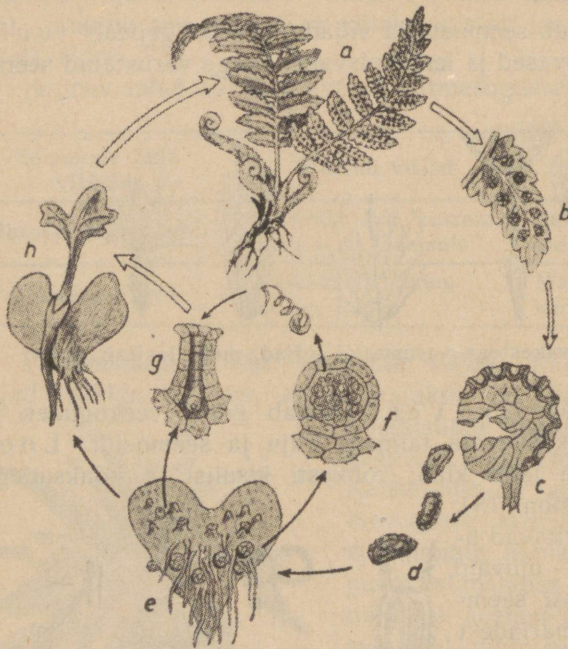


Joon. 78. Konksude ja kisudega viljad, mida levitavad loomad.

Eostaimede põlvkondade vaheldus.

Eostaimedel on kaks põlvkonda: a) suguta ehk eospõlv ja b) suguline põlv. Eospõlves taim moodustab eoseid, sugupõlves — sugurakke. Eospõlve rakkude tuumad sisaldavad kahekordse arvu kromosome, sugulise põlve rakutuumad — poole vähem. Sõnajalaliste eospõlve kuuluvad tavalised sõnajalgtaimed, sugupõlve aga eellehed koos suguelundite, arhegoniumide ja anteriidiumidega. Märkimisväärne on, et anteriidiumides valmivad sugurakud — spermatozoidid —

võivad vees vabalt liikuda. Sugutumine on siin seotud alati veega. Sammaldel on eospõlvaks kõigest eoskopar ühes selle varrega, kuna eelniit ja roheline sammal moodustavad sugupõlve.



Joon. 78-a. Sõnajalgsete põlvkondade vaheldus, a — sõnajalgtaim, b — leht eospesadega, c — lõhkev eospesa, d — eosed, e — eelleht, f — anteriidium, g — arheogoonium, h — sugutatud munarakust arenev sõnajalgtaim.

Õistaimede suguta ehk vegetatiivne paljunemine.

Kuigi õistaimede paljunemine toimub peamiselt generatiivsel ehk sugulisel teel seemnetega, esineb siiski küllalt juhtumeid, kus seemned ühel või teisel põhjusel ei saa valmida või kus taimed ei moodusta õisi. Seesugustel juhtudel võivad õistaimed paljunedada ka suguta ehk vegetatiivsel teel. Mõnel juhul esinevad suguline ja suguta paljunemine rööbiti (orashein, sibul jt.).

Vegetatiivne paljunemine võib toimuda ühelt poolt looduslikes tingimustes, teiselt poolt ka inimese kaasmõjul — kunstlikult.

a) Looduslikud vegetatiivse paljunemise viisid:

1) Maapealsete võsunditega paljunevad maasikas, lillakas, hanijalg jt.

2) Maa-aluste võsundite ja juurikatega — orashein, liivtarn, osi; piibeleht, võsaülane, kaisel, pilliroog jt.

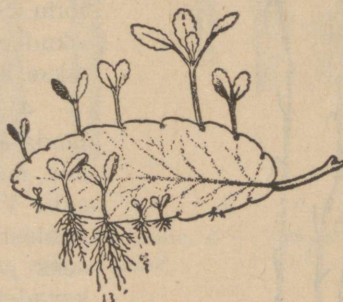
3) Varremugulatega paljuneb kartul.

4) Varrepungadega, mis asetsevad lehtede kaenlas ja mis mullapinnale sattudes juurduma hakkavad, — hammasjuur, pungliilia jt. (joon. 79).

5) Juuremugulatega, millel puuduvad „silmad“, nagu



Joon. 79. Hammasjuure varre pungad (br).



Joon. 80. Paljunemine lehepungadega.

need on varremugulatel, ja millel kasvud tekivad mugulakaela piiril, paljunevad pojengid, daaliad, kanakoolmed jt.

6) Sibulatega — sibulad, laugud, tulbid, nartsissid, kuldtaht jt.

7) Lehepungadega — jürilill, leesputk jt. (joon. 80).

b) Kunstlikud vegetatiivse paljundamise viisid.

1) Paljundamine pistikutega on levinumaid ja lihtsamaid kunstlikke taimede paljundamisviise. Pistikud on lehis- tunud rohtsete või puitunud vartega taimevõrsete ladvad, mis lõigatakse terava noaga parajal puitumisastmel, pistetakse niiske mullaga täidetud ning puhta liivaga kaetud kastidesse; et nad enne juurdumist ära ei kuivaks, kaetakse kast pealt klaasiga. Paremaks juurdumistemperatuuriks on umbes 25° C. Juurdunud pistikud istutatakse kas pottidesse või kasvupeenrasse.

2) Pistokstega paljundamine. Pistoksad on puitunud võrsete tükid, mis lõigatakse talvel põõsaste puhkeajal, mil nendes on küllaldaselt toiteaineid. Nad hoitakse ületalve külmas keldris ja pistetakse kevadel varakult mullasse ülemise oksaotsa pungast saadik. Pistokste alumistest pungadest arenevad juured, ülemistest virved. Sügisel võib juurdunud pistoksi istutada juba kindlale kasvukohale. Pistokstega paljundatakse sõstraid, karusmarju ja mitmesuguseid ilupõõsaid.

3) Mahakoolutatud võrsikutega, mis maetud mulla alla, saab paljundada niisuguseid puud ja põõsaid, mis eelmiste viiside puhul hästi ei juurdu, nagu sarapuud, viinapuud, leppi jt. Võrsikud jäävad kuni sügiseni emataimemega ühendusse ja saavad sealt toitu. Sügisel lõigatakse juurdunud võrsikud emataime küljest lahti ja istutatakse kohale (joon. 81).



Joon. 81. Paljundamine võrsikuga.

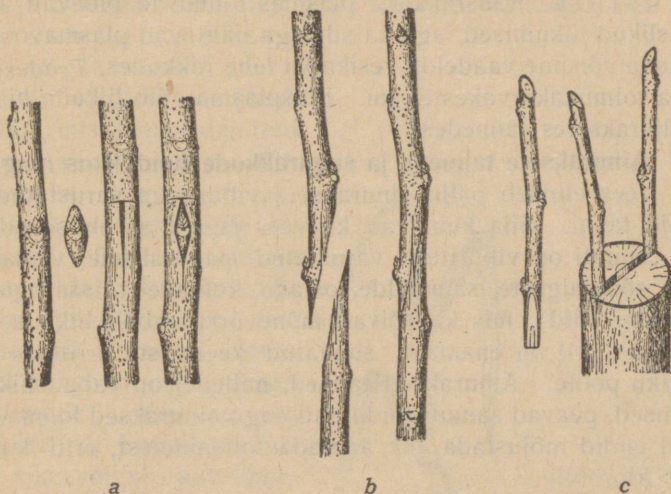
4) Kuhjevõrsikutega paljundatakse niisuguseid puud ja põõsaid, mis moodustavad kergesti kannuvõsusi. Viimased maetakse suve alguses poolest saadik mulla alla, kus nad sügiseks juurduvad. Sügisel või järgmisel kevadel eraldatakse juurdunud kasvud kannu küljest ja istutatakse kohale. Nii saab paljundada pärna, jasmiini jt.

5) Vääristamise teel paljundatakse viljapuid ja paljusid ilupuud. Siin kasvatatakse algul seemnetest alused, milledele kas silmastamisega (sügisel) või jätkamise ja oksaga vääristamise teel

(kevadel) liidetakse kultuurtaime pung või pookoks (joon. 82).

Vegetatiivseid paljundusviise kasutatakse kultuurtaimede puhul neil juhtudel, kui on tegemist nn. vördadega, mis pole seemneehtsad ja mis seemnetest kasvatamisel ei anna emataimemega kõikide omaduste poolest võrdse väärtusega järglasi. Vegetatiivsete paljundusviisidega on enamasti kergem taimi kasvatada kui seemnetega, mispärast neid võtteid ka õige ohtralt kasutatakse. Tuleb aga teada, et vegetatiivselt paljundatud puude iga on palju lühem kui seemnetest kasvatatud puude oma ja et vegetatiivselt paljundatud puud on seemnetest kasvanuist üldiselt õrnemad: nad haigus-

tuvad kergemini, vajavad kasvamiseks paremat mulda ning külmuvad talvel kergemini kui samasse liiki kuuluvad seemnetest kasvatatud taimed. Nii külmus meil karedal 1939./40. a. talvel suur enamik vääristatud vilja- ja ilupuid ära.



Joon. 82. Vääristusviisid: a — silmastamine, b — jätkamine ja c — oksaga vääristamine.

Sellele vaatamata on vegetatiivsetel paljundusviisidel kultuurtaimede kasvatamisel väga suur tähtsus, sest sel teel on võimalik säilitada täiel määral emataimede väärtuslikke omadusi, nagu viljade kuju, värvust ja maitset, õite värvust, lehtede erikuju (lõhislehed) ja värvust (kollased, punased, kirjud lehed), võra kuju (püramiidpuud, keravormid, leinavormid rippuvate okstega) jne.

VIII. Taimede tundlikkus ja liikumisnähtused taimeriigis.

Maismaa taimed on kinnitatud enamikus juurtega mulla külge ega saa kohta vahetada. Alamad ainuraksed veetaimed kui ka paljuraksete veetaimede sugurakud on enamikus viburitega varustatud ning nad võivad nende abil liikuda samuti kui ainuraksed loomad. Et kõrgematel taimedel puudub liikumisvõime, võib nende pealiskaudsel vaatlemisel tekkida arvamine, nagu puuduksid neil tundlikkuse ja liikumisega seoses olevad elutoimed üldse. Kui aga

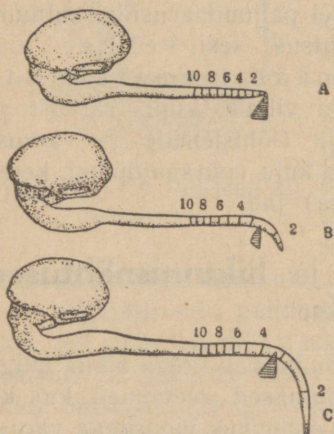
süveneda taimede vaatlusse, siis näeme, et nii alamates kui ka kõrgemates taimedes pulbitseb elu, mis on ühenduses ärritustega ning ärritustele reageerimisega.

1. Elusplasma on kõikjal tundlik ja reageerib ärritustele. Elusrakkude plasmas toimuvad pidevalt ainetevahetuslikud liikumised, aga ka silmaga nähtavad plasmavoolused, nagu seda võisime vaadelda vesikatku lehe rakkudes, *Tradescantia* lehe- ja tolmukakarvakestes jm. Elusplasma võib liikuda nii ainukui paljuraksetes taimedes.

2. Ainuraksete taimede ja sugurakkude tundlikkus ning liikumine. Vees elutseb palju ainurakseid viburitega varustatud ning liikuvaid taimi. Siia kuuluvad ka vees ja mullas elutsevad bakterid. Samuti on viburitega varustatud paljuraksete veetaimede kui ka sõnajalgsete, sammalde, osjade, koldade jt. isassugurakud (spermatozoidid), mis ka võivad mõnevõrra vabalt liikuda, kuigi need liikumised on enamasti suunatud keemiliste ärrituste mõjul munaraku poole. Ainuraksed taimed, millel on vabad liikumisvõimalused, peavad samuti toidujahti nagu ainuraksed loomad ning lasevad endid mõjustada ehk ärritada toiteainetest, eriti kui neil puudub klorofüll.

3. Kõrgemate taimede elundite kindlasuunalised kasvuliikumised ehk tropismid. Tropismideks nimetatakse kindlasuunalisi kasvuliikumisi, mida põhjustavad ühesuunalised ärritused, näit. raskustung, valgus, temperatuur, keemilised ärritused jt. Esinevad elundite kasvavates osades.

a) Geotropism ehk kasvuliikumised raskustungi mõjul, esijoones taimede juurte ja varte kasvavates osades. Kõigil on teada, et idandite peajuur suundub püstloodis alla, vars aga samal ajal üles — ka püstloodis. On tõestatud, et mõlemat kasvusuunda põhjustab üks ja sama raskustung, mis mõjub juurele positiivselt (joon. 83), varrele aga negatiivselt, kuna maalused juured (juurikad), kõrvaljuured ja lehed reageerivad sellele tungile vahepealselt, asetudes



Joon. 83. Ristloodi asetatud juur kasvab raskustungi suunas otsaga edasi (+-geotropism).

viimase suunaga enam-vähem risti. Juurekarvakesed aga ei reageeri üldse raskustungile. Kõige uuemaaegsete uurimistega on selgitatud, et geotropismi puhul on tegemist kasvuhormooniga, mis tekib varre ja juure tipus, liigub alati ainult tüve aluse suunas ja avaldab varre ning juure kasvule vastassuunalist mõju: kiirendab varre kasvu ning aeglustab juure oma. Kui lõigata ära idandi ladvatipp, mis eritab mainitud hormooni, siis varre kasv jääb aeglasemaks ja vars ei reageeri enam raskustungile (ei siruta end püstloodi, kui ta pikali asetada). Kui näpistada aga ära peajuure tipp, siis juur hakkab kiiremini kasvama, ei reageeri aga samuti raskustungile. Kui asetada terve kõrs või juuretipp ristloodi, siis valgub kasvuhormoon alumisse küljekoesse, põhjustab varreosas kiiremat kasvu ning varre ülespainumist (vihma poolt mahalöödud vilja ülesajamine) (joon. 84), juurel aga alumise külje kasvu vähenemist ning juure allapoole kõverdumist.

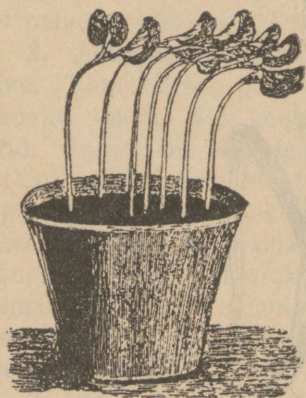


Joon. 84. Vihma poolt mahalõjutatud nisukõrs ajab enese negatiivse geotropismi tagajärjel püsti.

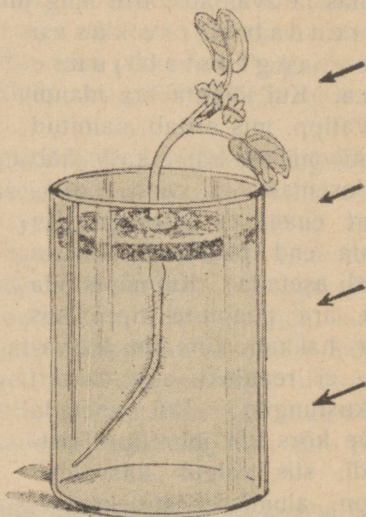
b) Fototropism ehk kasvuliikumine valguse suunas. Valgus on roheliste taimede elus suurima tähtsusega, seepärast on nad valguse suhtes tundlikud. Kui kasvatame vesikultuuris sinepi-taime nii, et valgus pääseb taimetele ühelt küljelt läbi kitsa prao, siis pöörduvad sinepi lehed ja varretipud valguse poole, juured aga valgusest eemale (joon. 86). Seega on sinepivarred positiivselt, juured aga negatiivselt fototroopilised. Valgustundlikud on aga mitte üksnes rohelised taimeosad, vaid ka klorofüllivabad, mida näeme järgmisest katsest.

Katse. Külvame lillepotti kaeraseemneid (teriseid) niiske mulda ning paigutame nad idanema sooja kohta mingi valguskindla katte (kupli, kasti) alla. 3—4 päeva jooksul, kui kaeraidandid on 2—3 cm pikkused, asetame nad valguskindlasse

kasti, mille ühes seinas on ava, ning keerame selle ava vastu valgust. Vaatame katsetaimi 24 tunni pärast; näeme, et kõik klorofüllivabad kaeraidandite koleoptiilid on kõverdunud valguse poole (joon. 87).

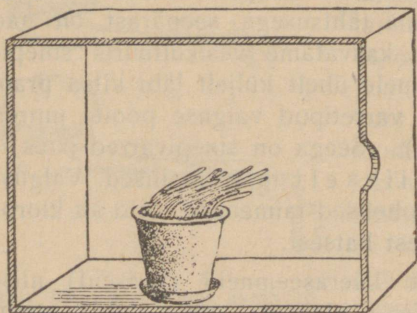


Joon. 85. Idandite kõveraks kasvamine valguse mõjul.



Joon. 86. Sinipi vars lehtedega kooldub valguse poole, juured aga valgusest eemale.

Samuti pöörduvad valguse poole ning kasvavad kõveraks akendele paigutatud toalilled, keldris kasvama hakanud kartulite idandid jne. Mainitud nähtust seletati järgmiselt: valgus peatab rakkude pooldumist ja kudede kasvamist, seepärast valgusepoolne taimevarre osa kasvab aeglasmalt kui varjupoolne külg ning varred kõverduvad seetõttu valguse poole.



Joon. 87. Kaera koleoptiilid kõverduvad valguse poole.

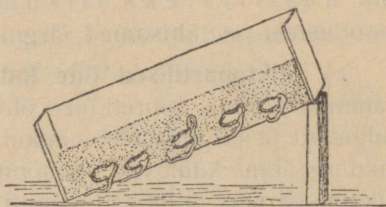
Uuemal ajal on aga tõestatud, et siingi on tegemist kasvuhormooniga, mida eritavad kasvavate varte

tippude loovkoed (kasvukuhikud). See hormoon valgub varre- tipust alla varjukülge pidi (valgusepoolisel varreküljel hormoon hävib arvatavasti valguse mõjul või muutub inaktiivseks) ning soodustab seal rakkude teist kasvamisastet — pikaks venitumist. Varjupoolse külje kiirema kasvamise tagajärjel pöörduvadki taime- varred valgusallika poole ning moodustavad fototroopilise kõver- dumise ebahühtlase kasvu tõttu.

Katseliselt on näidatud, et kui kõrreliste koleoptiilidel tipud maha lõigata, siis nad valgusele ei reageeri; kui aga kas sama taime või mõne teise kõrrelise mahalõigatud tipp asetada koleop- tiilile tagasi, siis toimub selle kõverdumine samuti nagu tervelgi koleoptiilil. Need katsed tõestavad ühtlasi, et antud juhul on tegemist eritiste ehk hormoonidega.

c) Hüdrotropism ehk kasvuliikumine niiskuse suunas — seda saab tõestada järgmise katsega.

Katse. Asetame peeni- kesest võrgust kasti (sõela) põhjale niisket saepuru, paigu- tame sellesse aedherne või aed- oa idanenud seemneid nii, et juured ulatuksid võrgusilmadest läbi, ning tõstame katsekasti sooja ja niiskesse kohta, kus- juures kasti teine ots jääb kõrgemale. Raskustungi mõjul



Joon. 88. Positiivne hüdrotropism.

peaksid nüüd idandite juured edasi kasvama püstloodis, nad kool- duvad aga niiske saepuru poole kõveraks. Antud juhul on tege- mist positiivse hüdrotropismi nähtusega (joon. 88).

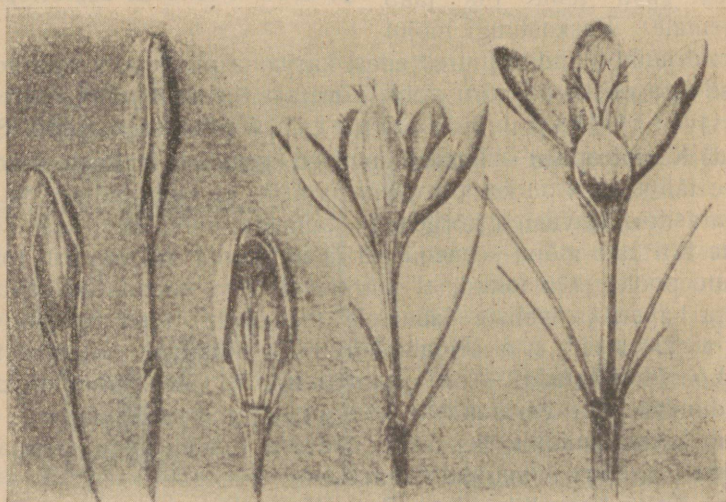
d) Kemotropism — kasvuliikumised keemiliste ärrituste suunas. Suure tähtsusega on kemotropism parasiit- ja saprofüütseente kui ka parasiitse eluviisiga kõrgemate taimede elus, kus keemiliste ainete ärrituste mõjul seenehüüfid ja imijuured pöörduvad toite- lahuste poole. On leitud, et mürkainetele ja koondatud soolade kui ka hapete ja leeliste lahustele mainitud olesed reageerivad **n e g a t i i v s e l t**, s. o. eemalepöörduvalt, nõrkadele toitelahustele — **p o s i t i i v s e l t**, s. o. juurdetungivalt. Ka tolmutorukese suundumine läbi emakakaela koe sigimiku seemnepungasse on samuti kasvuliikumine keemilise ärrituse toimel, nagu spermato- zoidide liikumine munaraku suunaski.

e) Teisi kasvuliikumise viise. Kasvuliikumine puuteärrituse mõjul ehk **t i g m o t r o p i s m** — esineb köitraagudega varustatud

ja väätivatel väänkasvudel, kus väädid ja varred kõverduvad tugede ümber. *Traumatotropism* — kõverdumine haavandite tagajärjel. *Autotropism* — eelmiste ärritusliikumiste möödumisel taimede osade uuesti sirgumine jt.

4. Hajuvate ärrituste mõjul toimuvad kasvuliikumised ehk nastid. Taimelhed võivad kummagi lehekülje ebaühtlase kasvamise tagajärjel kõverduda kord alla, kord üles. Põhjused selleks võivad olla mitmesugused: kord temperatuuri järsk muutumine, valguse ja pimeduse kiire vaheldumine, temperatuuri ja valguse ebaühtlane koosmõju jne. Mainitud ärritused mõjuvad mitte ühes kindlas suunas, vaid hajunult — ning mitte mõnele üksikelundile, vaid kogu taimele, kusjuures aga ärrituste mõju avaldub kõigest õitel või lehtedel. Niisuguseid hajunud või kindla suunata ärrituste mõjul toimuvaid lehtede liikumisi nimetatakse *nastideks* ehk *nastilisteks liikumisteks*. Nastilistest liikumismoodustest on tähtsamad järgmised.

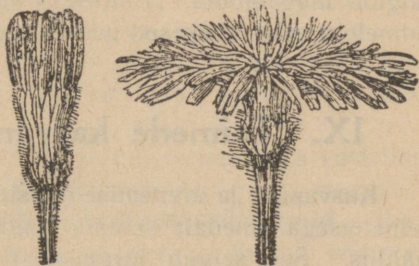
a) Nüktonastilised õite katelehtede liikumised öö ja päeva vahetumisel, kus noored õied õhtuti, mõnikord aga ka juba päeval, sulguvad ja järgmisel hommikul uuesti avanevad. Kuid sellesse liikumisrühma kuuluvad ka mõningate liblikõieliste taimede lehtede liikumised, mis toimuvad samuti öö ja päeva vahetumisel.



Joon. 89. Krookuse õite katelehtede termonastilised liikumised.

b) **Termonastilised liikumised** esinevad järskudel temperatuuride vahetumistel. Kui tuua krookuse või tulbi suletud õied sooja tuppa, siis avanevad need mõne minuti vältel, sest õie katelehtede ülemised (õiesisesed) küljed hakkavad soojust mõjul kiiremini kasvama kui alumised (joon. 89).

c) **Fotonastilised liikumised**, mis toimuvad valguse järsu suurenemise või vähenemise mõjul, on hästi jälgitavad valgete vesirooside ja paljude korvõisikuliste taimede (võilill) (joon. 90) õite juures, mis sageli juba päeval pilvituse ja vihma puhul sulguvad. Öösi õitsevad



Joon. 90. Võilille õisiku fotonastiline liikumine.

taimed jälle avavad oma õied õhtul pärast päikese loojenemist või pisut aega enne seda, näit. imelill (*Mirabilis*), õistubakas jt.

d) **Seismonastilised liikumised** toimuvad õite osade ja liitlehtede juures põrutuste mõjul. Kui puudutada kukerpuu või rukkilille õites tolmu kaniite, siis tõmbuvad need järsku kokku. Kollase rändrassi (*Nonnea lutea*) emaka suudmelapid sulguvad kohe, kui neid puudutada või kui õiele lasub mõni putukas. Kärbsesepüüdjä (*Dionaea muscipula*) lehepooled sulguvad nii kiiresti, et kärbsedki nende vahelt ei suuda välja lennata, kui puudutatakse lehelabal



Joon. 91. Mimosioksi: vasemal — kaks lehte rahulikus olekus, paremal — puuteärrituse mõjul kokkutõmbunud ja allavajunud leht (B).

kasvavaid tundlikke karvakesi. Kõige suuremat huvi aga pakub häbeliku mimoosi (*Mimosa pudica*) liitleht (joon. 91), mis puudutamisel kiiresti oma lehekeseid suleb ning lehevarre longu laseb, kusjuures ärrituse edasiandmist ja selle kiirust võib jälgida ning mõõta. Umbes 5 minuti pärast möödub ärritus ja taimeleht ajab lehekeseid uuesti sirgu ning lehevarre püsti.

IX. Taimede kasvamine ja arenemine.

Kasvamise ja arenemise mõisted. Kasvamine ja arenemine on teineteisega tihedalt seotud, kuid kaugeltki mitte üks ja sama nähtus. See selgub järgmistest näidetest: Üks kaerateris on sattunud tee äärde kõvasse ning kuiva mulda, teised on külitud haritud põllule. Sügisel on teeäärele langenud terisest kujunenud pisike kaerataim, mis aga samuti, nagu teised põllul, kannab pöörist teristega, kuigi seal terised on pisikesed ja nende arv väiksem kui põllul kasvanuil. Siin on kaerataimed kasvanud põllul paremini, tee ääres halvemini, kuid arenemises on nad jõudnud ühekaugusele: nad on moodustanud idanemisvõimelisi seemneid ning hoolitsenud seega järglaste eest.

Külvame kevadel kõrvuti samale põllule suvi- ja talinisu seemneid. Sügisel kannab suvinisu päid teristega, talinisu pole aga kõrtki moodustanud, vaid on kasvanud tugeva leherikka puhmikuna. Antud juhul on kasvanud mõlemad taimesordid, kuid talinisu on suvinisust arenemises maha jäänud: ta pole moodustanud ei kõrt ega vilja. Toodud näidetest selgub, et kasvamine ja arenemine pole üks ja sama nähtus. Nad ei lange alati teineteisega kokku ega kata teineteist.

K a s v a m i n e on seotud taimemassi suurenemisega loovkoe rakkude pooldumise ning süsiniku sarnastamise produktide ära kasutamise mõjul. Kasvamine kulgeb üle rea faaside, mis järgnevad seemne idanemisele, nagu idandi tungimine mullapinnale, juurte harunemine mullas, esimeste roheliste lehtede tekkimine, varre moodustumine, lehtede kasvamine ühes arvulise suurenemisega, varre sirgumine — kuni tekivad õiepungad ning kasvamine jääb seisma.

A r e n e m i n e seevastu pole alati ühenduses massi suurenemisega, vaid taime sisemiste omaduste muutumisega. Selleks, et taimed võiksid hakata õitsema ja vilja kandma, peavad taimede loovkudedes vastavad ainete muutumised toimuma, mis võimal-

davad õite tekkimist ning viljade ja seemnete valmimist. Taimede arenemine koosneb kahest järgust: vegetatiivsest, mil toodetakse rohkesti toiteaineid ja mis on seotud vegetatiivse kasvamisega, ning generatiivsest ehk sugulisest, mis algab taime õitsemisega ning lõpeb seemnete valmimisega. Mõlema arenemisjärgu normaalseks kulgemiseks vajab iga taim vastavaid välis- kui ka sisetingimusi. Taimede arenemise lõppsihiks on idanemisvõimeliste seemnete moodustamine.

Iga taimeliik vajab nii kasvamiseks kui arenemiseks vastavaid tingimusi, mida iga taimekasvatamisega tegeleja peab tundma.

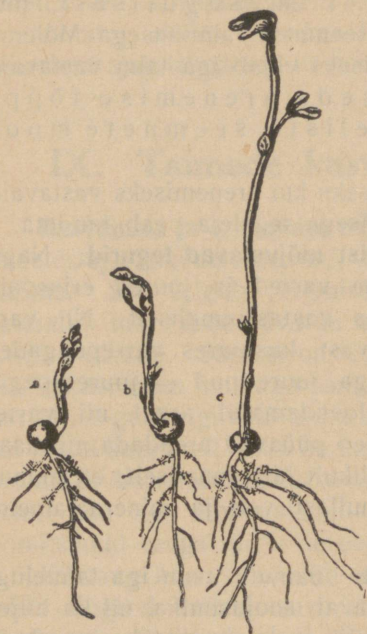
Taimede kasvamine ja kasvamist mõjustavad tegurid. Nagu eespool selgitatud, kasvavad taime varred ja juured erinevais keskkondades ning üksteise suhtes vastassuunaliselt. Nii vars kui juur kasvavad tipust ehk ladvast, kusjuures varrepungades loovkude on kaetud soomuslehtedega, juuretipud — juuretupega. Suurtel puudel on kasvupunkte loendamatul arvul nii vartel (õhus) kui juurtel (mullas). Taimed püüavad arendada nii maa-pealseid kui maa-aluseid osi võimalikult laiapinnaliselt, et ammutada õhust paremini CO₂ ning mullast vett ja mineraalaineid, milliseid on tarvis kasvamiseks.

Temperatuuri mõju kasvamisele. Samuti, nagu iga taimeliigi seemned vajavad idanemiseks vastavat soojushulka, nii ka hiljemini taimeosade kasvamisel on tarvilik igal taimeliigil erinev hulk soojust. Üldiselt vajavad lõunamaa taimed kasvamisel kõrgemat temperatuuri, parasvöötme ja põhjamaised taimed — madalamat. Kuid ka kasvamisel tuleb eristada iga taimeliigi puhul kolme temperatuuriastet, madalamat, parimat ja ülimat, kusjuures kasv on kõige kiirem parimas ehk optimaalses temperatuuris. Paljudel taimedel kulgeb iga kasvufaas erinevas temperatuuris, näit. kõrsviljade seemnete idanemine algab 0—5° C vahel, roheliste lehtede kasvamine 5—6° C juures, õitsemiseks on aga tarvis üle 15° C soojust. Et ainetevahetus, assimilatsioon ja hingamine kiirenevad temperatuuri tõusuga, kiireneb soojuse mõjul ka taimede kasv. Kasvukiirus ja kudede diferentseerumine ei käi aga alati käsikäes, mispärast soojades lavades või kasvuhoonetes kasvatatud taimed võivad olla küll suured ja lopsakad, kuid mitte nii tüsedad, terved ja vastupidavad kui madalamas temperatuuris kasvatatud taimed.

Valguse mõju kasvamisele. Alamate taimede — bakterite ja seente — kasvuks pole valgust tarvis. Kõrgemate taimede rohelised elundid ei saa aga ilma valguseta normaalselt kasvada. Pimedas

kasvanud taimed ei moodusta rohelisi lehti, lehtede labad on pisi-kesed ja välja kujunemata, varred — pikad, välja veninud, nagu seda igaüks on võinud tähele panna pimedas keldris kasvama hakanud kartuliidudel. Mikro-

skoobiga niisuguste taimede kudesid vaadeldes näeme, et need on vähe eristunud ja et seal esineb peamiselt parenhüümne põhikude. Üldiselt valgus peatab taimede kasvu. Tugevas valguses kasvavad taimed on madalad, jässakad ja tüsedad, nagu seda võib eriti hästi tähele panna kõrgmägede taimestiku juures. Paksu metsa puud seevastu on pikad ja sirged, sest nad kasvavad nõrgas valguses. Nagu eespool mainitud, ei vaja kõik taimed valgust võrdselt, vaid ühed rohkem (valgusetaimed), teised vähem (varjutaimed). Kuidas värviline valgus mõjustab taimekasvu, seda näitab joon. 92.



Joon. 92. Herneidandid, mis on kasvanud võrdse aja vältel: a — harilikus valguses, b — sinises valguses, c — oranžis valguses. Viimane soodustab taimekasvu.

Taimede veevarustus ja kasvamine. Taimede loovkudede rakud peavad olema kasvuajal hästi veega varustatud, vastasel korral jääb kasvamine nii rakkude aeglasema pooldumise kui ka raku-

kestade puuduliku väljavenitumise tõttu nõrgemaks. Kui näiteks seemned varustada ainult 50% ulatuses nende täielikuks paisumiseks vajaliku veega, siis idu ei hakka kasvama, kuigi seemnete hingamine muutub palju intensiivsemaks.

Kevadel, mil maa on hästi niiske ja juured varustavad puutaimi veega rikkalikumalt, kui seda puhkevatest lehtedest ära aurub, on virveste kasvamine erakordselt tugev. Suve poole muutub aga muld kuivemaks, ilmad soojemaks, transpiratsioon ületab lõpuks juurte poolt vastuvõetava veehulga ning puutaimede kasv jääb aeglasemaks ning viimaks hoopis seisma. Veepuuduse korral lõpeb rakkude kasvamise teine järk (venitumise järk) liiga kiiresti, mispärast kasvu tulemused on väikesed. Kõrsviljad on kõige

tundlikumad veepuuduse suhtes kõrre moodustamise ajal, mis on seotud just rakukestade väljavenitumisega ning rakkude pikaskasvamisega.

Aedtaimi tuleb kesksuvel järjest kasta, kui soovitakse saada nendelt korralikku saaki. Samasuguse tähtsusega on kunstlik maaniisutamine Lõunamail — kuivadel kõrve- ja stepialadel.

Mineraalainete mõju taimede kasvamisele. Nagu eespool näidatud, vajavad kõik taimed kasvamiseks mineraalaineid, kusjuures ühed nendest on paratamatult tarvilikud kõikidele taimedele, teised vaid teatavatele taimeliikidele. Ühe või teise paratamatult tarviliku mineraalaine puudumine mullas peatab kohe taimede kasvu. Samuti peatavad taimede kasvu raskemetallide, nagu raua-, vase-, tina-, elavhõbeda- jt. soolad. Kui aga viimaseid soolasid lisandada mullale õige nõrkades koondistes, siis nad võivad avaldada taimede kasvule hoopis vastupidist, s. o. soodustavat ehk stimuleerivat mõju.

Taimede normaalseks kasvamiseks on tarvis, et kõik kasvuks tarvilikud tegurid esineksid korraga ning igale taimele sobival määral. Kui mõni tegur puudub või esineb miinimumis, siis ta halvab kõikide teiste tegurite soodsat toimet (piiravate faktorite seadus).

Taimede arenemine.

Ühe-, kahe- ja paljuaastased taimed. Õistaimed jagunevad viljakandmiselt ja eluea pikkuselt kolme rühma: üheaastased, kaheaastased ning paljuaastased. Üheaastastel kestavad vegetatiivne ja suguline arengujärk kokku kõigest ühe suve. Kaheaastastel toimub esimesel aastal hoogne vegetatiivne kasv ning toiteainete tagavarade kogumine, mille arvel järgmisel suvel areneb taimedel rohkesti õisi ning vilju. Siin on arenemisjärgud teineteisest puhkeajaga eraldatud. Kaheaastaste hulka kuuluvad: taliviljad (talirukis, -nisu, -oder), juurviljad (kaalikas, naeris, peet, porgand), kapsas jt.

Ühe- ja kaheaastased taimed surevad pärast viljade valmimist. Nad õitsevad ja kannavad vilja üksainus kord oma eluaja vältel. Nende surm on seotud õitsemisega ja viljade valmimisega. Kui takistada üheaastaste taimede õitsemist ja nende õiepungad kohe ära murda, siis võivad nad kasvada mitu aastat. Niisuguseid katseid on tehtud reseedadega, milledest on kasvatatud mitmeaastasi käharaid taimi.

Paljuaastaste gi taimede eluiga võib mõnel juhul seotud olla õitsemisega ning viljade valmimisega. Nii koguvad aga aavid sageli kümnete aastate vältel endile lehtedesse toiteainete tagavarasid, et õitseda ainus kord elus ning pärast viljade valmimist surra (joon. 93). Samasugune lugu on mõningate palmidega (varjupalm). Enamik paljuaastasi taimi õitseb aga korduvalt ning kannab igal aastal vilja. Siin kulgevad vegetatiivne ja suguline arenemisjärk kõrvuti ega takista teineteist.



Joon. 93. Õitsev agaav.

Taimede arenemist mõjustavad tegurid.

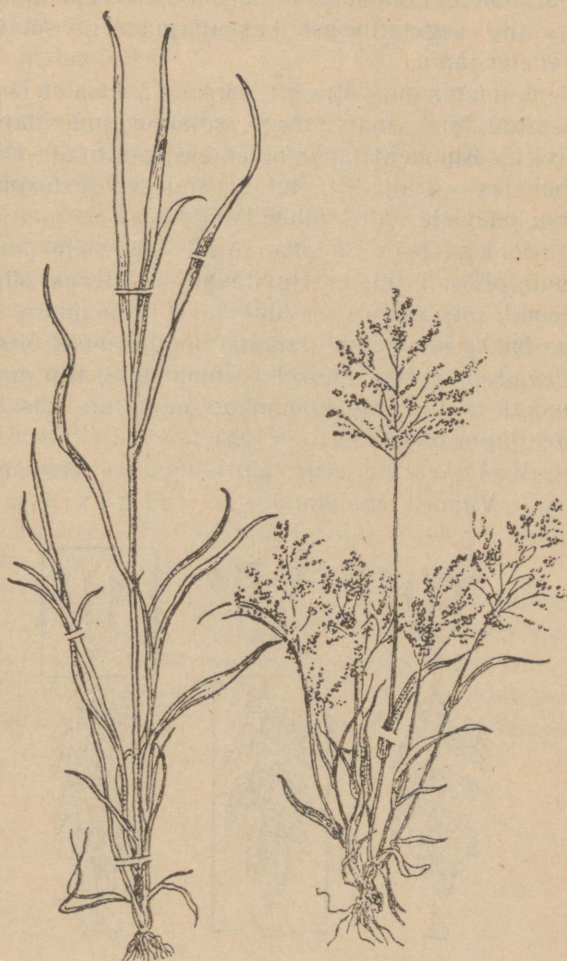
Suvi- ja taliviljad. Kui külvame maha kevadel talinisu või talirukki seemet, siis need hakkavad hästi kasvama, muutuvad leherikasteks puhmikuteks, kuid ei moodusta külviaastal kunagi kõrsi ega vilja. Alles pärast talvitumist lume all taim hakkab järgmisel kevadel uuesti kasvama ning siis tekib kõrs, mis kannab päid ja annab saaki. Kui külvame aga hilissügisel maha suvinisu või -õdra seemneid, siis ka need hakkavad sügisel kasvama, kuid oras ei kannata talvekülma välja ning sureb lume all.

Tekib küsimus, miks taliviljad ei kannu vilja ühe aasta vältel? Uurimised on näidanud, et taliviljade vegetatiivse arenemisperiodi kulgemiseks on tarvis võrdlemisi madalat temperatuuri ($0-8-10^{\circ}\text{C}$) 50—80 päeva jooksul, sõltuvuses sortidest. Kui külvame talivilja seemned maha kevadel, siis vegetatiivseks arenemiseks vajalik madal temperatuur kestab kevadel liiga lühikest aega, mispärast see arenemisjärk ei jõua lõpule ning järgmine, suguline järk ei saa alata. Külvame aga talivilja maha varasügisel, siis pika sügise, talve ja varakevade vältel jõuab vegetatiivne arenemisjärk igal juhul lõpule ning sellele järgneb kõrre moodustamine, õitsemine ning vilja kandmine järgmisel suvel.

Suuviljade vegetatiivne arenemisjärk kulgeb kõrgemas temperatuuris ($10-17^{\circ}\text{C}$) ning kiiremini — 5 kuni 25 päeva vältel,

sõltuvuses sordist. Sügise külvil korral suviviljad ei saa areneda liiga madala temperatuuri tõttu.

Siit nähtub, kui olulise tähtsusega on temperatuur taimede arenemisel.



Joon. 94. Hirss —
lühipäeva taim —,
kasvatatud vasemal
18-tunnise, paremal
12-tunnise päeva-
pikkuse juures. Päe-
vade arv mõlemal
võrdne.

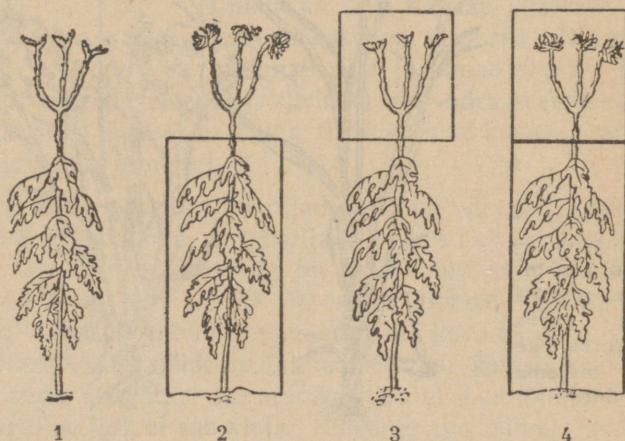
Lõunamaa kõrsvili — hirss — vajab aga vegetatiivse arenemisjärgu läbitegemiseks 20—25° C soojust vähemalt 5—7 päeva jooksul, kusjuures päeva pikkus ei tohi ületada 12 tundi. Siin kerkib esile teine faktor temperatuuri kõrval, nimelt valgus ja valgustusaaja (päeva) pikkus. Teatavasti on Põhjamail

suvised päevad palju pikemad kui ööd. Lõunamaail aga on öö ja päev enamasti võrdse pikkusega. Põhjamaa taimed on kohanenud pika päevaga, lõunamaa taimed lühikese päevaga. See-pärast lakkavad põhjamaa taimed, olgu need põlluviljad, puud või rohttaimed, Lõunamaal õitsemast ja vilja kandmast, sest nad ei saa üle vegetatiivsest kasvujärgust ega suuda astuda sugulisse arenemisjärku.

Lõunamaistest lühipäevataimedest olgu nimetatud hirss, mais, sorgo, sojauba, puuvillapõõsas, suhkruroog, riis jt. Kui neid taimi tahetakse kasvatada Põhjamail — kasvuhoonetes — viljadeni, tuleb nende valgustuspäeva pikkust teatud arvu päevade vältel lühendada.

Pika päeva taimed on meie kodumaa põlluviljad, puud, põõsad, lilled. Huvitavad on lilledest sügisastrid ja krüsanteemid, mis samuti on lühipäeva (lõunamaise päritoluga) taimed ega hakka meil kõige paremal hoolitsemisel õitsema enne, kui meie päevad muutuvad sügisel 12-tunnisteks. Kui aga varjutada krüsanteemide lehti suvel hommikuti ja õhtuti, siis hakkavad nad juba suve lõpul õitsema (joon. 95).

Valgus on eriti tähtis sugulise arenemisjärgu saavutamiseks. Viimast nimetataksegi valgusjärguks. Kui valgust



Joon. 95. Lehtede tähtsus valgusreaktsiooni puhul taimedel (skeem): 1 — krüsanteemitaime tervena pika päeva tingimustes kasvatatud, ei õitse; 2 — lehed lühipäeva, õied pika päeva tingimustes, taim õitseb; 3 — lehed pika päeva, õied lühipäeva tingimustes, taim ei õitse; 4 — terve taim lühipäeva tingimustes — õitseb.

on vähe, kui taimed on sattunud poolvarju, siis nad enamasti õitsema ei hakka. Erandi moodustavad siin varjutaimesed, mis ka metsa all õitsevad (piibeleht, varjulill, kuutõverohi jt.). Valgus on tähtis mitte üksnes taimedel süsiniku sarnastamiseks, süsinikuühendite valmistamiseks ning toitlusprobleemide lahendamiseks, vaid arvatavasti ka õitsemist esilekutsuvate eriainetega (hormoonide) moodustamiseks.

Lõpuks avaldab taimede arenemisjärkude kulgemisele mõju veel vee küllus või puudus taimedes. Üldiselt on tuntud, et nii kultuur- kui ka metsikud taimed liiga niisketes kohtades ei hakka õitsema või õitsevad viletsalt. Seevastu on samadel taimedel kuivadel pinnastel kasvades õite hulk alati suur, kui neile paistab küllaldaselt päikest. Ja nagu eespool mainitud, osutub intensiivse transpiratsiooni tagajärjel suvepäevadel tekkiv vee puudujääk taimedes mõjuvaks teguriks, mis soodustab taimede õitsemist. See vee puudujääk takistab taimede vegetatiivset kasvu, soodustab aga sellega assimilaatide kogunemist taimedesse ning nende kulutamist õiepungade moodustamiseks. Assimilaatide (suhkru ja tärklise) kogunemist peetakse otsustavaks teguriks viljapuude õiepungade kujunemisel juunikuu lõpus (õitsemise eelsel aastal).

Seega avaldab taimedes liikuv veehulk kesksuvel hoopis vastupidist mõju taimede kasvamisele kui arenemisele.

Ka taimede arenemisjärkude kulgemine sõltub mitte mõnest üksikust tegurist, vaid paljude tegurite üheaegsest koosmõjust, nagu see on üldiseks nähtuseks kõikide füsioloogiliste protsesside juures. Tänapäev pole aga võimalik kõikide nende tegurite toimetest veel täielikku ülevaadet saada, sest arenemistähtsuste uurimine on alles poolel teel.