

V. V. POLOVTSOV

TAIMEDE EHITUS JA ELU

REDIGEERINUD
DR. PHIL. NAT. J. PORT

NELJAS TRÜKK

K. / Ü. „LOODUS“, TARTU, 1935

~~1935~~ mu
A-9666

2. Oude kop. iv
H.T.G.

V. V. POLOVTSOV

Taimede ehitus ja elu

Redigeerinud J. Port

Neljas trükk

K./Ü. „LOODUS“, TARTU, 1935

C 19280178

TARTU ÜLIKOOLI
RAAMATUKOGU



K./Ü. „Looduse“ keeleline korrektor H. Pürkop.

Osaühing „Ilutrükk“, Tartu, 1935.

Saatesõnaks teisele trükile.

Käesolevat raamatut K./Ü. „Looduse” soovil teiseks trükiks korraldades leidsin tarviliku teha selles järgmisi muudatusi ja parandusi.

- 1) Oli tarvis viia raamatusse teaduslikud oskussõnad, mis aastate jooksul ülikooli botaanikainstituudis erilise komisjoni poolt välja töötatud ja osalt 1926. a. ilmunud Strasburger'i „Botaanika õppe-raamatu“ tõlkes tarvitatud. Seni pole meie alg- ja keskkooli loodusloo õpperaamatuis olnud ühtlust oskussõnadega, missugune asjaolu tugevasti on raskendanud nende raamatute otstarbekohast tarvitamist.
- 2) Olen teinud rea sisulisi parandusi, sest osalt leidub originaalis 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.

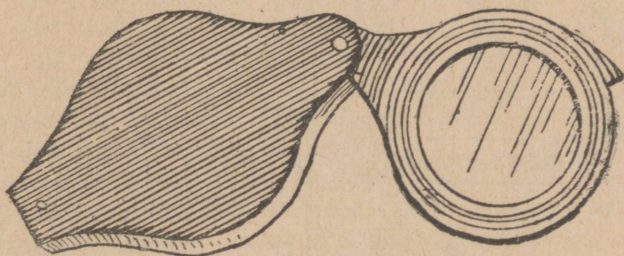
Kuna juba esimene trükk oli vaba, muudetud ja osalt täiendatud tõlge prof. Polovtsov'i tööst, siis on praegune, teine trükk, originaalist veel enam kaugenenu, mispärast teda Polovtsov'i töö tõlkena enam võtta ei saa.

T a r t u, 20. juunil 1926.

J. Port.

I. Rakk ja koed.

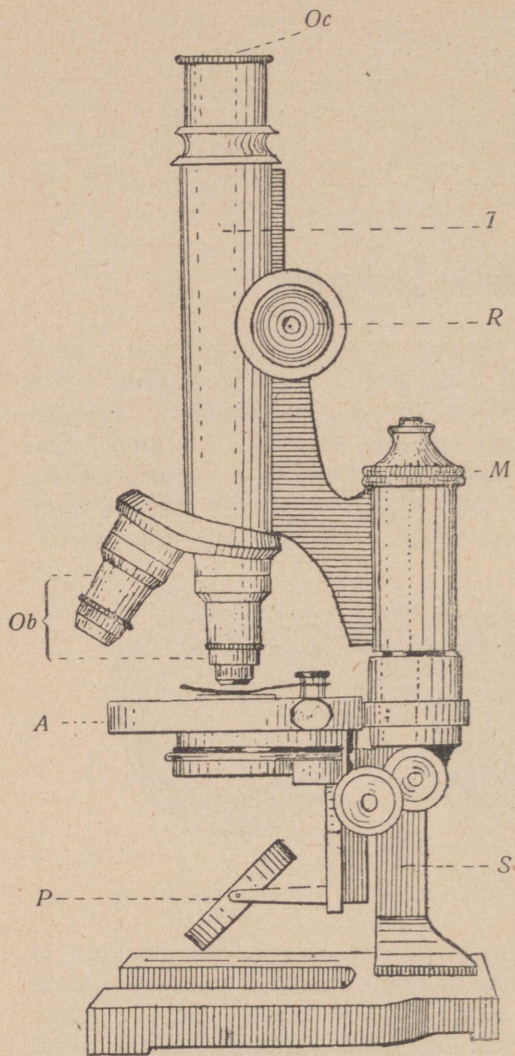
1. **Rakk ja selle ehitus.** Taim on elus olend. Seda võime järeldada lihtsalt juba sellest, et taim kasvab. Meis tõuseb loomulik tahtmine taime elu lähemalt tundma õppida. Selleks peab aga tundma ta sisemist ehitust. Kui me tahame, näiteks, mõista mõne keeruka masina tegevust, siis peame selle masina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



1. joon. Luup.

naga. 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

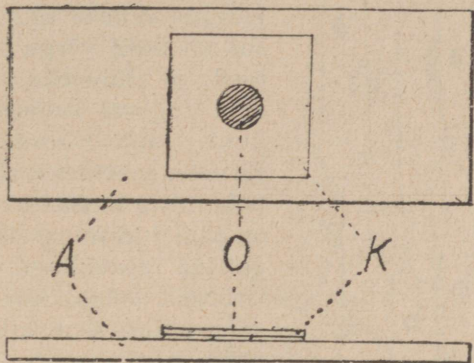


2. joon. Mikroskoop. *Oc* — okulaar, *Ob* — objektiiv, *T* — tuubus (vaatlemistoru), *R* — rattad tuubuse seadmiseks silma järgi (kremaljeer), *M* — mikromeetriline kruvi peenemaks tuubuse seadmiseks, *A* — aluslaud, *P* — liikuv peegel, *S* — jalg.

luup suurendab vaadeldavaid asju 10—15 korda. Kuid enamil 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 peasad 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 juhitakse laua all oleva liikuva peegli abil läbi laua sees oleva augu ja vaadeldava asja vaatlemis-

torusse, 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 järgi nii seada, et vaadeldav asi paistaks kõige selgemini.



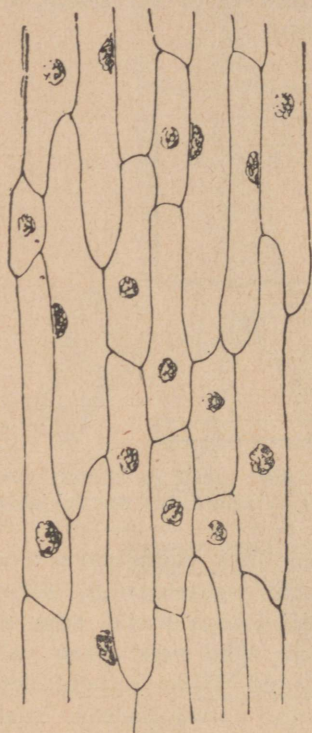
3. joon. Mikroskoobiline preparaat, pealt ja kõrvalt vaadatud. A — alusklaas, K — kateklaas, O — vaadeldav ese (objekt).

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 mahlaste lehekese, soomuslehe, millest koosneb sibul. Iga niisugune lehe-

kene 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



4. joon. Sībula nahake, väikesel suurendusel.

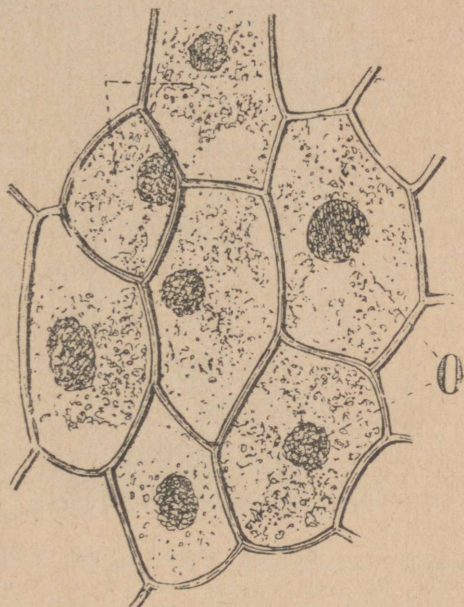
nal asuv võrgutaoline joonis, vaid rida lamedaid, läbipaistvaid kehakesi, mis ühendatud üksteisega nii tihedasti,

kileke meile võrguna, mille silmad enam-vähem ühesuursed (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 t u u m a d. Võrk ise jääb aga värvusetuks.

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

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.

et nad moodustavad ühtlase tiheda kile. Juba ammust ajast on need kehakesed olnud teadusmeestele huvitavaks uurimisaineks, kes neid nimetasid rakkudeks (ladina keeli *cellulae*). Nii siis koosneb meie sibula seest võetud kileke rakkudest. Igas terves rakus võime näha järgmisi osakesi: raku sisemus on täidetud iseärase läbipaistva ainega, mida nimetatakse alglimaks ehk protoplasmaks või lihtsalt plasmaks ja mis on ümbritsetud õhukese läbipaistva kestaga (*membra-na*). Siis näeme iga raku plasmas veel tihedamat kehakest, mis iseäranis selgesti silma paistab joodiga värvitud preparaadil ja mida nimetatakse raku tuumaks (*nucleus*). Hoolsal vaatlemisel näeb tuumi ka ilma värvimata.



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

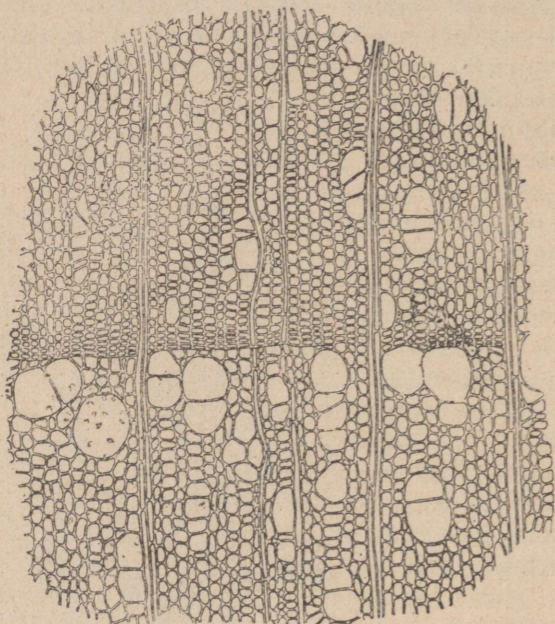
Mitte ainult sibulast võetud kileke ei koosne rakkudest, vaid seda näeme igas muuski taime osas. Igalt poolt pole aga võimalik nii kergesti õhukest läbipaistvat tükki saada, ja siis peab tegema habemenoaga õhukese lõigu.

Üks säherdune paakspuu varrest tehtud lõik on kujutatud 6. joonisel. Nagu näeme, koosneb 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 värvusetasid. Kuidas on aga lugu taime värviliste osadega, näiteks leh-

tedega? Meid huvitab küsimus, millest oleneb lehtede roheline värvus. Suuremate taimede lehed on liiga suured ja paksud, et neid otsekohe mikroskoobiga vaadelda. On aga olemas väikesi rohelisi taimi, nimelt samblaid, mille lehekesed koosnevad ainult ühest õhukesest rakkude kihist ja

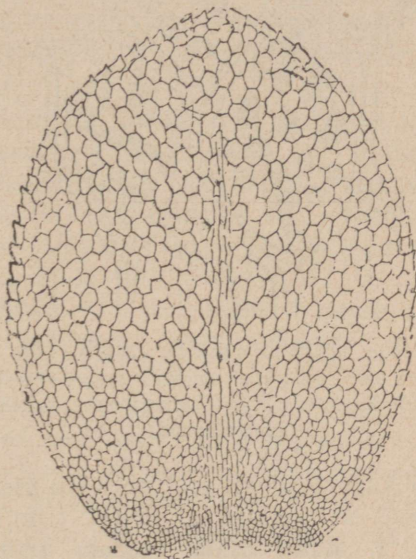


6. joon. Paakspuu vars ristilõikes.

sellepärast on läbipaistvad. Võtame vaatlemiseks niiskeil, varjulistel kohtadel kasvava tähtsambla (*Mnium*) lehekesed. Väikesel suurendusel paistab see meile üleni rohelisena (7. joon.). Tugevamal suurendusel näeme aga, et lehekesed roheline värvus oleneb rohkearvulistest väikestest rohelistest kehakestest, mis asuvad lehekeses rakkudes (8. joon.). Samasugused kehakesed annavad rohelise värvuse ka kõigi teiste taimede lehtedele, ja neid nimetatakse sellepärast leherohelise ehk klorofüllü kehakesteks ehk kloroplastideks.

Peenemad uurimised on näidanud, et leherohelise terad on elusast plasmast, mis on läbi imbunud iseärase rohelise värvainega (pigmendiga), millest olenebki terade värvus. Peale nende roheliste terade võib leida taime rakkudest veel värvusetat teri, mis koosnevad samuti plasmast, kuid ei sisalda mingit värvainet. Neid nimetatakse leu k o p l a s t i d e k s, ja neid leidub peaaesjalikult taime värvusetat osades, nagu juurtes.

Peale roheliste ja värvusetat osade on taimel veel muuvärvilisi osi, näiteks punaseid ja kollaseid. On ju rohkesti taimi punaste ja kollaste õitega; mitme taime juuredki, näiteks porgandi omad, on punased. Niisuguste taimeosade värvus on isesugustest värvikehakestest, mis sisaldavad kollast või punast pigmenti ja mida kutsutakse k r o m o p l a s t i d e k s. Tee- me porgandi juurest õhukese lõigu ja vaatlemise mikroskoobiga. Rak-

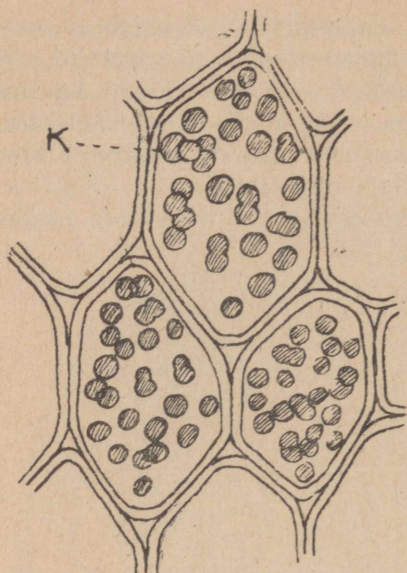


7. joon. Tähtsambla (*Mnium*) leheke, suurendatud 30 korda.

kudes 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 kristallideks, ja sellele järgi on ka kromoplastid ise saanud kohase kuju.

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

Senivaadeldud taimed koosnesid väga rohkest arvust rakkudest, mis asusid üksteise kõrval igas suunas. On aga



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

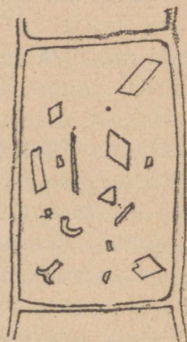
on kujutatud 11. joonisel. Ka õietolmu terad on üksikud rakud (12. joon.).

2. Raku osade täpsam kirjeldus.

Vaatleme nüüd lähemalt rakkude ehitust ja iseärasusi. Plasma ja selles asuv tuum on pealtnäha poolvedelima 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, peaaugjalikult agann. munavalge- ehk valkaineid, mis väga keeruka koosseisuga

olemas lihtsamaid taimi, mis koosnevad ainult ühest pikast rakkude reast. Kraavides leiame õige sagedasti rohelisti niidikujuliste veetaimedede koonlaid, mida nimetatakse harilikult kõntsaks. Vaadeldes üksikut seesugust vetikaniiti 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



9. joon. Porgandi juure rakk kromoplastidega.

ja hariliku kanamuna valge sarnased, mil-
lest nad oma nimetusegi on saanud. Peale
valkainete on leitud plasmas veel mitme-
suguseid mineraalaineid. Kõik need ained
on kas vees lahustunud või isesuguses
kolloidses olekus.

Plasmas ja tuumas sünnivad alalised
muutused, aine uuestitekkimine ja lagu-
mine, ja niikaua kui organism elab, ei
peatu need muutumised ta rakkudes silma-
pilgukski.

Sedamööda, kuidas raku uurimist toi-
metatakse ikka täielikumate ja täieliku-
mate riistadega, leitakse selle ehituses
ikka uusi ja uusi peensusi. Nii selgub, et
rakud on tõeliselt väga peene ja keeruka
ehitusega, mida võib järeldada 15. lk. ole-
vast joonisest (13. joon.). See kujutab üht
kõrvitsa karvakese raku tuhandekordsel
suurendusel.

Plasma ja tuum on raku tähtsaimad
ja elulised osad, kest on aga vähem tähtis,
sest looduses esineb ka ilma kestata
rakkusid, peaaegjalikult loomariigis. Kuid
ka taimeriigis leiame ilma kestata raku-
sid, näiteks vetikate sugurakud,
gameedid, mis pole muud
kui vabalt vee sees ümber-
ujuvad plasmatombuke-
sed. Kevadel ja sügisel
võib leida metsa alt peh-

10. joon. Kiudvetikas
Spirogyra.

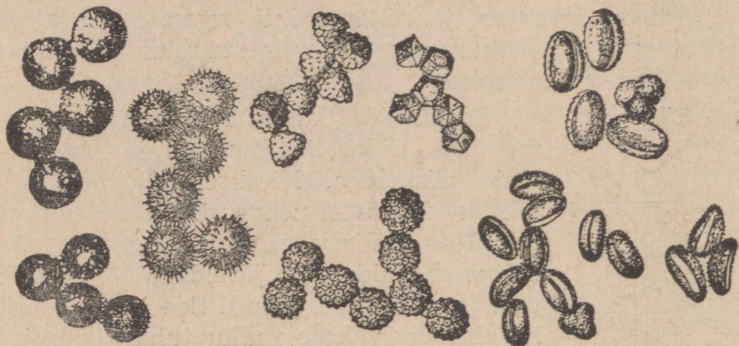
kivailt lehtedelt ja kändudel limaseente
plasmoodiume, mis koosnevad samuti
kestata plasmast.

Rakkude kestad võivad olla väga
mitmesuguse koosseisuga. Noortes taime-
osades on nad õrnad ning pehmed ja



11. joon. Ühe-
rakune liikuv
vetikas *Chlamy-
domonas*.

koosnevad nn. kiududest¹ ehk tselluloosist (*cellulosa*). See aine on kõigile enam-vähem 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, puitaineiks muutunud. Mitmete taimede kooses leiame viimaks veel rakkusid, mille kestad on korgistunud, korkaineiks muutunud. Mõnel taimel asuvad säärased rakud tüve peal



12. joon. Mitmesuguste taimede õietolmu terad.

paksu kihina, nagu näiteks korgitam mel, missugusest kihist valmistatakse pudelikorke jne. Korgistunud rakkudest koosneb ka k a s e t o h t, ainult korgistunud rakkude kiht on siin õhuke, ja need rakud ei asu nii paksu lademena, kui seda nägime korgitam mel.

Mitmel veetaimel, nagu mikrooskoopilistel sinirohelistel vetikatel (näit. maarasval — *Nostoc*) muutub rakukesta aine (tselluloos) tihedaks l i m a k s, mis ühendab neid väikesi üherakulisi taimekesi suuremaiks tompudeks. Ka mitme taime seemnete (näiteks linaseemnete) rakkude välised kestad ligunevad vees pehmeks laialivalguvaks 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 m i n e -

¹ Puhast kiudaine on linakiududes (= tselluloosne rakukest), puuvilla-kiududes.

raalainetega, nagu räni (SiO_2), söehapu kaltsium (CaCO_3) ja oblikhapu kaltsium ($(\text{COO})_2\text{Ca}$).

3. Koed. Suuremaist taimedest leiame alati õige suure



13. joon. Rakk kõrvitsa karvakesest 100-kordsel suurendusel.

hulga rakkusid ja seejuures mitmesuguse kuju ja suurusega, nagu juba eespool tähele panime. Harilikult 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 koosneb 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 taimede kudedeks. Järelilikult koosneb taim mitmesugustest kudedest. Missugused need on, seda näeme edaspidi, nüüd aga nimetame neist mõne tähtsama: katekude — mis katab taime väljastpoolt; mehhaaniline ehk tugikude, mis on taimele toeks; juhtkude, mis saadab taime ühest 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 olendid tekivad oma-sarnaseist sigimise teel. Sedasama peab ütleva rakkudegi kohta, nagu on tõendanud rohkearvulised uurimised. Suurem jagu taimi kasvab seemnest. Seeme koosneb 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 taimest õhukese kilena välja lõikama, — selle tagajärjel surevad rakud enamail juhtudel, ja nende eluavaldused, nii siiski jagumine, jäävad seisma. Otsekohe saab vaadelda rakkude jagumist (pooldumist) ainult üherakuliste taimede juures, sest need elavad mikroskoobi all veetilgas edasi.

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

Seesugused vaatlemised on selgitanud, et rakkude arvuline rohkenemine toimub pooldumise teel, mis seisab selles, et rakk jagub uuestitekkunud 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 silmapilgu vahel sünnib aga tõeliselt palju mitmesuguseid keerukaid vahetorme. Kõigepealt tähendame, et peasa etendab siinjuures raku tuum; just tuumas sünnivad 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 muutused oleksid silmapaistvamad, leotatakse mikroskoobilisi preparaate enne vaatlemist mitmesuguste värvainete sees. Seejuures võtavad rakkude tuumad enam värvainet enesesse kui plasma ja muutuvad tumedamaks. Omakord on tuumas osi, mis teistest ahnemalt



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

värvi imevad, ja ilmuvad siis nähtavale korratu sõlmilise niidipuntrakesena. Seda tuuma-ainet nimetatakse kromatiiniks (*chromatin*, s. o. „värviahne aine“; ta neelab endasse ahnelt värvaineid). Ülejäänud tuumaosa, 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 taime liigi 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 rakkudel¹. Peale kromosoomide tekkimist sulab ja kaob tuuma akromatiinosa ümbritsevas plasmas ära või igitahes muutub nägematuks, ja kromosoomid asuvad korra-

¹ Erandid vaata allpool peatükis „Põlvede vaheldus“.

pärase ringina raku keskpaika. Ühtlasi tekivad raku plasmaseäralised kiiretaolised juhtkiukesed, mis raku otsapoolseis



15. joon. Raku kaudne pooldumine (karüokinees).

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 jook-

sevad. Seal muutuvad nad uuteks tuumadeks. Tuuma pool-
dumisele järgneb kogu raku pooldumine, nimelt ilmub tuu-
made vahele kest, ja ühest rakust on saanud lõpuks kaks
 uut rakku. Et siin võib märgata selget tuuma osade liiku-
mist ühest raku osast teise, siis kannab see pooldumisviisi
k a r ü o k i n e e s i (*karyokinesis*¹) nime. Kariükineetilisel
pooldumisel saab kumbki tütarrakk alati võrdse hulga tuuma
kromatiinainest.

Peale kirjeldatud pooldumisviisi, mida nimetatakse ka
k a u d s e k s, — sest siin, nagu nägime, on raku pooldumine
seotud mitmesuguste kõrvalnähtustega, — tuleb ette haru-
kordsemalt veel o t s e n e pooldumine, mis seisab selles, et
raku tuuma keskmise osa ümber tekib õnar, mis soõndub
ikka sügavamale ja lahutab viimati tuuma kaheks pooleks.
Nende vahele tekib uus kest ja sellega on rakk pooldu-
nud (16. joon.). Kromosoomide tekkimist ja kiiretaolisi
plasmatihendusi pole seesuguse pooldumise puhul märgata.
Seepärast nimetatakse seda k a m i t o o s i k s (*amitosis*²).
Ka ei jagu siin tuuma aine tihtipeale mitte võrdseiks osadeks.

Sündigu raku pooldumine ühel või teisel teel, ikka saab
uuestitekinud rakk poole endise, e m a r a k u, tuumast ja
umbes poole selle plasmast. Selles peituvad arvatavasti
p ä r i v u s e nähtuse põhjused. Seeme tekib taime õiest selle
rakkude pooldumise teel. Kui seeme hakkab idanema ja
temast kasvab uus taim, siis poolduvad needsamad ema-
taimest 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, kus-
juures ta kuju muutub suuremal või vähemal määral, seda-
mööda, missuguse koha taimekehas omandab rakk tulevikus.

Noored rakud jõudsasti kasvavais taimeosades on õrna,
õhukese kestaga ja üleni plasmaga täidetud (17. joon.). Kui
rakk hakkab kasvama, siis sirutab ta end peasjalikult ühes
suunas ja muutub pikemaks. Seejuures rõhub plasma tuge-

¹ Kreekakeelne sõna, tähendab „tuuma liikumine“.

² Tähendab „ilma niidita“ (pooldumine).

vasti 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 plasmas tekivad peagi väikesed õõned, mis pole siiski mitte tühjad, vaid on täidetud iseärase, plasmast eritatud vedelikuga, mida nimetatakse r a k u m a h l a k s. See on mitmesuguste ainete lahus, mis omakord imeb läbi plasma ja raku-kesta ümbruskonnast vett juurde ja paisutab nii plasmata ja ühtlasi kesta ikka enam ja enam laiali. Selle juures eritab plasma enesest ka kestat, ja kesta muutub selle tõttu ikka paksemaks.

Mida suuremaks kasvab rakk, seda rohkem tekib temas õõsi, v a k u o o l e, need sulavad isekeskis ühte, ja sagedasti näeme, et kõik õõned on sulanud üheks suureks, rakumahlaga täidetud vakuooliks, mis võtab enese alla raku sisemuse



16. joon. Raku otsene pooldu-
mine.

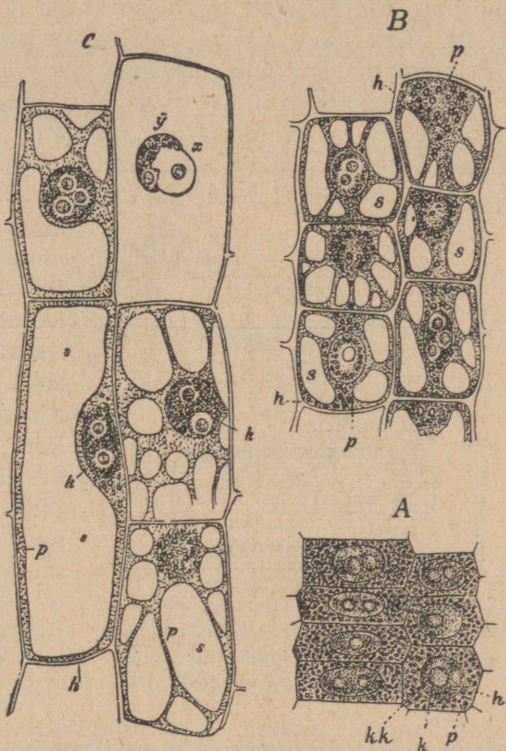
suurema osa ja on surunud plasma õhukese kihina kesta ligi. Alalist rõhumist, mida rakumahl avaldab plasma ja kesta peale, nimetatakse turgoriks ehk m a h l a r õ h u k s, ja sellel on suur tähtsus taime elus. Plasma ja kesta on enesest väga pehmed ja õrnad, siiski on nendest ehitatud taimed väga sitked ja tugevad. Tuletame 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, närt-sib, nagu harilikult öeldakse. Peale selle peab rakumahl sisaldama ka tarvilikke aineid (suhkur, soolad), mis neelaksid vett ümbruskonnast ja hoiaksid sellega turgori alal.

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 anumal soolase maigu. Tähendab, 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 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 kangemasse lahusesse kui see sünnib vastuoksa. Seesugust vedelikkude vastastikku tungimist läbi vaheseina nimetatakse imbumiseks ehk osmoosiks.

Rakku võime võrrelda ses katses tarvitatud torukesega. Rakumahl on mitmesuguste ainete lahus, ja sellepärast tungib rakku ümbritsev vesi suure jõuga



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 enda alla suurema osa raku sisemusest.

läbi kesta ja plasma vakuoli. Kui aga rakk asetada mingisse lahusesse, mis on kangem kui rakumahl, näit. hästi kontsentreeritud suhkruvette või glütseriini, siis tuleb avalikuks vastupidine nähtus. Rakumahlast kui lahjemast 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



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

seisma ka kogu raku arenemine, ja rakk sureb. Siiski ei jää need surnud rakud ülearusteks, vaid kasutatakse mitmesuguseks otstarbeks: osalt moodustavad nad selle tugeva 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 pidada, et plasmata säherdustes rakkudes enam pole. Nad koosnevad ainult kõvast puitunud ehk korgistunud kestast, mille õõnes asub õhk või vesi.

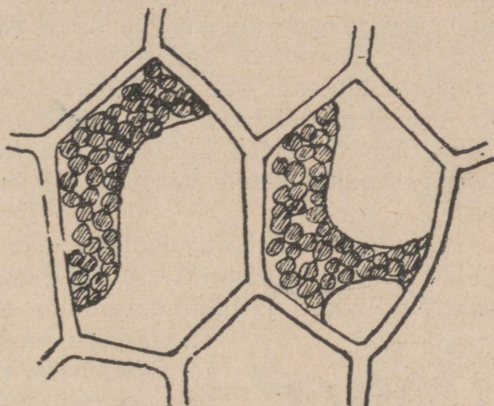
6. Ainevahetus rakkudes. Oma kasvamiseks ja arenemiseks tarvitab rakk muidugi vett ja mitmesuguseid aineid, millest plasma ja muud osad koosnevad. Teisiti öeldes, rakk peab saama toitvaid aineid, peab end toitma. Rakku ümbritseb igalt poolt kest, ja selge on, et rakk peab toituma vees lahustunud ainetega, sest kindlad kehad ei pääse kes-

tast läbi. Vees lahustuvad ained ja gaasid tungivad aga ühes veega raku kestast 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 osmoosel 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, peamiselt suhkur, mis lahustub hästi vees.

Rakud mitte ainult ei neela aineid, vaid eritavad neid ka välisesse keskkonda tagasi. Seesuguste

ainete hulgas tuleb kõigepealt tähele panna söehappegaasi (CO_2), mida elusad rakud alati eritavad. Kõige paremini võib seda vaadelda üherakuliste taimede juures. Nii-sugused on näiteks harilikud pärmi-seened (20. joon.). Kui laseme pisut pärmi suhkrulahusesse, mis on pärmi-seentele toiteaineks, siis hakkavad peagi eralduma gaasimullikesed, mis pole muud kui söehappegaas¹. Ühtlasi hakkab lahuses suhkur kaduma ja selle asemele ilmub piiritus.



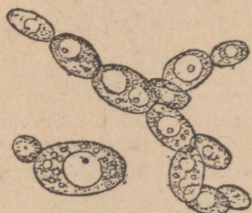
19. joon. Samblalehekese rakud plasmolüüsitud seisukorras. Plasma tõmbub kokku, kannab leherohelise terad enesega ühes ja eemaldab kestast. (Samad rakud loomulikus seisukorras — 8. joon.).

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

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

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 seal seest õige¹ rohkesti niisuguseid mikroskoopiliselt väikesi vetikaid, mis koosnevad 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 veesast valgustatud osasse. See näitab, et vetikad on valgustundlikud. 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 taime üksikud rakud ei saa muidugi avaldada oma tundlikkust otseste liigutustega, kuid ka siin võib seda tundlikkust ja liigutamisevõimet tähele panna. Näiteks



20. joon. Pärmi-
seened.

on plasma raku sees alalises liikumises. Iseäranis hästi võib seda tähele panna veetaimede *Vallisneria* ja vesikatku (*Elodea 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 järgi ongi kõige mõnusam vaadelda plasma voolamist. See liikumine muutub aeglasemaks ja jääb viimaks hoopis seisma, kui rakud tunnevad puudust hapnikust; samuti ka külma käes. Kui preparaati asetada uuesti sooja kohta, siis algab liikumine jälle.

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

See näitab, et ka mitmerakulise taime plasma pole ükskõikne ümbruskonna muutuste vastu, vaid vastab nendele sellekohase liikumisega. Teisiti öeldes, kõik rakud, samuti nagu neist koosnevad elusad taimed, on tundlikud ja teevad liigutusi. Kuid mürkide mõjul, nagu piiritus, eeter, sublimaat või raskemetallsoolad (CuCO_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 tähtsale järeldusele: suured, mitmerakulised organismid pole muud kui üksikute tillukeste elusate olendite tihestasti ühendatud kogud.

Need olendid, rakud, on mitmesuguse kujuga ja toimetavad organismis mitmesugust tööd. See tuletab meelde suurt riiki, kus inimesed samuti on jaotanud eneste vahel töö ja toimetused, mis riigi heaks käekäiguks ja alalhoidmiseks tarvilikud. Ühed valmistavad toit- 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.



21. joon. Plasma liikumine vesikatku rakkudes.

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 õisega seemet. Et rõhuv enamus 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.

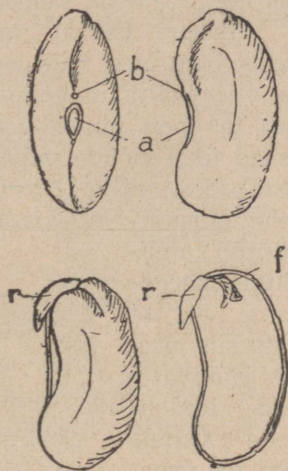
Et õieti aru saada seemne idanemise nähtustest, peame tundma seemne sisemist ehitust. Oma väliselt kujult ja suuruselt on seemned väga mitmesugused. Vaatame, kuidas on lugu nende sisemise ehitusega.

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 kõigepealt 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 vett hästi läbi. Hästi ligunenud ja paisunud seemnelt tuleb nahk hõlpsasti ära, sest ta ei ole seemnega kuski kokku kasvanud. Tavitseb teda ainult kuskilt katki lõigata ja siis tuleb ta üleni ära.

Naha all asub tulevase taime idu, mis lagub hõlpsasti kaheks pooleks, nõndanimetatud idulehtede kesk. Idulehtede vahele on surutud väike taime loode (*embryo*), mille üks ots asub just seemnepilu kohal. See on lõote või idu juureke. Idanemisel hakkab ta kasvama ja tungib esimesena seemnepilu kaudu välja. Lahutades ettevaatlikult idulehti üksteisest, näeme, et nad on ühendatud lühikese juurejätkuga, — see on idu varreke. Ka lehed ei puudu. Nimelt silmame varrekese otsas idu pungakesi, mis koosneb 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 jälgida, kuidas sünnib idanemine. Kõigepealt ilmub juur (23. joon.). Olgu seeme mulla sees mistahes asendis, ikka



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.

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

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 mul-
las 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. Niiviisi kistakse idulehed maa seest, kitsam ots ees, mis sünnib muidugi kergemini. Ka ei satu siis mulla- ja liivate-
rad idulehtede vahele ega tee õrnale idupungakesele viga.

Viimati pääsevad idulehed vaba õhu kätte.

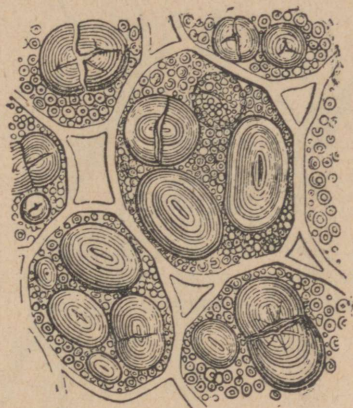
Peagi muutuvad nad roheliseks, sest nende rakkudes tekivad leherohelise (klorofüll) terad. Roheliseks muutunud idulehed avanevad ja nende vahelt puhkevad esimesed lehed. Pisukesest, vaevast märgatavast kühmast nende vahel on tekkinud kaks uut lehekest ja peagi puhkevad ka need. Meie ees on juba väike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

Nagu tähendasime, muutuvad päevalgele pääsenud idulehed roheliseks, nagu harilikudki lehed. Neid tulebki vaadelda kui taime esimest lehepaari. Et aga seemnes peituv



23. joon. Oa idane mine. Kb — idulehed. St — vars; K — ladvapung; W — juur; L — esimene roheline lehepaar.

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 koosneb rakkudest, nagu iga muu taimeosa (24. joon.). Rakkudes pole aga plasmata 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 tärklisist. 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 valkaine terad.



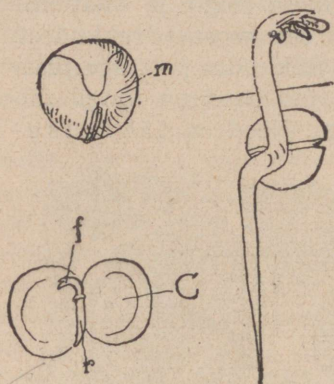
24. joon. Rakud oa idulehest, täidetud tagavara-ainetega: suured, pikergused terad — tärklis; peened, ümmargused — valkaine (proteiin).

Sedamööda kuidas idu kasvab, tarvitab ta idulehtedesse mahutatud toidu-tagavarasid. Idulehed jäävad tühjemaks, tõmbuvad kortsu, ja kui nad lõplikult on tühjendatud, kuiavad nad ära ja langevad maha, sest nad on nüüd üleardused. Noor taim on juba sedavõrt kosunud, et võib hakata omale ise toitu muretsema¹. Kuidas see toimub, näeme edaspidi.

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

¹ Siit peale hakkab taime kasvamine ja edasiarenemine.

lõigata, kuid siis on väga raske sellest taime kasvatada, sest ta ei saa tarvilikul määral toitu.



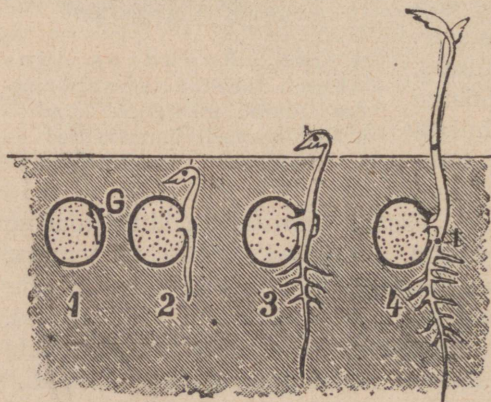
25. joon. Hernes. *C* — iduleht, *m* — seemnepilu, *r* — idujuur, *f* — pung lehekestega.

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 hernes, mille vaatlemisele nüüd asume¹.

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.

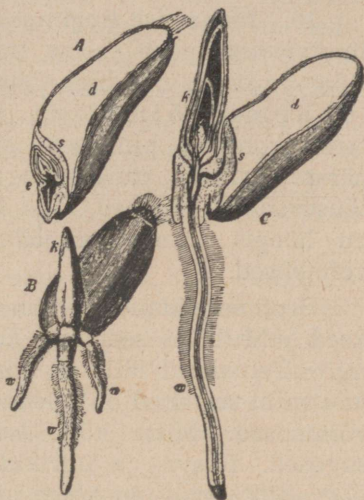
Kuid herne idanemiskäigus näeme mõnesuguseid iseärasusi. Herne idulehed jäävad maa sisse ja ei tõuse välja päevalgele, nagu seda nägime oa juures (26. joon.).



26. joon. Herne idanemine.

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

9. Nisu. Mitte kõik seemned pole kahe idulehega. Paljud lähevad eespool-kirjeldatuist tunduvalt lahku. Võtame mõned nisu seemned ehk terised¹ ja leotame neid kõigepealt 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 eespoolvaadeldud seemneis, vaid eraldi selle kõrval. Niisuguseid idu kõrval asuvaid tagavara-aineid sisaldavaid kudesid nimetatakse toitkoeks (*endospermum*). Idu on ühendatud toitkoega iseärase kilbitaolise vahenaha abil, mis toitvaid aineid isesuguste ensüümide abil vees lahustuvaks muudab. See kilbikujuline moodustus — vahenahk — vastab idulehele; idupungake asub vahenaha kõrval ja on kaetud isesuguse torutaolise singa sega ehk koleoptiiliga. Tähendab, nisu on ühe idulehega taim. Idanemine sünnib peajoontes samuti, nagu ees-



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

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

pool-kirjeldatud taimedel. Kõigepealt ilmub juur, mitte üks, vaid harilikult 2—3 ühetugevust haru, sellele järgneb pung, mis kaetud koleoptiiliga 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. Kõigepealt 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. Teinekord 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, herned, 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 ükshaaval lähemalt.

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

Kui paneme seemne vette või niiskesse mulda, siis hakkab seeme kõigepealt imema enesesse vett ning muutub kogu poolest suuremaks, paisub. Väga hästi võib seda näha herneste juures. Paneme kahte ühesuurusesse klaaspurki ühepalju herneid. Ühte purki valame hernestele 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 herneste ruumala kuivadest isegi kaks korda suurem olla.

Seemnete paisumine toimub suure jõuga. Seda 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 nõõriga 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 kannuga ehk kolviga. See kolb on ühenduses rõhumist mõõtva riistaga, ja riista näitamisest võime näha, et paisuvate seemnete rõhumine on väga suur. Mõnel juhul on seemned isegi ligi saja-kilogrammise raskuse üles tõstnud.

Peale seda, kui seeme on veega küllalt läbi niiskunud, algab temas toidu-tagavarade lahustumine ensüümide 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. Seeme tarvitab idanemiseks parajat soojust ja tunneb end

liigse soojuste käes niisama halvasti kui külma käes. See paras soojustemäär on aga mitmesuguseil seemnel mitmesugune. Näiteks, meie põhjamaade teraviljad, nagu rukis ja oder, tarvitavad väga vähe soojust ja hakkavad idanema juba kolme-, neljakraadises soojustes. Siiski läheb idanemine nii madalal soojustes väga aeglaselt, ja selleks, et idu tuleks nähtavale, läheb nädal ja enam aega.

Kõrgemas temperatuuris edeneb idanemine juba palju kiiremini, ja 20°—25° soojuste käes sünnib see kõige kiiremini — ühe ööpäeva jooksul. Asetame aga rukkiterised idanemiseks veel kõrgemasse temperatuuri, siis tuleb ilmsiks juba vastupidine nähtus. Idanemine sünnib aeglasemalt. Neljakümnekraadises ja suuremas soojustes nad ei hakkagi idanema. Sellest näeme, et rukkil¹ on idanemiseks oma kõige kohasem soojustemäär 25—31° (optimum), kõige madalam 0—4,8° (miinimum) ja kõige kõrgem — 37° C (maksimum).

13. Öhk. Kui seemned ei saa õhku, siis ei hakka nad idanema, olgu muud tingimused kui head tahes. Seda võib tõestada mitmel viisil. Paneme hästi läbiletatud niisked seemned pudelisse, milles õhu asemel söehappegaas. Seemned ei hakka seal idanema. Sama tagajärje saame, kui asetame seemned vette, millest kauase keetmisega õhk täiesti välja aetud. Paneme näiteks hernerid pudelisse ja valame keedetud ning selle järel ärajuhutatud vee peale. Hernerid paisuvad küll, kuid ei anna idu, seisukorras nad seal kui kaua tahes. Viimati pehkivad ja kõdunevad nad vees ära.

Asetame hernerid aga laiale, madalale vaagnale ja valame sedasama keedetud vett peale, kuid nii, et hernerid 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

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

hoolitseda ka tarviliku soojuse eest, kuid õhk ei pääse ligi, ja sellepärast ei saagi seemned idanema hakata. Kui aga sellesama savi kaevama kobedaks, et seemned saaksid õhku, või asetame nad nii, et savi neid üleni ei kataks, siis toimub idanemine harilikul viisil.

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.

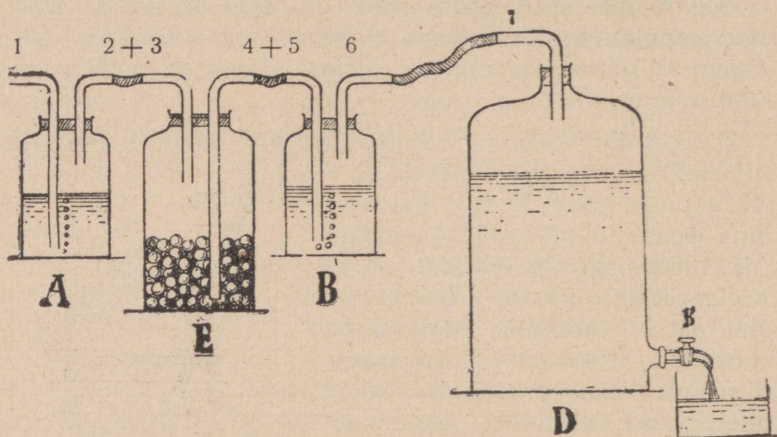
Me teame, et õhk on peamiselt kahe isesuguse gaasi segu: hapniku ja lämmastiku. Võib-olla on ainult üks neist idanemisel tähtis. Korraldame mõned katsed, et teada saada, kumb nimelt.

Kõigepealt 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 peeru või põleva küünla traadi otsas korgi vahelt purki (28. joon.). Peerg kustub kohe ja sellest 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 tarvitanud. Võib-olla on seemned mõnd muud gaasi asemele eritanud. Et selles otsusele jõuda, korraldame järgmise katse. Paneme purki E idanevaid herneid (29. joon.) 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



28. joon. Purgis idanevad seemned eritavad söehappegaasi, milles lõkendav peerg kustub.

valatud puhast selget lubjaveett¹. Kui nüüd avame klambrid ja imeme õhku torust 6 kas lihtsalt suuga või parem iseärase 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 anumais A oleva lubjavee ja tõuseb seal mullikestena üles. Et õhk sisaldab alati pisut söehappegaasi, siis ühineb lubjavesi sellega ja muutub veidi segaseks. Lahkudes anumast A ja jõudes anumasse E on õhk söehappegaasist täiesti puhas,



29. joon. Idanevate seemnete hingamist tõestav katse.

sest see ühines lubjaveega. Kui anum E oleks tühi, siis ei teeks õhk, liikudes läbi järgmises anumais B oleva lubjavee, seda enam segaseks. Nüüd aga näeme, et õhk, mis anumais E seemnetega kokku puutus, muudab anumais B lubjavee segaseks, ja palju suuremal määral, kui see sündis anumais A. Tähendab, seemned eritavad söehappegaasi (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,

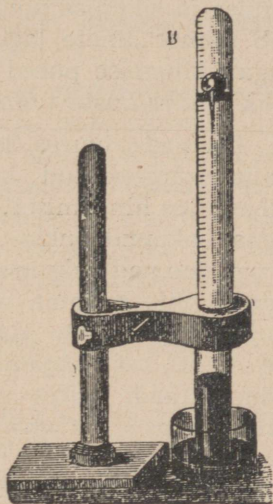
¹ Katse korraldamisel tuleb kummitorud + kohalt klambriga kinni pigistada, et CO_2 ei tungiks anumaisse A ja B ja lubjaveet enne katset sogaseks ei muudaks.

vaid kõik taimeosad ja taimed, mis leherohelist ei sisalda, eritavad söehappegaasi.

Selle gaasi hulka võime mõõta iseärase riistaga, mida nimetatakse eudiomeetriks (30. joon.). See riist kujutab enesest klaastoru, mis ühest otsast lahti, teisest umbne ja mis on jagatud pügalatega ühesuurusteks osadeks. Sesse torusse mahutatakse taim või taime osa, mille hingamist tahtakse 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 söehappegaasi ja elavhõbeda sammu tõuseb. Selle tõusmise järgi võime otsustada, kui palju söehappegaasi on taim eritanud.

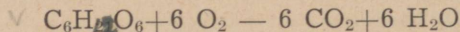
Neist katseist järeldame, et taimed hingavad samuti nagu loomad, s. o. neelavad hapnikku ja eritavad söehappegaasi.

Vaatame nüüd, kust ja kuidas tekib see söehappegaas, mida taim eraldab hingamisel. On tähele pandud, et seemne kuivaine kaal idanemisel kahaneb. Tähendab, osa kuivainet lahkeb seemnest gaaside näol. Et teada saada, kuidas ja misuguste ainete kulul toimub see kaotus, on tehtud palju täpsaid katseid ja mõõtmisi. Nende tagajärjed näitavad, et lagub ja kaob peaaesjalikult tärkliis, teised ained aga vähemal määral. Nagu teame, kuulub tärkliis süsivesikute hulka ja tema keemiline koosseis on : $(C_6H_{10}O_5)$. Idanemisel muutub tärkliis ensüümide toimel suhkruks — $C_6H_{12}O_6$. Hingamisel neelab seeme hapnikku, suhkur ühineb sellega ja lagub lõplikult söehappegaasiks ja veeauruks, mida seeme välja hingab.



30. joon. Eudiomeeter.

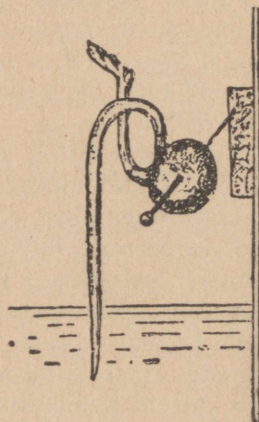
Nii võib siis hingamise keemilist käiku järgmiselt kujutada:



Mis tähtsus on aga hingamisel taime jaoks? Me näeme, et taim kulutab selleks oma toidu-tagavarasid; arvatavasti ei tee ta seda mitte asjata. Hapniku ühinemist tärklisega 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, osalt iseärase nn. 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 taime-rakk eluavalduste toimumisel.

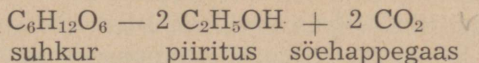
Loomade juures seisab hingamine ühenduses enamasti alalise kõrgendatud kehasoojusega. Kas tõuseb ka taime kehasoojus hingamisel? Et selles otsusele jõuda, võtame idanema hakanud rukki- või nisuteri ja paneme nad paksema kihina anumas. Siis pistame nende vahele soojamõõtja. Mõne aja pärast näeme tõesti, 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 söehappegaasi eritumine edasi. Kust saab aga taim nüüd hapnikku? Me teame, et mitmed taime kehas



31. joon. Herne idandamine nõõpnõela otsas.

olevad ained, nagu tärklis, suhkur jne., sisaldavad hapnikku. Seda oma kehas pärit olevat hapnikku tarvitabki taim välise hapniku puudusel. Säärast hingamist nimetatakse sise-
miseks, sest kogu ainevahetus toimub siin taime sees. Seejuures laguvad hapnikku sisaldavad ained enamail juh-
tudel söehappegaasiks ja piirituseks, mida järgmiselt võib
kujutada:



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

Mitmed lihtsamad taimed, iseäranis üherakulised mikrokoopilised seemned, elavad kogu eluaja ümbruskonnas, kus puudub vaba hapnik. Elamiseks tarvilikku energiat saavad nad oma ümbruskonna aineid lahutades, tekitades neis käärimist. Sääraseid taimi nimetatakse anaeroobseteks ehk õhutuelulisteks, ja nende hulka kuulub näiteks harilik pärmiseen, mille abil võib käärimisnähtusi esile kutsuda.

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 puhkanes korras, 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 niisama hästi puhtal

liival, märjal riidel või paberil, või koguni nõöpnõela otsas, nagu see 31. joonisel kujutatud.

Kui korraldame kunstlikke katseid, siis muidugi hoolitsemise heade idanemistingimuste eest, ja sellepärast pole muljal 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 puhas 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. Tähen-dab, valgusel pole iseärást tähtsust. Pärastpoole, taime kasvamisel, on valguse toime muidugi suur, nagu allpool näeme.

Viimasel ajal on siiski leitud, et on taimi, mis tarvitavad idanemiseks valgust, teised jälle idanevad ainult pimedas¹. 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. Kõgepealt leiame sealt t ä r k l i s t, mida kõige rohkem on jahuseis seemneis, nagu teraviljas, herneis, ubades. Tärklis võib teiste ainete hulgast kergesti ära tunda; nimelt, kui mõned tilgad joodi tärkliselahusele peale lasta, siis muutub tärklis siniseks. Võtame näiteks pisut nisu- või kartulitärklis ja keedame selle veega vedelaks kliistriks. Kui sinna joodi tilgutada, siis muutub kliister siniseks.

Mikroskoobi all paistab tärklis väikeste terakestena, mille kuhu isesugustel taimedel isesugune. Oa idulehe rakkudes

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

asuvaid tärklieteri kirjeldasime juba eespool. Me nägime, et need olid ümmargused või pikergused kerge kihilise ehitusega, sagedasti keskelt praolised. Umbes samalaadilised on ka herne tärklieterad. Võtame nüüd kartulilõigu ja kaabime selle küljest pisut noaga veetilga sisse¹. Vaadeldes siis veetilk mikroskoobiga, näeme selles rohkearvulisi tärklieteri, munalaadilise kujuga ja selgete ekstsentriliselt asetunud kihitustega (32. joon.). Lihtsate üksikute terade hulgas leiame ka kahest ja kolmest osast koosnevaid liitteri. Samal viisil võime vaadelda ka rukki, nisu ja kaera teristes asuvaid tärklieteri. Rukki ja nisu tärklieterad on isekeskis väga sarnased, ümmargused, kettakujulised, pisut märgatava kihitusega. Kaera tärklieterad on aga hoopis isesuguse välimusega. Suur pikergune või ümmargune liittera koosneb suurest hulgast väikest kandilisist terist (32. joon.).



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

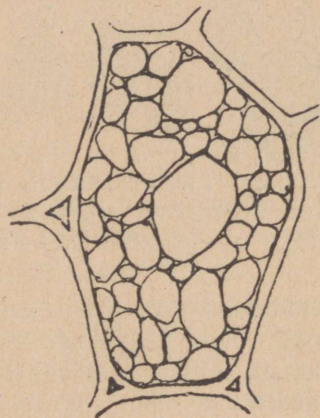
Et iga taim sisaldab isesuguse kujuga tärklieteri, siis on võimalik seda iseärasust kasutada, näiteks jahu proovimiseks. Kui nisujahule on kaera- või kartulijahu hulka segatud, siis võime jahu mikroskoobilisel vaatlemisel seda kohe avalikuks teha, sest nisu tärklieterade hulgas leiame siis ka kaera või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

Kõigis seemneis leiame peale tärkliise veel valkaineid, mida nimetatakse proteiiniks. Need ained asuvad seemneis harilikult ümmarguste või kandiliste teradena. Oa idulehe lõiku vaadeldes nägime, et tärklieterade 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 tärkliis, vaid omandavad ilusa kollase värvuse. Selle iseärasuse järgi joodi suhtes võime valgu-

¹ Parem värskest lõigatud kartulimugula tükikesega alusklaasile asetatud veetilkla puudutada: lõigu pinnalt lähevad tärklieterad siis vette.

teri alati tärklişeteradest ära tunda. Proteiini teri 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 tärkliše kaasa, ning järele jääb kollakas kleepuv mass, mis pole muud kui valkaine. Teda nimetatakse pihkaineks, sest ta ühendab tärkliše taignaks.

Kolmandaks tähtsaks tagavara-aineiks on seemneis õlid ja rasvained. Vähesel määral on neid kõigis seemneis,



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

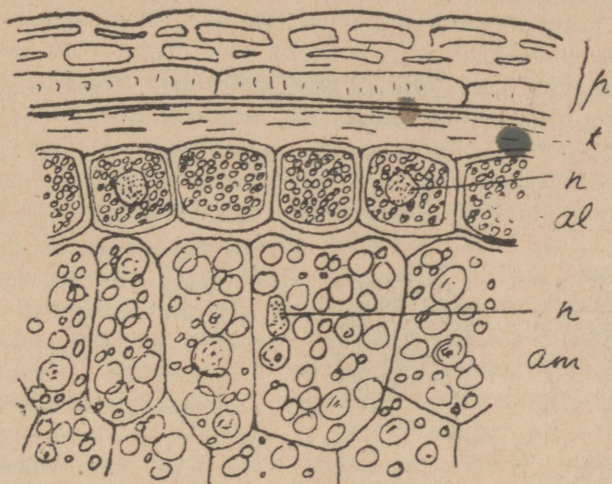
harvemil juhtudel ja vähemal määral, nii et me nende juures ei peatu.

Ükski kirjeldatud tagavara-aineist, nagu tärkliş, valk ja õlid, ei lahustu vees. Et aga idu neid saaks toiduks tarvitada, peavad nad läbi ümbritsevate rakukestade 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 fermenti-

iseäranis rohkesti on neid aga õlirikkais, nagu lina-, kanepi-, päevalille- ja muis seemneis. Kui võtame näiteks päevalille-seemne 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 suuremaiks tilkadeks. Neid võib eritada seemneist lihtsa rõhumise abil, ja nii saadaksegi lina-, kanepi-, päevalille- ja muud õlid.

Siis leidub seemneis veel muid tagavara-aineid, kuid juba

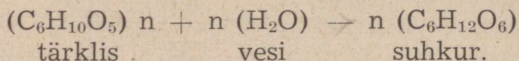
deks ehk ensüümideks. Need fermentid tungivad läbi rakukesta tagavara-ainete ligi ja muudavad need vees lahustuvaiks. Selle jaoks tarvitab iga aine isesugust fermenti, tärklis — üht, valk — teist jne.



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

Jahuseis seemneis, mis sisaldavad rohkesti tärklist, leidub ensüümi *d i a s t a a s i*, mis muudab tärklise vees lahustuvaks suhkruks. Selle diastaasi omadusel põhineb linnaste valmistamine. Linnased pole ju muud kui idanema lõõnud ja siis ära kuivatatud 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 sademe näol. Me võime selle sademe koguda kurnamispaberile ja ära kuivatada.

Nüüd vaatame, kuidas toimib diastaas tärgklisesse. Valmistame tärgklisest vedela kliistri ja valame seda katseklaasidesse. Värvime kliistri katseklaasides joodiga siniseks. Lisame nüüd ühte katseklaasi pisut diastaasilahust¹. Vähehaaval hakkab seal sinine värvus kaduma, ja kliister muutub viimati kollakaks hõredaks vedelikuks. Diastaas on muutnud tärgklise vees lahustuvaks suhkruks. Selle tõttu kadus ka sinine värvus, sest jood ei värvi suhkrut siniseks. Seda ainete muutust võime kujutada järgmise keemilise valemi abil:



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

Tärgklise muutumist diastaasi toimele võime vaadelda otsekohe mikroskoobiga. Siis näeme, et tärgkliseterades tekivad diastaasi toimele sooned ja lõhekesed: need muutuvad ikka laiemaks ja sügavamaks, kuni viimati tärgkliseterad lõplikult laguvad ja kaovad (35. joon.).



35. joon. Nisu tärgkliseterade lagunemine diastaasi toimele.

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, nn. lipaas.

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

III. Kasvamine.

16. Kasvamisest üldse. Kasvamine toimub rakkude paljunemise teel. Tekivad ikka uued ja uued rakud; nende arv kasvab alatasa 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.

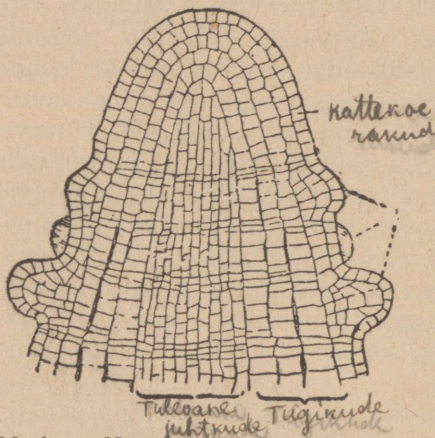
Teeme noore tärkava taime kasvukuhikust õhukese lõigu ja vaatleme seda mikroskoobiga. Siis näeme, et rakud, millest koosneb kasvukuhik, on kõik enam-vähem ühesugused (36. joon.). See ongi arusaadav, sest just siin toimub alaline rakkude pooldumine, ja iga uuestitekinud rakk pooldub peagi jälle, ilma 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 ümberringi 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 mõjustab 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 elus mõnd ühist ülesannet. Meil oli juba jutt niisuguseist rühmist ja me nimetasime neid kudedeks.

Kudede iseärasused on järelilikult ühenduses nende asetusega taimekehas.

17. Kasvamise mõõtmine ja kasvamisjärgud.

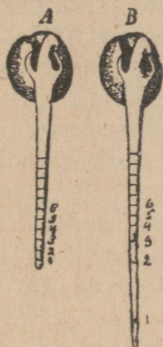
Taime kasvamine ei sünni muidugi ühtlaselt, vaid on olnud mitmesuguseist sisesist ja väliseist tingimustest. Ühed neist edendavad kasvamist, teised mõjuvad sisse takistavalt. Et sellest selget pilti saada ja ühtlasi võrrelda mitmesuguste taimede kasvamist, on katsutud kasvamist mitmesuguste riistade abil mõõta.



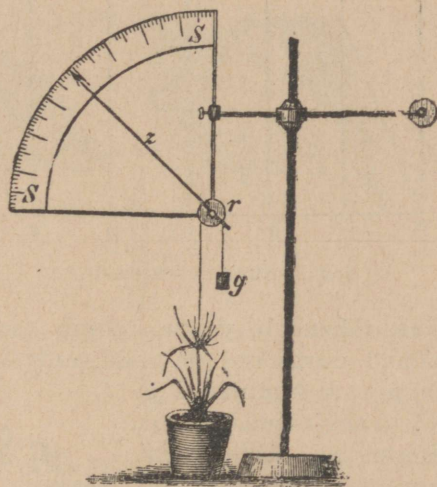
36. joon. Noore kasvava tüve tipu piki-läbilõik. Kõhmad kahel pool külgedel on tulevased varred ja lehed.

Kõige lihtsam ja algeisem abinõu oleks lihtne mõõtpuu, millega taime pikkust teatavate vaheaegade järel mõõdame. Et aga taimede kasv on aeglane ja väike, siis ei saa lihtsa mõõtpuuga 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 järgi, kuidas nüüd kriipsud juurele asuvad, võime otsustada juure kasvu üle. Me näeme, et kõige enam on sirgunud juure otsapoolne osa, sest siin on kriipsud eemaldunud üksteisest kõige kaugeemale.

Aeglasema kasvu mõõtmiseks tarvitatakse iseäraseid riistu, a u k s a n o m e e t r e i d, millest üks 38. joonisel kujutatud. Kasvava taime ladva külge on kinnitatud peenike siidniit, mis ulatub üle kergeltliikuva ratta ja mille otsa kinnitatakse väike raskus (kaaluvihht). Ratas on ühendatud osutiga, mis taime kasvu näitab. Taime pikemaks kasvades vajub viht g madalamale, ja niit paneb ratta r



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

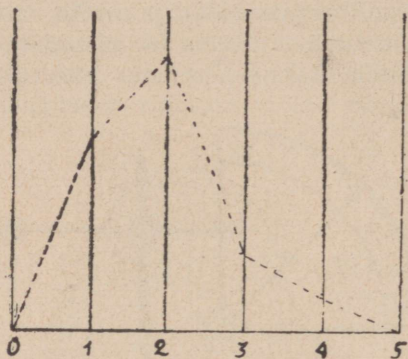


38. joon. Riist taime kasvamise mõõtmiseks (auksanomeeter).

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 võotmetes (nn. k a s v u t s o o n i d e s). Nii kasvab juur ainult juuretipu (ladva) ligidal 5—10 mm laiuses võotmes, 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 kasvutsooni osake teeb läbi suure kasvuperioodi. Tähendades ruudulisel paberil ristjoonel täppidena aja

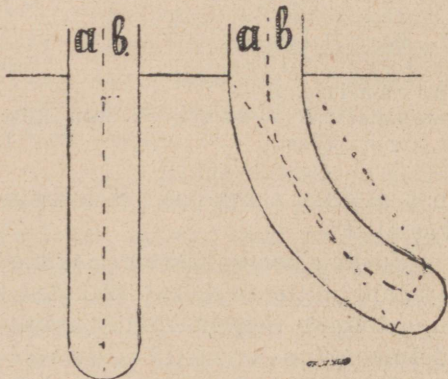


39. joon. Suur kasvamiskõver.

silmapilgud ja neis täppides ülesseatud püstjoontel 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 kasvamisse takistavalt. Täpsamad uurimised on näidanud, et kõige kiiremini kasvab taim vara hommikul ja kõige aeglasemalt õhtul. Seesugust järjekindlat muutust taime kasvamises nimetatakse väikeseks ehk ööpäevaseks kasvamisjärguks. Seda võime samuti kõverana kujutada ja saame väikese ehk ööpäevase kasvamiskõvera.

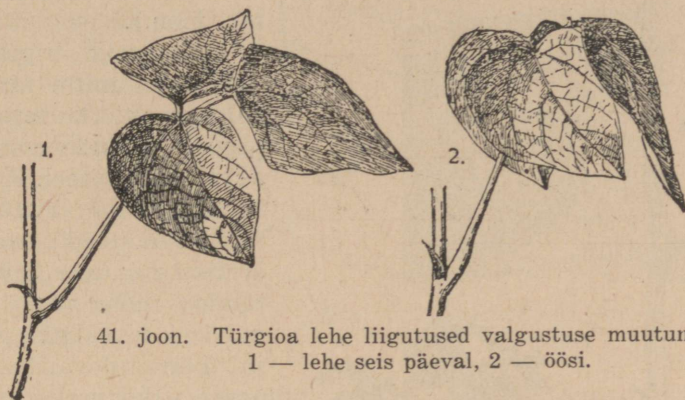


40. joon. Juure kooldumise skemaatiline kujutis.

Peale valguse avaldab mõju kasvamisse ka ümbruskonna temperatuur. Kasvamisel on samuti oma kõige madalam, kõige kõrgem ja kõige kohasem soojuseäär, nagu seda nägime idanemisel.

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

18. **Liigutused.** Rakkude kasvamine ja nende turgor etendavad tähtsat osa ka taime liigutuses. Kujutleme, et noore taime juure üks külg *a* hakkab mingil põhjusel kas-



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

vama 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 omakorda 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 taim teeb sellekohase liigutuse. Sellega ongi seletatav valguse toime kasvamisse. Siiski ei pruugi arvata, 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, surevad mitmed taimed ööks öied ehk tõmbavad lehed isemoodi kokku. Kõik need liigutused sünnivad selle tõttu, et valgustuse muutumisega muutub rakkude tur-

gor. Näiteks türgiuba liigutab oma lehti väikeste lehevarre-
 keste abil, millega lehed peavarre külge kinnitatud. Val-

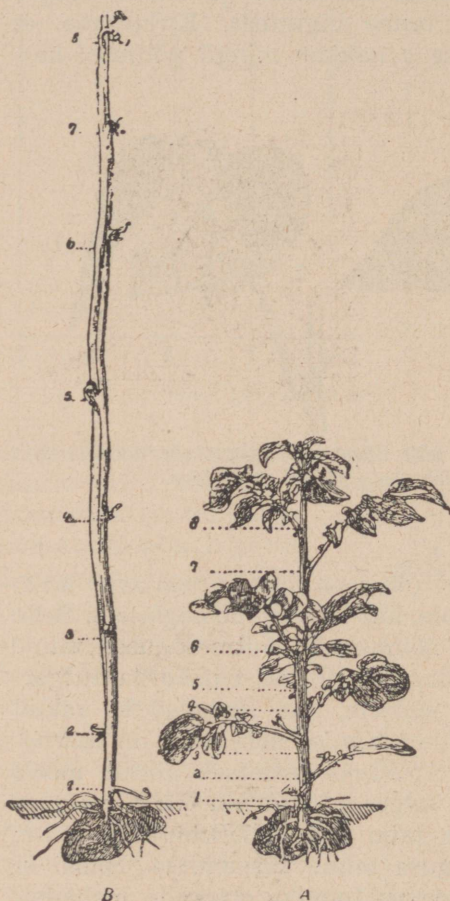
gustuse muutumisel
 muutub nende pealmise
 osa rakkudes turgor, ja
 lehed sirutuvad välja
 või tõmbuvad kokku
 (41. joon.).

Sääraseid liigutusi
 teeb taime mitte ainult
 valguse, vaid ka mitme-
 suguste muude väliste
 ärrituste toimet. Kõiki
 seesuguseid liigutusi,
 mis toimuvad teatud
 ärrituste suunas, nime-
 tatakse üldse tropis-
 mideks: valguse mõ-
 jul toime tulevat taime-
 osade kõverakskasva-
 mist või pöördumist —
 heliotropismiks,
 maa külgetõmbava jõu
 toimet — geotropis-
 miks, keemiliste
 ainete ärritusel — ke-
 motropismiks jne.

19. Heliotropism.

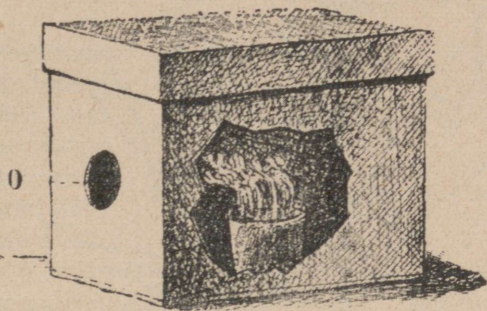
Taimed on väga valgus-
 tundlikud. Niipea kui
 idu seemnest välja sir-
 gub, hakkab valgus te-
 masse kohe toimima;
 valguse käes muutub
 idand peagi rohelisteks,
 pimedas jääb ta aga

valkjaskollaseks. Kui idand kauemat aega pimedas on vii-
 binud, siis läheb ta oma välimuse poolest valguse käes kas-



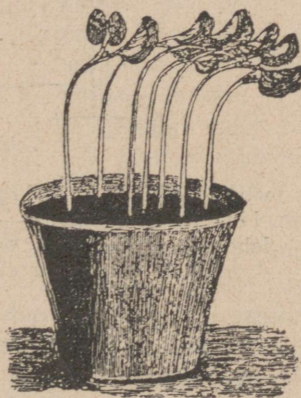
42. joon. Pimedas (B) ja valguse käes (A) kasvanud kartul. Vastavad varre sõlmekohad on tähistatud ühesuguste numbritega.

vanud idandist juba 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 etioolituiks. Seevastu on valguse käes kasvanud taim omandanud suured rohelised lehed ja võib nende abil juba iseseisvalt toitu muretseda. Etioolitud varred saavad hukka, kui seemnest toidutagavara lõpeb, sest klorofüllil puudusel ei saa nad iseseisvalt toitu muretseda.



43 a. joon. Kamber heliotropismi katsete tegemiseks.

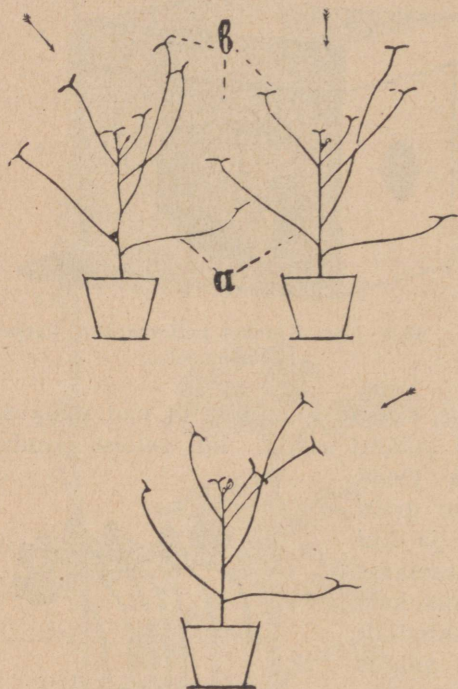
Et taimedel nii suur valguse tarvidus, siis on loomulik, et nad püüavad seda võimalikult suurel määral saada, kui sellest puudus tuleb. Seda võime ka tõesti tähele panna. Külvame potti näiteks kapsaseemneid, ja kui need idanema löönud, asetame poti väikesesse kasti, mis kaetud seestpoolt valguskindlalt musta paberiga, nii et valgus langeks idude peale mitte ülevvalt, vaid kõrvalt läbi augu (43 a. joon.). Juba mõne tunni pärast võime märgata, et varred hakkavad valguse poole koolduma (43 b. joon.) ja lehed asetuvad nii, et valgus langeks nende pinnale. Keerame poti teisipidi; mõne aja pärast näeme aga, et varred on uuesti



43 b. joon. Valguse poole kooldunud kapsataimed.

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.



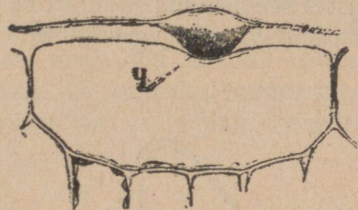
44. joon. Lehtede heliotroopilised liigutused: *a* — lehevarred; *b* — lehelabad. Nooltega on tähistatud valguse langemise suund.

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 pikavarrelistel lehtedel. 44. jooniselt näeme, kuidas taim asetab oma lehed nii, et nende labad oleksid pööratud otsekohe valguse poole. Neid liigutusi teeb ta lehevarte abil. Seejuures on muidugi tähtis, et ka lehelaba ise oleks valgustatud. Kõikide taimede lehepind on kaetud

õhukese läbipaistva nahaga, mis koosneb 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.). Need paksendused on täiesti läbipaistvad ja koguvad nende peale langevad päikese-

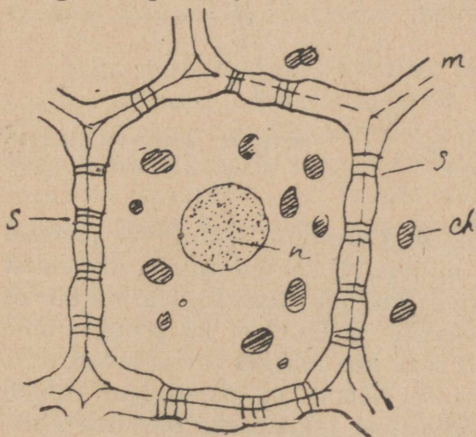
kiired ühte punkti kokku, nagu seda teevad harilikud suurendavad ehk nõndanimetatud päikeseklaasid. Raku plasma selles punktis ärritub, ja ühes valguse muutumisega muutub ka ärritus. See antakse rakkude kaudu edasi lehevarre rakkudele, kus selle tõttu turgor muutub, ja lehed teevad kohase liigutuse.

Ärrituste edasiandmine ühest rakust teise on täiesti võimalik ja arusaadav, sest kõik rakud on ühendatud omavahel peente plasmaniidikestega, mis ulatuvad läbi kestade (46. joon.). Neid niidikesi, mis ühendavad mitmerakulise taime kogu plasma üheks suureks plasmavõrguks, nimetatakse plasmodesmideks.



45. joon. Valgustundlik rakk lehe marrasknahas.

20. Geotropism. Seame idaneva herne mistahes asendisse, mõne aja pärast näeme ikka, et idujuureke pöörduv otsaga allapoole ja vars üles. Pöörame idandi ümber —

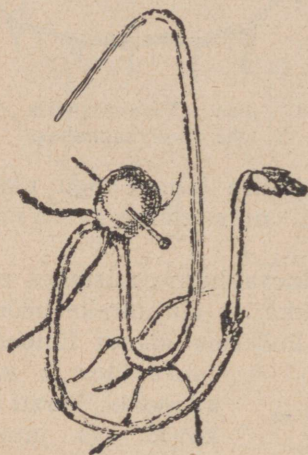


46. joon. Taime rakk tugeval suurendusel: *m* — kest; *n* — tuum; *ch* — leherohelise terad; *s* — plasmodesmid.

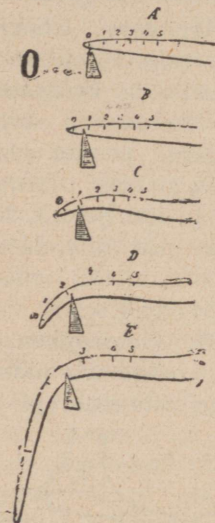
juure üles ja varre allapoole. Varsti hakkavad aga juur ja vars koolduma ning omandavad jällegi endise suuna: juur allapoole, vars üles (47. joon.). Üldse on tähele pandud, et taime juure ja varre loomulik kasvamis-suund langeb ühte maa peale langevate asjade suunaga, see on loodjoonega. Arvatavasti sünnib see maakera tõmbejõu toimele, ja sellepärast

nimetatakse seda taimejuurte kasvamist raskuse suunas geotropismiks.

Geotropilised liigutused sünnivad ainult siis, kui taim kasvab. Kui aga taime kasvamine jääb mingisugustel põhjustel seisma, siis ei sünni ka geotropilisi kooldumisi. See on arusaadav, sest igasugused troopilised liigutused sünnivad



47. joon. Idaneva herne geotropilised kooldumused.



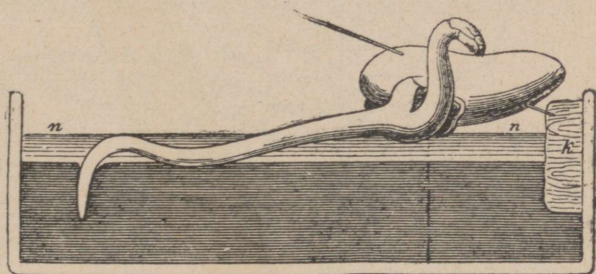
48. joon. Kasvava juure geotropism.

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 geotropiline 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.

Taime vars (tüvi) ja peajuur kasvavad harilikult püstloodis (ortotroopsed organid). Kuid külgharud (oksad) ja küljuured ei kasva mitte püsti, vaid enam või vähem viltu,

isegi ristloodis (plagiotroopsed organid). Kuid tähtis on see, et iga taimeosa hoiab kindlasti kinni oma esialgselt kasvamis-suunast, olgu see missugune tahes. Ainult teised, tugeva-
 mad 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 rohke-
 arvulisi oksid ja laialist lehestikku, ei kasvaks loodsuunas, siis oleks ta tasakaaluta seisukorras ja võiks kergesti murduda.

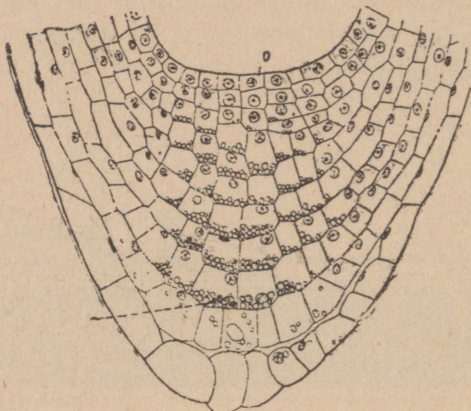


49. joon. Idaneva oa juur tungib geotropismi toimet elavhõbedasse.

Nagu uurimised on näidanud, hoiavad loomad end tasa-
 kaalus iseärase 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 nad tasakaaluhoidmisest osa võtavad, statoliitideks. 50. joonis kujutab juure otsa, mis kasvab otse alla-
 poole. Kõik tärkliseterad ja muud kehakesed, mida näeme rohkesti keskmistes rakkudes, on vajunud rakkude alumi-
 sele küljele, võiks öelda — rakkude põhja. Statoliitide see-
 suguse asetuse korral kasvab juur otse allapoole. Kui nüüd seada juur näiteks ristloodi, siis nihkuvad tärkliseterad pai-
 galt ja asuvad rakkude külgedele. See mitteharilik terakeste seisukord ärritab plasmat, selle tagajärjel muutub juure

kasv mitteühtlaseks ja juur kooldub endisesse seisukorda tagasi, kuni tärklieterad 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.

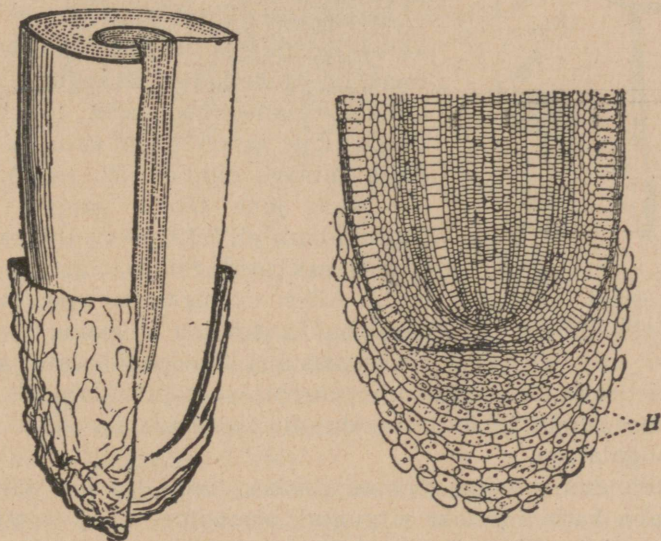


50. joon. Juure otsa raskustundlikud rakud statoliitidega.

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 toiteaineid rohkem (kemotropism). Kui istutada taim pinnasele, mis koosneb vahelduvast liivast ja mustmullast, siis kasvavad külgujuured ainult mullakihtidesse. Seesuguseid katseid ja vaatlusi on palju tehtud. Kõik need näitavad, et taimed tunnevad väli-seid ärritusi, annavad neid edasi ühest rakust teise ja tee- vad vastavaid liigutusi. Need liigutused võivad olla kahe- sugused: positiivsed, kui liigutus toimub ärrituse poole, ja negatiivsed, kui liigutus toimub 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 kõigepealt juur. Peagi muutub ta tusedamaks ja võis asuda oma ülesande täitmisele: imeda maa seest vett ja toitvaid



51. joon. Juureotsa läbilõige. Juurekübar.

soolaid. Vaatame nüüd lähemalt, kuidas toimetab juur seda ülesannet. Kõigepealt aga tutvume juure sisemise ehitusega. Selleks teeme juurest mitmest kohast õhukesed lõigud ja vaatame neid mikroskoobiga. Esimeseks vaatlemisaineks võtame noore kasvava juureotsa lõigu (51. joon.). Sellel paistavad meile silma kõigepealt kaks järsult teineteisest eral-

datud 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 pind, 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 kräävides ja tiikides tiheda roheline vaibana, on juure ladval isesugune juurekübarasarnane moodustis, nn. 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

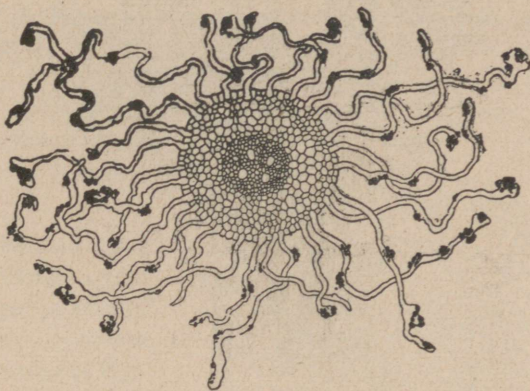
tušipügalatega.

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. Urides lähemalt selle nähtuse põhjust näeme, et juur on kaetud selles osas, kus liiv külge hakkas, rohkearvuliste peente karvadega, mida nimetatakse juurekarvadeks. Kui idandame seemet mitte maa sees, vaid lihtsalt niiskes õhus, siis näeme juure küljes puhtaid ja selgesti silma paistvaid juurekarvu.



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

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



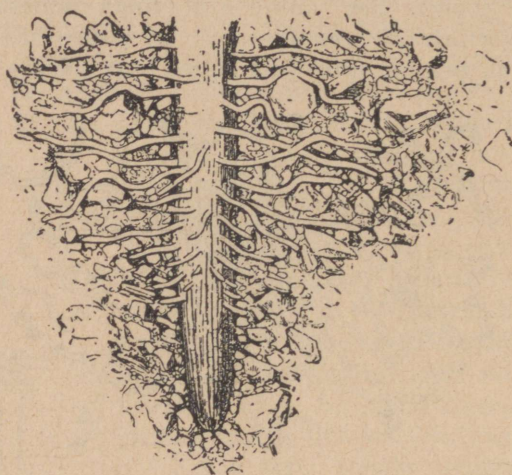
53. joon. Juurekarvad.

Vanemaks saades muutub ta paksemaks ja kõvemaks, hakkab murduma ja pudunema. 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 toitaineid. Kui näiteks taime ümberistutamist toimetada oskamatult, nii et õrnad juurekarvad saavad viga, siis võib taim kergesti ära kuivada ja hukka saada, sest tal puudub võimalus maa seest niiskust ja toitu saada.

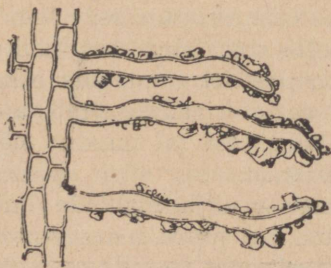
Kuidas aga toimetab juurekarv vee ja mahlade imemist? Et need karvad pole muud kui juure marrasknaha rakud, siis sisaldavad nad muidugi plasmat ja selle sees olevais õõntes rakumahla, nagu kõik teised rakud. Osmoosi-seaduse põhjal tungib mullaosakeste vahel leiduv vesi kar-

vade 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 juurekarvadega 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 juure-



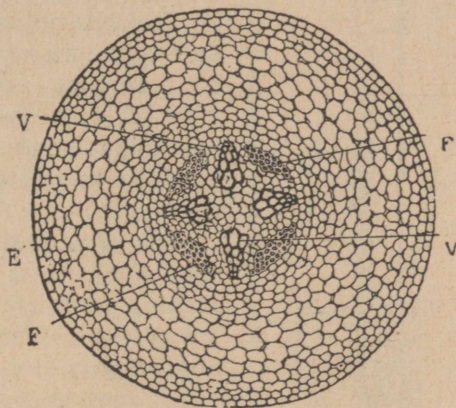
54. b. joon. Üksikud juurekarvad tugeval suurendusel.

koorest iseärase paksukestaliste rakkude kihiga ja mida nimetatakse sisesilindriks. Kiht aga, mis eraldab sisesilindrit juurekoorest, kannab sisekoore ehk endodermise nime. Selle kihi rakuseinad on paksud ja puituvad õige pea; seetõttu ei lasenad 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 juurekoorest sisesilindrisse ja neid nimetatakse sellepärast läbilaskerakkudeks.

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

Neid leiame sisesilindris mitmesuguse jämedusega, ja nende asetumises võime märgata teatavat korrapärasust. Otse juure keskel asetseb harilikult üks või mitu jämedamat soont, ja nende ümber kiirtealiselt peenemad sooned. Kõige peenemad sooned on kesksilindri välimises



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

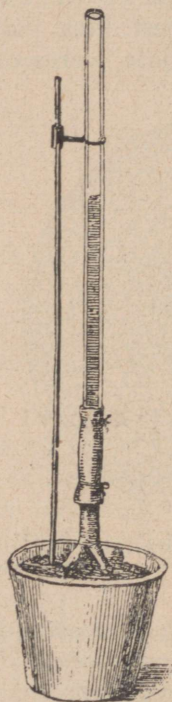
osas. Seda puitunud seintega kogu nimetatakse sisesilindri puitosaks. 55. joonisel näeme pisut teisugust sisesilindri ehitust. Sooned asetsevad ka siin nelja kiirena, jämedamad seespool, peenemad väljaspool, kuid silindri keskmises osas puuduvad sooned täiesti ja nende asemel leiame isärase ühtlase ehitusega rakkudest koosneva koe, millel palju sarnasust juurekoore koelega. Seda kudet nimetatakse säsi-koeks. Nelja soonesalga vahekohtades näeme isäraseid õhukeseseinaliste rakkude kogusid, mida mööda ka mahlad voolavad ja mida nimetatakse niineks.

Eelmisi kirjeldisi kokku võttes näeme, et juur koosneb peaaesjalikult kahest lahkuminevast osast: välimisest — koo-
rest ja sisemisest — sisesilindrist. Neid eraldab üksteisest
endodermis. Juurekoor on ühtlane pehme kude, kuna kesk-
silindris on paksuseinalised puitunud sooned ja õhukesese-
inalised niinrakud. Säärane juure ehitus on väga otstarbe-
kohane. Õhukeseseinalised juurekarvad
asetsevad juure pinnal ja puutuvad otse-
selt kokku vett ja soolasid sisaldava mul-
laga. Osmootsel teel lähevad vesi+soolad
juurekarvadest juure koosse ja sealt
läbilaske-rakkude kaudu sisesilindrisse.

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

22. Juurerõhk. Juurekarvade üles-
andeks oli võtta maa seest vett ja toi-
metada seda edasi sisesilindrisse. Iga
karva poolt saadatud veehulk on mui-
dugi väga väike, kuid selle eest on kar-
vade eneste arv suur, — iga väikese
noore juurekese küljes võib neid lugeda
tuhandena. Kui aga võtame suureks-
kasvanud, haralise juure, siis leiame
mitmed miljonid karvu, 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 juure-
karvad üksteise järele ritta, siis oleks
see rida mitme kilomeetri pikkune. Kui

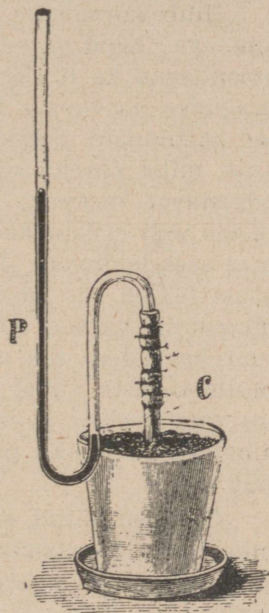
aga nad kokku koguda, siis saab neist vaevalt sõrmkübara-
täis. Tähendab, taime oskab vähesest materjalist ehitada
endale riistu, mis väga suure töö ära teevad. Sest kui need



56. joon. Juurerõhku
selgitav katse.

miljonid juurekarvad hakkavad vett saatma sisesilindri soon-
 tesse, siis saavad need peagi täis, ja vesi tõuseb kõrgemale
 varresse ning jookseb igale poole taimekeha mööda laiali.
 Vee liikumine juurekoorest sisesilindrisse toimub seetõttu,
 et läbilaske-rakud endodermises vett alati ühes suunas —
 nimelt sisesilindri poole — edasi juhivad. Säärase läbilaske-
 rakkude tegevuse tõttu tekib juure sisesilindris teatud rõhk,
 ja vesi liigub sealst 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 ühen-
 dame selle kummitoru abil tüve
 otsaga (56. joon.). Siis näeme, et
 vesi hakkab torus tõusma ikka kõr-
 gemale ja kõrgemale, ning kui juur
 saab mulla seest küllalt vett, siis
 võib see veesammas tõusta mõni-
 kord mitme sülla kõrguseni. Selle
 veetõusu põhjus ongi juurerõhk.
 Klaastoru võib ühendada elav-
 hõbeda-manomeetriga (57. joon.),
 siis võime juurerõhku otsekohe
 mõõta. Suurtel puudel, eriti niiskes
 troopikametsas, on see suurem kui
 välisõhu rõhumine.

Juurekarvad katavad juurt
 ainult selle ladvapoolses osas. Need
 karvad imevad maa seest mullaosa-
 keste ümbert vett. Küllaldaselt
 niiskes mullas, kus mullaosakeste
 ümber ja vahel asetsev vesi on pide-
 vas ühenduses, tuleb kaugemaist
 mullaosadest vesi alati jälle juurekarvade juurde sealst ära-
 imetud vee asemele. Nii ei jää muld siin kunagi päris kui-
 vaks, ja juurekarvad saavad vahet pidamata vett mullast. Hiljemini aga surevad juurekarvad, kuid siis on juur juba



57. joon. Juurerõhu
 mõõtmine: C — ära-
 lõigatud tüve ots; P —
 elavhõbedaga täidetud
 klaastoru, mis täidab
 rõhumismõõtja (mano-
 meetri) aset.

edasi kasvanud teistesse kihtidesse ja kattunud uute juurekarvadega. Ja nii surevad vanemate juureosade juurekarvad alatasa ja langevad juure küljest ära, kuna juure tipu ligidal, mis alati edasi kasvab, tekivad ühtlasi ka alati uued juurekarvad. Nii võivad juured alatasa vahet pidamata vett imeda mullast, välja arvatud mõningad nn. puhkeajad — nagu meie maal talvel — kus vee imemine seisab.

Juurekarvadesse 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 söehappegaasi (CO_2), siis lahustab ta õige mitmeid aineid. Et taime hingamine toimub kõikides elusais rakkudes, järelikult ka juurekarvades, siis eritavad nad söehappegaasi. See segub mullaosakeste vahel asuva veega, ja nüüd lahustuvad selles vees paekivi ja mitmed teisedki ained. Kus juur nende ainetega on kokku puutunud, tekib teatav lohk — juure jälg.

On isegi leitud, et juur eritab ka mõnesuguseid happeid, mis ainete lahustamiseks määratud. Kui noored juured lasta kasvamise ajal kokku puutuda sinise lakmuspaberiga, siis tekivad seal punased täpid ja joonekesed. See on meile tõenduseks, et juured on eritanud mingit hapet, mis värvis sinise lakmuspaberi paiguti punaseks¹. Või 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 lahustavad ja murendavad

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

aegade jooksul kive ja kaljusid, ning sellest lagunemismaterjalist tekivad maapinna settekihid. X

23. Taimekeha koosseis. Katsume nüüd selgusele jõuda, missuguseid aineid omandab juur maa seest. Iga taim kasvab seemnest¹. Esialgu toidab idu end seemnes tagavaraks olevate ainetega, kuid tugevamaks muutudes hakkab ta peagi ümbruskonnast iseseisvalt toitu muretsema, ja kõik ained, millest taimekeha koosneb, on nähtavasti peaaesjalikult mullast juurte kaudu saadud. Järelikult võime taimekeha koosseisu järgi ka otsustada, missuguseid aineid omandab juur maa seest. Taime 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 umbesajakraadise soojuse käes. Taimes olev vesi aurub siis ära ja järele jääb nn. 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 50—60%. Nii näeme, et taimekehas on kaalu järgi enam kui pool vett.

Ülejäänud kuivaine võime omakord kahte ossa eraldada. Üht liiki ained sisaldavad süsinikku ja põlevad sellepärast hõlpsasti. Siia kuuluvad nn. orgaanilised ühendid (tselluloos, tärklis, valkained, õlid jne.). Teine liik aga ei põle. Kui kuumutame ettevaatlikult taime kuivainet, siis lahkuvad sealt orgaanilised ühendid söehappegaasi, veeauru ja gaasiliste lämmastikuühendite näol. Järele jääb tuhka, mis koosneb mittepõlevaist aineist, sooladest. Seda näeme alati, näiteks ahju küttes. Järelejäänud mittepõlevaid aineid nimetatakse mineraal- ehk tuhkaaineks. 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 kõikuv.

¹ Välja arvatud muidugi eostaimed, millede juures seemne aset täidab üherakuline eos.

Nüüd tuleks veel leida, missuguseist algaineist koosneb tuhk. Seda määramist võib toimetada muidugi ainult laboratooriumis sellekohaste riistade ja lahutamisviiside abil. Säärased lahutusi on palju ja mitmesuguste taimedega tehtud, ning tagajärjed on olnud järgmised. Kõikide taimede tuhka-aineis leidub metalle — kaaliumi, kaltsiumi, magneesiumi ja rauda, ning metalloididest — väävelit, fosforit ja kloori.

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

Taime koosseis.

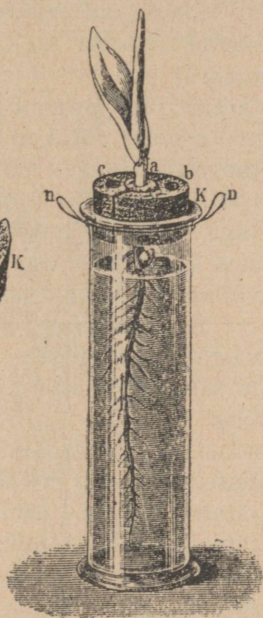
Vesi	Orgaanilised ühendid		Tuhk		
			Metallid		Metalloidid
Vesinik H	Süsinik	C	Kaalium	K	Väävel S
Hapnik O	Lämmastik	N	Kaltsium	Ca	Fosfor P
	Vesinik	H	Magneesium	Mg	Räni Si.
	Hapnik	O	Raud	Fe	Kloor

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 taimele 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 taimele tarvilikud ja missugused ülearded, 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 tärganud idandit vee sees edasi, andes talle puhta vee 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 kinnitatakse. Et taim kinnitamiskohas 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 sooli, mille koosseis vastaks taime tarvitudele. Kõige sagedamini tarvitatakse nõndanimetatud Knop'i segu, mille koosseis järgmine:



58. joon. Veekultuur.

1000 osa vett (= 1 liiter).

1 gramm kaalisalpeetrit KNO_3

0,25 grammi fosforhaput 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 pappkestaga varjata, sest valguse käes tekib vette suurel hulgal seeni ja vetikaid, mis lahuse koostist tundu-

valt võivad muuta ja taime loomulikku kasvu takistada. Peale selle peab vett anumask vahete-vahel 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 tingimustes. Niisugust taimede kasvatamise viisi nimetatakse vee kultuuriks. 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 tingimustes, olgu vees, liivas või klaasipüürs, võime nimetada üldse kunstlikuks kultuuriks.

Kunstlike kultuuride abil saab kõige mõnusamini vastata küsimusele, missugused ained on taimetele tingimata tarvilikud ja missugused mitte. Idandame mitu ühesugust ühe ja sama taime seemet ja kasvatame neid kunstlikult edasi. Iga idanenud seemne asetame isesuguseisse tingimustesse. Näiteks, ühele lisame vee hulka kõiki soolasid, teisele jätame aga ühe aine, näiteks kaaliumi lisamata, kolmandale jätame lisamata mõne teise aine, 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, väävlis ja fosforist. Räni ja naatriumi puudumine ei tee aga taime kasvamisele mingit takistust. Tähendab, need ained pole taimetele tingimata tarvilikud, ehk neid küll leidub taimekehas võrdlemisi suurel määral.

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

hapniku, vesiniku ja süsiniku tarvilikkus; needki on samuti plasma algelemendid.

Ka raua tähtsus on teatava määran selge. Ilma rauata ei teki taimedes leherohelist, ja taimed jäävad helekollaseks — klorootiliseks, olgugi et raud ise leherohelises (klorofüllis) ei esine. Kuid raud on arvatavasti veel mingi isesugune tähtsus, sest rauda tarvitavad ka mitterohelised taimed, näiteks seened. Taimed tunnevad harva puudust rauast, sest seda leidub pea alati igasuguses muldas ja pealegi tarvitavad taimed teda õige vähesel määral. Mg on klorofüllis 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 füüsilis-keemiliste protsesside toimumisele (vt. 59. joon.).

Isesugune lugu on räniaine ehk 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



59. joon. Tatar veekultuuris. I — toitelahuses, mis sisaldab kaaliumi; II — toitelahuses, mis kaaliumi ei sisalda. (Nobbe' järgi.)

läbi imbunud. 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 ränita.

Aineist, mida taimekeha 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 kanna. 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 tarvitav, olgugi et kaua ta õigest tähendusest aru ei saadud. 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 sõnni-

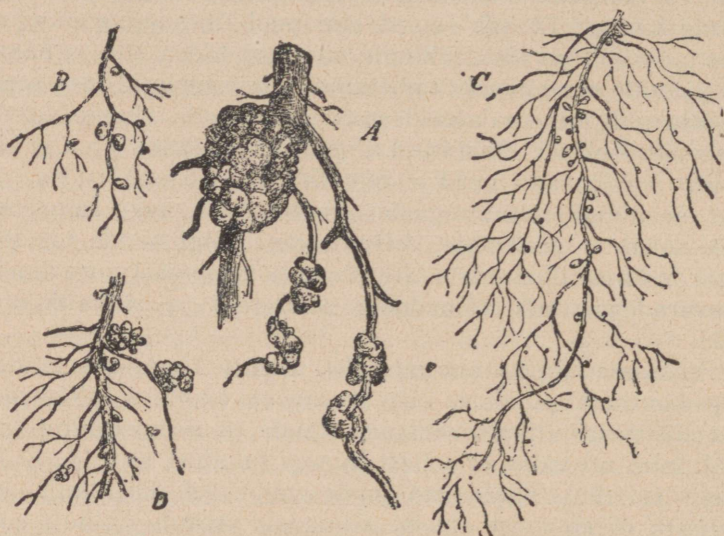
kuga anname põllupinnasele osa aineist tagasi, mis sealt viljasaagina võetud ja loomadele söödetud; peale selle aga veel rohkesti lämmastikkusisaldavaid aineid, mida rohkesti leidub loomade väljaheites.

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 kõrvalt 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 väetusaineks ehk kunstsõnnikuks, ja neid on müügil mitmesuguste nimetuste all, nagu salpeeter, kaalisoolad, superfosfaat, kaniit 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 pinnast siis peasjalikult väetada. Rauda ja magneesiumi tarvitab taim nii vähe, et sellest kunagi puudust ei tule. Kaltsiumi ja räni sisaldavad meie pinnased 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 fosfori-, väävli-, kaaliumi- ja lämmastiku-ühendeid. Väetades peab just neid aineid silmas pidama.

Et mullas leiduv fosfori-, väävli- ja kaaliumi-ühendite hulk on vähene, tuleb sellest, et need on võrdlemisi haruldased elemendid või esinevad jälle lahustamatute 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 lämmastiku-ühendite (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 vähenemise põhjuseks mullast on veel see asjaolu, et nad kergesti vihma ja jooksva vee abil mullast välja uhetakse.



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

On olemas üks taimede sugukond, nimelt liblikõielised (*Papilionaceae* — siia hulka kuuluvad ristikkein, uba, hernes jt.), mis ei tee pinnast lämmastikuühendite poolest vaesemaks, vaid koguni rikastavad seda. See asjaolu oli tegelikel põllupidajail ammu teada, ilma et seda nähtust oleks osatud seletada. Alles hiljemal ajal jõuti selles selgusele. Nimelt leiti liblikõieliste juurtel isesuguseid mügaraid (60. joon.), milles elutsevad bakterid. Nende bakterite teene ongi pinnase rikastamine lämmastikuühenditega. Nimelt seovad nad vaba õhus leiduvat lämmastikku hapnikuga, teki-

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

Sääraseid lämmastiku-ühendeid loovaid nn. nitrobaktereid on ka vabalt mulla sees elutsemas. Nad toimetaavad seal vahet pidamata oma kasulikku tööd. Looduses sünnib alaline lämmastiku ringimine. Elusad olendid — loomad ja taimed — surevad ning nende kehases leiduvad hapnikurikkad lämmastiku-ühendid laguvad vähehaaval hapnikuvaesemaiks ühendeiks ning viimati ammoniaagiks (NH_3) või koguni vabaks lämmastikuks. NH_3 satub kas otseselt või vihmavee kaudu maa sisse, kus nitrobakterid muudavad ta uuesti lämmastikhappe ühendeiks. 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 tarvismineva lämmastiku nende juurtele elutsevilt bakteritelt. Mõni taim, näiteks nisu, tarvitab suuremal määral fosforit, kartul — kaaliumi, ristikehein — 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 majapidamises 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 pinnas, sest taimi võis kunstlikult kultiveerida väga hästi ka ilma süsiniku-ühendeid 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 s o e h a p p e g a a s. See pole aga muud kui süsiniku ja hapniku keemiline ühend (CO_2). Õhu koosseisu uurimised on näidanud, et söehappegaasi on õhus keskmiselt 0,03%. See hulk pole sugugi nii väike, nagu näib esimesel silmapilgul. Õhk, mis asub ühe-ruutkilomeetrise maapinna-osa kohal, kaalub umbes 10 miljonit tonni¹. Selles on söehappegaasi 0,03% ehk 3000 tonni. Söehappegaasi üldine hulk kogu maakera ümbritsevas õhkkonnas on järelikult õige suur, sest maakera kogupind on umbes 500 miljonit ruutkilomeetrit. Taimede jaoks on see tagavara võrdle-

¹ 1 tonn = 1000 kilogrammi.

misi veel suurem, sest taimestik ei kata kaugeltki kõike maa-
kera pinda, ja taimede tarvitada on ka kõik need söehappe-
gaasi tagavarad, mis asuvad ookeanide ja kõrbede kohal.
Tuuled segavad õhku alatasa ja ühtlustavad teda söehappe-
gaasi sisalduse poolest.

Juba poolteise saja aasta eest püüdis kuulus inglise õpet-
lane Priestley (l.: priistli) selgeks teha, missugune on taime
vahekord teda ümbritseva õhkkonnaga. Selleks tegi ta järg-
misi katseid: ta asetaskinniseisse anumaisse mitmesuguseid
väikesi loomi, kes hingamiseks tarvitasid õhu hapnikku ja
eritasid selle asemele söehappegaasi. Viimati jäi hapniku
hulk anumas nii väheseks, et loomad lämbusid, sest hapniku
vähesuse ja söehappegaasi rohkuse tõttu muutus õhk hinga-
miseks kõlbmatuks. Selle järel pani Priestley samasse anu-
masse mõne taime, ja nägi, et mõne päeva pärast oli õhu
kooseis muutunud: söehappegaasi 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 hin-
gavad vastupidiselt, nagu ta seda arvas. Kuid mõned kat-
sed 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 Hol-
landi õpetlasel Ingenhousz'il (l.: ingenuus) korda selgitada
seda keerukaks muutunud küsimust. Ingenhousz sai aru, et
Priestley polnud tähele pannud kõiki neid tingimusi, mil-
les 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 kor-
das Priestley katseid ja näitas, et valguse käes taimed neela-
vad söehappegaasi ja eritavad hapnikku, pimedas aga hin-
gavad samuti nagu loomad, see on, neelavad hapnikku ja eri-
tavad söehappegaasi. Peale selle pööras Ingenhousz tähele-
panu veel ühele teisele tähtsale asjaolule, nimelt, et ainult
taime rohelised osad eritavad hapnikku sissevõetud söe-
happegaasi asemele. Mitterohelised osad aga, nagu juured,

mugulad, seemned idanemise alul jne., hingavad nii valges kui pimedas harilikul viisil, see on, neelavad hapnikku ja eritavad söehappegaasi.

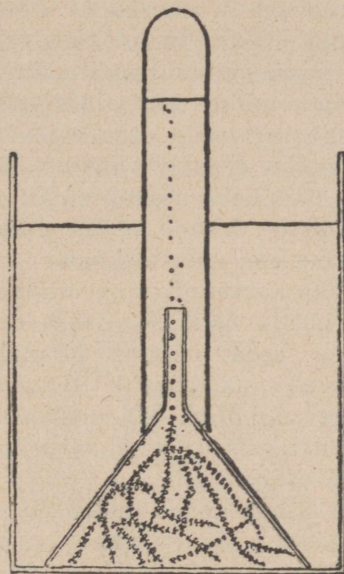
Peale Ingenhousz'i on ette võetud nende nähtuste selgitamiseks palju uurimisi, mis kõik on tõestanud Priestley ja Ingenhousz'i oletusi, ja nüüd võime täiesti tõestatuks pidada, et taimed omandavad tarviliku süsiniku õhust söehappegaasi näol.

Seda võib näidata mitme lihtsa katsega. Kõige mõnusamad selleks on mitmesugused veetaimed, näiteks vesikatku (*Elodea canadensis*). Võtame kitsa, kõrge klaasanuma (silindri) ja asetame sinna vesikatku 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 söehappegaasi läbi. See lahustub osalt vees ja taim võib teda sealt tarvitada. Ehk valame lihtsalt vee hulka pisut selterssi või soodavett, sest ka need sisaldavad rohkesti söehappegaasi. Kui nüüd seame anuma valguse kätte (kõige parem päikesevalguse kätte), siis näeme, et vesikatku 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 vesikatku lehtedega oksid. Täidame anuma jällegi veega ja laseme sealt söehappegaasi läbi ning katame viimati vee sees olevad taimeosad laia klaaslehtiga 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

juhitakse 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 peeru sisse. Peerg lööb kohe lõk-kele, tähendab, katseklaasis on hapnikku.

Sääraste katsete põhjal on jõutud otsusele, et taim oma roheliste osadega neelab õhust söehappegaasi, lahutab selle süsinikuks ja hapnikuks, hapniku eraldab välja, süsiniku aga tarvitab mitmesuguste ainete ehitamiseks, millest koosneb ta keha. Selleks ühendab ta söehappegaasi 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 katki lõikamisel näha, kuidas lõigu kohast varre õõnest (= rakude vaheruum) eraldub gaas, milles 60% ja enam hapnikku.



61. joon. Roheline taim eritab valguse käes hapnikku.

Kui taim viibib pimedas, näit. öösi, siis ei neela ta ka söehappegaasi ega erita hapnikku. Siis tuleb ilmsiks vastupidine nähtus, — see on hingamine, mis seisab hapniku neelamise ja söehappegaasi eritamises. Taim hingab muidugi alati, nii öösi kui päeval, kuid päevane hingamine on varjatud silmapaistvama hapnikueritamisega ja tuleb sellepärast nähtavale ainult öösi (mitteroheliste taimede juures ka päeval). Uurimised on näidanud, et öösi eraldatud söehappegaasi hulk on mitu korda vähem kui sama gaasi päeval neela-

tud hulk. Sellepärast rikastavad taimed loomulikes tingimuses õhku hapnikuga alatasa, vaatamata öö ja päeva vahetusele.

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

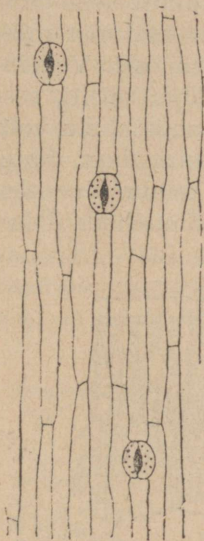
Katsume nüüd endile lähemalt selgeks teha, kuidas nimelt sünnib taimes see tähtis gaaside vahetus. Selleks tutvume kõigepealt selle organi sisemise ehitusega, mille abil taim toimetab gaaside vahetust, see on *lehega*.

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

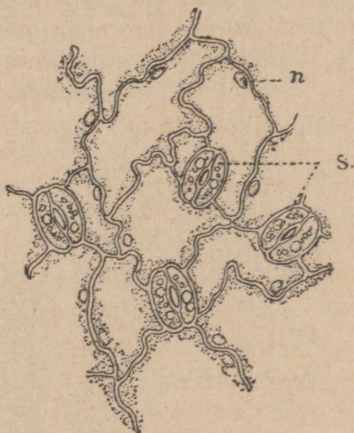
Marrasknaha rakud võivad olla oma kuju poolest mitmesugused. Mõnel taimel on nad pikad, väljavenitunud, nagu näiteks sibulal või hüatsindil (62. joon.). Mõnel teisel taimel on nad kõverate äärjoontega (63. joon.). Igal puhul on rakud üksteisega tihedas ühenduses ja moodustavad nii kindla kaitsekihi. 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 habemenoaga säsi otsast võimalikult risti õhukesi viilusid ühes seal vahel oleva lehega. Sel teel läheb meil korda saada häid õhukesi läbipaistvaid lõike, mida võime mikroskoobiga veetilga sees vaadelda. Üks seesugune lõik on 65. joon. kujutatud. Ülemine läbipaistev rakkude kiht „a“ on marrasknaha, mis, nagu

näeme, katab lehte ka altpoolt. Plasma asub neis rakkudes õhukese, seinte vastu surutud kihina, kogu sisemus on aga täidetud rakumahlaga. Kloroplastid puuduvad neis täiesti (peale sõnajalaliste ja sammalde), leukoplaste võib aga harilikult leida. Marrasknaha rakkude välised kestad on paksemaks muutunud, korgistunud ehk läbi imunud iseärase rasv- ja vaha-ainetega. Seesuguste ainete kiht katab sagedasti kogu lehepinna ja moodustab nn. 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 läbipaistvuse tõttu ei varja ta neid siiski päikesevalguse eest.



62. joon. Hüatsindi marrasknahk.



63. joon. Kaheidulehese taime lehe marrasknahk: *n* — rakutuum, *s* — õhulõhed.

Lehe kaudu sünnib alaline gaaside vahetus. Sellepärast peab arvama, et marrasknahk pole mitte täiesti umbne, vaid selles on läbikäigud ja avaused. Lugu on ka tõesti nii. Uurides marrasknahka hoolsasti mikroskoobiga, leiame siin-seal selle harilikkude värvuseta rakkude vahel isesuguseid leherohelisega täidetud ja paariviisi asetatud rakkusid (66. joon.).

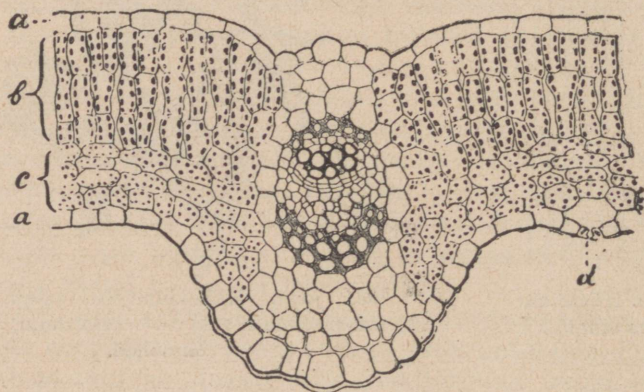
Need rakud on kõverad, poolkuu-kujulised, ja ei asu mitte tihedasti üksteise ligi, vaid jätavad endi vahele kitsa pilu, mis viib lehe sisemusse. Kogu seda sisseseadu nimetatakse õhulõheks ja pilu moodustavaid rakke — sulgrakkudeks (sulgema!). 67. joonisel näeme õhulõhe ristilõiku. Me näeme, et pilu viib väikesesse koopasse A, nn. hingamis-



64. joon. Leedripuusäsi tükk lehelõikude valmistamiseks.

õõnde, mis asub lehe sisemiste roheliste rakkude vahel. Nii on olemas välise õhu ja lehe sisemuse vahel otsene ühendus, mis võimaldab gaaside vaba vahetust. Õhulõhed asuvad peaaesjalikult lehe alumisel pinnal, sest siin on nad paremini kaitstud vihmavee ja tolmu eest. Veepinnal ujuvaid taimedel on lugu teisiti, sest kui leht asub alumise pinnaga vastu vett, siis võib gaaside vahetus toimuda muidugi ainult ülemise lehepinna kaudu. Veesisetel taimedel puuduvad õhulõhed üldse.

Iga lõhe üksikult on väga väike, kuid selle eest on nende



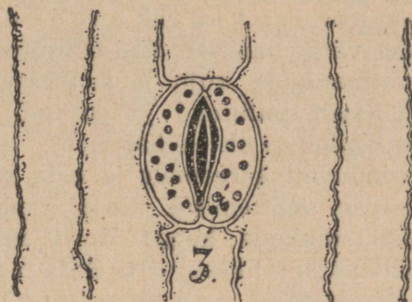
65. joon. Lehe ristilõik: a — marrasknahk; b — sammaskude; c — tohlkude; d — õhulõhe. Keskel läbilõigatud lehesoon.

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.

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. Ristilõigul paistab meile kohe silma, et teda moodustavad rakud on kaht liiki. Otse



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

pealmise marrasknaha all asuvad ühe või mitme kihina pike-
mad ja enam korrapärase kujuga rakud — *b* (65. joon.).

Need rakud seisavad üksteise kõrval nagu sambad, sellepärast nimetatakse seda kudet **sammaskoe**ks.



67. joon. Õhulõhe ristilõikes.

Sammaskoe all näeme kihi hõredalt asuvaid rakke — *c*, ümmarikke ja nurgelisi, mille vahel on suuremad ja vähemad **aku-vaheruimid**, mis enamasti täidetud õhuga. See kude ulatub

kuni alumise marrasknahani ja kannab lehe **tohlkoe** nime. Rakuvaheruimid on ühenduses 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 söehappegaasi vabalt tarvilikul määral ja et nad võiksid ka hapnikku vabalt eraldada. Nagu nägime, on lehel selleks väga otstarbekohane ehitus.

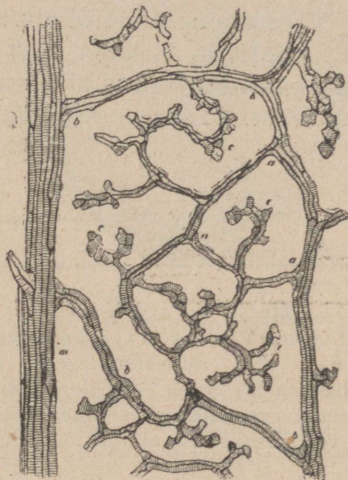
Lehtedes võime tähele panna veel iseliiki moodustisi, — need on lehe sooned ehk roodud. Nendega on kogu leht keeruka võrgu taoliselt läbi põimitud. Lehe sooned koosnevad mitmesuguse kuju ja suurusega rakkudest, mis osalt elusad, osalt puitunud ja surnud. 65. joonise keskpaigas näeme läbilõikes üht sellist soont. Soone kohal kerkib lehepind tunduvalt kõrgemale ja seda kõrgendikku näeme juba lehe välisel vaatlemisel. Soont ümbritseb pisut teissugusekujuliste rakkude kogu. Need rakud sisaldavad vähem leherohelist ja rohkesti vett. Seda soont-ümbritsevat rakkude kogu nimetatakse sooneparen hüüm t u p e k s. Soone koosneb puitosast ja niinosast, samuti nagu seda nägime juure sisesilindris. Puitosa moodustavad pikad puitunud torud, mis on varre kaudu ühendatud juure puitosaga. Neid mööda jõuab lehtedesse vesi, mis juur maa seest saanud. Niinosa kaudu aga voolavad lehes valmistatud ained igale poole laiali. Soont katab pealt ja alt veel iseärase rakkude kogu, millel paksud puitunud seinad ja mille ülesandeks on anda soontele ja ühtlasi kogu lehele tarvilikku tuge. Need rakud moodustavad nn. 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 parenhüüm t u p e s ning koosnevad puitosast ja niinosast, mida väljastpoolt katab mehaaniline kude. Puitosa torukeste kaudu tungivad lehesse vesi ja mineraalained, mis juur maa seest saanud. Niinosa kaudu aga voolavad lehest välja ained, mis leht süsinikust ja puitosa kaudu saadud aineist valmistatud. 68. joonis näitab, kuidas lehesoonestik jagub rohkearvulisteks harudeks, mis tungivad igale poole parenhüüm-

rakkude vahele. Peened lõppharud sisaldavad muidugi õige vähe mahlakandvaid torukesi, kuid ühinedes tekitavad nad ikka tusedamaid ja tusedamaid juhtkimpe, mis ulatuvad viimati lehevarde ja sealt edasi tüvesse. Nii on lehed ja juured tüve kaudu üksteisega alalises ühenduses.

28. Söehappegaasi sarnastamine. Süsivesikud. Et otsekohe näha, mis sünnib elusas rakus söehappegaasi 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 sääraseks vaatlemisobjektiks on kruvivetikas ehk pirogüür, mis koosneb rakkude reast. Nende rakkude iseärasuseks on see, et kloroplast ei ole neis mitte ümmara tera kujuline, vaid esineb pika spiraalselt asetatud lindina. Spirogüüri iga rakk elab täiesti iseseisvat elu, sellepärast võime pika niidi lõigata lühemaiks tükideks, ilma et üksikud rakud sureksid. Peab ainult selle järele valvama, et veetilk, milles asuvad spirogüüri rakud, mitte ära ei auruks. Selleks tarvitatakse alusklaase



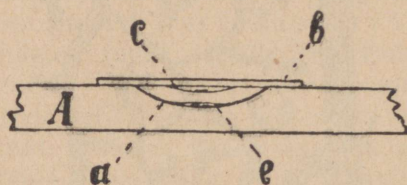
68. joon. Lehesoonestiku harunemine lehelabas.

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 väikeseniiskekambri, milles veetilk tükil ajal ei kuiva.

Nii võime mitme päeva jooksul spirogüüri ja tema eluavaldisi vaadelda.

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 keskaika samakujulise, kuid pisut vähema avause kui kateklaas. Niisutame seda papist raami veega ja, seades alusklaasile, katame eelmise kombel kateklaasiga, mille küljes ripub veetilk vaadeldava asjaga. Kui papist raam hoida vahetpidamatult niiske, siis ei kuiva ka kateklaasi küljes ripuv 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 söehappegaasiga. Selleks on kõige parem lasta



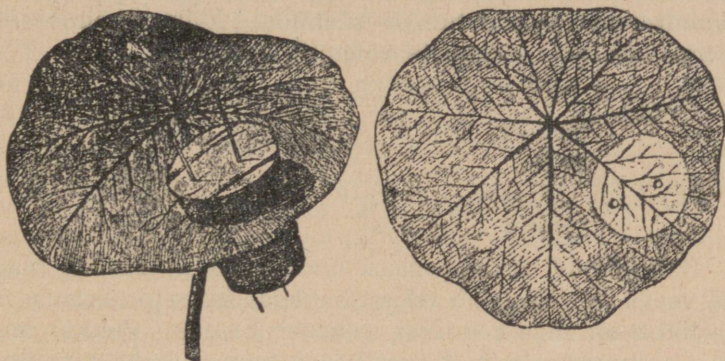
69. joon. Väike niiske kambri: A — alusklaas; a — õõs alusklaasis; b — kateklaas; c — veetilk vaadeldava asjaga; e — veetilk niiskuse alalhoidmiseks.

niiske kambri põhja tilk selterssi või soodavett, milles sisalduvast söehappegaasist on spirogüürile küllalt. Juba mõne tunni järel paneme tähele, et spirogüüri klorofüll-lindid 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 tärglisega. Toimetades samuti rakkudega, mis pimedas seisnud, leiame, et neis puudub tärglis. Seame nad aga valguse kätte, siis näeme neis peagi värskaid tärgliseteri, 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 söehappe-

gaasi juuresolekul tärklis. Öösi lagub see tärklis ära ja tarvitatakse raku kasvu suurendamiseks.

Teiste taimede vaatlemised on andnud samasuguseid tagajärgi. 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 värvuse-



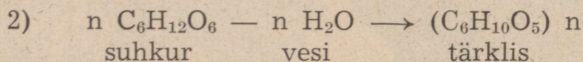
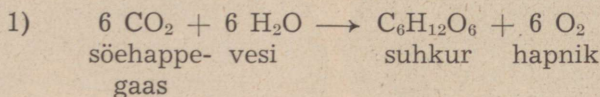
70. joon. Katse kressi lehega, mis tõestab tärklise tekkimist lehe valgustatud osades.

tuks. Kastame ta seejärel joodilahusesse. Leht muutub kohe siniseks, tähendab, ta sisaldab tärklis. Kui tärklis on isearanis rohkesti, siis muutub leht päris mustaks. Säärase lihtsa abinõu varal võime järele uurida, kuidas muutub tärklise hulk lehes päeva jooksul. Hommiku vara lõigatud lehed jäävad joodilahuses heledamaks kui õhtul peale päikese-paistelist päeva lõigatud lehed, sest öö jooksul on osa tärklisist 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 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 neelatud söehappegaasist keerukaid orgaanilisi ühendeid — süsivesikuid. Süsivesikud on orgaanilised ained, mis näiliselt koosnevad söehappegaasist ja veest. Süsivesikute ehk söehüdraatide moodustumise keemilist käiku võime üldjoontes kujutada järgmiste valemite abil:



Sissevõetud söehappegaasi ühendab leht juurtest saadetud veega ja valmistab sellest suhkrut; selles protsessis, mis tegelikult on väga keerukas, vabaneb hapnik. Suhkur muutub aga suuremalt jaolt ensüümide toimel kohe tärkliseks. Eelkirjeldatud protsessi nimetatakse söehappegaasi sarnastamiseks ehk assimilatsiooniks ja see toimub kloroplastides klorofüllil abil, kus ka kõigepealt võib tähele panna tärklise tekkimist. Söehappegaasi sarnastamine toimub ainult valguse käes — päikesepaistel. Selle protsessi tagajärjel tekivad, nagu nägime, söehappegaasist ja veest orgaanilised ained — suhkur ja tärklis, ning vabaneb hapnik.

Päeva jooksul sarnastavad taime rohelised osad söehappegaasi, valmistades sellest süsivesikuid. Öösi voolavad need süsivesikud vähehaaval lehest välja, valgudes mahlakandvaid torukesti 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 tärkelis uuesti ja on idule tarvilikuks toiduks. Just rohke tärklikesisalduse tõttu ongi inimesed hakanud kartulimugulaid toiduks tarvitama.

Ka puude tüvedest võib leida mitmesuguseid tagavara-aineid, peaaesjalikult tärklist. Kevadel, kui puu hakkab lehtedega kattuma, tarvitab ta need tagavarad ära. Selleks muutub tärkelis kõigepealt suhkruks, nagu seda nägime ka seemne idanemisel, ning liigub siis ühes veevooluga oksesse ja pungadesse, kus ta järele kõige suurem tarvidus. Sellepärast ongi mitme puu mahl kevadel magus (kasel, vahtral).

Tagavara-ainete säilituskohtadeks on sagedasti ka juured. Juurtes asetsevad tagavarad enamasti suhkru näol. Peale selle esinevad siin ka tärkelis ja valkained. Suhkru näol asetsevad tagavara-ained näiteks suhkrupeedi juurtes, kust me saamegi suurema osa oma toiduks tarvitatast suhkruks.

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

29. Rasv- ja valkained. Eespool nägime, kuidas leht neelab söehappegaasi ja valmistab sellest leherohelise ja valguse abil süsivesikuid. Me teame aga, et taimekeha ei koosne ainuüksi süsivesikutest, vaid sealt leiame veel mitmesuguseid teisigi aineid. Näiteks koosneb raku tähtsam elulisem osa — plasma — valkainetest; seemnete toitekoest leidsime peale süsivesikute ja valkainete veel õlisid ja rasvaineid. Kus ja kuidas on need tekkinud? Rasvad ja õlid erinevad süsivesikuist vähe oma koosseisu poolest. Nii ühe kui teise aineleegi elementideks on süsinik, vesinik, hapnik — vahe on ainult rasvainete võrdlemisi väikesemas hapnikusisalduses. Seepärast 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 fosforit. Kõiki neid aineid saab taim maa seest juurte kaudu, ja valmistabki valkaineid arvatavasti sel teel, et ühendab neid aineid lehtede poolt kogutud süsivesi-

kutega. Seda näib tõendavat ka asjaolu, et kõigis taime osades peale lehtede võib leida lämmastikusooli, näiteks salpeetrit. Lehtedes aga puuduvad need täiesti, ja see viib meid mõttele, et just lehed ongi selleks töökojaks, kus süsivesikute ja lämmastiku ning väävlü ühenditest tekivad valkained. Kui taim on pimedas ning järelikult söehappegaasi sarnastamine seismas, siis hakkab 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 valemite abil, nagu seda tegime süsivesikutega. Arvatavasti ei teki valkained mitte otsekohe, vaid mitmesuguste vahepealsete lihtsamate ühendite kaudu.

30. Leheroheline (*chlorophyllum*). Söehappegaasi neelavad ainult taime rohelised osad. Roheline värvus aga sõltub iseärástest rohelistest kehakestest — kloroplastidest. Suuremalt jaolt on need ümmarguse või pikerguse kujuga. Peenemad uurimised on näidanud, et kloroplastid on plasmast koosnevad kehakesed, mille pisemais algosakestes asub lahustunud roheline värvaine — klorofüll. Need plasmaised kehakesed elavad rakus täiesti iseseisvat elu, ja uued kehakesed tekivad ainult eneste sarnastest pooldumise teel. 8. joonisel 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 peaaegu 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 söehappegaasi, ja et see sarnastamine toimub ainult valguses — päikesekiirte mõjul. Mis pärast on see nõnda? Mis tähtsus on valgusel — päikesekiirtel sarnastamisprotsessis? Ja mis ülesanne rohelistes värvikehakestes — kloroplastides — peituvail pigmentidel?

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

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

läbi peajasjalikult rohelised valguskiired ning osa punaseid. Seepärast paistavadki taimelehed rohelistena või veidi punakatena. Nii siis on klorofüllpigmentide tähtsus selles, et nad valguskiiri 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 pigmendid päikesevalgust, muudavad selle keemiliseks energiaks ja selle energia abil toimuvadki taimerakkudes mitmesugused keemilised protsessid, esimeses joones aga söehappegaasi sarnastamine, s. o. orgaaniliste ainete — peajasjalikult suhkru ja tärklise valmistamine. Selles protsessis on kõige tähtsamad just punased valguskiired ja nende mõjul toimub söehappegaasi sarnastamine kõige kiiremini.

31. Vee aurumine lehtede kaudu. Lehe ehituses panime tähele seda iseärasust, et leht püüab õhuga võimalikult laiapinnaliselt kokku puutuda. Selleks on lehe tohikoos rohkearvulised ja avarad õõned ning läbikäigud, mis välise õhuga ühendatud õhulõhedega. Nende kaudu lehe rakud saavad alatasa uut värsket õhku. Sellel on suur tähtsus söehappegaasi sarnastamisel. Kuid see toob enesega möödapääsetamatult kaasa vee rohke aurumise lehe sisemistest rakkudest.

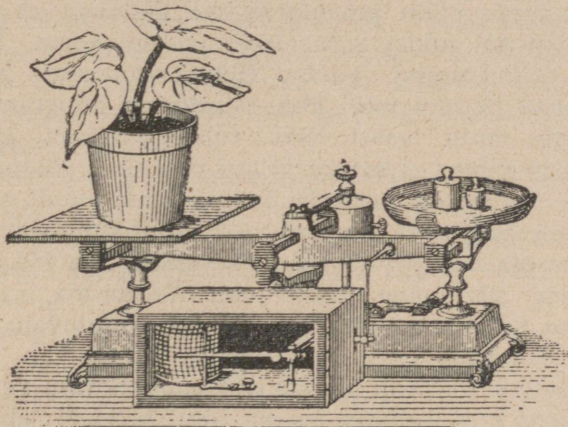
Et seesugune alaline vee aurumine tõesti toimub, võib tõestada üsna lihtsa katsega. Paneme mõned värskelt lõigatud lehed taldrikule ja katame nad kummulipööratud kuiva teeklaasiga. Juba mõne minuti pärast muutuvad klaasi seinad seestpoolt uduseks. Vee aur, mis asus tilkadena klaasi seintele, võis tulla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

Sellesama üle võib otsusele jõuda ka teisel teel. Kui leotada harilikku valget kuivatuspaberit koobalkloriidi (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 (kristallisatsioonivesi) ja on roosa. Kuumutamisel aurub vesi ära ja sool muutub siniseks.

Samuti läheb koobaltkloriidi lahuses leotatud paber siniseks, kui teda soojuses kuivatame.

Värskeltlõigatud lehele laotame tüki sedaviisi valmistatud sinist paberit ja katame ta siis veel kuiva klaasplaadiga, et kaitseda paberit ümbritseva õhu niiskuse eest. Juba kahe, kolme minuti järel muutub paber lehe alumisel pinnal roosaks, ainult soonte kohale jäävad veel sinakad vöödid.

Vee aurumisel on taime elus suur tähtsus, ja see toimub õige suurel määral. Aurunud vee hulka võib kindlaks mää-



71. joon. Lehtede kaudu aurunud vee mõõtmine kaalude abil.

rata mitmel viisil ja mitmesuguste abinõudega. Kõige täp- sam määramine toimub nii, et taim kasvatatakse potis, sea- takse kaaludele ja vaadatakse siis, kui palju jääb taim vee aurumise tõttu kergemaks (71. joon.). Vett aurub muidugi ka mullapinnalt ja läbi poti. Et seda ära hoida, tarvitatakse katse jaoks klaasist või vaadatud savist potte ja kaetakse mullapind mõne aurukindla, näiteks plekk-kaanega. Või mähitakse pott ja vaba mullapind lihtsalt tinapaberisse, vahariidesse, asetatakse õhukindlasse plekkpurki, mis eri- suguse kaanega, mille august taime osad läbi ulatuvad jne.

Seesugused mõõtmised näitavad, et aurunud vee hulk on õige suur. Näiteks, pott päevalillega muutus öö-päeva jooksul üle poole kilogrammi kergemaks. Suured puud

laialise lehestikuga auravad vett veel rohkemal määral. Niisuguseid mõõtmisi võib toimetada vahet pidamata pikema aja kestel. Selleks kaalutakse iga päev juurdelisatud ja aurunud 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 pinnale leiame näiteks, et hektaar kaera, nisu või rukist aurab suve jooksul enam kui 1½ miljonit kilogrammi vett. Hektaarisuurune 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 auruvat 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 niisutamiset kasvatatavale taimele kohane või mitte.

Nii selgub, et taim ühelt poolt imeb alatasa vett pinna-
sest, otsides seda hoolega peente juurekarvade abil kõige väiksemate mullaosakeste vahelt, teiselt poolt aga laseb ta vahet pidamata seda suure vaevaga saadud vett ära auruda. Selle kokkuhoidlikkuse ja otstarbekohase sisseseadu juures, nagu seda üldse taime ehituses märkame, näib säärane pillav veega ümberkäimine olevat meile esimesel silmapilgul ime-
lik ja arusaamatu. Kuid hoolsam vaatlemine näitab meile peagi selle asjaolu õige tähtsuse. Kõigepealt paneme tähele, et vesi, mida juur võtab maa seest, sisaldab õige vähe toit-
vaid soolasid. Et näiteks saada üht grammi neid soolasid, peab laskma mitu tuhat grammi vett ära auruda. Nüüd on selge, et vee aurumisega ja soolade rakkudesse jätmisega vabastab taim aseme uutele veehulkadele, millest ta eraldab samal viisil tarvilikud soolad, vee aga laseb jälle ära auruda. Nii saab taim ainult alalise vee aurumise kaudu maa seest toitvaid sooli sel määral, nagu tal kasvamiseks tarvis.

Vee aurumisel on aga taime suhtes 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°-ni. 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 aurumine jahutab aurumispinda. 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 aurumine väga tähtis asjaolu taime elus. Ilma selleta ei saaks meie kuivamaa-taimed oma temperatuuri paraja hoida ega saaks maa seest tarvilikul määral toitvaid sooli, 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 rohtlad veest sagedasti puudust, ja viimaks on kõrved peaaegu täiesti ilma veeta. Ja siiski, ka neis ebakohaseis tingimuses leiame mõnesuguseid taimi. Nii-sugune taimede kasvamine väga muutlikus niiskuses on võimalik selle tõttu, et taimedel on väga mitmesugused seadmed, mille abil nad võivad vee aurumist vähendada äärmuseni või tarbe korral seda jälle suurendada.

See vee aurumise korraldamine toimub õhulõhede sulgemise ja avamise kaudu. Õhulõhet moodustavad sulgrakud võivad oma kuju muuta. Kooldudes 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 aurumise tõttu ära närt-sida. Niiskes ja veeaurust rikkas õhus on õhulõhed lahti, seega vee aurumise võimalused suuremad kui kuivas õhus.

Õhulõhede avanemine ja sulgumine 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 kaitseda kuivade rohtlate või kõrbede taimi närtsimise eest. Tugeva soojuse tõttu võib vesi auruda ka otse läbi marrasknaha. Selle ärahoidmiseks leiame säärastel kohtadel kasvavalt taimedelt mitmesuguseid erilisi vahendeid. Nii on mõnel taimel marrasknaha rakkude kestad muutunud iseäranis paksuks ja tihedaks ega lase seetõttu 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 aurumist: nende vahel asetseb veeauruga küllastatud õhukiht, mis vee aurumist maha surub.

Üldse, kuivmaa-taime kogu ehitus on sihitud sinnapoole, et vett võimalikult kokku hoida. Lehed on neil harilikult väga väikesed või on muutunud koguni ogadeks (kaktustel), mis muidugi vähendab aurumispinda. Tüved on vähe harunenud, taimed seetõttu madalad, maapinna ligidal, kus tuuled nõrgemad ja veeaurumine väiksem. 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 erilise kujuga taimi, nagu k a k t u - s e d. Nendel on aurumispind vähendatud äärmuseni. Lehed on muutunud ogadeks, aga paks tüvi, kaetud tiheda nahaga, sisaldab rohkesti vett. Need veetagavarad on kogutud lühikest aega kestnud vihmasel aasta-ajal. Kogu kuiva aasta-aja vältel, 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, õhulõhesid palju, tihti asetatud mõlemal küljel, 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 kujutluse saada sellest tähtsusest, mis on rohelistel taimedel looduses. Tärvakv idu on oma eluavalduisilt mitmeti looma sarnane, — ta hingab nagu loomadki, ja toitub samal viisil, s. o. orgaanilisist aineist. Samuti elavad ka kõik täiskasvanud taime osad, nii värvusetud kui ka rohelistel. 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 toimetu, mis puudub loomadel ja mis on roheliste taimede tähtsaim iseärasus. Mullast saadud veest ja mineraalsooladest ning õhust ammutatud söehappegaasist, mis kõik on anorgaanilised ained, valmistab taim oma lehtedes valguskiirte abil uusi orgaanilisi ühendeid. Loomadel seda omadust pole ja nad peavad sellepärast toituma neist orgaanilisist aineist, mis taimed valmistanud. Taimtoitlased loomad tarvitavad neid otseselt, kiskjad aga taimtoitlaste loomade kaudu. See käib muidugi ka inimeste kohta: kõik meie toit on otseselt või kaudselt teel taimeriigist saadud.

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

Nende väikeste laboratooriumide tööviljakus on õige suur, sest neid on kogu maakera pinnal arvutu hulka ja nad töötavad vahet pidamata. Me teame, kui suured hulgad, sajad ja tuhanded miljonid puudad kogutakse igal aastal

põldudel orgaanilist ainet — tärklis, valkaineid jne. ainult teravilja näol. Seda kogu tuleb suurendada mitu korda, kui arvame juurde veel heinad ja õled, mis inimesed igal aastal koguvad. Tuletame meelde seda määratud hulka orgaanilist ainet, millest koosnevad 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 endale toitu otseselt elutust, anorgaanilisest maailmast. Tarvitades taimeriigist pärit olevaid saadusi töötab loom nad oma sisikonnas ümber, võtab sealt endale tarvis minevad ained, kõik muu aga heidab välja vee, söehappegaasi ja poollagunud orgaaniliste ühendite näol. Need jäätised töötatakse mitmesuguste maa sees elutsevate bakterite poolt ümber ja muutuvad viimaks jälle gaasideks ning mineraalsooladeks, millest nad saadud. Nii tulevad looduse tagasi söehappegaas, vesi ja mineraaloolad, 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 toitub 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 aineid. Vaatleme kõigepealt nõndanimetatud putukasööjaid taimi. Juba nimetus näitab, et siin on tegemist taimedega, kes ka loomi toiduks tarvitavad.

Meie kodumaa taimestiku hulka kuulub putukasööjaist taimedest kõigepealt ümmaralehine huulhein (*Drosera rotundifolia*), mis kasvab harilikult turbarabades (72. joon.). See on väike rohttaim, maapinna ligi asetseva punakate lehtede kodarikuga ja väikeste valgete õitega pika



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



73. joon. Võipätakas (*Pinguicula vulgaris*)

rao otsas. Putukate püüdmise riistaks on tal lehed. Need on üleni kaetud pikkade karvadega, mille otsas asetsevad karvakestest eritatud erilise kleepiva vedeliku tilgad. See vedelik on selge ja läbipaistev, sellepärast näib huulheina leht eemalt vaadates nagu kaetud rohkearvuliste kastetiljadega. Kui mõni putukas — sääsk, kärbes — juhtub istuma huulheina lehele või puudutab seda mööda lennates, siis

jääb ta kohe sinna kleepuvasse vedelikku kinni. Huulheina lehe karvakesed on tundlikud, ärrituvad puutumisest ja koolduvad kõik tihedasti putuka ümber. Karvakestest eritatud vedelik sisaldab seedivaid mahlu mitmesuguste ensüümidega, mis sarnased loomade seedivate maomahladega, 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 sirutuvad karvakesed uuesti püsti, tuul puhub putuka 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 katsetatud kasvatada huulheina ilma lihatoiduta ja on leitud, et ta oma roheliste lehtede tõttu võib end toita nagu kõik teised taimed. Tähendab, putukate söömine on talle ainult kõrvalisemaks, lihtsamaks toitumisviisiks, mis lubab teda asuda ka lämmastikuühendite poolest väga vaesel pinnal, nagu seda on turbarabad.

Niiskeil, soistel luhtadel leiame veel teise putukasööja taime — hariliku võipätaka (*Pinguicula vulgaris*) (73. joon.). See taim meenutab oma kujult üldiselt huulheina, ainult lehed on tal pikergusemad, helerohelised ja mitte karvadega kaetud, vaid siledad. Lehe pind on aga selle asemel kaetud paksu kleepuva vedelikuga, mis määratud ka putukate püüdmiseks. Kui mõni putukas satub võipätaka lehele, siis jääb ta sinna kinni ja lehe servad hakkavad endid vähehaaval keskme poole kokku rullima ning ümbritsevad viimaks putuka täiesti. Vedelikus sisalduvad seedivad mahlad lahustavad putuka pehmed osad, ja taim tarvitab saadud orgaanilised ained endale toiduks. Ka võipätakas võib teiste taimede eeskujul end toita söehappegaasist ja maa seest võetavaist mineraalooladest.

Isesugune sissesead putukate püüdmiseks on meie magedais vetes kasvaval vesihernel (*Utricularia vulgaris*) (74. joon.). Selle taime veealuste oksakeste ja harude kül-

jes leiame iseäralisi, lehtedest moodustunud põisi, mille lahtises otsas on karvakestest ümbritsetud avaus. Selle avause kaudu võivad mitmesugused väikesed veeloomakesed pääseda põide, välja nad aga nii kergesti ei pääse, sest põie



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

suu ees on õhuke elastiline kaas, mis avaneb ainult sissepoole. Põie sisemised rakud eritavad seedivaid mahlu, mis looma ära lahustavad, kelle ained taim endale toiduks tarvitab.

Võõramaa taimede hulgast võiks nimetada mitut huvitavat putukasööjat. Huulheinaga väga sarnane on Ameerika soodes kasvav kärbsepüünis (*Dionaea muscipula*) (75. joon.). Selle taimelaba koosneb kahest hambaliste äärtega poolest, poollahtise raamatu kujuliselt. Kummalgi

lehepoolel on 3 tundlikku karvakest, mille puutumisel lehepoolad peaaegu silmapilkselt kokku langevad. Sel viisil püüabki taim putukaid. Putukate seedimine toimub siin samuti nagu eelmistel taimedel.

Põiekujulise putukate püüdmisriista leiame veel troopikamaailmas kasvaval kannpõõsal (*Nepenthes*) (76. joon.). Siin on pika lehevarre labapoolne osa muutunud õõnsaks kannuks, mis avausega pööratud ülespoole. Lehelaba ise täidab selle kannu kaane aset. Et see kaas kannul mitte

tihedasti ei asetse, siis on kann harilikult vihmaveega pooleni täidetud. Sinna satuvad putukad, upuvad ära, ja taim tarvitab neid toiduks¹.

Nagu nendest kirjeldistest näha, tarvitavad putukasööjad taimed harilikku mineeraalainete kõrval ka lihatoitu. Seda muretsevad nad endile ise mitmesuguste püniniste abil. Taimede hulgas leiame aga ka niisuguseid, kes toituvad orgaanilisest aineist, kuid ei muretse neid iseseisvalt, vaid omandavad lihtsalt mõne teise taime või looma kehast. Selleks kinnituvad nad teise taime või looma külge või tungivad koguni nende sisse,



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

ja imevad sealt toitvaid mahlu. Seesuguseid taimi nimetatakse nügulisteks ehk parasiitideks, ja neid on iseäranis rohkesti alamate taimede hulgas, nagu bakterid, seened jne. On ju laialt tuntud mitmesugused mikroskoopilised seened, bakterid, mis tungivad inimeste ja loomade kehasse ja tekitavad seal igasuguseid raskeid haigusi. Kuid ka kõrgemate taimede hulgas on parasiite.

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

Nimetame kõigepealt võrmi (*Cuscuta europaea*), peenikest kollakasroosat väänkasvu, mis asub sagedasti ristikheinal, linal, kanepil ja teistel taimedel. Võrm ei sisalda leherohelist, sellepärast ei saa ta endale iseseisvalt orgaanilisi aineid toiduks valmistada, vaid tungib eriliste imikutega (*haustoria*) rohelse taimemahlakandvaise kudedesse ning imeb sealt valmisolevaid orgaanilisi aineid.

Puude ja ka rohttaimede juurtel parasiteerivad käopäkk (*Lathraea squamaria*) (77. joon.) ja soomukas (*Orobanche*). Need on võrdlemisi suured taimed lihavate vartega ja rohkete õitega, kuid lehed 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 parasitide on olemas veel poolparasiidid, mis on täiesti harilikkude rohelse taimede sarnased, omandavad iseseisvalt maa seest vett ning toitvaid soolasid ja töötavad need lehtedes orgaanilisiks aineiks ümber; 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*), robirohi (*Rhinanthus*), härghein (*Melampyrum*) jne.



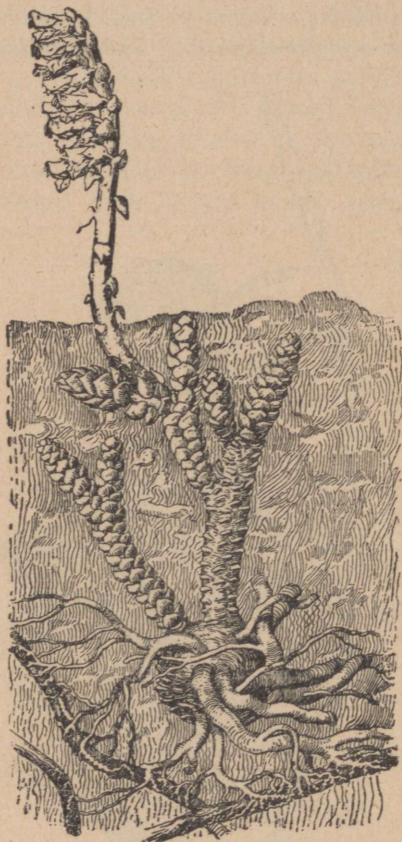
76. joon. Kannpõõsa (*Nepenthes*) leht.

Midagi ühist pole parasiitidega nn. epifüüt-taimedel, mis iseäranis troopikametsadele iseloomulikud. Epifüü-

did asuvad küll teistel taimedel, puude tüvedel ja okstel, kuid tarvitavad neid 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 rühm 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 kõigepealt rohkearvulised seened, mis elavad metsa all ja toituvad pehkivaist tai-

mejäänuseist, mahalangenud lehtedes sisalduvaist orgaanilisist aineist jne. Mädarikkude iseloomulisemaks tunnuseks on leherohelise ja üldse lehtede puudumine, nagu seda näeme seentel.



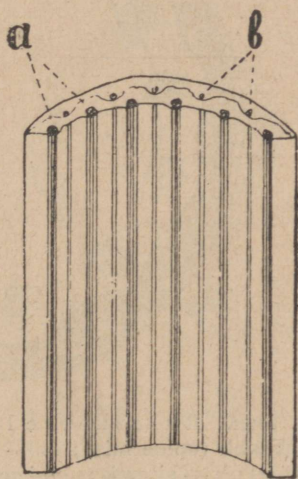
77. joon. Käopäkk
(*Lathraea squamaria*).

VI. Tüve (varre) ehitus ja tegevus.

34. Tüve sisemine ehitus. Üheidulehesed taimed. Eelmistes peatükkides nägime, et rohelisel taimel on kaks süsteemi elundeid, mis asetsevad kahes isesuguses keskkonnas: mullas ja õhus. Nii ühest kui teisest keskkonnast saab ta toitmiseks tarvisminevaid aineid. Et taime jõudsaks kasvamiseks ja arenemiseks on tarvis ühelt poolt vett ja mineraal-sooli, 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.

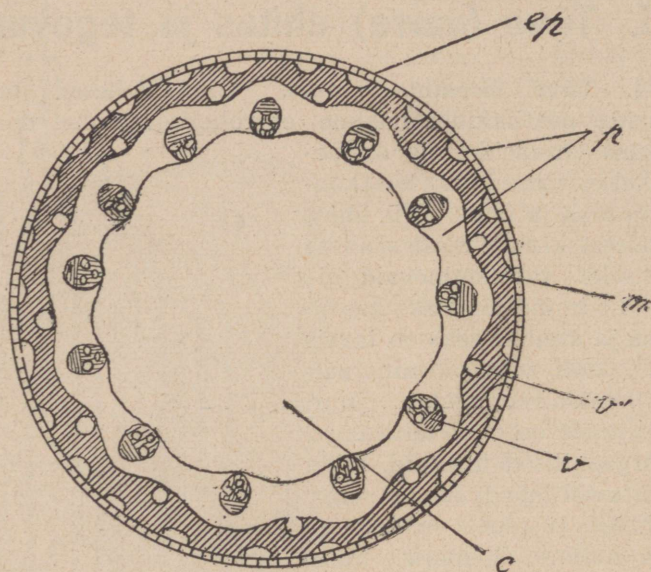
Niisuguseks ühendavaks osaks on taime tüvi (vars). Just tüve kaudu voolab vesi ühes lahustunud mineraal-sooladega juurtest lehtedesse ja orgaanilised ühendid lehtedest juurtesse. Kuid tüve tähtsus ei seisa ainuüksi selles; ta on ühtlasi lehtedele toeks ja tõstab need võimalikult kõrgele valguse ja õhu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

Et selgusele jõuda, kuidas tüvi täidab oma ülesandeid, peame tundma õppima ta sisemist ehitust. Esimeseks vaatle-



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

misaineks võtame mõne lihtsama ehitusega taimevarre, näiteks rukkikõrre. Lõikame kahe sõlme vahelisest osast tüki, lõhestame selle pikuti pooleks ja vaatleme saadud poolt luubiga. Kohe paneme tähele, et piki kõrt kulgevad paralleelsete ridadena peened sooned (78. joon.). Need muutuvad iseäranis silmapaistvaks, kui paneme kõrre otsapidi punasesse



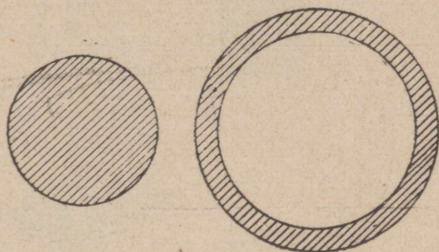
79. joon. Rukkikõrre läbilõik (skematiseeritud): *ep* — mar-rasknahk (epidermis); *m* — mehaaniline kude; *p* — põhikude (paren-hüüm); *v* — sisemise ringi sooned; *v'* — välimise ringi sooned; *c* — õõs.

tinti. Tint tõuseb mööda sooni üles ja värvib need punaseks, mille tõttu need hästi erinevad teistest, värvuseta kudedest. Vaadeldes samal ajal luubiga kõrre läbilõigatud kohta, näeme seal selgesti punaste täppide rida (*a* ja *b*), mis pole muud kui soonte läbilõigatud otsad. Need on 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 asetsema need torukesed, mida mööda toimub mahlade liikumine.

Katsume nüüd teha terava habemenoaga kõrrest õhukese ringikujulise lõigu, nagu 79. joonisel kujutatud. Kõige hõlpsamini saame sellega toime, kui asetame kõrre sulatatud steariini või, veel parem, parafiini ja laseme selle siis ära hanguda. Nüüd võime kõrt ühes sellega kergesti lõigata. Juba väikesel suurendusel näeme selle lõigu ehituses järgmist: kõrre seina välimine osa on tumedavärvilisem, sest ta koosneb kitsaist paksukestalistest rakkudest. See on nn. mehaaniline kude

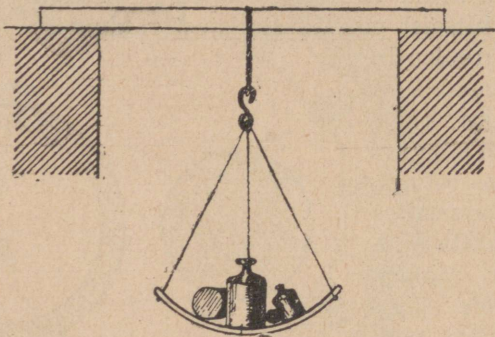
— *m*, mis annab kõrrele tarviliku kõvaduse. Paiguti sulab ta ühte välise soontereaga, moodustades sel kombel ühtlase tugeva rõnga. Mehaanilisele koele järgneb läbipaistev pehme kude — *parenhüüm* *p*, milles eralduvad selgesti sisemised sooned. Par



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

renhüümrakkude väiksemad rühmad asetsevad heledate laikudena ka mehaanilises koes kõrre välisküljel. Kõrre sisemus on õõnes. Alul, kui vars hakkab arenema, on ta täidetud pehme parenhüümkoega, mis moodustab varre keskosas *säsi*. Kuid varre kasvamise ja sirgumise jooksul kuuab ja kõduneb säsi ära, ning tekib õõs. Siiski ei muutu kõrs selle tagajärjel nõrgemaks. Mehaanikast on teada, et kõige suuremat vastupanu murdmisele ja koolutamisele avaldavad just välised 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 pliiatsi ümber ja kleebime lahtised servad kinni, nii et pliiatsit ära võttes saaksime paberist torukese laia õõnega ja õhukeste 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 kooldub ja murdub viimaks. Selleks on mõnikord enam kui poolekilogrammist raskust tarvis.



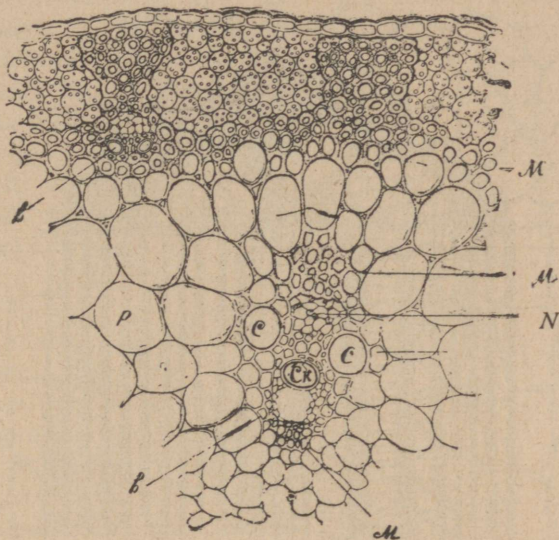
81. joon. Paberist torukese kõvaduse järelekatsumine.

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 kõrveraks. 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 välise pinna ligi. Nägime, et õlekõrs ongi ehitatud selle põhimõtte järgi.

Vaatame nüüd kõrre ristilõiku tugeval suurendusel. 28. joonisel on kujutatud sellest ainult väike osa. Siin paistab meile kohe silma marrasknahk — *e*, mis koosneb ühest ainsast tihedasti räniainega läbi imbunud kestadega rakkude kihist, mille tõttu teda kaunis raske on habemenoaga lõigata.

Marrasknaha all asetsevad 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 see-tõttu tarviliku kõvaduse. Neile järgnevad suured sisemise parenhüümi rakud — *p*, ja nende vahelt paistab selgesti

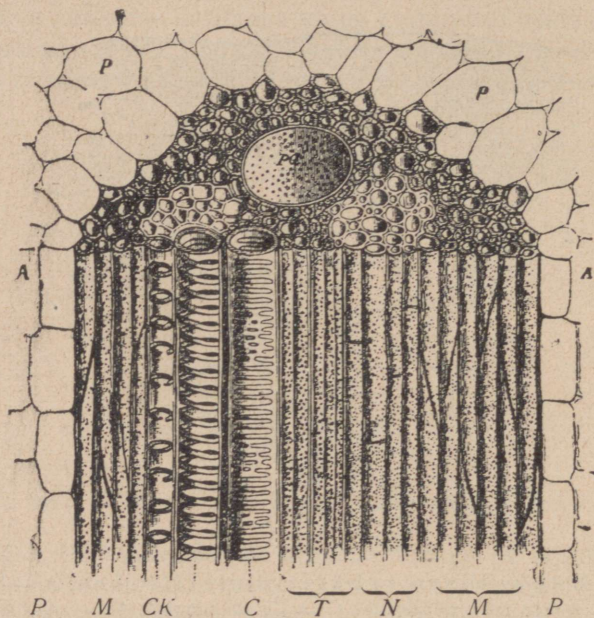


82. joon. Rukkikõrre juhtkimp ristlõikes. *M* — mehaaniline kude; *p* — põhikude; *C* ja *Ck* — sooned; *N* — sõeltorud.

silma läbilõigatud soon. Selles paneme tähele mitut liiki rakkusid. Kõigepealt paistavad silma laiad avasused — 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 veeltrahheedeks.

Kui me lõikame sooned pikuti läbi, siis näeme, et mõnel neist — *CK* — on seespool iseäralised rõngakujulised paksendid (83. joon.). Need rõngad kaitsevad toru seinu kokkulangemise eest kõrvalolevate kudede rõhumisel. Paksendite

kuju tõttu nimetatakse niisuguseid sooni rõngassoonteks. Jämedamal soontepaaril *C* pole selliseid sisemisi rõngaid. Neil on selle eest paksemad seinad, mis üleni läbitud peenist avaustest — pooridest (83. joon.), mille abil soon seisab naaberrakkudega ühenduses. Et nende soonte



83. joon. Rukkikõrre juhtkimp pikilõikes: *P* — põhikude; *M* — mehaaniline kude; *C* ja *Ck* — sooned; *N* — sõeltorud.

seinad on tihedalt läbistatud pooridega, siis nimetatakse neid poorsoonteks. 83. joon. on näha, et naaberrakud *T* on varustatud samasuguste pooridega. Kõigi kirjeldatud rakkude kestad on puitunud ja need rakud moodustavad nõndanimetatud puitosa.

Soonte *C* lähedal paneme tähele teissuguseid rakke — *N*, mille kestad pehmed, puitumatud. Neid nimetatakse niinerakkudeks ehk lihtsalt niineks; nad moodustavad niinosa. Pikilõigul näeme, et niinerakud on pikad, välja veni-

tatud, 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, seepärast on neid raske täpsamalt uurida. 8. joonisel on kujutatud kaks sõeltoru ühest teisest taimest, kus nad suuremad. Sõeltorud on elusad, plasmat sisaldavad rakud. Pooldumisvõime on nad siiski kaotanud. Just sõeltorusid mööda toimubki orgaaniliste ainete vool lehest juurtesse. Sõeltorude kõrval asuvad nn. saaterakud, mis on plasmarikad 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 koosnevad rukkikõrre sees olevad soonelaadsed moodustised ühelt poolt mahlakandvaist rakkudest — soontest ja sõeltorudest, teiselt poolt aga kiulaadseist mehaanilistest rakkudest, mis pakuvad soontele tarvilikku tuge. Seepärast nimetatakse tervet seda rakkude kogu kiudsoonkimbuks. Et neis soonkimpudes aga juhitakse edasi taimekehas liikuvat vett ja orgaanilisi aineid sisaldavaid mahlu, siis nimetatakse neid ka juhtkimpudeks. Neid leiame, peale mõne erandi, kõigis kõrgete taimede tüvedes, ja neil on suur tähtsus taime elus.

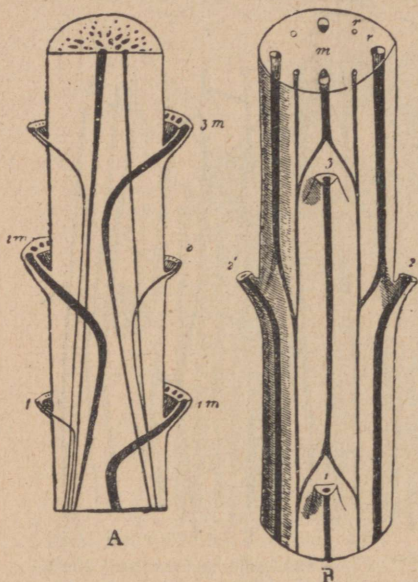
Rukkikõrre juhtkimbud, samuti nagu kõikide üheidulehete taimede omad, ei kasva ega suurene taime eluea jooksul, vaid nende rakkude arv jääb samaks, mis see oli



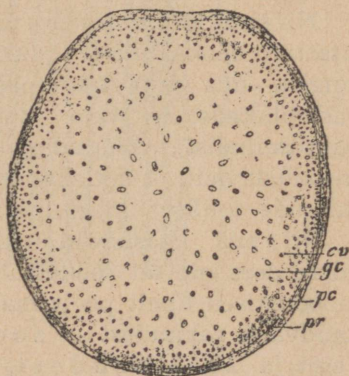
84. joon. Sõeltorud (A):
C — rakkude vaheseinad sõelataoliselt läbipuuritud augukestega; S — saaterakud.

tekkides. See on muidugi arusaadav, sest suurem osa juhtkimbust on surnud; ülejäänud rakud, ehk küll elusad, pole enam pooldumisvõimelised. Peale selle ümbritseb neid surnud mehaaniliste rakkude tupp, mis ei lase neid paljuneda. Sääraseid juhtkimpe nimetatakse kinnisteks, ja need on just üheidulehetele taimedele iseloomulikud.

Et juhtkimbud hoia-
vad ühendust alal kõi-
kide taime osade vahel,
siis peab oletama, et
nad kulgevad tüvest nii
lehtedesse kui ka juur-
tesse. Nõnda ongi lugu:



85. joon. Juhtkimpude kõik varres: A — üheidulehesel, B — kaheidulehesel taimel.



86. joon. Palmi tüve ristilõik.

kõrre sõlme kohal moodustavad juhtkimbud tiheda põimiku (85. joon.), millest osa kulgeb sisse lehte, mis ümbritseb kõrt vaadeldavas sõlme kohas. Lehesoonestik on sõlmesoonestiku loomulik jätk. Teiselt poolt kulgevad juhtkimbud mööda tüve alla juurtesse. Seal ei asetse nad mitte välispinna ligi, nagu tüves, vaid juure keskmises osas, kus nad ühinevad meile juba tuntud sisesilindriks.

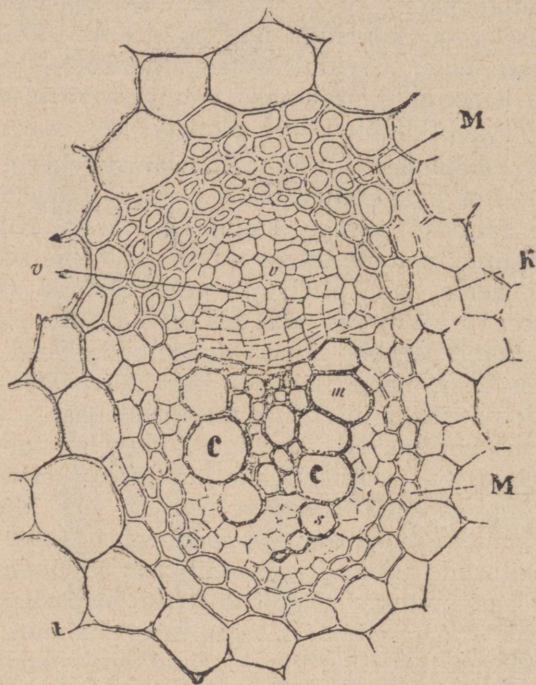
Teiste üheidulehete taimede tüve ehitus on osalt rukki-
kõrre ehituse sarnane, võib sellest aga osalt erineda. Pea-

erinevus seisab selles, et tüvi pole mitte iga kord õõnes, vaid üleni täidetud parenhüümrakkudega, ja juhtkimbud ei asetse mitte ühes või kahes reas, tüve välispinna ligi, vaid on laiali pillatud üle kogu tüve. 86. joonisel on kujutatud palmi tüve ristilõik. Rohkearvulised juhtkimbud asetsevad korratult igas tüve osas. Kõik kimbud on kinnised nagu üheidulehestele taimedele iseloomulik. Tüvi võib kasvada jämedamaks ainult seetõttu, et tekivad juurde uued juhtkimbud tüve pinnapoolses osas.

35. Kaheidulehesed taimed. Kaheidulehete taimede noored tüved on oma ehituse poolest eespool-kirjeldatud üheidulehete taimede tüvega kaunis sarnased. Kui võtame mõne rohttaime, näiteks tulika varre, ja teeme sellest ristilõigu, siis näeme sama pildi, mis rukkikõrreski (87. joon.). Ümmargusel varrel on sees õõs, siis tuleb pehme parenhüüm, milles paistavad selgesti silma juhtkimbud. Need asetsevad ainult ühes reas, nagu kõikidel kaheidulehestel. Viimaks on vars kaetud tiheda ühekihise marrasknahaga.

Sarnasus kõrrega on väga suur. Kuid on tunduvalt ka lahkumineku, — ja nimelt juhtkimpude eneste ehituses. Iga juhtkimp koosneb samadest osadest, mis üheidulehestelgi, s. o. puitosa moodustavaist soontest ja niinosa moodustavaist sõeltorudest ning mehaanilistest kiududest. Peale soonte on aga puitosas veel isesugused soonetaolised rakud ehk trahheidid, 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 — puit- 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 puitosas soonteks, mille tõttu juhtkimp alatasa suureneb, niikaua kui kambium püsib elus. Kambiumil on iseäranis suur tähtsus meie mitmeaastaste puude

tüvede suhtes. Niisugustel mitmeaastastel tüvedel on esialgu ka üks ainuke juhtkimpude ring, nagu seda võib näha iga puu noortes kevadistes võsudes. Jälgime mõne puu, näiteks pärna, noore, alles pungast puhkenud võsu arene-



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

mist. Nagu näeme, asetsevad seal juhtkimbud ühe ringina. Need kimbud on kõik lahtised, s. t. neis asetseb kambiumikiht; peagi kasvab 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 puitosa seespool ja samasugune niinosa väljaspool.

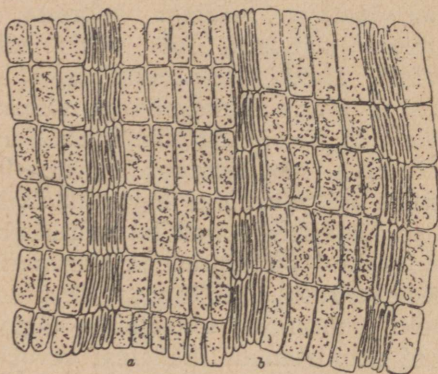
Kõike seda tüveosa, mis asetseb väljaspool kambiumiringi, nimetatakse kooreks, seespool asetsevat aga — puitosaiks, peale kõige keskmise osa, mis koosneb parenhüümist ja mida nimetatakse säsiiks. Mõnel puul, näiteks leedripuul, on see kobe parenhüümne säsi õige jäme, ja teda võib kerge tõukega tüvest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

Tüve ristilõigul võib juba luubi all märgata, et säsi küljest jooksevad peened rakkude ribad kiirtetaoliselt läbi puuosa ja tungivad teatava määrani koosse. Need on selle parenhüümikoe jäänused, mis täitis esialgu kõik juhtkimpude vahed. Neid nimetatakse säsiikiirteks. Säsiikiirtel on suur tähtsus. Kuna puit- ja niinosa rakud on sirutatud loodsihis, piki tüve, ning võimaldavad ainete voolu ülalt alla ja vastuoksa, moodustavad säsiikiired tee, mille kaudu võib toimuda ainetevahetus horisontaalselt koore ja säsi vahel. Ühtlasi ühendavad nad ka juhtkimbu puit- ja niinosi. Säsiikiirte rakud on elusad ja plasmarikkad ning neis võib alati leida tärklist ja muid orgaanilisi aineid; neisse kogunevad talveks suuremad toiteainete tagavarad, mis lehed suve jooksul valmistanud. Lähemal kevadel, kui puu lehtib, lahustuvad need tagavarad uuesti ning kanduvad okstesse ja pungadesse, et toita noori pungadest võrsuvaid lehekesi, seni kui need suuremaks saades võivad ise endale toitu muretseda.

Nii siis tekivad esimesel suvel ühtlased ringid puitosa, kambiumi ja koort. Neid osasid on kerge leida, sest neid võib näha isegi palja, varustamata silmaga. Kõigil on teada, kui kergesti tuleb koor kevadel noortelt kasvavatelt vartelt ära, iseäranis kui see enne ühest kohast noaga lahti lõigata. See toimub nii kergesti selle tõttu, et koor on ühendatud puitosaga 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 puitosa.

Talve tulekul jääb kambiumirakkude tegevus seisma, — nad ei pooldu enam ja on säärases puhkeseisukorras järgmise kevadeni. Soojade kevadiste päevade tulekul ärkavad

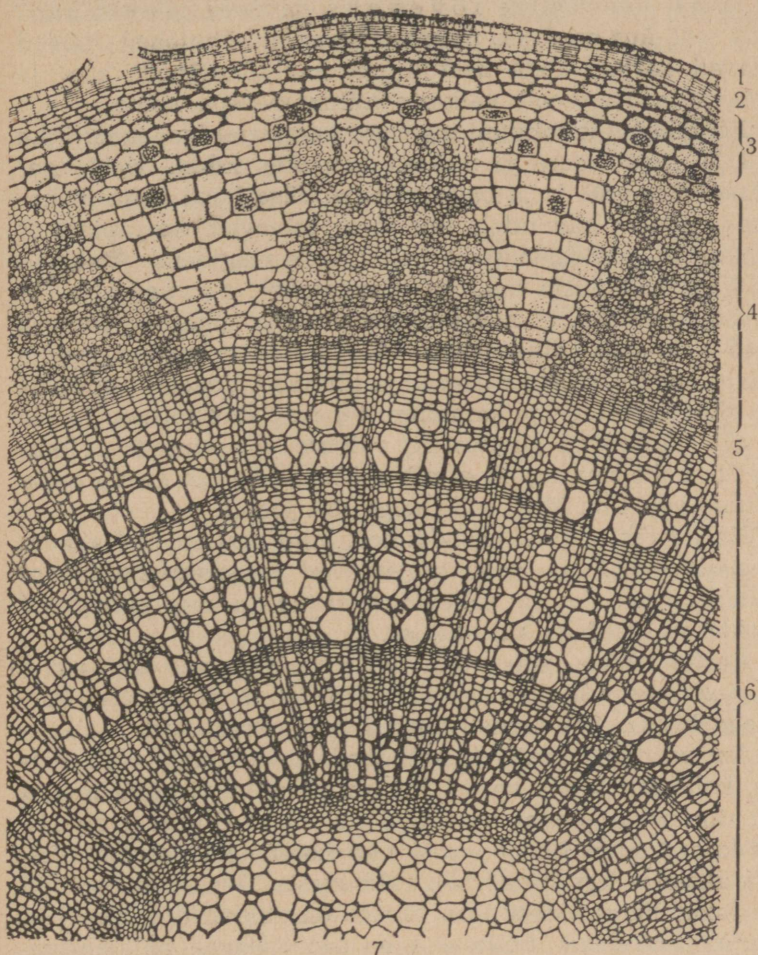
kambiumirakud uuesti ellu ja hakkavad endist viisi pool-
duma. Sel teel tekivad jällegi uued puit- ja koorerakud.
Nõnda muutuvad nii koor kui puit ikka paksemaks ja pak-
semaks, ehk küll lahkumineval viisil: uued puitosa rakud
asuvad vanade peale, koor saab aga uusi rakkusid seest-
poolt. Koore kõige vanemad rakud on järelikult välimised,
kõige nooremad aga on pööratud kambiumi poole ja on puit-
osale kõige lähemad.



88. joon. Korgistunud rakkude kihtidest koosnev kasetoht.

Arusaadav, et säärasel tüve paisumisel venitatakse väli-
mised 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 krobe-
liseks ning hakkab lõhkenud kohtade all tekkima kork.
Selle ülesandeks on kaitseda tüve väliste mõjude eest, mis
koos tekkivate pragude ja lõhede läbi taimetele kergesti
võivad kahju teha. Kork koosneb rakkudest, mille kestad
on läbi imbunud iseäralise rasvataolise korkainega, mis muu-
dab need vee- ja õhukindlaks. Korgirakud tekivad erilise
rakkudekihist, nn. kork-kambiumist (88. joon.). See
kiht tekib otsekohe marrasknaha all või mõnikord ka süga-
vamal koore sees. Viimasel juhul eraldab tekkiv kork väljas-
pool 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.



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

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 hariplikult seal, kus esialgses marrasknahas olid õhulõhed. Lõved täidavad korgikorraga kaetud puutüvel õhulõhede aset ja paistavad väljastpoolt väikeste kühmakestena silma.

Nii tekivad kambiumi tegevuse tagajärjel igal suvel ikka uued ja uued koore ja puitosa rakkude kihid. Neid iga-aastasi kihte võib isegi palja silmaga väga hästi näha maha saetud puude kändudel, kus nad esinevad korrapäraselt vahelduvate tumedamate ja heledamate ringidena. Aastarõngad ehk, nagu neid ka nimetatakse, aastalõimed tekivad selletõttu, et kevadel arenenud ja sügiseseid puitosa rakud pole mitte ühesugused. Kevadised rakud on suurte õõntega, sügiseseid 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 alatas; sellepärast ei muutu koor kunagi nii paksuks ja tüsedaks kui puitosa.

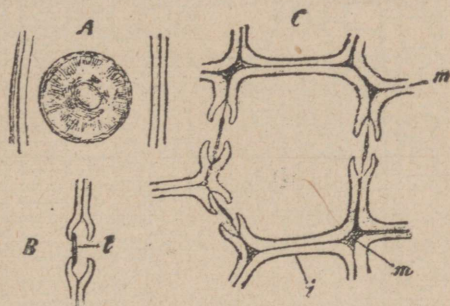
Aastalõimede laius võib olla mitmesugune. Kui suvel olid head kasvutingimused, siis tekib lai lõim, vastasel korral aga kitsas. See oleneb ühtlasi taime asukohast ja üldistest kasvutingimustest. Aastalõimede laiuse järgi võib, näiteks, kohe ära tunda vaesel liivasel pinnal kasvanud mändi heal rammusal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

Et igal aastal tekib ainult üks aastarõngas, siis võime nende arvu järgi otsustada puu vanuse üle. Just sel teel on kindlaks määratud mitmete hiiglapuude, nagu tuntud

Ameerika mammutipuude (*Sequoia gigantea*) vanus, mis ulatub mõnikord mitme tuhande aastani.

Väga sarnased kaheidulehete taimedega on oma tüve ehituse poolest okaspuud. Neil leiame samuti koore, kambiumi, puitosa ja säsi. Puitosa on aga ehitatud enam ühtlase välimusega rakkudest, nn. trahheiididest. Need on pikliku kujuga ja puitunud kestadega rakud, mis harilikkude soonte sarnased, kuid pole mitte liitunud ühtlasteks soonteks. Sooned puuduvad siin.

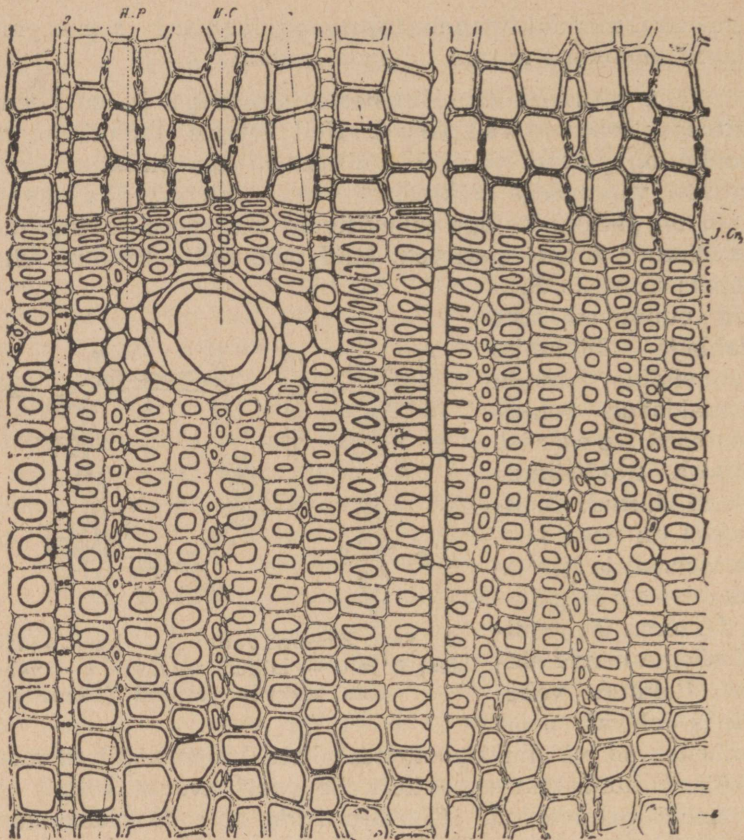
Mahlade liikumist trahheiidide kaudu võimaldavad rohkearvulised poorid, millega trahheiidide seinad läbitud. Okaspuudel on need poorid iselaadi ja kannavad koobaspooride nime. 90. joonisel näeme nende ehitust. Rakkude vaheseinas olevat poori



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

ümbritsevad mõlemalt poolt iseäralised koopalaadilised moodustised, kuna vaheseina keskkile poori avause kohalt on isemoodi paksenenud. Koobaspooride abil on okaspuudel võimalik paremini mahlade voolu kiirendada ja takistada, nii kuidas selleks tarvidus. 91. joonis kujutab männitüve puitosa ristilõiku.

36. Mahlade liikumine tüves. Uurides tüve ehitust leidsime selles kahesuguseid mahlakandvaid osi: sooned, mis asetsesid tüve puitosas, ja sõeltorud — tüve niinosas. Nende kaudu peab toimuma taime mahlade liikumine, mis omakord peaks olema kahesugune: tõusev vool kannab juurtest vett ja mineraalsoolaid lehtedesse, langev vool toob tüvesse ja juurtesse lehtedes valmistatud orgaanilisi aineid. Vaatleme lähemalt neid teid, mille kaudu



91. joon. Männitüve puitosa ristilõik: *J. Gr.* — kahe aasta piir: allpool (tüve pinna pool) peened paksukestased sügisedesed rakud, ülalpool (tüve pinna pool) laiad kevadised rakud; *g* — säsikiir; *H. C.* — lai õõs, mida mööda liigub vaik (= vaigukäik).

toimuvad mahlade voolud, ja ühtlasi tingimusi, millest see oleneb.

Tõusev vool. Et niisugune vool on tõesti olemas, seda teati juba ammu otsestest vaatlustest. Märkisime juure ehituse vaatlemisel, et kui tüvi juurelt maha lõigata, siis hakkab lõike kohalt rohkesti mahla välja voolama. Sedasama

võib näha ka okste äralõikamisel ja üldse puu vigastamisel, iseäranis kevadel.

Kui puurime kevadel kase või vahtra tüvesse augu, siis hakkab sellest mahla voolama, mõnikord väga suurel hulgal. Näiteks, kask võib anda 6—8 liitrit mahla öö-päeva jooksul, ja see kestab nii mitmed nädalad. See mahl sisaldab rohkesti suhkrut, sest vesi, mis juur saadab tüvesse, satub siin kokku suurte säilitusainete hulkadega. Need on siia kogunenud eelmisel suvel tärglise kujul. Nüüd muutub tärglis suhkruks, vesi lahustab suhkru ja kannab seda noortele puhkevaile võsudele ja lehtedele.

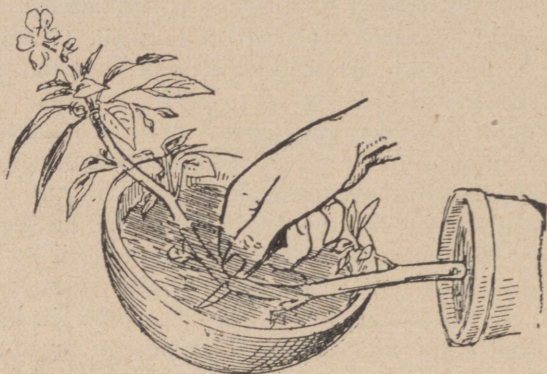
Teed, mida mööda liigub tõusev vool, olid ammust ajast õpetlastele uurimisaineks ja on nüüd enam-vähem selgitatud. Kõigepealt püüti otsusele jõuda, kas liigub vool puitosa või koore kaudu. Selleks tehti järgmised katsed. Tüvelt võeti koor rõngakujuliselt puitosani maha, nii et ühendus koore kaudu okste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

Kuid, nagu nägime, tüve keskmises osas on sagedasti parenhüümiline säsi. Võib-olla toimub vool selle kaudu? Vastust sellele küsimusele annavad otsesed vaatlused: ühelt poolt teame palju taimi, millel säsi täiesti puudub — kõrrelistel, sarikalistel jt., teiselt poolt on vanadel puudel tüved sagedasti õõnsaks muutunud ja säsi ning isegi muist puitosa ära kõdunenud (vanad tammed!).

Peab järeldama, et vee tõusev vool toimub väljaspoolsete, nooremate puitosa rakkude kaudu. Seda tõendavad ka järgmised katsed: kui asetada äralõigatud taimevars alumise otsaga värvitud vedelikku, siis hakkab see vart mööda üles tõusma. Värv tungib isegi lehtedesse ja õitesse, kui need varrel olemas. Tehes seejärel varrest mitmesugusel kõrgusel risti- ja pikilõikeid, näeme, et koor ja säsi ei ole värvunud. Sooned on aga värvilisteks muutunud. Lehtedes

ja õites, iseäranis valgeis, võime isegi palja silmaga jälgida värvaine liikumist soontes. Seda katsset saab teha ainult ärälõigatud vartega. Kui elusat kasvavat taime kasta värvi-
tud 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 otse-



92. joon. Okste lõikamine vee all.

selt. Lõikame mõne noore taime varre maha ja vaatame luubiga järelejäänud kändu. Siis näeme, et läbilõigatud soontest, mis juurtega ühenduses, ilmub tilk tilga järel vesi.

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

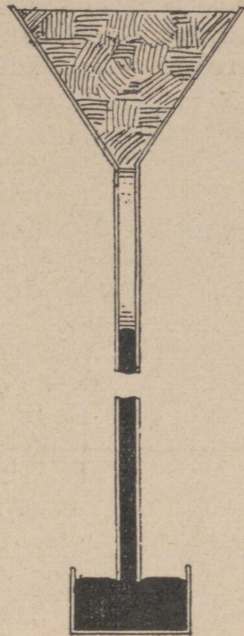
Missugused on aga jõud, mis vett varres üles tõstavad, puudes isegi 100—150 meetri kõrguseni? Üks neist on meile juba tuttav — nimelt juurerõhk. Juurekarvade kaudu imeb juur ümbritsevast mullast vahetpidamatult vett. See vesi liigub siit osmootsel teel juure koorerakkudesse ja sealt läbilaskerakkude kaudu sisesilindri soontesse. Et läbilaske-
rakud vett alati ainult sisesilindri suunas edasi juhivad, siis tekib seetõttu soontes teatav 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 järgi 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 peale isegi negatiivne rõhk. Sellepärast peaksime selgusele jõudma, kas pole mõnd teist jõudu, mis aitaks vett üles tõsta.

Niisuguseks teiseks jõuks on lehtede imemise jõud. Nagu juuba teame, aurub lehtedest vahetpidamatult vett. Selle tagajärjel muutub lehe sammaskoe rakkude mahl väga kangeks lahuseks. Siia liiguvad nüüd uued vee hulgad, sest vedelikud tungivad osmootsel teel alati suurema kontsentratsiooni suunas. Et lehesoonestik tungib igale poole parenhüüm-rakkude vahele, siis puutub soonte kaudu liikuv vesi õige rohkearvuliste vett-auravate rakkudega kokku. Nii on lehe aurav pind ühtlasi imevaks pinnaks. See imemine toimub nii hoogsalt, et juured ei jõua alati tarvilikul määral vett mullast vastugi võtta ja edasi anda. Selle tõttu langeb soontes rõhk ja ühtlasi tekivad soontesse 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 nopitud lilled isegi veenõus ruttu, sest väline õhk, mis soontesse tungis lillede katkumisel, ei lase veevoolu soontes edasi liikuda. Et seda ei tekiks, tuleks lillevarred



93. joon. Lehtede imevat tegevust selgitav katse.

vee all enne lillede vaasi asetamist ära lõigata. Katsete tegemisel — lehtede imemisjõu määramisel — tuleb aga varred nii vee all katki lõigata, nagu 92. joonisel kujutatud.



94. joon. Lehtede imemisjõudu näitav katse.

Siis tungiks soontesse õhu asemel vesi, ja vool ei katkeks.

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 (94. joon.). Võetakse 0,5—1 m pikkune klaastoru,

mõlemasse otsa asetatakse lühike kummitoru, mis ühes otsas niidi või nõoriga kõvasti kinni seotakse. Toru täidetakse keedetud ja rahulikult ärajahutatud veega (võib ka destilleeritud veega). Nüüd suletakse mõlemad kummitorud näpitsatega. Lõigatakse vee all paras puuks (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!)

Kinnitatakse oks klaastoruga statiivi külge ja kui tar-

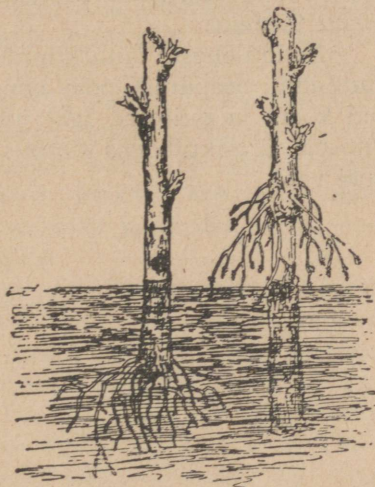
vis, kuivatatakse lehed filterpaberiga. 10—15 minuti järel on näha, kuidas elavhõbe klaastorus tõusma hakkab. Tõusmine võib kesta 1—2 tundi. Elavhõbedasamba kõrguse järgi võime arvutada lehtede imemisjõudu. On korda läinud näidata, et see imemisjõud on taimedel peentes torudes palju suurem 1 atmosfäärist. 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 aurumise tagajärjel. Teisteks jõududeks on veel soonte kapillaarjõud ja elusate rakkude aktiivne tegevus.

Langev vool. Langeva voolu olemasolu ja selle teid on tõestanud samad katsed tüvede koorimisega, millest rääkisime juba eespool. Nägime, et tüve rõngakujuline koorimine ei surma veel otsekohe taime. Taim püsib värske mitmed nädalad ja isegi kuud. Kuid lõpuks kuivab ja sureb ta siiski. Vaatlused on näidanud, et kõigepealt 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 koore-rõngad üksikult väiksemalt oksilt, 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



95. joon. Pajuoksa võsumine pealpool kooritud kohta.

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 peaaesjalikult 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? Sellele vastavad koore ehituse uurimised. Just koore niinosas asetsevad sõeltorud sisaldavad suvel rohkesti orgaanilisi aineid, talvel on nad aga tühjad. Selle eest on aga kõik koore ja säsiikiirte parenhüümrakud siis ainetega täidetud. Kevadel näeme orgaanilisi aineid sõeltorudes uuesti. See viib meid mõttele, et just sõeltorud on langeva voolu teedeks.

Üheidulehete juhtkimbud on kinnised, neil puudub kambium, seepärast pole nende tüvedel ka selgesti eraldatud koort ja puitosa. Igal juhtkimbul on aga oma puit- ja niinosa, järelikult igas kimbus on 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 toitub, kuidas ta hingab ja, üldse, kuidas toimub temas keerukas ainevahetus; kuidas ta vastab mitmesuguseile väliseile ärritustele. Kui taim on seesuguse arenemiskäigu läbi teinud ja saanud täiskasvanuks, siis järgneb sellele *v a n u s* ja *s u r m* — kas loomulik või vägivaldne. Et aga surmaga taimeliik ei kaoks, siis hoolitsevad taimed, samuti kui kõik elusad organismid, järeletuleva soo eest, kes elu edasi kannaks. Niisugust elu edasiandmist ja järeletulijate soetamist nimetatakse sigimiseks.

Sigimisviisid on kahesugused. 1) Taimkehadele tekivad 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 — sugutumist, omandavad pooldumis- ja edasiarenemisevõime ning iseseisvaks taimeks kujunevad. See on suguline ehk seksuaalne sigimisviis.

38. Vegetatiivne sigimine. a) Paljurakused moodustised. Siin eraldab taim enesest osad, mis varustatud kõige tarvilikuga iseseisva elu jaoks. Sattudes kohaseisse tingimusesse, hakkavad need taimeosad arenema ning muutuvad viimaks täiskasvanud ja omakord sigimisvõime-

lisiks taimedeks. Need eraldatud osad võivad olla väga mitmesuguste taime elundite küljest pärit. Mitmeil sambla-liikidel eralduvad taimekeha küljest sigikehakesed, mis kantakse veevooluga või tuulega emataimest eemale ja mis tekitavad uusi taimeeksemplare. Kõrgemal taimedel näeme sagedasti lehekaenlas või lehtedel erilisi pesapungi, mis ka eralduvad emataimest ja arenevad uuteks

taimedeks. Kõikidele tuntud valgete õitega kevadine rohttaim aas-jürilill (*Cardamine pratensis*) heidab alumised lehed ära, ja nende peal olevaist pesapungadest kasvavad uued taimed (96. joon.). Paljudel taimedel on nn. sibulpungad (97. joon.) või veel talvpungad, nagu kilbukal (*Hydrocharis*), vesikarikal (*Stratiotes*) jne.

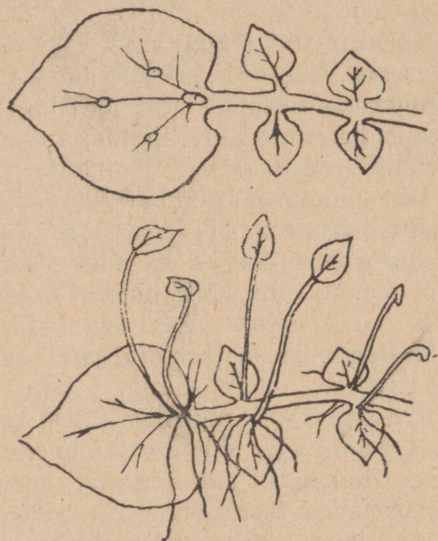
Mitmed taimed, nagu kartul, kana-koole ja teised, sigivad maa-aluste mugulate abil, sibulal ja teistel sellelaadistel

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

listel taimedel on sigimiseks sibulad. Maasikas ja hani-jalg ajavad maad mööda roomavaid võsundeid, millel on ladvapungad; nad eralduvad viimaks, omandavad juured ja muutuvad iseseisvaiks taimedeks (98. joon.).

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 piste-

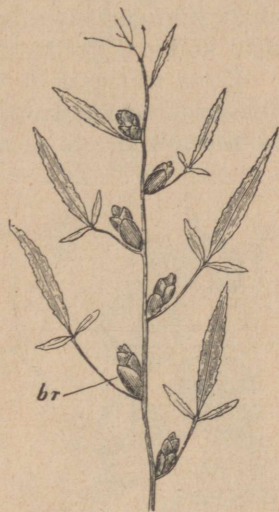
p



tult kasvab temast uus paju. Tuntud taimel begoonial on omadus kasvatada lehtedest uusi taimi. Selleks tarvitseb ärälõigatud 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 normaalseteks taimedeks edasi areneda.

b) Üherakused idud. Seasuguseid idurakke võib leida taimedel, alates kõige alamaist ja lõpetades kõrgeimate õistaime-dega. Muidugi on nad oma kuju ja iseärasuse poolest väga mitmesugused.

Lihtpäraseil niitvetikail, näiteks ödogoonil (*Oedogonium*), tõmbub ühe raku plasmaline sisu tomбуks kokku ja lahkub kestast selles tekkinud avause kaudu. Säärane plasmatombuke, mida nimetatakse rändeoseks ehk zoosporiks, ujub vabalt vee sees viburite abil, millega ta varustatud, vajub viimaks põhja, ümbritseb enese kestaga, hakkab poolduma ning muutub viimaks uuesti niitvetikaks. Vesijuuksel (*Ulotrix zonata*)



97. joon. Hammasjuur (*Dentaria bulbifera*) sibulpungadega br.



98. joon. Maasika sigimine roomavate võsundite abil.

jaguneb raku sisu enne kestast lahkumist mitmeks väiksemaks osaks; rakust välja tulles omandavad nad samuti vibureid ja muutuvad rändeosteks (99. joon.). Nende pärasine saatus on sama, mis ödogooni rändeostel. Rändeosed on vabalt liikuvad sigimisrakud, ja neid leiame ühel või teisel kujul kõikidel vetikatel.

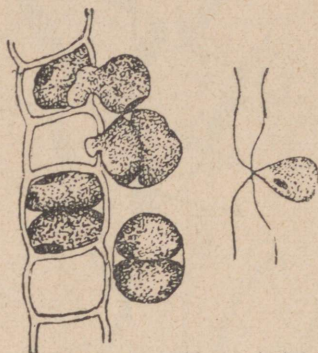
Kuna niitvetikail võis iga rakk rändeoseid tekitada, on enam-arenenud pruunidel ja punastel merivetikail selleks isärälised rakud, nn. zoosporangiumid ehk eospesad.

100. joonis kujutab ektokarpuse (*Ectocarpus penicillatus*) oksakest eospesadega.

Vees elutsevate seente sigimisrakud tekivad samuti nagu vetikail. 101. joonis kujutab *saprolegnia* zoosporide tekkimist.

Suurem osa seeni elab aga niiskes, mädanevate orgaaniliste jäänuste poolest rikkas mullas või muus samalaadises keskkonnas. Et siin, mullas, rändeosed ei saa enam

vabalt viburitega edasi liikuda, siis kaovad need, ja vabalt liikuvad rändeosed muutuvad passiivselt edasi kantavaiks eosteks — spoorideks. Eoste edasikandjaks on harilikult õhk — tuul, seepärast tõstetakse eoseid-tekitavad moodustised isesuguse jala abil keskkonnast kõrgemale, tuule kätte. Eosed võivad 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 ja nimetatakse lülileosteks ehk koniidideks. Kõrgemate seente ühel grupil — nn. kandseentel (*Basidiomycetes*) tekivad eosed harilikult neljakaupa eriliste rakkude — basiidiiumide ehk eoskandade — küljes, mis asetsevad harilikult maapealse seene-

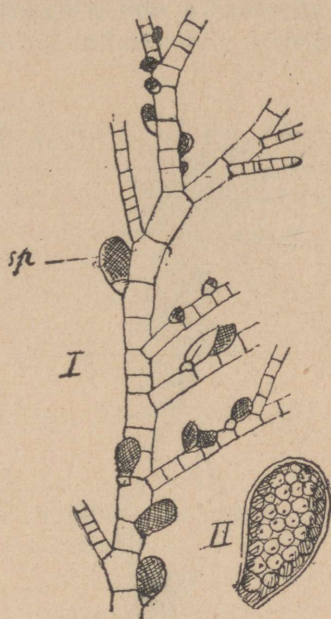


99. joon. Vesijuukse zoospori tekkimine.

kübara alumisel küljel (103. joon.). Kandseente hulka kuulub suurem hulk meie harilikke metsaaluseid seeni.

Teisel grupil, nn. kottseentel (*Ascomycetes*), tekivad eosed nelja- või kaheksakaupa erilistes kottides (*asci*), mis ühinevad seene maapealseks eoseid-kandvaks kehaks (104. joon.). Valmimisel lõhkeb kott ja eosed puistuvad välja.

Sammaldel ja sõnajalalistel asetsevad eosed isesugustes paljurakulistes mahutites — eospesades ehk sporangiumes. Mõningail veesõnajalalistel (*Salvinia*, *Isoëtes* jne.) tekivad kahesugused eosed: suured — makrospoorid ja väiksemad — mikrospoorid. Samuti on kahesugused eosed ka paljasseemnestel (*Gymnospermae*) ja õistaimedel. Kuid neist mikro- ja makrospooridest ei arene enam korrapäraseid suuri taimi, vaid harilikult ainult mõnerakused isas- ja emas-sugurakke kandvad organid.

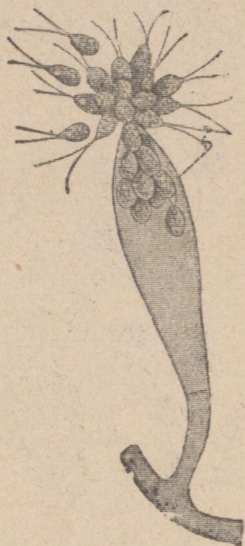


100. joon. I — Ektokarpuse oksake eospesadega (sporangiumidega) — sp. II — Üksik eospesa, tublisti suurendatud.

39. Suguline sigimine. Selle sigimisviisi järgi tekivad emataime külge isesugused sugurakud, kuid need ei arene muidu edasi, kui nad on ühinenud, ühte sulanud teise sugurakuga. Kõige lihtsamal kujul näeme seda protsessi jällegi niitvetikatel, näiteks vesijuuksel. Ühe raku plasma jagub mitmeks tombuks, nagu rändeostegi tekkimisel, need omandavad viburid (harilikult arvult pool vähem kui rändeostel), poevad rakukestast välja ja ujuvad vees vabalt ümber. Seal satuvad nad paariviisi kokku, heidavad viburid ära ja sulavad ühte (105. joon.). Seesugused liiguvad sugu-

rakud kannavad üldiselt seiglaste ehk gameetide nime, nende ühtesulamist nimetatakse seigumiseks ehk kopulatsiooniks, ja selle tagajärjel tekkinud rakku seigumiks ehk sügoodiks. Mahuteid, kus tekivad seiglased, nimetatakse gametangiumideks.

Vesijuukse seiglased on täiesti ühesugused ja sellepärast nimetatakse säärast sugulist sigimisviisi isogaamiaks. Vaadeldes teiste enam-arenenud vetikate sugulist



101. joon. *Saprolegnia mixta*. Sporangium saadab välja kaheviburilisi rändeoseid.



102. joon. Hallitusseene (*Aspergillus herbariorum*) lüli-eoseid loov hüüf. 540 korda suurend.

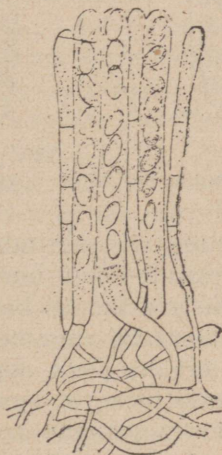
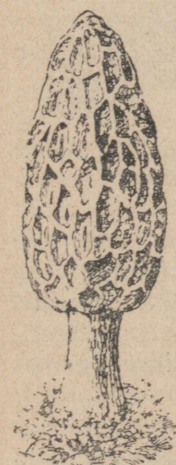
sigimist, märkame peagi lahkuminekut ühtesulavate seiglaste suuruses ja omadustes. Eespool-nimetatud vetika ektokarpuse seiglased on küll suuruse poolest ühesugused, kuid ühed neist vajuvad peagi põhja ja jäävad liikumata seisma, teised aga ujuvad neile ligi ja siis toimub ühtimine. Pruunvetika kutleeria (*Cutleria multifida*) seiglased on kohe tekkides isesugused; ühed suured rohelised, mis peagi põhja vajuvad, teised väikesed värvusetud, mis kiiresti

liiguvad ja otsivad suuremad seiglased üles, et nendega ühtida.

Alamatel seentel on samuti sugurakud isesuurused. Nii on saproleegniaal liikumatud suured munarakud ja aeglaselt roomavad väikesed seemnerakud.

Iga kord kui meil on tegemist isesuguste seiglastega ehk nn. heterogaamilise sigimisviisiga, nimetatakse suuremaid seiglaste emasseiglasteks, väiksemaid ja väledamaid aga isasseiglasteks. Isasseiglasel kannavad ka seemnerakkude ehk spermatozoidide

nime, ja elundeid, milles nad tekivad, nimetatakse anteriidideks (*antheridium*). Emasseiglaste nimetatakse aga teisiti munarakkudeks; neid tekitab algrakku —



104. joon. Kottseen — lehmanisa.

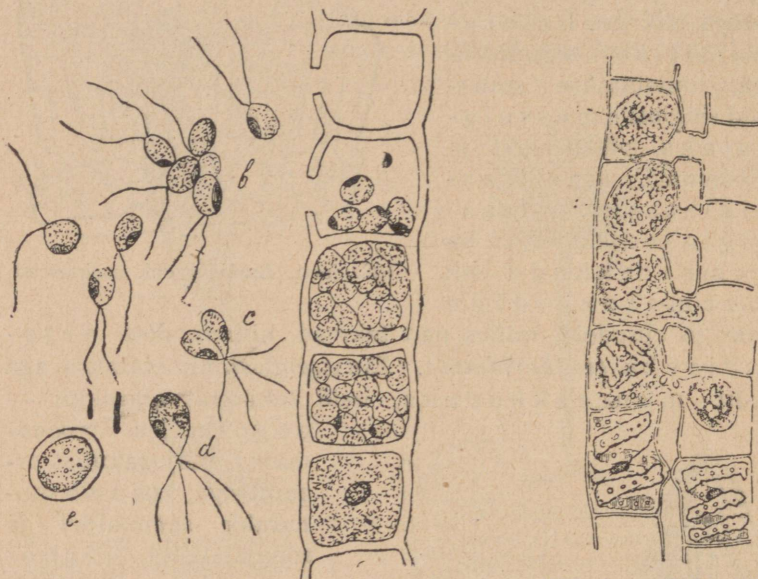


103. joon. Basiidid ehk eoskannad.

oogooniks (*oogonium*), paljurakulist organit aga, kus asub munarakk sammaldel ja sõnajalalistel — arhegooniks. Sagedasti püsib munarakk oma esialgses asupaigas ja seemnerakk tungib sinna sisse ning sulab seal munarakuga ühte. Mõnel vetikaliigil, näiteks spirogüüril, on mõlemad gameedid oma vaba liikumise kaotanud ja nad sulavad ühte erilise torukese kaudu,

mis kasvab rakkude vahele (106. joon.). Säärast sugulise sigimise viisi nimetatakse konjugatsiooniks.

Toimugu suguline sigimine ühel või teisel viisil, ikka näeme selles iseloomulist silmapilku — sugurakkude (seiglaste) ühtimist, sugutumist. Seejuures ühtib plasma plasmaga ja tuum tuumaga. Et kõikide ühte taimeliiki kuuluvate taimerakkude, järelikult ka seiglaste tuumades asuvate



105. joon. Vesijuukse suguline sigimine.

106. joon. Spirogüüri konjugatsioon.

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 endisena. See on võimalik selle tõttu, et enne sugutumist, suguraku valmides, väheneb kromosoomide arv poole võrra. Seesugust nähtust nimetatakse kromosoomide t a a n d u m i s e k s ehk reduktsiooniks.

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

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 sigimisviisi oleneb välistest, ümbruskonna tingimustest. Iseäranis huvitavaid tagajärgi on andnud sellekohased katsed nui-
vetikaga (*Vaucheria*). Häis ja soodsais tingimuses kasvavad nad jõudsasti ja sigivad ainult rändeoste abil. Kui aga tingimused halvenevad, kas langeb soojus või tuleb puudus toitainetest, siis hakkavad nad suguliselt sigima, mille tagajärjel tekkinud sügoodid on vähem tundlikud halbade tingimuste vastu ja võivad neid ilma suurema kahjuta ära kannatada. Et nuivetika ja teiste sellelaadsete vetikate elamistingimused muutuvad perioodiselt aasta-aegade järgi, — veed külmuvad talvel ja kuivavad suvel, — siis vahelduvad nende juures sigimisviisid ka enam-vähem perioodiselt.

40. Sammalde ja sõnajalgade sigimine. Põlvede vaheldus.

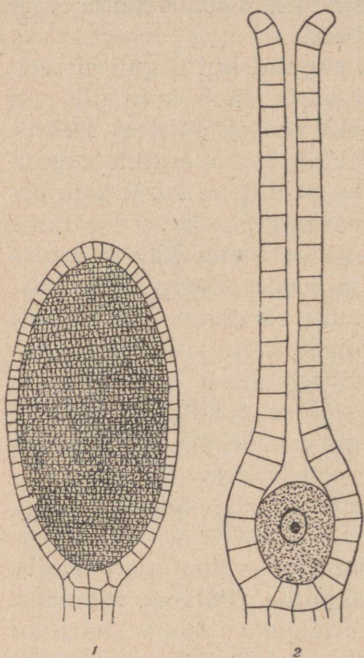
Et tutvuda sammalde sigimisega, jälgime mõne hariliku samblaliigi, näiteks k a r u s a m b l a (*Polytrichum commune*) arenemist. Selle nime all me tunneme väikest niiskeil koh-tadel kasvavat rohelist taimekest, mille peent sirget vart katavad rohkearvulised väikesed lehekesed ja millel veel pärisjuured puuduvad. Juurte aset täidavad karusamblal haralised rakuniidid, nõndanimetatud r i s o i d i d.

Suve alguses ilmuvad karusambla ladvale sugurakke sisaldavad organid — ühel taimel a n t e r i i d i d ja teisel a r h e g o o n i d. Need on juba keerukad paljurakused moodustised (107. joon.). Anteriidis valmivad rohkearvulised väikesed isased sugurakud — viburitega varustatud s p e r m a t o z o i d i d, arhegoonis aga üks ainuke suur liikumatu

m u n a r a k k. Sugurakkude ühtimine — sugutumine võib toimuda ainult vees, sest muidu ei pääse liikuvad spermatozoidid munaraku ligi. Sugutumine toimub kas arhegoonile sattunud vihmatilga või kevadise lumesulamis-vee abil. Vabalt liikuvaid spermatozoide ja vees toimuvat sugutust

võiks pidada tunnuseks, et samblad on arenenud vees elutsevaist esivanemaist — vetikaist.

Sugutatud munarakk ei lahku emataimest, vaid hakkab selle küljes, arhegoonis, poolduma ja areneb viimaks pikaks peeneks varreks, mis kannab enese otsas erilist karbi-kest — eoskupart. Eoskupras tekivad eosed, mis tuul laiali kannab. Kohaseisse tingimusesse sattunud eos hakkab idanema ja kasvab viimaks peeneks haraliseks niidiks, mis roomab mööda maad. Seda nimetatakse sambla eelniidiks (*protonema*). Eelniidil tekivad pungakesed, millest sirguvad meile tuntud karusambla eksemplarid.



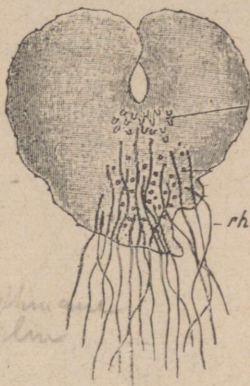
107. joon. Ühe sambla suguorganid:
1 — noorte spermatozoididega täidetud antiidid, 2 — arhegoon.

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

ning peale munaraku sugutumist, 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 iseloomulik rakkude ühtimine toimub sammaldel hariliku rohelise taime ladvas, sõnajalal aga eellehekesel. Eosed on aga tüüpilised suguta sigimise abinõud.

Nagu teada, muutub sigimisrakkude ühtesulamisest 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 toimub see eoste tekkimisel. Nii võib siis nende taimede arenemiskäiku jagada kahte lahkumise-



108. joon. Maarja-sõnajala eelleht (*prothallium*). Näha narmakujulised risoidid, risoidide vahel antiidiidid, kõrgemal — arhegoonid.



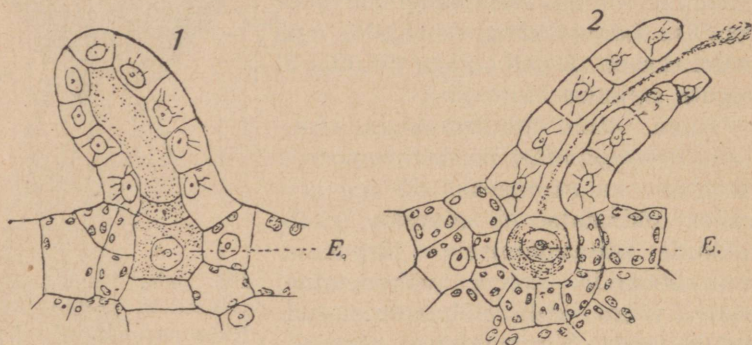
109. joon. Sõnajala antiidiidid. Siin valmivad viburitega varustatud liikuvad spermatozoidid.

vasse järku. Ühes on rakkud normaalse kromosoomide arvuga, ja sammaldel kestab see eoste tekkimisest munaraku ja seemneraku ühtesulamiseni. Täheandab, siia järku kuuluvad eosed, eelniit ja harilikult sambla nime all tuntud taim ise. Teises järgus on kromosoomide arv kahekordne ja siia kuuluvad: sugutatud mu-

narakk ja sellest kasvanud varreke eoskupraga. Et esimesse järku kuuluvad sugulise sigimise organid — antiidiidid ja

arhegoonid, siis nimetatakse seda suguliseks põlveks (*gametophytum*), teist aga suguta põlveks (*sporophytum*).

Samasugune on lugu sõnajalgadega. Siin käib sugulise põlve hulka eelleht, suguta põlve moodustab aga taim ise. Järelikult vastab samblaks nimetatud roheli- sele taimekesele lihtsapärane sõnajala eelleht ja lihtsale sambla eoskupart kandvale varrekesele — suur arenenud

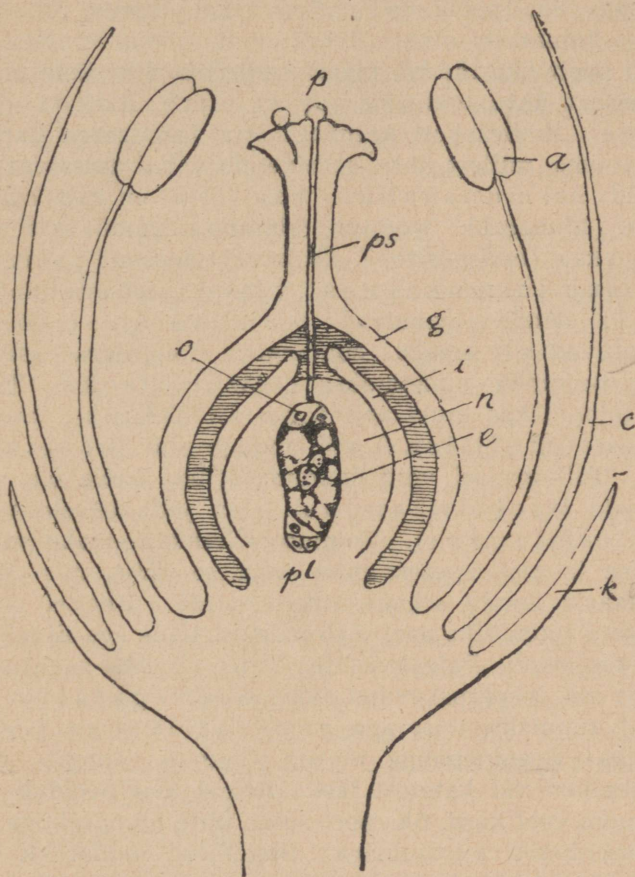


110. joon. Sõnajala arhegoonid. E — munarakk.

sõnajala taim roheliste lehtede, varre ja juurtega. Suurema osa sambla arenemiskäigust moodustab 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 silmapaistvat põlvede vaheldust, kui seda nägime sammalde ja sõnajalgade sigimises, pole õistaimedel olemas. Terve sigimisprotsess toimub siin taime iseäralises selleks määratud osas — õies. Munarakk asetseb siin suures keeruka ehitusega elundis — 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 asetseb üks või mitu seemnepunga (*ovulae*),

mis on kaetud ühe või kahe kattega (*integumenta*). Seemnepunga ülemises osas jääb katetesse väike pilu — seemnepilu (*micropyle*). Alumise osaga on seemnepung kinnitatud sigimiku põhja külge ja siit ulatuvad



111. joon. Õistaimede õieskema atiline kujutis: *k* — tupp-
leht; *c* — kroonleht; *a* — tolmukas; *g* — emakas; *pl* — seemnepunga
kinnitumiskoht; *n* — seemnepung; *i* — seemnepunga katted; *e* —
embrüokott; *o* — munarakk; *p* — idanev tolmuttera; *ps* — sellest
kasvanud toruke, mis tungib munaraku juurde.

seemnepunga sisse juhtkimbud, mille kaudu ta saab tarvikliku toitu.

Juba varakult võib märgata seemnepungas üht suuremat raku, nn. embrüokotti. Peagi pooldub selle tuum kaheks tuumaks, mis rändavad embrüokoti 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, nn. embrüokoti teistuumaga. Embrüokoti kumbagi otsa jääb seega harilikult kolm tuuma, millest ühte, seemnepilu kohal asetsevat, tuleb vaadelda kui munarakku; tema kõrval on kaks sünergiidi. Munarakk sugutub tolmutera kaudu, mis valmib tolmuks (*androecium*). Tolmukas koosneb tolmuksaniidist ja tolmuksapeast; viimases asetsevad tolmukskotid; nendes valmivad tolmuterad (=õietolm), mis satuvad siit emaka suudmele. Tolmutera sattumist emaka suudmele nimetatakse tolmlamiseks. Tolmlamine toimub kas tuule abil (anemofiilsus), putukate abil (entomofiilsus) või lindude abil (ornitofiilsus). Tolmlamisel võib õietolm sattuda sama õie emaka suudmele (isetoimlemine), või jälle teisele taimel (risttoimlemine). 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. Paigalpäsinud tuum ei võta sugutumisest otseselt osa, seepärast nimetatakse teda vegetatiivseks (toite-) tuumaks, teist aga generatiivseks (sigimis-) tuumaks. Seemnepunga juurde jõudnud, tungib toruke seemnepilust või katetest läbi. Samal ajal pooldub temas elav tuum veel kord, üks pool sulab ühte munarakuga, teine aga embrüokoti teistuumaga. Sugutatud munarakk omandab seejärel kesta, hakkab poolduma ja temast areneb idu. Embrüokoti teistuumast tekib aga seemne toitokude (*endospermum*). Seemnepunga katted moodustuvad seemnekatte, sigimiku seinad aga viljakatte.

Õistaimede tolmutera ja embrüokotti võib võrrelda sam-

malde ja sõnajalgade eostega. Kõik järgnevad arenemisastmed — eelleht, arhegoonid ja anteriidid ning viimaste vahel toimuv sugulise sigimise protsess — toimuvad siin äärmiselt lihtsustatud kujul emaka sees. Tolmutera generatiivset tuuma võib vaadelda kui lihtpärast anteriidi ja ühtlasi kui seemnerakku, mis aga oma vaba liikumise on kaotanud. Embrüokoti tuuma pooldumisel tekkinud tuumad oleksid osalt arhegooni 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 sugutumist valmib seemnepungast see me. Seemnepunga katetest (*integumenta*) moodustuvad seemnekatted, kuna sugutatud munarakust areneb idu, embrüokoti teistuumast aga toitekude (*endospermum*). Seega koosneb seeme harilikult idust, toitekoest ja seemnekatetest. Paljudel seemnetel aga puudub iseseisev toitekude, endosperm, nagu oal, hernel jne. Neil on toiteained asetatud idulehtedesse.

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

Selle järgi, 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, mahlaseks, moodustuvad lihakad viljad.

A. Kuivad viljad:

1) Paljuseemnesed:

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) Üheseemnesed: pähkel — viljakate kõva, luine; vili asub isesugusel alusel (sarapuu, tamm); teris — viljakate seemnekattega kokku kasvanud (rukis, nisu); seemnis — viljakate pole seemnekattega kokku kasvanud (päevalill).

B. Lihakad viljad:

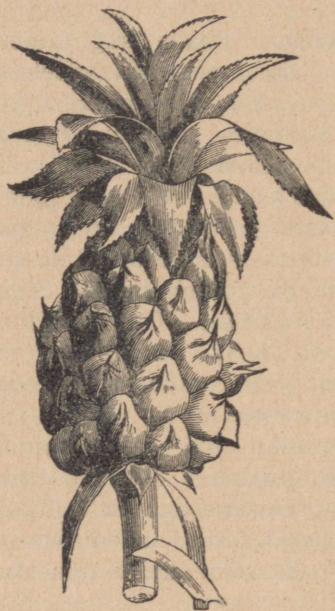
1) Paljuseemnesed: mari — viljakatted mahlased (karusmari, sõstar, jõhvikas).

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

Liitviljaks kutsutakse niisugust vilja, kus terve õisik moodustab ühe vilja (ananas) (112. joon.).

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

Paljasseemnestel — okaspuudel — on viljad — kãbid (mãnd, kuusk), kadakal aga kãbimari.



112. joon. Ananase liitvili.

Iga taim hoolitseb selle eest, et järeletulevat sugu oleks võimalikult rohkesti. Nii kannavad puud tihti iga aasta miljoneid vilju ja seemneid, pappel, näit., mõningate arvutiste järgi kuni 28 miljonit seemet. Kui kõik need seemned langeksid puu alla maha, siis pääseksid vaevalt mõned üksikud ida-

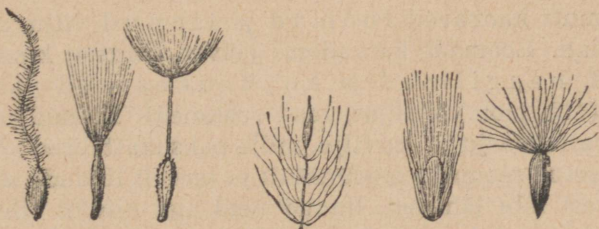
nema. Arusaadav on seepärast tarve, et seemned satuksid emataimest võimalikult kaugemale.

Seemnete edasisaatmiseks ja levitamiseks on viljadel väga mitmesugused abinõud. Ühed taimed viskavad ise



113. joon. Tiivulised seemned ja viljad.

oma seemned viljadest kaugemale välja viljakatete isesuguse kiire kokkutõmbumise abil [lemmalts, kannike, kollane akaatsia (*Caragana*)], teised jälle



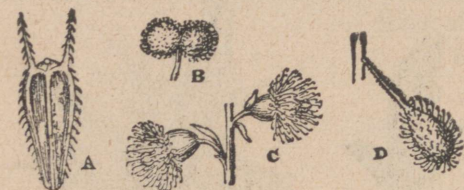
114. joon. Karvadega varustatud viljad ja seemned.

turgorirõhu abil viljades [pritskurk (*Ecballium*)], kolmandatel visatakse viljadest seemned tuule abil toimuva varreõõtsumise ja vibutumise tagajärjel taimest kaugemale eemale (kellukad, moonid).

Tähtsaks viljade ja seemnete levitajaks on tuul. Pal-

jud viljad on tiivulised (kuuse- ja männiseemned, vahtra, jalaka, pärna ja saare viljad) (113. joon.) või karvakestega (paju ja papli 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



115. joon. Haagilised ja kisudega viljad. kookospähklid, tihti kümne tuhande kilo-

meetri kaugusele. Säärast pikka ja kauakestvat reisu võivad nad vaid sellepärast välja kannatada, et nende pähkli paksud õhuga täidetud väliskatted ja seesmine paks luukate vett kergesti läbi ei lase ja seepärast idu ei rikuta ja see idanemisvõimet ei 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 seedimatult 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 on valged magusad toidulisad (*caruncula*) küljes] laiali tassida.

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

Sisu.

I. Rakk ja koed.

1. Rakk ja selle ehitus	5	5. Rakkude arenemine	19
2. Raku osade täpsam kirjeldus	12	6. Ainevahetus rakkudes	22
3. Koed	15	7. Rakkude liikumine ja tundlikkus	24
4. Rakkude paljunemine	16		

II. Idanemine.

8. Seemne ehitus. Uba ja hernes	26	12. Soojus	33
9. Nisu	31	13. Õhk	34
10. Idanemise tingimused	32	14. Muldkond ja valgus	33
11. Niiskus	33	15. Idu toitmine seemnetagavarade kulul	40

III. Kasvamine.

16. Kasvamisest üldse	45	18. Liigutused	49
17. Kasvamise mõõtmine ja kasvamisajajärgud	46	19. Heliotropism	50
		20. Geotropism	53

IV. Juure ehitus ja tegevus.

21. Juure sisemine ehitus	57	24. Kunstlikud kultuurid	66
22. Juurerõhk	62	25. Väetamine ja külvi vahetus	70
23. Taimekeha koosseis	65		

V. Lehe ehitus ja tegevus.

26. Süsiniku omandamine taime roheliste osade kaudu	74	30. Leheroheline	88
27. Lehe sisemine ehitus	78	31. Vee aurumine lehtede kaudu	90
28. Söehappegaasi sarnastamine. Süsivesikud	83	32. Roheliste taimede tähtsus looduses	95
29. Rasv- ja valkained	87	33. Putukasööjad taimed, parasitiidid ja mädarikud	96

VI. Tüve (varre) ehitus ja tegevus.

34. Tüve sisemine ehitus. Üheidulehesed taimed	103	35. Kaheidulehesed taimed	111
		36. Mahlade liikumine tüves	117

VII. Sigimine.

37. Sigimisest üldse	125	41. Õistaimede sigimine	136
38. Vegetatiivne sigimine	125	42. Viljad ja nende levimisviisid	139
39. Suguline sigimine	129		
40. Sammalde ja sõnajalaliste sigimine. Põlvede vaheldus	133		

A

9666

i19280178

Hind 1 kr. 60 senti.