

Taimede ehitus ja elu

Prof. V. V. Polovtsovi järele ümber töötades tõlkinud



Teiseks trükiks redigeerinud
J. Port

K./Ü. „Loodus“, Tartus, 1926

K.Ü. „Loodus’e“ keeleline korrektor M. Bekker.



A-5778

Saatesõnaks teisele trükile.

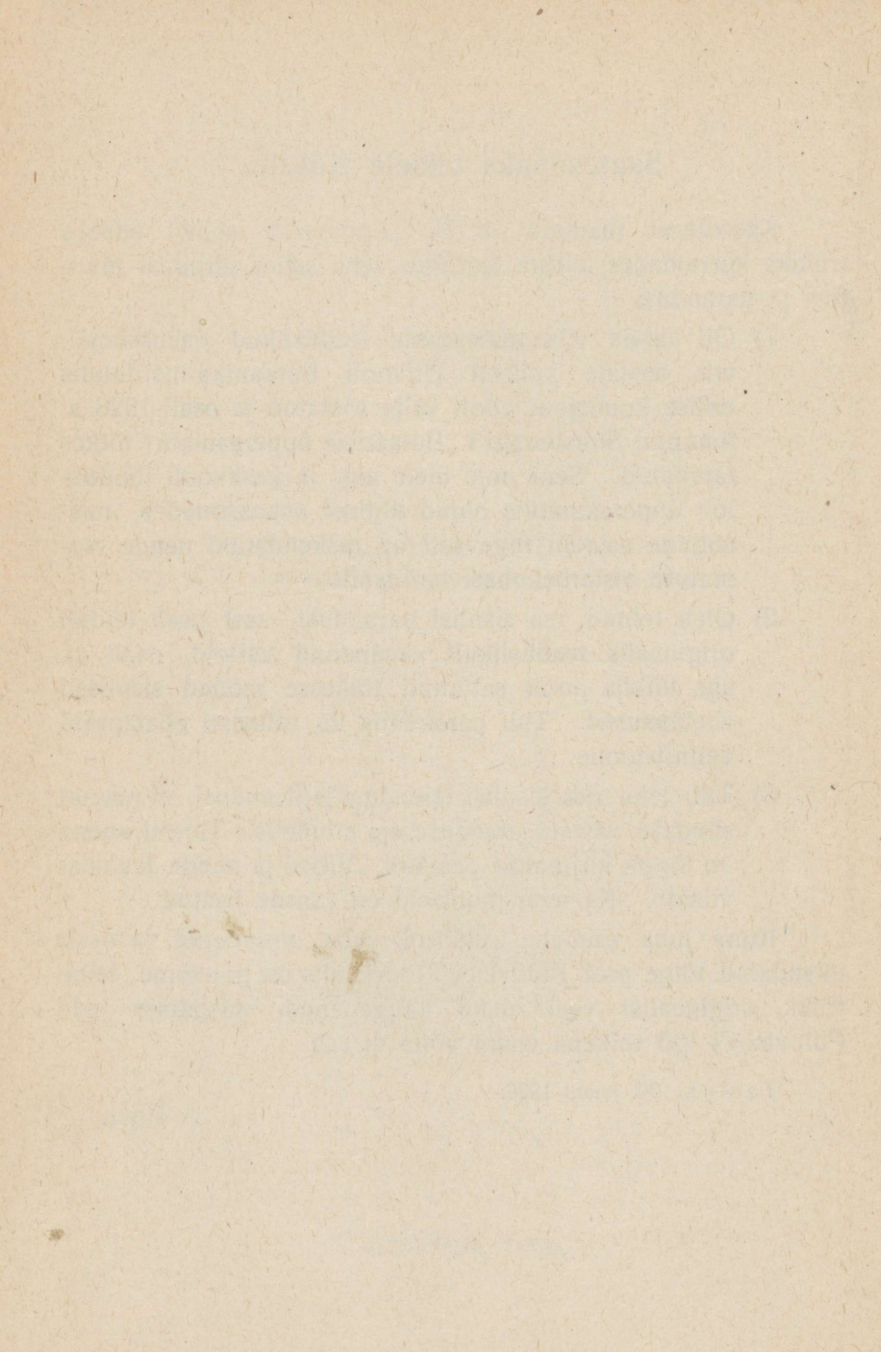
Käesolevat raamatut K./Ü. „Loodus’e“ soovil teiseks trükiks korraldades leidsin tarviliku teha selles järgmisi muutusi ja parandusi.

- 1) Oli tarvis viia raamatusse teaduslikud oskussõnad, mis aastate jooksul Ülikooli Botaanika-instituudis erilise komisjoni poolt välja töötatud ja osalt 1926. a. ilmunud Strasburger'i „Botaanika õpperaamatu“ tõlkes tarvitatud. Seni pole meie alg- ja keskkooli looduloo õpperaamatuis olnud ühtlust oskussõnades, mis-sugune 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 kaugenenud, mispärast teda Polovtsov'i töö tõlkena enam võtta ei saa.

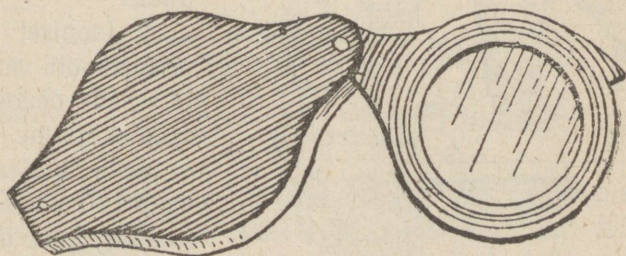
Tartus, 20. juunil 1926.

J. Port.



I. Rakk ja koed.

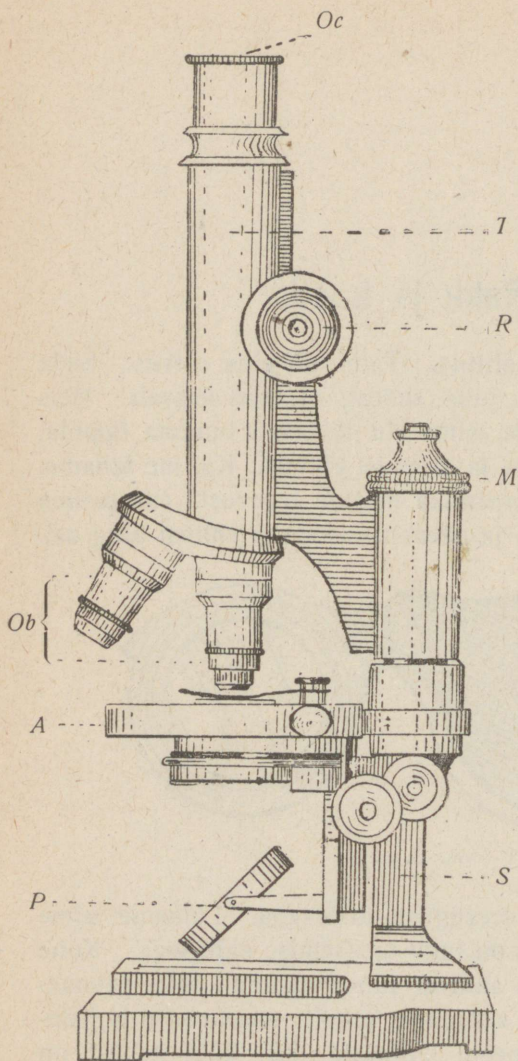
1. Rakk ja selle ehitus. Taim on elus olevus. Seda võime järeltada lihtsalt juba sellest, et taim kasvab. Meis tõuseb loomulik tahtmine taime elu lähemalt tundma õppida. Selleks peab aga tundma ta sisemist ehitust. Kui me tahame, näiteks, mõista mõne keerulika masina tegevust, siis peame selle masina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



1. joon. Luup.

Taime võime võrrelda seesuguse masinaga. Lõikame taime katki ja vaatame, kuidas on lugu ta sisemise ehitusega. Kohe paneme tähele, et meie silm ei suuda tungida selle peenustesse. Me näeme taime sisemuses ainult tumedamaid ja heledamaid kohti, paiguti peeni augukesi jne., kuid sellest on meile vähe. Et tungida taime ehituse peenustesse, 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 luup

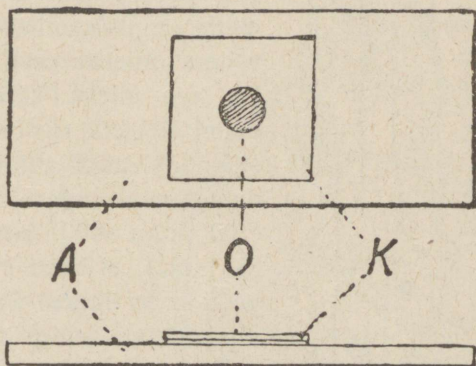


2. joon. Mikroskoop. *Oc* — okulaar, *Ob* — objektiv, *T* — tuubus (vaatlemistoru), *R* — rattad tuubuse seadmiseks silma järele (kremaljeer), *M* — mikromeetriline kruvi peenemaks tuubuse seadmiseks, *A* — aluslaud, *P* — liikuv peegel, *S* — jalg.

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

2. joonisel näeme mikroskoobi välist kuju. Selle peaosad on sambakujuline jalg ja selle küljes olev vaatlemistoru (tuubus) suurendavate klaasidega. Jala külge on kinnitatud keskest läbipuuritud 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 vaat-

lemistorusse, 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. Iseärate kruvide abil saab vaatlemistoru silma järele nii seada, et vaadeldav asi paistaks kõige selgemini.

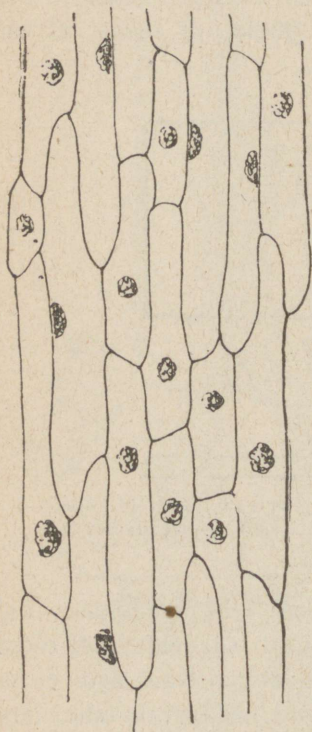


3. joon. Mikroskoobiline preparaat, pealt ja kõrvalt vaadatud. *A* — alusklaas, *K* — kateklaas, *O* — vaadeldav ese (objekt).

Nagu tähendatud, tungib valgus läbi vaadeldava asja vaatleja silma. Et pilt oleks selge, peab vaadeldav asi olema õhuke ja läbipaistev. Suuri ja mitte-läbipaistvaid asju ei saa otsekohe mikroskoobiga vaadelda, vaid neist peab valmistama õhukesed läbipaistvad lõigud. Seda toimetatakse harilikult habemenoaga. Kuid nagu varssi näeme, saab mõnikord ka ilma habemenoata läbi. Sellel või teisel teel saadud õhuke lõik pannakse iseärasele neljanurgelisele klaasile (*a l u s k l a a s*) (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 mahlase lehe-

kese, soomuslehe, milledest koostub sibul. Iga niisugune leheke on kaetud pealt õrna õhukese nahakesega, mida kergesti võib ära käristada. Nii saame ilma habemenoata õhukese läbipaistva kilekese, mida võib tarvitada otsekohe mikrooskoobilise preparaadi valmistamiseks.



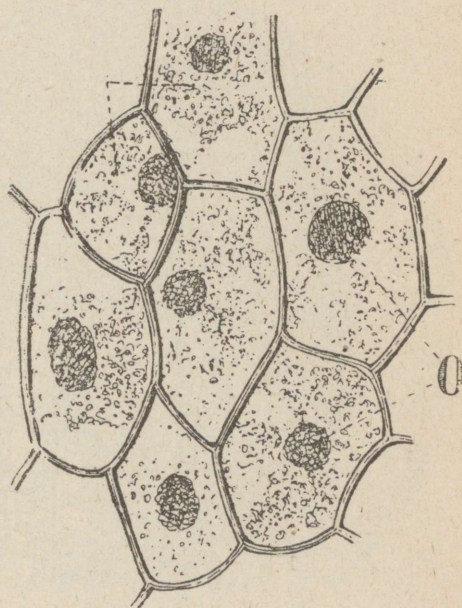
4. joon. Sibula nahake, väikesel suurendusel.

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

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

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.

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

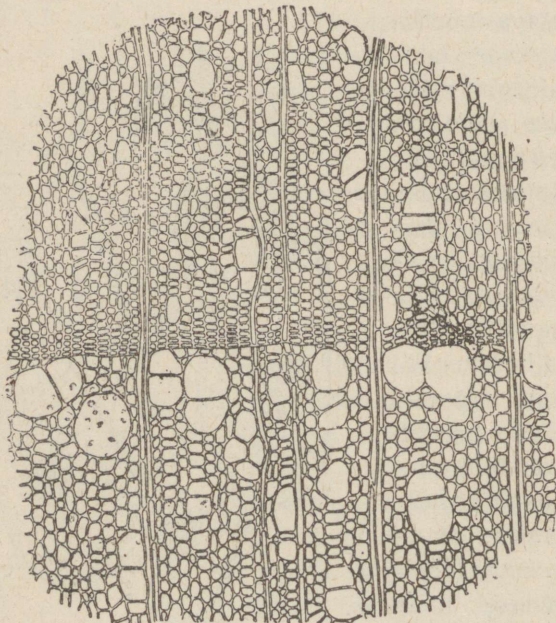


5. joon. Sibula nahake, tugeval suurendusel. O — tuumad.

Mitte ainult sibulast võetud kileke ei koostu rakkudest, vaid seda näeme igas muuski taime osas. Igalt poolt pole aga võimalik nii kergesti õhukest läbipaistvat tükki saada, ja siis peab tegema habemenoga õhukese lõigu. Üks säherdune paakspuu varrest tehtud lõik on kujutatud 6. joonisel. Nagu näeme, koostub seegi taime osa rakkudest.

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

Siiamaani oleme vaadelnud taime värvita osasid. Kuidas on aga lugu taime värviliste osadega, näiteks lehtedega? Meid huvitab küsimus, millest oleneb lehtede roheline värv. Suuremate taimede lehed on liiga suured ja paksud, et neid otsekohe mikroskoobiga vaadelda. On aga olemas väikesi rohe-



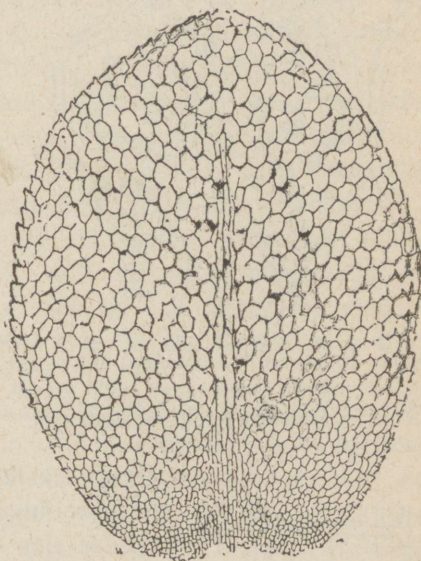
6. joon. Paakspuu vars ristlõikes.

lisi taimi, nimelt samblaid, millele lehekeseid koostuvad ainult ühest õhukesest rakkude kihist ja on sellepärast läbipaistvad. Võtame vaatlemiseks niiskeil, varjulistel kohtadel kasvava tähtsambla (*Mnium*) lehekese. Väikesel suurendusel paistab see meile üleni rohelisena (7. joon.). Tugevamal suurendusel näeme aga, et lehekese roheline värv oleneb rohkearvulistest väikestest rohelistest kehakestest, mis asuvad lehekese rakkudes (8. joon.). Samasugused kehakesed annavad rohelise

värvi ka kõigi teiste taimede lehtedele, ja neid nimetatakse sellepärast leherohelise ehk klorofülli kehakesteks ehk kloroplastideks.

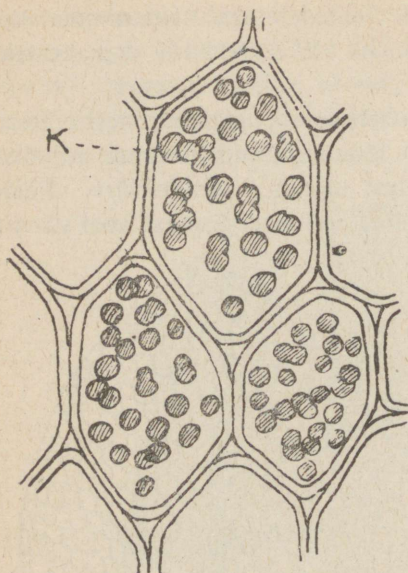
Peenemad uurimised on näidanud, et leherohelise terad on elusast plasmast, mis on läbi imunud iseärase roheline värvainega (pigmentiga), millest olenebki terade värv. Peale nende roheliste terade võib leida taime rakkudest veel värvita

teri, mis koostuvad samuti plasmast, kuid ei sisalda mingit värvainet. Neid nimetatakse leukoplastideks, ja neid leidub peaaesjalikult taime värvita osades, nagu juurtes. Peale roheliste ja värvita 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. Nii-suguste taimeosade värv

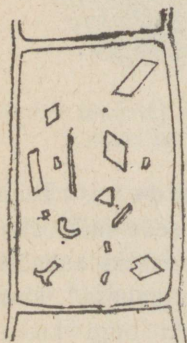


7. joon. Tähtsambla (*Mnium*) leheke, suurendatud 30 korda.

oleneb isesugustest värvikehakestest, mis sisaldavad kollast või punast pigmenti, ja neid kutsutakse kromoplastideks. Teeme porgandi juurest õhukese lõigu ja vaatleme seda mikroskoobiga. Rakkudes näeme iseäraseid kollakaspunaseid kehakesi, mis võivad olla väga mitmesuguse kujuga: pulgakased, konksukased, plaaditaolised jne. (9. joon.). Need ongi kromoplastid. Neis sisalduv pigment on muutunud kindlaiks kristallideks, ja selle kuju järele on ka kromoplastid ise saanud kohase kuju.



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



9. joon. Porgandi juure rakk kromoplastidega.

Kloroplaste (rohelist värvi kehad), kromoplaste (punase-kollase värvil.) ja leukoplaste (värvitud) nimetatakse veel üldise nimega plastiidiks.

Seni vaadeldud taimed koostusid väga rohkest arvust rakkudest, mis asusid üksteise kõrval igas suunas. On aga olemas lihtsamaid taimi, kes koostuvad ainult ühest pikast rakkude reast. Kraavides leiame õige sagedasti rohelisti niidikuliste veetaimede koonlaid, mida nimetatakse harilikult kõntsaks. Vaadeldes üksikut seesugust vetika niiti

mikroskoobiga, näeme, et ta on pikk rakkude rida (10. joon.).

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

2. Raku osade täpsam kirjeldus. Vaatleme nüüd lähemalt rakkude ehitust ja iseärasusi. Plasma ja selles asuv



10. joon. Kiudvetikas
Spirogyra.

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

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

Sedamööda kuidas raku uurimist toimetatakse ikka täielikumate ja täielikumate riistadega, leitakse selle ehituses ikka uusi ja uusi peenusi. Nii selgub, et rakud on tõeliselt väga peene ja keeruka ehitusega, mida võib järelda 15. lk. olevast joonisest (13. joon.). See kujutab üht kõrvitsa karvakese raku tuhandekordsel suurendusel.

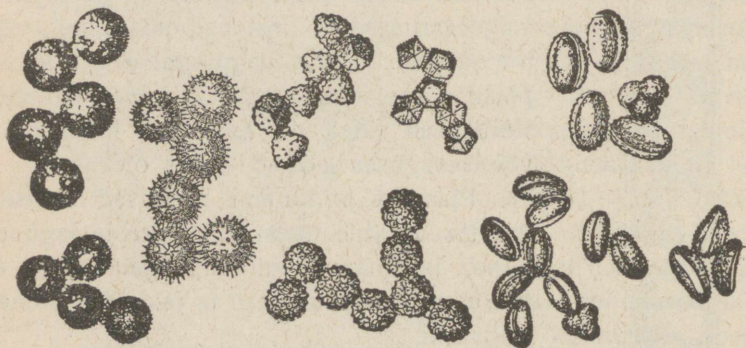
Plasma ja tuum on raku tähtsaimad ja elulised osad, kest on aga vähem tähtis, sest looduses tuleb ette ka ilma kestata rakkusid, peaasjalikult loomariigis. Kuid ka taimeriiigis leiame ilma kestata rakkusid, näiteks vetikate sugurakud, gameetid, mis pole



11. joon. Üherakuline liikuv vetikas
Chlamydomonas.

muud kui vabalt vees ümberjuuvad plasmatombukesed. Kevadel ja sügisel võib leida metsa alt pehkvailt lehtedelt ja kändudelt limaseente plasmoodiume, mis koostuvad samuti kestata plasmast.

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



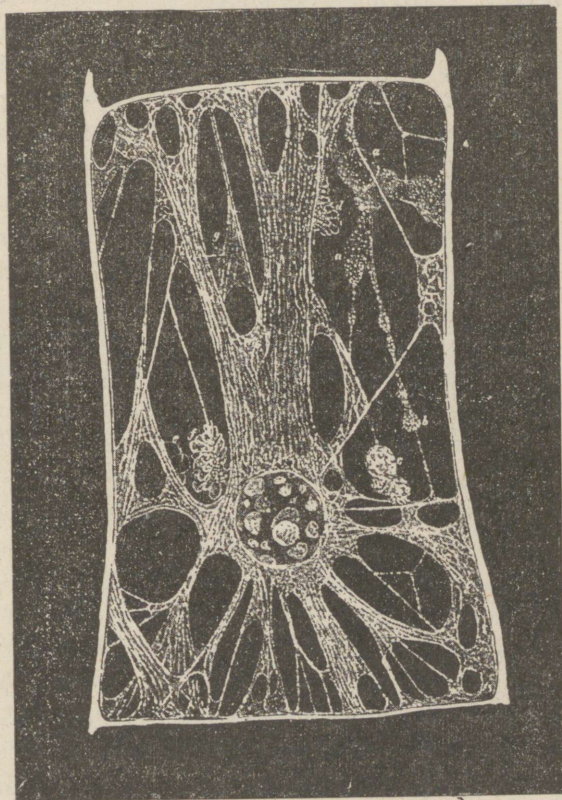
12. joon. Mitmesuguste taimede õistolmu terad.

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

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

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

Mitmel veetaimel, nagu mikrooskoobilistel sinirohelistel vetikatel (näit. maarasval — *Nostoc*) muutub rakukesta aine (tselluloos) tihedaks limaks, mis ühendab neid väikesi ühe-



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

rakulisi taimekesi suuremaiks tompudeks. Ka mitme taime seemnete (näiteks linaseemnete) rakkude välised kestad liiguvad 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 mineraalainetega, nagu räni (SiO_2), süsihappu kaltsium (CaCO_3) ja oblikhappu kaltsium ($(\text{COO})_2\text{Ca}$).

3. Koed. Suuremaist taimedest leiame alati õige suure hulga rakkusid ja seejuures mitmesuguse kuju ja suurusega, nagu juba eespool tähele panime. 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 koostub ühesugustest rakkudest, milledesse toitvate ainete tagavarad on peidetud. Mõnes suures taimes, näiteks puus, on sääraseid ühesuguse ehitusega ja ühesugust ülesannet täitvate rakkude rühmi veel rohkem. Neid nimetatakse taime kudedeks. Järjelikult koostub taim mitmesugustest kudetest. Missugused need on, seda näeme edaspidi, nüüd aga nimetame neist mõne tähtsama: katekude — mis katab taime väljastpoolt; mehaaniline ehk tugikude — mis on taimele toeks; juhtkude — mis saadab ühest taime osast teise vett ja toitaineid.

4. Rakkude paljunemine. Meid huvitab nüüd küsimus: kust on saadud rohkearvulised taimerakud, kuidas on nad tekkinud? Me teame, et kõik elusad olevused tekivad omasarnaseist sigimise teel. Sedasama peab ütleva rakkudegi kohta, nagu on tõendanud rohkearvulised uurimised. Suurem jagu taimi kasvab seemnest. Seeme koostub rakkudest, nagu iga muugi taimeosa. Need rakud hakkavad jagunema 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 enamil juhtudel, ja nende eluavaldused, nii siis ka jagunemine, jäävad seisma. Otsekohe saab vaadelda rakkude jagunemist (pooldumist) ainult üherakuliste taimede juures, sest need elavad mikroskoobi all veetilgas edasi.

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

Seesugused vaatlemised on selgitanud, et rakkude arvuline rohkenemine sünnib pooldumise teel, mis seisab selles, et rakk jaguneb uuestitekkunud vahekestaga pooleks, ja endisest ühest rakust saab kaks uut rakku, mis omakord poolduvad jne. (14. joon.).



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

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. Kõige pealt 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 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, värvib end vähemal määral ja



15. joon. Raku kaudne pooldumine (kariökinees).

teda nimetatakse a kromatiiniks (*achromatin*, värvitu aine). Raku pooldumine algab sellega, et kromatiininiit langeb üksikuiks ühesuurusteks osadeks, mida nimetatakse kromosoo-

mid eks (*chromosoma*). Kromosoomide arv võib olla mitmesugustel taimedel mitmesugune, kuid ühe ja sama taimeliigi kõigis rakkudes on see alati ühesugune. Kui meil on rakk, mille tuum sisaldab 8 kromosoomi, siis on ka kõigil teistel selle taime rakkudel neid 8, ja ka kõigil seda liiki taimede rakkudel¹⁾. Peale kromosoomide tekkimist sulab ja kaob tuuma akromatiinosa ümbritsevas plasmas ära või igatahes muutub nägematuks, ja kromosoomid asuvad korrapärase ringina raku keskpaika. Ühtlasi tekivad raku plasmas iseärased kiirtetaolised juhtkiukesed, mis raku otsapoolseis osades asuvaist punktidest sihitud kromosoomide poole. Seepeale langeb iga kromosoom pikitelje sihis kaheks ühesuuruseks osaks, ja need kromosoomide pooled koonduvad plasma kiiri mööda punktide ümber, kust kiired välja jooksevad. Seal muutuvad nad uuteks tuumadeks. Tuuma pooldumisele järgneb kogu raku pooldumine, nimelt ilmub tuumade vahele kest, ja ühest rakust on saanud lõpuks kaks uut raku. Et siin võib märgata selget tuuma osade liikumist ühest raku osast teise, siis kannab see pooldumisviis karüokineesi (*karyokinesis*²⁾) nime. Karüokineetilisel pooldumisel saab kumbki tütarakk alati võrdse hulga tuuma kromatiinainest.

Peale kirjeldatud pooldumisviisi, mida nimetatakse ka kaudseks, — sest siin, nagu nägime, on raku pooldumine seotud mitmesuguste kõrvalnähtustega, — tuleb ette harukordsemalt veel otsene pooldumine, mis seisab selles, et raku tuuma keskmise osa ümber tekib õnar, mis soondub ikka sügavamale ja lahutab viimati tuuma kaheks pooleks. Nende vahele tekib uus kest ja sellega on rakk pooldunud (16. joon.). Kromosoomide tekkimist ja kiiretaolisi plasmatihendusi pole seesuguse pooldumise puhul märgata. Seepärast nimetatakse seda ka amitoosiks (*amitosis*³⁾). Ka ei jagune siin tuuma aine tihtipeale mitte võrdseiks osadeks.

¹⁾ Erandid vaata allpool peatükis „Põlvède vaheldus“.

²⁾ Kreekakeelne sõna, tähendab „tuuma liikumine“.

³⁾ Tähendab „ilma niidita“ (pooldumine).

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

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



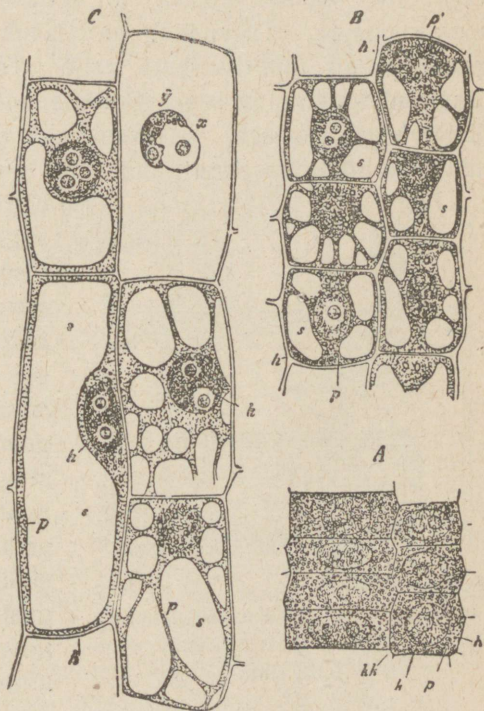
16. joon. Raku ot-sene pooldumine.

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 tugevasti seestpoolt kesta peale ja nagu venitab seda laiali. Raku kasvamise ajal neelab plasma enesesse rohkesti vett, paisub ise ja paisutab kesta. Selle juures võib tähele panna, et plasmast tekivad peagi väikesed õõnsused, mis pole siiski mitte tühjad, vaid on täidetud iseärase, plasmast eritatud vedelikuga, mida nimetatakse rakumahlak-s. See on mitmesuguste ainete lahus, mis omakord imeb läbi plasma ja rakukesta ümbruskonnast vett juurde ja paisutab nii plasmata 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 õõnsusi, vakuole, need sulavad isekeskis ühte, ja sagedasti näeme, et kõik õõnsused on sulanud üheks suureks, rakumahlagaga täidetud vakuooliks, mis võtab enese alla raku sisemuse suurema osa ja on surunud plasma õhukese kihina

kesta ligi. Alalist rõhumist, mida rakumahl avaldab plasma ja kesta peale, nimetatakse turgoriks ehk mahlarõhuks, ja sellel on suur tähtsus taime elus. Plasma ja kest on ise-

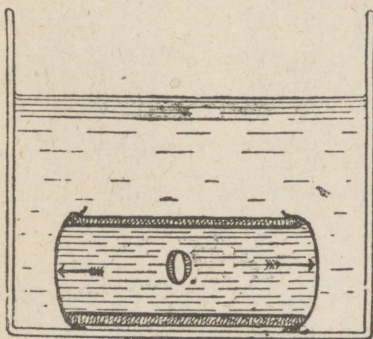
enesest väga pehmed ja õrnad, siiski on nendest ehitatud taimed väga sitked ja tugevad. Tuletame meelde, kui sirgelt seisavad noored taimed. See on selektav turgoriga. Rakud rõhuvad vastastikku üksteise peale ja annavad sellega taimele tarviliku sitkuse ning painduvuse. Rakud on aga pinguli ainult siis,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



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

Nende ainete tähtsust seigatab 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 anumas 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.

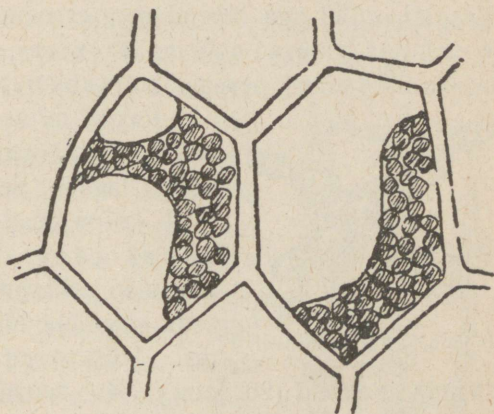


18. joon. Osmoosi nähtust tõendav katse. O — toruke soolalahusega. Nooled näitavad tõusva sisemise rõhumise sihti.

Korrates seda katset mitmesuguste lahustega, jõuame otsusele, et vesi tungib suurema jõuga läbi pärgamendi kesta lahusesse, kui lahus vee sisse. Ehk võttes kaks lahust, milledest üks kangem, teine lahjem, näeme, et lahjem lahus tungib kiiremalt ja suurema hooga kangemasse lahusesse, kui see sünnib vastuoks. 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 läbi kesta ja plasma vakuooli. Kui aga rakk asetada mingisse lahusesse, mis on kangem kui rakumahl, näit. hästi kontsentreeritud suhkruvette ehk glütseriini, siis tuleb avalikuks vastupidine nähtus. Rakumahlast, kui lahjemast lahusest, tungib vesi suure jõuga rakust välja, õõnsused vähenevad, plasma tõmbub kokku ja eemaldub kestast (19. joon.). Seda nähtust nimetatakse plasmolüüsiks. Kui rakk pole mitte liiga kaua plasmolüüsitud seisukorras viibinud, siis omandab ta vees jälle endise kuju.

Sedamööda kuidas rakk kasvab, muutub ta välimus ikka enam ja enam. Kest pakseneb, mille tõttu plasmal ikka raskem on saada tarvilikul määral vett ja muid aineid, ja nende puudusel sureb ta viimaks ära. Ühes sellega jääb seisma ka kogu raku arenemine, ja rakk sureb. Siiski ei jää need surnud rakud taimele ülearusteks, vaid kasutatakse mitmesuguseks ots-
tarbeks: 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 mees pidada, et plasmata säherdustes raku-



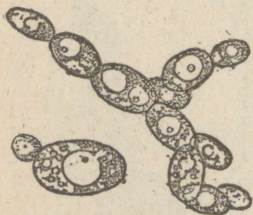
19. joon. Samblalehekesed rakud plasmolüüsitud seisukorras. Plasma tõmbub kokku, kannab leherohelise terad enesega ühes ja eemaldab kestast. (Samad rakud loomulikus seisukorras — 8. joon.).

des enam pole. Nad koostuvad ainult kõvast puitunud ehk korgistunud kestast, mille õõnsuses asub õhk või vesi.

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

konnaga ja võib sealt omandada toitvaid aineid. Kõik teised taime sisemuses asuvad rakud saavad aga tarvisminevaid aineid naaberrakkudelt, mis juba välisest keskkonnast tarvilikul määral toitu saanud. Ained ja lahused liiguvad osmootsel teel ühest rakust teise alati suurema kontsentratsiooni sihis.

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



20. joon. Pärmiseened.

pärmiseened (20. joon.). Kui laseme pisut pärmi suhkrulahusesse, mis on pärmiseentele toiduaineks, siis hakkavad peagi eralduma gaasimullikesed, mis pole muud kui süsihappu gaas¹⁾. Ühtlasi hakkab lahuses suhkur kaduma ja selle asemele ilmub piiritus.

Nii võib rakkudes tähele panna alalist ainevahetust. Ühelt poolt muudetakse sissevõetud ained elusaks plasmaks, teiselt poolt laguneb see plasma alatasa ja tekivad jäänused, nagu süsihappu gaas, 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 sealt õige rohkesti niisuguseid mikroskoobiliselt väikesi vetikaid, mis koostuvad ühest ainsast rakust ja ujuvad vee sees vabalt. Kui valada neid ühes veega taldrikule ja katta pool taldrikut pappkaa-

¹⁾ CO₂ on kerge tõestada barüüt-(Ba(OH)₂) või lubja-(Ca(OH)₂) vee abil.

nega, siis näeme, et vetikad rändavad kinnikaetud veeosast valgustatud osasse. See näitab, et vetikad on valgusetundlikud. Ka tunnevad nad, kus vesi hapnikurikkam, ja kogunevad sinna. Samuti leiavad nad vees koha, kus rohkem toiduaineid, 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 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 järele 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.

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

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



21. joon. Plasma liikumine *Elodea* rakkudes.

Kõike kokku võttes näeme, et rakkudel on kõik elusa olevuse 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 olevusiks, tuleme väga tähtsaksale järeldusele: suured, mitmerakulised organismid pole muud kui üksikute tillukeste elusate olevuste tihedasti ühendatud kogud.

Need olevused, 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 toidu- ja muid tarbeaineid, teised veavad ja jaotavad neid laiali, kolmandad töötavad neid ümber uuteks tarvilikeks asjadeks jne. Sedasama näeme ka suures keerukas organismis, ainult inimeste asemel on siin rakud, igaüks oma ülesande täitmiseks väga otstarbekohaselt sisse seatud.

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

II. Idanemine.

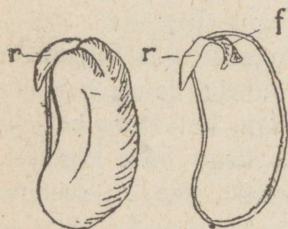
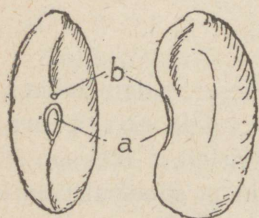
8. Seemne ehitus. Uba ja hernes. Kogu taimeriik jaguneb kaheks suureks osaks: õistaimed ja eostaimed. Esimesed õitsevad ja kannavad vilja, teistel ei ole aga õisi ega seemet. Et rõhuv enamus suuremaid ja silmapaistvamaid taimi kuulub õistaimede hulka, siis on loomulik, et me alustame just nende vaatlemisega.

Kui seeme satub sündsaisse tingimustesse, 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 hõlpsamini silma paistaksid. Väga mõnusad selleks on türgi-oad. Valime mõned ilusamad nende hulgast ja paneme nad kõige pealt päevaks või paariks vette. Vees paisuvad nad, muutuvad pehmeks, ja siis on nende vaatlemine hõlpsam. Vaadeldes uba väljastpoolt (22. joon.) näeme selle serval väikese armi *a*. Seda nimetatakse seemnevarre asemeks; siin oli seeme varrekeseга kinnitatud kauna külge. Siit käisid läbi ka peened torukesed, sooned, millede kaudu seeme sai

emataimelt tarvili toitavaid aineid. Armist kõrgemal võime k 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



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

nahk või seemne kest, millega seeme kaetud, ei lase vett hästi läbi. Hästi ligunud ja paisunud seemnelt tuleb nahk hõlpsasti ära, sest ta ei ole seemnega kuskil kokku kasvanud. Tarvitseb teda ainult kuskilt katki lõigata ja siis tuleb ta üleni ära.

Naha all asub tulevase taime idu, mis laguneb hõlpsasti kaheks pooleks, nõndanimetatud idulehtedeks. Idulehtede vahele on surutud väike taime loode (*embryo*), mille üks ots asub just seemnepilu kohal. See on loote või idu juureka. Idanemisel hakkab ta kasvama ja tungib esimesena seemnepilu kaudu välja. Lahutades ettevaatlikult idulehti üksteisest, näeme, et nad on ühendatud lühikese juurejätkuga, — see on idu varre ke. Ka lehed ei puudu. Nimelt silmame varrekese otsas idu pungakest,

mis koostub kahest lehekesest, millede vahel asub väike kühm. Sellest pungast tekivad tulevase taime vars ja lehed.

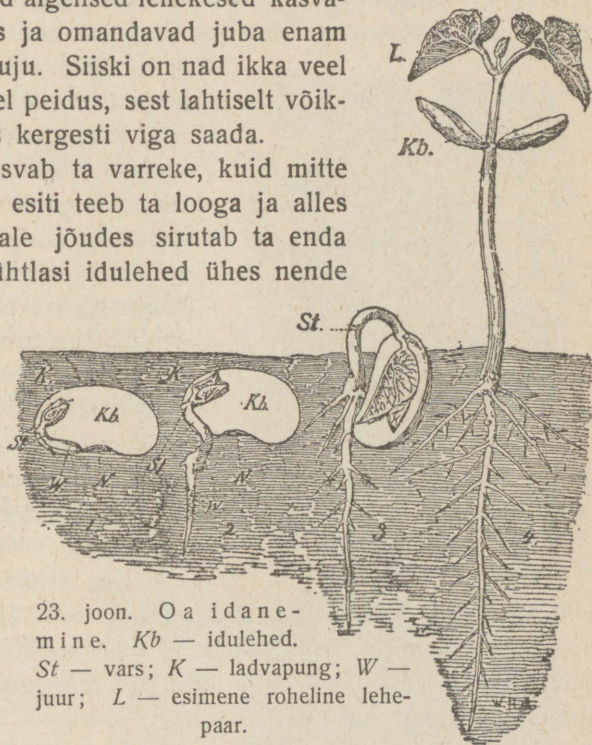
Paneme mõned ligunud seemned niiskesse mulda ja võtame iga kahe-kolme päeva takka ühe neist välja, et jälgida,

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

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

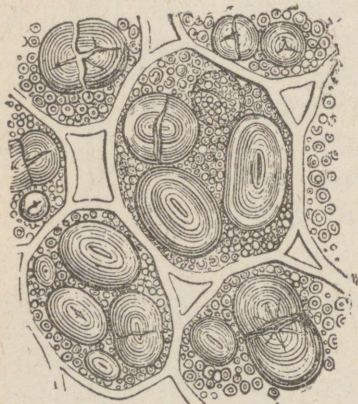
Ühtlasi kasvab ta varreke, kuid mitte otse üles, vaid esiti teeb ta looga ja alles välja maapinnale jõudes sirutab ta enda püsti, kistes ühtlasi idulehed ühes nende vahel oleva pungaga maa seest välja. Nii viisi kistakse idulehed maa seest, kitsam ots ees, mis sünnib muidugi kergemini. Ka ei satu siis mulla- ja liivate rad idulehtede vahele ega tee õrnale idupungakesele viga.

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



23. joon. O a i d a n e -
mine. Kb — idulehed.
St — vars; K — ladvapung; W —
juur; L — esimene roheline lehe-
paar.

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



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

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 valk-aine terad.

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

¹⁾ Siit peale hakkab taime kasvamine ja edasiarenemine.

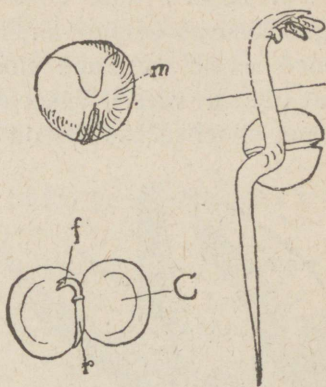
Kui idanemise alul lõikame ühe idulehe ära, siis ei takista see veel idanemist, kuid tärkav taim kasvab nõrgem ja väiksem kui loomulikult. Võib ka mõlemad idulehed ära lõigata, kuid siis on väga raske sellest taime kasvatada, sest ta ei saa tarvilikul määral toitu.

Hernes. Paljude taimede seemned on oma ehituselt oga sarnased, nimelt on neil idu ja kaks enam või vähem arenenud idulehte. Seesuguste hulka kuulub näiteks ka hernes, mille vaatlemisele nüüd asume¹⁾.

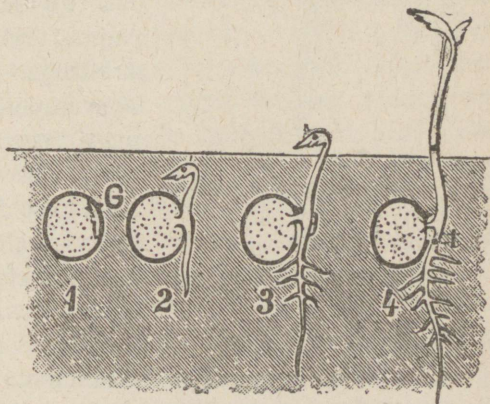
Oma välimuse poolest läheb hernes oast mitmeti lahku, kuid palju on ka sarnasust (25. joon.). Nii leiame ka herne kestal seemnevarre aseme ja selle kohal seemnepilu. Kui hernel kesta maha tõmbame, näeme kaht paksu idulehte, mida kergesti võib teineteisest lahutada. Nende vahelt leiame idujuurekese ja idupungakese, mis aga vähemad on kui oal.

Kuid herne idanemiskäigus näeme mõnesuguseid iseärasusi. Herne idulehed jäävad maa sisse

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



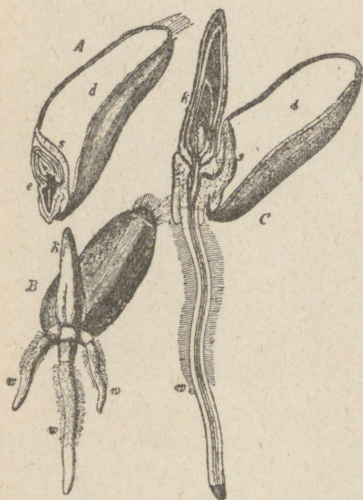
25. joon. Hernes. C — iduleht, m — seemnepilu, r — idujuur, f — pung lehekestega.



26. joon. Herne idanemine.

ja ei tõuse välja päevavalgele, nagu seda nägime oa juureni (26. joon.).

9. Nisu. Mitte kõik seemned pole kahe idulehega juur. Paljud lähevad eespool-kirjeldatuist tunduvalt lahku. Võtame mõned nisu seemned ehk terised¹⁾ ja leotame neid kõige te pealt jällegi vees. Vaadeldes neid peale seda (27. joon.) näeme, et terise üks ots on nüri ja kaetud karvakestega, teine



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

ots aga terav. Piki terist näeme ta ühel pool vao, teiselt poolt aga on teris kumer. Just sellel poolel, teravama otsa lähedal, asub seemne välise nahakese all idu. Kuid siin pole nahake lahustunud, nagu oal ja hernel, vaid on seemnega ühte kasvanud. Selle pärast näeme idu ainult siis, kui oleme seemne lõhki lõiganud. Siis paistab meile silma, et seeme on peaaegu üleni täidetud tagavaraks pandud toitainetega, peaaegu täielikult tarklisega. Kuid siin ei asu need tagavara-ained mitte idulehtedes, nagu eespool-vaadeldud 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 entsüümide abil vees lahustuvaks muudab. See kilbikujuline moodustis — vahenahk — vastab idulehele; idupungake asub vahenaha kõrval ja on kaetud isesuguse torutaolise kattega (coleoptil). Tähendab,

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

re nisu on ühe idulehega taim. Idanemine sünnib peajoontes samuti, nagu eespool-kirjeldatud taimedel. Kõige pealt ilmub ega juur, mitte üks, vaid harilikult 2—3 ühetugevust haru, mis sellele järgneb pung, mis kaetud koleoptiliga ja mis oma terava otsaga tungib hästi mullast läbi ja kaitses õrna lehen.) kest, mis torusse kokku keeratud. Iduleht (*scutellum*) jääb idanemulla alla toitkoega ühendusse, et muretseda kasvavale idule me tarvilikku toitu.

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

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

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

Teiselt poolt jälle on seemneid, mis õige ruttu oma ida- nemisvõime kaotavad. Näiteks paju seemned on idanemis- võimelised ainult kahe nädala jooksul peale valmimist.

a 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 üksikhaaval 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 vees kindlas, lahustumatus olekus. Säärases olekus ei pääse nad aga läbi kestade idu rakkudesse. Ainult vees lahustunud olekus võivad nad rännata rakust rakku ning jõuda kasvava iduni.

Kui paneme seemne vette või niiskesse mulda, siis hakkab seeme kõige pealt imema enesesse vett ning muutub kogu poolest suuremaks, paisub. See paisumine sünnib väga suure jõuga, ja mõnel seemnel suureneb tunduvalt ka seemne kogus. Väga hästi võib seda näha herneste juures. Paneme kahte ühesuurusesse klaaspurki ühepalju herneid. Ühte purki valame 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 kogus kuivadest isegi kaks korda suurem olla.

Et paisumine toimub suure jõuga, võib näha järgmisest lihtsast katsest: paneme väikese pudeli herneid otsani täis ja lisame vähehaaval vett juurde, sedamööda, kuidas hernerid seda sisse imevad. Nüüd paneme pudelile korgi kõvasti peale ja seome selle veel 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 punniga. See punn on ühenduses rõhumist mõõtvaga riistaga, ja riista näitamisest võime näha, et paisuvate seemnete rõhumine on väga suur. Mõnel juhul on seemned isegi ligi sajakilogrammiline raskuse üles tõstnud.

Peale seda, kui seeme on veega küllalt läbi niiskunud, algab temas toidu-tagavarade lahustumine entsüümide toimel

ja ühtlasi idu kasvamine. Kuid selleks on peale niiskuse tarvis veel rida teisi tähtsaid tingimusi.

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

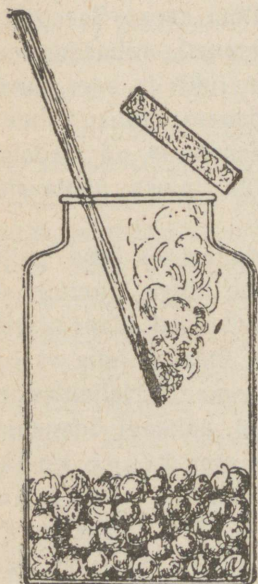
Kõrgemas temperatuuris edeneb idanemine juba palju kiiremini, ja 20° — 25° sooja käes sünnib see kõige kiiremini — ühe öö-päeva jooksul. Asetame aga rukkiterised idanemiseks veel kõrgemasse temperatuuri, siis tuleb ilmsiks juba vastupidine nähtus. Idanemine sünnib aeglasemalt. Neljakümnekraadilises ja suuremas soojuses nad ei hakkagi idanema. Sellest näeme, et rukkil ¹⁾ on idanemiseks oma kõige kohasem soojusemäär 25 — 31° (optimum), kõige madalam 0 — $4,8^{\circ}$ (miinimum) ja kõige kõrgem — 37° C. (maksimum).

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

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

Asetame herved aga laiale, madalale vaagnale ja valame sedasama keedetud vett peale, kuid nii, et herved 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 hoolit- seda ka tarviliku soojuse eest, kuid õhk ei pääse ligi, ja sellepärast ei saagi seemned idanema hakata. Kui aga sellesama savi kaevame kobedaks, et seemned saaksid õhku, või asetame nad nii, et savi neid üleni ei kataks, siis toimub idanemine harilikul viisil.



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

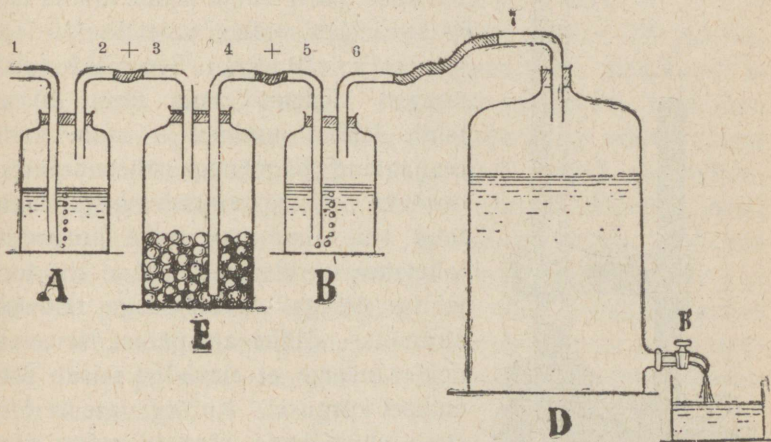
Neist katseist näeme, et iga kord, kui seemned idanema ei hakanud, oli neil nimelt õhust puudus. Kui aga õhk ligi pääsis, läks idanemine väga hästi.

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

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

on muutunud. Pistame põleva piiru või põleva küünla traadi otsas korgi vahelt purki (28. joon.). Piirg kustub kohe ja sellest järeldame, et purgis puudub hapnik. Kuhu ta jäi? Välja ta ei pääsnud, 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, milledesse on valatud puhast selget lubjavett¹⁾. 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



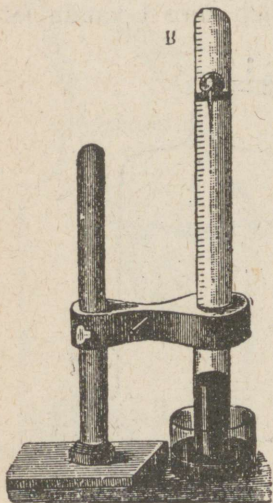
29. joon. Idanevate seemnete hingamist tõendav katse.

anumas A oleva lubjavee ja tõuseb seal mullikestena üles. Et õhk sisaldab alati pisut süsihaput gaasi, siis ühineb lubjavesi sellega ja muutub veidi segaseks. Lahkudes anumast A ja jõudes anumasse E on õhk süsihapust gaasist täiesti puhas, sest see ühines lubjaveega. Kui anum E oleks tühi, siis ei teeks õhk, liikudes läbi järgmises anumasse B oleva lubjavee,

1) Katse korraldamisel tulevad kummitorud + kohalt klambriga kinni pigistada, et CO₂ ei tungiks anumasse A ja B ja lubjavett enne katset soga-seks ei muudaks.

seda enam segaseks. Nüüd aga näeme, et õhk, mis anumask B sa
seemnetega kokku puutus, muudab anumask B lubjavee sega- sa
seks, ja palju suuremal määral, kui see sündis anumask A. ne
Tähendab, seemned eritavad süsihaput gaasi (CO₂). m

Samasuguseid katseid võime teha ka täiskasvanud taime te
osadega, mis leherohelist ei sisalda, nagu juurtega, õitega jne. tä
Need katsed näitavad, et mitte ükski idanevad seemned, vaid n
kõik taimeosad ja taimed, mis leherohe- li
list ei sisalda, eritavad süsihaput gaasi. g



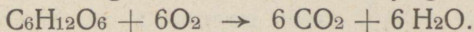
30. joon. Eudiomeeter.

Selle gaasi hulka võime mõõta ise-
ärase riistaga, mida nimetatakse eudio-
meetriks (30. joon.). See riist kujutab e
enesest klaastoru, mis ühest otsast t
lahti, teisest umbne ja mille maht v
on jagatud pügalatega ühesuurusteks l
osadeks. Sesse torusse mahutatakse r
taim või taime osa, mille hingamist s
tahetakse uurida, ja seatakse siis toru o
lahtise otsaga elavhõbedaga täidetud s
anumasse. Mõne aja pärast toru a
vaadeldes näeme, et elavhõbe seisab ikka r
endisel kõrgusel. Kui aga laseme toru e
sisse elavhõbeda pinnale mõne tilga
KOH (kaaliumileelist), siis neelab see
torus leiduva süsihapu gaasi ja elav-
hõbeda-sammas tõuseb. Selle tõus-
mise järele võime otsustada, kui palju süsihaput gaasi on
taim eritanud.

Neist katseist järeldame, et taimed hingavad samuti
nagu loomad, s. o. neelavad hapnikku ja erita-
vad süsihaput gaasi.

Vaatame nüüd, kust ja kuidas tekib see süsihapu gaas,
mida taime eraldab hingamisel. On tähele pandud, et seemne
kuivaine kaal idanemisel kahaneb. Tähele on ka pandud, et osa kuivainet
lahkub seemnest gaaside näol. Et teada saada, kuidas ja mis-

E suguste ainete kulul toimub see kaotus, on tehtud palju täp-
said katseid ja mõõtmisi. Nende tagajärjed näitavad, et lagu-
neb ja kaob peaaesjalikult tärkliis, teised ained aga vähemal
määral. Nagu teame, kuulub tärkliis süsivesikute hulka, ja
tema keemiline koosseis on: $(C_6H_{10}O_5)_n$. Idanemisel muutub
tärkliis entsüümide toimel suhkruks — $C_6H_{12}O_6$. Hingamisel
neelab seeme hapnikku, suhkur ühineb sellega ja laguneb lõp-
likult süsihapuks gaasiks ja veeauruks, mida seeme välja hin-
gab. Nii võib siis hingamise keemilist käiku järgmiselt kujutada:

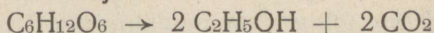


Mis tähtsus on aga hingamisel taime jaoks? Me näeme,
et taim kulutab selleks oma toidu-tagavarasid; arvatavasti ei
tee ta seda mitte asjata. Hapniku ühinemist tärkliisega
võime võrrelda põlemisega. Kiire põlemise korral tekib energia
leegi ja soojuse näol. Taime hingamisel sünnib see ühine-
mine aeglaselt, tagajärjeks on samuti energia tekkimine, osalt
soojuse näol, osalt iseärase n. n. keemilise energia näol, mis
on kõigi taime eluavalduste, nagu idanemise, kasvamise ja
sigimise põhjuseks ja ergutajaks. See jõud vabaneb taimes
ainete lagunemisel hingamise, s. t. ainete hapnikuga ühine-
mise puhul ja seda energiat tarvitab iga taimerakk eluaval-
duste 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 anumasse. Siis pistame nende vahele soojamõõtja.
Mõne aja pärast näeme tõesti, et soojamõõtja näitab mõne
kraadi võrra rohkem, kui ümbritsevas toaõhus. Tähendab,
seemned soenevad idanemisel. Siiski võib seda märgata ainult
sel juhul, kui seemneid on küllalt paks kiht, sest õhuke kiht
jahtub liiga ruttu ümbritseva õhu käes.

Eelmissist katseist ja vaatlusist selgub, et taim tarvitab
hingamiseks hapnikku. Kui pidada taime kauemat aega ruu-
mis, kus hapnik puudub, siis sureb taim ära. Lühikest aega

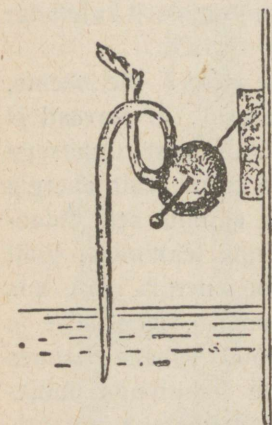
võib taim aga ka ilma hapnikuta läbi saada. Seejuures kestab süsihapi gaasi eritumine edasi. Kust saab aga taim nüüd hapnikku? Me teame, et mitmed taime kehas olevad ained, nagu tärklis, suhkur jne., sisaldavad hapnikku. Seda oma kehast pärit olevat hapnikku tarvitabki taim välise hapniku puudusel. Säärast hingamist nimetatakse sisemiseks, sest kogu ainevahetus toimub siin taime sees. Seejuures lagunevad hapnikku sisaldavad ained enamail juhtudel süsihapiuks gaasiks ja piirituseks, mida järgmiselt võib kujutada:



suhkur piiritus süsihapi gaas.

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

Mitmed lihtsamad taimed, iseäranis üherakulised mikrokoobilised seened, elavad kogu eluaja ümbruskonnas, kus puudub vaba hapnik. Elamiseks tarvitlikku energiat saavad nad oma ümbruskonna aineid lahutades, tekitades



31. joon. Herne idandamine nõõpnõela otsas.

neis käärimist. Sääraseid taimi nimetatakse anaeroobseteks, ja nende hulka kuulub näiteks harilik pärmiseen, mille abil võib käärimisnähtusi esile kutsuda (võrdle lk. 24).

Üks teine sarnane 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 tarvitlikud idanemistingimused. Kui need puuduvad, siis võib seeme seista mitmed aastad ilma mingit elumärki avaldamata. Kuid ühtlasi pole ta ka surnud. Ta viibib puhke-seisukorras, kuni soodsad ümbruskonna tingimused ta elule äratavad. Siis hakkab ta idanema. Seemne näol võib taim halbadel olu-

kordadel oma liigi elu alal hoida, sest seemned kannatavad halvad olukorrad palju paremini välja, kui taimed ise.

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

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

Kui korraldame kunstlikke katseid, siis muidugi hoolitseme heade idanemistingimuste eest, ja sellepärast pole mullal tähtsust. Kui aga külvata seemned põllule või peenardele, siis jäävad nad seal enese hooleks, ja siin võib muld väga suuresti mõjuda. Ta võib takistada õhu ligipääsmist, 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 soeneb hästi päikese käes.

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

Viimasel ajal on siiski leitud, et on taimi, mis tarvitavad idanemiseks valgust, teised jälle idanevad ainult pimedas¹⁾. Meie harilikud kultuurtaimed on aga idanemisel valguse vastu ükskõiksed.

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

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

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

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



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

nägime, et need olid ümmargused või pikergused kerge kihilise ehitusega, sagedasti keskelt praolised. Umbes samalaadilised on ka herne tärkliseterad. Võtame nüüd kartulilõigu ja kaabime selle küljest pisut noaga veetilga sisse¹⁾. Vaadeldes siis veetilka mikroskoobiga, näeme selles roh-

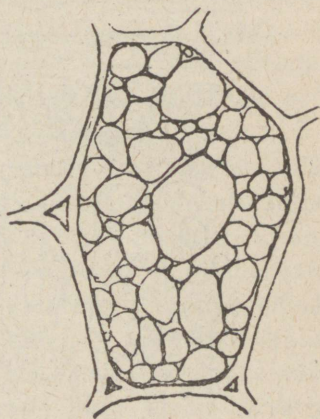
kearvulisi tärkliseteri, munalaadilise kujuga ja selgete ekstsentriliselt asetunud kihitustega (32. joon.). Lihtsate üksikute terade hulgas leiame ka kahest ja kolmest osast koostuvaid liitteri. Samal viisil võime vaadelda ka rukki, nisu ja kaera teristes asuvaid tärkliseteri. Rukki ja nisu tärkliseterad on isekeskis väga sarnased, ümmargused, kettakujulised, pisut märgatava kihitusega. Kaera tärkliseterad on aga hoopis isesuguse välimusega. Suur pikergune või ümmargune liitterra koostub suurest hulgast väikesist kandilisist terist (32. joon.).

Et iga taim sisaldab isesuguse kujuga tärkliseteri, siis on võimalik seda iseärasust kasutada, näiteks jahu proovimiseks. Kui nisujahule on kaera- või kartulijahu hulka sega-

¹⁾ Parem värskelt lõigatud kartulimugula tükikesega alusklaasile asetatud veetilka puudutada: lõigu pinnalt lähevad tärkliseterad siis vette.

tud, siis võime jahu mikroskoobilisel vaatlemisel seda kohe avalikuks teha, sest nisu tärkliseterade hulgest leiame siis ka kaera või kartuli tärkliseteri.

Kõigis seemneis leiame peale tärklise veel valk-aineid, mida nimetatakse proteiiniks. Need ained asuvad seemneis harilikult ümmarguste või kandiliste teradena. Oa idulehe lõiku vaadeldes nägime, et tärkliseterade vahel asusid suurel hulgal peened valguterad. Mõne taime, näiteks lupiini idulehtedes leiame ainult valguteri (33. joon.). Katsume ka siin joodiga, siis näeme, et valguterad ei muutu mitte siniseks, nagu tärklis, vaid omandavad ilusa kollase värvi. Selle iseärasuse järele joodi suhtes võime valguteri alati tärkliseteradest ära tunda. Proteiiniteri leiame ka läätsedes, herneis, nisuteristes (34. joon.) ja mujal. Seda võime näiteks nisuteriseist kergesti kätte saada. Selleks võtame natuke nisujahu, teeme sellest taigna ja hakkame seda veega uhtma. Vesi viib tärklise kaasa, ning järele jääb kollakas kleepuv mass, mis pole muud kui valk-aine. Teda nimetatakse pihkaineks, sest ta ühendab tärklise taignaks.



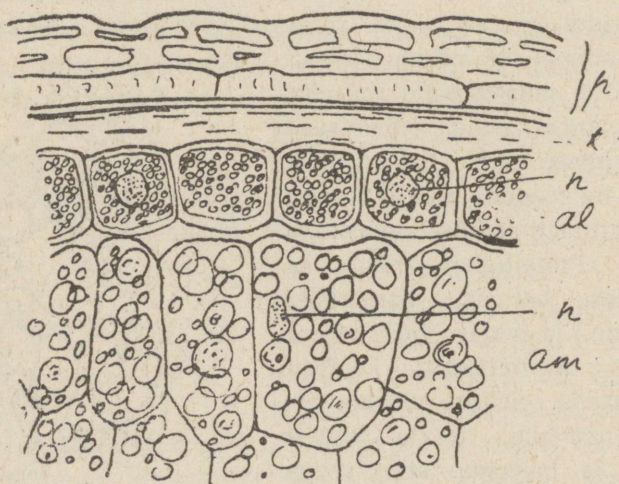
33. joon. Lupiini idulehe rakk, täidetud üleni valk-aine (proteiini-) teradega.

Kolmandaks tähtsaks tagavara-aineks on seemneis õlid ja rasv-ained. Vähesel määral on neid kõigis seemneis, iseäranis rohkesti on neid aga õlirikkais, nagu lina-, kanepi-, päevalille- ja muis seemneis. Kui võtame näiteks päevalilleseemne ja litsume ta vastu valget paberit, siis näeme, et paberile jääb tume õlitäpp, sest seeme sisaldab rohkesti vedelaid rasv-aineid. 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 harvemail juhtudel ja vähemal määral, nii et me nende juures ei peatu.

Ükski kirjeldatud tagavara-aineist, nagu tärklis, valk ja õlid, ei lahustu vees. Et aga idu neid saaks toiduks tarvitada,



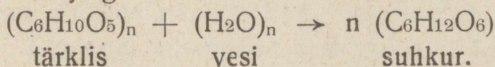
34. joon. Nisuterise lõigu väline osa: *p* — viljakest; *t* — seemnekest; sellest seespool asub toitkude; *al* — valk-aineid sisaldavad rakud; *am* — tärkliseteri sisaldavad rakud; *n* — rakutuomad. (Suurendatud umbes 250 korda.)

peavad nad läbi ümbritsevate rakukestade idu rakkudesse pääsma. See on võimalik ainult siis, kui tagavara-ained muutuvad vees lahustuvaiks. Säherdune muutus sünnibki tõesti idanevas seemnes. Niipea kui seeme vees niiskunud ja paisunud, lahustuvad selles vees seemnerakkude plasmas peituvad iseärased ained, mida nimetatakse fermentideks ehk entsüümideks. Need fermentid tungivad läbi rakukesta tagavara-ainete ligi ja muudavad need vees lahustuvaiks. Selle

jaoks tarvitab iga aine isesugust fermenti, tärklis — üht, valk — teist jne.

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

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

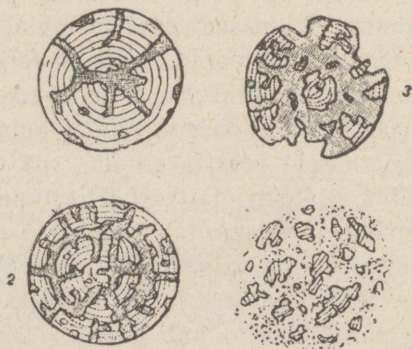


Sellest näeme, et diastaas ühendab tärklise keemiliselt ühe osa veega, mille tagajärjel tekib suhkur.

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

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

Kui seemne-tagavarade hulgas on ka valk-aineid, siis eritab idu isesugust fermenti pepsini, mis lahustab valk-aineid ja muudab need nõndanimetatud peptonideks. Pepsini leidub ka inimese ja loomade maomahlas.



35. joon. Nisu tärkliseterade lagunemine diastaasi toimel.

Samuti on idul isesugused fermendid õlide ja rasv-ainete lahustamiseks, n. n. lipaas.

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 hulga ni. 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 taimetoitmiseks, vaid ka selleks, et hoida ta rakkudes alalist pingulolekut — turgori. Viimane on aga tähtis esiteks kui kasvamise edendaja, teiselt poolt jälle annab ta noorele taimele tarviliku tugevuse.

Teeme noore tärkava taimet kasvukuhikust õhukese lõigu ja vaatleme seda mikroskoobiga. Siis näeme, et rakud, milledest koostub kasvukuhik, on kõik enam-vähem ühesugused (36. joon.). See ongi arusaadav, sest just siin toimub alaline rakkude pooldumine, ja iga uuestitekinud rakk pooldub peagi jälle, ilma et jõuaks oma kuju ja ehitust suuremal määral muuta. Madalamal asuvad juba vanemad rakud, mis enam ei pooldu, vaid selle asemel kasvavad jõudsasti, venides suuremaks ja pikemaks. Kasvukuhiku alumises osas näeme ümberringi isesuguseid puhetisi, — need on tulevaste lehtede alged. Sedamööda, kuidas kasvab rakkude arv, muutub nende vahetõrd 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 mõjutab 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 k u d e d e k s. Kudede iseärasused on järjekult ühenduses nende asetusega taimekehas.

17. Kasvamise mõõtmine ja kasvamise järgud. Taime kasvamine ei sünni muidugi ühtlaselt, vaid oleb mitmesuguseist sisemisist ja välimisist tingimustist. Ühed neist edendavad kasvamist, teised mõjuvad sisse takistavalt. Et sellest selget pilti saada ja ühtlasi

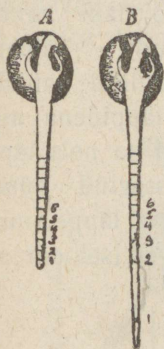
36. joon. Noore kasvava tüve otsa piki-läbilõige. Kõhmunud kahel pool külgedel on tulevased varred ja lehed.

võrrelda mitmesuguste taimede kasvamist, on katsutud kasvamist mitmesuguste riistade abil mõõta.

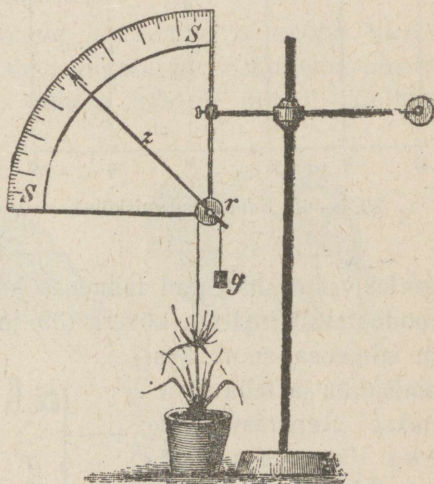
Kõige lihtsam ja algelisem abinõu oleks lihtne mõõtpuu, millega taime pikkust teatavate vaheaegade järel mõõdame. Et aga taimede kasv on aeglane ja väike, siis ei saa lihtsa mõõtpuuga kuigi täpsaid tagajärgi. Taime osade kohta, mis kiiresti kasvavad, võib tarvitada head ja lihtsat mõõtmisviisi. Võtame 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 järele,

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

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



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

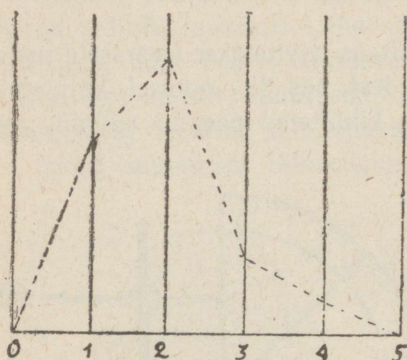


38. joon. Riist taime kasvamise mõõtmiseks (auksanomeeter).

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

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

sõlmevahe alumises osas, nende lehed — alumistes osades jne. Iga taime kasvavad osad kasvavad esmalt aeglaselt, siis hak-

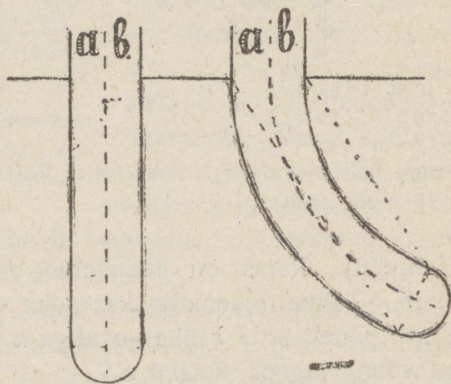


39. joon. Suur kasvamiskõver.

kab kasvamine kiire-
nema, jõuab kõige suu-
rema kasvukiiruseni ja
jäab siis jälle aeglase-
maks. Niisugust kasva-
mist nimetatakse suu-
reks kasvuperioo-
diks, ja iga kasvutsooni
osake teeb läbi suure
kasvuperioodi. Tähen-
dades ruudulisel paberil
ristjoonel täppidena aja
silmapilgud ja neis täp-
pides ülesseatud püst-

joontel vastavalt teatud taimeosa kasvu, saame rea täppe, mis moodustavad iseärase kõvera (39. joon.) See kõver iseloomus-
tab taimeosa suurt kas-
vamisjärku ja teda nime-
tatakse seepärast suu-
reks kasvamiskõ-
veraks.

On tähele pandud, et taimed kasvavad päe-
val aeglasemalt kui öösi,
tähendab, valgus mõjub
kasvamisse takistavalt.
Täpsamad uurimused on
näidanud, et kõige kiire-
mini kasvab taim vara
hommikul ja kõige aeg-
lasemalt öhtul. Seesu-



40. joon. Juure kooldumise skemaatiline kujutis.

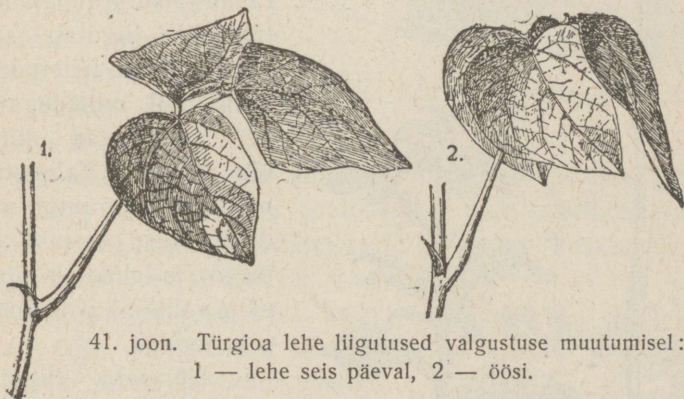
gust järjekindlat muutust taime kasvamises nimetatakse väi-
keseks ehk ööpäevaseks kasvamisjärguks. Seda

võime samuti kõverana kujutada ja saame väikese ehk ööpäevase kasvamiskõvera.

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

Ka toitainete rohkus, niiskuse ja hapniku määr ei jäta taime kasvamisse mõju avaldamata.

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



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

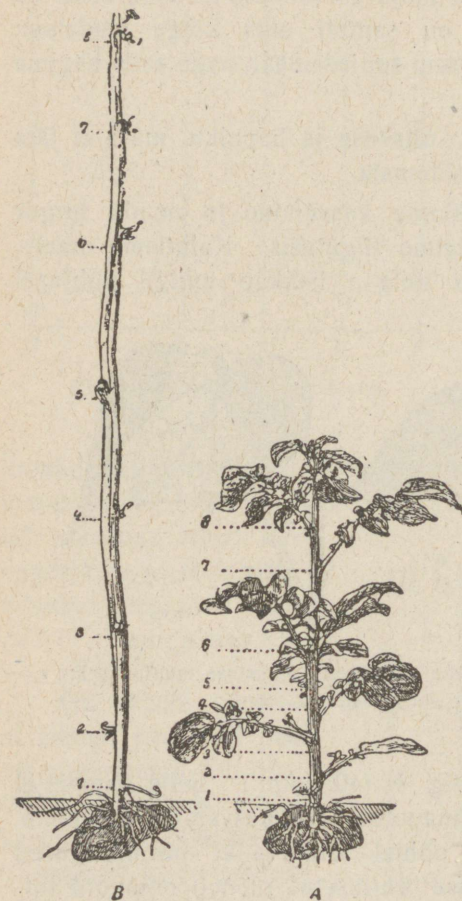
kasvama kiiremini kui külg *b* (40. joon.). Selle tagajärjel kooldub juur kõveraks sinnapoole, kus kasvamine aeglasem. Selle kasvamis-iseärasuse põhjal toimuvadki mitmesugused taime liigutused. Kasvamise ühtlusetus oleneb omakord turgori ühtlusetusest. Kus turgor suurem, seal sirguvad ka rakud suuremal määral. Turgori muutumise põhjuseks on mitmesugused välised ärritused. Näiteks tarvitseb ainult mõnd taimeosa seada heledama valguse kätte või katta valguse eest, et turgor muutuks, ja taim teeb sellekohase liigutuse. Sellega ongi seletatav valguse toime kasvamisse. Siski ei

pruugi arvata, et väline ärritus toimiks otsekohe mehaaniliseit. Asi on tõeliselt palju keerukam ja välise ärrituse ning

järgneva liigutuse vahel sünnib veel palju vahepealseid nähtusi.

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

Sääraseid liigutusi teeb taim mitte ainult valguse, vaid ka mitmesuguste muude väliste ärrituste toimetel. Kõiki seesuguseid liigutusi, mis toimuvad teatud ärrituste suunas, nimetatakse üldse tropismideks: valguse mõjul toimetulevat

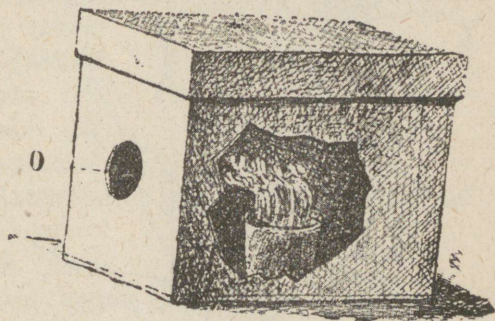


42. joon. Pimedas (B) ja valguse käes (A) kasvanud kartul. Vastavad varre sõlmekohad on tähistatud ühesuguste numbritega.

taimeosade kõveraks kasvamist või pöördumist — heliotropismiks, maa külgetõmbava jõu toimetel — geotro-

pismiks, keemiliste ainete ärritustel — kemotropismiks jne.

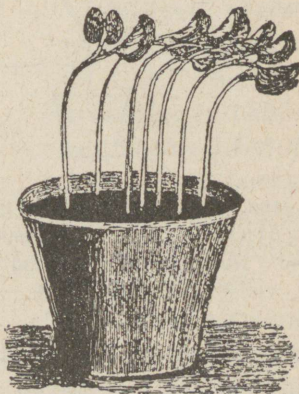
19. Heliotropism. Taimed on väga valgusetundlikud. Niipea kui idu seemnest välja sirgub, hakkab valgus temasse kohe toimima; valguse käes muutub idand peagi roheliseks, pimedas jääb ta aga valkjaskollaseks. Kui idand kauemat aega pimedas on viibinud, siis läheb ta oma välimuse poolest valguse käes kasvanud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



43 a. joon. Kamber heliotropismi katsete tegemiseks.

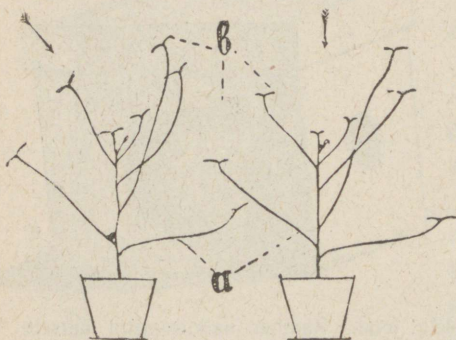
42. joonisel näeme, et pimedas kasvanud kartuli vars on pikk ning peaaegu ilma lehtedeta ja pole roheline, vaid on jäänud helekollaseks. Niisuguseid pimedas kasvanud varsi nimetatakse etioolituiks. Seevastu on valguse käes kasvanud taim omandanud suured rohelised lehed ja võib nende abil juba iseseisvalt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

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

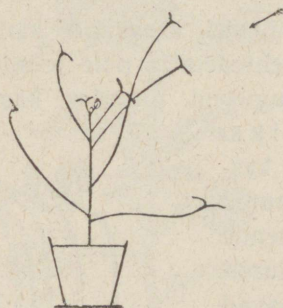


43 b. joon. Valguse poole koolunud kapsataimed.

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



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

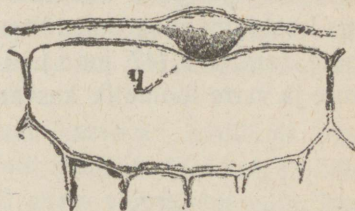


44. joon. Lehtede heliotroopilised liigutused: *b* — leherootsud; *a* — lehelabad. Nooltega on tähistatud valguse lange-mise suund.

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

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

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

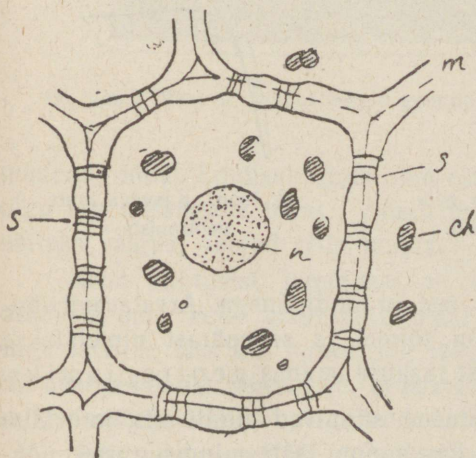


45. joon. Valgusetundlik rakk lehe marrasknahas.

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

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

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 plasma võrguks, nimetatakse plasmodesmideks.

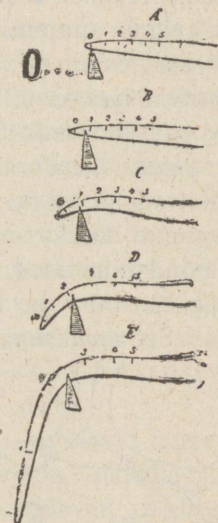


46. joon. Taime rakk tugeval suurendusel: *m* — kest; *n* — tuum; *ch* — leherohelise terad; *s* — plasmodesmid.

20. **Geotropism.** Seame idaneva herne mis asendisse tahes, mõne aja pärast näeme ikka, et idu juureke pöördub otsaga allapoole ja vars üles. Pöörame idandi ümber — juure üles ja varre allapoole. Varssi 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



47. joon. Idaneva herne geotroopilised kooldumused.



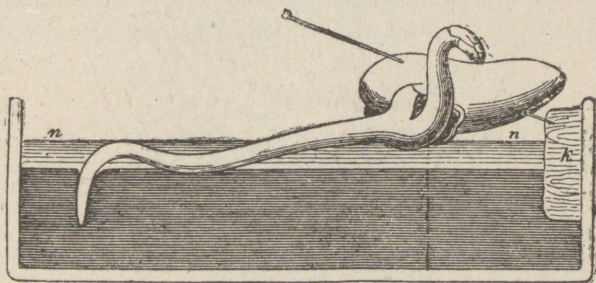
48. joon. Kasvava juure geotropism.

langevate asjade suunaga, see on loodjoonega. Arvatavasti sünnib see maakera tõmbejõu toimel, ja sellepärast nimetatakse seda taimejuurte kasvamist raskuse suunas geotropismiks.

Geotroopilised liigutused sünnivad ainult siis, kui taim kasvab. Kui aga taime kasvamine jääb mingisugustel põhjustel seisma, siis ei sünni ka geotroopilisi kooldumisi. See on arusaadav, sest igasugused troopilised liigutused sünnivad just taimeosade mitteühtlase kasvamise tõttu. 48. joonisel

on kujutatud juure ots, millele on tehtud tušiga üksteisest ühekaugusel seisvad märgid. Kus juur kasvab, seal nihkuvad märgid üksteisest ikka enam 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 külgujuured ei kasva mitte püsti, vaid enam või vähem viltu, isegi ristloodis (plagiotroopsed organid). Kuid tähtis on see, et iga



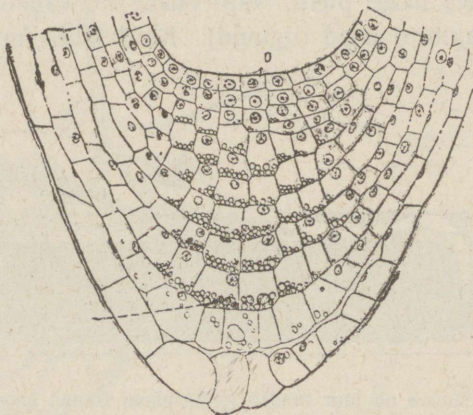
49. joon. Idaneva oa juur tungib geotropismi toimel elavhõbedasse.

taimeosa hoiab kindlasti kinni oma esialgsest kasvamissuunast, olgu see missugune tahes. Ainult teised, tugevamad toimed, näiteks valgus, võivad seda muuta.

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

Nagu uurimused on näidanud, hoiavad loomad end tasakaalus 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 tärgliseterad, kristallid jne. Neid kehakesi nimetatakse üldse, kui nad tasakaalus hoidmisest osa võtavad, statoliitideks. 50. joonis kujutab juure otsa, mis kasvab otse allapoole. Kõik tärgliseterad ja muud kehakesed, mida näeme rohkesti keskmistes rakkudes, on vajunud rakkude alumisele küljele, võiks ütelda — rakkude põhja. Statoliitide seesuguse asetuse korral kasvab juur otse allapoole. Kui nüüd seada juur näiteks



50. joon. Juure otsa raskusetundlikud rakud statoliitidega.

ristloodi, siis nihkuvad tärgliseterad paigalt ja asuvad rakkude külgedele. See mitteharilik terakeste seisukord ärritab plasmat, selle tagajärjel muutub juure kasv mitteühtlaseks ja juur kooldub endisesse seisukorda tagasi, kuni tärgliseterad jälle endiselt raku alumisele küljele (põhjale) rõhuvad.

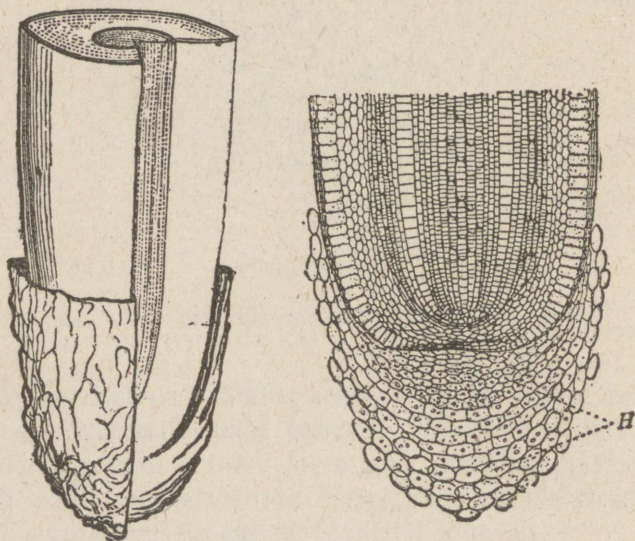
Peale helio- ja geotropismi võib taimede juures tähele panna tundlikkust mitmesuguste teiste väliste toimete vastu, nagu niiskus, toiduainete rohkus jne.

On tähele pandud, et juured sirutavad end maapinna kuivemaist kohtadest niiskemate poole (hüdrotropism), ja sage-

dasti on see tung isegi geotropismist tugevam, — juured kasvavad mõnd aega ülespoole. Samuti otsivad juured need maapinna kohad välja, kus toitvaid aineid rohkem (kemotropism). Kui istutada taim pinnale, mis koostub vahelduvast liivast ja mustmullast, siis kasvavad lisajuured ainult mulla-kihtidesse. Seesuguseid katseid ja vaatlusi on palju tehtud. Kõik need näitavad, et taimed tunnevad väliseid ärritusi, annavad neid edasi ühest rakust teise ja teevad vastavaid liigutusi. Need liigutused võivad olla kahe sugused: positiivsed, kui liigutus sünnib ärrituse poole, ja negatiivsed, kui liigutus sünnib ärritusest eemale. Nii võib varre kasvu valguse (päikese) suunas vaadelda kui positiivset heliotropismi, juurte eemaldumist valgusest kui negatiivset heliotropismi.

IV. Juure ehitus ja tegevus.

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



51. joon. Juureotsa läbilõige. Juurekübar.

Vaatame nüüd lähemalt, kuidas toimetab juur seda ülesannet. Kõige pealt aga tutvume juure sisemise ehitusega. Selleks teeme juurest mitmest kohast õhukesed lõigud ja vaatame neid

mikroskoobiga. Esimeseks vaatlemise aineks võtame noore kasvava juureotsa lõigu (51. joon.). Sellel paistavad meile silma kõige pealt kaks järsult teineteisest eraldatud osa. Välimine neist, allapoole pöördu, on saanud juurekübara (*calyptra*) nime, sest ta katab nagu kübar õrna, kasvavat juureotsa. Kübara all asuvad õrnad, ohtrasti poolduvad rakud, ja kübar on neile kaitseks juure maa sisse tungimisel. Muidugi kulub selle juures kübara väline serv, ja me näeme jooniselt, et välised rakud kistakse sisemiste küljest lahti ja langevad vähehaaval ära. Nende asemele aga nihkuvad kübara sisemisest kihist uued, pooldumise teel tekkinud rakud, nii et juurekübara kõige vanemad rakud on välised, kõige nooremad aga sisemised. Mõnel taimel, näiteks vesiläätsel ehk lemlel (*Lemna*), mis katab seisvat vett kraavides ja tiikides tiheda roheline vaibana, on juure ladval isesugune juurekübara sarnane moodustis, n. n. juuretasku; ta on hästi suur ja isegi palja silmaga nähtav (52. joon.).

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

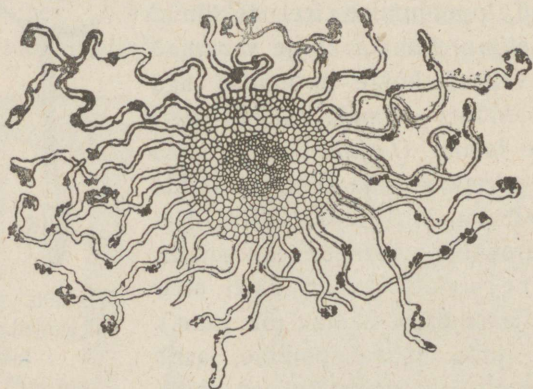
Idandame mõne seemne niiskes liivas, ja kui taimeke on juba kaunis pikaks sirgunud, tõmbame ta ettevaatlikult liivast välja. Siis näeme, et juure alumine ots on puhas ja liivast vaba, kuna kõik muu kõrgem osa on tihedasti liivaga kaetud, ja see ei tule isegi raputades ära. Uurides lähemalt selle nähtuse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



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

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

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

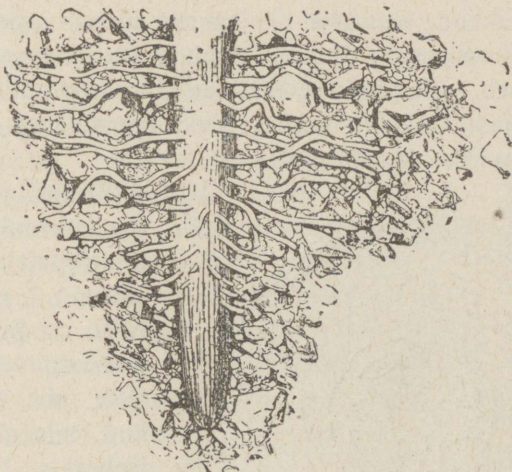


53. joon. Juurekarvad.

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

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

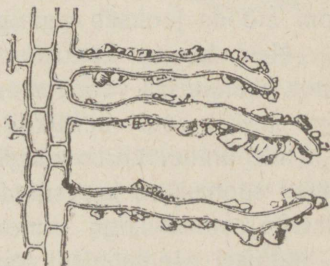
Kuidas aga toimetab juurekarv vee ja mahlade imemist? Et need karvad pole muud kui juure marrasknaha rakud, siis sisaldavad nad muidugi plasmat ja selle sees olevais õõnsusis



54 a. joon. Juureots juurekarvakestega mullaosakeste vahel.

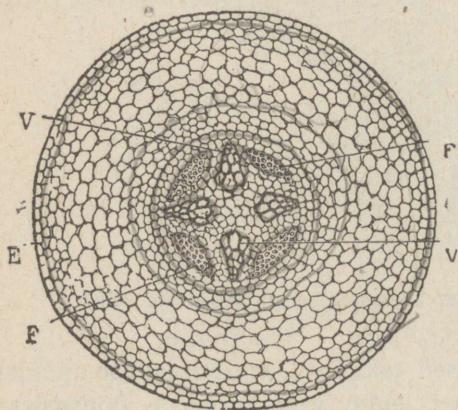
rakumahla, nagu kõik teised rakud. Osmoosiseaduse põhjal tungib mullaosakeste vahel leiduv vesi narmaste õõnsusis ja toob enesega ühes mitmesuguseid toitvaid sooli, mis leiduvad alati vee sees lahustunud olekus (54 a. ja 54 b. joon.).

See vesi ja lahused liiguvad edasi suurisse rakesse, mis asuvad paksu kihina otsekohe marrasknaha all, ja moodustavad nõndanimetatud juurekoore. See koor on alati läbi imunud veega, mis juurekarvad maa seest saanud. Siit satub vesi juure keskmisesse osasse, mis eraldatud algkoorest iseäraste paksustalaste rakkude kihiga ja mida



54 b. joon. Üksikud juurekarvad tugeval suurendusel.

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



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

Kesksilindris leiame rea suuri rakkusid, mis lõikel 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 maapealseisse taimeosadesse, samuti nagu inimese vere-

sooni mööda jookseb veri igale poole kehasse laiali.

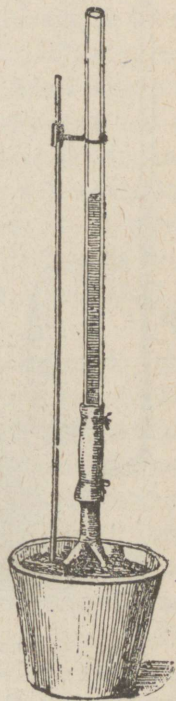
Neid leiame kesksilindris mitmesuguse jämedusega, ja nende asetumises võime märgata teatavat korrapärasust. Otse juure keskel asub harilikult üks või mitu jämedamat soont, ja nende ümber kiirtetaoliselt peenemad sooned. Kõige peenemad sooned on kesksilindri välimises osas. Seda puitunud seintega soonte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

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

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

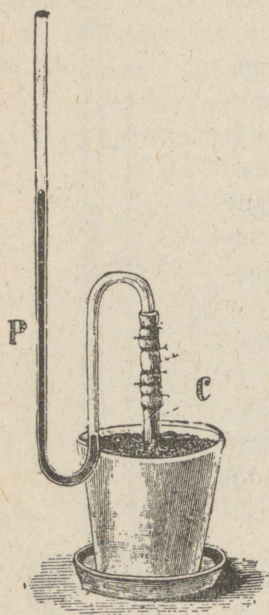
Teiseks juure ülesandeks on kinnitada taime maa külge, ja sellepärast peab ta igasuguse venitamise ja katkumise välja kannatama. Selleks ongi juurel vastupidavamad osad koondunud keskpaika, ja ta tuletab oma ehituselt meelde tugevat köit.

22. Juurerõhk. Juurekarvakeste ülesandeks oli võtta maa seest vett ja toimetada seda edasi kesksilindrisse. Iga karvakese poolt saadetud veehulk on muidugi väga väike, kuid selle eest on karvakeste eneste arv suur, — iga väikese noore juurekesse küljes võib neid lugeda tuhandeina. Kui aga võtame suurekskasvanud haralise juure, siis leiame mitmed miljonid karvakesi, mis tungivad iga mullaosakese vahele ja võtavad maa seest kõike, mis



56. joon. Juurerõhku selgitav katse.

seal leida ja mida taim tarvitab. Üks teadlane arvutas välja, et kui asetada kõik nisu juurekarvad üksteise järel ritta, siis oleks see rida mitme versta pikkune. Kui aga nad kokku koguda, siis saab neist vaevalt sõrmkübara-täis. Tähendab,



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

taim oskab vähesest materjalist ehitada omale riistu, mis väga suure töö ära teevad. Sest kui need miljonid juurekarvakesed hakkavad vett saatma kesksilindri soontesse, siis saavad need peagi täis, ja vesi tõuseb kõrgemale varresse ning jookseb igale poole taimekeha mööda laiali. Vee liikumine juure kesksilindrisse juure koo-reparenhüüm-koest toimub seetõttu, et läbilaske-rakud endodermises vett alati ühes suunas — nimelt kesksilindri poole — edasi juhivad. Säärase läbilaske-rakkude tegevuse tõttu tekib juure kesksilindris teatud rõhk, ja vesi liigub sealt edasi kõrgemale — varresse. Kui lõikame varre otse juure pealt maha, siis saadab juur muidugi vett edasi ja see nõrgub tilkadena lõikekohast välja. Seame sinna kohta pika klaastoru ja ühendame selle kummitoru abil tüve otsaga (56. joon.). Siis näeme, et vesi hakkab torus tõusma ikka kõrgemale ja kõrgemale, ning kui juur saab mulla seest

küllalt vett, siis võib see veesammas tõusta mõnikord mitme sülla kõrguseni. Selle veetõusu põhjus ongi juurerõhk. Klaastoru võib ühendada elavhõbe-manomeetriga (57. joon.), siis võime juurerõhku otsekohe mõõta. Mitme taime juures on see suurem kui välisõhu rõhumine. Suurtel puudel, eriti niiskes troopika metsas, on juurerõhk suurem 1 atmosfääri rõhust.

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

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

On isegi leitud, et juur eritab ka mõnesuguseid happeid, mis ainete lahustamiseks määratud. Kui noored juured lasta kasvamise ajal kòkku puutuda sinise lakmuspaberiga, siis tekivad seal punased täpid ja joonekesed. See on meile

tõenduseks, et juured on eritanud mingit hapet, mis värvib sinise lakmuspaberi paiguti punaseks¹⁾. Ehk paneme lihvitud marmorplaadikese lillepoti põhja ja laseme ta seal kasvava taime all mõne aja seista. Välja võttes näeme plaadikese siledal pinnal selgeid juureasemeid. Need on juurest eritunud söehape sinna söönud.

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

23. Taimkeha koosseis. Katsume nüüd selgusele jõuda, missuguseid aineid omandab juur maa seest. Iga taim kasvab seemnest²⁾. Esiialgu toidab idu end seemnes tagavaraks olevate ainetega, kuid tugevamaks muutudes hakkab ta peagi ümbruskonnast iseseisvalt toitu muretsema, ja kõik ained, milledest taimkeha koostub, on nähtavasti peaaesjalikult mullast juurte kaudu saadud. Järjelikult võime taimkeha koosseisu järele 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 umbes sajakraadilise soojuse käes. Taimes olev vesi aurab siis ära ja järele jääb n. n. kuivaine. Viimase hulk määratakse jälle kaalumise teel kindlaks. Seejuures tuleb ilmsiks, et vett oli taimes õige rohkesti. Värske rohhtaime saja kaaluosa kohta tuleb umbes 90 osa vett. Kõvas puutüves on vett muidugi vähem, kuid siiski 50—60%. Nii näeme, et taimkehas on kaalu järele enam kui pool vett.

Ülejäänud kuivaine võime omakord kahte ossa eraldada. Üht liiki ained sisaldavad süsinikku ja põlevad sellepärast hõlpsasti. Siia kuuluvad n. n. orgaanilised ühendid

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

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

(tselluloos, tärklis, valkained, õlid jne.). Teine liik aga ei põle. Kui kuumutame ettevaatlikult taime kuivainet, siis lahuvad sealt orgaanilised ühendid süsihappu gaasi, veeauru ja gaasiliste lämmastiku-ühendite näol. Järele jääb tuhka, mis koostub mittepõlevaist aineist, sooladest. Seda näeme alati, näiteks ahju küttes. Järelejäänud mittepõlevaid aineid nimetatakse mineraal- ehk tuhkaaineiks. Mineraalainete ja kogu kuivaine kaalude vahe näitab meile, kui palju kuivaine sisaldas orgaanilisi ühendeid. Harilikult sisaldab kuivaine 5—10% tuhka ja 90—95% orgaanilisi ühendeid. See vahetõrge pole alati ühesugune, vaid enam-vähem kõikumine.

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

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

T a i m e k o o s s e i s .

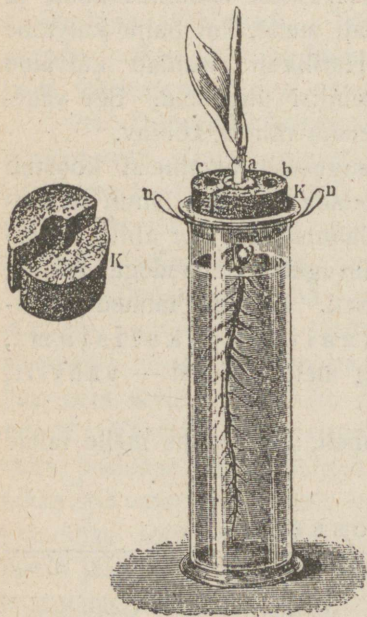
Vesi	Orgaanilised ühendid		T u h k		
			Metallid		Metalloidid
Vesinik H	Süsinik	C	Kaalium	K	Väävel S
Hapnik O	Hapnik	O	Kaltsium	Ca	Fosfor P
	Vesinik	H	Magneesium	Mg	
	Lämmastik	N	Raud	Fe	

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. Näüd tõuseb küsimus: kas on kõik need eelmises tabelis loendatud ained taimetele tingimata tarvilikud? Võib-olla on nad taimesse sattunud ainult selle tagajärjel, et neid leidub alati maa sees, kust nad lihtsalt ühes veega tungivad taime juurtesse. On väga tähtis leida vastust sellele küsimusele, sest teades, missugused ained on taimetele tarvilikud ja missugused üleaarused, võime tarvilikkude ainete juurdelisamisega saaki oma põldudel ja vilja-aedades suurel määral tõsta. Selle küsimuse kallal on teadlased kaua ja hooliga 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



58. joon. Veekultuur.

taim tarvitab. Tehti sellekohaseid katseid ja leiti, et see mõte on täiesti õige ja läbiviidav. Taimi võib kasvatada iseäraseis anumais, mille kaane külge taim kinnitatud. Et taim 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 soolasid, millede koosseis vastaks taime tarvidustele. Kõige sagedamini tarvitatakse nõndanimetatud Knop'i segu, mille koosseis järgmine:

1000 osa vett (= 1 liiter) *Knop*
1 gramm kaalisalpeetrit KNO_3
0,25 „ vosvorhaput kaaliumi KH_2PO_4
0,25 „ väävelhaput magneesiumi $MgSO_4$
0,25 „ lämmastikhaput kaltsiumi $Ca(NO_3)_2$
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, kes lahuse reaktsiooni tundvalt võivad muuta ja taime loomulikku kasvu takistada. Peale selle peab vett anumal vahete-vahel õhutama, see on, värsket õhku läbi pumpama, sest juured tarvitavad hingamiseks hapnikku.

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

Kunstlikkude kultuuride abil saab kõige mõnusamini vastata küsimusele, missugused ained on taimele tingimata tarvilikud ja missugused mitte. Idandame mitu ühesugust ühe ja sama taime seemet ja kasvatame neid kunstlikult edasi. Iga idanenud seemne asetame isesuguseisse tingimusesse. Näiteks, ühele lisame vee hulka kõiki sooli, teisele

jätame aga ühe aine, näiteks kaaliumi lisamata, kolmandale jätame lisamata mõne teise aine, näiteks kaltsiumi jne.



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

Nobbe' järele.

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

Katsume nüüd vastata küsimusele, milleks just seda või teist ainet taimele tarvis läheb. See küsimus pole veel lõplikult selgitatud. Lämmastik, väävel ja vosvor leiduvad valkainetes ja on sellepärast plasma tähtsad osad. Järjelikult 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 määrani selge. Ilma rauata ei teki taimedes leherohelist, ja taimed jäävad helekollaseks

— kloroofiliseks, olgugi et raud ise leherohelises (klorofüllis) ei esine. Kuid raual on arvatavasti veel mingi isesugune tähtsus, sest rauda tarvitavad ka mitterohelised taimed, näiteks seemned. Taimed tunnevad harva puudust rauast, sest seda leidub pea alati igasuguses mullas ja pealegi tarvitavad taimed teda õige vähesel määral. Mg on klorofüllis algosa, seega igale rohelisele taimele tarvilik.

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

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

Aineist, mida taimkeha sisaldab, võib maa sees täiesti puududa süsinik, olgugi et see aine on üks taimetele 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 vähemaks ja vähemaks, ning ühes sellega väheneb ka meie viljasaak. Me teame, et taim oskab osalt ka vees mittelahustuvaid aineid toiduks tarvitada, ja selles olekus on mitme-

suguseid mineraalsooli maa sees alati õige rohkesti. Teisest küljest rikastavad maad lämmastiku-ühenditega tugevad kõuevihmad, sest õhuelektri tegevusel ühineb õhulämmastik veega, tekitades mõnesuguseid lämmastiku-ühendeid. Kuid see juurdetulev ainete hulk on vähene, ja teda jätkub vaevalt meie vabaltkasvavaile metsataimile, mis suurt vilja ei kannu. Põldudel aga võetakse sügiseti iga vakamaa pealt mitmedkümned puudad vilja, õlgi, heina. Ühes nendega viiakse hulk toitvaid sooli, mis taimed mullast endasse kogunud, põllupinnasest (mullast) ära ja kui me tahame, et viljasaak ei väheneks, siis peame need soolad põllule tagasi andma, see on, peame põldu väetama. Otsekohe puhtal kujul neid maa sisse tagasi matta oleks liiga kallis ja kulukas, seepärast toimetatakse väetamist teisel, lihtsamal ja odavamal viisil, nimelt rammutatakse põldusid sõnnikuga. See abinõu on ammust ajast tuntud ja laialt tarvitatav, olgugi et kaua ta õigest tähendusest aru ei saadud. Asi seisab selles, et loomad, samuti nagu inimene, heidavad suure osa söödud taimtoidust seedimata välja, nii et neis väljaheites sisaldub veel rohkesti sooli, mida taim võib ära kasutada. Peale selle on sõnnikus taimeosad — põhk, õled, mis sisaldavad samuti sooli. Väetades põldusid sõnnikuga anname põllupinnasele osa aineist tagasi, mis sealt viljasaagina võetud ja loomadele söödetud; peale selle aga veel rohkesti lämmastikku sisaldavaid 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 taimele tarvisminevaid sooli. Sääraseid aineid nimetatakse kunstlikeks väetusaineks ehk kunstsõnnikuks, ja neid on müü-

gil mitmesuguste nimetuste all, nagu salpeeter, kaalisoolad, superfosfaat, kainiit jne. Kõigi nende tarvitamisel on ühine ülesanne — rikastada põllupinnast uute ainete tagavaradega, mis võimaldaks suuremat ja rikkalikumat saaki.

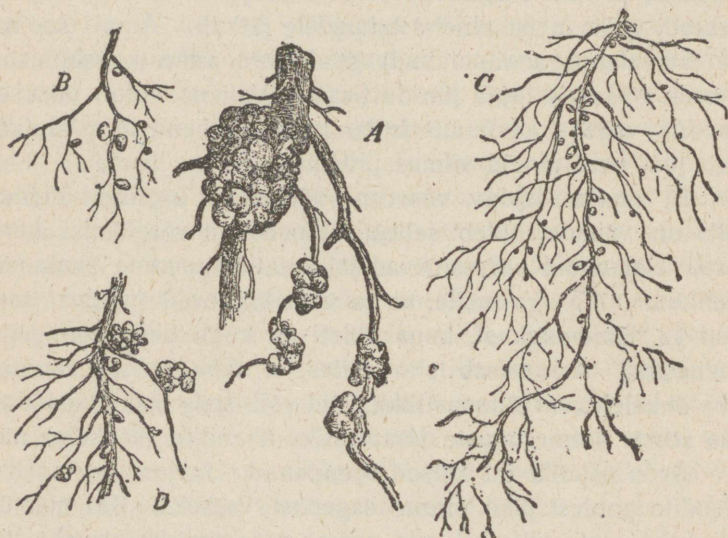
Vaatame nüüd, missuguseist aineist tunnevad taimed kõige suuremat puudust. Just seesuguste ainetega tuleks mullapinnast siis peajasjalikult väetada. Rauda ja magneesiumi tarvitab taim nii vähe, et sellest kunagi puudust ei tule. Kaltsiumi ja räni sisaldavad meie mullapinnased harilikult nii rohkesti,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

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

Seda asjaolu on katsed tõendanud. Ja just lämmastiku-ühendite poolest jääb pinnas sagedasti vaeseks. Kui maatükk on olnud aasta vilja all, siis peame teda teiseks aastaks lämmastiku-ühenditega 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.

On aga olemas üks perekond taimi, nimelt liblikõielised (*Papilionaceae* — siia hulka kuuluvad ristikhein, uba, hernes j. t.), kes ei tee pinnast lämmastiku-ühendite poolest vaesemaks, vaid koguni rikastavad seda. See asjaolu on tegelikel põllupidajail ammu teada, ilma et seda nähtust oleks osatud seletada. Alles hiljemal ajal jõuti selles selgu-

sele. Nimelt leiti liblikõieliste juurtelt isesuguseid mugulakesi (60. joon.), milleles elutsevad bakterid. Nende bakterite teenus ongi pinnase rikastamine lämmastikuühenditega. Nimelt seovad nad vaba õhusleiduvat lämmastikku hapnikuga, tekitades niiviisi mullas uusi lämmastikhappe ühendeid. Selle keemilise protsessi puhul vabanevat energiat tarvitavad bakterid oma elamise jõuallikana, ja see toiming täidab nende juures hingamise aset. Sel teel tekkinud lämmastikhappe



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

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

Sääraseid lämmastikuühendeid loovaid ehk n. n. nitri-fitseerivaid baktereid on ka vabalt mulla sees elutsemas. Nad toimetavad seal vahet pidamata oma kasulikku tööd. Looduses sünnib alaline lämmastiku ringimine. Elusad olevused — loomad ja taimed — surevad ning nende keha-

des leiduvad hapnikurikkad lämmastikuühendid lagunevad vähehaaval hapnikuvaesemaiks ühendeiks ning viimati ammoniaagiks (NH_3) ehk koguni vabaks lämmastikuks. NH_3 satub kas otseselt või vihmavee kaudu maa sisse, kus nitrifitseerivad bakterid muudavad ta uuesti lämmastikhappe ühendeiks (NO_3). Neid omandab taim juurtega ja töötab ümber oma keha koosseisu aineiks, mida loomad omakord toiduks tarvitavad.

Mitte kõik taimed ei tarvita ühel viisil mullas leiduvaid aineid. Nagu nägime, saavad liblikõielised tarvismineva lämmastiku nende juurtel elutsevailt baktereid. Mõni taim, näiteks nisu, tarvitab suuremal määral vosvorit, kartul — kaaliumi, ristikhein — kaltsiumi jne. Sellest on selge, et kui me ühel ja samal maatükil kasvatame üht ja sama taime mitu aastat järgemööda, siis tarvitatakse ühed mullas leiduvad ained täiesti ära, ja neist tuleb puudus, kuna teised jäävad tarvitamata, ja väetamisel koguneb neid isegi juurde. Me teame aga, et kui taimel on puudus ühest ainsastki tarvilikust aimest, 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.

Suani

V. Lehe ehitus ja tegevus.

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

Uurides hoolega tingimusi, milledes kasvab suurem osa meie rohelistest kuivamaa 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. Järjekult, 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, millede hulgas on ka süsihappu gaasi. See pole aga muud kui süsiniku ja hapniku keemiline ühend (CO_2). Õhu koosseisu uurimised on näidanud, et süsihappu gaasi on õhus keskmiselt 0,03%. See hulk pole sugugi nii väike, nagu näib esimesel silmapilgul. Õhk, mis asub ühe-ruutkilomeetrilise maapinna-osa kohal, kaalub umbes 10 miljonit tonni¹⁾. Selles on süsihappu gaasi 0,03% ehk 3000 tonni. Süsihappu gaasi üldine hulk kogu maakera ümbrisevas õhkkonnas on

¹⁾ 1 tonn = 1000 kilogrammi.

järjelikult õige suur, sest maakera kogupind on umbes 500 miljonit ruutkilomeetrit. Taimede jaoks on see tagavara võrdlemisi veel suurem, sest taimestik ei kata kaugeltki kõike maakera pinda, ja taimede tarvitada on ka kõik need süsihappu gaasi tagavarad, mis asuvad ookeanide ja kõrbede kohal. Tuuled segavad õhku alatasa ja ühtlustavad teda süsihappu gaasi sisalduse poolest.

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

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

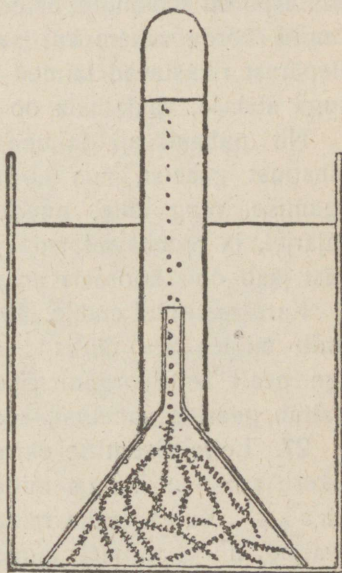
Peale Ingenhousz'i on ette võetud nende nähtuste selgitamiseks palju uurimisi, mis kõik on tõendanud Priestley ja Ingenhousz'i oletusi, ja nüüd võime täiesti tõestatuks pidada, et taimed omandavad tarviliku süsiniku õhust süsihapu gaasi näol.

Seda võib näidata mitme lihtsa katsega. Kõige mõnusaamad selleks on mitmesugused veetaimed, näiteks vesikatk (*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 süsihaput gaasi läbi. See lahustub osalt vees ja taim võib teda sealt tarvitada. Ehk valame lihtsalt vee hulka pisut seltersi või soodavett, sest ka need sisaldavad rohkesti süsihaput gaasi. Kui nüüd seame anuma valguse kätte (kõige parem päikesevalguse kätte), siis näeme, et 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 mitmesuguseid 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 süsihaput gaasi läbi, ning katame viimati vee sees olevad taimeosad laia klaaslehtiga nii kinni, et taime okstel katkilõigatud otsad oleksid pöördud 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 piiru sisse. Piirg lööb kohe lõkkele, tähendab, katseklaasis on hapnikku.

Sääraste katsete põhjal on jõutud otsusele, et taim oma roheliste osadega neelab õhust süsihaput gaasi, lahutab selle süsinikuks ja hapnikuks, hapniku eraldab välja, süsiniku aga tarvitab mitmesuguste ainete ehitamiseks, milledest koostub ta keha. Selleks ühendab ta süsihappu gaasi veega ja teiste ainetega, mis juba taimekehas leiduvad ja mis saadud juurte kaudu. Veetaimed ei erita hapnikku mitte vette, vaid rakuvahelistesse ruumidesse ja käikudesse. Seepärast võimegi vesikatku varte katkilõikamisel näha, kuidas lõigu kohast varre õõnsusest (= rakkude 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 süsihaput gaasi ega erita hapnikku. Siis tuleb ilmsiks vastu-
pidine nähtus, — see on hingamine, mis seisab hapniku neela-
mises ja süsihapu gaasi eritamises. Taim hingab muidugi
alati, nii öösi kui päeval, kuid päevane hingamine on varjatud
silmapaistvama hapniku-eritamisega ja tuleb sellepärast nähta-
vale ainult öösi (mitteroheliste taimede juures ka päeval).
Uurimused on näidanud, et öösi eraldatud süsihapu gaasi hulk
on mitu korda vähem kui sama gaasi päeval neelatud hulk.
Sellepärast rikastavad taimed loomulikes tingimuses õhku hap-
nikuga alatasa, vaatamata öö ja päeva vahetusele.

Nii puhastavad taimed vahet pidamata õhku liigsest
süsihapust gaasist, mis korjub sinna inimeste ja loomade
hingamise ning süte, puude ja teiste kütteenainete põlemise
tagajärjel, ja rikastavad teda uute hapniku hulkadega. Selle-
pärast jääb õhu koosseis enam-vähem ühtlaseks.

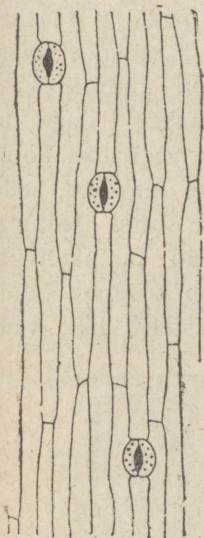
Katsume nüüd endile lähemalt selgeks teha, kuidas nimelt
sünnib taimes see tähtis gaaside vahetus. Selleks tutvume
kõige pealt selle organi sisemise ehitusega, mille abil taim
toimetab gaaside vahetust, see on lehega.

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

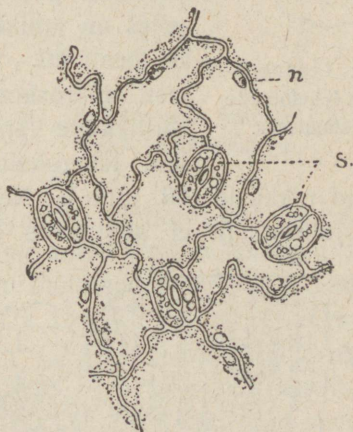
Marrasknaha rakud võivad olla oma kuju poolest mitme-
sugused. Mõnel taimel on nad pikad, väljavenitunud, nagu
näiteks sibulal või hüatsindil (62. joon.). Mõnel teisel taimel
on nad kõverate äärjoontega (63. joon.). Igal puhul on rakud
üksteisega tihedas ühenduses ja moodustavad nii kindla kaitse-

kihi. See kiht on värvitu 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 lõhkiõigatud 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



62. joon. Hüatsindi marrasknahk.



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

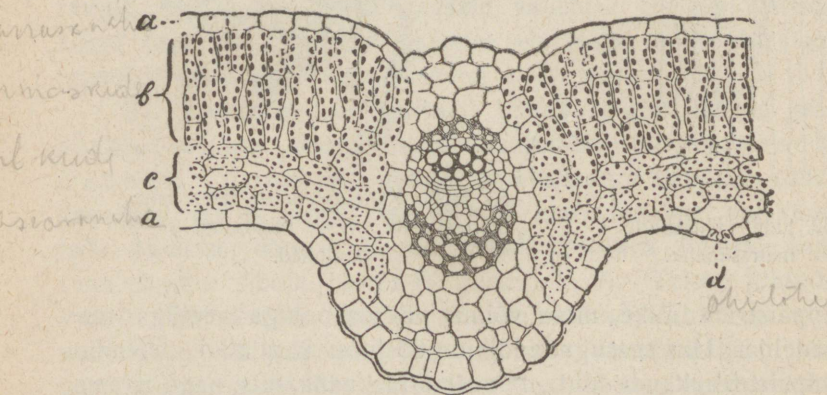
läbipaistvaid lõike, mida võime mikroskoobiga veetilga sees vaadelda. Üks seesugune lõik on 65. joon. kujutatud. Ülemine läbipaistev rakkude kiht „*a*“ on marrasknahk, mis, nagu näeme, katab lehte ka altpoolt. Plasma asub neis rakkudes õhukese, seinte vastu surutud kihina, kogu sisemus on aga täidetud 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 iseäraste rasv- ja vaha-ainetega.

Seesuguste ainete kiht katab sagedasti kogu lehepinna ja moodustab n. n. kutiikula (*cuticula*). Sellest ei pääse vesi läbi, ka ei niisuta teda vesi, vaid veereb tilkadena lehelt maha. Nii on marrasknahk sügavamal asuvaile rakkudele heaks kaitseks, kuid oma läbi-
paistvuse tõttu ei varja ta neid siiski päikesevalguse eest.



64. joon. Leedripuusa tükk lehelõikude valmistamiseks.

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. Ürides marrasknahka hool-
sasti mikroskoobiga, leiame siin-seal selle harilikkude värvita rakkude vahel isesuguseid leherohelisega täidetud ja paariviisi asetatud rakkusid (66. joon.). Need rakud on kõverad, poolkuukujulised, ja ei asu mitte tihedasti üksteise ligi, vaid

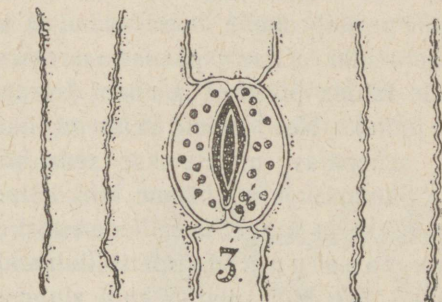


65. joon. Lehe põik-läbilõige: a — marrasknahk; b — sammakude; c — tohkude; d — õhulõhe. Keskel läbilõigatud lehesoon.

jätavad endi vahele kitsa pilu, mis viib lehe sisemusse. Kogu seda sisseseadet nimetatakse õhulõheks ja pilu moodustavaid rakke — sulgrakkudeks (sulgumal). 67. joonisel

näeme õhulõhe ristlõiku. Me näeme, et pilu viib väikesesse koopasse A, n. n. hingamisruumi, mis asub lehe sisemiste roheliste rakkude vahel.

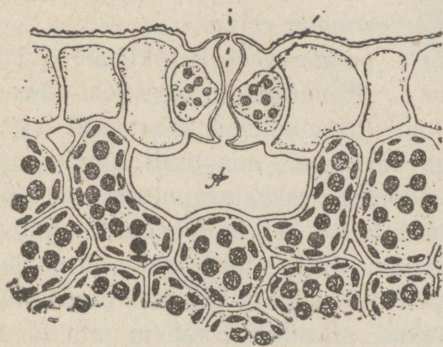
Nii on olemas välise õhu ja lehe sisemuse vahel otsene ühendus, mis võimaldab gaaside vaba vahetust. Õhulõhed asuvad peaaesjalikult lehe alumisel pinnal, sest siin on nad paremini kaitstud vihmavee ja tolmu eest. Veepinnal ujuvaid taimedel on



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

lugu teisiti, sest kui leht asub alumise pinnaga vastu vett, siis võib gaaside vahetus toimuda muidugi ainult ülemise lehepinna kaudu. Veealustel taimedel puuduvad õhulõhed üldse. Iga lõhe üksikult on väga väike,

kuid selle eest on nende arv lehepinnaal väga suur. Näiteks, suurel päevalille lehel arvatakse neid olevat umbes 13 miljonit, keskmise suurusega kapsalehel 11 miljonit, vähemail puulehtedel igatahes mitmed sajad tuhanded. Hari-



67. joon. Õhulõhe ristlõikes.

likult asub lehepinna igal ruutmillimeetril 200 kuni 400 õhulõhet.

Nii on tihe marrasknahk läbistatud mitmest sajast tuhandest peenest augukesest, millede kaudu lehe sisemus on ühenduses välise õhuga.

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

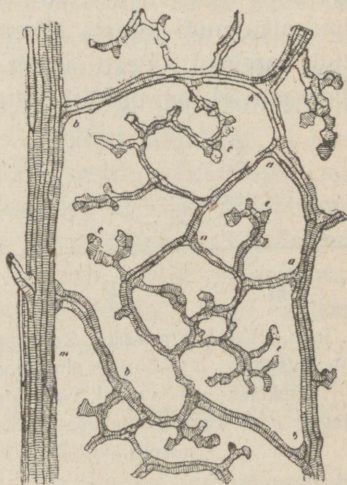
Sammaskoe all näeme kihi hõredalt asuvaid rakke — *c*, ümmarikke ja nurgelisi, millede vahel on suuremad ja vähemad raku-vaheruumid (intertsellulaarid), mis enamasti täidetud õhuga. See kude ulatub kuni alumise marrasknahani ja kannab lehe tohlokoe ehk tohlparenhüümi nime. Raku-vaheruumid on ühenduses 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 süsihaput gaasi vabalt tarvilikul määral ja et nad võiksid ka hapnikku vabalt eraldada. Nagu nägime, on lehel selleks väga otstarbekohane ehitus.

Lehtedes võime tähele panna veel iseliiki moodustisi, — need on lehe sooned. Nendega on kogu leht keeruka võrgu taoliselt läbi põimitud. Lehe sooned koosnevad mitmesuguse kuju ja suurusega rakkudest, mis osalt elusad, osalt puitunud ja surnud. 65. joonise keskpaigas näeme läbilõikes üht seesugust soont. Soone kohal kerkib lehepind tunduvalt kõrgemale ja seda kõrgendikku näeme juba lehe välisel vaatlemisel. Soont ümbritseb pisut teistsuguse-kujuliste parenhüüm-rakkude kogu. Need rakud sisaldavad vähem leherohelist ja rohkesti vett. Seda soont-ümbritsevat rakkude kogu nimetatakse soone parenhüümtupeks. Soone ise koostub puuosast ja niinosast, samuti nagu seda nägime juure kesksilindris. Puuosa moodustavad pikad puitunud torud, mis on varre kaudu ühendatud juure puuosaga ja mida mööda vesi, mis juur maa seest saanud, jõuab lehtedesse.

Niinosa kaudu aga voolavad lehes valmistatud ained igale poole taime laiali. Soont katab pealt ja alt veel iseärase rakkude kogu, millel paksud puitunud seinad ja millele ülesandeks on anda soontele ja ühtlasi kogu lehele tarvilikku tuge. Need rakud moodustavad n. n. mehaanilise koe. Mida suurem lehe laba, seda paksem ja tugevam on mehaaniline kude ja seda enam paistavad sooned väljastpoolt silma. Võrdleme näiteks niisuguse suure lehe soonestikku, nagu takja või kapsa oma, väikese pärna- või kaselehe soonestikuga.

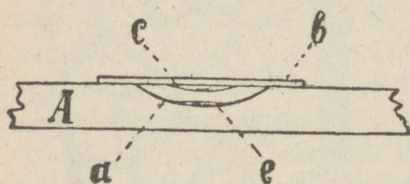
Eelmisi kirjeldusi kokku võttes näeme, et lehe sooned asuvad parenhüümtupes ning koostuvad puuosast ja niinosast, mida väljastpoolt katab mehaaniline kude. Puuosa torukeste kaudu tungivad lehte vesi ja mineraalained, mis juur maa seest saanud. Niinosa kaudu aga voolavad lehest välja ained, mis leht süsinikust ja puuosa kaudu saadud aineist valmistatud. 68. joonis näitab, kuidas lehesoonestik jaguneb rohkearvulisteks harudeks, mis tungivad igale poole parenhüümrakkude vahele. Peened lõppharud sisaldavad muidugi õige vähe mahlakandvaid torukesti, kuid ühinedes tekitavad nad ikka tusedamaid ja tusedamaid juhtkimpe, mis ulatuvad viimati leherootsu ja sealt edasi tüvesse. Nii on lehed ja juured tüve kaudu üksteisega alalises ühenduses. ✕



68. joon. Lehesoonestiku harunemine lehelabas.

28. Süsihaju gaasi sarnastamine. Süsivesikud. Et otsekohe näha, mis sünnib elusas rakus süsihaju gaasi neelamisel ja hapniku eritamisel, võtame kõige parem mõne niit-

vetika, sest need elavad veetilgas väga hästi edasi, ja neid saab vaadelda mikroskoobiga täiesti loomulikus olekus. Mõne suurema taime lehest väljalõigatud rakud surevad aga peagi ära. Kõige kohasemaks sarnaseks vaatlemisobjektiks on tuntud vetikas spirogüür, mis koostub rakkude reast. Nende rakkude iseärasuseks on see, et kloroplast ei ole neis mitte ümmara tera kujuline, vaid pika spiraalselt asetatud lindina. Spirogüüri iga rakk elab täiesti iseseisvat elu, sellepärast võime pika niidi lõigata lühemaiks tükkideks, ilma et üksikud rakud sureksid. Peab ainult selle järele valvama, et veetilk, milles asuvad spirogüüri rakud, mitte ära ei auraks. Selleks



69. joon. Väike niiske kamber:
A — alusklaas; *a* — õõnsus alusklaasis;
b — kateklaas; *c* — veetilk vaadeldava
 asjaga; *e* — veetilk niiskuse alalhoid-
 miseks.

tarvitatakse alusklaase iseärase sisselihvitud õõnsusega (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 õõnsuse kohta. Kui määrime veel kateklaasi ääred vaseliiniga kinni, siis saame nõndanimitatud väikese niiske kambri, milles veetilk tükil ajal ei kuiva. Nii võime mitme päeva jooksul spirogüüri ja tema eluavaldusi vaadelda.

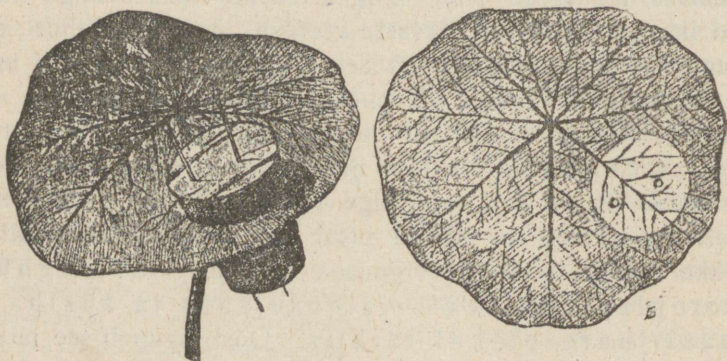
Kui alusklaase sisselihvitud õõnsustega pole saada, siis võib väikese niiske kambri ka lihtsamalt valmistada. Selleks lõikame papist neljakandilise tükikese, mis oleks pisut kitsam kui alusklaasi laius, ja teeme selle keskpaika samakujulise, kuid pisut vähema avause kui kateklaas. Niisutame seda papist raami veega ja seades alusklaasile, katame eelmisel kombel kateklaasiga, mille küljes ripub veetilk vaadeldava asjaga. Kui papist raam hoida vahet pidamata niiske, siis ei kuiva ka kateklaasi küljes rippuv veetilk ära.

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

Teiste taimede vaatlemised on annud samasuguseid resultaate. Kõigis rohelistes taimedes tekib valguse käes tärklis või koosseisu poolest tärklise sarnane aine. Seda võib näha meie kuivamaa taimedes ka ilma mikroskoobita, kui joodilahust abiks võtta. Lõikame mõne taime küljest ühe valguse käes seisnud lehe ja leotame teda palavas piirituses. Siis lahustub klorofüll piirituses, ja leht muutub värvituks. Kastame ta selle järel joodilahusesse. Leht muutub kohe siniseks, tähendab, ta sisaldab tärklist. Kui tärklist iseäranis 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 helesinisemaks kui õhtul peale päikesepaistelist päeva lõigatud lehed, sest öö jooksul on osa tärklisest ära voolanud taime

muisse 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.

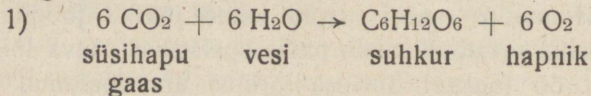
Peab aga tähendama, et mitte kõigi taimede lehtedes

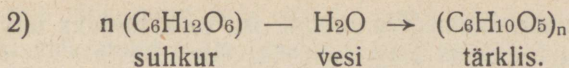


70. joon. Katse kressi lehega, mis tõendab tärklise tekkimist lehe valgustatud osades.

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 süsihapust gaasist keerukaid orgaanilisi ühendeid — süsivesikuid. Süsivesikud on orgaanilised ained, mis näilikult koosnevad süsihapust gaasist ja veest. Süsivesikute või söehüdraatide moodustumise keemilist käiku võime üldjoontes kujundada järgmiste vormelite abil:





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

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

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

Tagavara-ainete panipaikadeks või säilituskohtadeks on sagedasti ka juured. Juurtes asuvad tagavarad enamasti suhkru näol. Pääle selle esinevad siin ka tärglis ja valk-ained. Suhkru näol asuvad tagavara-ained näiteks suhkrupeedi

juurtes, kust me saamegi suurema osa oma toiduks tarvitata-
vast suhkrust.

Ka seemneis ja viljades asuvad tagavara-ained on rohe-
listes lehtedes valmistatud ja sealt õitesse ja hiljemini vilja-
desse juhitud.

29. Rasv- ja valk-ained. Eespool nägime, kuidas leht
neelab süsihaput gaasi ja valmistab sellest leherohelise ja
valguse abil süsivesikuid. Me teame aga, et taimkeha ei
koostu ainuüksi süsivesikutest, vaid sealt leiame veel mitme-
suguseid teisigi aineid. Näiteks kuulub raku tähtsam elulisem
osa — plasma — valk-ainete hulka, seemnete toitkoest leid-
sime peale süsivesikute ja valk-ainete veel õlisid ja rasv-aineid.
Kus ja kuidas on need tekkinud? Rasvad ja õlid lähevad
süsivesikuist oma koosseisu poolest vähe lahku. Nii ühe kui
teise aineligi elementideks on süsinik, vesinik, hapnik, —
vahe on ainult rasv-ainete võrdlemisi vähemas hapnikusisal-
duses. Sellepärast on õlide ja rasv-ainete tekkimine meile
enam-vähem arusaadav. Selleks on vaja ainult süsivesikutest
keemiliselt eraldada osa hapnikku. Keerukam on aga lugu
valk-ainetega, sest need sisaldavad peale eespool nimetatud
elementide veel lämmastikku, väävlit ja sagedasti ka vosvorit.
Kõiki neid aineid saab taim maa seest juurte kaudu, ja val-
mistabki valk-aineid arvatavasti sel teel, et ühendab neid
aineid lehtede poolt kogutud süsivesikutega. Seda näib tõen-
davat ka asjaolu, et kõigis taime osades peale lehtede võib
leida lämmastikusooli, näiteks salpeetrit. Lehtedes aga puu-
duvad need täiesti, ja see viib meid mõttele, et just lehed
ongi selleks töökojaks, kus süsivesikute ja lämmastiku ning
väävlit ühenditest tekivad valk-ained. Kui taim on pimedas
ning järjekult süsihapu gaasi sarnastamine seismas, siis hak-
kab salpeetrit korjuma ka lehtedesse, sest puuduvad tarvilikud
süsivesikud. Valguse käes aga kaob salpeeter uuesti, ühine-
des süsivesikutega valk-aineiks.

Valk-ainete tekkimise keemiline külg on alles tume ja
selgitamata, ning seda ei saa me veel kujutada keemiliste

vormelite abil, nagu seda tegime süsivesikutega. Arvatavasti ei teki valk-ained mitte otsekohe, vaid mitmesuguste vahepealsete lihtsamate ühenduste kaudu.

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

Leherohelist võib kergesti lehtedest eraldada, leotades lehti piirituses. Leheroheline lahustub hästi piirituses ja tuleb seetõttu kloroplastidest välja ning me saame ilusa tumerohelise vedeliku. Säärane värv 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 esialgselt ühtlast värvainet kaheks isevärviliseks aineks. Kuid tõeliselt sisaldab meie katses üleskerkinud bensiin 3 värvainet, mida pole enam nii hõlpus üksteisest eraldada. Need on: 1) *a* — klorofüll — sinakasroheline, 2) *b* — klorofüll — kollakasroheline ja 3) karotiin — oranžpunane. Viimast leidub puhtal kujul porgandis ja teda võib sealt kergesti bensiiniga ekstraheerida. All piirituses on lahustunud neljas värvaine — lehekollane ehk ksantofüll (*xanthophyllum*). Nii leidub kloroplastides pea alati 4 isesugust värvainet (pigmenti). Et aga nende pigmen-

tide vahetõid 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, see on sarnastada süsihaput gaasi, ja et see sarnastamine toimub ainult valguses — päikesekiirte mõjul. Mispärast on see nõnda? Mis tähtsus on valgusel — päikesekiirte sarnastamisprotsessis? Ja mis ülesanne rohelistes värvikehades — kloroplastides — peituvail pigmentidel?

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

Kui teeme selle katse pimedas toas nii, et laseme läbi peenikese augu või pilu ühe kitsa valgusekiire langeda klaasprismale, siis saame seinale ilusa, selgevärvilise, laia spektri. Asetame nüüd prisma taha õhukese paralleelsete seintega klaasnõu, milles on hästi tugev roheline leherohelise pigmentide lahus, mille saame, kui rohelised taimelhed puhtas portselanuhmris puruks hõõrume, piiritust sinna peale valame, siis natuke aega segame ja roheline piirituslahuse läbi filterpaberi kurname. Nüüd näeme, et seinal puuduvad päikese spektril mõned värvitoonid, nimelt — osa punaseid, oranž, kollane, sinised ja violett ja nende asemel on mustad vöödid. Järel on vaid osa punaseid ja peajasjalikult rohelised toonid. See katse näitab, et leherohelise lahus — järjekult ka leheroheline — neelab ära teatavad valgusekiired ja laseb läbi peajasjalikult rohelised valgusekiired ning osa punaseid. Seepärast paistavadki taimelhed rohelistena või veidi punakatena. Nii siis on klorofüllpigmentide tähtsus selles, et nad valgusekiiri neelavad, kinni hoiavad. Mis tähtsus on aga valgusel? On ju teada, et valgus on üks energia vorm, et ta võib muutuda soojuseks, keemiliseks energiaks jne. Jõu või energia abil võib teha teatud tööd. Rohelistes taimelhetes püüavad

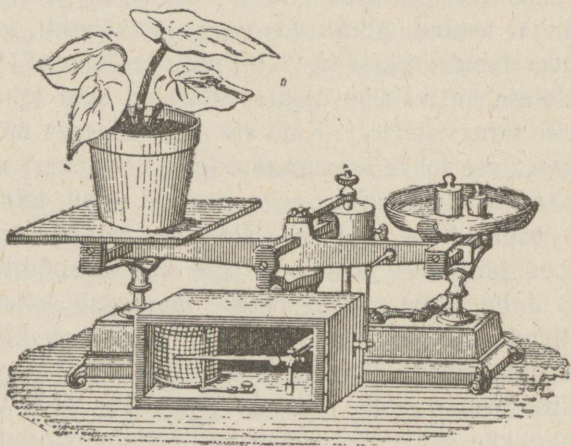
kloroplastides peituvad värvipigmentid päikesevalgust, muudavad selle keemiliseks energiaks ja selle energia abil toimuvadki taimerakkudes mitmesugused keemilised protsessid, esimeses joones aga süsihapu gaasi sarnastamine ja orgaaniliste ainete — peamiselt suhkru ja tärklise valmistamine. Selles protsessis on kõige tähtsamad just punased valgusekiired ja nende mõjul toimub süsihapu gaasi sarnastamine kõige kiiremini.

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

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

Sellesama üle võib otsusele jõuda ka teisel teel. Kui leotada harilikku valget kuivatuspaberit koobaltkloriidi (CoCl_2) lahuses, ja ta selle järel ära kuivatame, siis muutub paber helesiniseks. Niiske õhu käes seistes omandab ta aga vähehaaval roosa värvi, 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 aurab vesi ära ja sool muutub siniseks. Samuti läheb koobaltkloriidi lahuses leotatud paber siniseks, kui teda soojuses kuivatame. Värskest-lõigatud lehele laotame tüki sedaviisi valmistatud sinist paberit ja katame ta siis veel kuiva klaasplaadiga, et kaitsta paberit ümbritseva õhu niiskuse eest. Juba kahe, kolme minuti järel muutub paber lehe alumisel pinnal roosaks, ainult soonte kohale jäävad veel sinikad vöödid.

Vee auramisel on taime elus suur tähtsus, ja see toimub õige suurel määral. Ära-auranud vee hulka võib kindlaks määrata mitmel viisil ja mitmesuguste abinõudega. Kõige täpsam määramine seisab selles, et taim kasvatatakse potis, seatakse kaaludele ja vaadatakse siis, kui palju jääb taim vee auramise tõttu kergemaks (71. joon.). Vee auramine sünnib muidugi ka mulla pinnalt ja läbi poti. Et seda ära hoida, tarvitatakse katse jaoks klaasist või vaabatud savist potte ja kaetakse mulla pind mõne aurukindla, näiteks plekk-kaanega.



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

Ehk mähitakse pott ja vaba mullapind lihtsalt tinapaberisse, vahariidesse, asetatakse õhukindlasse plekkpurki, mis erisuguse kaanega, mille august taime osad läbi ulatuvad jne.

Seesugused mõõtmised näitavad, et auranud vee hulk on õige suur. Näiteks, pott päevalillega muutus ööpäeva jooksul üle poole kilogrammi kergemaks. Suured puud lai-lise lehestikuga auravad vett veel rohkemal määral. Nii-sugu-seid mõõtmisi võib toimetada vahet pidamata pikema aja kes-tusel. Selleks kaalutakse iga päev juurdelisatud ja auranud

vee hulk ära ning tagajärjed kirjutatakse üles. Sel teel on saadud õige täpsad andmed selle kohta, kui palju taim vett tarvitab. Arvud olid üllatavalt suured. Nii näiteks leiti, et üheaastased rohttaimed auravad oma lühikese eluea jooksul vett mitusada korda rohkem, kui nad ise kaaluvad. Laiendades neid üksiku taime kohta saadud andmeid terve põllu pinna peale, leiame näiteks, et tiinumaa kaera, nisu või rukist aurab suve jooksul enam kui 1¹/₂ miljonit kilogrammi vett. Tiinumaa suurune kapsa-aed aurab aasta jooksul isegi kuni 5 miljonit kilogrammi vett. (Arvutage, mitu vaati vett tuleks vedada iga päev põllule, kui vihma ei sajak ja kui peaksime põldu alati ise kastma!) Arusaadav, et taim kasvab hästi ainult niisugusel maapinnal, kust seda äraauratavat vett tarvilikul määral saada. Et enama osa maakohtade jaoks keskmine aastane sademete hulk teada, siis võime umbes juba ette arvata, kas on see koht ilma kunstliku niisutamiseta kasvatatavale taimele kohane või mitte.

Nii selgub, et taim ühelt poolt imeb alatasa vett pinnasest, otsides seda hoolega peente juurekarvakeste abil kõige vähemate mullaosakeste vahelt, teiselt poolt aga laseb ta vahet pidamata seda suure vaevaga saadud vett ära aurata. Selle kokkuhoidlikkuse ja otstarbekohase sisseseade juures, nagu seda üldse taime ehituse juures märkame, näib säärane pillav veega ümberkäimine meile esimesel silmapilgul imelik ja arusaamatu olevat. Kuid hoolsam vaatlemine näitab meile peagi selle asjaolu õige tähtsuse. Kõige pealt paneme tähele, et vesi, mida juur võtab maa seest, sisaldab eneses õige vähe toitvaid sooli. Et näiteks saada ühe grammi neid sooli, peab laskma mitu tuhat grammi vett ära aurata. Nüüd on selge, et vee äraauramisega ja soolade rakkudesse jätmisega vabastab taim aseme uutele vee hulkadele, milledest ta eraldab samal viisil tarvilikud soolad, vee aga laseb jälle ära aurata. Nii saab taim ainult alalise vee auramise kaudu maa seest toitvaid sooli sel määral, nagu tal kasvamiseks tarvis.

Vee auramisel on aga taime jaoks ka veel teine tähtsus. Palaval päikesepaistel tõuseks lehtede temperatuur liiga kõr-

geks, ja see võiks elusatele rakkudele ja plasmale isegi karde-
tavaks saada. Nagu teada, omandavad kindlad kehad otsesel
päikesepaistel palju kõrgema temperatuuri, kui on ümbritseval
õhul, — liiv ja kivid kuumuvad päikesepaistel kuni 60°. Tai-
mede temperatuuri otsesed mõõtmised on aga näidanud, et
neis ei toimu säärast temperatuuri tõusu. Surudes taime lehte
huulte vastu tunneme jahedust. Üldse tunduvad värsked lehed
alati jahedad. Põhjuseks on see, et alaline vee auramine
jahutab auramispinda. Uurimised on muu seas näidanud, et
taimed, mis auravad vett vähesel määral, soenevad päikese
käes palju enam kui taimed, mis vett rohkesti auravad.

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

Me leiame aga taimi kasvamas väga mitmesugustes tin-
gimustes vee suhtes. Ühelt poolt sisaldavad meie põhjamaa
metsad vett ja niiskust enam kui vaja, teiselt poolt aga tun-
nevad kuivad rohtlaaned veest sagedasti puudust, ja viimaks
on kõrved peaaegu täiesti ilma veeta. Ja siiski, ka neis eba-
kohaseis tingimuses leiame mõnesuguseid taimi. Niisugune
taimede kasvamine väga muutlikus niiskuses on võimalik selle
tõttu, et taimedel on väga mitmesugused sisseseaded, millede
abil nad võivad vee auramist vähendada äärmuseni, ehk tarbe-
korral seda jälle suurendada. See vee auramise korraldamine
sünnib õhulõhede sulgumise ja avamise kaudu. Õhulõhe
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 auramise tõttu ära
närtsida. Niiskes ja veeaurust rikkas õhus on õhulõhed
lahti, seega vee auramise võimalused suuremad, kui kuivas
õhus. Lehelõhede avamine ja sulgumine mitmesuguses õhu-

niiskuses, päikesepaistel, palavuse käes jne. on väga keerukas füsioloogiline nähtus ja osalt veel lõplikult seletamata. Selles avamis- ja sulgumisprotsessis on aga alati tegevad osmootsed tegurid suhkur ja vesi. Kui õhulõhed on avatud, siis sisaldavad sulgrakud alati suhkrut, sulutult aga tärklist.

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

Üldse, kuivamaa-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 auramispinda. Tüved on vähe harunenud, taimed seetõttu madalad, maapinna ligidal, kus tuuled nõrgemad ja veeauramine vähem. Tihe karvkate või väikesed nahkjad lehed täiendavad veel säärase taime välimust. Mõnedel taimedel on küll väga lopsakad ja paksud lehed, kuid nende marrasknahk on kaetud väga paksu kutiikulaga ja vahakihiga.

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

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

32. Roheliste taimede tähtsus looduses. Peale seda, kui oleme lähemalt tutvunud rohelise lehe ehitusega ja tegevusega, võime selgema kujutuse saada sellest tähtsusest, mis on rohelistel taimedel looduses. Tärkav idu on oma eluaval- dusilt mitmeti looma sarnane, — ta hingab nagu loomadki, ja toidab end samal viisil, see on, orgaanilisist aineist. Samuti elavad ka kõik täiskasvanud taime osad, nii värvita kui ka rohelisted. Kõik nad hingavad nagu loomad ja tarvitavad toi- duks orgaanilisi aineid. Kuid niipea kui idu muutub roheliseks ja täiskasvanud taim saab valgust, tuleb avalikuks nende uus ja omapärane toimetus, mis puudub loomadel ja mis rohe- liste taimede tähtsam iseärasus. Mullast saadud veest ja mine- raalooladest ning õhust ammutatud süsihapust gaasist, mis kõik on anorgaanilised ained, valmistab roheline taim oma lehtedes valgusekiirte abil uusi orgaanilisi ühendeid. Looma- del seda omadust pole ja nad peavad sellepärast toituma neist orgaanilisist aineist, mis taimed valmistanud. Taimtoitlased loomad tarvitavad neid otsekohe, kiskjad aga taimtoitlaste loo- made kaudu. See käib muidugi ka inimeste kohta: kõik meie toit on otsesel või kaudsel teel taimeriigist saadud.

Nii on siis roheline leht see imeline töökoda, kus anor- gaanilisist, elutuist aineist valmistatakse mitte üksnes uusi orgaanilisi ühendeid, vaid koguni elusat ollust, millest koostub taimkeha. Nagu keemilistes laboratooriumides tarvitatakse uute ühendite loomiseks põleva gaasi või muu kütteaine soo- just, nii tarvitab roheline leht, ehk õigemini leherohelist sisal- dav kloroplast, päikese valgust.

Nende väikeste laboratooriumide tööviljakus on õige suur, sest neid on kogu maakera pinnal arvutu hulk ja nad töötavad

vahet pidamata. Me teame, kui suured hulgad, sajad ja tuhanded miljonid puudad kogutakse igal aastal põldudelt orgaanilist ainet — tärklis, munavalget jne. ainult teravilja näol. Seda kogu tuleb suurendada mitu korda, kui arvame juurde veel heina ja õled, mida inimesed igal aastal lõikavad. Tuletame meelde seda määratud hulka orgaanilist ainet, millest koostuvad meie metsapuud. Arvame siia juurde veel orgaaniliste ainete lademed maakera kooses — kivisüsi, põlevkivi, turvas jne. Ja kõik see lõpmata orgaanilise aine hulk on väikeste mikroskoobiliste leherohelise-terakeste, kloroplastide töö!

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

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

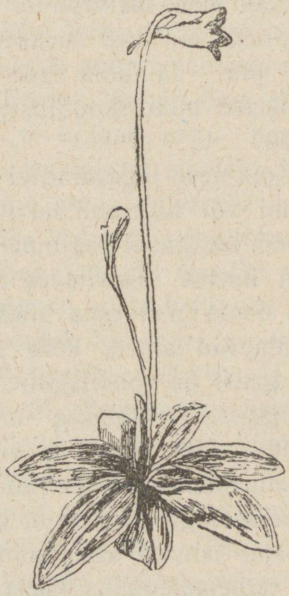
Sellepärast on inimesele väga tähtis hästi tundma õppida taime elulisi tarvidusi, et saada sellelt väikeselt maalalt, mis tal tarvitada kultuurmaana, põlluna, võimalikult rohket orgaaniliste ainete saaki.

33. Putukasõõjad taimed, parasiidid ja mädarikud.

Taim toidab end mineraalainetest, milledest ta valmistab orgaanilisi ühendeid, mida loomad omakord toiduks tarvitavad. On aga taimi, kes oma toitumisviisi poolest erinevad sellest üldisest tüübist. Nimelt tarvitavad nad toiduks teiste taimede valmistatud või looma kehast pärit olevaid orgaanilisi aineid. Vaatleme kõige pealt



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



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

nõndanimetatud putukasõõjaid taimi. Juba nimetus näitab meile, et siin on tegemist taimedega, kes ka loomi toiduks tarvitavad.

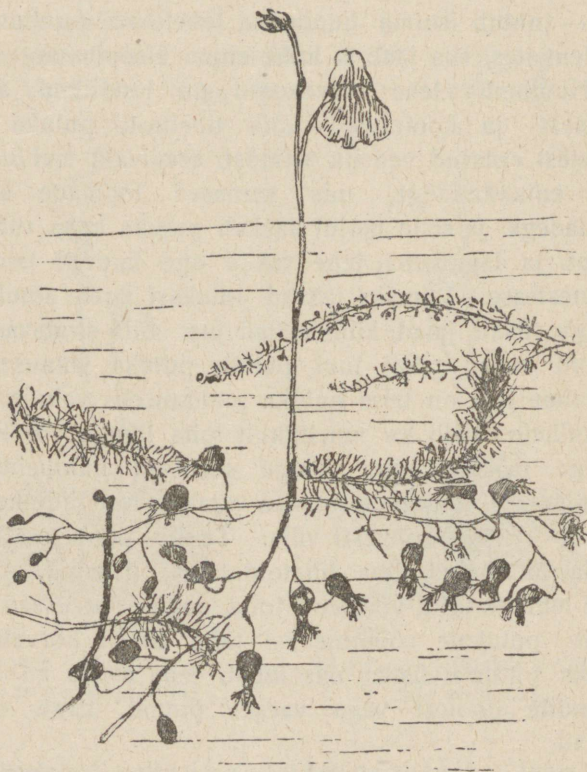
Meie kodumaa taimestiku hulka kuulub putukasõõjaist taimedest kõige pealt ümmaralehine huilhein (*Drosera rotundifolia*), mis kasvab harilikult turbarabades (72. joon.). See on väike rohttaim, maapinna ligi asuva punakate lehtede rosetiga ja väikeste valgete õitega pika rao otsas. Putukate

püüdmise riistaks on tal lehed. Need on üleni kaetud pikkade karvadega, millede otsas asuvad karvakestest eraldatud iseärase kleepiva vedeliku tilgad. See vedelik on selge ja läbipaistev, sellepärast näib huulheina leht eemalt vaadates nagu kaetud rohkearvuliste kastetilkadega. Kui mõni putukas — sääsk, kärbes — juhtub istuma huulheina lehele või puudutab seda mööda lennates, siis jääb ta kohe sinna kleepivasse vedelikku kinni. Huulheina lehe karvakesed on tundlikud, ärrituvad puutumisest ja koolduvad kõik tihedasti putuka ümber. Karvakestest eritatud vedelik sisaldab seedivaid mahlu mitmesuguste entsüümidega, mis sarnased loomade seedivate maomahladega, ja selle mõjul hakkab putuka keha vähehaaval lahustuma ja lagunema, lehe rakud aga imevad lahustunud aineid enestesse. Viimaks jäävad putukast järele ainult kõvad osad, nagu tiivad, jalad, kitiinkestad jne. Siis sirutavad karvakesed end 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 katsutud 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 lämmas-tiku-ühendite poolest väga vaesel pinnal, nagu seda on turbarabad.

Niisceil, soistel luhtadel leiame veel teise putukasööja taime — hariliku võipätaka (*Pinguicula vulgaris*) (73. joon.). See taim tuletab oma kujult üldiselt huulheina meelde, ainult lehed on tal pikergusemad, helerohelised ja mitte karvadega kaetud, vaid siledad. Lehe pind on aga selle asemel kaetud paksu kleepiva vedelikuga, mis määratud ka putukate püüdmiseks. Kui mõni putukas satub võipätaka lehele, siis jääb ta sinna kinni, ja lehe servad hakkavad end

vähehaaval keske poole kokku rullima ning ümbritsevad viimaks putuka täiesti. Vedelikus sisalduvad seedivad mahlad lahustavad putuka pehmed osad ära, ja taim tarvitab saadud orgaanilised ained omale toiduks. Ka võipätakas võib teiste



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

taimede eeskujul end toita süsihapust gaasist ja maa seest võetavaist mineraalsooladest.

Isesugune sisseseade putukate püüdmiseks on meie magedais vetes kasvaval vesihernel (*Utricularia vulgaris*) (74. joon.). Selle taime veevaluste oksakeste ja harude küljes leiame ise-

äraseid, lehtedest moodustunud põisi, millel lahtises otsas karvakestest ümbritsetud avaus. Selle avause kaudu võivad mitmesugused väikesed veeloomakesed pääseda põie sisse, välja nad aga nii kergesti ei pääse, sest põie suu ees on õhuke elastiline kaas, mis avaneb ainult sissepoole. Põie sisemised rakud eritavad seedivaid mahlu, mis looma ära lahustavad ja missugused ained taim omale toiduks tarvitab.

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



75. joon. Ameerika kärbse püüdja (*Dionaea muscipula*.)

Põiekujulise putukate püüdmisriista leiame veel troopikamaal kasvaval kannpõõsal (*Nepenthes*) (76. joon.). Siin on pika leherootsu labapoolne osa muutunud õõnsaks kannuks, mis avausega pöördud ülespoole. Lehelaba ise täidab selle kannu kaane aset. Et see kaas kannul mitte tihedasti ei asu, siis on kann harilikult vihmaveega pooleni täidetud. Sinna satuvad putukad, upuvad ära ja taim tarvitab neid toiduks¹⁾.

1) Putukasööjaist taimist pikemalt vaata A. Audova „Lihaseööjad taimed“, Tartus, 1919.

Nagu nendest kirjeldustest näha, tarvitavad putukasööjad taimed harilikkude mineraalainete kõrval ka lihatoitu. Seda muretsevad nad endile ise mitmesuguste püüniste abil. Taimede hulgas leiame aga ka niisuguseid, kes toidavad endid

orgaanilisest aineist, kuid ei muretse neid endile iseseisvalt, vaid omandavad neid lihtsalt mõne teise taime või looma kehast. Selleks kinnitavad nad endid teise taime või looma külge, või tungivad koguni nende sisse, ja imevad sealt otsekohe toitvaid mahlu. Seesuguseid taimi nimetatakse parasiitideks, ja neid on iseäranis rohkesti madalamate taimede hulgas, nagu bakterid, seened jne. On ju laialt tuntud mitmesugused mikroskoopilised seened, bakterid, kes tungivad inimeste ja loomade kehasse ja tekitavad seal igasuguseid raskeid haigusi. Kuid ka kõrgemate taimede hulgas on parasiite. Nime-tame kõige pealt võrmi (*Cuscuta europaea*), peenikest kollakasroosat väänkasvu, kes asub sagedasti ristikehinal, linal, kanepil ja teistel taimedel. Võrm ei sisalda lehe-



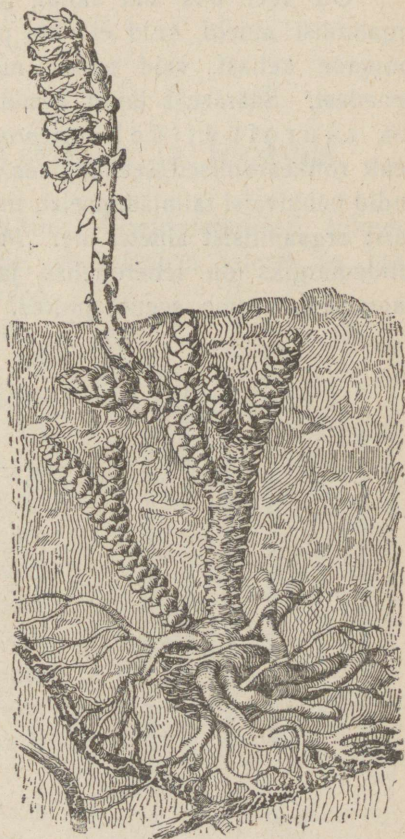
76. joon. Kannpöõsa (*Nepenthes*) leht.

rohelist, sellepärast ei saa ta omale iseseisvalt orgaanilisi aineid toiduks valmistada, vaid tungib iseärase imikutega (*haustoria*) rohelse taime mahlakandvaise kudedesse ning imeb sealt valmisolevaid orgaanilisi aineid.

Puude ja ka rohttaimede juurtel parasiidivad 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 ja ei sisalda klorofüllit. Käopäkk ja soomukas on tüübilised parasiidid, — ei valmista endile ise toitu, vaid imevad seda teiste taimede juurtest.

Peale niisuguste tüübiliste parasiitide on olemas veel poolparasiidid, kes täiesti harilikude roheliste taimede sarnased, omandavad endile iseseisvalt maa seest vett ning toitvaid sooli ja töötavad need lehtedes orgaaniliseks 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*), robihein (*Alectorolophus*), härghein (*Melampyrum*) jne.

Midagi ühist pole parasiitidega nõndanimetatud epifüüt-taimedel, kes iseäranis troopika metsadele iseloomulised. Epifüüdid asuvad küll teistel taimedel, puude tüvedel ja okstel, kuid tarvitavad neid omale ainult toetuskohaks ja



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

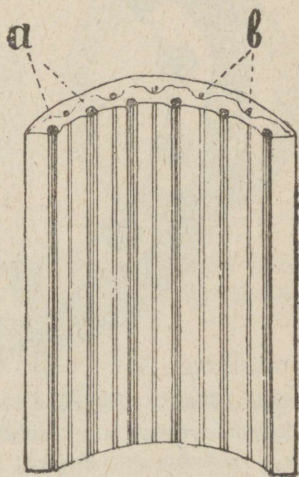
ei tungi teiste taimede kudedesse, et imeda sealt toitvaid mahlu. Meie kodumaal kuuluvad epifüütide hulka rohkearvulised samblikud, kes elutsevad puutüvedel, okstel jne.

On veel üks liik taimi, kes tarvitavad valmisolevaid orgaanilisi aineid, kuid ei võta neid mitte elusate taimede ja loomade kehast, vaid nende mädanenud jäänustest, surnukehadest. Sääraseid taimi nimetatakse m ä d a r i k k u d e k s ehk s a p r o f ü ü t i d e k s (*saprophyta*). Siia kuuluvad kõige pealt rohkearvulised seened, kes elavad metsa all ja toidavad endid pehkivaist taimjäänuseist, mahalangenud lehtedes sisalduvaist orgaanilisist aineist jne. Mädarikkude iseloomulisemaks tundemärgiks on leherohelise ja üldse lehtede puudumine, nagu seda näeme seente juures.

VI. Tüve (varre) ehitus ja tegevus.

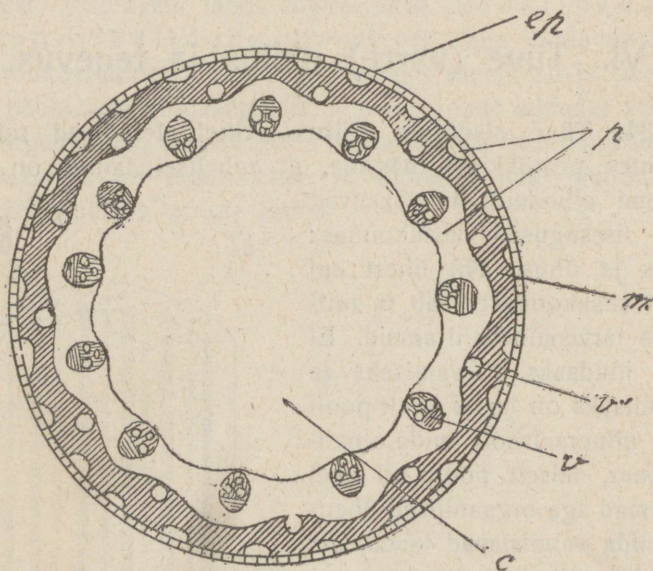
34. Tüve sisemine ehitus. Üheidulehelised taimed. Eelmistes peatükkides nägime, et rohelistel taimel on kaks süsteemi elundeid, mis asuvad kahes isesuguses keskkonnas: mullas ja õhus. Nii ühest kui teisest keskkonnast saab ta toitmiseks tarvisminevaid aineid. Et taime jõudsaks kasvamiseks ja arenemiseks on tarvis ühelt poolt vett ja mineraalsooli, 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 mineraalsooladega juurtest lehtedesse ja orgaanilised ühendid lehtedest juurtesse. Kuid tüve tähtsus ei seisa ainuüksi selles; ta on ühtlasi lehtedele toeks ja tõstab need võimalikult kõrgele valguse ja õhu kätte.



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

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



79. joon. Rukkikõrre läbilõige (skematiseeritud): *ep* — marrasknahk (*epidermis*); *m* — mehaaniline kude; *p* — põhikude (parenhüüm); *v* — sisemise ringi jooned; *v'* — välimise ringi jooned; *c* — õõnsus.

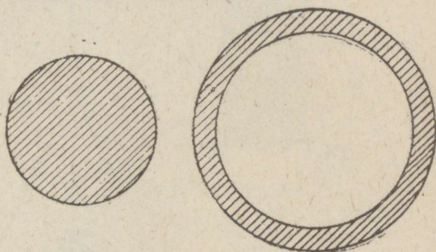
dena peened sooned (78. joon.). Need muutuvad iseäranis silmapaistvaks, kui paneme kõrre otsapidi punase tindis sisse. Tint tõuseb sooni mööda üles ja värvib need punaseks, mille tõttu need hästi erinevad teistest, värvita kudedest. Vaadeldes samal ajal luubiga kõrre läbilõigatud kohta, näeme seal selgesti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

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

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

Katsume nüüd teha terava habemenoaga kõrrest õhukese ringikujulise lõigu, nagu 79. joonisel kujutatud. Kõige hõlpsamini saame sellega toime, kui me asetame kõrre sulatatud steariiniisse või veel parem paraffiiniisse ja laseme selle siis ära hanguda. Nüüd võime kõrt ühes sellega kergesti lõigata.

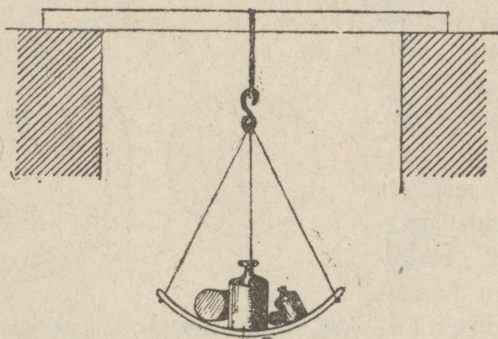
Juba väikesel suuren-
dusel näeme selle
lõigu ehituses järg-
mist: kõrre seina väli-
mine osa on tumeda-
värvilisem, sest ta
koostub kitsaist pak-
sukestalistest rakku-
dest. See on nõnda-
nimetatud mehaa-
niline kude — M,
mis annab kõrrele



80. joon. Ühest ja samast materjali hulgast valmistatud umbse ja õõnsa varda läbilõiked.

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. Parenhüümrakkude vähe-
mad rühmad asuvad heledate laikudena ka mehaanilises koes kõrre välisküljel. Kõrre sisemus on õõnes. Alguses, kui vars hakkab arenema, on ta täidetud pehme parenhüümkoega, mis moodustab varre keskosas säsi. Kuid varre kasvamise ja sirgumise jooksul kuivab ja kõdub säsi ära, ning tekib õõnsus. Siiski ei muutu kõrs selle tagajärjel nõrgemaks. Mehaanikast on teada, et kõige suuremat vastupanekut murdmisele ja koolutamisele avaldavad just välised seinad, mitte

aga keskosa. Kui ühest ja samast materjali hulgast 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 pliiaatsi ümber ja kleebime lahtised servad kinni, nii et pliiaatsilt ära võttes saaksime paberist torukese laia õõnsusega ja õhukeste tihedate seintega. Teise paberitüki mähime samuti peene varda ümber ja saame peene, tiheda, peaaegu umbse rulli. Seame selle nüüd kahe toe



81. joon. Paberist torukese kõvaduse järelekatsumine.

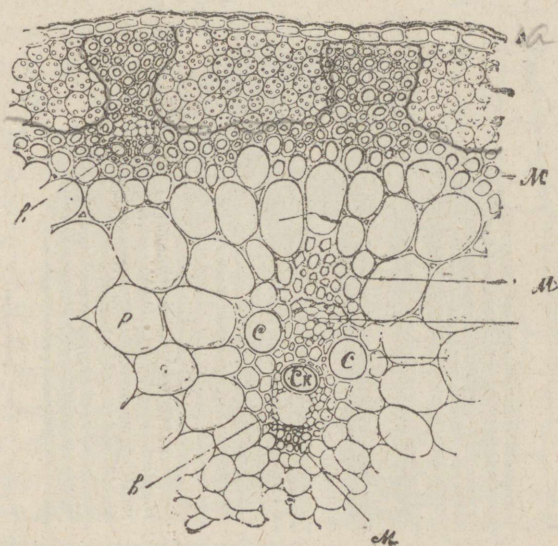
najale, nagu 81. joonisel kujutatud, ja hakkame keskkoha külge kinnitatud nõõri otsa raskusi riputama. Paberist rull vajub kooldu ja murdub viimaks. Selleks on mõnikord enam kui poolekilogrammelist raskust tarvis.

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

See katse teeb meile selgeks, et ühest ja samast aine hulgast valmistatud õõnes varras on tugevam kui umbne.

Järjekult peab materjal, mida taim tarvitab oma varre ehitamiseks, koonduma peajasalikult välimise pinna ligi. Me nägime, et õlekõrs ongi ehitatud selle põhimõtte järele.

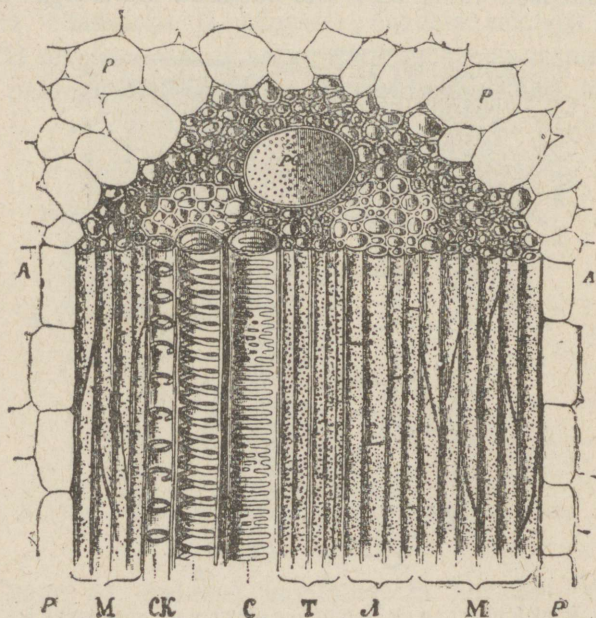
Vaatame nüüd kõrre ristlõiget tugeval suurendusel. 82. joonisel on kujutatud sellest ainult väike osa. Siin paistab meile kohe silma marrasknahk — e, mis koostub ühest ainsast tihedasti räniainega läbi-imbunud kestadega rakkude



82. joon. Rukkikõrre kiudsoone-kimp ristlõikes. M — mehaaniline kude; p — põhikude; C ja Ck — sooned; nende kõrval, väljaspool, sõeltorud.

kihist, mille tõttu teda kaunis raske on habemenoaga lõigata. Marrasknaha all asuvad paiguti otsekohe mehaanilised rakud M, paiguti näeme aga heledamaid parenhüümrakkude kogusid — p. Nagu lõigul näha, on mehaaniliste rakkude kestad paksud, puitunud ja annavad kõrrele selletõttu tarviliku kõvaduse. Neile järgnevad suured sisemise parenhüümi rakud — p, ja nende vahelt paistab selgesti silma läbilõigatud soon.

Selles paneme tähele mitut liiki rakkusid. Kõige pealt pais-tavad meile silma laiad avused — sooned, kitsamas mõttes. Et neid moodustavate üksikute rakkude vaheseinad on kadu-nud, siis esinevad sooned pikkade ühtlaste torudena, mida mööda tõuseb vesi ühes temas lahustunud mineraalainetega. Niisuguseid torutaolisi sooni nimetatakse ka veel traheedeks.



83. joon. Rukkikõrre kiudsoone-kimp pikilõikes: *P* — põhi-kude; *M* — mehaaniline kude; *C* ja *CK* — sooned; *T* — sõeltorud.

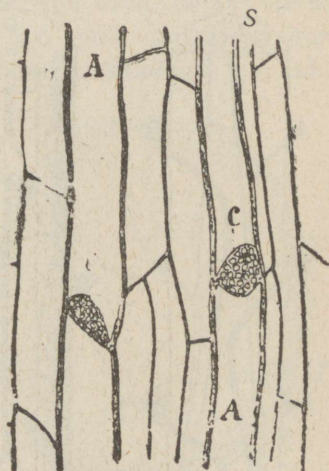
Kui me lõikame sooned pikuti läbi, siis näeme, et mõnel neist — *CK* — on seespool iseärased rõngakujulised paksen-dused (83. joon.). Need rõngad kaitsevad toru seinu kokku-langemise eest kõrvalolevate kudede rõhumisel. Paksenduste kuju tõttu nimetatakse niisuguseid sooni rõngassoonteks. Jämedamal soontepaaril *C* pole seesuguseid sisemisi rõngaid.

Neil on selle eest paksemad seinad, mis üleni läbistatud peenist avaustest — pooridest (83. joon.), millede abil soon seisab naaberrakkudega ühenduses. Et nende soonte 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 nõndanimeetatud puuosa.

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

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

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

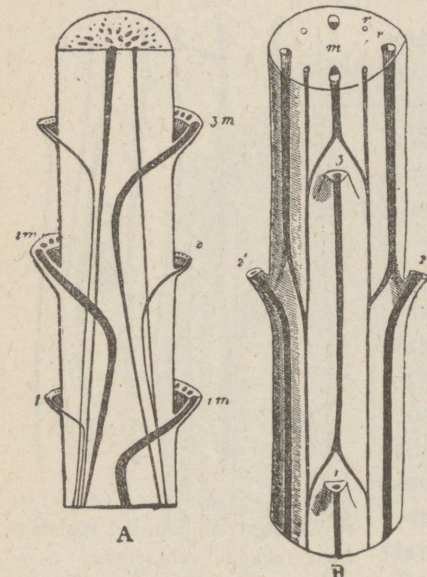


84. joon. Sõeltorud (A): C — augukestest läbipuiritud sõelataolised rakkude vaheseinad; S — saaterakud.

Nii siis koostuvad rukkikõrre sees olevad soonelaadilised moodustised ühelt poolt mahlakandvaist rakkudest — soon- test ja sõeltorudest, teiselt poolt aga kiulaadilistest mehaanilistest rakkudest, mis pakuvad soontele tar- vilikku tuge. Sellepärast nimetatakse tervet seda rakkude kogu kiudsoone-kimbuks. Et neis soonkimpudes aga juhitakse edasi taimkehas liikuvat vett ja orgaanilisi aineid

sisaldavaid mahlu, siis nimetatakse neid ka juhtkimpudeks. Neid leiame, peale mõne eran- di, kõigis kõrgemate tai- mede tüvedes, ja neil on suur tähtsus taime elus.

Rukkikõrre juhtkim- bud, samuti nagu kõikide üheiduleheliste taimede omad, ei kasva ega suu- rene taime eluea jooksul, vaid nende rakkude arv jääb samaks, mis see oli tekkides. See on mui- dugi arusaadav, sest suu- rem osa juhtkimbust on surnud; ülejäänud rakud, ehk küll elusad, pole enam pooldumisvõimeli- sed. Peale selle ümbrit- seb neid surnud mehaaniliste rakkude tupp, mis ei lase neid paljuneda. Sääraseid juhtkimpe nimetatakse kinnis- teks, ja need on just üheiduleheliste taimede iseloomulised.

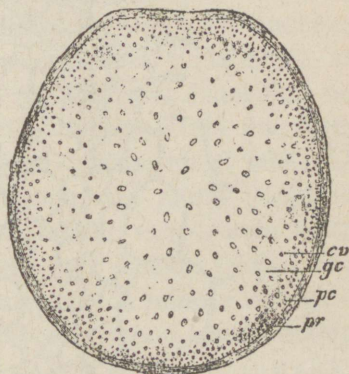


85. joon. Juhtkimpude käik varres: A — üheidulehelisel, B — kaheidulehelisel taimes.

Et juhtkimbud hoiavad ühendust alal kõikide taime osade vahel, siis peab oletama, et nad jooksevad tüvest nii lehtedesse kui juurtesse. Nõnda ongi lugu: kõrre sõlme kohal moodustavad juhtkimbud tiheda põimiku (85. joon.),

millest osa jookseb sesse lehte, mis ümbritseb kõrt vaadel-
davas sõlmekohas. Lehesoonestik on sõlmesoonestiku loomu-
lik jätk. Teiselt poolt jooksevad juhtkimbud tüve mööda alla
juurtesse. Seal ei asu nad mitte välispinna ligi, nagu tüves,
vaid juure keskmises osas, kus nad ühinevad meile juba
tuntud kesksilindriks.

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

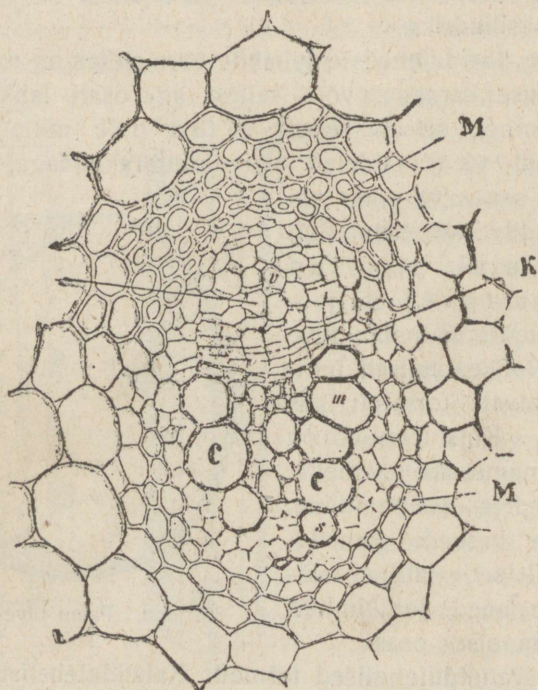


86. joon. Palmi tüve ristlõige.

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

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

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



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

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

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

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

Tüve ristlõikel võib juba luubi abil märgata, et säsisist jooksevad peened rakkude ribad kiirtetaoliselt läbi puuosa ja tungivad teatava määraneni koosse. Need on selle algelise parenhüümkoe jäänused, mis täitis esialgu kõik juhtkimpude vahed. Neid nimetatakse säsiikiirteks. Säsiikiirtel on suur tähtsus. Kuna puu- ja niinosa rakud on sirutatud loodsihis, piki tüve, ning võimaldavad ainete voolu ülalt alla ja vastuoksa, moodustavad säsiikiired tee, mille kaudu võib sündida

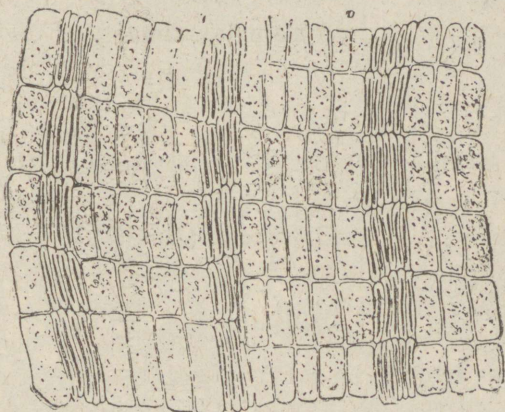
ainete vahetus ristloodi suunas, horisontaalselt koore ja säsi vahel. Ühtlasi ühendavad nad ka juhtkimbu puu- ja niinosi. Säsi kiirte rakud on elusad ja plasmarikkad ning neis võib alati leida tärklisi ja muid orgaanilisi aineid; neisse kogunevad talveks suuremad toiduainete tagavarad, mis lehed suve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

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

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

Arusaadav, et säärasel tüve paisumisel venitatakse välimised koore rakud ikka enam ja enam välja. Viimaks ei kannata nad seda alaliselt kasvavat sisemist rõhumist välja ja katkevad. Seda mööda, kuidas koor katkeb ja lõheneb, muutuvad vanade puude tüved pealt ebatasaseks ja krobeliseks ning hakkab lõhkenud kohtade all tekkima k o r k. Selle ülesandeks on kaitsta tüve väliste mõjude eest, mis kooses tekki-

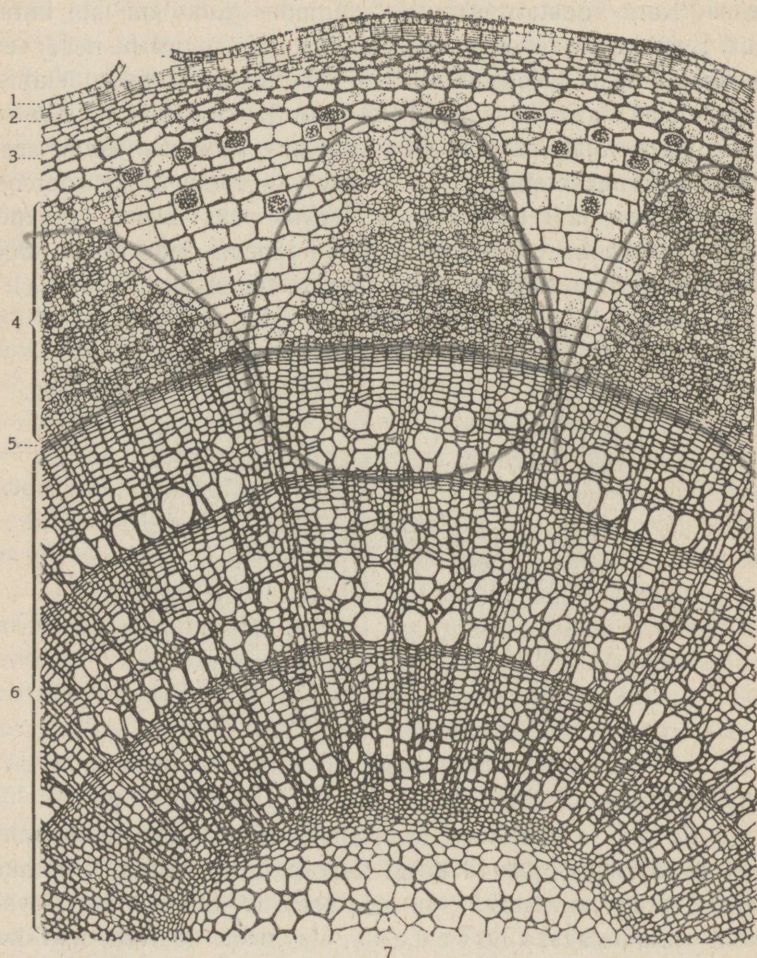
vate pragude ja lõhede läbi taimele kergesti võivad kahju teha. Kork koostub rakkudest, millede kestad on läbi imbutunud iseärase rasvataolise korkainega, mis muudab need vee- ja õhukindlaks. Korgirakud tekivad iseärasest rakkudekihist, n. n. k o r k - k a m b i u m i s t (88. joon.). See kiht tekib otsekohe marrasknaha all või mõnikord ka sügavamal koore sees. Viimasel juhul eraldab tekkiv kork väljaspool oleva kooreosa muust tüvest, ja see sureb ära. Tekib paks surnud rakkude kiht, mis vähehaaval praguneb ja pudeneb. Seda välist pudenevast kihti ühes selle all oleva korgiga nimetatakse k o r b a k s.



88. joon. Korgistunud rakkude kihtidest koostuv kasetoht.

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

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



7

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

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

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

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

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

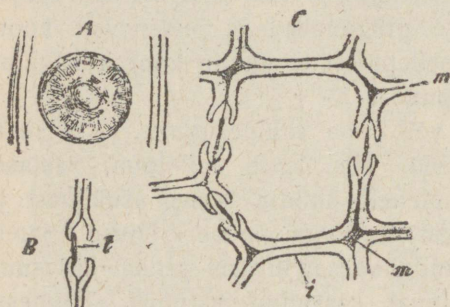
Väga sarnased kaheiduleheliste taimedega on oma tüve ehituse poolest okaspuud. Neil leiame samuti koore, kambiumi, puuosa ja säsi. Puuosa on aga ehitatud enam ühtlase väljanägemisega rakkudest, nõndanimetatud traheiididest. Need on pikliku kujuga ja puitunud kestadega

rakud, mis harilikkude soonte sarnased, kuid pole mitte liitunud ühtlasteks soonteks, vaid seisavad üksteisest täiesti eraldi. Sooned puuduvad siin. Mahlade liikumist traheiidide kaudu võimaldavad rohkearvulised poorid, milledega traheiidide seinad läbistatud. Okaspuudel on need poorid iselaadi ja kannavad koobaspooride nime. 90. joonisel näeme nende ehitust. Rakkude vaheseinas olevat poori ümbritsevad mõlemalt poolt iseärased koopa laadilised 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 puosa ristlõiku.

36. Mahlade liikumine tüves. Uurides tüve ehitust leidisime selles kahe suguseid mahlakandvaid osi: sooned, mis asusid tüve puuosas, ja sõeltorud —

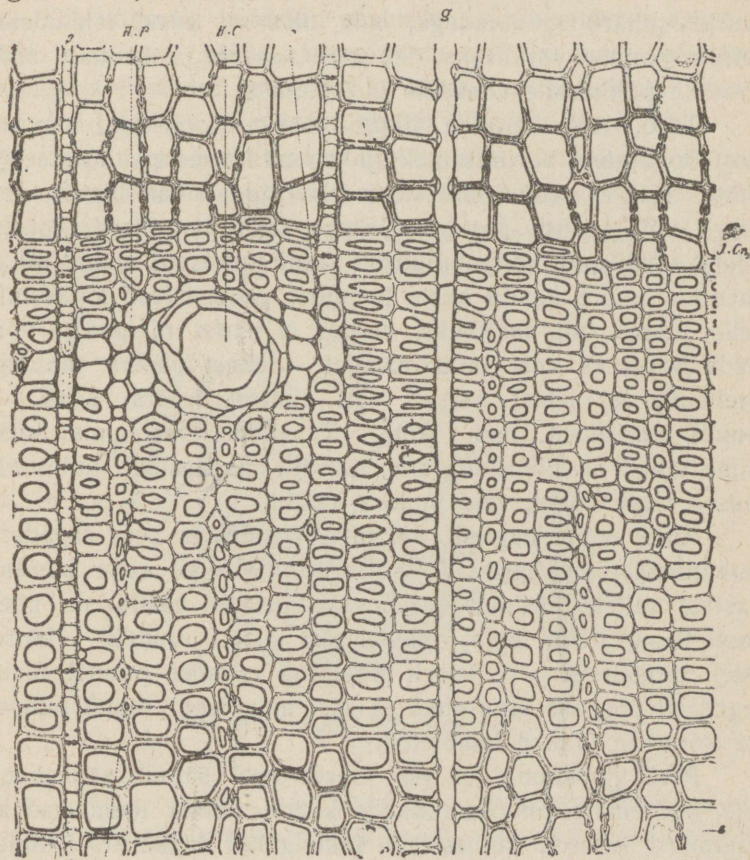


90. joon. Koobaspoor: A — pealt vaadates; B ja C — küljelt vaadates; t — vaheseina keskkile paksendus (torus).

tüve niinosas. Nende kaudu peab sündima taime mahlade liikumine, mis omakord peaks olema kahe sugune: tõusev vool kannab juurtest vett ja mineraalsooli lehtedesse, langev vool toob tüvesse ja juurtesse lehtedes valmistatud orgaanilisi aineid. Vaatleme lähemalt neid teid, millede kaudu sünnivad mahlade voolud, ja ühtlasi tingimusi, milledest see oleneb.

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

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



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

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 ööpäeva jooksul,

ja see kestab nii mitmed nädalat. See mahl sisaldab rohkesti suhkrut, sest vesi, mis juur saadab tüvesse, satub siin kokku suurte suhkru-tagavaradega, mis eelmisel suvel rakkudesse valmis pandud tärglisena, 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. Kõige pealt püüti otsusele jõuda, kas liigub vool koore või puuosa kaudu. Selleks tehti järgmised katsed. Tüvelt võeti koor rõngakujuliselt kuni puuosani maha, nii et ühendus koore kaudu okste ja juurte vahel täiesti katkestati. Selle juures tuli avalikuks, et puu ei närtsi nii pea ja võib jääda värseks veel mitu nädalat. Sellest peame muidugi järeldama, et lehed saavad vett endisel määral edasi, — muidu närtsiksid nad koheselt. Tähendab, vesi, mis hoiab taime rakud tarvilikus turgoris, samuti, mis sisaldab toitesooli, tõuseb mitte koore, vaid puuosa kaudu.

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

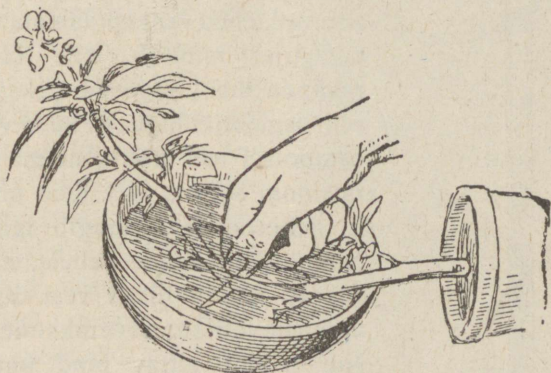
Peab järeldama, et vee tõusev vool sünnib väljaspoolsete, nooremate puuosa rakkude kaudu. Seda tõendavad ka järgmised katsed: kui asetada äralõigatud taimevars alumise otsaga värvitud vedelikku, siis hakkab see vart mööda üles tõusma. Värv tungib isegi lehtedesse ja õitesse, kui need varrel olemas. Tehes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

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

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

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

Missugused on aga jõud, mis vett varres üles tõstavad, puudes isegi 100—150 meetri kõrgusele? Üks neist on meile



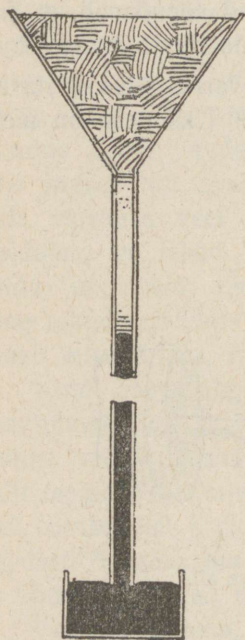
92. joon. Okste lõikamine vee all.

juba tuttav — nimelt juurerõhk. Juurekarvakeste kaudu imeb juur ümbritsevast mullast vahet pidamata vett. See vesi liigub siit osmootsel teel juure koorerakkudesse ja sealt läbilaske-rakkude kaudu kesksilindri soontesse. Et läbilaske-rakud vett alati ainult kesksilindri suunas edasi juhivad, siis tekib selletõttu soontes teatud rõhk ja vesi hakkab suure jõuga ülespoole liikuma, ja väiksemate puude jaoks oleks ainult sellest juurerõhust küllalt, et kogu puud veega varustada.

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

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

Kas valitseb suurte puude tüvedes säärane kõrge rõhk? Ei. Säärast pole kunagi leitud. Seal valitseb tihtipeale isegi



93. joon. Lehtede imevat tegevust selgitav katse.

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

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

Kui tüvi läbi lõigata, siis tungib soontesse väline, suurema rõhu all olev õhk ja takistab neis veevoolu. Sagedasti närtsivad murtud lilled isegi veenõus ruttu ära, sest väline õhk, mis soontesse tungis lillede katkumisel, ei lase veevoolu soontes edasi liikuda. Et seda ei sünniks, tuleks lillevarred vee all enne lillede vaasi asetamist ära lõigata. Katsete tege-

misel — lehtede imemisjõu määramisel — tulevad aga varred nii vee all katki lõigata, nagu 92 joonisel kujutatud. Siis tungiks soontesse õhu asemel vesi, ja vool ei katkestuks.

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

Lehtede imemisjõudu võib näidata järgmise katse abil (joon. 94): Võetakse 0,5—1 m pikkune klaastoru, mõlemasse otsa asetatakse kummitoru, mis ühes otsas niidi või nõõriga kõvasti kinni seotakse. Toru täidetakse keedetud ja rahulikult ärajahutatud veega (võib ka destilleeritud veega). Nüüd suletakse mõlemad kummitorud näpitsatega. Lõigatakse vee all paras puuoks (pappel, paju, haab) ja asetatakse see vee all kinniseotud kummitorusse, keeratakse oks alla, toru üles, avatakse näpits ja seotakse toru oksa ümbert kõvasti kinni. Nüüd avatakse ka ülemine näpits ja täidetakse, kui tarvis, toru ääreni veega. Tõmmatakse kummitoru tihedalt klaastoru avausest üle ja asetatakse nüüd elavahõbedaga täidetud nõusse ning võetakse ettevaatlikult kummitoru klaastoru otsast ära. (Kogu aja on tarvis silmas pidada, et klaastorru ei jääks ühtki õhumulli!)



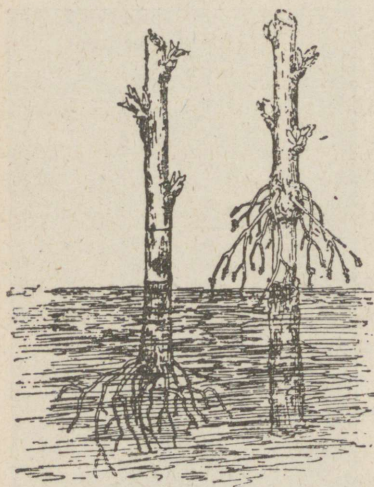
94. joon. Lehtede imemisjõud.

Kinnitatakse oks klaastoruga statiivi külge ja kui tarvis, kuivatatakse lehed filterpaberiga. 10—15 minuti järel on

näha, kuidas elavhõbe klaastorus tõusma hakkab. Tõusmine võib kesta 1—2 tundi. Elavhõbeda-samba kõrguse järele võime arvutada lehtede imemisjõudu. On korda läinud näidata, et see imemisjõud on taimedel peentes torudes palju suurem 1 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 auramise tagajärjel.

Teisteks jõududeks on veel soonte kapillaarjõud ja elusate rakkude aktiivne tegevus.



95. joon. Pajuksa võsumine pealpool kooritud kohta.

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

Kui me võtame koorerõngad üksikuilt vähemalt okstelt, siis tuleb avalikuks, et seesugused oksad kasvavad mõnikord veel paremini kui teised, sest kõik lehtedes valmistatud materjal ei liigu edasi, vaid jääb nende okste tarvitada. Kui säärane oks kannab vilja, siis on see sagedasti suurem ja rikkalikum kui teistel okstel.

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

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

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

VII. Sigimine.

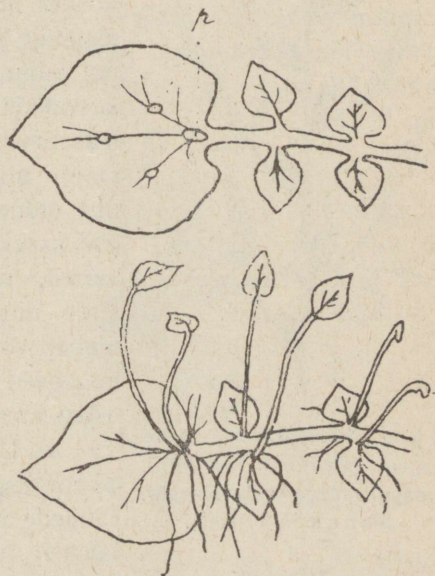
37. Sigimisest üldse. Eelmistes peatükkides tutvusime sellega, kuidas taim areneb seemnest ja omandab lõpliku täiskasvanud kuju, kuidas ta end toidab, kuidas ta hingab ja, üldse, kuidas sünnib temas keeruline ainevahetus; kuidas ta vastab mitmesuguseile väliseile ärritustele. Kui taim on seesuguse arenemiskäigu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

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

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

tatud kõige tarvilikuga iseseisva elu jaoks. Sattudes kohaseisse tingimusesse, hakkavad need taimeosad või sigikehad arenema ning muutuvad viimaks täiskasvanud ja omakord sigimisvõimelisiks taimedeks. Need eraldatud osad võivad olla väga mitmesuguste taime elundite küljest pärit. Mitmeil samblaliikidel eralduvad taimkeha küljest iseärased rakkude-

kogud, n. n. pesakehakesed, mis kantakse veevooluga või tuulega emataimest eemale ja tekitavad uusi taime eksemplare. Kõrgemal taimedel näeme sagedasti lehe kaenlas või lehtede peal iseäraseid 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



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

taimedel on n. n. sibulpungad (97. joon.) või veel talvituspungad, nagu kilbukal (*Hydrocharis*), vesikarikal (*Stratiotes*) jne.

Mitmed taimed, nagu kartul, kanakoole ja teised, sigivad maa-aluste mugulate abil, sibulal ja teistel sellelaadistel taimedel on sigimiseks sibulad. Maasikas ja hanijalg aja-

vad maad mööda roomavaid võsundeid, millel on ladva-
pungad; nad eralduvad viimaks, omandavad juured ja muutu-
vad iseseisvaiks taimedeks (98. joon.).



97. joon. Sibulaid kandev ham-
masjuur (*Dentaria bulbifera*),
sibulapungadega br. Loom. suur.
Schenck'i järele.

Sagedasti eraldab ka inimene
taime küljest osi, et neist kunstlikul
teel uusi taimi kasvatada. Äralõi-
gatud pajuoks omandab vees või
niiskes mullas juured, ja maa sisse
pistetult kasvab tast uus paju. Tun-
tud taimel begoonial on omadus
kasvatada lehtedest uusi taimi. Sel-
leks tarvitseb äralõigatud leht panna
ainult niiskele liivale ja lehe soo-
ned mõnest kohast läbi lõigata, —
siis kasvavad lõikekohast juured ja
varred, ning varssi sirgub neist
terve uus taim. Paljudel veetai-
medel võivad lainetest katkikistud
kehaosad normaalseteks taimedeks
edasi areneda.

b) Üherakulised idud.
Seesuguseid idurakke võib leida
taimede juures, alates kõige mada-
lamaist ja lõpetades kõrgeimate

õistaimedega. Muidugi on nad oma kuju ja iseärasuse poolest
väga mitmesugused.



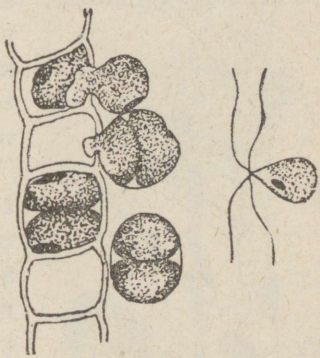
98. joon. Maasika sigimine roomavate võsundite abil.

Lihtpäraseil niitvetikail, näiteks ödogooniumil (*Oedogonium*), tõmbub ühe raku plasmaline sisu tomбуks kokku ja lahkeb kestast selles tekkinud avause kaudu. Säärane plasmatomбуke, mida nimetatakse zoosporiks, ujub vabalt vee sees vibukate abil, milledega ta varustatud, vajub viimaks põhja, ümbritseb enese kestaga, hakkab poolduma ning muutub viimaks uuesti niitvetikaks. Ulootriksil (*Uloatrix zonata*) jaguneb raku sisu enne kestast lahkumist mitmeks vähemaks osaks; rakust välja tulles omandavad nad samuti vibukaid ja muutuvad zoosporideks (99. joon.). Nende pärastine saatus on sama, mis ödogooniumi zoosporidel. Zoosporid on vabalt liikuvad sigimisirakud, ja neid leiame ühel või teisel kujul kõikide vetikate juures.

Kuna niitvetikail võis iga rakk zoospoore tekitada, on enam-arenenud pruunidel ja punastel merivetikail selleks iseärased rakud, n. n. zoosporangiumid ehk eospesad. 100. joonis kujutab meile ektokarpuse (*Ectocarpus penicillatus*) oksakest sporangiumidega.

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

Suurem osa seeni elab aga niiskes, mädanevate orgaaniliste jäänuste poolest rikkas mullas ehk muus samalaadilises keskkonnas. Et siin, mullas — zoosporid ei saa enam vabalt vibukatega edasi liikuda, siis kaovad need ära, ja vabalt liikuvad zoosporid muutuvad passiivselt edasikantavaiks eosteks — spoorideks. Eoste edasikandjaks on harilikult õhk — tuul, seepärast tõstetakse eoseidtekitavad moodus-



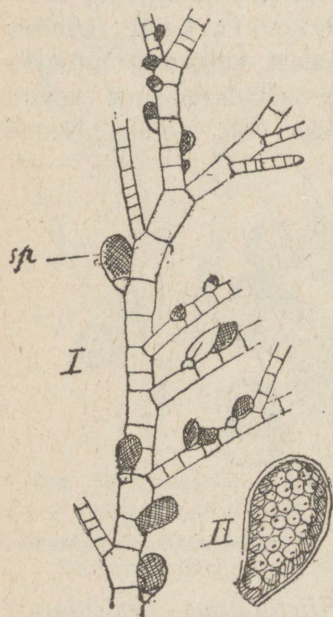
99. joon. Ulootriksi zoospori tekkimine.

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

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

Sammaldel ja sõnajalalistel asuvad eosed isesugustes paljurakulistes mahutites — eospesades ehk sporangiumides. Mõningail veesõnajalalistel (*Salvinia*, *Isoëtes* jne.) tekivad

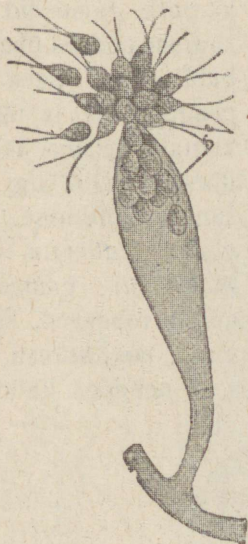
kahesugused eosed: suured — makrospoorid ja väiksemad — mikrospoorid. Samuti on kahesugused eosed ka paljasseemnelistel (*Gymnospermae*) ja õistaimedel. Kuid neist — mikro- ja makrospooridest ei arene enam korrapäraseid suuri taimi, vaid harilikult ainult mõnerakulised isas- ja emas-sugurakke kandvad organid.



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

kahesugused eosed: suured — makrospoorid ja väiksemad — mikrospoorid. Samuti on kahesugused eosed ka paljasseemnelistel (*Gymnospermae*) ja õistaimedel. Kuid neist — mikro- ja makrospooridest ei arene enam korrapäraseid suuri taimi, vaid harilikult ainult mõnerakulised isas- ja emas-sugurakke kandvad organid.

39. Suguline sigimine. Selle sigimisviisi järele 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 niitvetikate, näiteks ulootriksi juures. Ühe raku plasma jaguneb mitmeks tomбуks, nagu see sündis zoosporide tekkimisel, need omandavad endile vibukad (harilikult arvult pool vähem kui zoosporidel), poevad rakukestast välja ja ujuvad vees vabalt ümber. Seal satuvad nad paariviisi kokku,



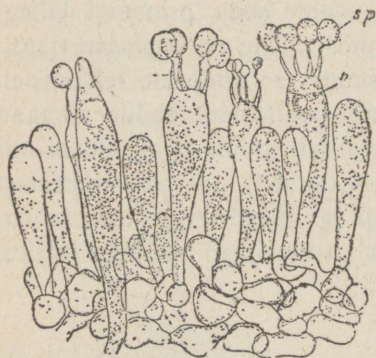
101. joon. *Saprolegnia mixta*. Sporangium saadab kahevibukalisi zoospore s^2 välja. G. Klebs'i järele.



102. joon. Hallitusseene (*Aspergillus herbariorum*) koniide loov hüüf. 540 k. suur. Kny' järele.

heidavad vibukad ära ja sulavad ühte (105. joon.). Seesugused liikuvad sugurakud kannavad üldse gameetide nime, nende ühtesulamist nimetatakse kopulatsiooniks ehk sugutamiseks, ja selle tagajärjel tekkinud raku zügoodiks ehk liit-eoseks. Mahuteid, kus tekivad gameetid, nimetatakse gametangiumideks.

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



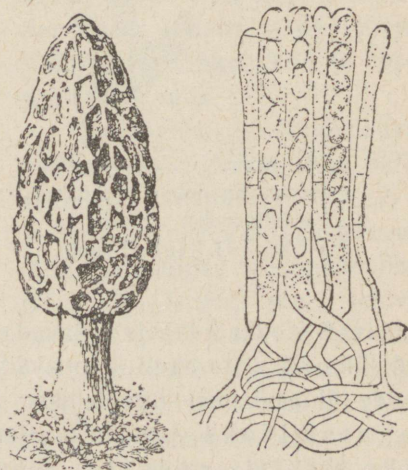
103. joon. Basiidiumid ehk eosjalad.

märkame peagi lahkuminekut ühtesulavate gameetide suuruses ja omadustes. Eespool-nimetatud vetika ektokarpuse gameedid on küll suuruse poolest ühesugused, kuid ühed neist vaovad peagi põhja ja jäävad liikumata seisma, teised aga ujuvad neile ligi ja siis sünnib ühtimine. Pruunvetika kutleeria (*Cutleria multifida*) gameedid on

kohe tekkides isesugused: ühed suured rohelised, kes peagi põhja vajuvad, teised väikesed värvitud, kes kiiresti liiguvad ja otsivad suuremad gameedid üles, et nendega ühtida.

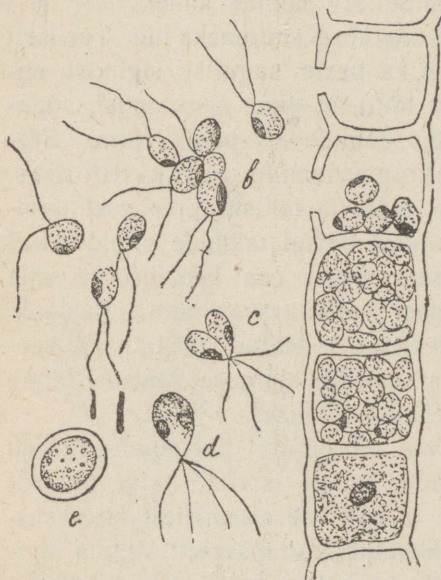
Madalamate seente juures on samuti sugurakud isesuurused. Nii on saprolegniaal liikumatud suured munarakud ja aeglaselt roovavad väikesed seemnerakud.

Iga kord kui meil on tegemist isesuguste gameetidega ehk nõnda-nimetatud heterogaamilise sigimisviisiga, nimetatakse suuremaid gameete emasgameetideks, väiksemaid ja



104. joon. Kottseen — mürkel.

väledamaid aga isasgameetideks. Isasgameedid kannavad ka seemnerakkude ehk spermatotsoidide nime, ja elundid, milleles nad tekivad, nimetatakse anteriidiumideks (*antheridium*) ehk seemnerakkude mahutiteks. Emasgameete nimetatakse aga teisiti munarakkudeks; neid tekitab algrakku — oogoniumiks (*oogonium*), paljurakulist organit aga, kus asub munarakk



105. joon. Ulootriski suguline sigimine.



106. joon. Spirogüüri konjugatsioon.

sammaldel ja sõnajalalistel — arhegoniumiks. 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 nende ühtesulamine sünnib iseärase torukese kaudu, mis kasvab rakkude vahele (106. joon.). Säärast sugulise sigimise viisi nimetatakse konjugatsiooniks ehk liitumiseks ja sellest tekkinud rakku — tsügoodiks.

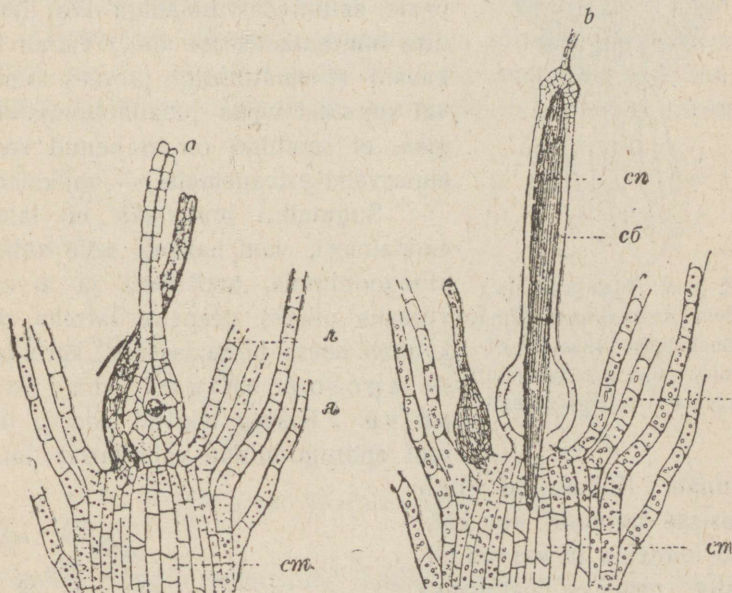
Sündigu suguline sigimine ühel või teisel viisil, ikka näeme selles iseloomulist silmapilku — sugurakkude, gameetid, ühtimist, sugutamist. Selle juures ühtib plasma plasma ja tuum tuumaga. Et kõikide ühte taimeliiki kuuluvate taimerakkude, järjekult ka gameetide tuumades asuvate kromosoomide arv on ühesugune,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

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

Et mitmed taimed sigivad nii sugutul kui sugulisel teel, siis on huvitav tähele panna, millal tarvitab taim üht või teist sigimisviisi. Sagedasti on see sisemistest iseärasustest, ja suguline sigimine vaheldub korrapäraselt suguta sigimisega. Kuid haruldane pole ka nähtus, et taime sigimisviis on välistest, ümbruskonna tingimustest. Iseäranis huvitavaid tagajärgi on annud sellekohased katsed *nuivetikaga* (*Vaucheria*). Häis ja soodsais tingimustes kasvavad nad jõudvasti ja sigivad ainult zoosporide abil. Kui aga tingimused halvenevad, kas langeb soojus või tuleb puudus toitainest, siis hakkavad nad suguliselt sigima, mille tagajärjel tekkinud oosporid on vähem tundlikud halbade tingimuste vastu ja võivad neid ilma suurema kahjuta ära kannatada. Et nuivetika ja teiste sellelaadiliste vetikate elamistingimused muutuvad perioodiselt aasta-aegade järele, — veed külmuvad

talvel ja kuivavad suvel, — siis vahelduvad nende juures sigimisviisid ka enam-vähem perioodsetl.

40. Sammalde ja sõnajalgade sigimine. Põlvede vaheldus. Et tutvuda sammalde sigimisega, jälgime mõne hariliku samblaliigi, näiteks käolina (*Polytrichum commune*) arenemist. Selle nime all me tunneme väikest niiskeil kohtadel kasvavat rohelist taimekest, mille peent sirget vart kata-

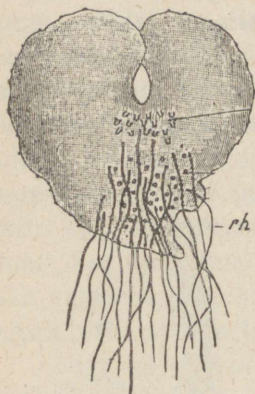


107. joon. Käolina (*Polytrichum commune*) arhegoniumid ja antiidiumid. *a* — arhegoniumiga emastaim; *b* — antiidiumidega isastaim.

vad rohkearvulised väikesed lehekeseid ja millel veel päris juured puuduvad. Juurte aset täidavad käolinal haralised rakuniidid, nõndanimetatud ritsoiidid.

Suve alul ilmuvad käolina ladvale sugurakke sisaldavad organid — ühel taimel antiidiumid ja teisel arhegoniumid. Need on juba keerukad paljurakulised moodustised (107. joon.). Antiidiumis valmivad rohkearvulised

väikesed isased sugurakud — vibukatega varustatud spermatotsoidid, arhegooniumis aga üks ainuke suur liikumatu munarakk. Sugurakkude ühtimine — sugutamine võib sündida ainult vees, sest muidu ei pääse liikuvad spermatotsoidid munaraku ligi. Sugutamine toimub kas arhegooniumi peale sattunud vihmatilga või kevadise lumesulamis-vee abil. Vabalt liikuvaid spermatotsoidide ja vees toimuvat sugutust võiks pidada tunnismärkiks, et samblad on arenenud vees-elutsevaist esivanemaist — vetikaist.



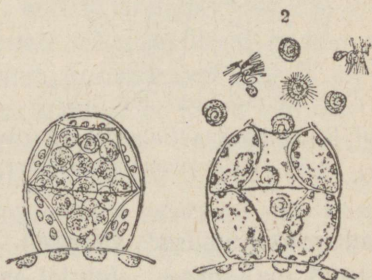
108. joon. Maarja-sõnajala eelleht (*prothallium*). Näha narmakujulised ritsoidid, ritsoidide vahel antiidiumid, kõrgemal — arhegooniumid.

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

Umbes samalaadiline arenemiskäik on ka sõnajalalistel taimedel. Harilikult sõnajala nime all tuntud taime lehtede alumisel küljel tekivad sügise

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

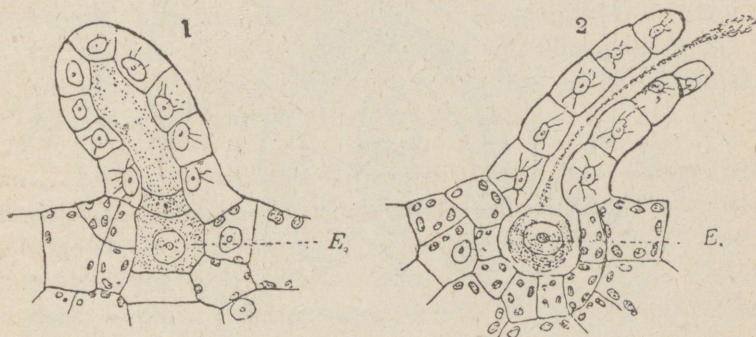
Sugutatud munarakk ei lahku emataimest, vaid hakkab selle küljes, arhegooniumis, poolduma ja areneb viimaks pikaks peeneks varreks, mis kannab enese otsas iseärást karbikest — sporogooniumi ehk eospõlve. Karbis tekivad eosed, mis tuul sporogooniumi valmimisel laiali



109. joon. Sõnajala antiidiumid. Siin valmivad karvakestega varustatud liikuvad spermatotsoidid.

poole pruunid kühmukesed — eospesad — sporangiumid, milledes valmivad eosed. Tuulest laialikantud eosed hakkavad idanema ja arenevad väikesteks südamekujulisteks rohelisteks lehtedeks — sõnajala eellehtedeks (*prothallium*) (108. joon.). Eellehtedel ilmuvad anteriidiumid ja arhegooniumid (109. ja 110. joon.), ning peale munaraku sugutamist, mis ka vee sees peab toimuma, kasvab sellest taim, kellega me algasime arenemiskäigu vaatlemist.

Vaadeldes lähemalt sammalde ja sõnajalgade arenemiskäiku näeme, et selles vahelduvad korrapäraselt suguline ja suguta sigimisviis. Sugulisele sigimisele iseloomuline rakkude

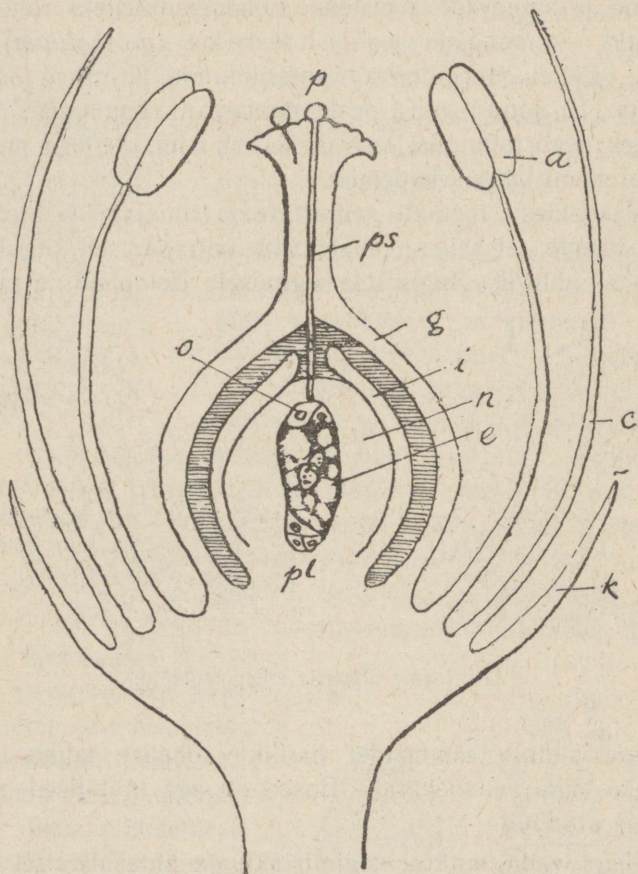


110. joon. Sõnajala arhegooniumid.

ühtimine sünnib sammaldel hariliku rohelse taimeladvas, sõnajalal aga eellehtkesel. Eosed on aga tüübilised suguta sigimise abinõud.

Nagu teada, muutub sigimise rakkude ühtesulamisel nende kromosoomide arv kahekordseks. Et see arv vahet pidamata ei tõuseks, peab rakkude ühtesulamisele järgnema kromosoomide arvu vähenemine poole võrra ehk nõndanimetatud reduktsioon. Sammaldel ja sõnajalgadel sünnib see eoste tekkimisel. Nii võib siis nende taimede arenemiskäiku jagada kahte lahku minevasse järku. Ühes on rakud normaalse kromosoomide arvuga, ja sammaldel kestab see eoste tekkimisest

kuni munaraku ja seemneraku ühtesulamiseni. Tähendab, siia järku kuuluvad eosed, eelniidike ja harilikult sambla nime



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

all tuntud taim ise. Teises järgus on kromosoomide arv kahekordne ja siia kuuluvad: sugutatud munarakk ja sporo-

goonium. Et esimesse järku kuuluvad sugulise sigimise organid — antiidiidiumid ja arhegooniumid, siis nimetatakse seda suguliseks põlveks (*gametophytum*) — x-generatsioon, teist aga suguta põlveks (*sporophytum*) — 2 x-generatsioon.

Samasugune on lugu sõnajalgadega. Siin käivad sugulise põlve hulka esed ja eelleheke, suguta põlve moodustab aga taim ise. Järjelikult vastab samblaks nimetatud rohelisele taimekesele lihtsapärane sõnajala eelleht ja lihtsale sambla sporogooniumile — suur arenenud sõnajala taim roheliste lehtedega, varrega ja juurtega. Suurema osa sambla arenemiskäigust sünnitas 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 sünnib siin taime iseärases selleks määratud osas — õies. Munarakk asub siin suures keeruka ehitusega riistas — emakas (*gynoeceum*) (111. joon.). Emaka tähtsamaks osaks on alumine jämedamaks paisunud sigimik, mis peeneneb ladva pool pikaks peeneks emakakaelaks. Emakakaela ülenise otsa moodustab suude. Sigimikus asuvad üks või mitu seemnepunga (*ovulae*), mis on kaetud ühe või kahe kattega (*integumenta*); katete all asub tuum (*nucellus*) ja selle sees embrüokotis muna-aparaat. Seemnepunga ülemises osas jääb katetesse väike pilu — seemnepilu (*micropyle*). Alumise osaga on seemnepung kinnitatud sigimiku põhja külge ja siit ulatuvad seemnepunga sisse juhtkimbud, millede kaudu ta saab tarvilikku toitu.

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

seisse osadesse. Seal poolduvad nad veel kaks korda, nii et embrüokoti kummaski otsas tekib neli tuuma, milledest kummaltki poolt üks rändab tagasi embrüokoti keskele ja liitub siin teisega ühte, tekitades uue, nõndanimetatud teiseliise embrüokoti tuuma. Kumbagi embrüokoti otsa jääb seega harilikult kolm tuuma, milledest ühte, seemnepilu kohal asuvat, tuleb vaadelda kui munarakku; tema kõrval on kaks korralikku sünergiidi. Munaraku sugutamise sünnib tolmuttera kaudu, mis valmib tolmukas (*androecium*). Tolmukas koostub tolmukaniidist ja tolmukapeast; viimases asuvad tolmukotid; nendes valmivad tolmuterad (= õistolm), mis satuvad siit emaka suudmele. Tolmutera sattumist emaka suudmele nimetatakse tolmumiseks. Tolmumine toimub kas tuule abil (anemogaamia), putukate abil (entomogaamia) või lindude abil (ornitogaamia). Tolmumisel võib sama õie õistolm sattuda emaka suudmele (isetolmumine), või jälle teiselt taimelt (risttolmumine). Tolmutera hakkab emaka suudmel idanema ja ajab enesest pika torukese välja, mis kasvab emakakaela kaudu seemnepunga juurde. Ühtlasi pooldub tolmuttera tuum, üks pool jääb paigale, teine aga liigub torukese otsa sisse. Paigalpäsinud tuum ei võta sugutamisest otsekohe osa, sellepärast nimetatakse teda vegetatiivseks (toitjaks) tuumaks, teist aga generatiivseks (sigimis-) tuumaks. Seemnepunga juurde jõudes tungib toruke seemnepilust või katetest läbi. Samal ajal pooldub temas elav tuum veel kord, üks pool sulab ühte munarakuga, teine aga kõrvalraku tuumaga. Sugutatud munarakk omandab selle järele kesta, hakkab poolduma ja temast areneb idu. Embrüokoti teiselisest tuumast tekib aga seemne toitkude (*endospermum*). Seemnepunga katted moodustavad seemnekesta, sigimiku seinad aga viljakesta.

Õistaimede tolmuttera ja embrüokotti võib võrrelda samalde ja sõnajalgade eostega. Kõik järgnevad arenemisastmed — eelleheke, arhegooniumid ja anteriidiumid ning viimaste vahel toimuv sugulise sigimise protsess sünnivad siin äär-

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

42. Viljad ja nende levimisviisid. Peale sugutamist valmib seemnepungast see me. Seemnepunga katetest (*integumenta*) moodustuvad seemnekestad, kuna sugutatud munarakust areneb idu, teisisest embrüokoti tuumast aga — toitkude (*endospermum*). Seega koostub seeme harilikult idust, toitkoest ja seemnekestadest. Paljudel seemnetel aga puudub iseseisev toitkude, endosperm, nagu oal, hernel, jne. Neil on toitained asetatud idulehtedesse.

Sigimikust ühes seemnepungadega areneb vili. Sigimiku seintest moodustuvad viljakestad. On sigimikus üks ainus seemnepung, siis on ka vili ühes seemneline; on sigimikus mitu seemnepunga, võib neist igaühest areneda seeme; niisugune vili on paljuseemneline.

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

A. Kuivad viljad: 1) Paljuseemnelised:

kukurvili — avaneb viljalehe õmbluskohalt (pojeng);

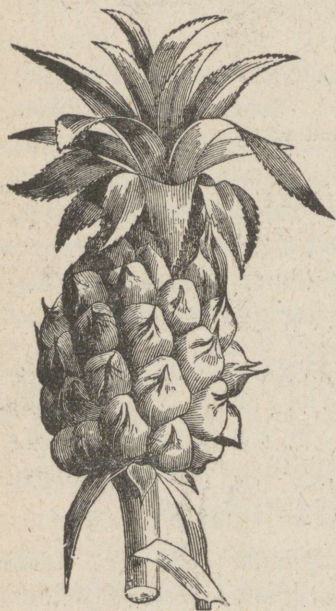
kupar — vili jääb taime külge, lõhkeb mitmeks tükiks (lina);

karpvili — avaneb ühe kaane abil (äiakas) või mitme kaanekese abil (augud viljas) — magun;

K a u n — kaheks pooleks lõhkev vili, ilma vaheseinata (hernes, uba);

K õ d e r — vaheseinaline, haril. kaheks pooleks lõhkev vili (ristõielised);

2) Ü h e s e e m n e l i s e d : p ä h k e l — viljakest kõva, luine; vili asub isesugusel alusel (sarapuu, tamm).



112. joon. Liitvili ananass.

B. Lihakad viljad:

1) p a l j u s e e m n e l i s e d : m a r i — viljakestad kõik mah-lased (karusmari, sõstar, jõhvikas);

2) ü h e s e e m n e l i s e d : l u u v i l i — välimine ja kesk-mine viljakestad lihakad, sees-mine luine, kõva (kirss, ploom).

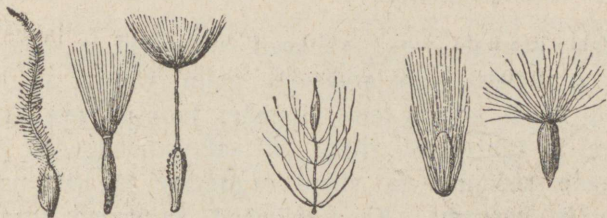
Liitviljaks kutsutakse nii-sugust, kus terve õisik moodus-tab 1 vilja (ananass) (112. joon.).

Ebavili on niisugune, kui vilja moodustamisest võtab osa peale sigimiku ka veel õierao ülemine lai osa (*torus*) — maa-sikas, kibuvits.

Paljasseemnelistel — okaspuu-del on viljad — k ä b i d (mänd,

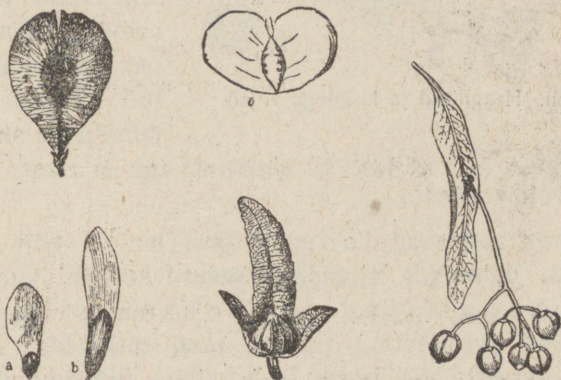
kuusk), kadakal aga k ä b i m a r i. Iga taim hoolitseb selle eest, et järeltulevat sugu oleks võimalikult rohkesti. Nii kannavad puud tihti iga aasta miljoneid vilju ja seemneid, pappel, näit., mõningate arvutuste järele kuni 28 miljonit seemet. Kui kõik need seemned langeksid puu alla maha, siis pääseksid vaevalt mõned üksikud idanema. Arusaadav on seepärast tarve, et seemned satuksid emataimest võimalikult kaugele.

Seemnete edasisaatmiseks ja levitamiseks on viljadel väga mitmesugused abinõud. Ühed taimed viskavad ise oma seemned viljadest kaugele välja viljakestade ise-



113. joon. Karvadega varustatud viljad ja seemned.

suguse kiire kokkutõmbamise abil [lepmalts, kannike, kollane akaatsia (*Caragana*)], teised jälle turgorirõhu abil viljades [pritskurk (*Ecballium*)], kolmandatel visatakse



114. joon. Tiivulised seemned ja viljad.

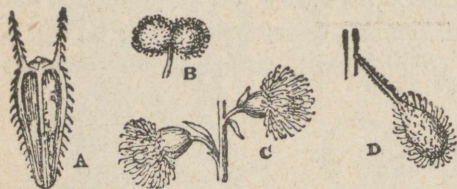
viljadest seemned tuule abil toimuva varre õõtsumise ja vibutamise tagajärjel taimest kaugele eemale (kellukad, moonid).

Tahtsaks viljade ja seemnete levitajaks on tuul. Paljud viljad on tiivulised (kuuse- ja männiseemned,

vahtra, jalaka, pärna ja saare viljad) (113. joon.) ehk karvakestega (paju, papli, õispaju seemned) või isesuguse lendamisaparaadiga varustatud (võilill) (114. joon.) Neid kannab tuul kergesti laiali.

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

kaugusele. Säärast pikka ja kauakestvat reisi võivad nad vaid sellepärast välja kannatada, et nende pähkli paksud õhuga täidetud väliskestad ja seesmine paks luukest vett



115. joon. Haagilised ja kisudega viljad.

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

Samuti kannavad loomad ja linnud vilju ja seemneid laiali. Loomade karvadesse jäävad kergesti kinni karvased, haagilised ja konksukestega varustatud viljad (115. joon.) (takjas, rass, ruskmed). Linnud neelavad tervelt alla marju ja luuvilju, millede paksukestalistel 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 kleepiva massiga ümbritsetud vesiroosi seemned, ja nii kannavad pardid neid seemneid tihti ühest veekogust teise. Ka mõningad putukad, näit. sipelgad, kannavad seemneid laiali. Eriti armastavad sipel-

gad kannikese ja vereurme-rohu seemneid [viimastel valged magusad toidulisad küljes (*caruncula*)], laiali tassida.

Suurimaks seemnete ja viljade levitajaks on muidugi inimene. Teadlikult külvab ta igasuguseid kultuurtaime 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 päritolevaid taimi kasvamas.



Taimede ja oskussõnade nimestik.

Aas-jürilill 133
aastalõimed 123
aastarõngad 123
achromatin 18
akromatiin 18
ainevahetus 23
Alectorolophus 107
alusklaas 7
amitoos 19
amitosis 19
ammoniaak 77
anaeroobsed bakterid 40
androeceum 141, 146
anemogaamia 146
anteriidium 139, 141
antheridium 139
arhegonium 139, 141
asci 136
Ascomycetes 136
assimilatsioon 91
auksanomeeter 49
Aspergillus 136
auramine 95

Bakterid 76, 106
— nitrifitseerivad 76
barüütvesi 24
Basidiomycetes 136
basiidid 136
begoonia 134
bensiin 93

Calyptra 61
cambium 118
Cardamine 133
caruncula 150
cellula 9
cellulosa 14
Chlamydomonas 13
chlorophyllum 93
chromatin 17, 18
chromosoma 19

coleoptil 22
Cuscuta 106
cuticula 84
Cutleria 138

Dentaria 134
Diastaas 45
Dionaea 105
Drosera 102

Ebavili 148
Ectocarpus 135
elleht 142, 143
elniit 142
eeter 25
ektokarpus 135, 129
elavhõbe 57, 129
Elodea 25, 80
embrüokott 145
embryo 28
emakas 145
emakasuude 145
— kael 145
emarakk 20
emasgameet 138
endoderm 64, 147
endospermum 32, 64
endosperm 32
entomogaamia 146
entsüüm 32, 44
eosed 135
eospesa 136
eospölv 142
eostaimed 27
epidermis 62
epifüüt-taimed 107
etioloogilised varred 53
eudiomeeter 38
Euphrasia 107

Fermendid 44

Gameedid 137
— emas 138
— isas 139
gametangium 137
gametophytum 145
generatiivne tuum 146
geotropism 52, 56
glütseriin 22
gynoeceum 145
Gymnospermae 136

Haab 129
hallitusseen 136
hanijalg 133
hapnik 34, 38, 39, 69
haustoria 106
heliotropism 52, 53
— positiivne 59
— negatiivne 54, 59
hernes 31
heterogaamia 138
hingamine 38, 39
hingamisruum 85
huulhein 102
härghlein 107
hüatsint 83
hüdrotropism 58

idanemine 27, 29
idanemisvõimeline seeme 33
idu 29, 41, 146
idanemise soojus 35
idupungake 28, 31
idujuureke 28
iduvareke 28
idulehed 28, 31
imbumine 22
imemisjõud 128
imikud 106
Ingenhousz 79
Integumenta 145, 147
intertsellulaarid 86
isasgameet 139
isogaamia 138
Isoëtes 136

Jagunemine 16, 17
jalgeosised seemed 136
jood-jood-kaalium 8
juhtkude 16
juhtkimp 116
juur 29, 31, 60

juurekübar 61
— karvad 62
— rõhk 65, 127
— tasku 61
juurekoor 63

Kaaliumileeline 38
kaalium 69
kaalisalpeeter 71
kaalisoolad 75
kaer 35
kaheidulised 83, 117
kainiid 75
kaktused 99
kaltsium 69
kambium 118
kanakoole 133
kanep 35, 45
kannpõõsas 105
karotiin 93
karpvili 147
kartul 43, 125
kartulimugulad 32
karüokinees 18, 19
kasetoht 14
kasvamine 47
kasvamisjärgud 48, 50
„ köver 50, 51
kasvutsoonid 44
katekude 16
kateklaas 7
kaudne pooldumine 21
kaun 147
keedusool 2
kemotropism 53, 59
kellukad 55
kesksilinder 64
kilbukas 133
kest 9, 14
kiudaine 44
kiudsoonekimp 114, 116
— kinnine 116
— lahtine 119
kloor 69
klorofüll 11, 29, 93
kloroplastid 11
Knop'i segu 71
koed 16
kolloidne 13
koniidid 136
konjugatsioon 139
koobaltkloorid 95

koobaspoorid 124
koor 63, 119
kopulatsioon 137
korgitamm 14
kork 120
korkaine 14
korgistunud kestad 14
korkkambium 121
korp 121
kottseened 136
kress 90
kromatiin 17
kromoplastid 11
kromosoomid 18, 19
ksantofüll 93
kude 16, 48
kuivamine 68
kukesaba 41
kunstlikud kultuurid 70, 71
kukurvili 147
kunstsõnnik 74
kupar 147
kurgid 35
kutleeria 138
kutiikula 84
kuuskjalg 107
kõder 147
kõrrelised 126
kõrs 109, 110
kõrvits 16
käbi 148
kääbimari 148
käärimine 40
kääolina 141
käopakk 107
kärbspeüüdjä 105
külvivahetus 73, 77

Langev vool 124, 130
Lathraea 107
lehekollane 93
leheroheline 11, 29
lehe sooned 86
lehe chitus 78
leht 78
leukoplastid 11
lemled 61
Lemna 61
liblikõielised 75
liigutused 51
liiteos 137
liitumine 139

liitvili 148
lima 15
limastumine 15
limaseened 15
linaseemned 14, 15
linakiud 14
linnased 45
loode 28
lipaas 46
lubjavesi 24, 37
lupiin 43
luup 5
luuvili 148
löved 121
läbilaske-rakud 64
lämmastik 69, 71, 75, 76
Lytrum salicaria 41

Maarasv 15
maasikas 133
mahl 125
mahlarõhk 21
magneesium 69
makrospoor 136
mammutipuu 123
maksimum 35
mari 148
marrasknahk 16, 44, 62, 82, 113
mehaaniline kude 16, 87, 111
Melampyrum 107
membrana 9
mesofüll 86
metallid 69
metalloidid 69
micropyle 28, 145
mikroskoop 5, 6, 42, 136
miinimum 35
mineraalained 16
Mnium 10, 11, 12
mugulad 133
muldkond 41
munarakk 139, 142, 145
mädarikud 102, 108
mähk 120
mänd 124
mürkel 138

Nepenthes 105
niin 65, 115
niinosa 86, 115
niiskus 39
niitvetikas 12, 135

nisu 32, 42
nitrifitseerivad bakterid 76
Nostoc 15
nucellus 145
nucleus 9
nuivetikas 140
närtsimine 21

Objektiiv 7
oblikhapu kaltsium 16
oder 33
Oedogonium 135
oga 99
okaspuud 123
okulaar 7
oogonium 139
oogoonium 139
optimum 35
oospor 140
orgaanilised ained 24, 69
ornitogaamia 146
ortotroopsed organid 57
Orobanche 107
osjad 15
osmoos 22
otsene pooldumine 19, 20
ovulum 145

Paakspuu 9, 10
paju 35, 129
paljasseemnelised 136
Papilionaceae 75
pappel 129
parasiidid 102, 106
parenhüüm 85, 86
parenhüümtupp 86
Pedicularis 107
Penicillium 136
pepsiin 46
peptoonid 46
pesakehakesed 133
pesapungad 133
pihkaine 43
pigment 93
piiritus 25, 40
Pinguicula 103
plagiotroopsed organid 57
plasmolüüs 22, 23
plasmodesmid 55
plasmoodium 14
plastiidid 12
platsenta 144
Polytrichum 141

pooldumine 16, 17
— kaudne 18, 19
— otsene 19, 20
poolparasiidid 107
poorid 115, 124
poorsooned 115
porgand 11, 12
Priestley 79
proteiin 43
prothallium 143
protonema 142
plasma 9, 12
pruunvetikad 135
preparaat 7
puitunud kestad 14
puhke-seisukord 40
pung 28
putukasööjad taimed 102
puuosa 64, 84, 109, 115
puuvill 14
põlvede vaheldus 141
päikesespekter 94
pähkel 148
pärivus 20
pärmiseened 24, 40

Rakk 9
rakkude paljunemine 16
rakumahl 20
— õõnsus 22
rakukest 9, 14
raskemetall-soolad 25
rasvained 43, 92
raud 68
reduktsioon 140
ristikhein 106
risttolmumine 146
ritsoidid 133, 141
robihein 107
rukis 33, 42
rõngassooned 115
räni 16

Salvinia 136
salpeeter 75
samblad 11, 133, 141
— tähtsammal 11
sammaskude 86
saprofüüt 108
saproleegnia 135, 138
saprophyta 108
sarnastamine 87, 91

scutellum 33
sarikalised 126
seeme 16, 147
— idanemisvõimeline 33
kestad 146, 147
seemnepilu 28, 31, 145
seemnerakkude mahutid 139
seemnevarre ase 27, 31
seemnepung 145
— katted 145
— tuum 145
seened 136
— jalgeosised 136
— kottseened 136
— üherakulised 40
seen-eosed 136
Sequoia 123
sibul 7, 133
sibulpungad 133
sigimik 145
sigimine 132
— suguline 132, 137
— suguta 132
silmarohi 107
sinirohelised vetikad 15
sisemine hingamine 40
sisinahk 64
soojus 34, 35
soomukas 107
sooned 64, 110, 114, 116
soone parenhüümtupp 86
soonetaolised rakud 118
— rõngassooned 114
soojusemäär 35
— kõige kohasem 35
— kõige madalam 35
— kõige kõrgem 35
spekter 94
spermatotsoid 139, 142
spirogüür 88
Spirogyra 13
sporangium 136
sporogoonium 136, 142
sporophytum 145
statoliidid 58
Stratiotes 133
sublimaat 25
suguline põlv 145
suguta põlv 145
suhkruvesi 24
suhkur 24, 45, 90
sulgrakud 84, 137

superfosfaat 75
surm 132
suude 145
sõeltorud 115, 116
sõnajalad 141, 143
säsi 111
säskiired 119
säsikude 65
sünergiidid 146
süsihapu gaas 24, 36, 37, 38, 39, 79
— sarnastamine 87, 91
süsihapu kaltsium 16
süsinik 69

Taimkeha 68
talvituspungad 133
tatar 72
teiseline embrüokoti tuum 146
teravili 32, 34
teris 32
tohlkude 86
toitained 30
toitkude 32, 146
tolmukas 146
tolmukott 146
tolmumine 146
tolmutera 146
— generatiivne tuum 146
— vegetatiivne tuum 146
trachea 64
traheiidid 118, 123
tropismid 52
— negatiivsed 59
— positiivsed 59
tselluloos 14, 15
tsügoot 137, 139
tugikude 16
tuhk 69
tulikas 117
turgor 21, 47
tuubus 7
tuum 8, 9, 10, 12, 17
tõusev vool 124
tähtsammal 10, 12
tärkliis 42, 45
tärklisterad 30, 42
türgi-oad 27
tüvi 109

Ulootriks 135
Ulothrix 135
— koobaspoorid 118

Utricularia 104

Vahenahk 32

vaatlemistoru 6

valgus 41

vakuool 20

valkaine 30, 43, 92

Vallisneria 25

vanadus 132

vars 109

Vaucheria 140

vee auramine 95

vetaimed 25

vegetatiivne tuum 146

vesihernes 104

vesikatk 25, 80

veekultuur 71

vesiläätsed 61

vesinik 69

vetikad 12

— pruunid 135

— punased 135

— sinirohelist 15

— üherakulised 13

viljad 147

vilja kest 32, 44, 136

vosvor 69

vool tõusev 124

vool langev 124, 130

võipätkas 103

võrm 106

võsundid 134

väävel 69

väetamine 73

— kunstlik 73

väike niiske kamber 88

Õhk 35

õhulõhed 83, 84

õietolm 12, 146

õis 145

õistaimed 27, 136

õlid 43

Ärritus 52, 59

Ödagoonium 135

Üheidulehelised 109

— idud 134

Xanthophyllum 93

x-generatsioon 145

2 x-generatsioon 145

Zoosporangium 135

Zoospor 135

