

Taimede ehitus ja elu

Prof. V. V. Polovtsovi järele ümber töötades tõlkinud
A. Jürgenson. Teiseks trükiks redigeerinud J. Port.

Kolmas trükk

K./Ü. „LOODUS“, TARTUS, 1930

G. Vilberg

EESTI TAIMESTIK

Abiraamat taimede tundmaõppimiseks.

Teine täiendatud trükk.

60 + 260 lk. 537 joon. Hind 4 krooni,
üleni riideköites 5 krooni.

„Eesti taimesiiku“ teise trükki on mahutatud kõik taimede liigid, mis seni Eestis omamaistena tähele pandud. Teise trüki kokkuseadmisel on võrreldud kõiki paremaid saksa-, soome- ja venekeelseid taimemäärajaid ja kasutatud kõgu botaaniline kirjandus, mis seni balti taimesiiku kohta ilmunud. Teise trükki on võetud need kultuurtaimed, mis meie kliimaga peaaegu juba on harjunud. Juurde on lisatud ka peatükk taimede kuivatamisest ja taimekogude korraldamisest. Jooniseid sisaldab raamat tervelt 537, mis raamatu käsitamist tunduvalt kergendab. Oma täielikkuse tõttu on hädatarvilik igale kodumaa taimesiiku uurijale, eriti suurt tähelepanu väärrib ta aga õpetajate ja õpilaste käsiraamatuna.

Dr. Ludwig Diels

Taimegeograafia

Teise ümbertöötatud väljaande järele tõlkinud J. Karu.

112 lk. Hind 3 krooni.

Taimegeograafia ülesandeks on kindlaks määrata kasvude jaotumist meie maakeral ja selgitada säärase jaotumise põhjusi. Taimegeograafia püüab mõista vahekordi taimemaailma ja teda kandva maapinnase vahel, püüab aru saada nende olemusest ja algusest.

Dr. L. Diels'i raamat on sel alal silmapaistvamaid ja ainuke, mis senini eesti keeles ilmunud.

Raamatus leiavad käsitlust küsimused, mis huvitavad on mitte ainult eriteadlastele, vaid igale loodusesõbrale, — näiteks ümbruskonna ja välistingimuste mõju taimede levimise kohta. Laiema lugejaringkonna erilist huvi väärrib käesoleva raamatu III peatükk, kus oleviku taimemaailma vaadeldakse ainult ühe momendina mõotmatus arenemiskäigus, sest taimede levimist on võimatu seletada ainult tänapäev nendesse toimivate tegurite abil. Välistingimused olid ja on maakera arenemise kestel alaliselt muutuvad. Neist tingimustest aga olenevad ka taimed.

Mitte vähem huvitav ei ole ka raamatu lõpposa, millest lugejale avaneb suurejooneline ülevaade taimesiiku jaotusest Aasias, Ameerikas, Aafrikas, Austraalias ja mujal.

Dr. L. Diels'i „Taimegeograafia“ ei tohiks puududa üheski kooliraamatukogus.

Taimede ehitus ja elu

Prof. V. V. Polovtsovi järele ümber töötades tõlkinud
A. Jürgenson. Teiseks trükiks redigeerinud J. Port

Kolmas trükk

3872

K./Ü. „LOODUS“, TARTUS, 1930



2-5052

A-7343

Saatesõnaks teisele trükile.

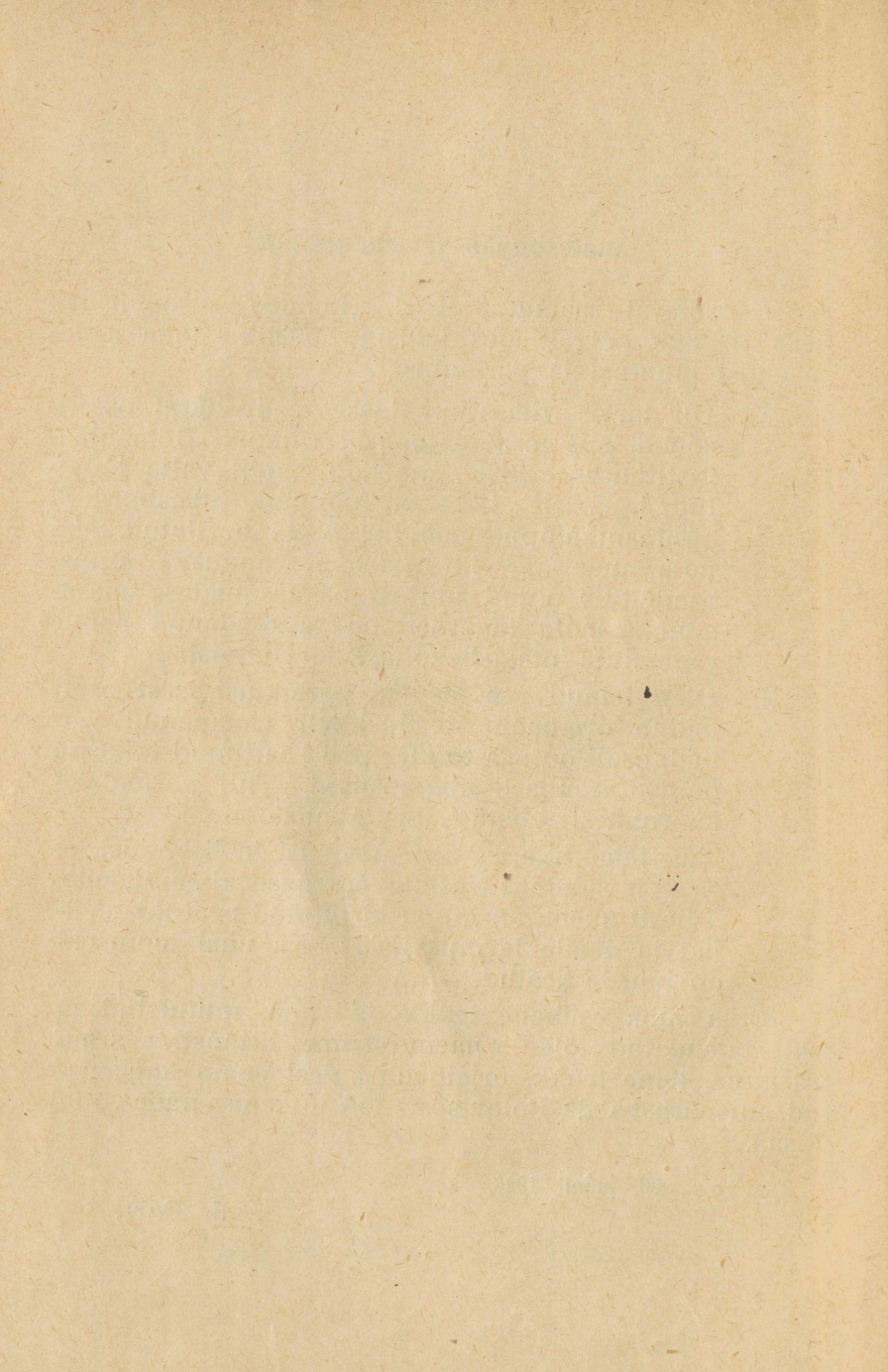
Käesolevat raamatut K./Ü. „Loodus’e“ soovil teiseks trükiks korraldades leidsin tarviliku teha selles järgmisi muutusi ja parandusi.

- 1) Oli tarvis viia raamatusse teaduslikud oskussõnad, mis aastate jooksul Ülikooli Botaanika-instituudis erilise komisjoni poolt välja töötatud ja osalt 1926. a. ilmunud Strasburger'i „Botaanika õpperaamatu“ tõlkes tarvitatud. Seni pole meie alg- ja keskkooli loodusloo õpperaamatuis olnud ühtlust oskussõnades, missugune asjaolu tugevasti on raskendanud nende raamatute otstarbekohast tarvitamist.
- 2) Olen teinud rea sisulisi parandusi, sest osalt leidub orginaalis teaduslikult vananenud väiteid, osalt on aga tõlkija poolt sattunud tõlkesse mõned sisulised ebatäpsused. Tuli parandada ka rohkesti ebatäpsaid definitsioone.
- 3) Tuli teha rida sisulisi täiendusi ja lisandusi, et raamat suudaks vastata praeguse aja nõudeile. Täiesti uuena on lõppu kirjutatud peatükk „Viljad ja nende levimisviisid“. Ka uusi jooniseid on juurde lisatud.

Kuna juba esimene trükk oli vaba, muudetud ja osalt täiendatud tõlge prof. Polovtsov'i tööst, siis on praegune, teine trükk, orginaalist veel enam kaugenenud, mispärast teda Polovtsov'i töö tõlkena enam võtta ei saa.

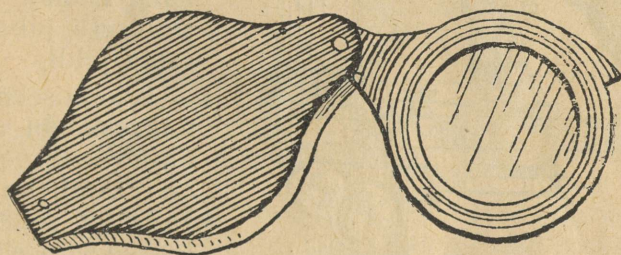
Tartus, 20. juunil 1926.

J. Port.



I. Rakk ja koed.

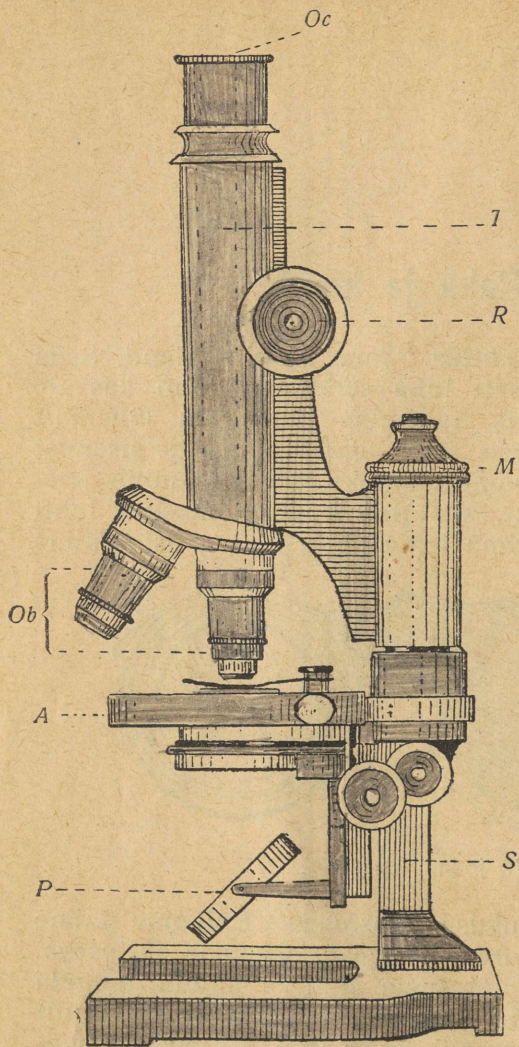
1. Rakk ja selle ehitus. Taim on elus olend. Seda võime järelda lihtsalt juba sellest, et taim kasvab. Meis tõuseb loomulik tahtmine taime elu lähemalt tundma õppida. Selleks peab aga tundma ta sisemist ehitust. Kui me tahame, näiteks, mõista mõne keeruka masina tegevust, siis peame selle masina lahti võtma ja peenelt uurima tema ehitust ning osi. Taime



1. joon. Luup.

võime võrrelda seesuguse masinaga. Lõikame taime katki ja vaatame, kuidas on lugu ta sisemise ehitusega. Kohe paneme tähele, et meie silm ei suuda tungida selle peensustesse. Me näeme taime sisemuses ainult tumedamaid ja heledamaid kohti, paiguti peeni augukesi jne., kuid sellest on meile vähe. Et tungida taime ehituse peensustesse, peame abiks võtma suurendavad riistad — luubi ja mikroskoobi.

Luup on lihtne suurendav klaas, mis asetatud raami sisse, et teda mõnusam oleks tarvitada (1. joon.). Hea

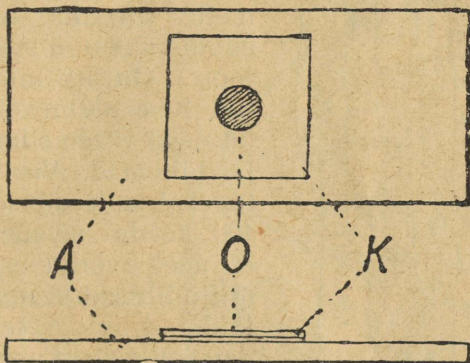


2. joon. Mikroskoop. Oc — okulaar, Ob — objektiiv, T — tuubus (vaatlemistoru), R — rattad tuubuse seadmiseks silma järele (kremaljeer), M — mikromeetriline kruvi peenemaks tuubuse seadmiseks, A — aluslaud, P — liikuv peegel, S — jalg.

luup suurendab vaadeldavaid asju 10—15 korda. Kuid enamail juhtudel ei too seesugune suurendus meile veel tarvilikku selgust ja siis peame tarvitama mikroskoopi. See on iseärane, mitmest suurendava klaasi süsteemist kokku seatud riist, mis suurendab juba 100—500 ja enam korda. Mikroskoobi abil saame taime ehitusest juba selgema pildi.

2. joonisel näeme mikroskoobi välist kuju. Selle peaosad on sambakujuline jalg ja selle küljes olev vaatlemistoru (tuubus) suurendavate klaasidega. Jala külge on kinnitatud keskelt läbi puuritud laud, mille peale, ja otse augu kohale, seatakse iseärase klaasi peale vaadeldav asi. Valgus juhatakse laua all oleva liikuva peegli

abil läbi laua sees oleva augu ja vaadeldava asja vaatlemistorusse, ning vaatleja näeb siis läbi suurendavate klaaside asja heledasti valgustatuna ja suurendatuna. Vaatlemistorus on mitu suurendavat klaasi. Ühed neist asuvad toru ülemises osas ja neid nimetatakse okulaariks, teised — alumises osas ja nimetatakse objektiiviks. Iseäraste kruvide abil saab vaatlemistoru silma järele nii seada, et vaadeldav asi paistaks kõige selgemini.



3. joon. Mikroskoobiline preparaat, pealt ja kõrvalt vaadatud. A — alusklaas, K — kateklaas, O — vaadeldav ese (objekt).

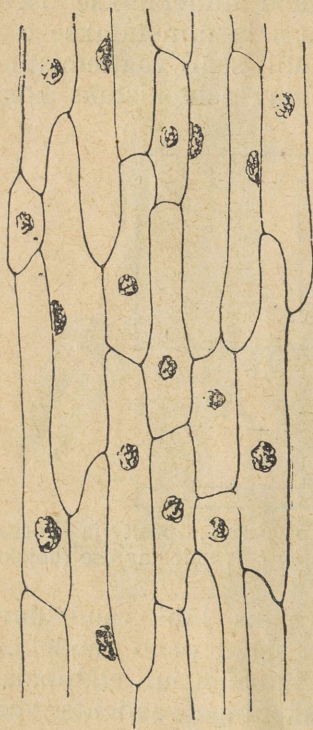
Nagu tähendatud, tungib valgus läbi vaadeldava asja vaatleja silma. Et pilt oleks selge, peab vaadeldav asi olema õhuke ja läbipaistev. Suuri ja mitteläbipaistvaid asju ei saa otsekohe mikroskoobiga vaadelda, vaid neist peab valmistama õhukesed ja läbipaistvad lõigud. Seda toimetatakse harilikult habemenoaga. Kuid nagu varsti näeme, saab mõnikord ka ilma habemenoata läbi. Sellel või teisel teel saadud õhuke lõik pannakse iseärasele neljanurgelisele klaasile (alusklaas) (3. joon.) veetilga sisse ja kaetakse pealt teise, õige õhukese klaasiga (kateklaas). Sel kombel valmistatud preparaati võib nüüd mikroskoobiga vaadelda.

Esimeseks vaatlemisaineks võtame hariliku sibula. Lõikame ta pikuti pooleks ja võtame sealt seest mah-

lase lehekese, soomuslehe, millest koostub sibul. Iga niisugune lehekene on kaetud pealt õrna õhukese nahakesega, mida kergesti võib ära käristada. Nii saame ilma habemenoata õhukese läbipaistva kilekese, mida võib

tarvitada otsekohe mikroskoobilise preparaadi valmistamiseks.

Väikesel suurendusel (kuni 100 korda) paistab see kileke meile võrguna, mille silmad enam-vähem ühesuurused (4. joon.). On see kileke käristatud lehe alumiselt osalt, siis on need võrgu silmad laiemad ja lühemad. Vaadeldes neid tugeval suurendusel (200 kuni 400 korda) näeme (5. joon.), et need võrgu silmad pole mitte lihtsad avaused, vaid on täidetud mingi teralise läbipaistva vedelikuga. Pilt saab iseäranis selge, kui me veetilgale, milles asub kileke, lisame pisut joodilahust¹. See valgub pikkamööda laiali ja värvib võrgu silmades sisalduva aine kollaseks, ning sellel kollasel pinnal eralduvad iseärased tumekollased täpid — nõndanimetatud tuumad. Võrk ise jääb aga värvusetuks.

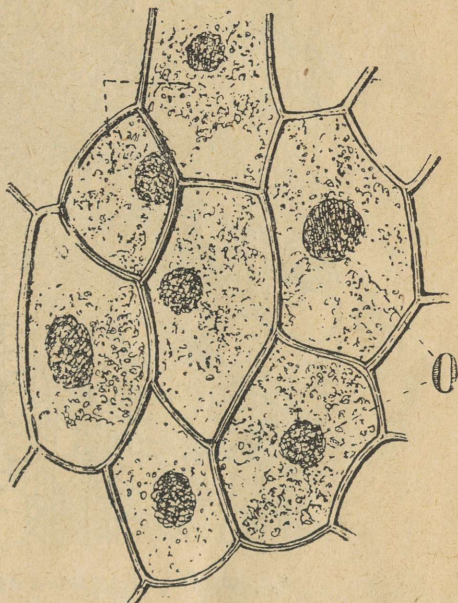


4. joon. Sibula nahake, väikesel suurendusel.

Hoolsamini vaadeldes võib aga tähele panna, et võrgu silmadel on ka teatav sügavus, millest järeldame, et meie ees pole mitte lihtne ühel tasapinnal asuv võrgu-

¹ Selleks tarvitatakse harilikult joodilahust joodkaalis, nõndanimetatud jood-jood-kaaliumi, mida apteegist võib saada (J+KJ). Jood lahustub alkoholis, KJ-lahuses, ta ei lahustu vees; KJ lahustub vees.

taoline joonis, vaid rida lamedaid, läbipaistvaid kehakesi, mis ühendatud üksteisega nii tihedasti, et nad moodustavad ühtlase tiheda kile. Juba ammust ajast on need kehakesed olnud teadusmeestele huvitavaks uurimisaineiks, kes neid nimetasid rakkudeks (ladina keeli *cellulae*). Nii siis koostub meie sibula seest võetud kileke rakkudest. Igas terves rakus võime näha järgmisi osakesi: raku sisemus on täidetud iseärase läbipaistva ainega, mida nimetatakse protoplasmaks või lihtsalt plasmaks ja mis on ümbritsetud õhukese läbipaistva kestaga (*membrana*). Siis näeme iga raku plasmal veel tihedama kehakese, mis iseäranis selgesti silma paistab joodiga värvitud preparaadil ja mida nimetatakse raku tuumaks (*nucleus*). Hoõlsal vaatlemisel näeb tuumi ka ilma värvimata.



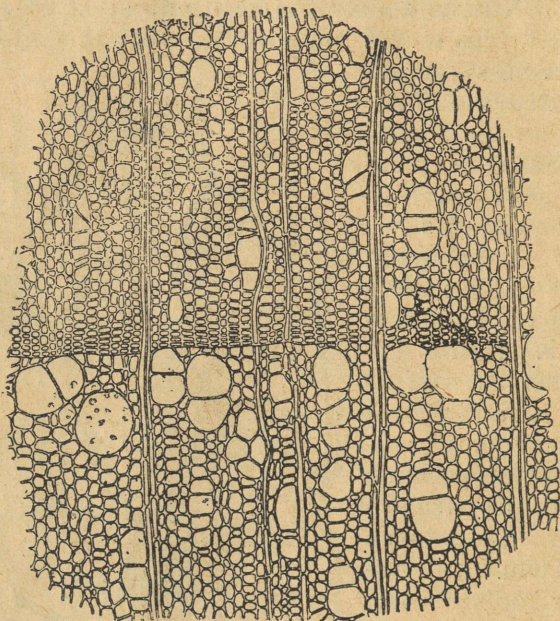
5. joon. Sibula nahake, tugeval suurendusel. O — tuumad.

Mitte ainult sibulast võetud kileke ei koostu rakkudest, vaid seda näeme igas

muuski taime osas. Igalt poolt pole aga võimalik nii kergesti õhukest läbipaistvat tükki saada, ja siis peab tegema habemenõuga õhukese lõigu. Üks säherdune paakspuu varrest tehtud lõik on kujutatud 6. joonisel. Nagu näeme, koostub seegi taime osa rakkudest.

6. joonis näitab meile ühtlasi, et mitte kõik rakud pole ühesugused, vaid et nad lähevad lahku oma kujult ja suuruselt.

Siiamaani oleme vaadelnud taime värvuse ta osasid. Kuidas on aga lugu taime värviliste osadega, näiteks lehtedega? Meid huvitab küsimus, millest on lehtede roheline värvus. Suuremate taime lehed on liiga suured ja paksud, et neid otsekohe mikroskoobiga vaa-



6. joon. Paakspuu vars ristlõikes.

delda. On aga olemas väikesi rohelisi taimi, nimelt samblaid, mille lehekese koostuvad ainult ühest õhukesest rakkude kihist ja sellepärast on läbipaistvad. Võtame vaatlemiseks niiskeil, varjulistel kohtadel kasvava tähtsambla (*Mnium*) lehekese. Väikesel suurendusel paistab see meile üleni rohelisena (7. joon.). Tugevama suurendusel näeme aga, et lehekese roheline värvus on rohkearvulistest väikestest rohelistest kehakestest, mis asuvad lehekese rakkudes (8. joon.). Samasugused kehakesed annavad rohelist värvi ka kõigi teiste taime

lehtedele, ja neid nimetatakse sellepärast leherohe-
lise ehk klorofüllü kehakesteks ehk kloro-
plastideks.

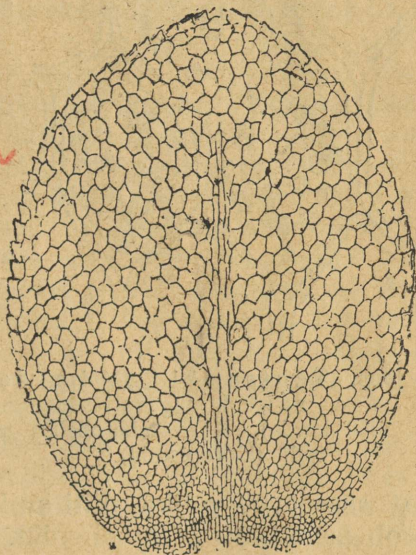
Peenemad uurimised on näidanud, et leherohe-
lised terad on elusast plasmast, mis on läbi imbunud iseärase
roheline värvainega (pigmendiga), millest olenebki terade
värvus. Peale nende roheliste terade võib leida taime rak-
kudest veel värvuset

teri, mis koostuvad sa-
muti plasmast, kuid ei
sisalda mingit värvain-
et. Neid nimetatakse

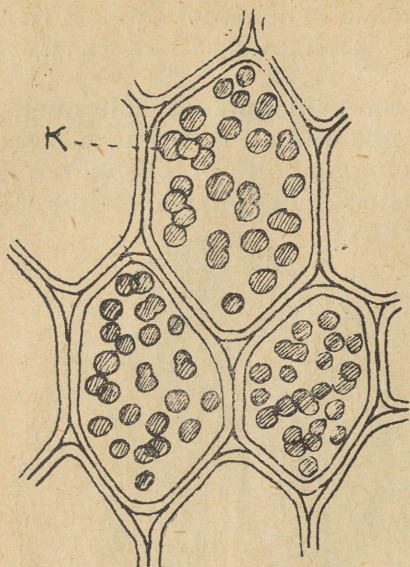
leukoplastideks,
ja neid leidub peaaegali-
kult taime värvuset
osades, nagu juurtes.

Peale roheliste ja värvu-
seta osade on taimel
veel muuvärvilisi osi,
näiteks punaseid ja kol-
laseid. On ju rohkesti
taimi punaste ja kol-
laste õitega; mitme tai-
me juuredki, näiteks
porgandi omad, on pu-
nased. Niisuguste tai-
meosade värvus oleneb
isesugusest värvikeha-
kestest, mis sisaldavad

kollast või punast pigmenti ja neid kutsutakse kro-
moplastideks. Teeme porgandi juurest õhukese
lõigu ja vaatleme seda mikroskoobiga. Rakkudes näeme
iseäraseid kollakaspunaseid kehakesi, mis võivad olla
väga mitmesuguse kujuga: pulgakesed, konksukesed,
plaadikesed jne. (9. joon.). Need ongi kromoplastid.
Neis sisalduv pigment on muutunud kindlaiks kristal-
lideks, ja selle kuju järele on ka kromoplastid ise saa-
nud kohase kuju.



7. joon. Tähtsambla (Mnium)
leheke, suurendatud 30 korda.



8. joon. Tähtsambla (*Mnium*) lehekese rakud tugeval suurendusel (300 korda). K — leherohelise terad (kloroplastid).

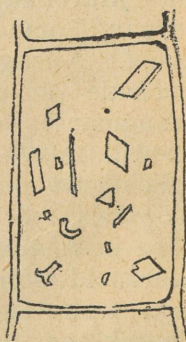
kut seesugust vetika niiti mikroskoobiga, näeme, et ta on pikk rakkude rida (10. joon.).

Viimaks on olemas veel täiesti üksikuid, iseseisvalt elavaid rakkusid. Tiikidest, kraavidest ja loikudest leiame väikesi taimekesi, mille kogu keha on üks ainuke rakk. Neid on väga mitmesuguse kuju ja välimusega. Üks neist on kujutatud 11. joonisel. Ka õietolmu terad on üksikud rakud (12. joon.).

2. Raku osade täpsam kirjeldus. Vaatleme nüüd lähemalt rakkude ehitust ja iseärasusi. P l a s m a

Kloroplaste (rohelised värvikehad), kromoplaste (punase-kollase värvil.) ja leukoplaste (värvusetud) nimetatakse veel üldise nimega plastiidideks.

Seni vaadeldud taimed koostusid väga rohkest arvust rakkudest, mis asusid üksteise kõrval igas suunas. On aga olemas lihtsamaid taimi, mis koostuvad ainult ühest pikast rakkude reast. Kraavides leiame õige sagedasti rohelisi niidikujuliste veetaimede koonlaid, mida nimetatakse harilikult kõntsaiks. Vaadeldes üksi-



9. joon. Porgandi juure rakk kromoplastidega.



10. joon. Kiudvetikas
Spirogyra.

vakese raku tuhandekordsel suurendusel.

Plasma ja tuum on raku tähtsaimad ja elulised osad, kest on aga vähem tähtis, sest looduses tuleb ette ka ilma kestata rakkusid, peasjalikult loomariigis. Kuid ka taimeriiigis leiame ilma kestata rakkusid, näiteks vetikate sugurakud, ga-

ja selles asuv tuum on pealtnäha poolvedela lima sarnane, milles hoolsal vaatlemisel leiame ülipeeni terakesi. Kuid vaatamata sellele lihtsale välimusele on plasma tõeliselt väga keeruka ehitusega. Peened uurimised on näidanud, et plasma ja tuum sisaldavad väga mitmekesiseid aineid, peasjalikult aga n. n. munavalge- ehk valk-aineid, mis väga keeruka koosseisuga ja hariliku kanamuna valge sarnased, millest nad oma nimetusegi on saanud. Peale valkainete on leitud plasmas veel mitmesuguseid mineraalaineid. Kõik need ained on kas vees lahustunud või isesuguses kolloidses olekus.

Plasmas ja tuumas sünnivad alalised muutused, aine uuestitekkimine ja lagunemine, ja niikaua kui organism elab, ei peatu need muutumised ta rakkudes silmapilgukski.

Sedamööda, kuidas raku uurimist toimetatakse ikka täielikumate ja täielikumate riistadega, leitakse selle ehituses ikka uusi ja uusi peensusi. Nii selgub, et rakud on tõeliselt väga peene ja keeruka ehitusega, mida võib järelda-

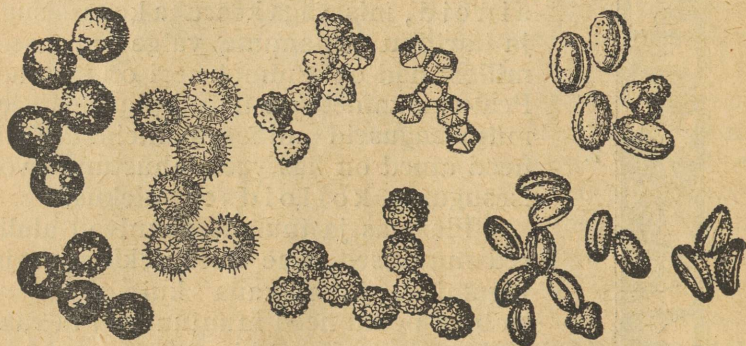
da 15. lk. olevast joonisest (13. joon.). See kujutab üht kõrviitsa kar-



11. joon. Üherakuline liikuv
vetikas Chlamydomonas.

meedid, mis pole muud kui vabalt vee sees ümberujuvad plasmatombukesed. Kevadel ja sügisel võib leida metsa alt pehkivalt lehtedelt ja kändudelt limaseente plasmoodiume, mis koostuvad samuti kestata plasmast.

Rakkude kestad võivad olla väga mitmesuguse koosseisuga. Noortes taimeosades on nad õrnad ning pehmed ja koostuvad n. n. kiudainest¹ ehk tselluloosist (*cellulosa*). See aine on kõigile enam-vähem



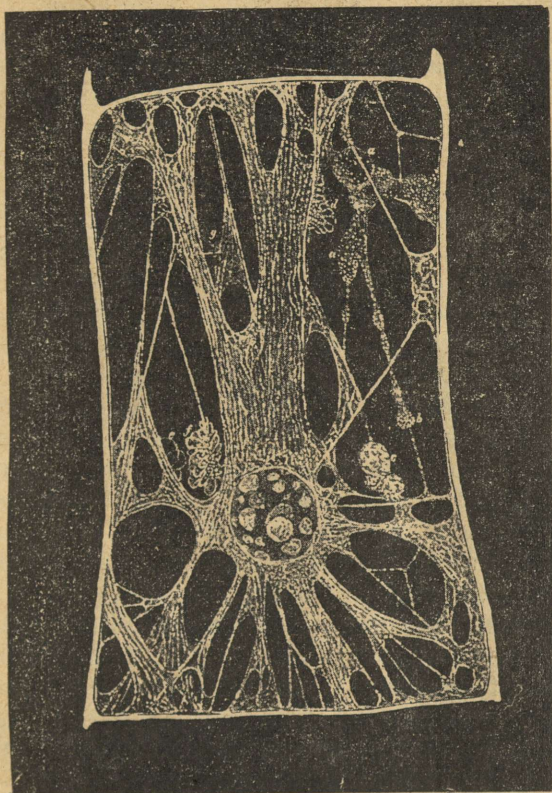
12. joon. Mitmesuguste taimede õietolmu terad.

tuttav, sest puhas paber, puuvill ning sellest valmistatud riie on peaaegu puhtast tselluloosist. Puutüvedes on aga rakkude kestad väga kõvad, sest nende esialgne pehme tselluloos on puitunud, puuaineks muutunud. Mitmete taimede kooses leiame viimaks veel rakkusid, mille kestad on korgistunud, korkaineks muutunud. Mõnel taimel asuvad säärased rakud tüve peal paksu kihina, nagu näiteks korgitammel, missugusest kihist valmistatakse pudelikorke ja muid asju.

Korgistunud rakkudest koostub ka kasetoht, ainult korgistunud rakkude kiht on siin õhuke, ja need rakud ei asu nii paksu lademenas, kui seda nägime korgitammel.

¹ Puhast kiudainet on linakiududes (= tselluloosne rakkest), puuvilla-kiududes.

Mitmel veetaimel, nagu mikroskoopilistel sinirohelistel vetikatel (näit. maarasval — *Nostoc*) muutub raku-kesta aine (tselluloos) tihedaks limaks, mis ühendab



13. joon. Rakk kõrvitsa karvakesest 1000-kordsel suurendusel.

neid väikesi üherakulisi taimekesi suuremaiks tompudeks. Ka mitme taime seemnete (näiteks linaseemnete) rakkude välised kestad leovad vees pehmeks laialivalgavaks limaks.

Mõne taime varred ja lehed on iseäranis karedad ja kõvad. Seda leiame näiteks kõrrelistel taimedel ja

osjadel. Siin on rakkude kestad läbi imbunud mitmesuguste mineraalainetega, nagu räni (SiO_2), süsihappu kaltsium (CaCO_3) ja oblikhappu kaltsium ($(\text{COO})_2\text{Ca}$).

3. Koed. Suuremaist taimedest leiame alati õige suure hulga rakkusid ja seejuures mitmesuguse kuju ja suurusega, nagu juba eespool tähele panime. Harielikult on rakud isekeskis ühendatud suuremasse rühma, ja kogu rühma rakud täidavad mingit ühist ülesannet. Näiteks sibula sisemiselt lehekeselt leidsime kile, mis oli ehitatud ühesuguseist rakkudest ja mille ülesandeks oli katta lehe sisemist, pehmet osa. See sisemine osa koostub ühesugustest rakkudest, millesse toitvate ainete tagavarad on peidetud. Mõnes suures taimes, näiteks puus, on sääraseid ühesuguse ehitusega ja ühesugust ülesannet täitvate rakkude rühmi veel rohkem. Neid nimetatakse taime kudedeks. Järelikult koostub taim mitmesugustest kudedest. Mis sugused need on, seda näeme edaspidi, nüüd aga nime-tame neist mõne tähtsama: katekude — mis katab taime väljastpoolt; mehaaniline ehk tugikude — mis on taimele toeks; juhtkude — mis saadab ühest taime osast teise vett ja toiteaineid.

4. Rakkude paljunemine. Meid huvitab nüüd küsimus: kust on saadud rohkearvulised taimerakud, kuidas on nad tekkinud? Me teame, et kõik elusad olen did tekivad omasarnaseist sigimise teel. Sedasama peab ütleva rakkudegi kohta, nagu on tõendanud rohkearvulised uurimised. Suurem jagu taimi kasvab seemnest. Seeme koostub rakkudest, nagu iga muugi taimeosa. Need rakud hakkavad jaguma ja neist saab viimati suur täiskasvanud taim. Kuidas aga sünnib rakkude paljunemine? Otsekohe pole seda nii kerge näha. Et rakkusid mikroskoobiga vaadelda, peame nad taime-st õhukese kilena välja lõikama, — selle tagajärjel surevad rakud enamail juhtudel, ja nende eluavaldused, nii siis ka jagumine, jäävad seisma. Otsekohe saab vaadelda rakkude jagumist (pooldumist) ainult ühe-

rakuliste taimede juures, sest need elavad mikroskoobi all veetilgas edasi.

Kuid rakkude jagumiskäiku saab selgitada vaadeldes ka suuremaid taimi. Selleks teeme noortest jõud-
sasti kasvavaist taimeosadest, kus rakkude jagunemine
arvatavasti kõige hoogsamalt käimas, õhukesed lõigud
ja vaatleme neid mikroskoobiga. Lõikudesse satuvad
rakud harilikult mitmesugusel arenemisastmel, ja neid
üksteisega võrreldes võime nende tekkimise ja arene-
mise kohta jõuda otsusele.

Seesugused vaatlemised on selgitanud, et rakkude
arvuline rohkenemine sünnib pooldumise teel, mis

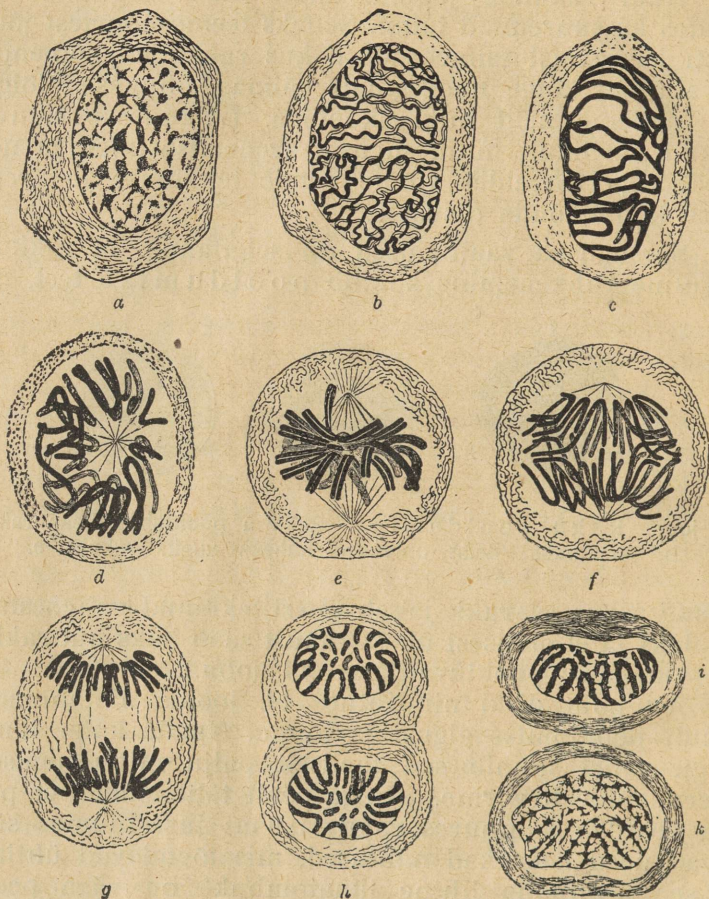


14. joon. Raku pooldumine. Rakk a pooldub kaheks rakuks
b, ja kumbki neist omakord kaheks uueks rakuks c.

seisab selles, et rakk jagub uuestitekkinud vahekestaga
pooleks ja et endisest ühest rakust saab kaks uut rakku,
mis omakord poolduvad jne. (14. joon.).

Asi pole siiski nii lihtne. 14. joonis näitab meile
ainult pooldumise algust ja lõppu. Nende kahe silma-
pilgu vahel sünnib aga tõeliselt palju mitmesuguseid
keerukaid vahevorme. Kõige pealt tähendame, et pea-
osa etendab siinjuures raku tuum; just tuumas sün-
nivad need keerukad nähtused, mis tõendavad ühtlasi,
et see pealtnäha lihtne limatombuke on väga peene
ehitusega. 15. joon. kujutab neid järk-järgulisi muutusi,
mis raku tuumas pooldumise ajal näha. Et need muu-
tused oleksid silmapaistvamad, leotatakse mikroskoo-
bilisi preparaate enne vaatlemist mitmesuguste värv-
ainete sees. Seejuures võtavad rakkude tuumad enam
värvainet enesesse kui plasma ja muutuvad tumeda-

maks. Omakord on tuumas osi, mis teistest ahnemalt värvi imevad, ja ilmuvad siis nähtavale korratu sõlmi-



15. joon. Raku kaudne pooldumine (karüokinees).

lise niidipuntrakesena. Seda tuuma-ainet nimetatakse kromatiiniks (*chromatin*, s. o. „värviahne aine“; ta neelab endasse ahnelt värvaineid). Ülejäänud tuuma-osa, mis ümbritseb kromatiininiiti, värvub vähemal

määral ja teda nimetatakse akromatiiniks (*achromatin*, värvitu aine). Raku pooldumine algab sellega, et kromatiininiit langeb üksikuiks ühesuurusteks osadeks, mida nimetatakse kromosoomideks (*chromosoma*). Kromosoomide arv võib olla mitmesugustel taimedel mitmesugune, kuid ühe ja sama taimeliigi kõigis rakkudes on see alati ühesugune. Kui meil on rakk, mille tuum sisaldab 8 kromosoomi, siis on ka kõigil teistel selle taime rakkudel neid 8, ja ka kõigil seda liiki taimede rakkudel.¹ Peale kromosoomide tekkimist sulab ja kaob tuuma akromatiinosa ümbritsevas plasmas ära või igatahes muutub nägematuks, ja kromosoomid asuvad korrapärase ringina raku keskpaika. Ühtlasi tekivad raku plasmas iseärased kiirtetaolised juhtkiukesed, mis raku otsapoolseis osades asuvaist punktidest sihitud kromosoomide poole. Seepeale langeb iga kromosoom pikitelje sihis kaheks ühesuuruseks osaks, ja need kromosoomide pooled koonduvad plasma kiiri mööda punktide ümber, kust kiired välja jooksevad. Seal muutuvad nad uuteks tuumadeks. Tuuma pooldumisele järgneb kogu raku pooldumine, nimelt ilmub tuumade vahele kest, ja ühest rakust on saanud lõpuks kaks uut rakku. Et siin võib märgata selget tuuma osade liikumist ühest raku osast teise, siis kannab see pooldumisviis karüokineesi (*karyokinesis*²) nime. Karüokineetilisel pooldumisel saab kumbki tütar-rakk alati võrdse hulga tuuma kromatiinainest.

Peale kirjeldatud pooldumisviisi, mida nimetatakse ka kaudseks, — sest siin, nagu nägime, on raku pooldumine seotud mitmesuguste kõrvalnähtustega, — tuleb ette harukordsemalt veel otsene pooldumine, mis seisab selles, et raku tuuma keskmise osa ümber tekib õnar, mis soondub ikka sügavamale ja lahutab viimati tuuma kaheks pooleks. Nende vahele tekib uus kest ja sellega on rakk pooldunud (16. joon.). Kromosoomide tekkimist ja kiiretaolisi plasmatihendusi pole seesuguse

¹ Erandid vaata allpool peatükis „Põlvede vaheldus“.

² Kreekakeelne sõna, tähendab „tuuma liikumine“.

pooldumise puhul märgata. Seepärast nimetatakse seda ka amitoosiks (*amitosis*¹). Ka ei jagu siin tuuma aine tihtipeale mitte võrdseks osadeks.

Sündigu raku pooldumine ühel või teisel teel, ikka saab uuestitekinud rakk poole endise, emaraku, tuumast ja umbes poole selle plasmast. Selles peituvad arvatavasti pärivuse nähtuse põhjused. Seeme tekib taimede õiest selle rakkude pooldumise teel. Kui seeme hakkab idanema ja temast kasvab uus taim, siis poolduvad needsamad emataimest saadud rakud edasi. Sellepärast on täiesti loomulik, et noorel taimel on sama kuju ja samad iseärasused, mis olid emataimel.

5. Rakkude arenemine. Pooldumisel tekkinud uus rakk pooldub omakord, ehk hakkab kasvama ja arenema, kusjuures ta kuju muutub suuremal või vähemal määral, sedamööda, missuguse koha taimes omandab rakk tulevikus.



16. joon. Raku otsene pooldumine.

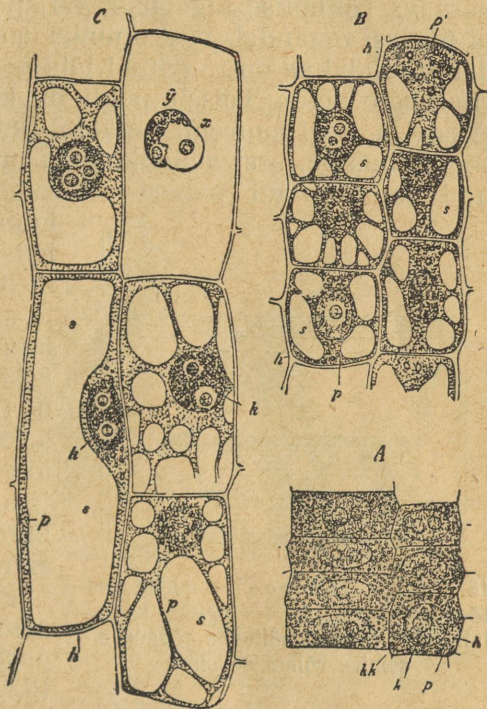
Noored rakud jõudsasti kasvavais taimes osades on õrna, õhukese kestaga ja üleni plasmaga täidetud (17. joon.). Kui rakk hakkab kasvama, siis sirutab ta end peajasjalikult ühes suunas ja muutub pikemaks. Seejuures rõhub plasma tugevasti seestpoolt kesta peale ja nagu venitab seda laiali. Raku kasvamise ajal neelab plasma enesesse rohkesti vett, paisub ise ja paisutab kesta. Selle juures võib tähele panna, et plasmast tekivad peagi väikesed õõned, mis pole siiski mitte tühjad, vaid on täidetud iseärase, plasmast eritatud vedelikuga, mida nimetatakse raku mahlak. See on mitmesuguste ainete lahus, mis omakord imeb läbi plasma ja rakukesta ümbruskonnast vett juurde ja paisutab nii plasmast ja ühtlasi kesta ikka enam ja enam laiali. Selle juures eritab plasma enesest ka kesta ainet, ja kesta muutub selle tõttu ikka paksemaks.

Mida suuremaks kasvab rakk, seda rohkem tekib

¹ Täheleb „ilma niidita“ (pooldumine).

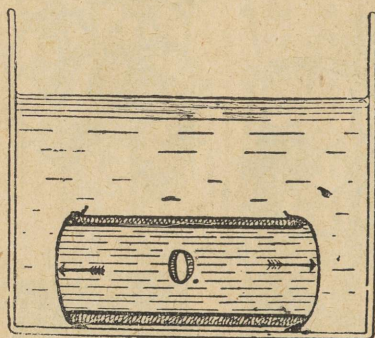
temas õõsi, vakuoole, need sulavad isekeskis ühte, ja sagedasti näeme, et kõik õõned on sulanud üheks suureks, rakumahlaga täidetud vakuooliks, mis võtab enese alla raku sisemuse suurema osa ja on surunud plasma õhukese kihina kesta ligi. Alalist rõhumist, mida rakumahl avaldab plasma ja kesta peale, nimetatakse turgoriks ehk mahlarõhuks, ja sellel on suur tähtsus taime elus.

Plasma ja kesta on iseenesest väga pehmed ja õrnad, siiski on nendest ehitatud taimed väga sitked ja tugevad. Tuleta meelde, kui sirgelt seisavad noored taimed. See on seletatav turgoriga. Rakud rõhuvad vastastikku üksteise peale ja annavad sellega taimele tarviliku sitkuse ning painduvuse. Rakud on aga pinguli ainult siis, kui nad saavad tarvilikul määral vett. Vee puudusel väheneb turgor, taim muutub lõdvaks ja pehmeks, näertsib, nagu harilikult öeldakse. Peale selle peab rakumahl sisaldama ka tarvilikke aineid (suhkur, soolad), mis neelaksid vett ümbruskonnast ja hoiaksid sellega turgori alal.



17. joon. Raku järk-järguline arenemine. A — noored rakud, mis üleni plasmaga (p) täidetud, ja suurte tuumadega (n). B — rakkudes tekkivad õõned (s) rakumahlaga. C — õõned on võtnud oma alla suurema osa raku sisemusest.

Nende ainete tähtsust selgitab meile järgmine katse. Võtame jämeda lühikese klaastoru *O* (18. joon.), seome selle ühe otsa niiske pärgamentpaberiga tihedalt kinni, valame ta mõnda kanget lahust, näiteks keedusoola-lahust, ääreni täis ja seome ka teise otsa pärgamentpaberiga kinni. Laseme nüüd selle toru puhta veega täidetud anumasse. Peagi näeme, et paber toru otstel hakkab torus kasvava rõhumise tagajärjel väljapoole kummi tõusma, ja ühtlasi omandab vesi anumasse soolase maigu. Tähen-dab, soolalahus on tunginud läbi pärgamentpaberi ümbritsevasse vette. Teiselt poolt on ka vesi tunginud torusse, ja isegi suuremal määral, kui seda on sündinud soolalahusega, sest vedelikukogu on torukeses suurenenud ja rõhunud paberi mõlemast otsast väljapoole



18. joon. Osmoosi - nähtust tõendav katse. *O* — toruke soolalahusega. Nooled näitavad tõusva sisemise rõhumise sihti.

kummi. Korrates seda katset mitmesuguste lahustega, jõuame otsusele, et vesi tungib suurema jõuga läbi pärgamendi kesta lahusesse, kui lahus vee sisse. Ehk võttes kaks lahust, millest üks kangem, teine lahjem, näeme, et lahjem lahus tungib kiiremalt ja suurema hooga kange-masse lahusesse kui see sünnib vastuoksa. Seesugust vedelikkude vastastikku tungimist läbi va-

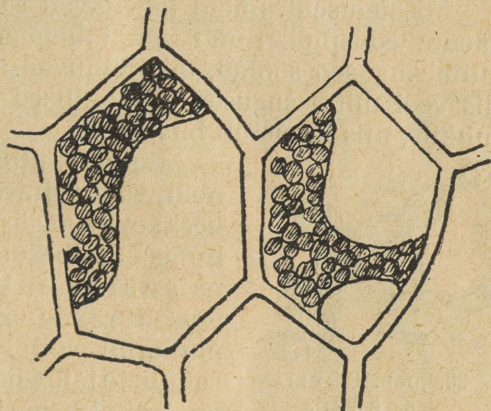
heseina nimetatakse *imbumiseks* ehk *osmoosiks*.

Rakku võime võrrelda ses katses tarvitatud toruke-sega. Rakumahl on mitmesuguste ainete lahus, ja selle pärast tungib rakku ümbritsev vesi suure jõuga läbi kesta ja plasma vakuooli. Kui aga rakk asetada mingisse lahusesse, mis on kangem kui rakumahl, näit. hästi kontsentreeritud suhkruvette või glütseriini, siis tuleb avalikuks vastupidine nähtus. Rakumahlast, kui lahje-

mast lahusest, tungib vesi suure jõuga rakust välja, õõned vähenevad, plasma tõmbub kokku ja eemaldub kestast (19. joon.). Seda nähtust nimetatakse plasmolüüsiks. Kui rakk pole mitte liiga kaua plasmolüüsitud seisukorras viibinud, siis omandab ta vees jälle endise kuju.

Sedamööda, kuidas rakk kasvab, muutub ta välimus ikka enam ja enam. Kest pakseneb, mille tõttu plasmal ikka raskem on saada tarvilikul määral vett ja muid aineid, ja nende puudusel sureb ta viimaks ära. Ühes sellega jääb seisma ka kogu raku arenemine, ja rakk sureb. Siiski ei jää need surnud rakud ülearusteks, vaid kasutatakse mitmesuguseks otstarbeks: osalt moodustavad nad selle tu-

geva koe, mida leiame puutüvedes ja mis kogu taime püsti hoiab, osalt käivad nad koore hulka ja on taimele heaks kaitseks, sest et nad ise pole enam tundlikud väliste mõjude vastu. Nii kasutatakse rakud ka peale surma ära. Tuleb ainult meeles pidades, et plasmata säherdustes rakkudes enam pole.



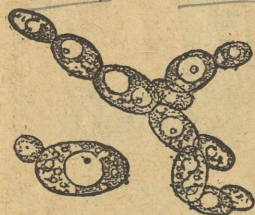
19. joon. Samblalehekese rakud plasmolüüsitud seisukorras. Plasma tõmbub kokku, kannab leherohelise terad enesega ühes ja eemaldab kestast. (Samad rakud loomulikus seisukorras — 8. joon.).

Nad koostuvad ainult kõvast puitunud ehk korgistunud kestast, mille õõnes asub õhk või vesi.

6. Ainevahetus rakkudes. Oma kasvamiseks ja arenemiseks tarvitab rakk muidugi vett ja mitmesuguseid aineid, millest plasma ja muud osad koostuvad. Teisiti öeldes, rakk peab saama toitvaid aineid, peab end

toitma. Raku ümbritseb igalt poolt kest, ja selge on, et rakk peab toituma vees lahustunud ainetega, sest kindlad kehad ei pääse kestad läbi. Vees lahustuvad ained ja gaasid tungivad aga ühes veega raku kestad läbi, puutuvad siis otsekohe kokku plasmaga, ja see võtab lahusest tarvisminevad ained. Suures mitmerakulises taimes puutub ainult väline rakkudekiht otsekohe kokku välise keskkonnaga ja võib sealt omandada toitvaid aineid. Kõik teised taime sisemuses asuvad rakud saavad aga tarvisminevad ained naaberrakkudelt, mis juba välisest keskkonnast tarvilikul määral toitu saanud. Ained ja lahused liiguvad osmootsel teel ühest rakust teise alati suurema kontsentratsiooni sihis.

Missuguseid aineid tarvitavad rakud omale toiduks, näeme edaspidi, nüüd aga tähendame, et nendeks on mitmesugused soolad, mis leiduvad alati mullas ja vees, siis veel mitmesugused orgaanilised ained, peaasjalikult suhkur, mis lahustub hästi vees.



20. joon. Pärmi-
seened.

Rakud mitte ainult ei neela aineid, vaid eritavad neid ka välisesse keskkonda tagasi. Seesuguste ainete hulgas tuleb kõige pealt tähele panna süsihapi gaasi (CO_2), mida elusad rakud alati eritavad. Kõige paremini võib seda vaadelda üherakuliste taimede juures. Niisugused on näiteks harilikud pärmiseened (20. joon.). Kui laseme pisut pärmi suhkrulahusesse, mis on pärmiseentele toiteaineks, siis hakkavad peagi eralduma gaasimullikesed, mis pole muud kui süsihapi gaas¹. Ühtlasi hakkab lahuses suhkur kaduma ja selle asemele ilmub piiritus.

Nii võib rakkudes tähele panna alalist ainevahetust. Ühelt poolt muudetakse sissevõetud ained elusaks plasmaks, teiselt poolt laguneb see plasma alatasa ja tekivad jäänused, nagu süsihapi gaas, mille rakk jälle eritab.

¹ CO_2 on kerge tõestada barüüt- $(\text{Ba}(\text{OH})_2)$ või lubja- $(\text{Ca}(\text{OH})_2)$ vee abil.

7. Rakkude liikumine ja tundlikkus. Rakkude peenem vaatlemine on näidanud, et nad on väga tundlikud igasuguste muutuste vastu välises keskkonnas. Kõige paremini näeb seda lihtsate üherakuliste taimede juures. Võtame kuskilt loigust või kraavist vett, siis leiame sealt seest õige rohkesti niisuguseid mikroskoopiliselt väikesi vetikaid, mis koostuvad ühest ainsast rakust ja ujuvad vee sees vabalt. Kui valada neid ühes veega taldrikule ja katta pool taldrikut pappkaanega, siis näeme, et vetikad rändavad kinnikaetud veeosast valgustatud osasse. See näitab, et vetikad on valgusetundlikud. Ka tunnevad nad, kus vesi hapnikurikkam, ja kogunevad sinna. Samuti leiavad nad vees koha, kus rohkem toiteaineid, ja põgenevad nendele kahjulikkude ainete, näiteks hapete eest.

Mitmerakulise taimede üksikud rakud ei saa muidugi avaldada oma tundlikkust otseste liigutustega, kuid ka siin võib seda tundlikkust ja liigutamisevõimet tähele panna. Näiteks on plasma raku sees alalises liikumises. Iseäranis hästi võib seda tähele panna veetaimedele *Vallisneria* ja vesikatku (*Elo-dea canadensis*) juures. Kui võtta vesikatku õhuke läbipaistev leheke ja vaadelda seda mikroskoobiga, siis võib selle rakkudes tähele panna õige kiiret plasma liikumist¹. Plasma liigub ümber kesta ja kannab leherohelise terakesi enesega ühes (21. joon.). Just nende terakeste liikumise järele ongi kõige mõnusam vaadelda plasma voolamist. See liikumine muutub aeglasemaks ja jääb viimaks hoopis seisma, kui rakud tunnevad puudust hapnikust; samuti ka



21. joon. Plasma liikumine *Elodea* rakkudes.

¹ Plasma liikumine algab vesikatku rebitud või ärälõigatud lehe rakkudes alles mõni minut pärast lehe ärarebimist varre küljest.

külma käes. Kui preparaati asetada uuesti sooja kohta, siis algab liikumine jälle.

See näitab, et ka mitmerakulise taime plasma pole ükskõikne ümbruskonna muutuste vastu, vaid vastab nendele sellekohase liikumisega. Teisiti öeldes, kõik rakud, samuti nagu neist koostuvad elusad taimed, on tundlikud ja teevad liigutusi. Kuid mürkide mõjul, nagu piiritus, eeter, sublimaati või raskemetallsoolad (CuSO_4 , Pb-acet , AgNO_3) surevad rakud ja plasma liikumine jääb seisma.

Kõike kokku võttes näeme, et rakkudel on kõik elusa olendi iseloomulised omadused: nad on keeruka koosseisuga, sigivad omasugustest rakkudest, neis sünnib alaline ainevahetus, nad kasvavad ja arenevad, ning viimaks, nad on tundlikud ja teevad liigutusi.

Tunnistades rakud elusaiks olendeiks, tuleme väga tähtsaks järeldusele: suured, mitmerakulised organismid pole muud kui üksikute tillukeste elusate olevuste tihedasti ühendatud kogud.

Need olendid, rakud, on mitmesuguse kujuga ja toimetavad organismis mitmesugust tööd. See tuleb meelde suurt riiki, kus inimesed samuti on jaotanud eneste vahel töö ja toimetused, mis riigi heaks käekäiguks ja alalhoidmiseks tarvilikud. Ühed valmistavad toidu- ja muid tarbeaineid, teised veavad ja jaotavad neid laiali, kolmandad töötavad neid ümber uuteks tarvilikeks asjadeks jne. Sedasama näeme ka suures keerukas organismis, ainult inimeste asemel on siin rakud, igaüks oma ülesande täitmiseks väga otstarbekohaselt sisse seatud.

Iga rakk üksikult on üliväike ja ei suuda kuigi suurt tööd korda saata. Ühinedes suureks organismiks moodustavad mitmed miljonid rakud ühe suure ühiku, mis suudab juba õige rohkesti korda saata ja luua uusi, paremaid tingimusi nii kogu organismi kui ka iga üksiku raku olemiseks.

II. Idanemine.

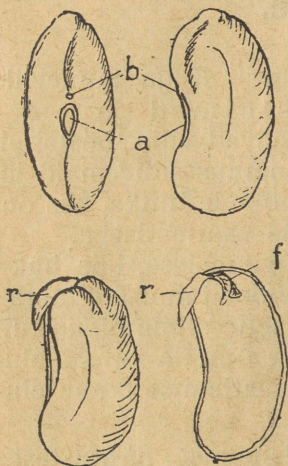
8. Seemne ehitus. Uba ja hernes. Kogu taimeriik jagub kaheks suureks osaks: õistaimed ja eostaimed. Esimesed õitsevad ja kannavad vilja, teistel ei ole aga õisi ega seemet. Et rõhuv enamuse suuremaid ja silmapaistvamaid taimi kuulub õistaimede hulka, siis on loomulik, et me alustame just nende vaatlemisega.

Kui seeme satub sündsaisse tingimusesse, siis hakkab ta idanema ja temast kasvab noor taim. Iga taime tegeliku elu alguseks võime lugeda selle silmapilgu, kui seeme hakkab idanema. Et tundma õppida taime elu kogu selle kestusel, peame algama vaatlemist taime elu algusest, see on seemne idanemisest.

Et õieti aru saada seemne idanemise nähtustest, peame tundma seemne sisemist ehitust. Oma väliselt kujult ja suuruselt on seemned väga mitmesugused. Vaatame, kuidas on lugu nende sisemise ehitusega.

Teeme algust mõne suurema seemnega, mille üksikud osad meile hõlpsasti silma paistaksid. Väga mõnusad selleks on türgi-oad. Valime mõned ilusamad nende hulgast ja paneme nad kõige pealt päevaks või paariks vette. Vees paisuvad nad, muutuvad pehmeks, ja siis on nende vaatlemine hõlpsam. Vaadeldes uba väljastpoolt (22. joon.) näeme selle serval väikese armi *a*. Seda nimetatakse seemnevarre asemeks; siin oli seeme varrekesega kinnitatud kauna külge. Siit käisid läbi ka peened torukesed, sooned, mille kaudu seeme sai emataimelt tarvilisi toitvaid aineid. Armist kõrgemal võime

märgata väikest augukest *b*, nõnda-nimetatud seemnepilu¹. Selle augukese kaudu tungib seemnesse vesi, ilma milleta ei tuleks toime idanemine. Kui paneme kuiva oa vette, siis näeme, et seemnepilu ette tekib õhumullike, sest vesi tungib seemnesse ja surub sealt õhu välja. Kui seemnepilu, näiteks, vahaga kinni matta, siis ei paisu seeme vees tükil ajal, sest nahk või seemne kest, millega seeme kaetud, ei lase



22. joon. Oa seeme. Ülal — nahakesega kaetud seemne väline kuju: a — seemnevarre ase, b — seemnepilu. All — seeme ilma nahakeseta: r — idujuur, f — pung ja seda varjavad lehed.

mame varrekese otsas idupungakest, mis koostub kahest lehekesest, mille vahel asub väike kühm. Sellest pungast tekivad tulevase taime vars ja lehed.

Paneme mõned ligunud seemned niiskesse mulda ja võtame iga kahe-kolme päeva takka ühe neist välja, et

¹ Selle augukese (micropyle) kaudu tungib tolmutoru läbi seemnepunga kestade ja ühineb embrüokoti munarakuga.

tede vahele on surutud väike taime loode (*embryo*), mille üks ots asub just seemnepilu kohal. See on loote või idujuureke. Idanemisel hakkab vett hästi läbi. Hästi ligunud ja paisunud seemnelt tuleb nahk hõlpsasti ära, sest ta ei ole seemnega kuskil kokku kasvanud. Tarvitseb teda ainult kuskilt katki lõigata ja siis tuleb ta üleni ära.

Naha all asub tulevase taime idu, mis lagub hõlpsasti kaheks pooleks, nõndanimetatud idulehtedeks. Idulehta kasvama ja tungib esimesena seemnepilu kaudu välja. Lahutades ettevaatlikult idulehti üksteisest, näeme, et nad on ühendatud lühikese juurejät-kuga, — see on iduvarreke. Ka lehed ei puudu. Nimelt sil-

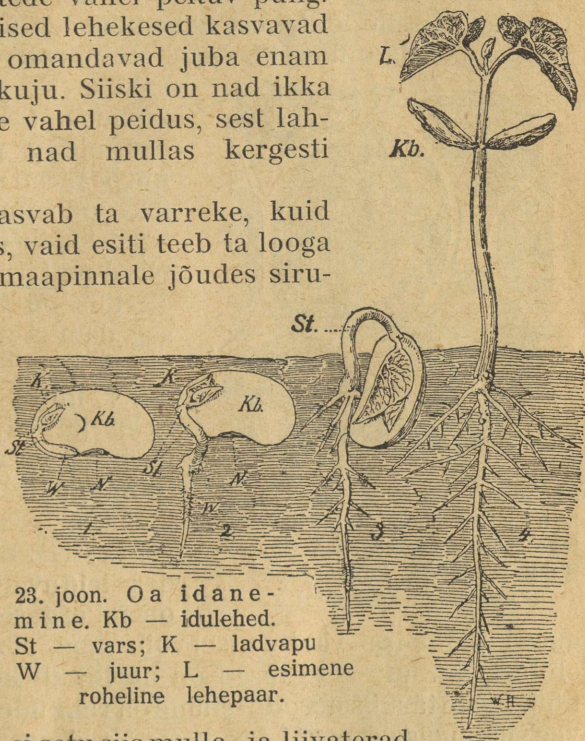
jälgida, kuidas sünnib idanemine. Kõige pealt ilmub juur (23. joon.). Olgu seeme mulla sees mis tahes asendis, ikka pöörab juur otsa allapoole. Varsti kasvatab ta omale mitu kõrvalharu, mille abil ta kinnitub tugevamini mulla külge ja imeb sealt ohtrasti vett. Samal ajal kasvab ka idulehtede vahel peituv pung. Väikesed algelised lehekesed kasvavad suuremaks ja omandavad juba enam hariliku lehe kuju. Siiski on nad ikka veel idulehtede vahel peidus, sest lahtiselt võiksid nad mullas kergesti viga saada.

Ühtlasi kasvab ta varreke, kuid mitte otse üles, vaid esiti teeb ta looga ja alles välja maapinnale jõudes sirutab ta enda püsti, kistes ühtlasi idulehed ühes nende vahel oleva pungaga maa seest välja. Nii viisi kistakse

idulehed maa seest, kitsam ots ees, mis sünnib muidugi kergemini. Ka ei satu siis mulla- ja liivaterad

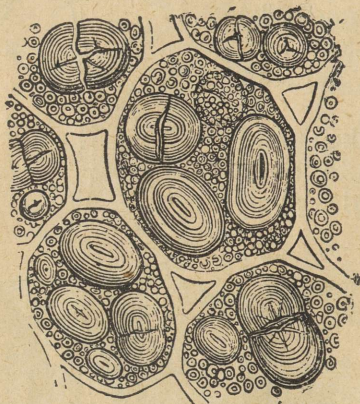
idulehtede vahele ega tee õrnale idupungakesele viga.

Viimati pääsevad idulehed vaba õhu kätte. Peagi muutuvad nad roheliseks, sest nende rakkudes tekivad leherohelise (klorofüll) terad. Roheliseks muutunud idulehed avanuvad ja nende vahelt puhkevad esimesed lehed. Pisukesest, vaevast märgatavast külmust nende vahel on tekkinud kaks uut lehekest ja peagi puhkevad ka need. Meie ees on juba väike noor taim.



23. joon. Oa idanemine. Kb — idulehed.
St — vars; K — ladvapu
W — juur; L — esimene
roheline lehepaar.

Nagu tähendasime, muutuvad päevalgele pääsenud idulehed roheliseks, nagu harilikudki lehed. Neid tulebki vaadelda kui taime esimese lehepaari. Et aga seemnes peituv idu ei suuda omale esialgu iseseisvalt toitu muretseda, siis annab emataim talle toidu-tagavara kaasa. See asub idulehtede sees. Sellepärast ongi nad nii paksud ja tüsedad. Teeme idulehest habemenoaga õhukese lõigu ja vaatleme seda mikroskoobiga. Me näeme, et see koostub



24. joon. Rakua oa idulehest, täidetud tagavara-ainetega: suured, pikergused terad — tärklis; peened, ümmargused — valkaine (proteiin).

rakkudest, nagu iga muu taimeosa (24. joon.) Rakkudes pole aga plasmataitu ja tuuma peaaegu märgatagi, vaid need on tungil täidetud isesuguste pikerguste teradega. Need on tärkliseterad. Tärklis on taimedes kõige sagedamini ettetulev toitaine. Meie tarvitame toiduks mitmeid taimeseemneid ja vilju, nagu ube, herneid, teravilja, siis kartulimugulaid jne., just sellepärast, et nad sisaldavad rohkesti tärklist. Oa rakkudes leiduvad tärkliseterad on pikergused või ümmargused, ja hoolsal vaatlemisel võib näha, et nad on kihilise ehitusega. Suuremad terad on harilikult keskelt lõhestunud. Peale tärkliseterade leiame oa rakkudes suurel hulgal veel isesuguseid peeni terakesi. Need on valkained.

Sedamööda kuidas idu kasvab, tarvitab ta idulehtedesse mahutatud toidu-tagavarasid. Idulehed jäävad tühjemaks, tõmbuvad kortsu, ja kui nad lõplikult on tühjendatud, kuivavad nad ära ja langevad maha, sest nad on nüüd ülearused. Noor taim on juba sedavõrt kosunud, et võib hakata omale ise toitu muretsema.¹ Kuidas see toimub, näeme edaspidi.

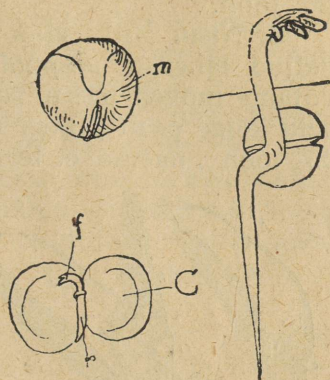
¹ Siit peale hakkab taime kasvamine ja edasiarenemine.

Kui idanemise alul lõikame ühe idulehe ära, siis ei takista see veel idanemist, kuid tärkav taim kasvab nõrgem ja väiksem kui loomulikult. Võib ka mõlemad idulehed ära lõigata, kuid siis on väga raske sellest taimest kasvatada, sest ta ei saa tarvilikul määral toitu.

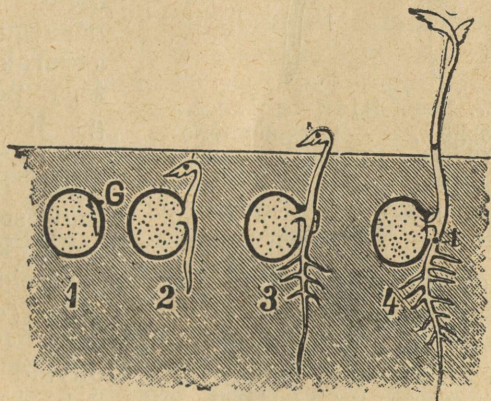
Hernes. Paljude taimede seemned on oma ehituselt oaga sarnased, nimelt on neil idu ja kaks enam või vähem arenenud idulehte. Seesuguste hulka kuulub näiteks ka h e r n e s, mille vaatlemisele nüüd asume.¹

Oma välimuse poolest läheb hernes oast mitmeti lahku, kuid palju on ka sarnasust (25. joon.). Nii leiame ka herne kestal seemnevarre aseme ja selle kohal seemnepilu.

Kui hernelt kesta maha tõmbame, näeme kaht paksu idulehte, mida kergesti võib teineteisest lahutada. Nende vahelt leiame idujuurekese ja idupungakese, mis aga vähemad on kui oal.



25. joon. Hernes. C — iduleht, m — seemnepilu, r — idujuur, f — pung lehekestega.

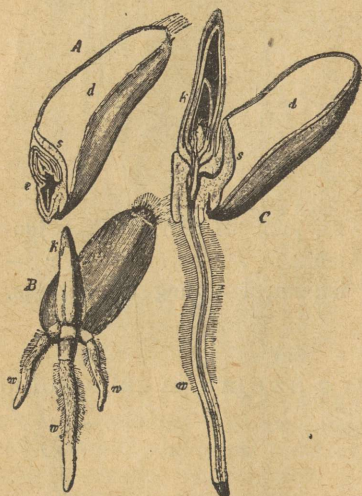


26. joon. Herne idanemine.

¹ Enne vaatlemist tulevad herved, nagu oadki, 24 tunniks likku panna.

Kuid herne idanemiskäigus näeme mõnesuguseid iseärasusi. Herne idulehed jäävad maa sisse ja ei tõuse välja päevavalgele, nagu seda nägime oa juures (26. joon.).

9. Nisu. Mitte kõik seemned pole kahe idulehega. Paljud lähevad eespool-kirjeldatuist tunduvalt lahku. Võtame mõned nisu seemned ehk terised¹ ja leotame neid kõige pealt jällegi vees. Vaadeldes neid peale seda (27. joon.), näeme, et terise üks ots on nüri ja kaetud karvakestega, teine ots aga terav. Piki terist näeme ühel pool vagu, teiselt poolt aga on teris kumer. Just sellel poolel, teravama otsa lähedal, asub seemne välise nahakese all idu. Kuid siin pole nahake lahtine, nagu oal ja hernel, vaid on seemnega ühte kasvanud. Sellepärast näeme idu ainult siis, kui oleme seemne lõhki lõiganud. Siis paistab meile silma, et seeme on peaaegu üleni täidetud tagavaraks pandud toitainetega, peaaesjalikult tärklisega. Kuid siin ei asu need tagavara-ained mitte idulehtedes, nagu eespool-vaadeldud seemneis, vaid eraldi selle kõrval. Niisuguseid



27. joon. Nisu teris. A — läbilõik, B — idanenud teris ja (C) selle pikilõik, e — arenev pung, d — toitekude, k — pakatav pung, w — juur, s — vahenahk.

idu kõrval asuvaid tagavara-aineid sisaldavaid kudesid nimetatakse toitekoeks (*endospermum*). Idu on ühendatud toitekoega iseärase kilbitaolise vahenaha abil, mis toitvaid aineid isesuguste entsüümide abil vees lahustuvaks muudab. See

¹ Teris on kõrreliste vilja nimetus: teris on vill, mitte seeme. Ta on kaetud seemne + vilja kestadega.

kilbikujuline moodustis — vahenahk — vastab idulehele; idupungake asub vahenaha kõrval ja on kaetud isesuguse torutaolise kattega (*coleoptil*). Tähendab, nisu on ühe idulehega taim. Idanemine sünnib peajoontes samuti, nagu eespoolkirjeldatud taimedel. Kõige pealt ilmub juur, mitte üks, vaid harilikult 2—3 ühetugevust haru, sellele järgneb pung, mis kaetud koleoptiliga ja mis oma terava otsaga tungib hästi mullast läbi ja kaitseb õrna lehekest, mis torusse kokku keeratud. Iduleht (*scutellum*) jääb mulla alla toitekoega ühendusse, et muretseda kasvavale idule tarvilikku toitu.

Samasuguse ehitusega on ka teiste teraviljade, nagu rukki, kaera ja odra terised.

10. Idanemise tingimused. Vaatame nüüd missuguseisse tingimusesse peab seeme sattuma, et ta hakkaks idanema. Kõige pealt on muidugi tähtis, et seeme ise oleks terve ja idanemisvõimeline. Kui külvame näiteks sada rukkiterist kohasele pinnasele, siis hakkavad nad mõne päeva pärast idanema, kuid mitte kõik; kahe-kolme päeva pärast tõusevad veel mõned, kuid lõpuks näeme, et mõned terised on hoopis idanemata jäänud. Nad ei olnud idanemisvõimelised.

Seemnete idanemisvõime oleneb mitmest asjaolust. Mõnikord juhtub, et seemned korjatakse liiga vara ja poolvalmilt. Teine kord jälle on seemned liiga kaua seisnud. Mida kauemini seemned on seisnud, seda vähem on nad idanemisvõimelised. Mitte kõik seemned pole selle poolest ühesugused. Rasva- ja õlirikkad seemned, nagu lina, kanepi, päevalille omad, on kõige idanemisvõimelisemad alles teisel aastal peale lõikust, kauemini seistes hakkab nende idanemisvõime vähenema ja kaob sootuks 3—4 aasta pärast. Tärkliserikkad seemned, nagu teravili, hernerid, oad jne., hoiavad oma idanemisvõimet hoopis kauemini alal. On ette tulnud juhtusid, kus 150 aastat seisnud nisuivad on idanema hakanud.

Teiselt poolt jälle on seemneid, mis õige ruttu oma idanemisvõime kaotavad. Näiteks paju seemned on

idanemisvõimelised ainult kahe nädala jooksul peale valmimist.

Et seeme idanema hakkaks, on peale idanemisvõime tähtsad ka ümbruskonna tingimused, kuhu seeme on sattunud. Seesugused seemne idanemisele tarvilikud tingimused on niiskus, soojus ja hapnik. Vaatleme neid üksahaaval lähemalt.

11. Niiskus. Niiskus on idanemise tähtsam eeltingimus. Kui val pinnasel ei hakka seeme kunagi idanema. See ongi arusaadav, sest kõik tagavarad, mis idu toitmiseks seemnesse varjule pandud, on kindlas, lahustamatus olekus. Säärases olekus ei pääse nad aga läbi kestade idu rakkudesse. Ainult vees lahustunud olekus võivad nad rännata rakust rakku ning jõuda kasvava iduni.

Kui paneme seemne vette või niiskesse mulda, siis hakkab seeme kõige pealt imema enesesse vett ning muutub kogu poolest suuremaks, paisub. See paisumine sünnib väga suure jõuga, ja mõnel seemnel suureneb tunduvalt ka seemne kogus. Väga hästi võib seda näha herneste juures. Paneme kahte ühesuurusesse klaaspurki ühepalju herneid. Ühte purki valame hernesetele vett peale, nii et see nad üleni kataks. Juba mõne tunni pärast märkame, et hernerid hakkavad paisuma, ja nende ülemine tasapind tõuseb kõrgemale kui kuivadel herneritel teises purgis. Teisel päeval võib leotatud hernerite kogus kuivadest isegi kaks korda suurem olla.

Et paisumine toimub suure jõuga, võib näha järgmisest lihtsast katsest: paneme väikese pudeli herneid otsani täis ja lisame vähehaaval vett juurde, sedamööda, kuidas hernerid seda sisse imevad. Nüüd paneme pudelile korgi kõvasti peale ja seome selle veel nõoriga kinni. Hernerid paisuvad ja mõne aja pärast läheb nende kasvav rõhumine nii suureks, et pudel lõhkeb.

Sääraseid katseid on tehtud isegi tugevate metallist nõudega, kus seemned on pealt kaetud liikuva punniga. See punn on ühenduses rõhumist mõõtvä riistaga, ja riista näitamise võime näha, et paisuvate seemnete

rõhumine on väga suur. Mõnel juhul on seemned isegi ligi sajakilogrammiline raskuse üles tõstnud.

Peale seda, kui seeme on veega küllalt läbi niiskunud, algab temas toidu-tagavarade lahustumine entsüümide toimel ja ühtlasi idu kasvamine. Kuid selleks on peale niiskuse tarvis veel rida teisi tähtsaid tingimusi.

12. Soojus. Kui hoiame niiskust saanud ja paisunud seemned külma käes ($+1^{\circ}$ ja vähem), ehk vastuoksa, viime nad ruumi, kus soojus üle $+45^{\circ}$, siis ei hakka nad idanema. Sest seeme tarvitab idanemiseks parajat soojust ja tunneb end liigse soojuse käes sama halvasti kui külma käes. See paras soojusemäär on aga mitmesuguseil seemnel mitmesugune. Näiteks, meie põhjamaade teraviljad, nagu rukis ja oder, tarvitavad väga vähe sooja ja hakkavad idanema juba kolme-, neljakraadilises soojuses. Siiski läheb idanemine nii madalas soojuses väga aeglaselt, ja selleks, et idu tuleks nähtavale, läheb nädal ja enam aega.

Kõrgemas temperatuuris edeneb idanemine juba palju kiiremini, ja 20° — 25° sooja käes sünnib see kõige kiiremini — ühe öö-päeva jooksul. Asetame aga rukkiterised idanemiseks veel kõrgemasse temperatuuri, siis tuleb ilmsiks juba vastupidine nähtus. Idanemine sünnib aeglasemalt. Neljakümnekraadilises ja suuremas soojuses nad ei hakkagi idanema. Sellest näeme, et rukkil¹ on idanemiseks oma kõige kohasem soojusemäär 25 — 31° (optimum), kõige madalam 0 — $4,8^{\circ}$ (miinimum) ja kõige kõrgem — 37° C. (maksimum).

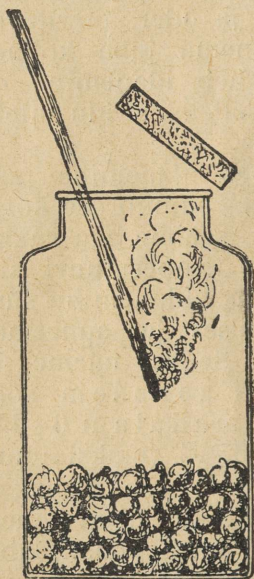
13. Õhk. Kui seemned ei saa õhku, siis ei hakka nad idanema, olgu muud tingimused kui head tahes. Seda võib tõendada mitmel viisil. Paneme hästi läbi-leotatud niisked seemned pudelisse, milles õhu asemel süsihapu gaas. Seemned ei hakka seal idanema. Sama tagajärje saame, kui asetame seemned vette, millest

¹ Rukkil, nisul, odral, linal ja hernel on idanemis- t° C järel: miinimum (madalaim) 0 — $4,8^{\circ}$, optimum (parim) 25 — 31° ja maksimum (kõrgeim) 31 — 37° ; kurgil aga — miinimum $15,6$ — $18,5^{\circ}$, optim. 31 — 37° , maks. 44 — 50° .

kauase keetmisega õhk täiesti välja aetud. Paneme näiteks herned pudelisse ja valame keedetud ning selle järel ärajahutatud vee peale. Herned paisuvad küll, kuid ei anna idu, seisku nad seal kui kaua tahes. Viimati pehkivad ja kõduvad nad vees ära.

Asetame herned aga laiale, madalale vaagnale ja valame sedasama keedetud vett peale, kuid nii, et herned osalt veest välja ulatuksid, siis hakkavad nad peagi idanema, sest õhk pääseb ligi.

Ka ei tule idanemisest midagi välja, kui asetada seemned sügavasse tiheda savi sisse. Seal on vett küllalt, võib hoolitseda ka tarviliku soojuse eest, kuid õhk ei pääse ligi, ja sellepärast ei saagi seemned idanema hakata. Kui aga sellisama savi kaevame kobedaks, et seemned saaksid õhku, või asetame nad nii, et savi neid üleni ei kataks, siis toimub idanemine harilikul viisil.



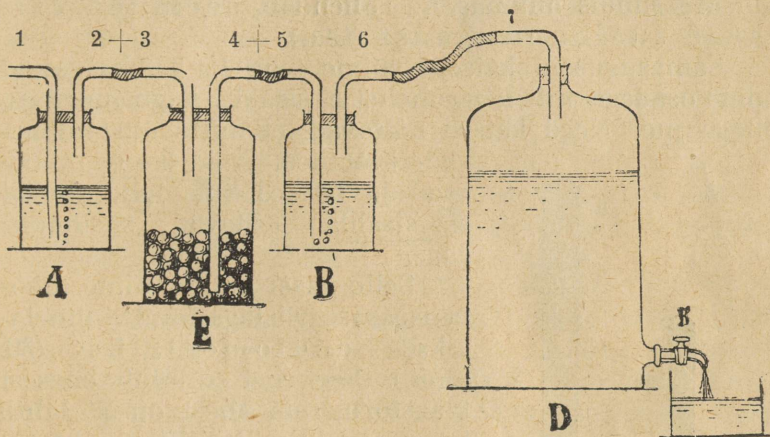
28. joon. Purgis idanevad seemned eritavad süsihaput gaasi, milles lõkendav piirg kustub.

Neist katseist näeme, et iga kord, kui seemned idanema ei hakanud, oli neil nimelt õhust puudus. Kui aga õhk ligi pääses, läks idanemine väga hästi.

Me teame, et õhk on peamiselt kahe isesuguse gaasi segu: hapniku ja lämmastiku. Võib-olla on ainult üks neist idanemisel tähtis. Korraldame mõned katsed, et teada saada, kumb nimelt.

Kõige pealt vaatame, kas muutub oma koosseisu poolest õhk, milles seemned idanevad. Selleks võtame mingi purgi, paneme sinna seemneid, millel juba väikesed idud küljes, ja katame purgi korgiga kinni. Teisel

päeval katsume järele, kas õhu koosseis on muutunud. Pistame põleva piiru või põleva küünla traadi otsas korki vahelt purki (28. joon.). Piirg kustub kohe ja sel-
lest järeldame, et purgis puudub hapnik. Kuhu ta jäi? Välja ta ei pääsenud, sest purgil oli kork peal. Peab
järeldama, et idanevad seemned on hapniku ära tarvi-
tanud. Võib-olla on seemned mõnd muud gaasi asemele
eritanud. Et selles otsusele jõuda, korraldame järgmise
katse. Paneme purki E idanevaid herneid (29. joon.)



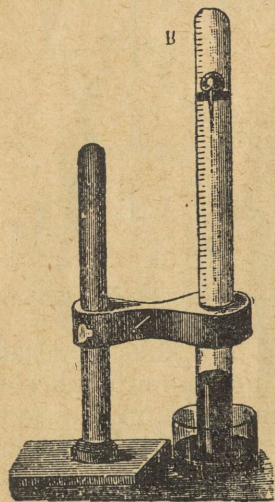
29. joon. Idanevate seemnete hingamist tõendav katse.

ja katame ta korgiga, millest juhime läbi kaks kõverat klaastoru: 3 ja 4. Need torud ühendame kummitorukeste abil kahe teise anumaga: A ja B, millesse on valatud puhast selget lubjavett.¹ Kui nüüd avame klambrid ja imeme õhku torust 6 kas lihtsalt suuga või parem ise-
ärase anuma D abil, millest avatud kraani kaudu vesi
välja voolab, siis sünnib kõigis üksteisega ühendatud
anumais õhuvool, mis liigub järgmiselt: toa-õhk läheb
toru 1 kaudu läbi anumal A oleva lubjavee ja tõuseb

¹ Katse korraldamisel tulevad kummitorud + kohalt klambriga kinni pigistada, et CO₂ ei tungiks anumaisse A ja B ja lubjavett enne katset sogaseks ei muudaks.

seal mullikestena üles. Et õhk sisaldab alati pisut süsihaput gaasi, siis ühineb lubjavesi sellega ja muutub veidi segaseks. Lahkudes anumast A ja jõudes anumasse E on õhk süsihapust gaasist täiesti puhas, sest see ühines lubjaveega. Kui anum E oleks tühi, siis ei teeks õhk, liikudes läbi järgmises anumast B oleva lubjavee, seda enam segaseks. Nüüd aga näeme, et õhk, mis anumast E seemnetega kokku puutus, muudab anumast B lubjavee segaseks, ja palju suuremal määral, kui see sündis anumast A. Täheandab, seemned eritavad süsihaput gaasi (CO_2).

Samasuguseid katseid võime teha ka täiskasvanud taime osadega, mis leherohelist ei sisalda, nagu juurtega, õitega jne. Need katsed näitavad, et mitte üksi idanevad seemned, vaid kõik taimeosad ja taimed, mis leherohelist ei sisalda, eritavad süsihaput gaasi.



30. joon. Eudiomeeter.

Selle gaasi hulka võime mõõta iseärase riistaga, mida nimetatakse eudiomeetriks (30. joon.). See riist kujutab enesest klaastoru, mis ühest otsast lahti, teisest umbne ja mille maht on jagatud pügalatega ühesuurusteks osadeks. Sesse torusse mahutatakse taim või taime osa, mille hingamist tahetakse uurida, ja seatakse siis toru lahtise otsaga elavhõbedaga täidetud anumasse. Mõne aja pärast toru vaadeldes näeme, et elavhõbe seisab ikka endisel kõrgusel. Kui aga laseme toru sisse elavhõbeda pinnale mõne tilga KOH (kaaliumileelist), siis neelab see torus leiduva süsihappu gaasi ja elavhõbeda sammast tõuseb. Selle tõusmise järele võime otsustada, kui palju süsihaput gaasi on taim eritanud.

Neist katseist järeldame, et taimed hingavad samuti nagu loomad, s. o. neelavad hapnikku ja eritavad süsihappu gaasi.

Vaatame nüüd, kust ja kuidas tekib see süsihappu gaas, mida taime eraldab hingamisel. On tähele pandud, et seemne kuivaine kaal idanemisel kahaneb. Tähendab, osa kuivainet lahkeb seemnest gaaside näol. Et teada saada, kuidas ja missuguste ainete kulul toimub see kaotus, on tehtud palju täpsaid katseid ja mõõtmisi. Nende tagajärjed näitavad, et lagub ja kaob peaaeglikult tähtlik, teised ained aga vähemal määral. Nagu teame, kuulub tähtlik süsivesikute hulka ja tema keemiline koosseis on: $(C_6H_{10}O_5)_n$. Idanemisel muutub tähtlik entsüümide toimel suhkruks — $C_6H_{12}O_6$. Hingamisel neelab seeme hapnikku, suhkur ühineb sellega ja lagub lõplikult süsihappuks gaasiks ja veeauruks, mida seeme välja hingab. Nii võib siis hingamise keemilist käiku järgmiselt kujutada:



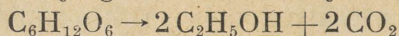
Mis tähtsus on aga hingamisel taime jaoks? Me näeme, et taime kulutab selleks oma toidu-tagavarasid; arvatavasti ei tee ta seda mitte asjata. Hapniku ühinemist tähtlikuga võime võrrelda põlemisega. Kiire põlemise korral tekib energia leegi ja soojuse näol. Taime hingamisel sünnib see ühinemine aeglaselt, tagajärjeks on samuti energia tekkimine, osalt soojuse näol, iseärase n. n. keemilise energia näol, mis on kõigi taime eluavalduste, nagu idanemise, kasvamise ja sigimise põhjuseks ja ergutajaks. See jõud vabaneb taimes ainete lagunemisel hingamise, s. t. ainete hapnikuga ühinemise puhul ja seda energiat tarvitab iga taimerakk eluavalduste toimimisel.

Loomade juures seisab hingamine ühenduses enamasti alalise kõrgendatud kehasoojusega. Kas tõuseb ka taime kehasoojus hingamisel? Et selles otsusele jõuda, võtame idanema hakanud rukki- või nisuteri ja paneme nad paksema kihina anumasse. Siis pistame nende vahele soojamõõtja. Mõne aja pärast näeme

tõesti, et soojamõõtja näitab mõne kraadi võrra rohkem, kui ümbritsevas toaõhus. Tähendab, seemned soojenevad idanemisel. Siiski võib seda märgata ainult sel juhul, kui seemneid on küllalt paks kiht, sest õhuke kiht jahtub liiga ruttu ümbritseva õhu käes.

Eelmisist katseist ja vaatlusist selgub, et taim tarvitab hingamiseks hapnikku. Kui pidada taime kauemat aega ruumis, kus hapnik puudub, siis sureb taim ära. Lühikest aega võib taim aga ka ilma hapnikuta läbi saada. Seejuures kestab süsihapu gaasi eritumine edasi. Kust saab aga taim nüüd hapnikku? Me teame, et mitmed taime kehas olevad ained, nagu tärklis, suhkur jne., sisaldavad hapnikku. Seda oma kehast pärit olevat hapnikku tarvitabki taim välise hapniku puudusel. Säärast hingamist nimetatakse sisemiseks, sest kogu ainevahetus toimub siin taime sees. Seejuures laguvad hapnikku sisaldavad ained enamail juhtudel süsi-

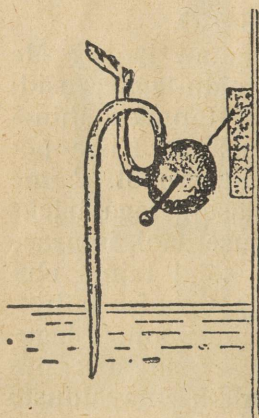
hapuks gaasiks ja piirituseks, mida järgmiselt võib kujutada:



suhkur piiritus süsihapu gaas.

See suhkru lagunemine pole aga muud kui käärimine, mille saadustena tekivad piiritus ja süsihapu gaas. Seepärast võiksime ka taimede sisemist hingamist nimetada käärimiseks.

Mitmed lihtsamad taimed, iseäranis üherakulised mikroskoopilised seemned, elavad kogu eluaja ümbruskonnas, kus puudub vaba hapnik. Elamiseks tarvitlikku energiat saavad nad oma ümbruskonna aineid lahutades, tekitades neis käärimist. Säärased taimi nimetatakse anaeroobseteks, ja nende hulka kuulub näiteks harilik pärmiseen, mille abil võib käärimisnähtusi esile kutsuda (võrdle lk. 24).



31. joon. Herne idandamine nõõpnõela otsas.

Üks teine säärane seente liik paneb piima käärima ja muudab rõõsa piima hapuks.

Kõike kokku võttes näeme, et niiskus, soojus ja õhk, ehk õigemini selles õhus leiduv hapnik, on tingimata tarvilikud idanemistingimused. Kui need puuduvad, siis võib seeme seista mitmed aastad ilma mingit elumärki avaldamata. Kuid ühtlasi pole ta ka surnud. Ta viibib puhke-seisukorras, kuni soodsad ümbruskonna tingimused ta elule äratavad. Siis hakkab ta idanema. Seemne näol võib taim halbadel olukordadel oma liigi elu alal hoida, sest seemned kannatavad halvad olukorrad palju paremini välja, kui taim ise.

14. Muldkond ja valgus. Katsume nüüd selgusele jõuda, kas on eelkirjeldatud tingimustest seemne idanemiseks küllalt või nõuab see veel kohast mulda ja valgust.

Katsed on näidanud, et seemne idanemiseks pole mullal mingit tähtsust. Võime idandada seemneid sama hästi puhtal liival, märjal riidel või paberil, või koguni nõõpnõela otsas, nagu see 31. joonisel kujutatud.

Kui korraldame kunstlikke katseid, siis muidugi hoolitseme heade idanemistingimuste eest, ja sellepärast pole mullal tähtsust. Kui aga külvata seemned põllule või peenardele, siis jäävad nad seal enese hooleks, ja siin võib muld väga suuresti mõjuda. Ta võib takistada õhu ligipääsemist, nagu näiteks tihe niiske savi, või liiga ära kuivada, nagu puhtas liiv. Kõige paremaks külvipinnaseks on ikkagi mustmuld, sest see ei kuiva liiga kergesti, sisaldab tarvilikul määral õhku ja soojeneb hästi päikese käes.

Paneme mõned seemned idanema ühtlasi valguse käes ja pimedas. Kui seejuures kõik muud tingimused on ühesugused, siis hakkavad seemned ühel ajal idanema. Tähendab, valgusel pole iseärást tähtsust. Pärastpoole, taime kasvamisel, on valguse toime muidugi suur, nagu allpool näeme.

Viimasel ajal on siiski leitud, et on taimi, mis tarvivad idanemiseks valgust, teised jälle idanevad ainult

pimedas.¹ Meie harilikud kultuurtaimed on aga idanemisel valguse vastu ükskõiksed.

15. Idu toitmine seemnetagavarade kulul. Meie nägime eelmisis katseis, et idu kasvab seemnest, ilma et ta tarvitaks midagi ümbruskonnast peale vee ja hapniku. Kõik muud tarvilikud toiteained võtab ta neist tagavaradest, mis idulehtedes ehk toitekoes varjul.

Need tagavarad võivad olla väga mitmesuguse koosseisuga. Kõige pealt leiame sealt tärklisist, mida kõige rohkem on jahuseis seemneis, nagu teraviljas, herneis, ubades. Tärklisist võib teiste ainete hulgast kergesti ära tunda; nimelt, kui mõned tilgad joodi tärkliselahusele peale lasta, siis muutub tärklis siniseks. Võtame näiteks pisut nisu- või kartulitärklisist ja keedame selle veega vedelaks kliistriks. Kui sinna joodi tilgutada, siis muutub kliister siniseks.

Mikroskoobi all paistab tärklis väikeste terakestena, mille kuju isesugustel taimedel isesugune. Oa idulehe rakkudes asuvaid tärkliseteri kirjeldasime juba eespool.



32. joon. Tärkliseterad:
k — kartulist; o — oast; d —
kaerast. (Suurendatud 300
korda.)

Me nägime, et need olid ümarmargused või pikergused kerge kihilise ehitusega, sagedasti keskelt praolised. Umbes samalaadilised on ka herne tärkliseterad. Võtame nüüd kartulilõigu ja kaabime selle küljest pisut noaga veetilga sisse.² Vaadeldes siis veetilka mikroskoobiga, näeme selles rohkearvulisi tärkliseteri, munalaadilise kujuga ja selgete ekstsentriliselt asetunud kihitustega (32. joon.). Lihtsate üksikute terade hulgas leiame ka kahest ja kolmest osast koostuvaid liitteri. Samal viisil võime vaa-

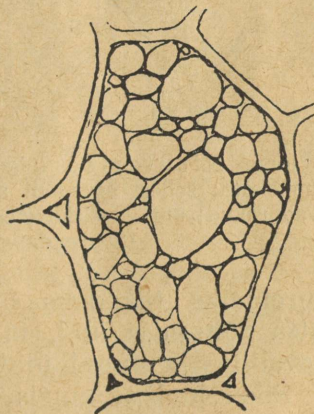
¹ Nii ei idane tubaka ja kukesaba (*Lytrum salicaria*) seemned muidu, kui nad enne teatud aega valguse käes pole seisnud.

² Parem värskest lõigatud kartulimugula tükikesega alusklaasile asetatud veetilka puudutada: lõigu pinnalt lähevad tärkliseterad siis vette.

delda ka rukki, nisu ja kaera teristes asuvaid tärkliseteri. Rukki ja nisu tärkliseterad on isekeskis väga sarnased, ümmargused, kettakujulised, pisut märgatava kihitusega. Kaera tärkliseterad on aga hoopis isesuguse välimusega. Suur pikergune või ümmargune liiterra koostub suurest hulgast väikesist kandilisist terist (32. joon.).

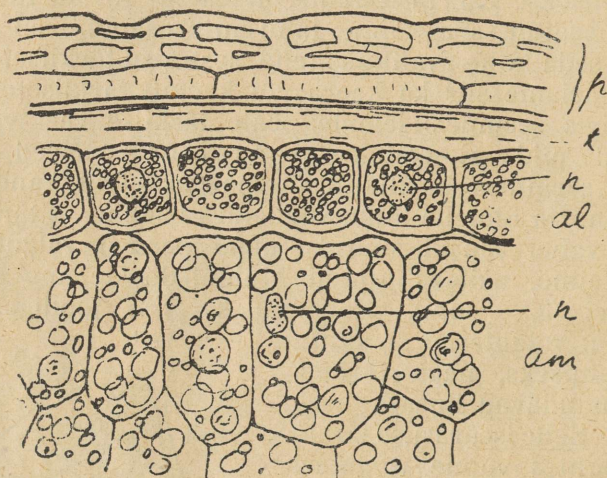
Et iga taim sisaldab isesuguse kujuga tärkliseteri, siis on võimalik seda iseärasust kasutada, näiteks jahu proovimiseks. Kui nisujahu on kaera- või kartulijahu hulka segatud, siis võime jahu mikroskoobilisel vaatlemisel seda kohe avalikuks teha, sest nisu tärkliseterade hulgast leiame siis ka kaera või kartuli tärkliseteri.

Kõigis seemneis leiame peale tärklise veel valkaineid, mida nimetatakse proteiiniks. Need ained asuvad seemneis harilikult ümmarguste või kandiliste teradena. Oa idulehe lõiku vaadeldes nägime, et tärkliseterade vahel asusid suurel hulgal peened valguterad. Mõne taime, näiteks lupiini idulehtedes leiame ainult valguteri (33. joon.). Katsume ka siin joodiga, siis näeme, et valguterad ei muutu mitte siniseks, nagu tärklis, vaid omandavad ilusa kollase värvuse. Selle iseärasuse järele joodi suhtes võime valguteri alati tärkliseteradest ära tunda. Proteiiniteri leiame ka läätsedes, herneis, nisuteristes (24. joon.) ja mujal. Seda võime näiteks nisuteriseist kergesti kätte saada. Selleks võtame natuke nisujahu, teeme sellest taigna ja hakkame seda veega uhtma. Vesi viib tärklise kaasa, ning järele jääb kollakas kleepuv mass, mis pole muud kui valkaine. Teda nimetatakse pihkaineks, sest ta ühendab tärklise taignaks.



33. joon. Lupiini idulehe rakk, täidetud üleni valkaine (proteiini) teradega.

Kolmandaks tähtsaks tagavara-aineks on seemneis õlid ja rasvained. Vähesel määral on neid kõigis seemneis, iseäranis rohkesti on neid aga õlirikkais, nagu lina-, kanepi-, päevalille- ja muis seemneis. Kui võtame näiteks päevalilleseemne ja litsume ta vastu valget paberit, siis näeme, et paberile jääb tume õlitäpp, sest seeme sisaldab rohkesti vedelaid rasvaineid. Õlid asuvad seemneis kas õige peente tilgakestena või on kogunenud



34. joon. Nisuterise lõigu väline osa: p — viljakate; t — seemnekate; sellest seespool asub toitkude; al — valkaineid sisaldavad rakud; am — tärkliseteri sisaldavad rakud; n — rakutuomad. (Suurendatud umbes 250 korda.)

suuremaiks tilkadeks. Neid võib eristada seemneist lihtsa rõhumise abil, ja nii saadaksegi lina-, kanepi-, päevalille- ja muud õlid.

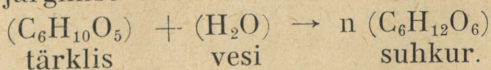
Siis leidub seemneis veel muid tagavara-aineid, kuid juba harvemail juhtudel ja vähemal määral, nii et me nende juures ei peatu.

Ükski kirjeldatud tagavaraaineist, nagu tärklis, valk ja õlid, ei lahustu vees. Et aga idu neid saaks toiduks tarvitada, peavad nad läbi ümbritsevate rakukes-

tade idu rakkudesse pääsema. See on võimalik ainult siis, kui tagavara-ained muutuvad vees lahustuvaiks. Säherdune muutus sünnibki tõesti idanevas seemnes. Niipea kui seeme vees niiskunud ja paisunud, lahustuvad selles vees seemnerakkude plasmas peituvad iseärased ained, mida nimetatakse fermentideks ehk entsüümideks. Need fermentid tungivad läbi raku-kesta tagavara-ainete ligi ja muudavad need vees lahustuvaiks. Selle jaoks tarvitab iga aine isesugust fermenti, tärklis — üht, valk — teist jne.

Jahuseis seemneis, mis sisaldavad rohkesti tärklisist, leidub entsüümi diastaasi, mis muudab tärklise vees lahustuvaks suhkruks. Selle diastaasi omadusel põhineb linnaste valmistamine. Linnased pole ju muud kui idanema lõõnud ja siis ärakuivatatud odrad. Neis on tärklis idanemisel diastaasi toimel muutunud suhkruks. Sellepärast on linnased magusad. Diastaasi võib linnaseist puhtal kujul kätte saada. Selleks leotame linnaseid vees ja eritame siis vee kurnamise teel. Saadud leotis sisaldab diastaasi lahustunud olekus. Et diastaasi veest eraldada, valame lahusele pisut piiritust hulka. Diastaas sadestub siis õrna valge pära näol. Me võime selle pära koguda kurnamispaberile ja ära kuivatada.

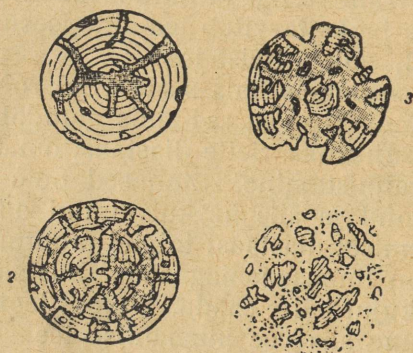
Nüüd vaatame, kuidas toimib diastaas tärklisesse. Valmistame tärklisest vedela kliistri ja valame seda katseklaasidesse. Värvime kliistri katseklaasides joodiga siniseks. Lisame nüüd ühte katseklaasi pisut diastaasi-lahust¹. Vähehaaval hakkab seal sinine värvus kaduma, ja kliister muutub viimati kollakaks hõredaks vedelikuks. Diastaas on muutnud tärklise vees lahustuvaks suhkruks. Selle tõttu kadus ka sinine värvus, sest jood ei värvi suhkrut siniseks. Seda ainete muutust võime kujutada järgmise keemilise vormli abil:



¹ Võib tarvitada võrdluseks ka sülge, sest süljes leidub samuti diastaasi, mis leivas oleva tärklise muudab suhkruks, mispärast leivatükk suus närides muutub magusaks.

Sellest näeme, et diastaas ühendab tärklise keemiliselt ühe osa veega, mille tagajärjel tekib suhkur.

Tärklise muutumist diastaasi toimel võime vaadelda otsekohe mikroskoobiga. Siis näeme, et tärkliseterades tekivad diastaasi toimel sooned ja lõhekesed; need muutuvad ikka laiemaks ja sügavamaks, kuni viimati tärkliseterad lõplikult laguvad ja kaovad (35. joon.).



35. joon. Nisu tärkliseterade lagumine diastaasi toimel.

Kui seemnetagavarade hulgas on ka valkaineid, siis eritab idu isesugust fermenti pepsiini, mis lahustab valkaineid ja muudab need nõndanimetatud peptoonideks. Pepsini leidub ka inimese ja loomade maomahlas.

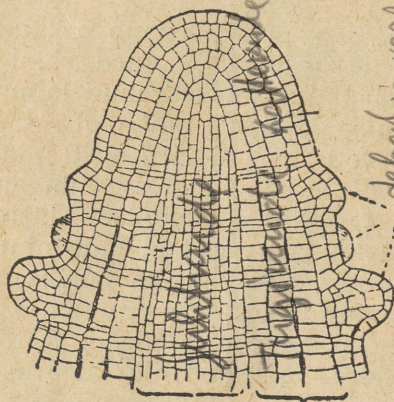
Samuti on idul isesugused fermendid õlide ja rasvainete lahustamiseks, n. n. lipaas.

III. Kasvamine.

16. Kasvamisest üldse. Kasvamine toimub rakkude paljunemise teel. Tekivad ikka uued ja uued rakud; nende arv kasvab alataasa ja ulatub täiskasvanud taimes õige suure hulgani. Kasvamise eduks on tähtis, et rakud saaksid tarvilikul määral vett, mis hoiaks neid alati pingul ja venitaks laiali. Et vesi rakkudesse tungiks, peab rakumahl sisaldama tarvilikke osmootse väärtusega aineid. Tähendab, seemnetagavarad ei lähe ainuüksi noore tärkava taime toitmiseks, vaid ka selleks, et hoida ta rakkudes alalist pingulolekut — turgorit. Viimane on aga tähtis esiteks kui kasvamise edendaja, teiselt poolt jälle annab ta noorele taimele tarviliku tugevuse.

Teeme noore tärkava taime kasvukuhikust õhukese lõigu ja vaatleme seda mikroskoobiga. Siis näeme, et rakud, millest koostub kasvukuhik, on kõik enam-vähem ühesugused (36. joon.). See ongi arusaadav, sest just siin toimub alaline rakkude pooldumine, ja iga uuestitekinud rakk pooldub peagi jälle, ilma et jõuaks oma kuju ja ehitust suuremal määral muuta. Madalamal asuvad juba vanemad rakud, mis enam ei pooldu, vaid selle asemel kasvavad jõudsasti, venides suuremaks ja pikemaks. Kasvukuhiku alumises osas näeme ümberlingi isesuguseid puhetisi, — need on tulevaste lehtede alged. Sedamööda, kuidas kasvab rakkude arv, muutub nende vahekord teiste rakkudega ja ümbritseva keskkonnaga. Rakud, mis asuvad väljaspool, satuvad otsekohe väliste toimete alla. Need aga, mis jäävad teiste vahele, on väliste toimete eest naaberrakkude varal kaitstud. Selle eest on nad jälle suurema rõhumise

all. Üldse jäävad kasvava taime rakud isesugustes taimeosades isesuguseisse tingimusesse, ja see asjaolu mõjub suuresti nende kuju ja edaspidist kasvamist. Sellepärast ongi suure täiskasvanud taime rakud nii mitmekesised oma kujult ja suuruselt. Nende omavahelises asetuses näeme siiski teatavat korrapärasust. Nimelt asuvad ühesugused rakud suuremate rühmadena ja täidavad seejuures taime



36. joon. Noore kasvava tüve otsa piki-läbilõik. Kõhmad kahel pool külgedel on tulevased varred ja lehed.

elus mõnd ühist ülesannet. Meil oli juba jutt niisuguseist rühmist ja me nimetasime neid kudedeks. Kudede iseärasused on järelikult ühenduses nende asetusega taimekehas.

17. Kasvamise mõõtmine ja kasvamisjärgud. Taime kasvamine ei sünni muidugi ühtlaselt, vaid on mitmesuguseist sisemisist ja välimisist tingimustest. Ühed neist edendavad kasvamist, teised mõjuvad selle takistavalt. Et

sellest selget pilti saada ja ühtlasi võrrelda mitmesuguste taimede kasvamist, on katsutud kasvamist mitmesuguste riistade abil mõõta.

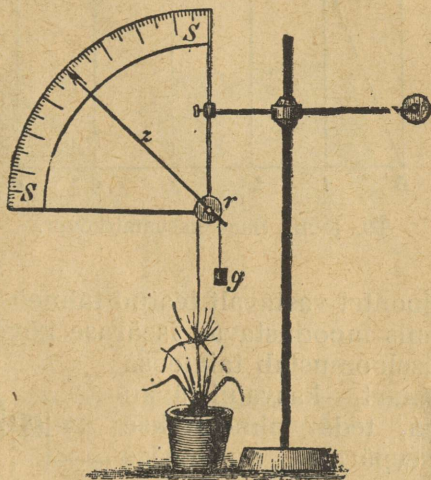
Kõige lihtsam ja algelisem abinõu oleks lihtne mõõtmispuu, millega taime pikkust teatavate vaheaegade järel mõõdame. Et aga taimede kasv on aeglane ja väike, siis ei saa lihtsa mõõtmispuuga kuigi täpsaid tagajärgi. Taime osade kohta, mis kiiresti kasvavad, võib tarvitada head ja lihtsat mõõtmisviisi. Võtame mõne idaneva seemne, näit. herne, ja tõmbame selle juurele tušiga rea kriipse, mis üksteisest ühekaugusel (37. joon.). Mõne aja pärast on juureke pikemaks sirgunud, ja selle järele, kuidas

nüüd kriipsud juurel asuvad, võime otsustada juure kasvu üle. Me näeme, et kõige enam on sirgunud juure otsapoolne osa, sest siin on kriipsud eemaldunud üksteisest kõige kaugemale.

Aeglasema kasvu mõõtmiseks tarvitatakse iseäraseid riistu, auksanomeetreid, millest üks 38. joonisel kujutatud. Kasvava taime ladva külge on kinnitatud peenike siidniit, mis ulatub üle kergeltliikuva ratta ja mille otsa



37. joon. Idaneva herne juure kasvamine. A — enne katset; B — 24 tunni pärast.

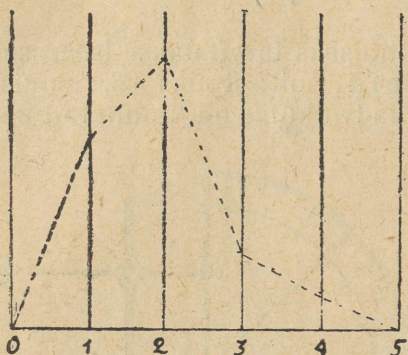


38. joon. Riist taime kasvamise mõõtmiseks (auksanomeeter).

kinnitatakse väike raskus (kaaluviht). Ratas on ühendatud osutiga, mis taime kasvu näitab. Taime pikemaks kasvades vajub viht g madalamale, ja niit paneb ratta r ühes osutiga z liikuma. Kasvamise kiirust võime lugeda skaalal SS .

Uurides nende riistadega taime kasvamist, näeme, et see ei sünni mitte ühtlaselt kõikides taimeosades, vaid kasvamine toimub neis harilikult ainult teatavais punktides ehk vöödes (n. n. kasvutsoonides). Nii kasvab juur ainult juuretipu (ladva) ligidal 5–10 mm laiukses vöös, kõrsviljade varred — sõlmevahe alumises osas,

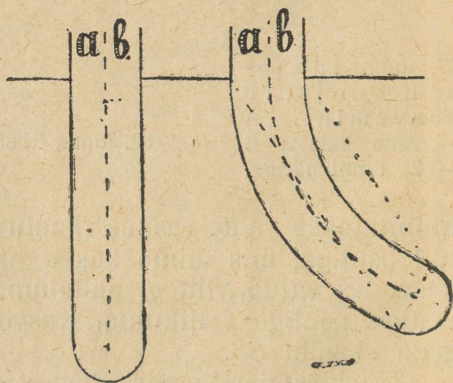
nende lehed — alumistes osades jne. Iga taime kasvavad osad kasvavad esmalt aeglaselt, siis hakkab kasvamine kiirenema, jõuab kõige suurema kasvukiiruseni ja jääb siis jälle aeglasemaks. Niisugust kasvamist nimetatakse suureks kasvuperioodiks, ja iga kasvu-
tsooni osake teeb läbi suure kasvuperioodi. Tähendades ruudulisel paberil ristjoonel täppidena aja silmapilgud ja neis täppides ülesseatud püst-



39. joon. Suur kasvamiskõver.

joontel vastavalt teatud taimeosa kasvu, saame rea täppe, mis moodustavad iseärase kõvera (39. joon.). See kõver iseloomustab taimeosa suurt kasvamisjärku ja teda nimetatakse seepärast suureks kasvamiskõveraks.

On tähele pandud, et taimed kasvavad päeval aeglasemalt kui öösi, tähendab, valgus mõjub kasvamisest taktistavalt. Täpsamad uurimused on näidanud, et kõige kiiremini kasvab taime vara hommikul ja kõige aeglasemalt õhtul. Seesugust järjekindlat muutust taime kasvamises nimetatakse väikeseks ehk ööpäevaseks kasvamisjär-

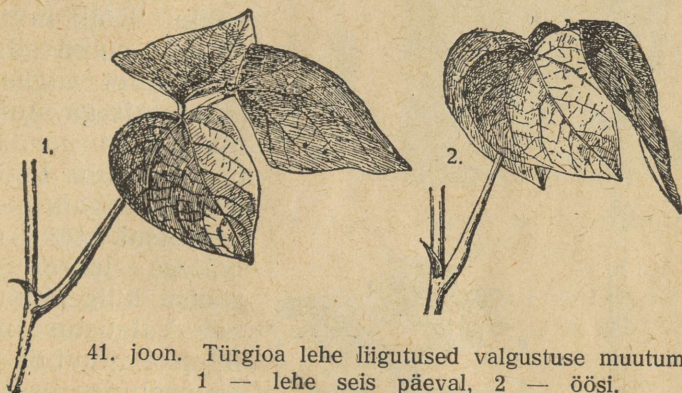


40. joon. Juure kooldumise skemaatiline kujutis.

guks. Seda võime samuti kõverana kujutada ja saame väikese ehk ööpäevase kasvamiskõvera.

Peale valguse avaldab mõju kasvamiselle ka ümbuskonna temperatuur. Kasvamisel on samuti oma kõige madalam, kõige kõrgem ja kõige kohasem soojusmäär, nagu seda nägime idanemisel.

Ka toiteainete rohkus, niiskuse ja hapniku määr ei jäta taime kasvamisele mõju avaldamata.

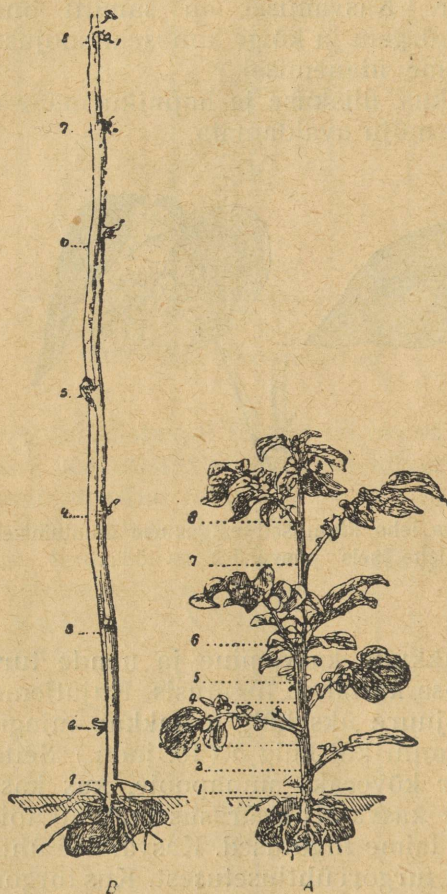


41. joon. Türgioa lehe liigutused valgustuse muutumisel:
1 — lehe seis päeval, 2 — öösi.

18. Liigutused. Rakkude kasvamine ja nende turgor etendavad tähtsat osa ka taime liigutustis. Kujutleme omale, et noore taime juure üks külg *a* hakkab mingil põhjusel kasvama kiiremini kui külg *b* (40. joon.). Selle tagajärjel kooldub juur kõveraks sinnapoole, kus kasvamine aeglasem. Selle kasvamis-iseärasuse põhjal toimuvadki mitmesugused taime liigutused. Kasvamise ühtlusetus oleneb omakord turgori ühtlusetusest. Kus turgor suurem, seal sirguvad ka rakud suuremal määral. Turgori muutumise põhjuseks on mitmesugused välised ärritused. Näiteks tarvitseb ainult mõnd taimeosa seada heledama valguse kätte või katta valguse eest, et turgor muutuks, ja taime teeb sellekohase liigutuse: Sellega ongi seletatav valguse toime kasvamiselle. Siiski ei pruugi ar-

vata, et väline ärritus toimiks otsekohe mehaaniliselt. Asi on tõeliselt palju keerukam ja välise ärrituse ning järgneva liigutuse vahel sünnib veel palju vahepealseid nähtusi.

Nagu teada, sulevad mitmed taimed öösiks öied ehk tõmbavad lehed isemoodi kokku. Kõik need liigutused sünnivad selle tõttu, et valgustuse muutumisega muutub rakkude turgor. Näiteks türgiuba liigutab oma lehti väikeste leherootsukeste abil, millega lehed pearootsu külge kinnitunud. Valgustuse muutumisel muutub nende pealmise osa rakkudes turgor, ja lehed sirutuvad välja või tõmbuvad kokku (41. joon.).



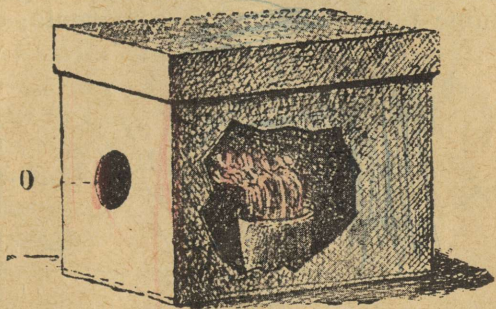
42. joon. Pimedas (B) ja valguse käes (A) kasvanud kartul. Vastavad varre sõlmekohad on tähistatud ühesuguste numbritega.

Sääraseid liigutusi teeb taim mitte ainult valguse, vaid ka mitmesuguste muude väliste ärrituste toimel. Kõiki seesuguseid liigutusi, mis toimuvad teatud ärrituste suunas, nimetatakse üldse tropis-

mid eks: valguse mõjul toime tulevat taimeosade kõverakskasvamist või pöördumist — heliotropismiks,

maa külgetõmbava jõu toimel — geotropismiks, keemiliste ainete ärritusel — kemotropismiks jne.

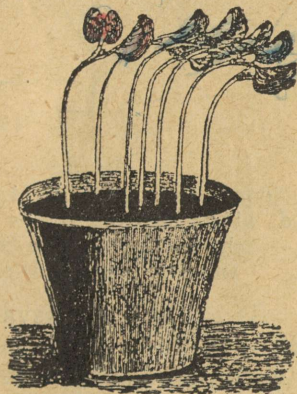
19. Heliotropism. Taimed on väga valgusetundlikud. Niipea kui idu seemnest välja sirgub, hakkab valgus temasse kohe toimima; valguse käes muutub idand peagi roheliseks, pimedas jääb ta aga valkjaskollaseks. Kui idand kauemat aega pimedas on viibinud, siis läheb ta oma välimuse poolest valguse käes kasvanud idandist juba



43 a. joon. Kamber heliotropismi katsete tegemiseks.

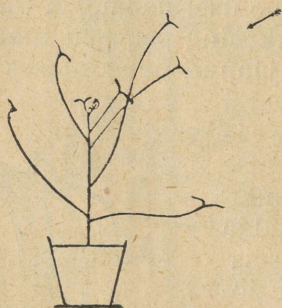
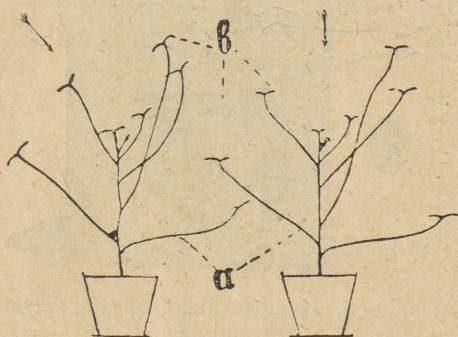
suurel määral lahku. 42. joonisel näeme, et pimedas kasvanud kartuli vars on pikk ning peaaegu ilma lehtedeta ja pole roheline, vaid on jäänud helekollaseks. Niisuguseid pimedas kasvanud varsi nimetatakse etioleerituiks. Seevastu on valguse käes kasvanud taim omandanud suured rohelised lehed ja võib nende abil juba iseseisvalt toitu muretseda. Etioleeritud varred saavad hukka, kui seemnest toidutagavara lõpeb, sest klorofüllil puudusel ei saa nad iseseisvalt toitu muretseda.

Et taimedel nii suur valguse tarvidus, siis on loomulik, et nad püüavad seda võimalikult suurel määral saada, kui sellest puudus tuleb. Seda



43 b. joon. Valguse poole koolunud kapsataimed.

võime ka tõesti tähele panna. Külvame potti näiteks kapsaseemneid, ja kui need idanema löönud, asetame poti väikesesse kasti, mis kaetud seestpoolt valguskindlalt musta paberiga, nii et valgus langeks idude peale mitte ülevalt, vaid kõrvalt läbi augu (43 a. joon.). Juba mõne tunni pärast võime märgata, et varred hakkavad



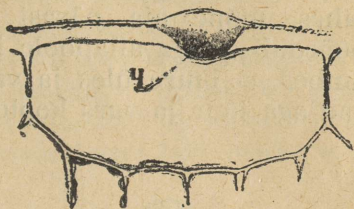
44. joon. Lehtede heliotroopilised liigutused: b — leherootsud; a — lehelabad. Nooltega on tähistatud valguse langemise suund.

valguse poole koolduma (43 b. joon.) ja lehed asetuvad nii, et valgus langeks nende pinnale. Keerame poti teisi-pidi; mõne aja pärast näeme aga, et varred on uuesti valguse poole pöördunud. Säärast alalist taimede valguse poole pöördumist (köverakskasvamist) nimetatakse positiivseks heliotropismiks.

Mõned taime osad jälle, näiteks juured, püüavad valgusest eemale pöörduda. Seda nähtust nimetatakse negatiivseks heliotropismiks.

Kui taim on kasvanud juba küllalt suureks ja tal on loomulikult välja arenenud lehed, siis ei kooldu ta valguse poole enam terve oma kehaga, vaid neid liigutusi teevad ainult lehed. Iseäranis silmapaistvad on seesugused liigutused pikarootsulistel lehtedel. 44. jooniselt näeme, kuidas taim asetab oma lehed nii, et nende la-

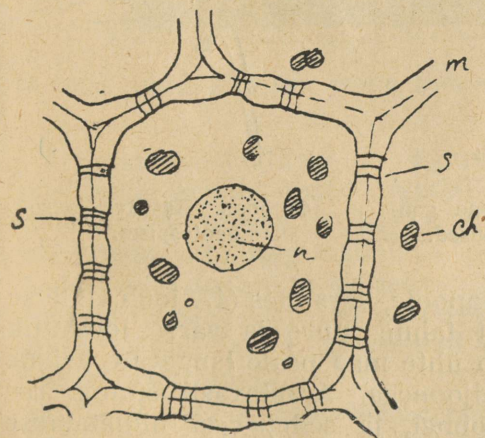
bad oleksid pööratud otsekohe valguse poole. Neid liigutusi teeb ta leherootsude abil. Sellejuures on muidugi tähtis, et ka lehelaba ise oleks valgustatud. Kõikide taimede lehepind on kaetud õhukese läbipaistva nahaga, mis koostub tihedasti üksteise kõrval asuvaist rakkudest. Mitmel taimel (näiteks kellukail) leiame nende rakkude hulgas suuremaid, mille kesta pealmises, välimises osas asuvad iseärased läätsekujulised paksendused (45. joon.).



45. joon. Valgusetundlik rakk lehe marrasknahas.

Need paksendused on täiesti läbipaistvad ja koguvad nende peale langevad päikesekiired ühte punkti kokku, nagu seda teevad harilikud suurendavad ehk nõndanimetatud päikeseklaasid. Raku plasma selles punktis ärritub, ja ühes valguse muutumisega muutub ka ärritus. See antakse rakkude kaudu

edasi leherootsu rakkudele, kus selle tõttu turgor muutub, ja lehed teevad kohase liigutuse.

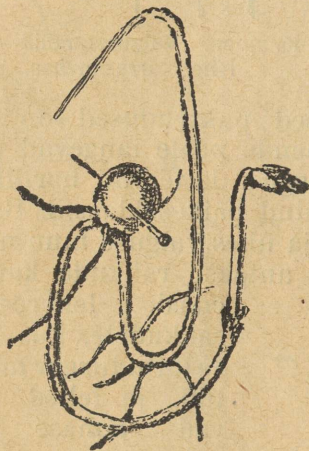


46. joon. Taimel rakk tugeval suurendusel: m — kesta; n — tuum; ch — leherohelise terad; s — plasmodesmid.

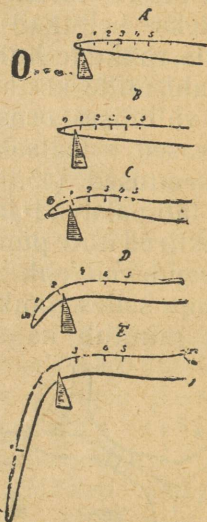
Ärrituste edasiandmine ühest rakkust teise on täiesti võimalik ja arusaadav, sest kõik rakud on ühendatud omavahel peente plasmaniidikestega, mis ulatuvad läbi kestade (46. joon.). Neid niidikesi, mis ühendavad mitme-rakulise taimel kogu

plasma üheks suureks plasmavõrguks, nimetatakse plasmodesmiks.

20. Geotropism. Seame idaneva herne mis asendisse tahes, mõne aja pärast näeme ikka, et idujuureke pöörduv otsaga allapoole ja vars üles. Pöörame idandi ümber — juure üles ja varre allapoole. Varsti hakkavad aga juur ja vars koolduma ning omandavad jällegi



47. joon. Idaneva herne geotroopilised kooldumused.

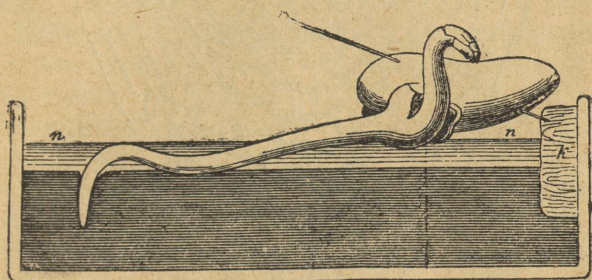


48. joon. Kasvava juure geotropism.

endise suuna: juur allapoole, vars üles (47. joon.). Üldse on tähele pandud, et taime juure ja varre loomulik kasvamis-suund langeb ühte maa peale langevate asjade suunaga, see on loodjoonega. Arvatavasti sünnib see maakera tõmbejõu toimetel, ja sellepärast nimetatakse seda taimejuurte kasvamist raskuse suunas geotropismiks.

Geotroopilised liigutused sünnivad ainult siis, kui taim kasvab. Kui aga taime kasvamine jääb mingisugustel põhjustel seisma, siis ei sünni ka geotroopilisi

kooldumisi. See on arusaadav, sest igasugused troopilised liigutused sünnivad just taimeosade mitteühtlase kasvamise tõttu. 48. joonisel on kujutatud juure ots, millele on tehtud tušiga üksteisest ühekaugusel seisvad märgid. Kus juur kasvab, seal nihkuvad märgid üksteisest ikka eemale. Selgub, et ka geotroopiline kooldumine sünnib ainult seal, kus märgid eemalduvad, s. o. kus juur kasvab. 49. joonisel näeme, et idandi juur tungib suure jõuga temale kasvamisteel takistuseks olevasse elavhõbedasse.

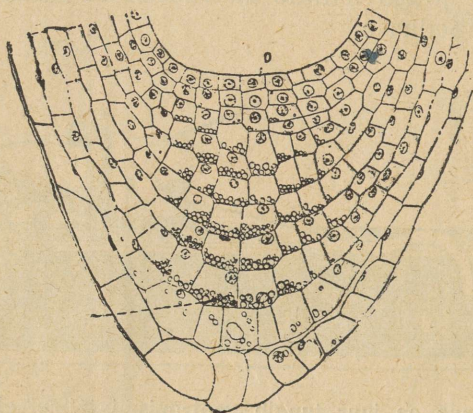


49. joon. Idaneva oa juur tungib geotropismi toimel elavhõbedasse.

Taime vars (tüvi) ja peajuur kasvavad harilikult püstloodis (ortotroopsed organid). Kuid külgharud (oksad) ja külgujuured ei kasva mitte püsti, vaid enam või vähem viltu, isegi ristloodis (plagiotroopsed organid). Kuid tähtis on see, et iga taimeosa hoiab kindlasti kinni oma esialgsest kasvamissuunast, olgu see missugune tahes. Ainult teised, tugevamad toimed, näiteks valgus, võivad seda muuta.

Neist nähtusist järeldame, et taimed, nagu loomadki, oskavad oma keha tasakaalus püsti hoida. See on taimele väga tarvilik, sest kui suure puu tüvi, mis kannab rohkearvulisi oksa ja laialist lehestikku, ei kasvaks loodusruunas, siis oleks ta tasakaaluta seisukorras ja võiks kergesti murduda.

Nagu uurimused on näidanud, hoiavad loomad end tasakaalus iseäraste meeleriistade abil, mis kõrvaga ühenduses. Hakati uurima, kas ka taimedel pole sääraseid riistu. Selles asjas pole veel täiele selgusele jõutud, kuid on olemas väga tõenäone arvamine, et taimed tunnevad oma seisukorda mitmesuguste kehakeste abil, mida rakkudes alati leidub, nagu tärkliseterad, kristallid jne. Neid kehakesi nimetatakse üldse, kui



50. joon. Juure otsa raskusetundlikud rakud statoliitidega.

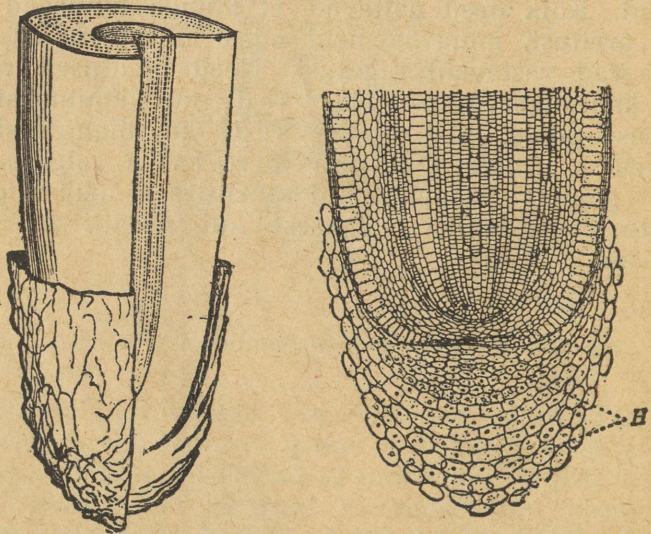
nad tasakaaluhoidmisest osa võtavad, statoliitideks. 50. joonis kujutab juure otsa, mis kasvab otse allapoole. Kõik tärkliseterad ja muud kehakesed, mida näeme rohkesti keskmistes rakkudes, on vajunud rakkude alumisele küljele, võiks öelda — rakkude põhja. Statoliitide seesuguse asetuse korral kasvab juur otse allapoole. Kui nüüd seada juur näiteks ristloodi, siis nihkuvad tärkliseterad paigalt ja asuvad rakkude külgedele. See mitteharilik terakeste seisukord ärritab plasmat, selle tagajärjel muutub juure kasv mitteühtlaseks ja juur kooldub endisesse seisukorda tagasi, kuni tärkliseterad jälle endiselt raku alumisele küljele (põhjale) rõhuvad.

Peale helio- ja geotropismi võib taimede juures tähele panna tundlikkust mitmesuguste teiste väliste toimete vastu, nagu niiskus, toiteainete rohkus jne.

On tähele pandud, et juured sirutavad end maapinna kuivemaist kohtadest niiskemate poole (hüdrotropism), ja sagedasti on see tung isegi geotropismist tugevam, — juured kasvavad mõnd aega ülespoole. Samuti otsivad juured need maapinna kohad välja, kus toitvaid aineid rohkem (kemotropism). Kui istutada taim pinnasele, mis koostub vahelduvast liivast ja mustmullast, siis kasvavad lisajuured ainult mullakihtidesse. Seesuguseid katseid ja vaatlusi on palju tehtud. Kõik need näitavad, et taimed tunnevad välisteid ärritusi, annavad neid edasi ühest rakust teise ja teevad vastavaid liigutusi. Need liigutused võivad olla kahesugused: positiivsed, kui liigutus sünnib ärrituse poole, ja negatiivsed, kui liigutus sünnib ärritusest eemale. Nii võib varre kasvu valguse (päikese) suunas vaadelda kui positiivset heliotropismi, juurte eemaldumist valgusest kui negatiivset heliotropismi.

IV. Juure ehitus ja tegevus.

21. Juure sisemine ehitus. Seemne idanemisel ilmub kõige pealt juur. Peagi muutus ta tüsedamaks ja võis asuda oma ülesande täitmisele: imeda maa seest



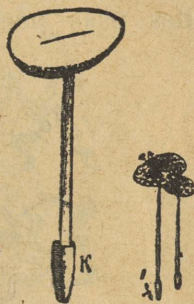
51. joon. Juureotsa läbilõige. Juurekübar.

vett ja toitvaid soolasid. Vaatame nüüd lähemalt, kuidas toimetab juur seda ülesannet. Kõige pealt aga tutvume juure sisemise ehitusega. Selleks teeme juurest mitmest kohast õhukesed lõigud ja vaatame neid mikroskoobiga. Esimeseks vaatlemiseaineks võtame noore kasvava juureotsa lõigu (51. joon.). Sellel paistavad

meile silma kõige pealt kaks järsult teineteisest eraldatud osa. Välimine neist, allapoole pöördunu, on saanud juurekübara (*calyptra*) nime, sest ta katab nagu kübar õrna, kasvavat juureotsa. Kübara all asuvad õrnad, ohtrasti poolduvad rakud, ja kübar on neile kaitseks juure maa sisse tungimisel. Muidugi kulub selle juures kübara väline serv, ja me näeme jooniselt, et välised rakud kistakse sisemiste küljest lahti ja langevad vähehaaval ära. Nende asemele aga nihkuvad kübara sisemisest kihist uued, pooldumise teel tekkinud rakud, nii et juurekübara kõige vanemad rakud on välised, kõige nooremad aga sisemised. Mõnel taimel, näiteks vesiläätsel ehk lemlel (*Lemna*), mis katab seisvat vett kraavides ja tiikides tiheda roheline vaibana, on juure ladval isesugune juurekübarasarnane moodustis, n. n. juuretasku; ta on hästi suur ja isegi palja silmaga nähtav (52. joon.).

Nagu juba tähele panime, asub juurekübara all kiht noori ühtlase ehitusega rakkusid, mis ohtrasti poolduvad. Alles mitmekordse pooldumise järel hakkavad nad kasvama ja pikemaks paisuma. See poolduvate ja kasvavate rakkude kiht asub juureotsast pisut ülalpool; seda panime tähele juba herne-idu juures, märkides selle juurt tušipügalatega.

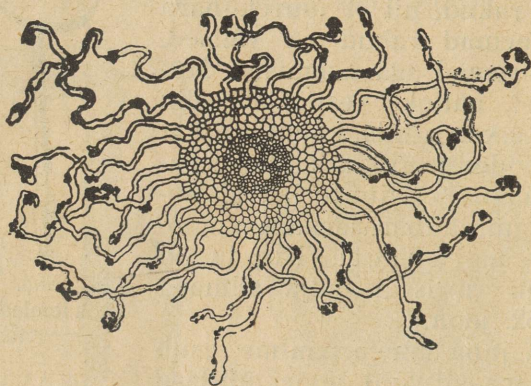
Idandame mõne seemne niiskes liivas, ja kui taimeke on juba kaunis pikaks sirgunud, tõmbame ta ettevaatlikult liivast välja. Siis näeme, et juure alumine ots on puhas ja liivast vaba, kuna kõik muu kõrgem osa on tihedasti liivaga kaetud, ja see ei tule isegi raputades ära. Uurides lähemalt selle nähtuse põhjust näeme, et juur on kaetud selles osas, kus liiv külge hakkas, rohkearvuliste peente karvakestega, mida



52. joon. Vesiläätsed ehk lemled. K — juuretasku.

nimetatakse juurekarvakesteks. Kui idandame seemet mitte maa sees, vaid lihtsalt niiskes õhus, siis näeme juure küljes puhtaid ja selgesti silma paistvaid juurekarvakesi.

Kui teeme juurest, sellel kohal, kus ta karvakestega kaetud, lõigu ja vaatame seda mikroskoobiga, siis näeme, et juurekarvad pole muud kui juure välise kihi rakkude puhetised (53. joon.). See väline kiht, mida nimetatakse juure marrasknahaks (*epidermis*), on juure nooremas osas õige õrn ja pehme, ning just selles osas näeme juurekarvakesi. Vanemaks saades

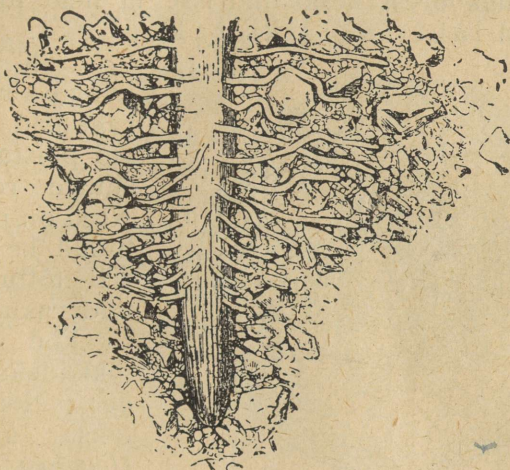


53. joon. Juurekarvad.

muutub ta paksemaks ja kõvemaks, hakkab murduma ja pudenema. Muidugi langevad siis ka juurekarvad ära. Sellepärast leiduvadki need ainult juure keskmises — nooremas osas, ülemises — vanemas osas katab juurt kõva korgistunud kiht.

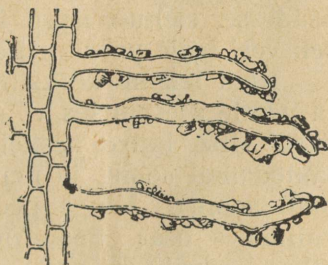
Juurekarvadel on suur tähtsus taime toitumises. Nende abil imeb taim mullast vett ja selle sees lahustunud toiteaineid. Kui näiteks taime ümberistutamist toimetada oskamatult, nii et õrnad juurekarvakesed saavad viga, siis võib taim kergesti ära kuivada ja hukka saada, sest tal puudub võimalus maa seest niiskust ja toitu saada.

Kuidas aga toimetab juurekarv vee ja mahlade imemist? Et need karvad pole muud kui juure marrasknaha rakud, siis sisaldavad nad muidugi plasmata ja selle sees olevais õõntes rakumahla, nagu kõik teised rakud. Osmoosiseaduse põhjal tungib mullaosakeste vahel leiduv vesi narmaste õõntesse ja toob enesega ühes mitmesuguseid toitvaid soolasid, mis leiduvad alati vee sees lahustunud olekus (54 a. ja 54 b. joon.).



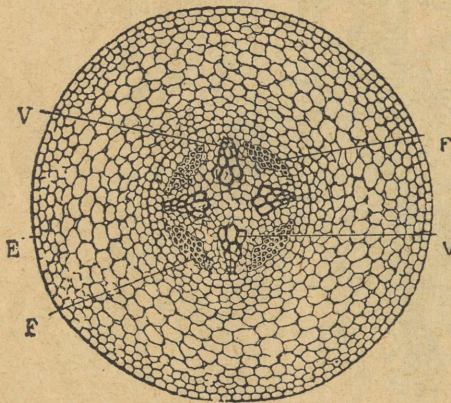
54 a. joon. Juureots juurekarvakestega mullaosakeste vahel.

See vesi ja lahused liiguvad edasi suurisse rakesse, mis asuvad paksu kihina otsekohe marrasknaha all, ja moodustavad nõndanimetatud juurekoore. See koor on alati läbi imbunud veega, mis juurekarvad maa seest saanud. Siit satub vesi juure keskmisse osasse, mis eraldatud algkoorest iseärase paksukestaliste rakkude kihi-



54 b. joon. Üksikud juurekarvad tugeval suurendusel.

ga ja mida nimetatakse kesksilindriks. Kiht aga, mis eraldab kesksilindrit algkoorest, kannab sisenaha ehk endodermise nime. Selle kihi rakuseinad on paksud ja puituvad õige pea; seetõttu ei lase nad enam vett läbi. Kuid mitte kõikide endodermisrakkude seinad ei ole paksud ja puitunud; üksikud rakud endodermises on õhukese tselluloosse kestaga, mis hästi vett läbi laseb. Seesuguste rakkude kaudu sünnib siis veevool algkoorest kesksilindrisse ja neid nimetatakse sellepärast läbilaskjaks rakkudeks.



55. joon. Oa juure läbilõige: V — puuosa; F — niinosa; E — marrasknahk.

Kesksilindris leiame rea suuri rakkusid, mis lõigul paistavad meile suurte rõngastena. Need on pikad, puitunud kestadega ja selle tõttu juba surnud rakud, mis on sulanud isekeskis pikkadeks torudeks. Neid nimetatakse soonteks (*trachea*) ja neid mööda tungib vesi juurest üles maa-pealseisse taime-

osadesse, samuti nagu inimese veresooni mööda jookseb veri igale poole kehasse laiali.

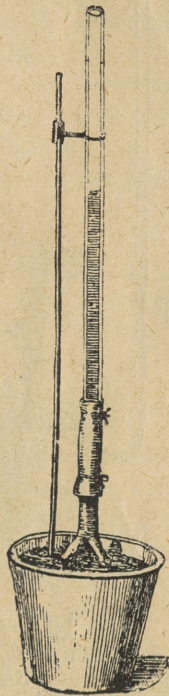
Neid leiame kesksilindris mitmesuguse jämedusega, ja nende asetumises võime märgata teatavat korrapärasust. Otse juure keskel asub harilikult üks või mitu jämedamat soont, ja nende ümber kiirtetaoliselt peened sooned. Kõige peened sooned on kesksilindri välimises osas. Seda puitunud seintega kogu nimetatakse kesksilindri puuosaks. 55. joonisel näeme pisut teissugust kesksilindri ehitust. Sooned asuvad ka siin nelja kiirena, jämedamad seespool, peened väljas-

pool, kuid silindri keskmises osas puuduvad sooned täiesti ja nende asemel leiame iseärase ühtlase ehitusega rakkudest koostuva koe, millel palju sarnasust algkoore koega. Seda kudet nimetatakse säisikoeks. Nelja soonesalga vahekohtades näeme iseäraseid õhukeseseinaliste rakkude kogusid, mida mööda ka mahlad voolavad ja mida nimetatakse niineks.

Eelmisi kirjeldisi kokku võttes näeme, et juur koostub peaaesjalikult kahest lahkuminevast osast: välimisest — koorest ja sisemisest — kesksilindrist. Neid eraldab üksteisest endodermis. Algkoor on ühtlane pehme kude, kuna kesksilindris on paksuseinalised puitunud sooned ja õhukeseseinalised niinrakud. Säärane juure ehitus on väga otstarbekohane. Õhukeseseinalised juurekarvakesed asuvad juure pinnal ja puutuvad otsest kokku vett ja soolasid sisaldava mullaga. Osmootsel teel lähevad vesi + soolad juurekarvakestest juure koosse ja sealt läbilaske-rakkude kaudu kesksilindrisse.

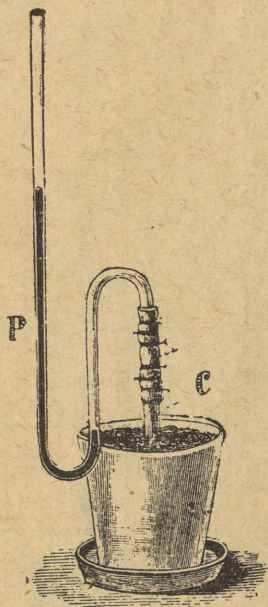
Teiseks juure ülesandeks on kinnitada taime maa külge, ja sellepärast peab ta igasuguse venitamise ja katkumise välja kannatama. Selleks ongi juurel vastupidavamad osad koondunud keskpaika, ja ta tuletab oma ehituselt meelde tugevat köit.

22. Juurerõhk. Juurekarvakeste ülesandeks oli võtta maa seest vett ja toimetada seda edasi kesksilindrisse. Iga karvakese poolt saadetud veehulk on muidugi väga väike, kuid selle eest on karvakeste eneste arv suur, — iga väikese noore juurekese küljes võib neid lugeda tuhandeina. Kui aga võtame suurekskasvanud,



56. joon. Juurerõhku selgitav katse.

haralise juure, siis leiame mitmed miljonid karvakesi, mis tungivad iga mullaosakese vahele ja võtavad maa seest kõike, mis seal aga leida ja mida taim tarvitab. Üks teadlane arvutas välja, et kui asetada kõik nisu juurekarvad üksteise järele ritta, siis oleks see rida mitme versta pikkune. Kui aga nad kokku koguda, siis saab neist vaevalt sõrmkübara-täis. Tähendab, taim oskab



57. joon. Juurerõhu mõõtmine: C — ärälõigatud tüve ots; P — elavhõbedaga täidetud klaastoru, mis täidab rõhumismõõtja (manomeetri) aset.

seest küllalt vett, siis võib see veesammas tõusta mõnikord mitme sülla kõrguseni. Selle veetõusu põhjus ongi juurerõhk. Klaastoru võib ühendada elavhõbedama-
nomeetriga (57. joon.), siis võime juurerõhku otsekohe

vähesest materjalist ehitada omale riistu, mis väga suure töö ära teevad. Sest kui need miljonid juurekarvakesed hakkavad vett saatma kesksilindri soontesse, siis saavad need peagi täis, ja vesi tõuseb kõrgemale varresse ning jookseb igale poole taimekeha mööda laiali. Vee liikumine juure kooreparenüüm-koest toimub seetõttu, et läbilaske-rakud endodermises vett alati ühes suunas — nimelt kesksilindri poole — edasi juhivad. Säärase läbilaske-rakkude tegevuse tõttu tekib juure kesksilindris teatud rõhk, ja vesi liigub sealt edasi kõrgemale — varresse. Kui lõikame varre

otse juure pealt maha, siis saadab juur muidugi vett edasi ja see nõrgub tilkadena lõikekohast välja. Seame sinna kohta pika klaastoru ja ühendame selle kummitoru abil tüve otsaga (56. joon.). Siis näeme, et vesi hakkab torus tõusma ikka kõrgemale ja kõrgemale, ning kui juur saab mulla

mõõta. Mitme taime juures on see suurem kui välisõhu rõhumine. Suurtel puudel, eriti niiskes troopika metsas, on juurerõhk suurem 1 atmosfääri rõhust.

Juurekarvad katavad juurt ainult selle ladvapoolses osas. Need karvakesed imevad maa seest mullaosakeste ümbert vett. Küllaldaselt niiskes mullas, kus mullaosakeste ümber ja vahel asuv vesi on pidevas ühenduses, tuleb kaugemaist mullaosadest vesi alati jälle juurekarvakeste juurde sealt äraimetus vee asemele. Nii ei jää muld siin kunagi päris kuivaks, ja juurekarvakesed saavad vahet pidamata vett mullast. Hiljemalt aga surevad juurekarvad, kuid siis on juur juba edasi kasvanud teistesse kihtidesse ja kattunud uute juurekarvakestega. Ja nii surevad vanemate juureosade juurekarvad alatasa ja langevad juure küljest ära, kuna juure ladva ligidal, mis alati edasi kasvab, tekivad ühtlasi ka alati uued juurekarvad, ja nii võivad juured alatasa vahet pidamata vett imeda mullast, välja arvatud mõningad n. n. puhkeajad — nagu meie maal talvel — kus vee imemine seisab.

Juurekarvakestesse tungib vesi ühes lahustunud mineraalainetega. Kuid sagedasti võib tähele panna, et juurekarvad omandavad ka niisuguseid aineid, mis vees ei lahustu. Pae pragudes kasvavate taimede juured „söövad“ sügavad jäljed paepinnale. Sagedasti võib leida maa seest juurte vahelt kive, mille pinnal selged juure jäljed näha. Säärast juurte lahustavat tegevust seletatakse järgmiselt. Me teame, et puhas vesi ei lahusta paekivi ega mitmeid muid aineid, mis maa sees leiduvad. Kui aga vesi sisaldab pisut süsihaput gaasi (CO_2), siis lahustab ta õige mitmeid aineid. Et taime hingamine sünnib kõikides elusais rakkudes, järelikult ka juurekarvades, siis eraldavad nad süsihaput gaasi. See segub mullaosakeste vahel asuva veega, ja nüüd lahustuvad selles vees paekivi ja mitmed teisedki ained. Kus juur nende ainetega on kokku puutunud, lahustuvad kivis CaCO_3 - ja teised soolad ja tekib juure kohal teatud lohk — juure jälg.

On isegi leitud, et juur eritab ka mõnesuguseid happeid, mis ainete lahustamiseks määratud. Kui noored juured lasta kasvamise ajal kokku puutada sinise lakmuspaberiga, siis tekivad seal punased täpid ja jooned. See on meile tõenduseks, et juured on eritanud mingit hapet, mis värvis sinise lakmuspaberi paiguti punaseks.¹ Ehk paneme lihvitud marmorplaadikese lillepoti põhja ja laseme ta seal kasvava taime all mõne aja seista. Välja võttes näeme plaadikese siledal pinnal selgeid juureasemeid. Need on juurest eritunud söehape sinna söönud.

Seesugusel juure lahustaval omadusel on suur tähtsus mullapinna tekkimises. Taimed lahustuvad ja murendavad aegade jooksul kive ja kaljusid, ning sellest lagunemismaterjalist tekivad maapinna settekihid.

23. Taimkeha koosseis. Katsume nüüd selgusele jõuda, missuguseid aineid omandab juur maa seest. Iga taim kasvab seemnest.² Esialgu toidab idu end seemnes tagavaraks olevate ainete, kuid tugevamaks muutudes hakkab ta peagi ümbruskonnast iseseisvalt toitu muretsema, ja kõik ained, millest taimkeha koostub, on nähtavasti peaaesjalikult mullast juurte kaudu saadud. Järelikult võime taimkeha koosseisu järele ka otsustada, missuguseid aineid omandab juur maa seest. Taim koosseisu uurimist toimetatakse järgmiselt. Võetakse taim ettevaatlikult ühes juurtega maa seest välja, pestakse juured külgehakanud mullast puhtaks ja kaalutakse siis taim ära. Peale seda kuivatatakse teda umbes sajakraadilise soojuse käes. Taimes olev vesi aurab siis ära ja järele jääb n. n. kuivaine. Viimase hulk määratakse jälle kaalumise teel kindlaks. Seejuures tuleb ilmsiks, et vett oli taimes õige rohkesti. Värske rohttaime saja kaaluosa kohta tuleb umbes 90 osa vett. Kõvas puutaimes on vett muidugi vähem, kuid siiski

¹ Märka: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$.

² Välja arvatud muidugi eostaimed, millede juures seemne asetäidab üherakuline eos.

50—60%. Nii näeme, et taimkehas on kaalu järele enam kui pool vett.

Ülejäänud kuivaine võime omakord kahte ossa eraldada. Üht liiki ained sisaldavad süsinikku ja põlevad sellepärast hõlpsasti. Siia kuuluvad n. n. orgaanilised ühendid (tselluloos, tärklis, valkained, õlid jne.). Teine liik aga ei põle. Kui kuumutame ettevaatlikult taime kuivainet, siis lahkuvad sealt orgaanilised ühendid süsihapu gaasi, veeauru ja gaasiliste lämmastikuühendite näol. Järele jääb tuhka, mis koostub mittepõlevaist aineist, sooladest. Seda näeme alati, näiteks ahju küttes. Järelejäänud mittepõlevaid aineid nimetatakse mineraal- ehk tuhkaaineiks. Mineraalainete ja kogu kuivaine kaalude vahe näitab meile, kui palju kuivaine sisaldas orgaanilisi ühendeid. Harilikult sisaldab kuivaine 5—19% tuhka ja 90—95% orgaanilisi ühendeid. See vahekord pole alati ühesugune, vaid enam-vähem kõiku.

Nüüd tuleks veel leida, missugusest algainest koostub tuhka. Seda määramist võib toimetada muidugi ainult laboratooriumis sellekohaste riistade ja lahutamisviiside abil. Sääraseid lahutusi on palju ja mitmesuguste taimedega tehtud, ning tagajärjed on olnud järgmised. Kõikide taimede tuhkaaineis leidub metalle — kaaliumi, kaltsiumi, magneesiumi ja rauda, ning metalloididest — väävlit, vosvorit ja kloori.

Nüüd võime kokku seada tabeli, mis näitaks meile taime loomulikku koosseisu.

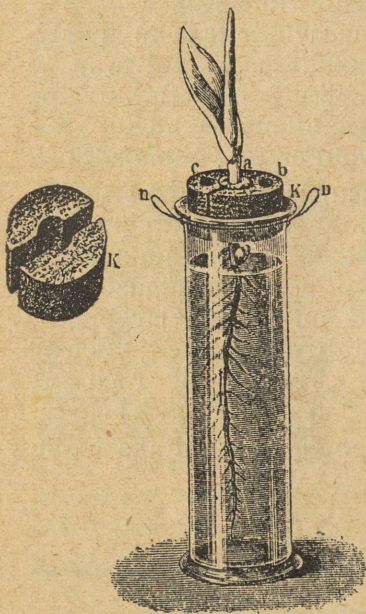
Taime koosseis.

Vesi	Orgaanilised ühendid		Tuhka		
			Metallid		Metalloidid
Vesinik H	Süsinik	C	Kaalium	K	<u>Väävel</u> S
Hapnik O	Lämmastik	N	Kaltsium	Ca	<u>Vosvor</u> P
	Vesinik	H	Magneesium	Mg	<i>Maar Cl</i>
	Hapnik	O	Raud	Fe	<i>(Materiu) Ka</i>

Muidugi ei sisaldu need algained taimes puhtal kujul, vaid moodustavad üksteisega mitmesuguseid ühendeid.

Peale tabelis näidatud ainete leidub taimedes veel mõnesuguseid muid aineid, kuid mitte alati, ja mitte kõigis taimis. Sellepärast peab arvama, et need pole tingimata tarvilikud, ja et taim võib kasvada ning areneda ka ilma nendeta.

24. Kunstlikud kultuurid. Nüüd tõuseb küsimus: kas on kõik need eelmises tabelis loendatud ained taimetele tingimata tarvilikud? Võib-olla on nad taimesse sattunud ainult selle tagajärjel, et neid leidub alati maa sees, kust nad lihtsalt ühes veega tungivad taime juurtesse. On väga tähtis leida vastust sellele küsimusele, sest teades, missugused ained on taimetele tarvilikud ja missugused ülearused, võime tarvilikkude ainete juurdelisamisega saaki oma põldudel ja vilja-aedades suurel määral tõsta. Selle küsimuse kallal on teadlased kaua ja hoolega töötanud, ning praegusel ajal võib teda pidada otsustatuks järgmisel lihtsal ning teravmõttelisel viisil. Kui me vaatlesime seemnete idanemist, siis nägime, et idandamist võib toimetada ka ilma mullata, — lihtsalt vees. Kas poleks vahest võimalik kasvatada tärgranud idandit vee sees edasi, andes talle puhta vee



58. joon. Veekultuur.

asemel nende ainete lahused, mida taim tarvitab. Tehti sellekohaseid katseid ja leiti, et see mõte on täiesti õige ja läbiviidav. Taimi võib kasvatada iseäraseis anumais, mille kaane külge taim kinnitatud. Et taim kinnitamis-

kohas viga ei saaks, ja ühtlasi, et anumasse ei satuks väljast tolmu ja muid kõrvalisi aineid, tehakse kaane sisse pisut suurem auk, kui taime varre jämedus seda nõuaks, ja täidetakse vahe puuvillaga. Taime juured ulatuvad vette, millega anum täidetud, — vars ja lehed aga sirutuvad välja, õhu ja valguse kätte (58. joon.). Anumasse lisatakse mitmesuguseid soolasid, mille koosseis vastaks taime tarvidustele. Kõige sagedamini tarvitatakse nõndanimetatud Knop'i segu, mille koosseis järgmine:

1000 osa vett (= 1 liiter).

1 gramm kaalisalpeetrit KNO_3

0,25 „ vosvorhaput kaaliumi KH_2PO_4

0,25 „ väävelhaput magneesiumi MgSO_4

0,25 „ lämmastikhaput kaltsiumi $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

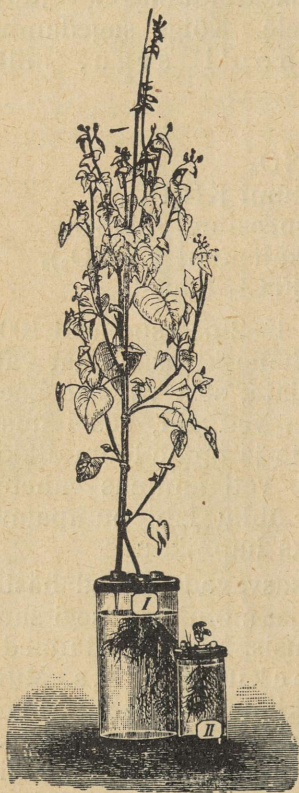
mõni tilk (3—5) rauakloriidi FeCl_3 lahust.

Lahus peab õige lahja olema: 1—2 osa soolasid 1000 osa vee kohta. Ka on otstarbekohane klaasanumat valguse eest musta pappkestaiga varjata, sest valguse käes tekib vette suurel hulgal seeni ja vetikaid, kes lahuse reaktsiooni tunduvalt võivad muuta ja taime loomulikku kasvu takistada. Peale selle peab vett anumal vahetevahel õhustama, see on, värsket õhku läbi pumpama, sest juured tarvitavad hingamiseks hapnikku.

Seesuguse sisseseade juures kasvavad taimed hästi, hakkavad õitsema ja kannavad vilja, mõnikord isegi suuremal määral kui harilikes tingimuses. Niisugust taimede kasvatamise viisi nimetatakse veekultuuriks. Muidugi võib vee asemel võtta mõni kindel aine, mida taim ei saa toiduks tarvitada ja mis talle oleks ainult aluspinnaks, nagu puhas räniliiv või klaasipuru. Seda niisutatakse siis toitvate lahustega, nagu eelmiselgi juhul. Taimede kasvatamist sääraseis kunstlikes tingimuses, olgu vees, liivas või klaasipurus, võime nimetada üldse kunstlikuks kultuuriks.

Kunstlikkude kultuuride abil saab kõige mõnusamini vastata küsimusele, missugused ained on taimetele tingi-

mata tarvilikud ja missugused mitte. Idandame mitu ühesugust ühe ja sama taime seemet ja kasvatame neid kunstlikult edasi. Iga idanenud seemne asetame isesugusse tingimusesse. Näiteks, ühele lisame vee hulka kõiki soolasiid, teisele jätame aga ühe aine, näiteks kaaliumi lisamata, kolmandale jätame lisamata mõne teise aine,



59. joon. Tatar veekultuuris. I — toitelahuses, mis sisaldab kaaliumi; II — toitelahuses, mis kaaliumi ei sisalda. Mõlemad on ühesugusel määral vähendatud. (Nobbe' järele.)

näiteks kaltsiumi jne. Peagi märkame kasvavate taimede lopsakuses suuremat või väiksemat vahet. Kuna see taim, millel kõik tarvilikud ained käepärast, on sirgunud õige pikaks ja tugevaks, on need taimed, millel puudus kaalium või lämmastik, jäänud õige väikeseks ja kiduraks. Samuti tunnevad taimed puudust ka kaltsiumist, magneesiumist, rauast, väävlist ja vosvorist. Ráni ja naatriumi puudumine ei tee aga taime kasvamisele mingit takistust. Tähendab, need ained pole taimele tingimata tarvilikud, ehk neid küll leidub taimelhas võrdlemisi suurel määral.

Katsume nüüd vastata küsimusele, mispärast just seda või teist ainet taimele tarvis läheb. See küsimus pole veel lõplikult selgitatud. Lämmastik, väävel ja vosvor leiduvad valkainetes ja on sellepärast plasma tähtsad osad. Järelikult tarvitab taim neid uue plasma ehitamiseks sedamööda, kuidas rakud poolduvad ja kasva-

vad. Samuti on selge hapniku, vesiniku ja süsiniku tarvilikkus: needki on samuti plasma algelemendid.

Ka raua tähtsus on teatava määrani selge. Ilma rauata ei teki taimedes leherohelist, ja taimed jäävad helekollaseks — klorootiliseks, olgugi et raud ise leherohelises (klorofüllis) ei esine. Kuid raual on arvatavasti veel mingi isesugune tähtsus, sest rauda tarvitavad ka mitterohelised taimed, näiteks seemed. Taimed tunnevad harva puudust rauast, sest seda leidub pea alati igasuguses mullas ja pealegi tarvitavad taimed teda õige vähesel määral. Mg on klorofüllil algosa, seega igale rohelinele taimele tarvilik.

Kaaliumi ja kaltsiumi tähtsus pole veel lõplikult selgitatud. Teada on ainult, et need ained on taimetele tingimata tarvilikud, ja arvatakse, et nad aitavad kaasa mitmesuguste füüsiko-keemiliste protsesside toimumisele (vaata 59. joon.).

Isesugune lugu on räniaine või siliitsiumiga. Taimede tuhas leidub alati suuremal või vähemal määral SiO_2 . Kunstlikult kultiveeritud taimed kasvavad aga väga hästi ka ilma räni. Sellepärast arvatakse, et räni pole taimetele tingimata tarvilik, kuid loomulikes tingimustes võib ta olla taimetele teataval määral kasulik. Iseäranis rohkesti leidub räniainet kõrreliste taimede kõrtes ja osjade lehtedes ning vartes. Nende rakkude kestad on tugevasti räniainega läbi imunud. See teeb rakukestad niivõrt kõvaks, et mitmesugused söödikud, nagu teod, puutäid jne., ei suuda neile mingit kahju teha. Samad taimed kannatavad aga suuresti söödikute käes, kui nad on kasvatatud ilma räni.

Aineist, mida taimkeha sisaldab, võib maa sees täiesti puududa süsinik, olgugi et see aine on üks taime tähtsam osa. Peab järeldama, et taim saab oma süsiniku mitte maa seest, vaid õhust. Kuidas aga, seda näeme edaspidi.

25. Väetamine ja külvivahetus. Taim omandab maa seest terve rea mitmesuguseid mineraalaineid. Mida rohkem muld neid aineid sisaldab, seda viljakandvam

ta on. Kui me kasvatame oma kultuurtaimi mitu aastat järgemööda ühel ja samal kohal, siis jääb tarvilikkude ainete hulk maa sees ikka väiksemaks ja väiksemaks, ning ühes sellega väheneb ka meie viljasaak. Me teame, et taim oskab osalt ka vees mittelahustuvaid aineid toiduks tarvitada, ja selles olekus on mitmesuguseid mineraalsoolasid maa sees alati õige rohkesti. Teisest küljest rikastavad maad lämmastiku-ühenditega tugevad kõuevihmad, sest õhuelektri tegevusel ühineb õhulämmastik veega, tekitades mõnesuguseid lämmastiku-ühendeid. Kuid see juurdetulev ainete hulk on vähene, ja teda jätkub vaevalt meie vabaltkasvavaile metsataimile, mis suurt vilja ei kannu. Põldudel aga võetakse sügiseti iga vakamaa pealt mitmedkümnend puudad vilja, õlgi, heina. Ühes nendega viiakse hulk toitvaid soolasid, mis taimed mullast endasse kogunud, põllupinnasest (mullast) ära ja kui me tahame, et viljasaak ei väheneks, siis peame need soolad põllule tagasi andma, see on, peame põldu väetama. Otsekohe puhtal kujul neid maa sisse tagasi matta oleks liiga kallis ja kulukas, seepärast toimetatakse väetamist teisel, lihtsamal ja odavamal viisil, nimelt rammutatakse põldusid sõnnikuga. See abinõu on ammust ajast tuntud ja laialt tarvitatav, olgugi et kaua ta õigest tähendusest aru ei saanud. Asi seisab selles, et loomad, samuti nagu inimene, heidavad suure osa söödud taimtoidust seedimata välja, nii et neis väljaheites sisaldub veel rohkesti soolasid, mida taim võib ära kasutada. Peale selle on sõnnikus taimeosad — põhk, õled, mis sisaldavad samuti soolasid. Väetades põldusid sõnnikuga anname põllupinnasele osa aineist tagasi, mis sealt viljasaagina võetud ja loomadele söödud; peale selle aga veel rohkesti lämmastikkusisaldavaid aineid, mida rohkesti leidub loomade väljaheites.

Nüüdsel ajal tarvitatakse ainult väiksem osa põllusaadusist omas majapidamises, suurem osa aga toimetatakse müügi teel teisale. Arusaadav, et niisugusel olukorral ei jätku põldude väetamiseks oma karja sõnnikust, ja seda peab kõrvvalt juurde tooma. Et aga

sellest igal pool ühesugune puudus, ja et meie siht on tõsta põldude viljakust üldse, siis on hakatud põldude väetamiseks tarvitama mitmesuguseid maa seest kaevatavaid mineraalaineid, mis sisaldavad taimetele tarvis minevaid soolasid. Sääraseid aineid nimetatakse kunstlikeks väetusaineiks ehk kunstõnnikuks, ja neid on müügil mitmesuguste nimetuste all, nagu salpeeter, kaalisoolad, superfosfaat, kainiit jne. Kõigi nende tarvitamisel on ühine ülesanne — rikastada põllupinnast uute ainete tagavaradega, mis võimaldaks suuremat ja rikkalikumat saaki.

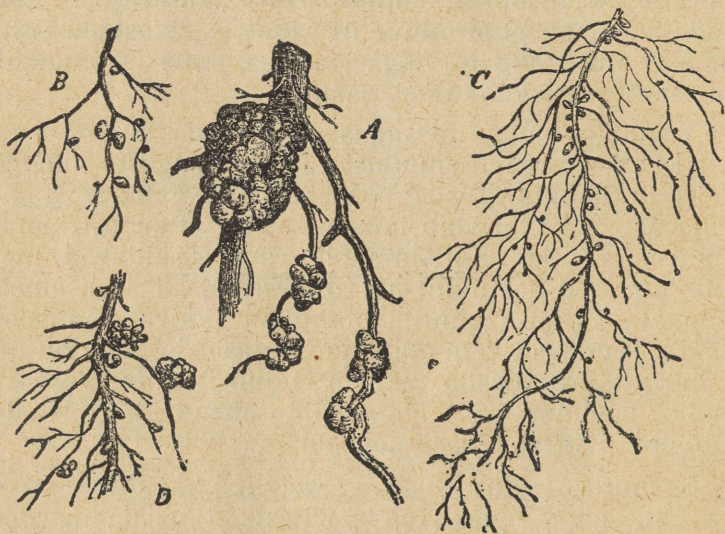
Vaatame nüüd, missuguseist aineist tunnevad taimed kõige suuremat puudust. Just seesuguste ainetega tuleks mullapinnast siis peajasjalikult väetada. Rauda ja magneesiumi tarvitab taim nii vähe, et sellest kunagi puudust ei tule. Kaltsiumi ja räni sisaldavad meie mullapinnased harilikult nii rohkesti, et ka neist aineist taimedele jätkub. Ainult soomullad (kuivatatud sood, rabad) sisaldavad vähe kaltsiumsoolasid ja neile on tarvis lupja juurde lisada. Vähem leidub maa sees vosvori-, väävli-, kaaliumi- ja lämmastikuühendeid. Väetades peab just neid aineid silmas pidama.

Et mullas leiduv vosvori-, väävli- ja kaaliumiühendite hulk on vähene, tuleb sellest, et need on võrdlemisi haruldased elemendid või esinevad jälle lahustumatute sooladena. Imelikum näib aga meile, et taimed tunnevad puudust sagedasti ka lämmastikust, kuna ometi $\frac{4}{5}$ kogu õhust on puhas lämmastik. Asi seisab siin selles, et taim ei saa tarvitada vaba õhusleiduvat lämmastikku, vaid võib seda omandada ainult maa seest mitmesuguste lämmastikuühendite (soolade) näol.

Seda asjaolu on katsed tõendanud. Ja just lämmastikuühendite poolest jääb pinnas sagedasti vaeseks. Kui maatükk on olnud aasta vilja all, siis peame teda teiseks aastaks lämmastikuühenditega rammutama, et saak ei kahaneks. Lämmastikusoolade üheks vähemise põhjuseks mullast on veel see asjaolu, et nad

kergesti vihma ja jooksva vee abil mullast välja uhetakse.

On olemas üks perekond taimi, nimelt liblikõielised (*Papilionaceae* — siia hulka kuuluvad ristikhein, uba, hernes j. t.), kes ei tee pinnast lämmastikuühendite poolest vaesemaks, vaid koguni rikastavad seda. See asjaolu on tegelikel põllupidajail ammu teada,



60. joon. Mugulakesed liblikõieliste taimede juurtel: A — lupiinil, B ja C ristikheinal, D — hernel.

ilma et seda nähtust oleks osatud seletada. Alles hiljemal ajal jõuti selles selgusele. Nimelt leiti liblikõieliste juurtel isesuguseid mugulakesi (60. joon.), milles elutsevad bakterid. Nende bakterite teenus ongi pinnase rikastamine lämmastikuühenditega. Nimelt seovad nad yaba õhusleiduvat lämmastikku hapnikuga, tekitades niiviisi mullas uusi lämmastikhappe ühendeid. Selle keemilise protsessi puhul vabanevat energiat tarvitavad bakterid oma elamise jõuallikana, ja see toiming täidab nende juures hingamise aset. Sel teel tekkinud lämmas-

tikhappe ühendeid tarvitavad aga liblikõielised taimed toiduks, ja neid jääb mulla sisse veel ülegi.

Sääraseid lämmastikuühendeid loovaid ehk n. n. nitrobaktereid on ka vabalt mulla sees elutsemas. Nad toimetavad seal vahet pidamata oma kasulikku tööd. Looduses sünnib alaline lämmastiku ringimine. Elusad olendid — loomad ja taimed — surevad ning nende kehaes leiduvad hapnikurikkad lämmastikuühendid laguvad vähehaaval hapnikuvae-semaiks ühendeiks ning viimati ammoniaagiks (NH_3) ehk koguni vabaks lämmastikuks. NH_3 satub kas otseselt või vihmavee kaudu maa sisse, kus nitrobakterid muudavad ta uuesti lämmastikhappe ühendeiks (NO_3). Neid omandab taim juurtega ja töötab ümber oma keha koosseisu aineiks, mida loomad omakord toiduks tarvitavad.

Mitte kõik taimed ei tarvita ühel viisil mullas leiduvaid aineid. Nagu nägime, saavad liblikõielised tarvitamineva lämmastiku nende juurtel elutsevilt bakteritelt. Mõni taim, näiteks nisu, tarvitab suuremal määral fosforit, kartul — kaaliumi, ristikhein — kaltsiumi jne. Sellest on selge, et kui me ühel ja samal maatükil kasvatame üht ja sama taime mitu aastat järgemööda, siis tarvitatakse ühed mullas leiduvad ained täiesti ära, ja neist tuleb puudus, kuna teised jäävad tarvitamata, ja väetamisel koguneb neid isegi juurde. Me teame aga, et kui taimel on puudus ühest ainsastki tarvilikust aineist, siis ei saa ta hästi kasvada. Sellepärast on väga tähtis vahetada igal aastal põllul kultiveeritavaid taimi. Kõige kohasem on seda vahetust toimetada nii, et järgnev taim tarvitaks suuremal määral seda ainet, mis eelmine oli jätnud kasutamata jne. Niisugust põllupidamisviisi nimetatakse külvivahetuseks, ja see on nüüdsel ajal paremais majapidamisis üldiselt tarvitatav. Hea korralduse varal katsutakse asja ajada isegi nii, et taim tuleks oma endisele kasvukohale alles 8—10 aasta pärast.

V. Lehe ehitus ja tegevus.

26. Süsiniku omandamine taime roheliste osade kaudu. Taime ühe osa, süsiniku, allikaks polnud mitte maa, sest taimi võis kunstlikult kultiveerida väga hästi ka ilma süsinikuühendeid juurde lisamata. Kust saavad aga taimed süsinikku?

Uurides hoolega tingimusi, milles kasvab suurem osa meie rohelistest kuivmaa taimedest, näeme, et taimed asuvad oma osadega õieti kahes keskkonnas — mullas ja õhus. Nii ühes kui teises keskkonnas leiame laialisi hargnenud elundite süsteeme: ühelt poolt juured, teiselt poolt tüvi okste ja lehtedega. Mõlemal süsteemil on suur kokkupuute-pind keskkonnaga, millest nad võivad omandada tarvilikke aineid. Järelikult, kui taim ei saa süsinikku maa seest, siis omandab ta seda teisest keskkonnast, see on õhust. Et süsinikku leidub õhus, seda me teame: õhk sisaldab ju peale oma peaosade — hapniku ja lämmastiku — veel mitmesuguseid gaase, mille hulgas on ka süsihappu gaas. See pole aga muud kui süsiniku ja hapniku keemiline ühend (CO_2). Õhu koosseisu uurimised on näidanud, et süsihappu gaasi on õhus keskmiselt 0,03 %. See hulk pole sugugi nii väike, nagu näib esimesel silmapilgul. Õhk, mis asub ühe-ruutkilomeetrilise maapinna-osa kohal, kaalub umbes 10 miljonit tonni¹. Selles on süsihappu gaasi 0,03 % ehk 3000 tonni. Süsihappu gaasi üldine hulk kogu maakera ümbritsevas õhkkonnas on järelikult õige suur, sest maakera kogupind on umbes 500

¹ 1 tonn = 1000 kilogrammi.

miljonit ruutkilomeetrit. Taimede jaoks on see tagavara võrdlemisi veel suurem, sest taimestik ei kata kaugelki kõike maakera pinda, ja taimede tarvitada on ka kõik need süsihapu gaasi tagavarad, mis asuvad ookeanide ja kõrbede kohal. Tuuled segavad õhku alatasa ja ühtlustavad teda süsihapu gaasi sisalduse poolest.

Juba poolteise saja aasta eest püüdis kuuluis inglise õpetlane Priestley (l. Priistli) selgeks teha, missugune on taime vahekord teda ümbritseva õhkkonnaga. Selleks tegi ta järgmisi katseid: ta asetaskinniseisse anumasse mitmesuguseid väikesi loomi, kes hingamiseks tarvitasid õhu hapnikku ja eritasid selle asemele süsihaput gaasi. Viimati jäi hapniku hulk anumasse nii väheks, et loomad lämbusid, sest hapniku vähesuse ja süsihapu gaasi rohkuse tõttu muutus õhk hingamiseks kõlbmatuks. Selle järel pani Priestley samasse anumasse mõne taime, ja nägi, et mõne päeva pärast oli õhu koosseis muutunud: süsihapu gaasi hulk oli vähenenud, hapniku hulk aga sedavõrt kasvanud, et loomad võisid uuesti tarvitada seda õhku hingamiseks. Nii seisis Priestley suure ning ülitähtsa leiduse ligi, — et taimed ning loomad hingavad vastupidiselt, nagu ta seda arvas. Kuid mõned katsed andsid järsku hoopis vastupidiseid tagajärgi, nimelt ei läinud Priestley' l kuidagi korda oma leidust (tähelepanekut) õhtul Londonis Kuninglikus Loodusuurijate Seltsis korrata (s. t. katset korraldada). Alles mitme aasta pärast läks Hollandi õpetlasel Ingenhousz' il (l. Ingenhuus) korda selgitada seda keerukaks muutunud küsimust. Ingenhousz sai aru, et Priestley polnud tähele pannud kõiki neid tingimusi, milles katseid korraldati. Nimelt tegi Priestley oma katseid nii pimedas kui ka valguse käes, ilma selle asjaolu peale tähelepanu pööramata. Siiski on valgus sedavõrt tähtis tegur, et teda oleks pidanud arvesse võtma. Ingenhousz kordas Priestley' katseid ja näitas, et valguse käes taimed neelavad süsihaput gaasi ja eritavad hapnikku, pimedas aga hingavad samuti nagu loomad, see on, neelavad hapnikku ja eritavad süsihaput gaasi.

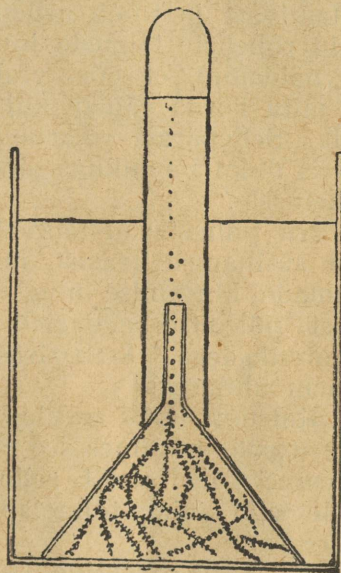
Peale selle pööras Ingenhousz tähelepanu veel ühele teisele tähtsale asjaolule, nimelt, et ainult taime rohelised osad eritavad hapnikku sissevõetud süsihapi gaasi asemele. Mitterohelised osad aga, nagu juured, mugulad, seemned idanemise ajal jne., hingavad nii valges kui pimedas harilikul viisil, see on, neelavad hapnikku ja eritavad süsihaput gaasi.

Peale Ingenhousz'i on ette võetud nende nähtuste selgitamiseks palju uurimusi, mis kõik on tõendanud Priestley' ja Ingehousz'i oletusi, ja nüüd võime täiesti tõestatuks pidada, et taimed omandavad tarviliku süsiniku õhust süsihapi gaasi näol.

Seda võib näidata mitme lihtsa katsega. Kõige mõnusamad selleks on mitmesugused veetaimed, näiteks vesikatik (*Elodea canadensis*). Võtame kitsa, kõrge klaasanuma (silindri) ja asetame sinna vesikatiku oksakesi lehtedega nii, et värsked okste lõikekohad oleksid sihitud ülespoole. Et taimed ei muudaks oma asendit, võib neid klaaspulga külge õrnalt kinni siduda. Siis täidame anuma veega ja laseme veest süsihaput gaasi läbi. See lahustub osalt vees ja taim võib teda sealt tarvitada. Ehk valame lihtsalt vee hulka pisut seltersi või soodavett, sest ka need sisaldavad rohkesti süsihaput gaasi. Kui nüüd seame anuma valguse kätte (kõige parem päikesevalguse kätte), siis näeme, et vesikatiku okste lõikekohtadest hakkavad tõusma mingi gaasi mullikesed. Need tõusevad sagedasti väga ühtlase, korrapärase kiirusega, nii et võib ära lugeda nende arvu, näiteks minuti jooksul, ja sellest teha mingisuguseid võrdlevaid järeldusi. Mõne aja pärast viime oma anuma pimedasse või katame ta mingi tumeda paberiga päikese valguse eest, — mullikeste eraldumine jääb kohe vähemaks ning aeglasemaks, või katkeb lõpuks täiesti.

Nüüd peame aga veel selgusele jõudma, kas eraldatud gaas on tõesti hapnik. Selleks peame teda koguma puhtalt mõnesse nõusse ja järele katsuma. Kõige lihtsamini läheb see meil korda järgmisel viisil. Laia anumasse paneme suurema hulga sama vesikatiku lehtedega

oksi. Täidame anuma jällegi veega ja laseme sealt süsihaput gaasi läbi ning katame viimati vee sees olevad taimeosad laia klaaslehttriga nii kinni, et taime okstel katkilõigatud otsad oleksid pööratud ülespoole. Lehtri otsa kohale asetame veega täidetud katseklaasi (61. joon.). Valguse käes hakkavad peagi tõusma gaasimullikesed, mis juhatakse lehtri kaudu katseklaasi. Kui sinna juba suurem hulk gaasi korjunud, võime asuda selle uurimisele. Võtame ettevaatlikult katseklaasi lehtri otsast maha ja surume talle vee all korgi ette. Siis pöörame katseklaasil otsa üles, kergitame pisut korki ja pistame selle vahelt hõõguva piiru sisse. Piirg lööb kohe lõkkele, tähendab, katseklaasis on hapnikku.



61. joon. Roheline taim eritab valguse käes hapnikku.

Sääraste katsete põhjal on jõutud otsusele, et taim oma roheliste osadega neelab õhust süsihaput gaasi, lahutab selle süsinikuks ja hapnikuks, hapniku eraldab välja, süsiniku aga tarvitab mitmesuguste ainete ehitamiseks, millest koostub ta keha. Selleks ühendab ta süsihapu gaasi veega ja teiste ainetega, mis juba taimekehas leiduvad ja mis saadud juurte kaudu. Veetaimed ei erita hapnikku mitte vette, vaid rakuvahelistesse ruumidesse ja käikudesse. Seepärast võimegi vesikatku varte katkilõikamisel näha, kuidas löigu kohast varre õõnest (= rakkude vaheruim) eraldub gaas, milles 60% ja enam hapnikku.

Kui taim viibib pimedas, näit. öösi, siis ei neela ta ka süsihaput gaasi ega erita hapnikku. Siis tuleb ilmsiks vastupidine nähtus, — see on hingamine, mis seisab hapniku neelamises ja süsihapu gaasi eritamises. Taim hingab muidugi alati, nii öösi kui päeval, kuid päevane hingamine on varjatud silmapaistvama hapniku-eritamisega ja tuleb sellepärast nähtavale ainult öösi (mitteroheliste taimede juures ka päeval). Uurimused on näidanud, et öösi eraldatud süsihapu gaasi hulk on mitu korda vähem kui sama gaasi päeval neelatud hulk. Sellepärast rikastavad taimed loomulikes tingimuses õhku hapnikuga alatasa, vaatamata öö ja päeva vahetusele.

Nii puhastavad taimed vahet pidamata õhku liigest süsihapust gaasist, mis korjub sinna inimeste ja loomade hingamise ning süte, puude ja teiste kütteinete põlemise tagajärjel, ja rikastavad teda uute hapnikuhulkadega. Sellepärast jääb õhu koosseis enam-vähem ühtlaseks.

Katsume nüüd endile lähemalt selgeks teha, kuidas nimelt sünnib taimes see tähtis gaaside vahetus. Selleks tutvume kõige pealt selle organi sisemise ehitusega, mille abil taim toimetab gaaside vahetust, see on lehega.

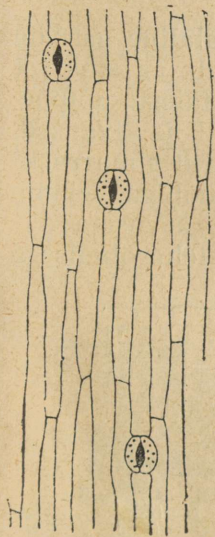
27. Lehe sisemine ehitus. Lehed on alati kaetud pealt õhukese rakkude kihiga, mida nimetatakse lehe marrasknahaks. Marrasknaha rakud on üksteisega tihedasti kokku kasvanud, nii et mitmel taimel võib marrasknahka ära käristada õhukese, ühest rakkude kihist koostuva kihina, nagu seda nägime sibula juures (4. joon., lk. 8). Teistel juhtudel kasvab marrasknahk tema all olevate rakkude kihtidega tugevasti ühte. Et mikroskoobiga vaadelda marrasknahka, peab tegema lehepinnalt õhukesi lõikusid ja asetama need mikroskoobi alla.

Marrasknaha rakud võivad olla oma kuju poolest mitmesugused. Mõnel taimel on nad pikad, väljavenitunud, nagu näiteks sibulal või hüatsindil (62. joon.).

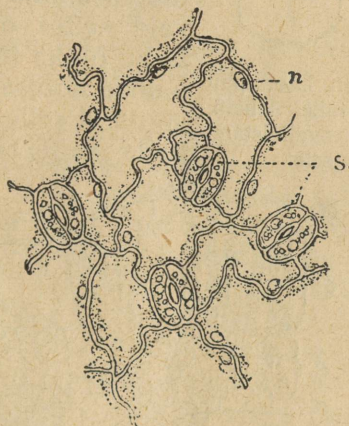
Mõnel teisel taimel on nad kõverateäärjoontega (63. joon.). Igal puhul on rakud üksteisega tihedas ühenduses ja moodustavad nii kindla kaitsekihi. See kiht on värvusetu ja läbipaistev, sest marrasknaha rakud ei sisalda leherohelist.

Marrasknaha rakkude sisemuse vaatlemiseks teeme lehest õhukese ristilõigu. Et saada sellega paremini toime, lõikame lehelabast tüki ja paneme selle lõhkilõigatud leedripuu-säsi vahele, nagu 64. joonisel näha.

Siis lõikame habemenoga säsi otsast võimalikult risti õhukesi viilusid ühes seal vahel oleva lehega. Sel teel läheb meil korda saada häid



62. joon. Hüatsindi marrasknahk.



63. joon. Kaheidulehelise taimede lehe marrasknahk: n — rakutuum, s — õhulõhed.

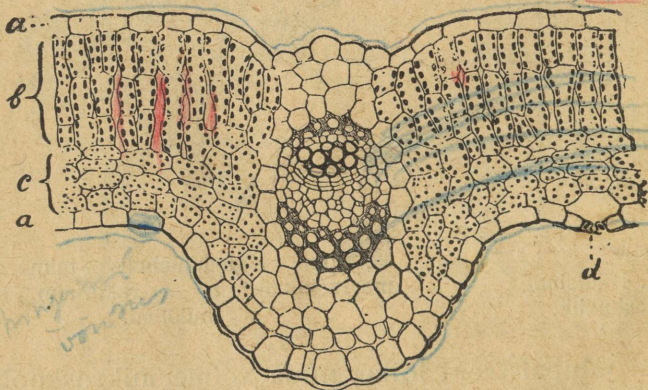
õhukesi läbipaistvaid lõike, mida võime mikroskoobiga veetilga sees vaadelda. Üks seesugune lõik on 65. joon. kujutatud. Ülemine läbipaistev rakkude kiht „a“ on marrasknahk, mis, nagu näeme, katab lehte ka altpoolt. Plasma asub neis rakkudes õhukese, seinte vastu surutud kihina, kogu sisemus on aga täidetud rakumahlagaga. Kloroplastid puuduvad neis täiesti (peale sõnajalaliste

ja sammalde), leukoplaste võib aga harilikult leida. Marrasknaha rakkude välised kestad on paksemaks muutunud, korgistunud ehk läbi imbunud iseäraste rasva ja vaha-ainetega. Seesuguste ainete kiht katab sagedasti kogu lehepinna ja moodustab n. n. kutiikula (*cuticula*). Sellest ei pääse vesi läbi, ka ei niisuta teda vesi, vaid veereb tilkadena maha. Nii on marrasknahk sügavamal asuvaile rakkudele heaks kaitseks, kuid oma läbi paistvuse tõttu ei varja ta neid siiski päikesevalguse eest.



64. joon. Leedripuusaasi tükk lehelõikude valmistamiseks.

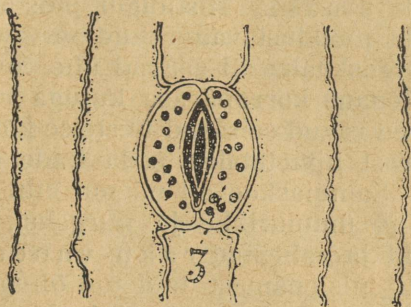
Lehe kaudu sünnib alaline gaaside vahetus. Sellepärast peab arvama, et marrasknahk pole mitte täiesti umõne, vaid selles on läbikäigud ja avaused. Lugu on ka tõesti nii. Uurides marrasknaha hoolsasti mikroskoobiga, leiame siin-seal selle harilikkude värvusetarakkude vahel isesuguseid leheroheliseiga



65. joon. Lehe põik-läbilõik: a -- marrasknahk; b -- sammakude; c -- tohkkude; d -- õhulõhe. Keskel läbilõigatud lehesoon.

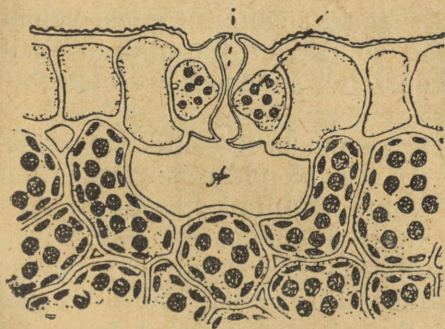
täidetud ja paariviisi asetatud rakkusid (66. joon.). Need rakud on kõverad, poolkuu-kujulised, ja ei asu mitte tihedasti üksteise ligit, vaid jätaivad endi vahele kitsa

pilu, mis viib lehe sisemusse. Kogu seda sisseseadet nimetatakse õhulõheks ja pilu moodustavaid rakke — sulgrakkudeks (sulgema!). 67. joonisel näeme õhulõhe ristlõiku. Me näeme, et pilu viib väikesesse koopasse A, n. n. hingamisõõnde, mis asub lehe sisemiste roheliste rakkude vahel. Nii on olemas välise õhu ja lehe sisemuse vahel otsene ühendus, mis võimaldab gaaside vahetust. Õhulõhed asuvad peaaesjalikult lehe alumisel pinnal, sest siin on nad paremini kaitstud vihmavee ja tolmu eest. Veepinnal ujuvail taimedel on lugu teisiti, sest kui leht asub alumise pinnaga vastu vett, siis



66. joon. Õhulõhe pealt vaadates: 3 — sulgrakk kloroplastidega.

võib gaaside vahetus toimuda muidugi ainult ülemise lehepinna kaudu. Veelustel taimedel puuduvad õhulõhed üldse. Iga lõhe üksikult on väga väike, kuid selle eest on nende arv lehepinna väga suur. Näiteks, suurel päevalille lehel arvatakse neid olevat umbes 13 miljonit, keskmise suurusega kapsal 11 miljonit, vähemal puulehtedel igatahes mitmed sajad tuhanded. Harilikult asub lehepinna igal ruutmillimeetril 200 kuni 400 õhulõhet.



67. joon. Õhulõhe ristlõikes.

Nii on tihe marrasknahk läbistatud mitmest sajast

tuhandest peenest augukesest, mille kaudu lehe sisemus on ühenduses välise õhuga.

Pealmise ja alumise marrasknaha vahel asuvad mitmes kihis rohelised õhukesekestalised rakud ja moodustavad koe, mida nimetatakse lehe mesofülliks ehk sisuks. Ristlõigul paistab meile kohe silma, et teda moodustavad rakud on kaht liiki. Otse pealmise marrasknaha all asuvad ühe või mitme kihina pikemad ja enam korrapärase kujuga rakud — *b* (65. joon.). Need rakud seisavad üksteise kõrval nagu sambad, sellepärast nimetatakse seda kudet sammaskoeks.

Sammaskoe all näeme kihi hõredalt asuvaid rakke — *c*, ümmarikke ja nurgelisi, mille vahel on suuremad ja vähemad raku-vaheruumid (intertsellulaarid), mis enamasti täidetud õhuga. See kude ulatub kuni alumise marrasknahani ja kannab lehe tohikoe ehk tohlparenhüümi nime. Rakuvaheruumid on ühendes õhulõhedega ja nende kaudu pääsevad välised gaasid vabalt kõikide rakkude ligi.

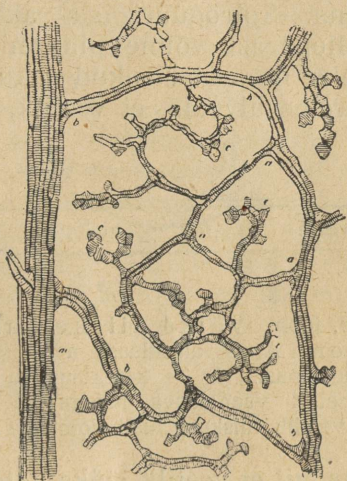
Lehe mesofüllil on suur tähtsus taime elus, sest just siin toimub gaaside vahetus. Sellepärast on väga tähtis, et mesofüllil rakud saaksid süsihaput gaasi vabalt tarvilikul määral ja et nad võiksid ka hapnikku vabalt eraldada. Nagu nägime, on lehel selleks väga otstarbekohane ehitus.

Lehtedes võime tähele panna veel iseliiki moodustisi, — need on lehe sooned. Nendega on kogu leht keeruka võrgu taoliselt läbi põimitud. Lehe sooned koostuvad mitmesuguse kuju ja suurusega rakkudest, mis osalt elusad, osalt puitunud ja surnud. 65. joonise keskpaigas näeme läbilõikes üht sellist soont. Soone kohal kerkib lehepind tunduvalt kõrgemale ja seda kõrgendikku näeme juba lehe välisel vaatlemisel. Soont ümbritseb pisut teissuguse-kujuliste parenhüüm-rakkude kogu. Need rakud sisaldavad vähem leherohelist ja rohkesti vett. Seda soontümbritsevat rakkude kogu nimetatakse soone parenhüümtupeks. Soone ise koostub puuosast ja niinosast, samuti nagu seda

nägime juure kesksilindris. Puuosa moodustavad pikad puitunud torud, mis on varre kaudu ühendatud juure puuosaga ja mida mööda vesi, mis juur maa seest saanud, jõuab lehtedesse. Niinosa kaudu aga voolavad lehes valmistatud ained igale poole laiali. Soont katab pealt ja alt veel iseäraste rakkude kogu, millel paksud puitunud seinad ja mille ülesandeks on anda soontele ja ühtlasi kogu lehele tarvilikku tuge. Need rakud moodustavad n. n. mehaanilise koe. Mida suurem lehe laba, seda paksem ja tugevam on mehaaniline kude ja seda enam paistavad sooned väljastpoolt silma. Võrdleme näiteks niisuguse suure lehe soonestikku, nagu takja või kapsa oma, väikese pärna- või kaselehe soonestikuga.

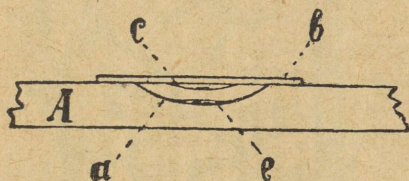
Eelmisi kirjeldisi kokku võttes näeme, et lehe sooned asuvad parenhüümtipes ning koostuvad puuosast ja niinosast, mida väljastpoolt katab mehaaniline kude. Puuosa torukeste kaudu tungivad lehesse vesi ja mineraalained, mis juur maa seest saanud. Niinosa kaudu aga voolavad lehest välja ained, mis leht süsinikust

ja puuosa kaudu saadud aineist valmistatud. 68. joonis näitab, kuidas lehesoonestik jagub rohkearvulisteks harudeks, mis tungivad igale poole parenhüümrakude vahele. Peened lõppharud sisaldavad muidugi õige vähe mahlakandvaid torukesti, kuid ühinedes tekitavad nad ikka tusedamaid ja tusedamaid juhtkimpe, mis ulatuvad viimati leherootsu ja sealt edasi tüvesse. Nii on lehed ja juured tüve kaudu üksteisega alalises ühenduses.



68. joon. Lehesoonestiku harunemine lehelabas.

28. Süsihapu gaasi sarnastamine. Süsivesikud. Et otsekohe näha, mis sünnib elusas rakus süsihapu gaasi neelamisel ja hapniku eritamisel, võtame kõige parem mõne niitvetika, sest need elavad veetilgas väga hästi edasi ja neid saab vaadelda mikroskoobiga täiesti loomulikus olekus. Mõne suurema taime lehest välja lõigatud rakud surevad aga peagi ära. Kõige kohasemaks sarnaseks vaatlemisobjektiks on tuntud vetikas *spirogüür*, mis koostub rakkude reast. Nende rakkude iseärasuseks on see, et kloroplast ei ole neis mitte ümmärana tera kujuline, vaid esineb pika spiraalselt asetatud lindina. Spirogüüri iga rakk elab täiesti iseseisvat elu, sellepärast võime pika niidi lõigata lühemaiks tükkideks, ilma et üksikud rakud sureksid. Peab ainult selle järele valvama, et veetilk, milles asuvad spirogüüri rakud, mitte ära ei auraks. Selleks tarvitatakse alusklaase iseärase sisselihvitud õõnega (69. joon.), mille põhja lastakse tilk vett. Siis pannakse teine veetilk ühes vaadeldava asjaga, käesoleval juhul spirogüüri, kateklaasile, pööratakse see kähku ümber, nii et veetilk jääks kateklaasi külge rippuma, ja seatakse ta siis alusklaasile, sisselihvitud õõne kohta. Kui määrime veel kateklaasi ääred vaseliiniga kinni, siis saame nõndanimetatud väikese niiske kambri, milles veetilk tükil ajal ei kuiva. Nii võime mitme päeva jooksul spirogüüri ja tema eluavaldisi vaadelda.



69. joon. Väike niiske kamber: A — alusklaas; a — õõs alusklaasis; b — kateklaas; c — veetilk vaadeldava asjaga; e — veetilk niiskuse alalhoidmiseks.

Kui alusklaase sisselihvitud õõntega pole saada, siis võib väikese niiske kambri ka lihtsamalt valmistada. Selleks lõikame papist neljakandilise tükikese, mis oleks pisut kitsam kui alusklaasi laius, ja teeme selle keskpäika samakujulise, kuid pisut vähema avause kui kateklaas. Niisutame seda papist raami veega ja, seades

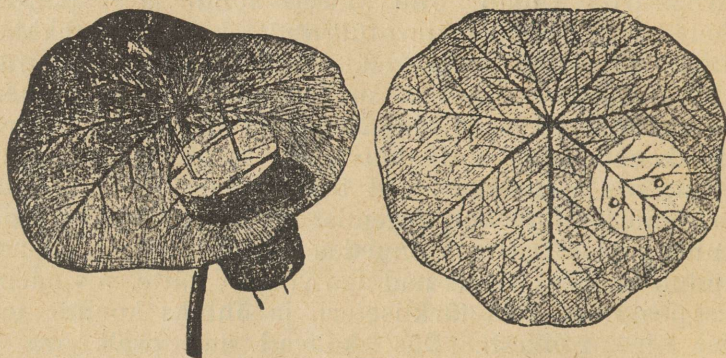
69. joon.) mille põhja lastakse tilk vett. Siis pannakse teine veetilk ühes vaadeldava asjaga, käesoleval juhul spirogüüri, kateklaasile, pööratakse see kähku ümber,

alusklaasile, katame eelmise kombel kateklaasiga, mille küljes ripub veetilk vaadeldava asjaga. Kui papist raam hoida vahet pidamata niiske, siis ei kuiva ka kateklaasi küljes rippuv veetilk ära.

Valmistame nüüd ühel või teisel viisil mitu väikest niisket kambrit ja asetame neist mõned pimedasse kaheks, kolmeks päevaks. Teised aga seame valguse kätte ja varustame nad ühtlasi ka süsihapu gaasiga. Selleks on kõige parem lasta niiske kambri põhja tilk selterssi või soodavett, milles sisalduvast süsihapust gaasist on spirogüürile küllalt. Juba mõne tunni järel paneme tähele, et spirogüüri klorofüll-lindis hakkavad tekkima mingid nurgelised terakesed. Mida kauemini preparaat viibib valguse käes, seda suuremaks ja rohkearvulisemaks muutuvad terad ning täidavad viimaks kogu lindi. Kui lisame nüüd vaadeldavasse veetilka pisut joodilahust, siis muutuvad need terad tumesiniseks. Sellest järeldame, et meil on tegemist tärklisega. Toimetades samuti rakkudega, mis pimedas seisnud, leiame, et neis puudub tärklis. Seame nad aga valguse kätte, siis näeme neis peagi värskeid tärkliseteri, ja õhtuks korjub neid juba õige rohkesti. Öösi kaovad nad osalt ära ja rakk ise kasvab pisut suuremaks. Neid vaatlusi kokku võttes jõuame järgmisele otsusele: Spirogüüri kloroplastides tekib valguse käes ja süsihapu gaasi juuresolekul tärklis. Öösi lagub see tärklis ära ja tarvitatakse raku kasvu suurendamiseks.

Teiste taimede vaatlemised on andnud samasuguseid resultaate. Kõigis rohelistes taimedes tekib valguse käes tärklis või koosseisu poolest tärklise sarnane aine. Seda võib näha meie kuivamaa taimedes ka ilma mikroskoobita, kui joodilahust abiks võtta. Lõikame mõne taime küljest ühe valguse käes seisnud lehe ja leotame teda palavas piirituses. Siis lahustub klorofüll piirituses, ja leht muutub värvusetuks. Kastame ta seejärel joodilahusesse. Leht muutub kohe siniseks, tähendab, ta sisaldab tärklist. Kui tärklist on iseäranis rohkesti, siis

muutub leht päris mustaks. Säärase lihtsa abinõu varal võime järele uurida, kuidas muutub tärklise hulka lehes päeva jooksul. Hommiku vara lõigatud lehed jäävad joodilahuses helesinisemaks kui õhtul peale päikese-
paistelist päeva lõigatud lehed, sest öö jooksul on osa tärklisest ära voolanud taime muusse osadesse, uut aga juurde pole tekkinud. Et tärklis tekib ainult valguse käes, seda võime tõestada järgmiselt. Katame osa lehest mõne läbipaistmatu asjaga, näiteks korgitükikesega või stannioolpaberiga, kinni (70. joon.). Peale valguse



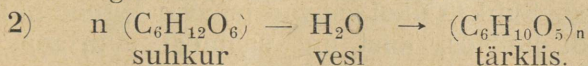
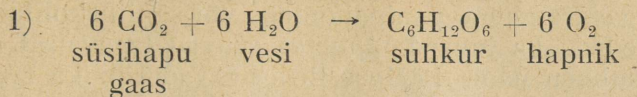
70. joon. Katse kressi lehega, mis tõendab tärklise tekkimist lehe valgustatud osades.

käes viibimist leotame lehte piirituses ja joodilahuses. Valgust saanud kohad värvuvad joodi toimel siniseks, kinnikaetud koht jääb aga kollaseks. Nii võib saada lehepinnal igasuguseid jooniseid, kirju ja isegi pilte.

Peab aga tähendama, et mitte kõigi taimede lehtedes ei teki tärklis. Mõnes taimes, näiteks harilikus sibulas, täidab selle aset suhkur — süsivesik, sarnane tärklisega.

Kõik eespool-kirjeldatud vaatlused ja katsed viivad meid otsusele, et rohelised taimeosad valmistavad needlatud süsihapust gaasist keerukaid orgaanilisi ühendeid — süsivesikuid. Süsivesikud on orgaanilised ained, mis näilikult koostuvad süsihapust gaasist ja veest. Süsi-

vesikute või söehüdraatide moodustumise keemilist käiku võime üldjoontes kujutada järgmiste vormlite abil:



Sissevõetud süsihapu gaasi ühendab leht juurtest saadetud veega ja valmistab sellest suhkru; selles protsessis, mis tegelikult on väga keerukas, vabaneb hapnik. Suhkur muutub aga suuremalt jaolt entsüümide toimel kohe tärgliseks. Eelkirjeldatud protsessi nimetatakse süsihapu gaasi sarnastamiseks ehk assimilatsiooniks, ja see sünnib kloroplastides klorofüllil abil, kus ka kõige pealt võib tähele panna tärglise tekkimist. Süsihapu gaasi sarnastamine toimub ainult valguse käes — päikesepaistel. Selle protsessi tagajärjel tekivad, nagu nägime, süsihapust gaasist ja veest orgaanilised ained — suhkur ja tärkliis, ning vabaneb hapnik.

Päeva jooksul sarnastavad taime rohelised osad süsihapu gaasi, valmistades sellest süsivesikuid. Öösi voolavad need süsivesikud vähehaaval lehest välja, valgudes mahlakandvaid torukesi mööda niinkoes taimekehasse laiali. Osalt lähevad nad kohe rakkude toitmiseks, osalt jäävad nad aga tagavaradena seisma. Nii tekivad näiteks kartulimugulad, mis on rohkearvuliste kokkuvoolanud tagavara-ainete panipaikadeks, säilituskohtadeks: teisel aastal, kui mugul hakkab idusid ajama, lagub tagavarana seisnud tärkliis uuesti ja on idule tarvilikuks toiduks. Just rohke tärglisesisalduse tõttu ongi inimesed hakanud kartulimugulaid toiduks tarvitama.

Ka puude tüvedest võib leida mitmesuguseid tagavara-aineid, peamiselt tärglist. Kevadel, kui puu hakkab lehtedega kattuma, tarvitab ta need tagavarad ära. Selleks muutub tärkliis kõige pealt suhkruks, nagu seda nägime ka seemne idanemisel, ning liigub siis ühes veevooluga okstesse ja pungadesse, kus ta järele kõige

suurem tarvidus. Sellepärast ongi mitme puu mahl kevadel magus (kask, vaher).

Tagavara-ainete panipaikadeks või säilituskohtadeks on sagedasti ka juured. Juurtes asuvad tagavarad enamasti suhkru näol. Pääle selle esinevad siin ka tärklis ja valkained. Suhkru näol asuvad tagavara-ained näiteks suhkrupeedi juurtes, kust me saamegi suurema osa oma toiduks tarvitatavast suhkrust.

Ka seemneis ja viljades asuvad tagavara-ained on rohelistes lehtedes valmistatud ja sealt õitesse ja hiljemini viljadesse juhitud.

29. Rasv- ja valkained. Eespool nägime, kuidas leht neelab süsihaput gaasi ja valmistab sellest lehe-rohelise ja valguse abil süsivesikuid. Me teame aga, et taimekeha ei koostu ainuüksi süsivesikutest, vaid sealt leiame veel mitmesuguseid teisigi aineid. Näiteks kuulub raku tähtsam elulisem osa — plasma — valkainete hulka, seemnete toitekoost leidsime peale süsivesikute ja valkainete veel õlisid ja rasvaineid. Kus ja kuidas on need tekkinud? Rasvad ja õlid lähevad süsivesikuist oma koosseisu poolest vähe lahku. Nii ühe kui teise aineliigi elementideks on süsinik, vesinik, hapnik — vahe on ainult rasvainete võrdlemisi vähemas hapnikusisalduses. Sellepärast on õlide ja rasvainete tekkimine meile enam-vähem arusaadav. Selleks on vaja ainult süsivesikutest keemiliselt eraldada osa hapnikku. Keerukam on aga lugu valkainetega, sest need sisaldavad peale eespool nimetatud elementide veel lämmastikku, väävlit ja sagedasti ka vosvorit. Kõiki neid aineid saab taim maa seest juurte kaudu, ja valmistabki valkaineid arvatavasti sel teel, et ühendab neid aineid lehtede poolt kogutud süsivesikutega. Seda näib tõendavat ka asjaolu, et kõigis taime osades peale lehtede võib leida lämmastikusoolasid, näiteks salpeetrit. Lehtedes aga puuduvad need täiesti, ja see viib meid mõttele, et just lehed ongi selleks töökojaks, kus süsivesikute ja lämmastiku ning väävli ühenditest tekivad valkained. Kui taim on pimedas ning järelikult süsihapu gaasi sarnastamine seismas, siis hak-

kaab salpeetrit korjuma ka lehtedesse, sest puuduvad tarvilikud süsivesikud. Valguse käes aga kaob salpeeter uuesti, ühinedes süsivesikutega valkaineiks.

Valkainete tekkimise keemiline külg on alles tume ja selgitamata, ning seda ei saa me veel kujutada keemiliste vormlite abil, nagu seda tegime süsivesikutega. Arvatavasti ei teki valkained mitte otsekohe, vaid mitmesuguste vahepealsete lihtsamate ühendite kaudu.

30. Leheroheline (*chlorophyllum*). Süsihaput gaasi neelavad ainult taime rohelised osad. Roheline värvus aga sõltub iseärasest rohelisest kehakesest — kloroplastidest. Suuremalt jaolt on need ümmarguse või pikerguse kujuga. Peenemad uurimised on näidanud, et kloroplastid on plasmast koostuvad kehakesed, mille pisemais algosakestes asub lahustunud roheline värvaine — klorofüll. Need plasmalised kehakesed elavad rakus täiesti iseseisvat elu, ja uued kehakesed tekivad ainult eneste sarnastest pooldumise teel. 8. joonisel (lk. 12) on näha mõned pooldumisel olevad kloroplastid.

Leherohelist võib kergesti lehtedest eraldada, leotades lehti piirituses. Leheroheline lahustub hästi piirituses ja tuleb seetõttu kloroplastidest välja ning me saame ilusa tumerohelise vedeliku. Säärane värvus on vedelikul ainult läbipaistvas valguses. Kui teda aga vaadelda sellest küljest, kust valgus ta peale langeb, siis paistab ta meile tumepunasena.

Väga lihtsal viisil võib näidata, et meie lahus on õieti mitme isesuguse värvaine segu. Valame lahuse hulka pisut bensiini ja veidi vett, loksutame selle kõik hästi segamini ja laseme siis uuesti selgida. Siis tõuseb bensiin peale, kandes enesega ühes tumerohelise värvaine, ja piiritus, kui raskem vedelik, jääb põhja, sisaldades teist, kollast värvainet. Nii läks meil korda lahutada esialgset ühtlast värvainet kaheks isevärviliseks aineks. Kuid tõeliselt sisaldab meie katses üles kerkinud bensiin 3 värvainet, mida pole enam nii hõlpus üksteisest eraldada. Need on: 1) *a*-klorofüll — sinakasroheline, 2) *b*-klorofüll — kollakasroheline ja

3) karotiin — oranžpunane. Viimast leidub puhtal kujul porgandis ja teda võib sealt kergesti bensiiniga ekstraheerida. All piirituses on lahustunud neljas värvaine — lehekollane ehk ksantofüll (*xanthophyllum*). Nii leidub kloroplastides pea alati 4 isesugust värvainet (pigmenti). Et aga nende pigmentide vahekord ei ole alati ühesugune, siis ei ole ka kõik taimed ühesuguselt rohelised.

Kõik katsed ja uurimised on näidanud, et ainult rohelised taimed võivad valmistada orgaanilisi aineid, s. o. sarnastada süsihaput gaasi, ja et see sarnastamine toimub ainult valguses — päikesekiirte mõjul. Mispärast on see nõnda? Mis tähtsus on valgusel — päikesekiirtel sarnastamisprotsessis? Ja mis ülesanne rohelistes värvikehakestes — kloroplastides — peituvail pigmentidel?

Laseme päikesekiire läbi klaasprisma, saame tuntud päikesespektri, mis koostub 7 nähtavast värvitoonist: punane, oranž, kollane, roheline, helesinine, tumesinine, violett. Järelikult ei ole päikese valgus mitte ühetooniline, vaid värviline.

Kui teeme selle katse pimedas toas nii, et laseme läbi peenikese augu või pilu ühe kitsa valgusekiire langeda klaasprismale, siis saame seinale ilusa, selgevärvilise, laia spektri. Asetame nüüd prisma taha õhukese paralleelsete seintega klaasnõu, milles on hästi tugev roheline leherohelise pigmentide lahus, mille saame, kui rohelised taimelehed puhtas portselanuhmris puruks hõõrume, piiritust sinna peale valame, siis natuke aega segame ja roheline piirituslahuse läbi filterpaberi kurname. Nüüd näeme, et seinal puuduvad päikese spektril mõned värvitoonid, nimelt — osa punaseid, oranž, kollane, sinised ja violett ja nende asemel on mustad vöödid. Järel on vaid osa punaseid ja peaasjalikult rohelised toonid. See katse näitab, et leheroheliselahus — järelikult ka leheroheline — neelab ära teatavad valgusekiired ja laseb läbi peaasjalikult rohelised valgusekiired ning osa punaseid. Seepärast paistavadki taime-

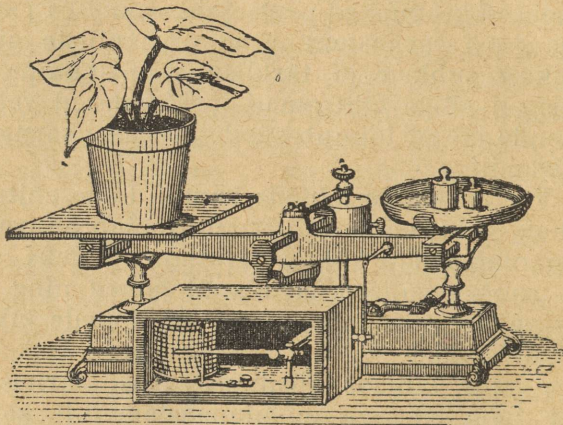
lehed rohelistena või veidi punakatena. Nii siis on klorofüllpigmentide tähtsus selles, et nad valgusekiiri neelavad, kinni hoiavad. Mis tähtsus on aga valgusel? On ju teada, et valgus on üks energia vorm, et ta võib muutuda soojuseks, keemiliseks energiaks jne. Jõu või energia abil võib teha teatud tööd. Rohelistes taimelehtedes püüavad kloroplastides peituvad värvipigmentid päikesevalgust, muudavad selle keemiliseks energiaks ja selle energia abil toimuvadki taimerakkudes mitmesugused keemilised protsessid, esimeses joones aga süsihapu gaasi sarnastamine ja orgaaniliste ainete — peaaesjalikult suhkru ja tärklise valmistamine. Selles protsessis on kõige tähtsamad just punased valgusekiired ja nende mõjul toimub süsihapu gaasi sarnastamine kõige kiiremini.

31. Vee auramine lehtede kaudu. Lehe ehituses panime tähele seda iseärasust, et leht püüab õhuga võimalikult laiapinnaliselt kokku puutuda. Selleks on lehe tohlokes rohkearvulised ja avarad õõned ning läbikäigud, mis välise õhuga ühendatud õhulõhede läbi, mille kaudu lehe rakud saavad alatasa uut värsket õhku. Sellel on suur tähtsus süsihapu gaasi sarnastamisel. Kuid see toob enesega möödapäästamatult kaasa vee rohke äraauramise lehe sisemistest rakkudest.

Et seesugune alaline vee auramine tõesti toimub, võib tõendada üsna lihtsa katsega. Paneme mõned värskelt lõigatud lehed taldrikule ja katame nad kummuli-pööratud kuiva klaasiga. Juba mõne minuti pärast muutuvad klaasi seinad seestpoolt uduseks. Vee aur, mis asus tilkadena klaasi seintele, võis tulla ainult lehtedest.

Sellesama üle võib otsusele jõuda ka teisel teel. Kui leotada harilikku valget kuivatuspaberit koobaltkloriidi (CoCl_2) lahuses, ja ta seejärel ära kuivatada, siis muutub paber helesiniseks. Niiske õhu käes seistes omandab ta aga vähehaaval roosa värvuse, ja mida niiskem õhk, seda kiiremini muutub ta roosaks. CoCl_2 — veevaba, on sinine; CoCl_2 — harilik sool sisaldab vett (kristallisatsi-

oonivesi) ja on roosa. Kuumutamisel aurab vesi ära ja sool muutub siniseks. Samuti läheb koobaltkloriidi lahuses leotatud paber siniseks, kui teda soojuses kuivatame. Värskestlõigatud lehele laotame tüki sedaviisi valmistatud sinist paberit ja katame ta siis veel kuiva klaasplaadiga, et kaitsta paberit ümbritseva õhu niiskuse eest. Juba kahe, kolme minuti järel muutub paber lehe alumisel pinnal roosaks, ainult soonte kohale jäävad veel sinikad võõdid.



71. joon. Lehtede kaudu ära auranud vee mõõtmine kaalude abil.

Vee auramisel on taime elus suur tähtsus, ja see toimub õige suurel määral. Auranud vee hulka võib kindlaks määrata mitmel viisil ja mitmesuguste abinõudega. Kõige täpsam määramine toimub nii, et taim kasvatakse potis, seatakse kaalule ja vaadatakse siis, kui palju jääb taim vee auramise tõttu kergemaks (71. joon.). Vee auramine sünnib muidugi ka mulla pinnalt ja läbi poti. Et seda ära hoida, tarvitatakse katse jaoks klaasist või vaadatud savist potte ja kaetakse mulla pind mõne aurukindla, näiteks plekk-kaanega. Ehk mähitakse pott ja vaba mullapind lihtsalt tinapaberisse, vahariidesse, asetatakse õhukindlasse plekkpurki, mis erisuguse kaanega, mille august taime osad läbi ulatuvad jne.

Seesugused mõõtmised näitavad, et auranud vee hulk on õige suur. Näiteks, pott päevalillega muutus ööpäeva jooksul üle poole kilogrammi kergemaks. Suured puud laialise lehestikuga auravad vett veel rohkemal määral. Niisuguseid mõõtmisi võib toimetada vahet pidamata pikema aja kestusel. Selleks kaalutakse iga päev juurdelisatud ja auranud vee hulk ära ning tagajärjed kirjutatakse üles. Sel teel on saadud õige täpsad andmed selle kohta, kui palju taim vett tarvitab. Arvud olid üllatavalt suured. Nii näiteks leiti, et üheaastased rohttaimed auravad oma lühikese eluea jooksul vett mitusada korda rohkem, kui nad ise kaaluvad. Laiendades neid üksiku taime kohta saadud andmeid terve põllu pinna peale leiame näiteks, et tiinumaa kaera, nisu või rukist aurab suve jooksul enam kui 1½ miljonit kilogrammi vett. Tiinumaa suurune kapsa-aed aurab aasta jooksul isegi kuni 5 miljonit kilogrammi vett. (Arvutage, mitu vaati vett tuleks vedada iga päev põllule, kui vihma ei sajak ja kui peaksime põldu alati ise kastma!) Arusaadav, et taim kasvab hästi ainult niisugusel maapinnal, kust seda äraauratavat vett tarvilikul määral saada. Et enama osa maakohtade jaoks keskmine aastane sademete hulk teada, siis võime umbes juba ette arvata, kas on see koht ilma kunstliku niisutamise kasvatatavale taimele kohane või mitte.

Nii selgub, et taim ühelt poolt imeb alatasa vett pinnasest, otsides seda hoolega peente juurekarvakeste abil kõige vähemate mullaosakeste vahelt, teiselt poolt aga laseb ta vahet pidamata seda suure vaevaga saadud vett ära aurata. Selle kokkuhoidlikkuse ja otstarbekohase sisseseade juures, nagu seda üldse taime ehituse juures märkame, näib säärane pillav veega ümberkäimine meile esimesel silmapilgul imelik ja arusaamatu olevat. Kuid hoolsam vaatlemine näitab meile peagi selle asjaolu õige tähtsuse. Kõige pealt paneme tähele, et vesi, mida juur võtab maa seest, sisaldab eneses õige vähe toitvaid soolasid. Et näiteks saada üht grammi neid soolasid, peab laskma mitu tuhat grammi vett ära

aurata. Nüüd on selge, et vee äraauramisega ja soolade rakkudesse jätmisega vabastab taim aseme uutele veehulkadele, millest ta eraldab samal viisil tarvilikud soolad, vee aga laseb jälle ära aurata. Nii saab taim ainult alalise vee auramise kaudu maa seest toitvaid soolasid sel määral, nagu tal kasvamiseks tarvis.

Vee auramisel on aga taime jaoks ka veel teine tähtsus. Palaval päikesepaistel tõuseks lehtede temperatuur liiga kõrgeks, ja see võiks elusatele rakkudele ja plasmale isegi kardetavaks saada. Nagu teada, omandavad kindlad kehad otsesel päikesepaistel palju kõrgema temperatuuri, kui on ümbritseval õhul, — liiv ja kivid kuumuvad päikesepaistel kuni 60°. Taimede temperatuuri otsesed mõõtmised on aga näidanud, et neis ei toimu säärast temperatuuri tõusu. Surudes taime lehte huulte vastu tunneme jahedust. Üldse tunduvad värsked lehed alati jahedad. Põhjuseks on see, et alaline vee auramine jahutab auramispinda. Uurimised on muu seas näidanud, et taimed, mis auravad vett vähesel määral, soojenevad päikese käes palju enam kui taimed, mis vett rohkesti auravad.

Nii siis on vee auramine väga tähtis asjaolu taime elus. Ilma selleta ei saaks meie kuivamaa-taimed oma temperatuuri paraja hoida ega saaks omale maa seest tarvilikul määral toitvaid soolasid, ning järelikult ei saaks nad ka vabalt ja jõudsasti kasvada.

Me leiame aga taimi kasvamas väga mitmesugustes tingimustes vee suhtes. Ühelt poolt sisaldavad meie põhjamaa metsad vett ja niiskust enam kui vaja, teiselt poolt aga tunnevad kuivad rohtlaaned veest sagedasti puudust, ja viimaks on kõrved peaaegu täiesti ilma veeta. Ja siiski, ka neis ebakohaseis tingimustes leiame mõnesuguseid taimi. Niisugune taimede kasvamine väga muutlikus niiskuses on võimalik selle tõttu, et taimedel on väga mitmesugused sisseseaded, mille abil nad võivad vee auramist vähendada äärmuseni, ehk tarbe korral seda jälle suurendada. See vee auramise korraldamine sünnib õhulõhede sulgemise ja avamise kaudu. Õhulõhet

moodustavad sulgrakud võivad oma kuju muuta. Kooldues kõveramaks paisutavad nad pilu laiemale, ning vastuoksa, sirgemaks muutudes pigistavad nad selle koomale või sulevad täiesti. Vaatlused on näidanud, et õhulõhed koonduvad siis, kui õhk kuiv, ja taim võiks vee liigse auramise tõttu ära närtsida. Niiskes ja veeaurust rikkas õhus on õhulõhed lahti, seega veeauramise võimalused suuremad, kui kuivas õhus. Lehelõhede avamine ja sulgemine mitmesuguses õhuniiskuses, päikesepaistel, palavuse käes jne. on väga keerukas füsioloogiline nähtus ja osalt veel lõplikult seletamata. Selles avamis- ja sulgemisprotsessis on aga alati tegevad osmootsed tegurid: suhkur ja vesi. Kui õhulõhed on avatud, siis sisaldavad sulgrakud alati suhkrut, suletult aga tärklisi.

Õhulõhede sulgemisest üksi on veel vähe, et kaitsta kuivade rohtlaante või kõrbede taimi närtsimise eest. Tugeva soojuse tõttu võib vee auramine sündida ka otsekohe läbi marrasknaha. Selle ärahoidmiseks leiame säärastel kohtadel kasvavalt taimedelt mitmesuguseid erilisi vahendeid. Nii on mõnel taimel marrasknaha rakude kestad muutunud iseäranis paksuks ja tihedaks ning ei lase selle tõttu veeauru läbi. Mõnel teisel kasvavad üksikud marrasknaha rakud kaugele välja ja muutuvad karvakesteks. Selliste karvakestega kaetud leht soojeneb vähem, sest karvakestelt põrkavad lehele langevad päikesekiired osalt tagasi. Teiselt poolt takistavad karvakesed õhuvahetust lehe pinnal ja vähendavad sellega auramist: nende vahel asub veeauruga küllastatud õhukiht, mis vee auramist maha surub.

Üldse, kuivmaataime kogu ehitus on sihitud sinna poole, et vett võimalikult kokku hoida. Lehed on neil harilikult väga väikesed või on muutunud koguni oga-deks (kaktustel), mis muidugi vähendab auramis pinda. Tüved on vähe harunenud, taimed seetõttu madalad, maapinna ligidal, kus tuuled nõrgemad ja veeauramine vähem. Tihe karvkate või väikesed nahkjad lehed täiendavad veel säärase taime välimust. Mõnedel taimedel

on küll väga lopsakad ja paksud lehed, kuid nende marrasknahk on kaetud väga paksu kutiikulaga ja vahakihiga.

Leidub veel hoopis iseärase kujuga taimi, nagu kaktused. Nendel on auramispind vähendatud äärmuseni. Lehed on muutunud ogadeks, aga paks tüvi, kaetud liheda nahaga, sisaldab eneses rohkesti vett. Need vee-tagavarad on kogutud lühikest aega kestnud vihmasel aasta-ajal. Kogu kuiva aasta-aja vältusel, mis kestab mõnikord $\frac{3}{4}$ aastat, tarvitab kaktus neid vee-tagavarasid ja hoiab end nende varal värske.

Veerohkete ja niiskete maade taimed seevastu on harilikult suure, lopsaka kasvuga ja kannavad laialist lehestikku, mis õige rohkesti vett ära aurab. Lehed on neil taimedel suured, ilma karvadeta, paljad, lehelõhesid palju, tihti asetatud mõlemil külgedel, marrasknahk õhuke, samuti kui kutiikula, mis tihti üldse puudub.

32. Roheliste taimede tähtsus looduses. Peale seda, kui oleme lähemalt tutvunud rohelise lehe ehitusega ja tegevusega, võime selgema kujutise saada sellest tähtsusest, mis on rohelistel taimedel looduses. Tärvakv idu on oma eluavaldusilt mitmeti looma sarnane, — ta hingab nagu loomadki, ja toidab end samal viisil, see on, orgaanilisist aineist. Samuti elavad ka kõik täiskasvanud taime osad, nii värvusetud kui ka rohelised. Kõik nad hingavad nagu loomad ja tarvitavad toiduks orgaanilisi aineid. Kuid niipea kui idu muutub roheliseks ja täiskasvanud taim saab valgust, tuleb avalikuks nende uus ja omapärane toimetus, mis puudub loomadel ja mis roheliste taimede tähtsam iseärasus. Mullast saadud veest ja mineraalooladest ning õhust ammutatud süsihapust gaasist, mis kõik on anorgaanilised ained, valmistab taim oma lehtedes valgusekiirte abil uusi orgaanilisi ühendeid. Loomadel seda omadust pole ja nad peavad sellepärast toituma neist orgaanilisist aineist, mis taimed valmistanud. Taimtoitlased loomad tarvitavad neid otsekohe, kiskjad aga taimtoitlaste loomade kaudu. See käib muidugi ka inimeste kohta: kõik

meie toit on otsesel või kaudsel teel taimeriigist saadud.

Nii on siis roheline leht see imelik töökoda, kus anorgaanilisest, elutuist aineist valmistatakse mitte üksnes uusi orgaanilisi ühendeid, vaid koguni elusat ollust, millest koostub taimkeha. Nagu keemilistes laboratooriumides tarvitatakse uute ühendite loomiseks põleva gaasi või muu kütteaine soojust, nii tarvitab roheline leht, ehk õigemini leherohelist sisaldav kloroplast, päikese valgust.

Nende väikeste laboratooriumide töoviljakus on õige suur, sest neid on kogu maakera pinnal arvutu hulk ja nad töötavad vahet pidamata. Me teame, kui suured hulgad, sajad ja tuhanded miljonid puudad kogutakse igal aastal põldudelt orgaanilist ainet — tärklis, muna-valget jne. ainult teravilja näol. Seda kogu tuleb suurendada mitu korda, kui arvame juurde veel heina ja õled, mida inimesed igal aastal lõikavad. Tuletame meelde seda määratut hulka orgaanilist ainet, millest koostuvad meie metsapuud. Arvame siia juurde veel orgaaniliste ainete lademed maakera kooses — kivisüsi, põlevkivi, turvas jne. Ja kõik see lõpmatu orgaanilise aine hulk on väikeste mikroskoopiliste leherohelise-terakeste, kloroplastide töö!

Kõik need tagavarad ei jää aga taimedesse kauaks seisma: varemini või hiljemini tarvitavad neid toiduks teised elusad olendid, kes ise ei saa omale toitu otsekohe elutust, anorgaanilisest maailmast. Tarvitades taimeriigist pärit olevaid saadusi töötab loom nad oma sisikonnas ümber, võtab sealt omale tarvis minevad ained, kõik muu aga heidab välja vee, süsihapu gaasi ja poollagunud orgaaniliste ühendite näol. Need jätised töötatakse mitmesuguste maa sees elutsevate bakterite poolt ümber ja muutuvad viimaks jälle gaasideks ning mineraalsooladeks, millest nad saadud. Nii tulevad loodusesse tagasi süsihapu gaas, vesi ja mineraalsoolad, mida omal ajal taimed kasutanud, ja nad võivad nüüd taimedele uuesti tarbematerjaliks saada, et korrata sama ringkäiku.

Sellest kõigest selgub, et loomariik, samuti nagu inimene, on tihedas ühenduses taimeriigiga. Kui taimed kasvavad ning edenevad hästi ja maakeral tõuseb orgaaniliste ainete hulk, siis suurenevad ka loomade eduka arenemise võimalused. Iga kord aga, kui taimekasv ikaldub, raskeneb ka loomade toitumisküsimus, ja sellele järgneb sagedasti laialine loomade väljasuremine.

Sellepärast on inimesele väga tähtis hästi tundma õppida taime elulisi tarvidusi, et saada sellelt väikeselt maa-alalt, mis tal tarvitada kultuurmaana, põlluna, võimalikult rohket orgaaniliste ainete saaki.

33. Putukasööjad taimed, parasiidid ja mädarikud.

Taim toidab end mineraalainetest, millest ta valmistab orgaanilisi ühendeid, mida loomad omakord toiduks tarvitavad. On aga taimi, mis oma toitumisviisi poolest erinevad sellest üldisest tüübist. Nimelt tarvitavad nad toiduks teiste taimede valmistatud või looma kehast pärit olevaid orgaanilisi ai-



72. joon. Huulhein (*Drosera rotundifolia*).



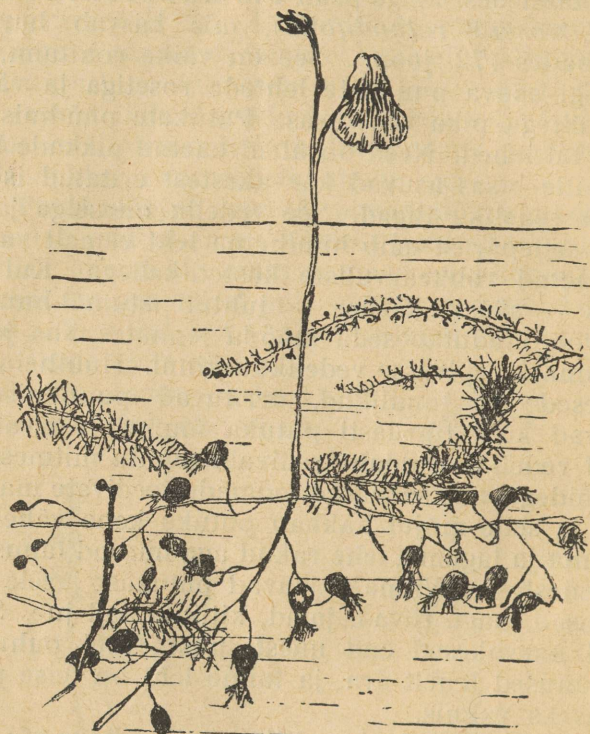
73. joon. Võipätakas (*Pinguicula vulgaris*).

neid. Vaatleme kõige pealt nõndanimetatud putuka-sööjaid taimi. Juba nimetus näitab meile, et siin on tegemist taimedega, kes ka loomi toiduks tarvitavad.

Meie kodumaa taimestiku hulka kuulub putuka-sööjaist taimedest kõige pealt ümmaralehine huulhein (*Drosera rotundifolia*), mis kasvab harilikult turbarabades (72. joon.). See on väike rohttaim, maapinna ligi asuva punakate lehtede rosetiga ja väikeste valgete õitega pika rao otsas. Putukate püüdmise riis-taks on tal lehed. Need on üleni kaetud pikkade karva-dega, mille otsas asuvad karvakestest eritatud iseärase kleepiva vedeliku tilgad. See vedelik on selge ja läbi-paistev, sellepärast näib huulheina leht eemalt vaadates nagu kaetud rohkearvuliste kastetilkadega. Kui mõni putukas — sääsk, kärbes — juhtub istuma huulheina lehele või puudutab seda mööda lennates, siis jääb ta kohe sinna kleepivasse vedelikku kinni. Huulheina lehe karvakesed on tundlikud, ärrituvad puutumisest ja koolduvad kõik tihedasti putuka ümber. Karvakestest eritatud vedelik sisaldab seedivaid mahlu mitmesuguste entsüümidega, mis sarnased loomade seedivate maomah-ladega, ja selle mõjul hakkab putuka keha vähehaaval lahustuma ja laguma, lehe rakud aga imevad lahustunud aineid enestesse. Viimaks jäävad putukast järele ainult kõvad osad, nagu tiivad, jalad, kitiinkestad jne. Siis si-rutavad karvakesed end uuesti püsti, tuul puhub pu-tuka jäänused lehelt ära, ja taime leht on teise putuka püüdmiseks valmis.

Huulheina võib ka kunstlikult toita lihaga või keedetud munavalge raasukestega. Valgu seedivad huulheina lehed täielikult ära, ja säärase toitumise varal kasvab huulhein väga hästi ning kannab rohkesti vilja. Teiselt poolt on katsutud kasvatada huulheina ilma lihatoiduta ja on leitud, et ta oma roheliste lehtede tõttu võib end toita, nagu kõik teised taimed. Tähendab, putukate söö-mine on talle ainult kõrvalisemaks, lihtsamaks toitu-misviisiks, mis lubab teda asuda ka lämmastiku-ühendite poolest väga vaesel pinnal, nagu seda on turbarabad.

Niiskeil, soistel luhtadel leiame veel teise putuka-sööja taime — hariliku võipätaka (*Pinguicula vulgaris*) (73. joon.). See taim tuletab oma kujult üldiselt huulheina meelde, ainult lehed on tal pikergusemad, helerohelised ja mitte karvadega kaetud, vaid siledad.



74. joon. Vesihernes (*Utricularia vulgaris*).

Lehe pind on aga selle asemel kaetud paksu kleepiva vedelikuga, mis määratud ka putukate püüdmiseks. Kui mõni putukas satub võipätaka lehele, siis jääb ta sinna kinni, ja lehe servad hakkavad end vähehaaval keskme poole kokku rullima ning ümbritsevad viimaks putuka täiesti. Vedelikus sisalduvad seedivad mahlad lahustavad putuka pehmed osad ära, ja taim tarvitab

saadud orgaanilised ained omale toiduks. Ka võipätakas võib teiste taimede eeskujul end toita süsihapust gaasist ja maa seest võetavaist mineraalsooladest.

Isesugune sissesead putukate püüdmiseks on meie magedais vetes kasvaval vesihernel (*Utricularia vulgaris*) (74. joon.). Selle taime veeluste oksakeste ja harude küljes leiame iseäraseid, lehtedest moodustunud põisi, millel lahtises otsas karvakestest ümbritsetud avaus. Selle avause kaudu võivad mitmesugused väikesed veeloomakesed pääseda põie sisse, välja nad aga nii kergesti ei pääse, sest põie suu ees on õhuke elastiline kaas, mis avaneb ainult sissepoole. Põie sisemised rakud eritavad seedivaid mahlu, mis looma ära lahustavad, kelle ained taim omale toiduks tarvitab.

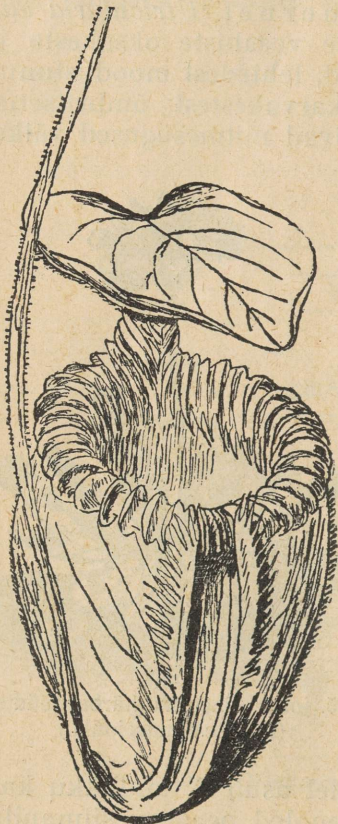
Võõramaa taimede hulgast võiks nimetada mitut huvitavat putukasööjat. Huulheinaga väga sarnane on Ameerika soodes kasvav kärbsepüüdja (*Dionaea muscipula*) (75. joon.). Selle taime lehelaba koostub kahhest hambaliste äärtega poolest, poollahtise raamatu kujuliselt. Kummalgi lehepoolel asub 3 tundlikku karvakest, mille puutumisel lehepoolel peaaegu silmapilkselt kokku langevad, ja sel viisil püüabki taim putukaid. Putukate seedimine toimub siin samuti nagu eelmistel taimedel.

Põiekujulise putukate püüdmisriista leiame veel troopikamail kasvaval kannpõõsal (*Nepenthes*) (76. joon.). Siin on pika leherootsu labapoolne osa muutunud õõnsaks kannuks, mis avausega pööratud ülespoole.



75. joon. Ameerika kärbsepüüdja (*Dionaea muscipula*.)

Lehelaba ise täidab selle kannu kaane aset. Et see kaas kannul mitte tihedasti ei asu, siis on kann harilikult vihmaveega pooleni täidetud. Sinna satuvad putukad, upuvad ära, ja taim tarvitab neid toiduks.¹



76. joon. Kannpõõsa (*Nepenthes*) leht.

Nagu nendest kirjeldistest näha, tarvitavad putukasööjad taimed harilikkuude mineraalainete kõrval ka lihatoitu. Seda muretsevad nad endile ise mitmesuguste püüniste abil. Taimede hulgas leiame aga ka niisuguseid, kes toidavad endid orgaanilisest aineist, kuid ei muretse neid endile iseisestvalt, vaid omandavad neid lihtsalt mõne teise taime või looma kehast. Selleks kinnitavad nad endid teise taime või looma külge, või tungivad koguni nende sisse, ja imevad sealt otsekohe toitvaid mahlu. Seesuguseid taimi nimetatakse parasiitideks, ja neid on iseäranis rohkesti madalamate taimede hulgas, nagu bakterid, seened jne. On ju laialt tuntud mitmesugused mikrokoopilised seened, bakterid, mis tungivad inimeste ja loomade kehasse

ja tekitavad seal igasuguseid raskeid haigusi. Kuid ka kõrgemate taimede hulgas on parasiite. Nimetame

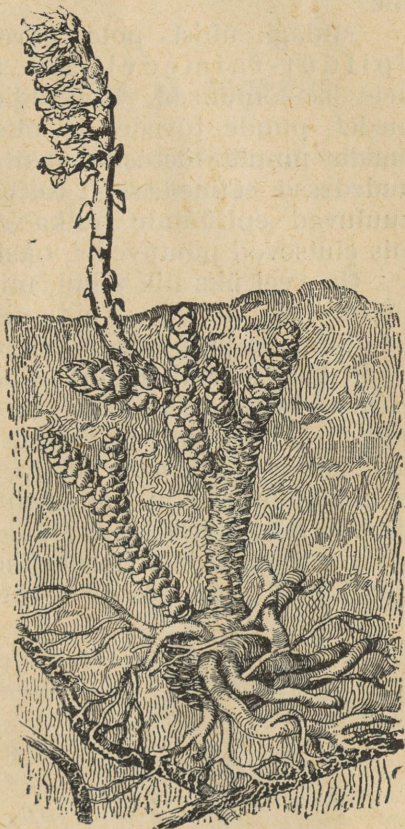
¹ Putukasööjaist taimist pikemalt vaata A. Audova „Lihäsööjad taimed“, Tartu, 1919.

kõige pealt võrmi (*Cuscuta europaea*), peenikest kol-
 lakasroosat väänkasvu, mis asub sagedasti ristikkeinal,
 linal, kanepil ja teistel taimedel. Võrm ei sisalda lehe-
 rohelist, sellepärast ei saa ta omale iseseisvalt orgaanilisi
 aineid toiduks valmistada, vaid tungib iseäraste imi-
 kutega (*haustoria*) roheline taime mahla-
 kandvaise kudedesse ning imeb sealt val-
 misolevaid orgaanilisi aineid.

Puude ja ka roht-
 taimede juures parasi-
 teerivad käopäkk
 (*Lathraea squamaria*)
 (77. joon.) ja soomukas (*Orobanch*).
 Need on võrdlemisi
 suured taimed liha-
 vate vartega ja roh-
 kete õitega, kuid le-
 hed on neil väga vähe
 arenenud ega sisalda
 klorofüllit. Käopäkk ja
 soomukas on tüüpilised
 parasiidid — ei
 valmista endile ise
 toitu, vaid imevad
 seda teiste taimede
 juurtest.

Peale niisuguste
 tüüpiliste parasiitide
 on olemas veel pool-
 parasiidid, mis
 täiesti harilikkude ro-
 heliste taimede sarnased,

omandavad endile ise-
 seisvalt maa seest vett ning toitvaid soolasid ja
 töötavad need lehtedes orgaaniliseks aineiks üm-



77. joon. Käopäkk
 (*Lathraea squamaria*).

ber; kuid peale selle imevad nad toitvaid aineid ka teiste taimede juurtest. Niisuguste hulka käivad mitmed meie harilikud metsa- ja luhataimed — nagu silmarohi (*Euphrasia*), kuuskjalg (*Pedicularis*), robihein (*Alectorolophus*), härghein (*Melampyrum*) jne.

Midagi ühist pole parasiitidega nõndanimetatud epifüüt-taimedel, mis iseäranis troopika metsadele iseloomulised. Epifüüdid asuvad küll teistel taimedel, puude tüvedel ja okstel, kuid tarvitavad neid omale ainult toetuskohaks ega tungi teiste taimede kudedesse, et imeda sealt toitvaid mahlu. Meie kodumaal kuuluvad epifüütide hulka rohkearvulised samblikud, mis elutsevad puutüvedel, okstel jne.

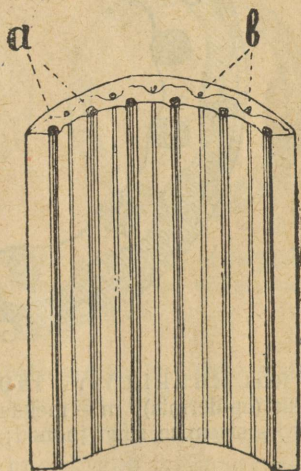
On veel üks liik taimi, mis tarvitavad valmisolevaid orgaanilisi aineid, kuid ei võta neid mitte elusate taimede ja loomade kehast, vaid nende mädanenud jäänustest, surnukehadest. Sääraseid taimi nimetatakse mädarikkudeks ehk saprofüütideks (*saprophyta*). Siia kuuluvad kõige pealt rohkearvulised seened, mis elavad metsa all ja toidavad endid pehkivaist taimejäänuseist, mahalangenud lehtedes sisalduvaist orgaanilisist aineist jne. Mädarikkude iseloomulisemaks tunnusmärgiks on leherohelise ja üldse lehtede puudumine, nagu seda näeme seente juures.

VI. Tüve (varre) ehitus ja tegevus.

34. Tüve sisemine ehitus. Üheidulehelised taimed.

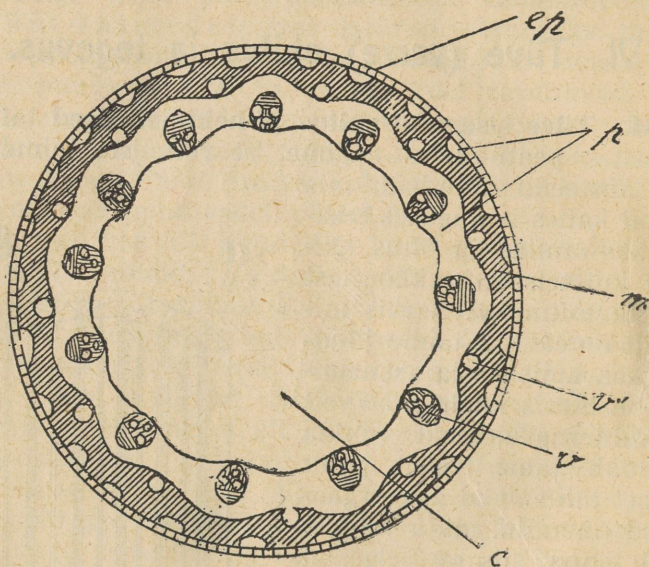
Eelmistes peatükkides nägime, et rohelistel taimel on kaks süsteemi elundeid, mis asuvad kahes isesuguses keskkonnas: mullas ja õhus. Nii ühest kui teisest keskkonnast saab ta toitmiseks tarvis minevaid aineid. Et taime jõudsaks kasvamiseks ja arenemiseks on tarvis ühelt poolt vett ja mineraalsoolasid, mida omandab juur, teiselt poolt on veel tähtsamad aga orgaanilised ühendid, mida valmistavad lehed, siis on selge, et lehtede ja juure vahel peab olema alaline ühendus, mille kaudu võiks toimuda nende ainete vahetus.

Niisuguseks ühendavaks osaks on taime tüvi (vars). Just tüve kaudu voolab vesi ühes lahustunud mineraal-sooladega juurtest lehtedesse ja orgaanilised ühendid lehtedest juurtesse. Kuid tüve tähtsus ei seisa ainuüksi selles; ta on ühtlasi lehtedele toeks ja tõstab need võimalikult kõrgele valguse ja õhu kätte.



78. joon. Rukki kõrre tükk väikesel suurendusel:
a — sisemine soonte ring;
b — välimine soonte ring.

Et selgusele jõuda, kuidas tüvi täidab oma ülesandeid, peame tundma õppima ta sisemist ehitust. Esimeseks vaatlemisaineks võtame mõne lihtsama ehitusega taimevarre, näiteks rukkikõrre. Lõikame kahe sõlme vahelisest osast tüki, lõhestame selle pikuti pooleks ja vaatleme saadud poolt luubiga. Kohe paneme



79. joon. Rukkikõrre läbilõik (skematiseeritud): ep — marrasknahk (epidermis); m — mehaaniline kude; p — põhikude (parenhüüm); v — sisemise ringi jooned; vi — välimise ringi jooned; c — õõs.

tähele, et piki kõrt jooksevad paralleelsete ridadena peened sooned (78. joon.). Need muutuvad iseäranis silmapaistvaks, kui paneme kõrre otsapidi punase tindisisse. Tint tõuseb sooni mööda üles ja värvib need punaseks, mille tõttu need hästi erinevad teistest, värvusetatud kudedest. Vaadeldes samal ajal luubiga kõrre läbilõigatud kohta, näeme seal selgesti punase täppide rea (a ja b), mis pole muud kui soonte läbilõigatud otsad. Need asuvad kahes reas: ühed enam kõrre välimise

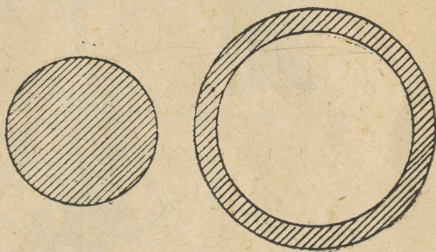
pinna ligi — b, teised, jämedamad, enam seespool — a. Nende arv sõltub kõrre jämedusest: keskmiselt on seespoolseid sooni 12—15, välimisi pisut rohkem.

See asjaolu, et punaseks muutusid ainult sooned, näitab meile, et just soontes peavad asuma need torukesed, mida mööda toimub mählade liikumine.

Katsume nüüd teha terava habemenoga kõrrest õhukese ringikujulise lõigu, nagu 79. joonisel kujutatud. Kõige hõlpsamini saame sellega toime, kui me asetame kõrre sulatatud steariini- või, veel parem, parafiinisse ja laseme selle siis ära hanguda. Nüüd võime kõrt

ühes sellega ker-
gesti lõigata. Juba väikesel suurendusel näeme selle lõigu ehituses järgmist: kõrre seina välimine osa on tumedavärvilisem, sest ta koostub kitsaist

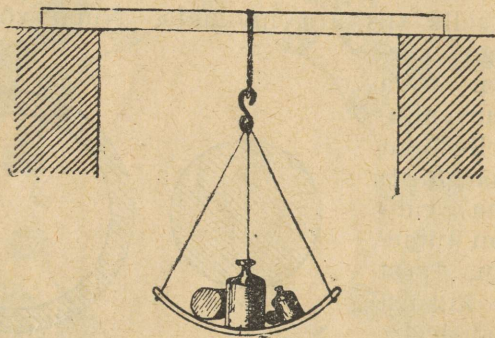
paksukestalistest rakkudest. See on nõndanimetud mehaaniline kude — M, mis annab



80. joon. Ühest ja samast materjalihulgast valmistatud umbse ja õõnsa varda läbilõigud.

kõrrele tarviliku kõvaduse. Paiguti sulab ta ühte välise soontereaga, moodustades sel kombel ühtlase tugeva rõnga. Mehaanilisele koele järgneb läbipaistev pehme kude — parenhüüm P, milles eralduvad selgesti sisemised sooned. Parenhüüm-rakkude vähemad rühmad asuvad heledate laikudena ka mehaanilises koes kõrre välisküljel. Kõrre sisemus on õõnes. Alguses, kui vars hakkab arenema, on ta täidetud pehme parenhüümkoega, mis moodustab varre keskosas s ä s i. Kuid varre kasvamise ja sirgumise jooksul kuivab ja kõdub säsi ära, ning tekib õõs. Siiski ei muutu kõrs selle tagajärjel nõrgemaks. Mehaanikast on teada, et kõige suuremat vastupanekut murdmisele ja koolutamisele aval-

davad just välimised seinad, mitte aga keskosa. Kui ühest ja samast materjalihulgast valmistada ühelt poolt umbne varras, teiselt poolt aga õõnes toru (80. joon.), siis selgub, et õõnsat toru on palju raskem murda ja koolutada kui umbset. Seda võib väga lihtsalt ka järgmisel viisil järele katsuda. Võtame kaks ühesuurust paberitükki; ühe mähime ümmarguse pliitsi ümber ja kleebime lahtised servad kinni, nii et pliitsit ära võttes saaksime paberist torukese laia õõnega ja õhu-



81. joon. Paberist torukese kõvaduse järelekatsumine.

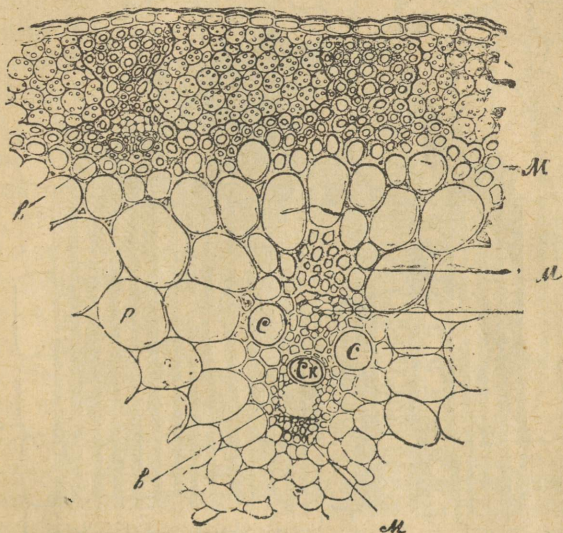
keste tihedate seintega. Teise paberitüki mähime peene varda ümber ja saame peene, tiheda, peaaegu umbse rulli. Seame selle nüüd kahe toe najale, nagu 81. joonisel kujutatud, ja hakkame keskkoha külge kinnitatud nõõri otsa raskusi riputama. Paberist rull vajub kooldu ja murdub viimaks. Selleks on mõnikord enam kui poolekilogrammilt raskust tarvis.

Teeme sedasama õõnsa paberist toruga ja riputame ta külge alguses kohe selle raskuse, mille külgeriputamisel murdus eelmine paberirull. Selgub, et selle raskuse all ei vaju toru isegi kõveraks. Et teda murda, tuleb veel tublisti raskust juurde lisada.

See katse teeb meile selgeks, et ühest ja samast ainehulgast valmistatud õõnes varras on tugevam kui umbne. Järelikult peab materjal, mida taim tarvitab

oma varre ehitamiseks, koonduma peajasjalikult välimise pinna ligi. Me nägime, et õlekõrs ongi ehitatud selle põhimõtte järele.

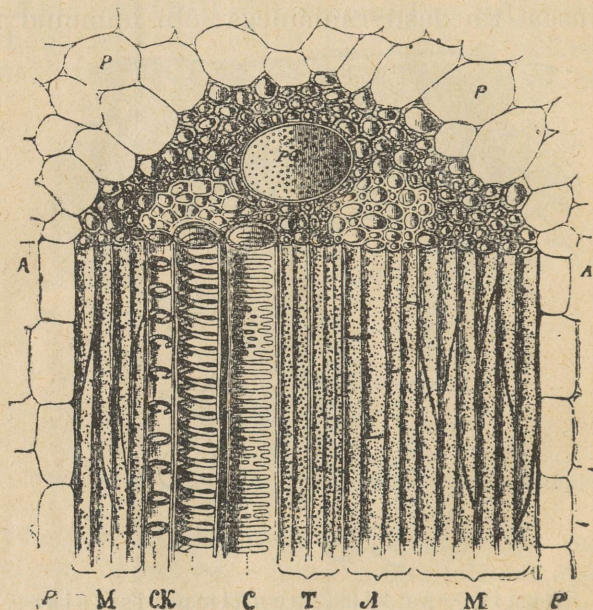
Vaatame nüüd kõrre ristlõiku tugeval suurendusel. 82. joonisel on kujutatud sellest ainult väike osa. Siin paistab meile kohe silma marrasknahk — e, mis koostub ühest ainsast tihedasti räniainega läbi imbunud kesta-



82. joon. Rukki-kõrre kiudsoonkimp ristlõikes. M — mehaaniline kude; p — põhkude; C ja Ck — sooned; nende kõrval, väljaspool, sõeltorud.

dega rakkude kihist, mille tõttu teda kaunis raske on habemenoaga lõigata. Marrasknaha all asuvad paiguti otsekohe mehaanilised rakud M, paiguti näeme aga heledamaid parenhüüm-rakkude kogusid — p. Nagu lõigul näha, on mehaaniliste rakkude kestad paksud, puitunud ja annavad kõrrele selletõttu tarviliku kõvaduse. Neile järgnevad suured sisemise parenhüümi rakud — p, ja nende vahelt paistab selgesti silma läbilõigatud soon. Selles paneme tähele mitut liiki rakkusid. Kõige pealt paistavad meile silma laiad avaused

— sooned, kitsamas mõttes. Et neid moodustavate üksikute rakkude vaheseinad on kadunud, siis esinevad sooned pikkade ühtlaste torudena, mida mööda tõuseb vesi ühes temas lahustunud mineraalainetega. Niisuguseid torutaolisi sooni nimetatakse ka veel trahheedeks.



83. joon. Rukkikõrre kiudsoonkimp pikilõikes: P — põhikude; M — mehaaniline kude; C ja CK — sooned; T sõeltorud.

Kui me lõikame sooned pikuti läbi, siis näeme, et mõnel neist — CK — on seespool iseärased rõngakujulised paksendised (83. joon.). Need rõngad kaitsevad toru seinu kokkulangemise eest kõrvalolevate kudede rõhumisel. Paksendiste kuju tõttu nimetatakse niisuguseid sooni rõngassoonteks. Jämedamal soontepaaril C pole selliseid sisemisi rõngaid. Neil on selle eest paksemad seinad, mis üleni läbistatud peenist avaustest — pooridest (83. joon.), mille abil soon

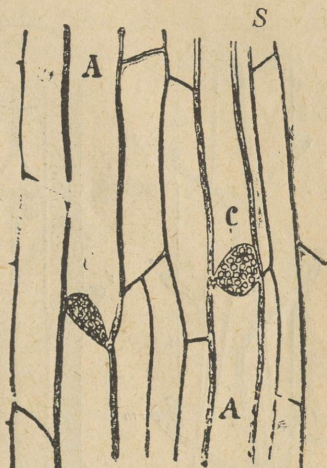
seisab naaberrakkudega ühenduses. Et nende soonte seinad on tihedalt läbistatud pooridega, siis nimetatakse neid poorsoonteks. 83. joon. on näha, et naaber-rakud T on varustatud samasuguste pooridega. Kõigi kirjeldatud rakkude kestad on puitunud ja need rakud moodustavad nõndanimetatud puuosa.

Soonte C lähedal paneme tähele salga teissuguseid rakkusid, mille kestad pehmed, puitumatud. Neid nimetatakse niine-rakkudeks ehk lihtsalt niineks; nad moodustavad niinosa. Pikilõigul näeme, et niinerakud on pikad, välja venitatud, mõned neist on teravate otstega, teised aga torukeste kujulised, mille vaheseinad on rohkearvulistest augukestest sõelataoliselt läbi puuritud. Sellepärast nimetatakse neid rakkusid sõeltorudeks. Rukkikõrres on nad väga peened, sellepärast on neid raske täpsamalt uurida.

84. joon. on kujutatud kaks sõeltoru ühest teisest taimest, kus nad suuremad. Sõeltorud on elusad, plasmatsisaldavad rakud. Pooldumisvõime on nad siiski kaotanud. Just sõeltorusid mööda toimubki orgaaniliste ainete vool lehest juurtesse. Sõeltorude kõrval asuvad n. n. saaterakud, mis on plasmarikkad ja elusad rakud.

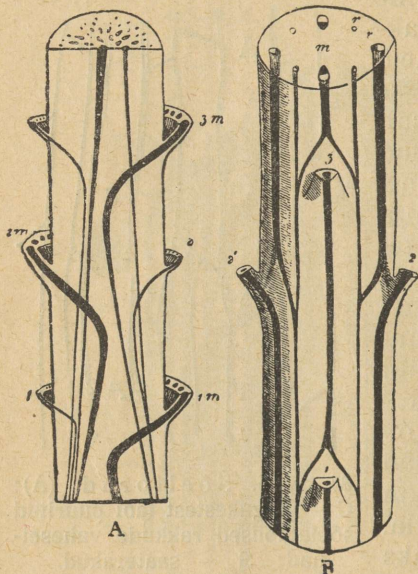
Nii puu- kui niinosa on ümbritsetud mehaaniliste rakkude ringist, mis pikilõigul paistavad pikkade, teravate otstega paksuseinaliste kiududena ja moodustavad mahlakandvate rakkude ümber kaitsetupe.

Nii siis koostuvad rukkikõrre sees olevad soone-laadsed moodustised ühelt poolt mahlakandvaist rak-



84. joon. Sõeltorud (A): C — augukestest läbi puuritud sõelataolised rakkude vaheseinad; S — saaterakud.

kudest — soontest ja sõeltorudest, teiselt poolt aga kiulaadseist mehaanilistest rakkudest, mis pakuvad soontele tarvilikku tuge. Sellepärast nimetatakse tervet seda rakkude kogu kiudsoonkimbiks. Et neis soonkimpudes aga juhitakse edasi taimkehas liikuvat vett ja orgaanilisi aineid sisaldavaid mahlu, siis



85. joon. Juhtkimpude käik varres: A — üheidulehelisel, B — kaheidulehelisel taimel.

nimetatakse neid ka juhtkimpudeks. Neid leiame, peale mõne erandi, kõigis kõrgemate taimede tüvedes, ja neil on suur tähtsus taime elus.

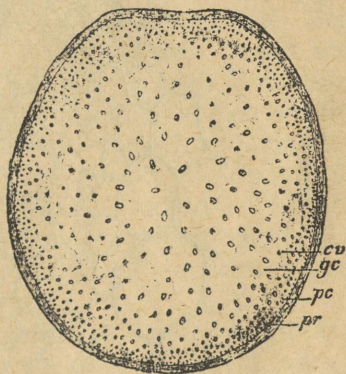
Rukkikõrre juhtkimbud, samuti nagu kõikide üheiduleheliste taimede omad, ei kasva ega suurene taime eluea jooksul, vaid nende rakkude arv jääb samaks, mis see oli tekkides. See on muidugi arusaadav, sest suurem osa juhtkimbust on surnud; ülejäänud rakkud, ehk küll elusad, pole enam pooldu-

misvõimelised. Peale selle ümbritseb neid surnud mehaaniliste rakkude tupp, mis ei lase neid paljuneda. Sääraseid juhtkimpe nimetatakse kinnisteks, ja need on just üheidulehelistele taimedele iseloomulised.

Et juhtkimbud hoiavad ühendust alal kõikide taime osade vahel, siis peab oletama, et nad jooksevad tüvest nii lehtedesse kui juurtesse. Nõnda ongi lugu: kõrre sõlme kohal moodustuvad juhtkimbud tiheda põimiku (85. joon.), millest osa jookseb sisse lehte, mis ümbrit-

seb kõrt vaadeldavas sõlmekohas. Lehesoonestik on sõlmesoonestiku loomulik jätk. Teiselt poolt jooksevad juhtkimbud tüve mööda alla juurtesse. Seal ei asu nad mitte välispinna ligi, nagu tüves, vaid juure keskmises osas, kus nad ühinevad meile juba tuntud kesk-silindriks.

Teiste üheiduleheliste taimede tüve ehitus on osalt rukkikõrre ehituse sarnane, võib sellest aga osalt lahku minna. Pea-lahkumine seisab selles, et tüvi pole mitte iga kord õõnes, vaid üleni täidetud parenhüüm-rakkudega, ja juhtkimbud ei asu mitte ühes või kahes reas, tüve välispinna ligi, vaid on laiali pillatud üle kogu tüve. 86. joonis on kujutatud palmi tüve ristlõik. Rohkearvulised juhtkimbud asuvad korratult igas tüve osas. Kõik kimbud on kinnised nagu üheidulehelistele taimedele iseloomuline. Tüvi võib kasvada jämedamaks ainult selle läbi, et tekiavad juurde uued juhtkimbud tüve pinnapoolses osas.

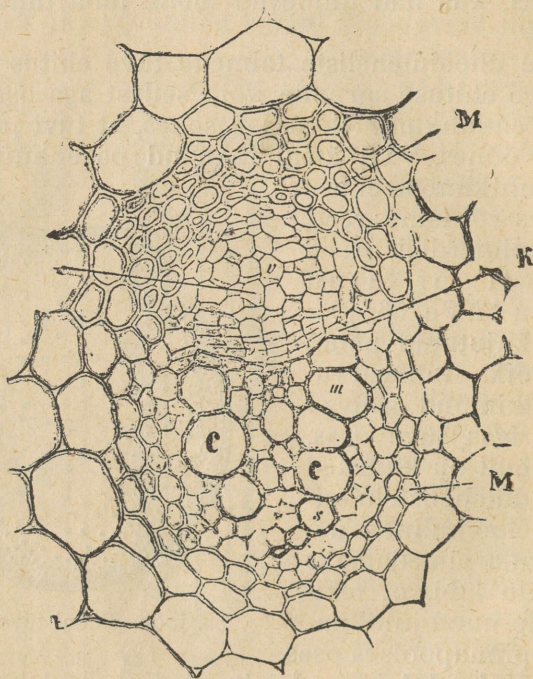


86. joon. Palmi tüve ristlõik.

35. Kaheidulehelised taimed. Kaheiduleheliste taimede noored tüved on oma ehituse poolest eespool kirjeldatud üheiduleheliste taimede tüvega kaunis sarnased. Kui võtame mõne rohttaime, näiteks tulika varre, ja teeme sellest ristlõigu, siis näeme sama pildi, mis rukkikõrreski (87. joon.). Ümmargusel varrel on sees õõs, siis tuleb pehme parenhüüm, milles paistavad selgesti silma juhtkimbud. Need asuvad ainult ühes reas, nagu kõikidel kaheidulehelistel. Viimaks kõige pealt on vars kaetud tiheda ühekihilise marrasknahaga.

Sarnasus kõrrega on väga suur. Kuid on tunduvad ka lahkuminekid, — ja nimelt juhtkimpude eneste ehi-

tuses. Iga juhtkimp koostub samadest osadest, mis üheidulehelistelgi, see on puuosa moodustavaist soontest ja niinosa moodustavaist sõeltorudest ning mehaanilistest kiududest. Peale soonte on aga puuosas veel isesugused



87. joon. Tulika juhtkimbu läbilõik: M — mehaaniline kude; C ja S — sooned (puuosa); v — sõeltorud (niinosa); K — mähk (kambium).

sõonetaolised rakud või trahheiidid, mida mööda samuti kui sooni mööda vesi juurtest üles liigub. Kuid peale nende leiame siin veel kihi õhukesekestalisi ja plasmarikkaid rakke — k. Need rakud kannavad kambiumi (*cambium*) nime ja lõikavad juhtkimbu kaheks osaks — puu- ja niinosaks. Nii pole siin kimpu ümbritsev mehaaniline ring mitte kinnine, vaid

kambiumi kohal katkestatud. Sellepärast nimetatakse säärast kimpu lahtiseks. Sellel asjaolul on suur tähtsus, nagu peagi näeme. Kambiumi rakud on nimelt elusad ja pooldumisvõimelised. Nende pooldumisel tekivad uued rakud, mis arenevad ühel pool kambiumi sõeltorudeks, teisel pool — puuosas soonteks, mille tõttu juhtkimp alatasa suureneb, niikaua kui kambium püsib elus. Kambiumil on iseäranis suur tähtsus meie mitmeaastaste puude tüvede kohta. Niisugustel mitmeaastastel tüvedel on esialgu ka üks ainuke juhtkimpude ring, nagu seda võib näha iga puu noortes kevadistes võsudes. Jälgime mõne puu, näit. pärna noore, alles pungast puhkenud võsu arenemist. Nagu näeme, asuvad seal juhtkimbud ühe ringina. Need kimbud on kõik lahtised, see tähendab, neis asub kambiumikiht; peagi lagub see kiht läbi ümbritseva parenhüümi ühe kimbu juurest teise juurde, nii et tekib täisringiline kambiumirõngas. Kambiumirõnga rakud poolduvad alatasa ja täidavad üksikute juhtkimpude vahed uute soonte ja sõeltorudega, nii et juba esimese suve jooksul tekib umbne ringikujuline puuosa seespool ja samasugune niinosa väljaspool.

Kõike seda tüveosa, mis asub väljaspool kambiumiringi, nimetatakse kooreks, seespool asuvat aga — puuosaks, peale kõige keskmise osa, mis koostub parenhüümist ja mida nimetatakse säsiiks. Mõnel puul, näiteks leedripuul, on see kobe parenhüümne säsi õige jäme, ja teda võib kerge tõukega tüvest välja suruda, mida sagedasti ka tehakse, et saada õõnsat puutoru.

Tüve ristlõigul võib juba luubi all märgata, et säsis jooksevad peened rakkude ribad kiirtetaoliselt läbi puuosa ja tungivad teatava määrani koosse. Need on selle algelise parenhüümikoe jäänused, mis täitis esialgu kõik juhtkimpude vahed. Neid nimetatakse säsiikiirteks. Säsiikiirtel on suur tähtsus. Kuna puu- ja niinosa rakud on sirutatud loodsihis, piki tüve, ning võimaldavad ainete voolu ülalt alla ja vastuoksa, moodusta-

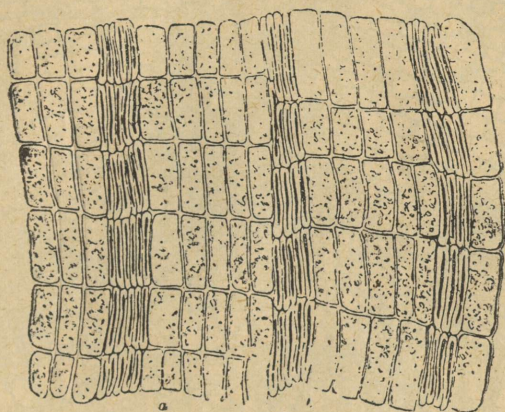
vad säsikiired tee, mille kaudu võib sündida ainete vahetus ristloodi suunas, horisontaalselt koore ja säsi vahel. Ühtlasi ühendavad nad ka juhtkimbu puu- ja niinosi. Säsikiirte rakud on elusad ja plasmarikkad ning neis võib alati leida tärklisi ja muid orgaanilisi aineid; neisse kogunevad talveks suuremad toiteainete tagavarad, mis lehed suve jooksul valmistanud. Lähemal kevadel, kui puu lehib, lahustuvad need tagavarad uuesti ning kanduvad okstesse ja pungadesse, et toita noori pungadest võrsuvaid lehekesi, seni kui need suuremaks saades võivad ise omale toitu muretseda.

Nii siis tekivad esimesel suvel ühtlased ringid puuosa, kambiumi ja koort. Neid osasid on kerge leida, sest neid võib näha isegi palja, varustamata silmaga. Kõigil on teada, kui kergesti tuleb koor kevadel noorte kasvavate varte pealt ära, iseäranis kui seda enne ühest kohast noaga lahti lõigata. See sünnib nii kergesti selle tõttu, et koor on ühendatud puuosaga ainult õrnade ja pehmete kambiumirakkude abil. Just see õrn limane kiht, mida leiame koore alt, ongi kambium. Rahvas kutsub teda ka mähiks. Sellele järgneb tihe valge puuosa.

Talve tulekul jääb kambiumirakkude tegevus seisma, — nad ei pooldu enam ja on säärases puhke seisukorras järgmise kevadeni. Soojade kevadiste päevade tulekul ärkavad kambiumirakud uuesti ellu ja hakkavad endist viisi poolduma. Sel teel tekivad jällegi uued puu- ja koorerakud. Nõnda muutuvad nii koor kui puu ikka paksemaks ja paksemaks, ehk küll lahku mineval viisil: uued puuosa rakud asuvad vanade peale, koor saab aga uusi rakkusid seestpoolt. Koore kõige vanemad rakud on järelikult välimised, kõige nooremad aga on pööratud kambiumi poole ja on puuosale kõige lähemad.

Arusaadav, et säärasel tüve paisumisel venitatakse välimised koore rakud ikka enam ja enam välja. Viimaks ei kannata nad seda alaliselt kasvavat sisemist rõhumist välja ja katkevad. Sedamööda, kuidas koor katkeb ja lõheneb, muutuvad vanade puude tüved pealt

ebatasaseks ja krobelseks ning hakkab lõhkenud kohtade all tekkima kork. Selle ülesandeks on kaitsta tüve väliste mõjude eest, mis koos tekkivate pragude ja lõhede läbi taimetele kergesti võivad kahju teha. Kork koostub rakkudest, mille kestad on läbi imbunud iseärase rasvataolise korkainega, mis muudab need vee- ja õhukindlaks. Korgirakud tekivad iseärasest rakkude-

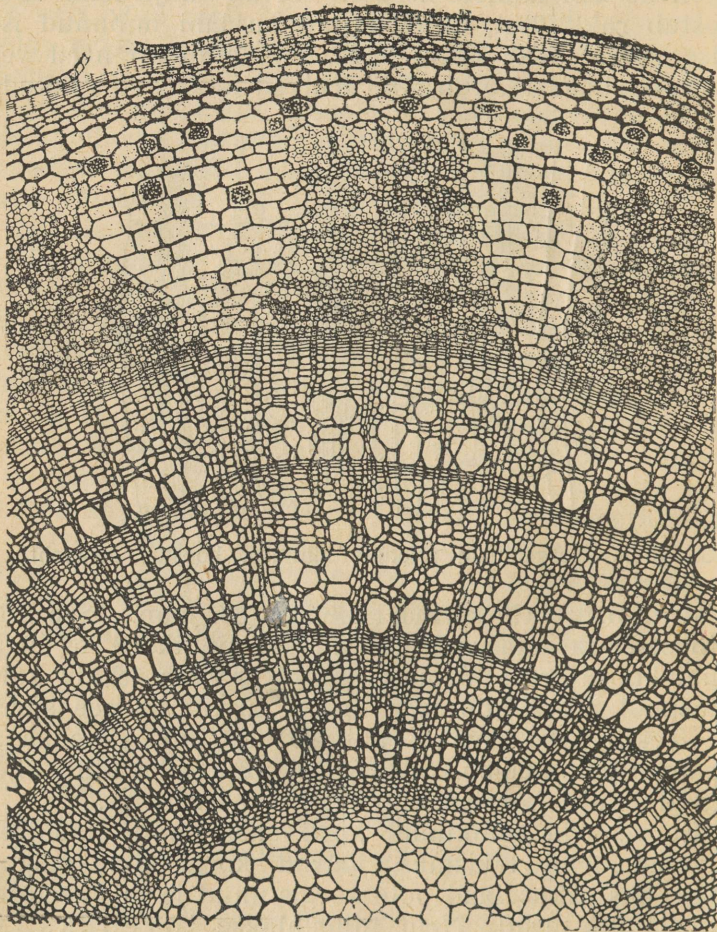


88. joon. Korgistunud rakkude kihtidest koostuv kasetoht.

kihist, n. n. kork-kambiumist (88. joon.). See kiht tekib otsekohe marrasknaha all või mõnikord ka sügavamal koore sees. Viimasel juhul eraldab tekkiv kork väljaspool oleva kooreosa muust tüvest, ja see sureb ära. Tekib paks surnud rakkude kiht, mis vähehaaval praguneb ja pudeneb. Seda välist pudenevat kihti ühes selle all oleva korgiga nimetatakse korbaks.

Et vee- ja õhukindel kork siiski mitte täieliselt õhuvahetust ei takistaks, jäävad korgi sisse paiguti kohad, kus rakuseinad pole korgistunud ja mis seetõttu õhku läbi lasevad. Neid nimetatakse lõvedeks, ja need tekivad harilikult seal, kus esialgses marrasknahas asusid õhulõhed. Lõved täidavad korgikorruga kaetud puutüvel õhulõhede aset ja paistavad väljastpoolt väikeste kühmukestena silma.

Nii tekivad kambiumi tegevuse tagajärjel igal suvel ikka uued ja uued koore ja puuosa rakkude kihid. Neid iga-aastasi kihte võib isegi palja silmaga väga hästi näha



89. joon. Pärna kolmeaastase oksaläbilõik: Väljastpoolt sissepoole asuvad järgmised rakkude kihid: 1. juba paiguti katkenud marrasknahk; 2. kork-kiht; 3. alukoore tohkude; 4. niinosa; 5. kambium; 6. kolm ringi puuosa, kus vahelduvad suured laiad kevadised rakud kitsaste sügiseste rakkudega; 7. säsi.

mahasaetud puude kändudel, kus nad esinevad korrapäraselt vahelduvate tumedamate ja heledamate ringidena. Aastarõngad ehk — nagu neid nimetatakse — aastalõimed tekivad selle tõttu, et kevadel arenenud ja sügisesed puuosa rakud pole mitte ühesugused. Kevadised rakud on suurte õõntega, sügisesed aga väikesed ja tihedasti üksteise ligi surutud. Siis tuleb talv, ja kambiumi tegevus jääb seisma. Kevadel aga järgnevad sügisestele väikese valendusega rakkudele otsekohe suured, nii et piir möödunud ja järgneva aasta rakkude vahel on järsk ning selge (89. joon.).

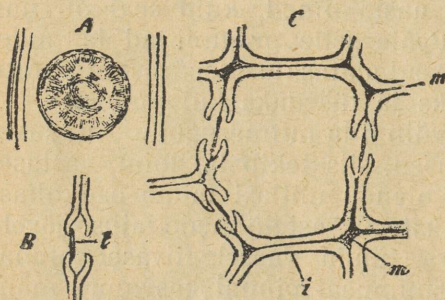
Ka kooses tekivad aastalõimed, kuid seal on nad vähem silmapaistvad. Peale selle pragunevad ja pudenevad koore välimised osad alatasa; sellepärast ei muutu koor kunagi nii paksuks ja tusedaks kui puuosa.

Aastalõimede laius võib olla mitmesugune. Kui suvel olid head kasvutingimused, siis tekib lai lõim, vastasel korral aga kitsas. See oleneb ühtlasi taime asukohast ja üldistest kasvutingimustest. Aastalõimede laiuse järele võib, näiteks, kohe ära tunda vaesel liivasel pinnal kasvanud mändi heal rammusal pinnal kasvanud männist. Esimesel on lõimed kitsad, kuid tihedad, sest nad koostuvad peenist, tihedasti üksteise ligi asuvaist rakkudest. Teisel sellevastu on õige laiad lõimed, sest igas lõimes on rakkusid rohkem ja need on suuremad. Selle eest on aga esimene puu ehitusmaterjalina kallihinnalisem ja väärtuslikum kui teine.

Et igal aastal tekib ainult üks aastarõngas, siis võime nende arvu järele otsustada puu vanuse üle. Just sel teel on kindlaks määratud mitmete hiiglapuude, nagu tuntud Ameerika mammutipuude (*Sequoia gigantea*) vanus, mis ulatub mõnikord mitmetuhande aastani.

Väga sarnased kaheiduleheliste taimedega on oma tüve ehituse poolest okaspuud. Neil leiame samuti koore, kambiumi, puuosa ja säsi. Puuosa on aga ehitatud enam ühtlase väljanägemisega rakkudest, nõnda nimetatud trahheiididest. Need on pikliku kujuga ja puitunud kestadega rakud, mis harilikkude soonte

sarnased, kuid pole mitte liitunud ühtlasteks soonteks, vaid seisavad üksteisest täiesti eraldi. Sooned puuduvad siin. Mahlade liikumist trahheiidide kaudu võimaldavad rohkearvulised poorid, millega trahheiidide seinad läbistatud. Okaspuudel on need poorid iselaadi ja kanavad koobaspooride nime. 90. joonisel näeme nende ehitust. Rakkude vaheseinas olevat poori ümbritsevad mõlemalt poolt iseärased koopalaadilised moodustised, kuna vaheseina keskkile poori avause kohalt on isemoodi paksenenud. Koobaspooride abil on okas-



90. joon. Koobaspoor: A — pealt vaadates; B ja C — küljelt vaadates; t — vaheseina keskkile paksendis (torus).

puudel võimalik paremini mahlade voolu kiirendada ja takistada, nii kuidas selleks tarvidus.

91. joonis kujutab männitüve puuosa ristlõiku.

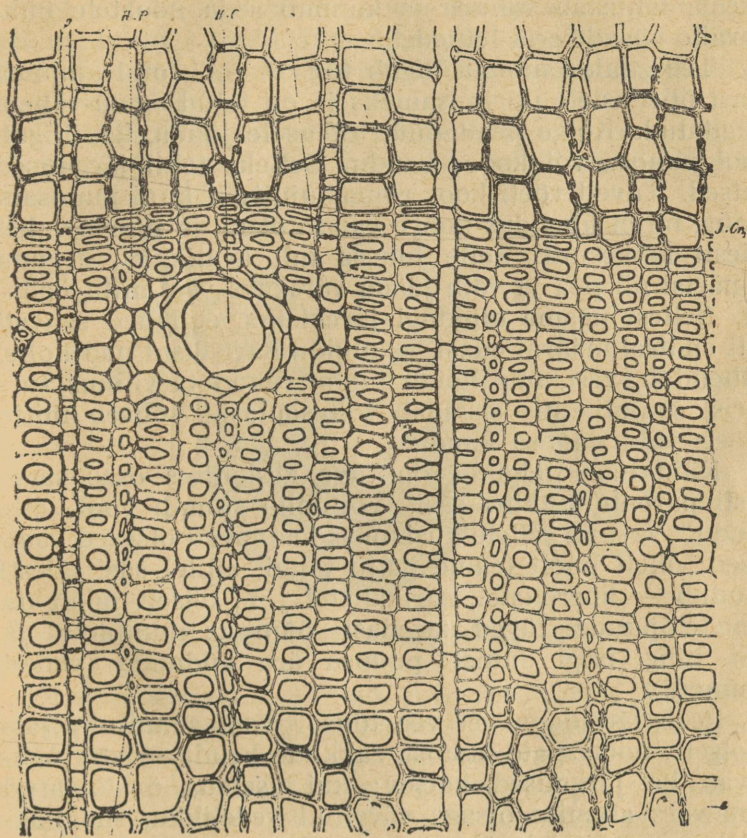
36. Mahlade liikumine tüves. Uurides tüve ehitust leidsime selles kahe-
suguseid mahla-
kandvaid osi: sooned, mis asusid

tüve puuosas, ja sõeltorud — tüve niinosas. Nende kaudu peab sündima taimemahlade liikumine, mis omakord peaks olema kahe-
sugune: tõusev vool kannab juurtest vett ja mineraaloolasid lehtedesse, langev vool toob tüvesse ja juurtesse lehtedes valmistatud orgaanilisi aineid. Vaatleme lähemalt neid teid, mille kaudu sünnivad mahlade voolud, ja ühtlasi tingimusi, millest see oleneb.

Tõusev vool. Et niisugune vool on tõesti olemas, seda teati juba ammu otsestest vaatlustest. Meie tähendasime juure ehituse vaatlemisel, et kui tüvi juurelt maha lõigata, siis hakkab lõike kohalt rohkesti mahlasid välja voolama. Sedasama võib näha ka okste ära-

lõikamisel ja üldse puu vigastamisel, iseäranis kevadel.

Kui puurime kevadel kase või vahtra tüvesse augu,



91. joon. Männitüve puuosa ristlõik: J. Gr. — kahe aasta piir: allpool (tüve seespool) peened paksukestalsed sügisesed rakud, ülalpool (tüve pinna pool) laiad kevadised rakud; g — säskiir; H. C. — lai õõs, mida mööda liigub vaik (=vaigukäik).

siis hakkab sellest mahla voolama, mõnikord väga suurel hulgal. Näiteks, kask võib anda 6—8 liitrit mahla ööpäeva jooksul, ja see kestab nii mitmed nädalad. See

mahl sisaldab rohkesti suhkrut, sest vesi, mis juur saadab tüvesse, satub siin kokku suurte suhkrutagavara-dega, mis eelmisel suvel rakkudesse valmis pandud tärk-lisena, lahustab suhkru ja kannab seda noortele puh-kevaile võsudele ja lehtedele.

Teed, mida mööda liigub tõusev vool, olid ammust ajast õpetlastele uurimisaineks ja on nüüd enam-vähem selgitatud. Kõige pealt püüti otsusele jõuda, kas liigub vool puuosa või koore kaudu. Selleks tehti järgmised katsed. Tüvelt võeti koor rõngakujuliselt kuni puuosani maha, nii et ühendus koore kaudu okste ja juurte vahel täiesti katkestati. Selle juures tuli avalikuks, et puu ei närtsi nii pea ja võib jääda värskeks veel mitu nädal. Sellest peame muidugi järeldama, et lehed saavad vett endisel määral edasi, — muidu närtsiksid nad kohe. Tähendab, vesi, mis hoiab taime rakud tarvilikus tur-goris, samuti, mis sisaldab toitesoolasid, tõuseb mitte koore, vaid puuosa kaudu.

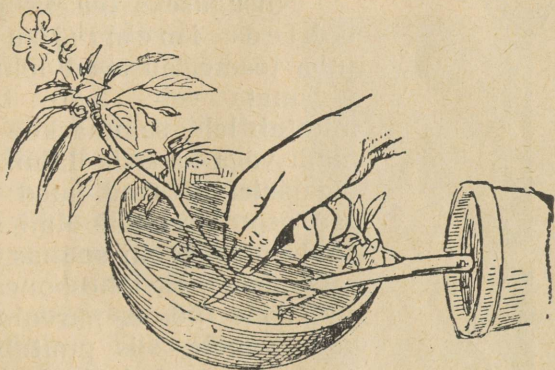
Kuid nagu nägime, on tüve keskmises osas sage-dasti parenhüümiline säsi. Võib-olla sünnib vool selle kaudu? Vastust sellele küsimusele annavad otsesed vaat-lused: ühelt poolt teame palju taimi, millel säsi täiesti puudub — kõrrelistel, sarikalistel j. t., teiselt poolt on vanadel puudel tüved sagedasti õõnsaks muutunud ja säsi ning isegi muist puuosa ära kõdunud (vanad tammed!).

Peab järeldama, et vee tõusev vool sünnib väljas-poolsete, nooremate puuosa rakkude kaudu. Seda tõen-davad ka järgmised katsed: kui asetada äralõigatud taimevars alumise otsaga värvitud vedelikku, siis hak-kab see vart mööda üles tõusma. Värv tungib isegi leh-tedesse ja õitesse, kui need varrel olemas. Tehes see-järel varrest mitmesugusel kõrgusel rist- ja pikilõikeid, näeme, et koor ja säsi on jäänud värvituks. Sooned on aga värvilisteks muutunud. Lehtedes ja õites, iseäranis valgeis, võime isegi palja silmaga jälgida värvaine lii-kumist soontes. Seda katset saab teha ainult äralõigatud vartega. Kui elusat kasvavat taime kasta värvitud veega,

siis ei jäta see mingit jälge taime sisemistesse kudedesse, sest juure rakkude plasma ei lase värvaineid läbi.

On võimalik vaadelda mahlade liikumist tüves ka otsekohe. Lõikame mõne noore taime varre maha ja vaatame luubiga järelejäänud kändu. Siis näeme, et läbilõigatud soontest, mis juurtega ühenduses, ilmub tilk tilga järele vesi.

Kõik kirjeldatud katsed ja vaatlused tõendavad, et just tüve puuosa sooned on teeks, mida mööda liigub tõusev vool.



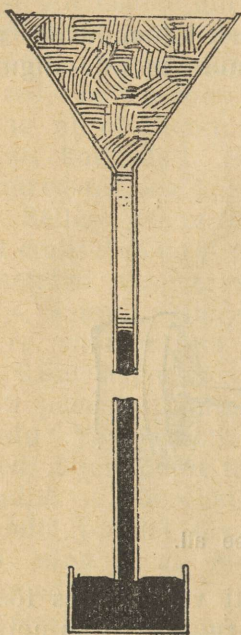
92. joon. Okste lõikamine vee all.

Missugused on aga jõud, mis vett varres üles tõstavad, puudes isegi 100—150 meetri kõrguseni? Üks neist on meile juba tuttav — nimelt juurerõhk. Juurekarvakeste kaudu imeb juur ümbritsevast mullast vahet pidamata vett. See vesi liigub siit osmootsel teel juure koorerakkudesse ja sealt läbilaskerakkude kaudu kesksilindri soontesse. Et läbilaskerakud vett alati ainult kesksilindri suunas edasi juhivad, siis tekib seetõttu soontes teatud rõhk ja vesi hakkab suure jõuga ülespoole liikuma, ja väiksemate puude jaoks oleks ainult sellest juurerõhust küllalt, et kogu puud veega varustada.

Kuid maakera pinnalt leiame sääraseid taimeriigi hiiglast, nagu eukalüptused, mammutipuud ja teised,

mis kerkivad kuni 150 meetri kõrguseni. Et tõsta vett nii kõrgele, peaks arvutamiste järele juurerõhk tõusma kuni 40—50 atmosfäärini. Säärast rõhku ei kannataks isegi tugevasti ehitatud aurukatlad välja.

Kas valitseb suurte puude tüvedes säärane kõrge rõhk. Ei. Säärast pole kunagi leitud. Seal valitseb tihti-



93. joon. Lehtede imevat tegevust selgitav katse.

peale isegi negatiivne rõhk. Sellepärast peaksime selgusele jõudma, kas pole mõnd teist jõudu, mis aitaks vett üles tõsta.

Niisuguseks teiseks jõuks on lehtede imemisjõud. Nagu juba teame, auravad lehed vahet pidamata vett. Selle tagajärjel muutub lehe sammaskoe rakkude mahl väga kangeks lahuseks, selle tagajärjel liiguvad uued vee hulgad osmootsel teel alati suurema kontsentratsiooni suunas, s. t. lehe rakkudesse. Et leheseonestik tungib igale poole parenhüümraakkude vahele, siis puutub soonte kaudu liikuv vesi õige rohkearvuliste vett-auravate rakkudega kokku. Nii on lehe aurav pind ühtlasi imevaks pinnaks. See imemine sünnib nii hoogsalt, et juured isegi ei jõua alati tarvilikul määral vett mullast vastu võtta ja edasi anda. Selle tõttu langeb

soontes rõhk ja ühtlasi tekivad veejoa sisse õhumullikesed. Negatiivse rõhu tõttu tungib õhk tihti läbi kudede soontesse.

Kui tüvi läbi lõigata, siis tungib soontesse väline, suurema rõhu all olev õhk ja takistab neis veevoolu. Sagedasti närtsivad murtud lilled isegi veenõus ruttu ära, sest väline õhk, mis soontesse tungis lilledel katkumisel, ei lase veevoolu soontes edasi liikuda. Et seda ei

sünniks, tuleks lillevarred vee all enne lillede vaasi asetamist ära lõigata. Katsete tegemisel — lehtede imemisjõu määramisel — tulevad aga varred nii vee all katki lõigata, nagu 92 joonisel kujutatud. Siis tungiks soon-tesse õhu asemel vesi, ja vool ei katkestuks.

Lehe rakkude imevat tegevust võiks näitlikuks teha järgmise katsega (93. joon.). Lehter täidetakse kipsiga; siis valatakse lehtri pikk peenike kael vett täis ja seatakse otsaga elavhõbedasse. Lahtine kipsi pind aurab vett ja imeb seda ühtlasi lehtri kaelast ühtelugu juurde, mille tagajärjel rõhumine väheneb ja elavhõbedasammas hakkab toru mööda tõusma.

Lehtede imemisjõudu võib näidata järgmise katse abil (joon. 94). Võetakse 0,5—1 m pikkune klaastoru, mõlemasse otsa asetatakse kummitoru, mis ühes otsas niidi või nõõriga kõvasti kinni seotakse. Toru täidetakse keedetud ja rahulikult ärajahutatud veega (võib ka destilleeritud veega). Nüüd suletakse mõlemad kummitorud näpitsatega.

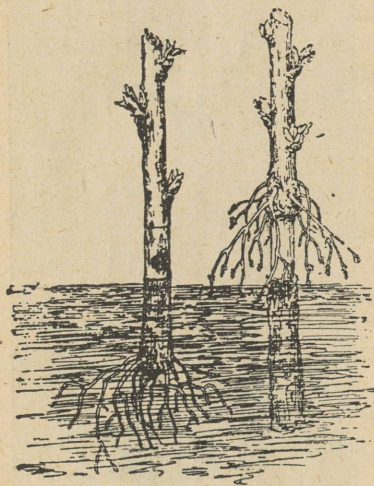
Lõigatakse vee all paras puuoks (pappel, paju, haab) ja asetatakse see vee all kinniseotud kummitorusse, keeratakse oks alla, toru üles, avatakse näpits ja seotakse toru oksa ümbert kõvasti kinni. Nüüd avatakse ka ülemine näpits ja täidetakse, kui tarvis, toru ääreni veega. Tõmmatakse kummitoru tihedalt klaastoru avausest üle ja asetatakse nüüd elavhõbedaga täidetud nõusse ning võetakse ettevaatlikult kummitoru klaastoru otsast ära. (Kogu aja on tarvis silmas pidada, et klaastorru ei jääks ühtki õhumulli!)



94. joon. Lehtede imemisjõud.

Kinnitatakse oks klaastoruga statiivi külge ja kui tarvis, kuivatatakse lehed filterpaberiga. 10—15 minuti järel on näha, kuidas elavhõbe klaastorus tõusma hakkab. Tõusmine võib kesta 1—2 tundi. Elavhõbeda-samba kõrguse järele võime arvutada lehtede imemisjõudu. On korda läinud näidata, et see imemisjõud on taimedel peentes torudes palju suurem 1 atmosfäär-rist. See on seda enam tähtis, et seega on tõestatud, et neis torudes ei teki Torricelli tühjust.

Nii siis võib vee liikumise põhjusteks pidada kaht peategurit: juurerõhku ja lehtede imemist vee auramise tagajärjel. Teisteks jõududeks on veel soonte kapillaarjõud ja elusate rakkude aktiivne tegevus.



95. joon. Pajuoksa võsumine pealpool kooritud kohta.

Langev vool. Langeva voolu olemasolu ja selle teid on tõendanud samad katsed tüvede koorimisega, millest rääkisime juba eespool. Me nägime, et tüve rõngakujuline koorimine ei surma veel otsekohe taimet. Taim püsib värske mitmed nädalad ja isegi kuud. Kuid lõpuks kuivab ja sureb ta siiski. Vaatlused on näidanud, et kõige pealt surevad

juured tarvilikkude toitainete puudusel. Selle tagajärjel jääb ka tõusev veevool seisma. See katse viib mõttele, et orgaaniliste toitainete vool liigub koore kaudu.

Kui me võtame koorerõngad üksikuult vähemalt okstelt, siis tuleb avalikuks, et seesugused oksad kasvavad mõnikord veel paremini kui teised, sest kõik lehtedes valmistatud materjal ei liigu edasi, vaid jääb nende

okste tarvitada. Kui säärane oks kannab vilja, siis on see sagedasti suurem ja rikkalikum kui teistel okstel.

Võib teha veel järgmist katset. Lõikame kevadel paju või papli küljest $1\frac{1}{2}$ —2 sentimeetri jämeduse oksa, võtame sellelt alumise otsa lähedal koore rõngakujuliselt maha ja paneme siis oksa vette, nii et kooritud koht jääks vee alla (95. joon.). Siis näeme, et uued juured tekivad peaasjalikult ülalpool kooritud kohta. Allpool seda tekivad ainult mõned üksikud ja needki jäävad kängu.

Kõik need vaatlused ja katsed on tõenduseks, et langev vool liigub koore kaudu. Ja missugustes koore osades? Selle peale vastavad koore ehituse uurimused. Just koore niinosas asuvad sõeltorud sisaldavad suvel rohkesti orgaanilisi aineid, talvel on nad aga tühjad. Selle eest on aga kõik koore ja säsikiirte parenhüümrakud siis ainetega täidetud. Kevadel näeme orgaanilisi aineid sõeltorudes uuesti. See viib meid mõttele, et just sõeltorud on langeva voolu teedeks.

Üheiduleheliste juhtkimbud on kinnised, neil puudub kambium, sellepärast pole nende tüvedel ka selgesti eraldatud koort ja puuosa. Igal juhtkimbul on aga oma puu- ja niinosa, järelikult igas kimbus sünnib oma tõusev ja langev mahlade vool.

VII. Sigimine.

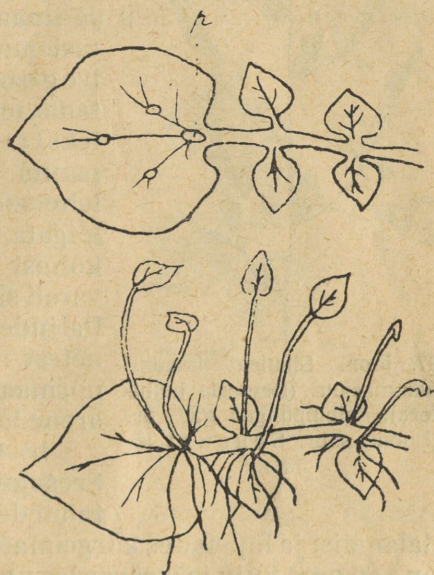
37. Sigimisest üldse. Eelmistes peatükkides tutvusime sellega, kuidas taim areneb seemnest ja omandab lõpliku, täiskasvanud kuju, kuidas ta end toidab, kuidas ta hingab ja, üldse, kuidas sünnib temas keerukas ainevahetus; kuidas ta vastab mitmesuguseile väliseile ärritustele. Kui taim on seesuguse arenemiskäigu läbi teinud ja saanud täiskasvanuks, siis järgneb sellele vanus ja surm — kas loomulik või vägivaldne. Et aga surmaga taimeliik ei kaoks, siis hoolitsevad taimed, samuti kui kõik elusad organismid, järeltuleva soo eest, kes elu edasi kannaks. Niisugust elu edasiandmist ja järeltulijate soetamist nimetatakse sigimiseks.

Sigimisviisid on kahesugused. 1) Taimkehadele tekiavad isesugused sigikehad või pungad, mis emataime küljes või sealt eraldudes kasvama hakkavad ja iseseisvaiks emataime sarnasteks kasvudeks arenevad. Sisult on need moodustised ühe- või paljurakulised idud. Niisugust sigimisviisi kutsutakse vegetatiivseks ehk sugutuks. 2) Teisel sigimisviisil valmivad isesugustes taimerakkudes või organites kahesugused rakud, sugurakud, mis alles pärast kahekaupa kokkuliitumist — sugutamist, omandavad pooldumisa edasiarenemisvõime ning iseseisvaks taimeks kujunevad. See on suguline ehk seksuaalne sigimisviis.

38. Vegetatiivne sigimine. a) Paljurakulised moodustised. Siin eraldab taim enesest osad, mis

varustatud kõige tarvilikuga iseseisva elu jaoks. Sattudes kohaseisse tingimusesse, hakkavad need taimeosad või sigikehad arenema ning muutuvad viimaks täiskasvanud ja omakord sigimisvõimeliseks taimeosaks. Need eraldatud osad võivad olla väga mitmesuguste taime elundite küljest pärit. Mitmeil samblaliikidel eralduvad taimekeha küljest iseärased rakkudekogud, n. n. pesakehad, mis kantakse veevooluga või tuulega emataimest eemale ja tekitavad uusi taimeeksemplare. Kõrgemal taimeelendil näeme sagedasti lehekaenlas või lehtede peal iseäraseid pesapungi, mis ka eralduvad emataimest ja arenevad uuteks taimeosaks.

Kõikidele tuntud valgete õitega kevadine rohttaim aasjürilill (*Cardamine pratensis*) heidab alumised lehed ära, ja nende peal olevaist pesapungadest kasvavad uued



96. joon. Aas-jürilille (*Cardamine pratensis*) mahalangenud lehtedel asuvad pungad (p), millest kasvavad uued taimed.

taimed (96. joon.). Paljudel taimeelendil on n. n. sibulpungad (97. joon.) või veel talvpungad nagu kilbukal (*Hydrocharis*), vesikarikal (*Stratiotes*) jne.

Mitmed taimed, nagu kartul, kanakoole ja teised, sigivad maa-aluste mugulate abil, sibulal ja teistel sellelaadilistel taimeelendil on sigimiseks sibulad. Maa-sikas ja hanijalg ajavad maad mööda roomavaid

võsundeid, millel on ladvapungad; nad eralduvad viimaks, omandavad juured ja muutuvad iseseisvaiks taimedeks (98. joon.).



97. joon. Sibulaid kandev hammasjuur (*Dentaria bulbifera*), sibulpungadega br. (Loom. suur. Schenk'i järele.)

Sagedasti eraldab ka inimene taime küljest osi, et neist kunstlikul teel uusi taimi kasvatada. Äralõigatud pajuoks omandab vees või niiskes mullas juured, ja maa sisse pistetult kasvab tust uus paju. Tuntud taimel begoonial on omadus kasvatada lehtedest uusi taimi. Selleks tarvitseb äralõigatud leht panna ainult niiskele liivale ja lehe sooned mõnest kohast läbi lõigata, — siis kasvavad lõikekohast juured ja varred, ning varsti sirgub neist terve uus taim. Paljudel veetaimedel võivad lainetest katki kistud kehaosad normaalseks taimedeks edasi areneda.

b) Üherakulised idud. Seesuguseid idurakke võib leida taimede juures, alates kõige madalamaist ja lõpetades kõrgeimate õistaimedega. Muidugi on nad oma kuju ja iseärasuse poolest väga mitmesugused.

Lihtpäraseil niitvetikail, näiteks ödogooniumil (*Oedogonium*), tõmbub ühe raku plasmaline sisu tom-



98. joon Maasika sigimine roomavate võsundite abil.

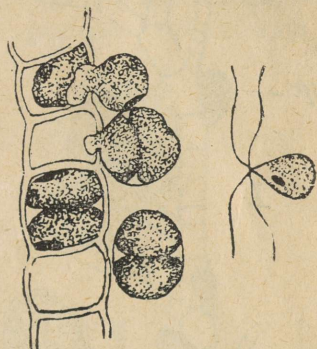
buks kokku ja lahkub kestast selles tekkinud avause kaudu. Säärane plasmatombuke, mida nimetatakse zoosporiks, ujub vabalt vee sees vibukate abil, millega ta varustatud, vajub viimaks põhja, ümbritseb enese kestaga, hakkab poolduma ning muutub viimaks uuesti niitvetikaks. Ulootriksil (*Ulotrix zonata*) jagub raku sisu enne kestast lahkumist mitmeks vähe- maks osaks; rakust välja tulles omandavad nad samuti vibukaid ja muutuvad zoosporideks (99. joon.). Nende pärastine saatus on sama, mis ödogooniumi zoospooridel. Zoosporid on vabalt liikuvad sigimisrakud, ja neid leiame ühel või teisel kujul kõikide vetikate juures.

Kuna niitvetikail võis iga rakk zoospore teki- tada, on enam-arenenud pruunidel ja punastel me- rivetikail selleks iseärased rakud, n. n. zoosporan- giomid ehk eospesad.

100. joonis kujutab meie ektokarpuse (*Ectocarpus penicillatus*) oksakest sporangiumidega.

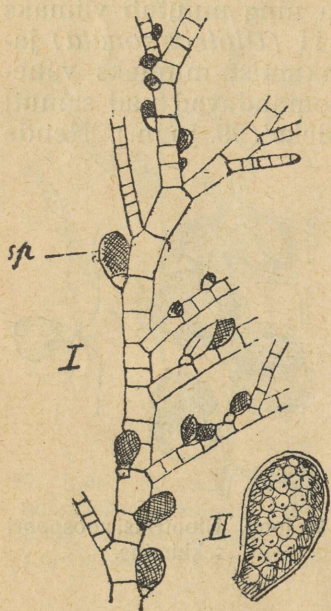
Vees elutsevate seente sigimisrakud tekivad samuti, nagu vetikail. 101. joonis kujutab saproleegnia zoosporide tekkimist.

Suurem osa seeni elab aga niiskes, mädanevate orgaaniliste jäänuste poolest rikkas mullas või muus samalaadses keskkonnas. Et siin, mullas, zoosporid ei saa enam vabalt vibukatega edasi liikuda, siis kaovad need ära, ja vabalt liikuvad zoosporid muutuvad passiivselt edasi kantavaiks eosteks — spoorideks. Eoste edasikandjaks on harilikult õhk — tuul, seepärast tõstetakse eoseidtekitavad moodustised isesuguse jala abil keskkonnast kõrgemale, tuule kätte. Eosed võivad



99. joon. Ulootriksi zoospori tekkimine.

oma kujult, suuruselt ja tekkimisviisilt olla väga mitmesugused. Nii, näit., madalamail seentel — hallitusseentel (*Aspergillus*, *Penicillium*) (102. joon.) tekivad nad seenehüüfi otstel ridamisi lihtsa soonistumise teel



100. joon. I — Ektokarpuse oksake eospesadega (sporangiumidega) — sp. II — Üksik eospesa, tublisti suurendatud.

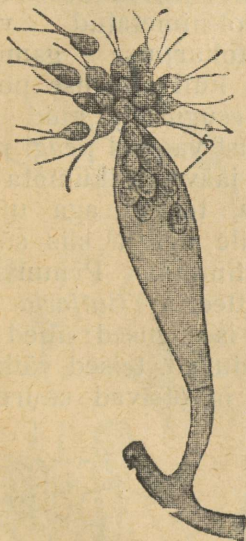
eospesades ehk sporangiumides. Mõningail veesõnajalalistel (*Salvinia*, *Isoetes* jne.) tekivad kahe- sugused eosed: suured — makrospoorid ja väiksemad — mikrospoorid. Samuti on kahe- sugused eosed ka paljasseemnelistel (*Gymnospermae*) ja õistaimedel. Kuid neist mikro- ja makrospooridest ei arene enam korrapäraseid suuri taimi, vaid harilikult ainult mõnerakulised isas- ja emas- sugurakke kandvad organid.

ja nimetatakse koniidideks. Kõrgemate seente ühel grupil — n. n. jalgeosistel (*Basidiomycetes*) tekivad eosed harilikult neljakaupa iseäraste jalgade — basiidiumide — otsas, mis asuvad hariliku maapealse seenekübara alumisel küljel (103. joon.). Jalgeosiste hulka kuulub suurem hulk meie harilikke metsaluseid seeni.

Teisel grupil, n. n. kottseentel (*Ascomycetes*), tekivad eosed nelja-kaheksakaupa iseärastes kottides (*asci*), mis ühinevad seene maapealseks eoseidkandvaks kehaks (104. joon.). Valmimisel lõhkeb kott ja eosed puistuvad välja.

Sammaldel ja sõnajalalistel asuvad eosed isesugustes paljurakulistes mahutites —

39. Suguline sigimine. Selle sigimisviisi järgi teki-
vad emataime külge isesugused s u g u r a k u d, kuid need
ei arene muidu edasi, kui nad on ühinenud, ühte sula-
nud teise sugurakuga. Kõige lihtsamal kujul näeme
seda protsessi jällegi niitvetikate, näiteks ulootriksi juu-
res. Ühe raku plasma jagub mitmeks tombuks, nagu
see sündis zoosporide tekki-
misel, need omandavad en-
dile vibukad (harilikult ar-
vult pool vähem kui zoospori-
ridel), poevad rakukestast



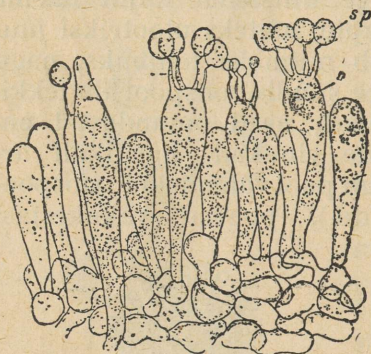
101. joon. *Saprolegnia mixta*. Sporangium saa-
dab välja kahevibuka-
lisi zoospore s². (G.
Klebs'i järele).



102. joon. Hallitus-
seene (*Aspergillus*
herbariorum) ko-
niide loov hüüf. 540
k. suur. (Kny'
järele.)

välja ja ujuvad vees vabalt ümber. Seal satuvad nad
paariviisi kokku, heidavad vibukad ära ja sulavad ühte
(105. joon.). Seesugused liikuvad sugurakud kannavad
üldiselt gameetide nime, nende ühtesulamist nimeta-
takse kopulatsiooniks ehk sugutamiseks, ja
selle tagajärjel tekkinud raku tsügoodiks ehk liit-
eoseks. Mahuteid, kus tekiavad gameetid, nimetatakse
gametangiümideks.

Ulootriksi gameedid on täiesti ühesugused ja sellepärast nimetatakse säärast sugulist sigimisviisi isogaamiaks. Vaadeldes teiste enam-arenenud vetikate sugulist sigimist, märkame

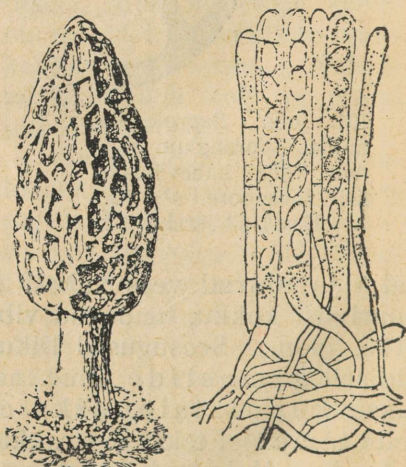


103. joon. Basiidiumid ehk eosjalad.

peagi lahkuminekut ühtesulavate gameetide suures ja omadustes. Eespool nimetatud vetika ektokarpuse gameedid on küll suuruse poolest ühesugused, kuid ühed neist vaavad peagi põhja ja jäävad liikumata seisma, teised aga ujuvad neile ligi ja siis sünnib ühtimine. Pruunvetika kutleeria (*Cutleria multifida*) gameedid on kohe tekkides isesugused; ühed suured rohelised, mis peagi põhja vajuvad, teised väikesed värvusetud, mis kiiresti liiguvad ja otsivad suuremaid gameedid üles, et nendega ühtida.

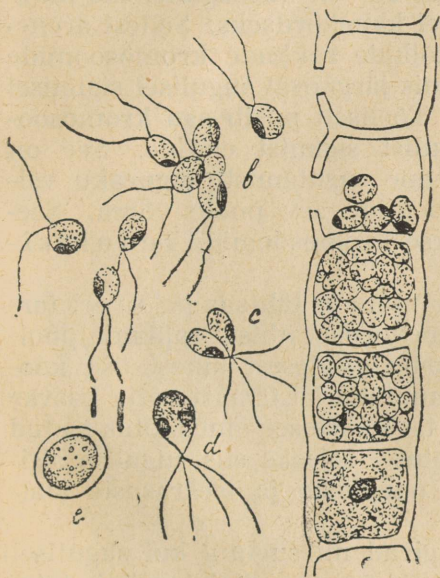
Madalamate seenete juures on samuti sugurakud isesuuresed. Nii on saproleegniaal liikumatud suured munarakud ja aeglaselt roomavad väikesed seemnerakud.

Iga kord, kui meil on tegemist isesuguste gameetidega ehk nõndanimetatud heterogaamilise sigimisviisiga, nimetatakse suuremaid gameete emasgameeti-

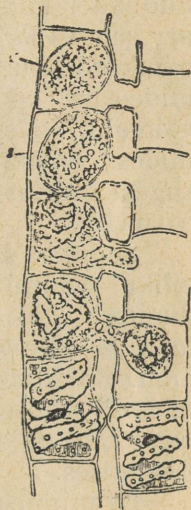


104. joon. Kottseen — mürkel.

deks, väiksemaid ja väledamaid aga isasgameetideks. Isasgameetidid kannavad ka seemnerakkude ehk spermatozoidide nime, ja elundeid, milles nad tekivad, nimetatakse anteriidiumideks (*antheridium*) ehk seemnerakkude mahutiteks. Emasgameete nimetatakse aga teisiti munarakkudeks; neid tekitavat algrakku — oogoniumiks



105. joon. Ülootriksi suguline sigimine.



106. joon. Spirogüüri konjugatsioon.

(*oogonium*), paljurakulist organit aga, kus asub munarakk sammaldel ja sõnajalalistel — arhegooniumiks. Sagedasti püsib munarakk oma esialgses asupaigas ja seemnerakk tungib sinna sisse ning sulab seal munarakuga ühte. Mõnel vetikaliigil, näiteks spirogüüril, on mõlemad gameetid oma vaba liikumise kaotanud ja nende ühtesulamine sünnib iseärase torukese kaudu, mis kasvab rakkude vahele (106. joon.). Säärast sugulise sigimise viisi nimetatakse konjugatsiooniks.

niks ehk liitumiseks ja sellest tekkinud rakku — tsügoodiks.

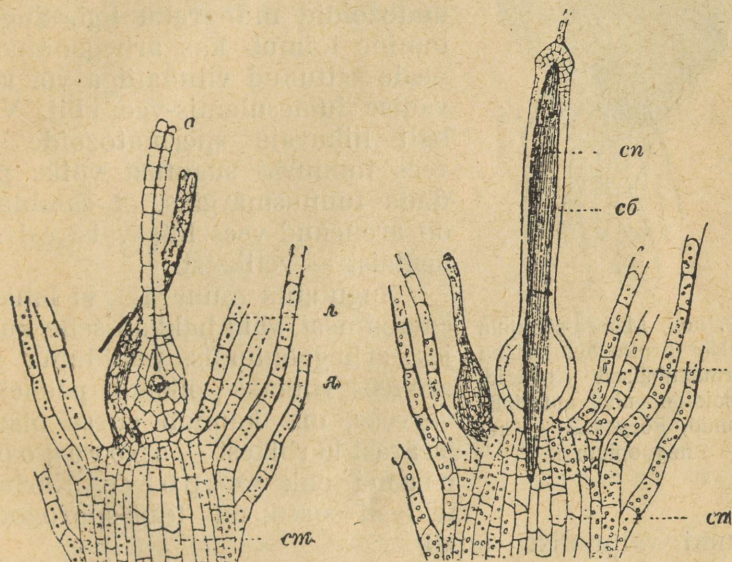
Sündigu suguline sigimine ühel või teisel viisil, ikka näeme selles iseloomulist silmapilku — sugurakkude (gameetide) ühtimist, sugutamist. Selle juures ühtib plasma plasmaga ja tuum tuumaga. Et kõikide ühte taimeliiki kuuluvate taimerakkude, järelikult ka gameetide tuumades asuvate kromosoomide arv on ühesugune, siis muutub see tuumade ühtimisel kahekordseks. Sellest arenenud uuel taimel oleks kõikide rakkude kromosoomide arv samuti kahekordne, mis järgneval sugulisel sigimisel omakord suureneks jne. Tõeliselt püsib aga kromosoomide arv ka peale sugulist sigimist endine. See on võimalik selle tõttu, et enne sugutamist, suguraku valmides, väheneb kromosoomide arv poole võrra. See sugust nähtust nimetatakse kromosoomide reduktsiooniks.

Sugulise sigimise õige mõte ja tähtsus pole veel tarvilikul määral selge. Mitmekordsel lihtsal rakkude pooldumisel võib sugurakk oma esialgsest ainest osa kaotada, ja selle tõttu võib muutuda ka temast välja kasvav taim. Rakkude ühtimisel tasutakse see ainekaotus teatud määral, ja seesugusel oletusel seisaks siis sugulise sigimise tähtsus taime liigi omaduste ja iseärasuste alahoidmises.

Et mitmed taimed sigivad nii sugutul kui sugulisel teel, siis on huvitav tähele panna, millal tarvitab taim üht või teist sigimisviisi. Sagedasti oleneb see sisemistest iseärasustest, ja suguline sigimine vaheldub korrapäraselt suguta sigimisega. Kuid haruldane pole ka nähtus, et taime sigimisviis oleneb välistest, ümbruskonna tingimustest. Iseäranis huvitavaid tagajärgi on andnud sellekohased katsed *nuivetikaga* (*Vaucheria*). Häis ja soodsais tingimustes kasvavad nad jõudsasti ja sigivad ainult zoosporide abil. Kui aga tingimused halvenevad, kas langeb soojus või tuleb puudus toiteaineist, siis hakkavad nad suguliselt sigima, mille tagajärjel tekkinud oosporid on vähem tundlikud halbade tingimuste

vastu ja võivad neid ilma suurema kahjuta ära kannata. Et nuivetika ja teiste sellelaadsete vetikate elamistingimused muutuvad perioodiselt aasta-aegade järele, — veed külmuvad talvel ja kuivavad suvel, — siis vahelduvad nende juures sigimisviisid ka enam-vähem perioodiselt.

40. Sammalde ja sõnajalgade sigimine. Põlvede vaheldus. Et tutvuda sammalde sigimisega, jälgime

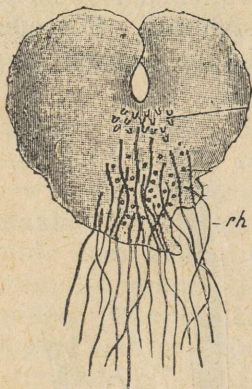


107. joon. Käolina (*Polytrichum commune*) arheooniumid ja anteriidiumid. a — arheooniumiga emastaim; b — anteriidiumidega isastaim.

mõne hariliku samblaliigi, näiteks käolina (*Polytrichum commune*) arenemist. Selle nime all me tunneme väikest niiskeil kohtadel kasvavat rohelist taimekest, mille peent sirget vart katavad rohkearvulised väikesed lehekesed ja millel veel päris juured puuduvad. Juurte aset täidavad käolinal haralised rakuniidid, nõndanimeetatud ritsoidid.

Suve alul ilmuvad käolina ladvale sugurakke sisaldavad organid — ühel taimel anteriidiumid ja teisel ar-

hegooniumid. Need on juba keerukad paljurakulised moodustised (107. joon). Anteriidiumis valmivad rohkearakulised väikesed isased sugurakud — vibukatega varustatud spermatozoidid, arhegooniumis aga üks ainuke



108. joon. Maarja-sõnajala eelleht (prothallium). Näha narmakujulised ritsoidid, ritsoidide vahel antiidiidiumid, kõrgemal — arhegooniumid.

niumi valmimisel laiail kannab. Kohaseisse tingimusesse sattunud eos hakkab idanema ja kasvab viimaks peeneks haraliseks niidiks, mis maad mööda roomab. Seda nimetatakse sambla eelniidikeseks (*protonema*). Eelniidikesel tekivad pungakesed, millest sirguvad meile tuntud käolina eksemplarid.

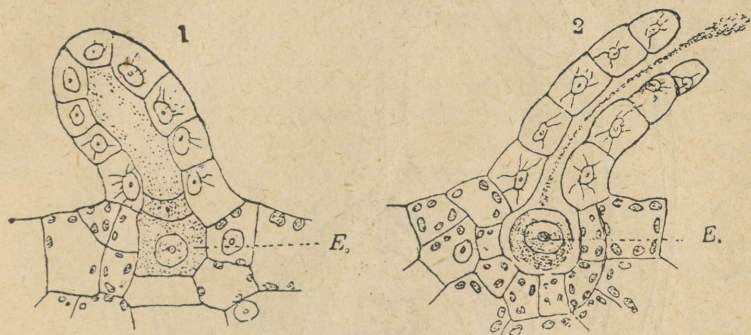
suur liikumatu munarakk. Sugurakkude ühtimine — sugutamine võib sündida ainult vees, sest muidu ei pääse liikuvad spermatozoidid munaraku ligi. Sugutamine toimub kas arhegooniumi peale sattunud vihmatilga või kevadise lumesulamis-vee abil. Vabalt liikuvaid spermatozoide ja vees toimuvat sugutust võiks pidada tunnusmärgiks, et samblad on arenenud veeselutsevaist esivannemaist — vetikaist.

Sugutatud munarakk ei lahku emataimest, vaid hakkab selle küljes, arhegooniumis, poolduma ja areneb viimaks pikaks peeneks varreks, mis kannab enese otsas iseärást karbikest — sporogooniumi ehk eospõlve. Karbis tekivad eosed, mis tuul sporogoo-



109. joon. Sõnajala antiidiidium. Siin valmivad karvakestega varustatud liikuvad spermatozoidid.

Umbes samalaadne arenemiskäik on ka sõnajalalistel taimedel. Harilikult sõnajala nime all tuntud taime lehtede alumisel küljel tekivad sügise poole pruunid kühmukesed — eosed — sporangiumid, milles valmivad eosed. Tuulest laiali kantud eosed hakkavad idanema ja arenevad väikesteks südamekujulisteks rohelisteks lehtedeks — sõnajala eellehtedeks (*prothallium*) (108. joon.). Eellehtedel ilmuvad antiiridiumid ja arhegooniumid (109. ja 110. joon.), ning peale muna-



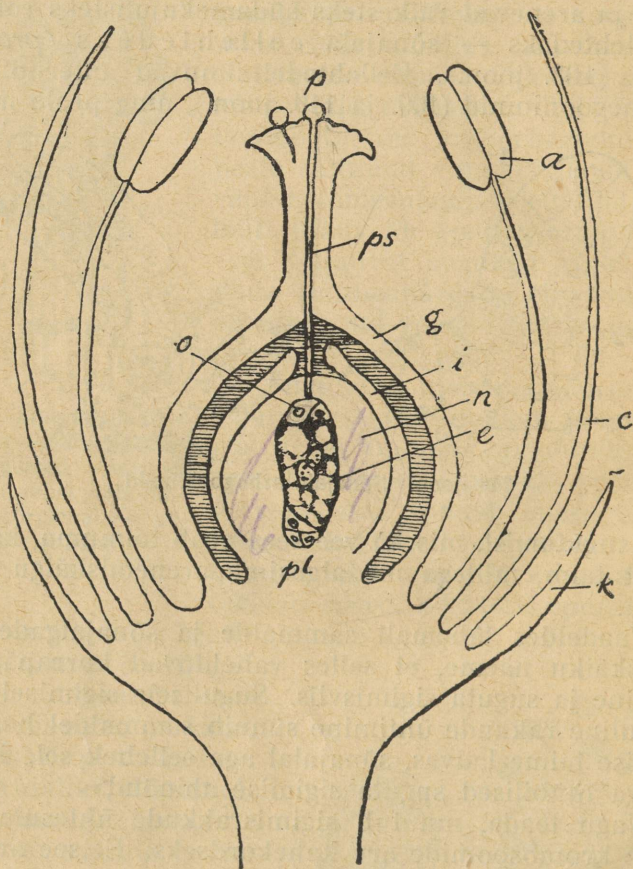
110. joon. Sõnajala arhegooniumid.

raku sugutamist, mis ka vee sees peab toimuma, kasvab sellest taim, millega me algasime arenemiskäigu vaatlemist.

Vaadeldes lähemalt sammalde ja sõnajalgade arenemiskäiku näeme, et selles vahelduvad korrapäraselt suguline ja suguta sigimisviis. Sugulisele sigimisele iseloomuline rakkude ühtimine sünnib sammaldel hariliku rohelse taime ladvas, sõnajalal aga eellehekesel. Eosed on aga tüübilised suguta sigimise abinõud.

Nagu teada, muutub sigimiserakkude ühtesulamisele nende kromosoomide arv kahekordseks. Et see arv vahet pidamata ei tõuseks, peab rakkude ühtesulamisele järgnema kromosoomide arvu vähenemine poole võrra ehk nõndanimetatud reduktsioon. Sammaldel ja sõnajalgadel sünnib see eoste tekkimisel. Nii võib siis nende taimede arenemiskäiku jagada kahte lahkumisevasse

järku. Ühes on raku normaalse kromosoomide arvuga, ja sammaldel kestab see eoste tekkimisest kuni munaraku ja seemneraku ühtesulamiseni. Tähendab, siia järku kuuluvad eosed, eelniidike ja harilikult sambla



111. joon. Õistaime õie skemaatiline kujutis: k — tupp-
leht; c — kroonleht; a — tolmukas; g — emakas; pl — platsenta; n —
seemnepunga tuum; i — seemnepunga katted; e — embrüokott; o —
munarakk; p — idanev tolmuttera; ps — selle niit, mis tungib
munaraku juurde.

nime all tuntud taim ise. Teises järgus on kromosoomide arv kahekordne ja siia kuuluvad: sugutatud munarakk ja sporogoonium. Et esimesse järku kuuluvad sugulise sigimise organid — anteriidiumid ja arhegooniumid, siis nimetatakse seda suguliseks põlveks (*gametophytum*) — x-generatsioon, teist aga suguta põlveks (*sporophytum*) — 2x-generatsioon.

Samasugune on lugu sõnajalgadega. Siin käivad sugulise põlve hulka eosed ja eelleheke, suguta põlve moodustab aga taim ise. Järelikult vastab samblaks nimetatud rohelisele taimekesele lihtsapärane sõnajala eelleht ja lihtsale sambla sporogooniumile — suur arenenud sõnajala taim roheliste lehtede, varre ja juurtega. Suurema osa sambla arenemiskäigust sünnitab suguline põlv; sõnajalgadel on aga lugu vastupidine — siin on tähtsama ja silmapaistvama koha omandanud suguta põlv, kuna sugulise põlve esindajaks on jäänud ainult vaevalt märgatav eelleheke.

41. Õistaimede sigimine. Niisugust selgesti silma paistvat põlvede vaheldust, kui seda nägime sammalde ja sõnajalgade sigimises, pole õistaimedel olemas. Terve sigimisprotsess sünnib siin taime iseärases selleks määratud osas — õies. Munarakk asub siin suures keeruka ehitusega rüüstas — emakas (*gynoeceum*) (111. joon.). Emaka tähtsamaks osaks on alumine jämedamaks paisunud sigimik, mis peeneneb ladva pool pikaks peeneks emakakaelaks. Emakakaela ülemise otsa moodustab suue. Sigimikus asuvad üks või mitu seemnepunga (*ovulae*), mis on kaetud ühe või kahe kattega (*integumenta*); katete all asub tuum (*nucellus*) ja selle sees embrüokotis muna-aparaat. Seemnepunga ülemises osas jääb katetesse väike pilu — seemnepilu (*micropyle*). Alumise osaga on seemnepung kinnitatud sigimiku põhja külge ja siit ulatuvad seemnepungasisse juhtkimbud, mille kaudu ta saab tarvilikku toitu.

Juba varakult võib märgata seemnepungas üht suuremat rakku, nõndanimetatud embrüokotti. Peagi pooldub selle tuum kaheks tuumaks, mis rändavad emb-

rüokoti otsapoolseisse osadesse. Seal poolduvad nad veel kaks korda, nii et embrüokoti kummaski otsas tekib neli tuuma, millest kummaltki poolt üks rändab tagasi embrüokoti keskele ja liitub siin teisega ühte, tekitades uue, nõndanimetatud teiselise embrüokoti tuuma. Kumbagi embrüokoti otsa jääb seega härilikult kolm tuuma, millest ühte, seemnepilu kohal asuvat, tuleb vaadelda kui munarakku; tema kõrval on kaks korraliku sünergiidi. Munaraku sugutamise sünnib tolmutera kaudu, mis valmib tolmuks (*androeceum*). Tolmuks koostub tolmuaniidist ja tolmucapeast; viimases asuvad tolmuksotid; nendes valmivad tolmuterad (=õietolm), mis satuvad siit emaka suudmele. Tolmutera sattumist emaka suudmele nimetatakse tolmuksimiseks. Tolmuksimine toimub kas tuule abil (anemofiilsus), putukate abil (entomofiilsus) või lindude abil (ornitofiilsus). Tolmuksisel võib sama õie õietolm sattuda emaka suudmele (isetolmuksimine), või jälle teiselt taimelt (risttolmuksimine). Tolmutera hakkab emaka suudmel idanema ja ajab enesest pika torukese välja, mis kasvab emakakaela kaudu seemnepunga juurde. Ühtlasi pooldub tolmutera tuum, üks pool jääb paigale, teine aga liigub torukese otsa sisse. Paigalpüsinud tuum ei võta sugutamise otsekohe osa, sellepärast nimetatakse teda vegetatiivseks (toite-) tuumaks, teist aga generatiivseks (sigimis-) tuumaks. Seemnepunga juurde jõudes tungib toruke seemnepilust või katetest läbi. Samal ajal pooldub temas elav tuum veel kord, üks pool sulab ühte munarakuga, teine aga kõrvalraku tuumaga. Sugutatud munarakk omandab seejärel kesta, hakkab poolduma ja temast areneb idu. Embrüokoti teiselisest tuumast tekib aga seemne toitekude (*endospermum*). Seemnepunga katted moodustavad seemnekatte, sigimiku seinad aga viljakatte.

Õistaimede tolmutera ja embrüokotti võib võrrelda sammalde ja sõnajalgade eostega. Kõik järgnevad arenemisastmed — eelleht, arheooniumid ja anteriidi-

umid ning viimaste vahel toimuv sugulise sigimise protsess — sünnivad siin äärmiselt lihtsustatud kujul emaka sees. Tolmutera generatiivset tuuma võib vaadelda kui lihtpärast anteriidiumi ja ühtlasi kui seemnerakku, mis aga oma vaba liikumise on kaotanud. Embrüokoti tuuma pooldumisel tekkinud tuumad oleksid osalt arhegooniumi jäänused ja üks tuum vastab siin munarakule. Nii on siis õistaimedel suguline põlv äärmuseni lihtsustunud ja seda esindavad ainult tolmutera ja embrüokott. Kõiki muid organeid tuleb pidada suguta põlveks.

42. Viljad ja nende levimisviisid. Peale sugutamist valmib seemnepungast seeme. Seemnepunga katetest (*integumenta*) moodustuvad seemnekatted, kuna sugutatud munarakust areneb idu, teiselisest embrüokoti tuumast aga — toitokude (*endospermum*). Seega koostub seeme harilikult idust, toitokudest ja seemnekattetest. Paljudel seemnetel aga puudub iseseisev toitokude, endosperm, nagu oal, hernel jne. Neil on toitained asetatud idulehtedesse.

Sigimikust ühes seemnepungadega areneb vili. Sigimiku seintest moodustuvad viljakatted. On sigimikus üks ainus seemnepung, siis on ka vili ühesemeeline; on sigimikus mitu seemnepunga, võib neist igaühes areneda seeme; niisugune vili on paljuseemneeline.

Selle järele, kuidas areneb sigimiku sein, s. t. kuidas moodustuvad viljakatted (neid on harilikult 3 katet, tihti kokku kasvanud), kujunevad ka mitmesugused viljad. Jäävad viljakatted kuivaks, nahkseks, siis moodustuvad kuivad viljad, muutuvad nad lihakaks, mah-laseks, moodustuvad lihakad viljad.

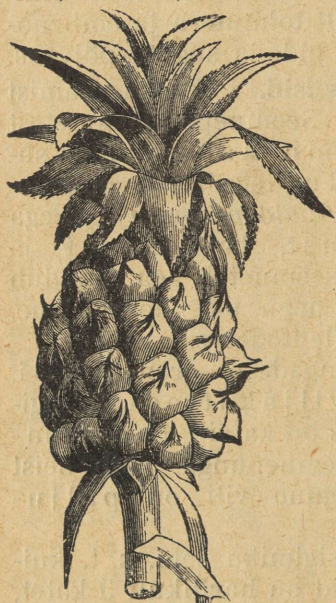
A. Kuivad viljad:

1) Paljuseemnelised:

kukkurvili — avaneb viljalehe õmbluskohalt (pojeng);

kupar — vili jääb taime külge, lõhkeb mitmeks tükiks (lina);

- karpvili — avaneb ühe kaane abil (äiakas) või mitme kaanekese abil — augud viljas (magun);
 kaun — kaheks pooleks lõhkev vili, ilma vaheseinata (hernes, uba);
 kõder — vaheseinaline, haril. kaheks pooleks lõhkev vili (ristõielised);
 2) Üheseemnelised: pähkel — viljakate kõva, luine; vili asub isesugusel alusel (sara-puu, tamm).



112. joon. Liitvili ananas.

B. Lihakad viljad:

1) paljuseemnelised:
 mari — viljakatted kõik mahlased (karusmari, sõstar, jõhvikas);

2) üheseemnelised:
 luuvili — välimine ja keskmine viljakate lihakas, seesmine luine, kõva (kirss, ploom).

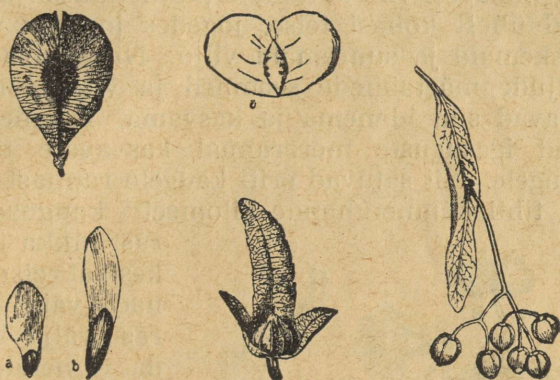
Liitviljaks kutsutakse siisugust vilja, kus terve õisik moodustab 1 vilja (ananas) (112. joon.).

Ebavili on siisugune vili, mille moodustamisest võtab osa peale sigimiku ka veel õierao ülemine lai osa (*torus*) — maasikas, kibuvits.

Paljasseemnelistel — okaspuudel — on viljad — kãbid (mãnd, kuusk), kadakal aga kãbi mari.

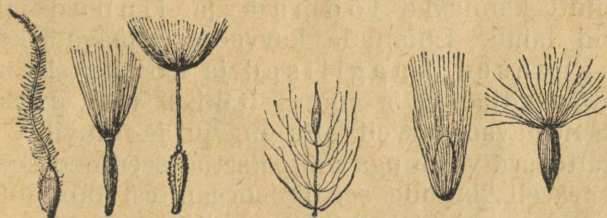
Iga taim hoolitseb selle eest, et jãreltulevat sugu oleks võimalikult rohkesti. Nii kannavad puud tihti iga aasta miljoneid vilju ja seemneid, pappel, nãit., mõningate arvutiste jãrele kuni 28 miljonit seemet. Kui kõik need seemned langeksid puu alla maha, siis pããseksid vaevalt mõned üksikud idanema. Arusaadav on seepãrast tarve, et seemned satuksid emataimest võimalikult kaugele.

Seemnete edasisaatmiseks ja levitamiseks on viljadel väga mitmesugused abinõud. Ühed taimed viskavad ise oma seemned viljadest kaugele välja viljakatete isesuguse kiire kokkutõmbamise



113. joon. Tiivulised seemned ja viljad.

abil [lepmalts, kannike, kollane akaatsia (*Caragana*)], teised jälle turgorirõhu abil viljades [pritskurk (*Ecballium*)], kolmandatel visatakse viljadest seemned tuule



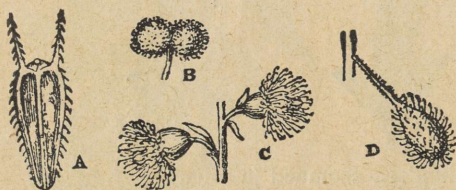
114. joon. Karvadega varustatud viljad ja seemned.

abil toimuva varreõõtsumise ja vibutamise tagajärjel taimest kaugele eemale (kellukad, moonid).

Tähtsaks viljade ja seemnete levitajaks on tuul. Paljud viljad on tiivulised (kuuse- ja männiseemned, vahtra, jalaka, pärna ja saare viljad) (113. joon.) või

karvakeste ga (paju, papli, õispaju seemned) või isesuguse lendamisaparaadiga varustatud (võilill) (114. joon.) Neid kannab tuul kergesti laiali.

Edasi kannab vesi rohkesti seemneid ja vilju edasi. Jooksev pinnavesi viib arvamata palju väikesi ja kergeid seemneid ühest kohast teise, jõgedes jooksev vesi aga juba raskemaid ja suuremaid vilju. Nii satuvad mägedelt paljude mäetaimede seemned ja viljad orgudesse ja hakkavad siin idanema ja kasvama. Ka merelained kannavad igasuguste mererannal kasvavate taimede vilju kaugele. Nii satuvad eriti kaugele rannast kookospähklid, tihti kümnetuhande kilomeetri kaugusele. Sää-



115. joon. Haagilised ja kisudega viljad.

rast pikka ja kaukestvat reisu võivad nad vaid sellepärast välja kannatada, et nende pähkli paksud õhuga täidetud väliskatted ja seesmine paks luukate vett mitte ker-

gesti läbi ei lase ja seepärast idu ei rikuta ega see idanemisvõimet kaota.

Samuti kannavad loomad ja linnud vilju ja seemneid laiali. Loomade karvadesse jäävad kergesti kinni karvased, haagilised ja konksukestega varustatud viljad (115. joon.) (takjas, rass, ruskmed). Linnud neelavad tervelt alla marju ja luuvilju, mille paksukattelised või luuga ümbritsetud seemned seedimata ja tervelt lindude seedimisorganitest läbi lähevad, linnud neid aga niiviisi tihti kümned ja sajad kilomeetrid edasi kannavad. Veelindude sulgede külge jäävad kergesti kleepuva massiga ümbritsetud vesiroosiseemned, ja nii kannavad pardid neid seemneid tihti ühest veekogust teise. Ka mõningad putukad, näit. sipelgad, kannavad seemneid laiali. Eriti armastavad sipelgad kannikese- ja verehurmarohu-seemneid [viimastel valged magusad toidulisad (*caruncula*) küljes] laiali tassida.

Suurimaks seemnete ja viljade levitajaks on muidugi inimene. Teadlikult külvab ta igasuguste kultuur-
taimede seemneid põllule, lilleseemneid aedadesse, ühes
nendega aga ka umbrohu-seemneid. Kuid rohkesti levi-
tab ta enese teadmata igasuguste veo- ja sõiduriistadega
(autod, autobused, rongid, laevad jne.) igasuguseid tai-
meseemneid laiali. Nii leidub sadamate ja jaamade
ümbruses tihtipeale võõralt maalt pärit olevaid taimi
kasvamas.

Selles raamatus on palju teadmisi
In this book is much wisdom
In diesem Buch ist viel Weisheit.
B ~~raamat~~ raamat on suure ümbruse

an

Taimede ja oskussõnade nimestik.

Aas-jürilill 133
aastalõimed 123
aastarõngad 123
achromatin 19
ainevahetus 23
akromatiin 19
Alectorolophus 108
alusklaas 7
amitoos 20
amitosis 20
ammoniaak 77
anaeroobsed bakterid 40
androeceum 146
anemofiilsus 146
anteriidium 139, 141
antheridium 139
arhegoonium 139, 141
asci 136
Ascomycetes 136
Aspergillus 136
assimilatsioon 91
auksanomeeter 49
auramine 95

Bakterid 76, 106
—, nitro- 76
barüütvesi 24
Basidiomycetes 136
basiidiumid 136
begoonia 134
bensiin 93

Calyptra 61
cambium 118
Cardamine 133
caruncula 150
cellula 9
cellulosa 14
Chlamydomonas 13
chlorophyllum 93
chromatin 18
chromosoma 19
coleoptil 22
Cuscuta 107
cuticula 84
Cutleria 138

Dentaria 134
Diastaas 45
Dionaea 105
Drosera 102

Ebavili 148
eelleht 142, 143
eelniit 142
eeter 26
ektokarpus 135
elavhõbe 57, 129
Elodea 25, 80
emakakael 145
emakas 145
emakasuu 145
emarakk 20
emasgameet 138

embrüokott 145
embryo 28
endodermis 64
endospermum 32, 147
entomofiilsus 146
entsüüm 32, 45
eosed 135
eospesa 135
eospõlv 142
eostaimed 27
epidermis 62
epifüüt-taimed 108
etioleeritud varred 53
eudiomeeter 38
Euphrasia 108

Fermendid 45

Gameedid 137
—, emas- 138
—, isas- 139
gametangium 137
gametophytum 145
generatiivne tuum 146
geotropism 53, 56
glütseriin 22
Gymnospermae 136
gynoeceum 145

Haab 129
hallitusseen 136
hanijalg 133
hapnik 34, 38, 39, 69
haustoria 107
heliotropism 52, 53
—, positiivne 59
—, negatiivne 54, 59
hernes 31
heterogaamia 138
hingamine 38, 39
hingamisõõs 85
huulhein 102

härghlein 108
hüatsint 83
hüdrotropism 59

Idanemine 27, 29
idanemise soojus 35
idanemisvõimeline seeme 33
idu 29, 42, 146
idujuur 28, 31
idulehed 28, 31
idupung 28, 31
iduvvars 28
imbumine 22
imemisjõud 128
imikud 107
Ingenhousz 79
integumenta 145, 147
infertsellulaarid 86
isagameet 139
Isoetes 136
isogaamia 138

Jagumine 16, 17
jalgeosised seemed 136
jood-jood-kaalium 8
juhtkimp 116
juhtkude 16
juur 29, 31, 60
juurekarvakesed 62
juurekoor 63
juurekübar 61
juurerõhk 65, 127
juuretasku 61

Kaalisalpeeter 71
kaalisoolah 75
kaaliumileeline 38
kaalium 69
kaer 35
kaheidulehelised 83, 117
kainiit 75
kaktused 99

kaltsium 69
kambium 118
kanakoole 133
kanep 33, 44
kannpõõsas 105
karotiin 94
karpvili 148
kartul 43
kartulimugulad 42
karüokinees 18, 19
kasetoht 14
kasvamine 47
kasvamisjärgud 48, 50
kasvamiskõver 50, 51
kasvutsoonid 49
kateklaas 7
katekude 16
kaudne pooldumine 18, 19
kaun 148
kellukad 55
kemotropism 53, 59
kesksilinder 64
kest 9, 14
kilbukas 133
kiudaine 14
kiudsoonkimp 114, 116
—, kinnine 116
—, lahtine 119
kloor 69
klorofüll 11, 29, 93
kloroplastid 11
Knop'i segu 71
koed 16
kolloidne 13
koniidid 136
konjugatsioon 139
koobalkloriid 95
koobaspoorid 124
koor 63, 119
kopulatsioon 137
korgitamm 14

korgistunud kestad 14
kork 121
korkaine 14
korkkambium 121
korp 121
kottseened 136
kress 90
kromatiin 18
kromoplastid 11
kromosoomid 19
ksantofüll 94
kude 16, 48
kuivamine 68
kukesaba 42
kukkurvili 147
kunstlikud kultuurid 70, 71
kunstõnnik 75
kupar 147
kurgid 35
kutiikula 84
kutleeria 138
kuuskjalg 108
kõder 148
kõrrelised 126
kõrs 109, 110
kõrvits 15
käbi 148
käbimari 148
käolina 141
käopäkk 107
kärbsepüüdja 105
käärimine 40
külvivahetus 73, 77

Langev vool 124, 130
Lathraea 107
lehe ehitus 78
lehekollane 94
leheroheline 11, 29
lehe sooned 86
leht 78
lemled 61

Lemna 61
leukoplastid 11
liblikõielised 76
liigutused 51
liiteos 137
liitumine 139
liitvili 148
lima 15
limaseened 14
limastumine 15
linakjüd 14
linaseemned 15
linnased 45
lipaas 46
loode 28
lubjavesi 24, 37
lupiin 43
luup 5
luuvili 148
lõved 121
läbilaskjad rakud 64
lämmastik 69, 71, 75, 76
Lytrum salicaria 41

Maarasv 15
maasikas 133
magneesium 69
mahl 125
mahlarõhk 21
makrospoor 136
maksimum 35
mammutipuu 123
mari 148
marrasknahk 62, 82, 113
mehaaniline kude 16, 87, 111
Melampyrum 108
membrana 9
mesofüll 86
metallid 69
metalloidid 69
micropyle 28, 145

miinimum 35
mikroskoop 5, 6, 42
mikrospoor 136
mineraalained 16
Mnium 10, 11, 12
mugulad 133
muldkond 41
munarakk 139, 142, 145
mädarikud 102, 108
mähk 120
mänd 125
mürkel 138

Nepenthes 105
niin 65, 115
niinosa 86, 115
niiskus 34, 41
niitvetikas 12, 135
nisu 32, 43
nitrobakterid 77
Nostoc 15
nucellus 145
nucleus 9
nuivetikas 140
närtsimine 21

Objektiiv 7
oblikhapu kaltsium 16
oder 33
Oedogonium 134
oga 99
okaspuud 123
okulaar 7
oogonium 139
oogoonium 139
oospoor 140
optimum 35
orgaanilised ained 24, 69
ornitofiilsus 146
Orobanche 107
ortotroopsed organid 57
osjad 16

osmoos 22
otsene pooldumine 19, 20
ovulum 145

Paakspuu 9, 10
paju 33, 129
paljasseemnelised 136
Papilionaceae 76
pappel 129
parasiidid 102, 106
parenhüüm 86
parenhüümtupp 86
Pedicularis 108
Penicillium 136
pepsiin 46
peptoonid 46
pesakehakesed 133
pesapungad 133
pigment 94
pihkaine 43
piiritus 26, 40
Pinguicula 104
plagiotroopsed organid 57
plasma 9, 12
plasmodesmid 56
plasmolüüs 23
plasmoodium 14
plastiidid 12
platsenta 144
Polytrichum 141
pooldumine 17
—, kaudne 18, 19
—, otsene 19, 20
poolparasiidid 107
poorid 114, 124
poorsooned 115
porgand 11, 12
preparaat 7
Priestley 79
proteiin 43
prothallium 143
protonema 142

pruunvetikad 135
puhke-seisukord 41
puitunud kestad 14
pung 28
putukasööjad taimed 102
puuosa 64, 86, 115
puuvill 14
päikesespekter 94
põlvede vaheldus 141
pähkel 148
pärivus 20
pärmiseened 24, 40

Rakk 9
rakkude paljunemine 16
rakukest 9, 14
rakumahl 20
rakuõõs 21
raskemetallsoolad 26
rasvained 44, 92
raud 69
reduktsioon 140
ristikhein 107
risttolmumine 146
ritsoidid 141
robihein 108
rukis 33, 43
rõngassooned 114
räni 16

Salpeeter 75
Salvinia 136
samblad 11, 133, 141
sammaskude 86
saprofüüt 108
saproleegnia 135, 137, 138
saprophyta 108
sarikalised 126
sarnastamine 88, 91
scutellum 33
seeme 16, 147
—, idanemisvõimeline 33

seemnekatted 145, 146, 147
seemnepilu 28, 31, 145
seemnepung 145
seemnerakkude mahutid 139
seemnetuum 145
seemnevarre ase 27, 31
seened 136
—, jalgeosised 136
—, kott- 136
—, üherakulised 40
seen-eosed 136
Sequoia 123
sibul 7, 133
sibulpungad 133
sigimik 145
sigimine 132
—, suguline 132, 137
—, suguta 132
silmarohi 108
sinirohelised vetikad 15
sisemine hingamine 40
sisenahk 64
soojus 34, 35
soojusemäär 35
—, kõige kohasem 35
—, kõige madalam 35
—, kõige kõrgem 35
soomukas 107
sooned 64, 110, 114, 116
soone parenhüümtupp 86
soonetaolised rakud 118
spekter 94
spermatozoid 139, 142
spirogüür 88
Spirogyra 13
sporangium 136
sporogonium 142
sporophytum 145
statoliidid 58
Stratiotes 133
sublimaat 26

suguline põlv 145
sugurakud 137
suguta põlv 145
suhkruvesi 24
suhkur 24, 45, 90
sulgrakud 85
superfosfaat 75
surm 132
suue 145
sõeltorud 115, 116
sõnajalad 141, 143
säsi 111
säsiikiired 119
säsikude 65
sünergiidid 146
süsihapu gaas 24, 36, 38,
39, 79
süsihapu gaasi sarnastamine
88, 91
süsihapu kaltsium 16
süsinik 69

Taimkeha 68
talvpungad 133
tatar 72
teiseline embrüokoti tuum 146
teravili 33, 35
teris 32
tohlkude 86
toiteained 30
toitekude 32, 146
tolmukas 146
tolmukott 146
tolmumine 146
tolmutera 146
— generatiivne tuum 146
— vegetatiivne tuum 146
trachea 64
trahheed 114
trahheiidid 118, 123
trapismid 52

—, negatiivsed 59
—, positiivsed 59
tselluloos 14, 15
tsügoot 137, 140
tugikude 16
tuhk 69
tulikas 117
turgor 21, 47
tuubus 6
tuum 8, 9, 10, 13, 17
tõusev vool 124
tähtsammal 10, 11, 12
tärglis 42, 45
tärgliseterad 30, 42
türgi-oad 27
tüvi 109

Ulootriks 135

Ulotrix 135

Utricularia 104

Vaatlemistoru 6

vahenahk 32

vakuool 21

valgus 41

valkaine 30, 43, 92

Vallisneria 25

vanus 132

vars 109

Vaucheria 140

vee auramine 95

veekultuur 71

veetaimed 25

vegetatiivne tuum 146

vesihernes 104

vesikatk 25, 80

vesiläätsed 61

vesinik 69

vetikad 12

—, pruunid 135

—, punased 135

—, sinirohelistes 15

—, üherakulised 13

viljad 147

viljakate 33, 44, 146

vosvor 69

vool, langev 124, 130

—, tõusev 124

võipätkas 104

võrm 107

võsundid 134

väetamine 73

—, kunstlik 75

väike niiske kamber 88

väävel 69

Õhk 35

õhulõhed 84, 85

õietolm 12, 146

õis 145

õistaimed 27, 136

õlid 44

Ärritus 52, 59

Ödогоonium 134

Üheidulehelised 109

üherakulised idud 134

Xanthophyllum 93

x-generatsioon 145

2x-generatsioon 145

zoospor 135

zoosporangium 135

Parandus.

Lk. 9, read 24/25 ülalt on trükitud *nucellus*, p. o. *nucleus*.

Sisu.

I. Rakk ja koed.

1. Rakk ja selle ehitus	5	5. Rakkude arenemine	20
2. Raku osade täpsam kirjeldus	12	6. Ainevahetus rakkudes	23
3. Koed	16	7. Rakkude liikumine ja tundlikkus	25
4. Rakkude paljunemine	16		

II. Idanemine.

8. Seemne ehitus. Uba ja hernes	27	12. Soojus	35
9. Nisu	32	13. Õhk	35
10. Idanemise tingimused	33	14. Muldkond ja valgus	41
11. Niiskus	34	15. Idu toitmine seemnetagavarade kulul	42

III. Kasvamine.

16. Kasvamisest üldse	47	18. Liigutused	51
17. Kasvamise mõõtmine ja kasvamisjärgud	48	19. Heliotropism	53
		20. Geotropism	56

IV. Juure ehitus ja tegevus.

21. Juure sisemine ehitus	60	24. Kunstlikud kultuurid	70
22. Juurerõhk	65	25. Väetamine ja külvivahetus	73
23. Taimkeha koosseis	68		

V. Lehe ehitus ja tegevus.

26. Süsiniku omandamine taime roheliste osade kaudu	78	30. Leheroheline	93
27. Lehe sisemine ehitus	82	31. Vec auramine lehtede kaudu	95
28. Süsihappu gaasi sarnastamine. Süsivesikud	88	32. Roheliste taimede tähtsus looduses	100
29. Rasv- ja valkained	92	33. Putukasööjad taimed, parasiidid ja mädarikud	102

VI. Tüve (varre) ehitus ja tegevus.

34. Tüve sisemine ehitus. Üheidulehelised taimed	109	35. Kaheidulehelised taimed	117
		36. Mahlade liikumine tüves	124

VII. Sigimine.

37. Sigimisest üldse	132	liste sigimine. Põlvede vaheldus	141
38. Vegetatiivne sigimine	132	41. Õistaimede sigimine	145
39. Suguline sigimine	137	42. Viljad ja nende levimisviisid	147
40. Sõmmalde ja sõnajala-			

Taimede ja oskussõnade nimestik	153
---	-----

G. Vilberg

MEIE KEVADETAIMED

48 lk. 40 joon. Hind 60 senti.

Nii pea kui maa kevadel külma lumikatte alt vabastub, ärkab taimestik ja maapind hakkab oma luitunud värvi muutma. Juba lume alt tulevad rohelisena välja meie igihaljad taimed — pohlad, mõned uibulehed, sinilillelehed jne. Vana kulu hulka tekib igal pool ikka rohkem rohulajusid, loodus võtab omale ikka rohkem kevade kuju ja pea hakkavad üksikud lehed õitsema.

Nagu igal inimesel on oma tahtmised ja viisid, nii on ka igal taimel oma kindel arenemistee, millel ta valmib lühema või pikema kasvuaaja kestusel, et oma sugu laiendada seemnetena, hoolitsedes ka järgnevail aastail olemasolu eest.

Meid ümbritsev loodus ei ole mitte nii ühekülgne, kui ta näib esiti pealiskaudsel vaatlemisel.

G. Vilberg'i raamat käsitleb kõige varasemaid kevadetaimi, peatudes pikemalt eluavaldustel, mis nende juures võib tähele panna.

Neile, kes oma teadmeid kodumaa taimede tundmises tahavad täiendada, on G. Vilberg'i „Meie kevadetaimed“ paremaks käsiraamatuks, eriti igale algajale.

Prof. W. Oels

Katsed taimede elust

Tõlkinud G. Vilberg.

114 lk. 87 joon. Hind 1 kr. 60 senti.

Botaanika käsitluses puudusid seni eesti keeles praktilised käsiraamatud. Käesoleva raamatuga on see puudus kõrvaldatud.

Kõik raamatus esitatud katsed on kerged, nendes tarvilikud abinõud lihtsad. Selle tõttu on prof. Oels'i käsiraamat saanud loodusloo õpetajaile tarvilikumaks juhiks praktiliste tööde korraldamisel taimefüsioloogias.

Hans Männik

Praktilised tööd botaanikas

(Hind valgel paberil 18 senti, hallil paberil — 15 senti.)

See vihik püüab olla vahendiks taimede tundmaõppimisel ja määramisel ning sisaldab herbariseerimisel tarvilikke praktilisi näpunäiteid ja juhatusi.

Eduard Strasburger, Fritz Noll, Heinrich Schenk,
A. F. Wilhelm Schimper

Botaanika õpperaamat

Tartu Ülikooli professori **dr. Hugo Kaho** redaktsioonis
tõlkinud XVI väljaande järele

JUHAN KARU † ja JUHAN KLEIN
stud. rer. nat. stud. rer. nat.

359 lk. 293 joon. Hind **10** krooni,
riideköites **11** kr. **60** s.

Juba kauemat aega tundus tarvidus suurema eestikeelse tai-
meteadusliku õpperaamatu järele, mis oleks võimaldanud autoriteet-
likku lahendust tekkinud kahtlustele ja küsimustele taimeeaduse alal.
Kõik tõlkes esitatud botaanilised oskussõnad loodi või määrati kind-
laks sellekohases komisjonis eriteadlaste osavõttel. — Käesolev raamat
jaguneb kahte ossa:

I. — **MORFOLOOGIA** ehk õpetus taimede välimisest
kujust ja sisemisest ehitusest.

II. — **FÜSIOLOOGIA** ehk taimede eluavalduste uurimine.

Väljavõte arvustusest:

Selle raamatu ilmumine on kahtlemata tähtis sündmus eesti-
keelses botaanilises kirjanduses. Saksakeelne algkuju on üks pare-
maid botaanilisist käsiraamatuid maailmas. Esimene väljaanne ilmus
1894. a. saksa eriteadlaste Strasburger'i, Noll'i, Schenck'i ja Schim-
per'i ühise tööna ja peegeldab praegüsaja botaanilisi teadmeid, sisal-
dades võiks-õelda enormset faktide materjali nii kirjeldava kui ka
teoreetilise botaanika alalt.

Et selle raamatu morfoloogiline ja füsioloogiline osa eesti luge-
jale kättesaadavaks tehtud, on kiiduväärt, kuid eriti rõõmustab, et ta
redigeerimine oli õigetes kätes. Seetõttu võib konstateerida, et raamat
on kõigiti õnnestunud.

Õpperaamat kujutab selgesti hiigla-edusamme, mis eesti tea-
duslik keel paari viimase aasta jooksul on teinud ja mis õieti või-
maldasid selle raamatu ilmumise. Ei saa sel puhul nimetamata jätta
hra lekt. Veski teeneid sel alal.

Raamatu välimus ei jäta midagi soovida. Rääkimata selgest
trükist, on ka joonised kõigiti korralikud — asjaolu, mis botaani-
lise õpperaamatu väärtust suuresti tõstab.

Mag. T. Lippmaa, „Postimees“ 8. XII 1925. a.

Hind 1 kr. 75 senti.