

A-3541II

Prof. V. V. Polovtsov

Taimede ehitus ja elu

Tõlkinud ja ümber töötanud

A. Jürgenson

Jus. III, 47

Ar. 38.

2955



Tartus

Kirjastusühisus „Loodus“

1921

2

Tartu Riikliku Üliõige
Raamatukogu

57470

A-3541 II

i 15822734

Autori eessõnast.

Käesoleva raamatu sihiks on tutvustada õppijaid taime elu tähtsamate põhjapanevate nähtustega. Raamatu edukaks tarvitamiseks peab aga alati meeles pidama, et õppimise aineks pole mitte raamatu tekst, vaid selles kirjeldatud loodusenähtused. Sellepärast peab õpetamine seisma peaaesjalikult nende nähtuste esiletoomises ja vaatlemises, mis raamatus kirjeldatud. Ühelt poolt toimetatakse neid vaatlemisi materjalil, mis õpetaja poolt kogutud ja valmis seatud, teiselt poolt peab aga püüdma ka selle poole, et õpilased kordaksid ja uuriksid õppimise aineks olevaid nähtusi iseseisvalt kodus või klassis, selleks määratud praktiliste tööde tundidel. Sel otstarbel on raamatu ained korraldatud nii, et suuremat osa neist võib just ülemaltähendatud viisil kätte õppida. Selleks tarvisminevad taimed, materjal ja riistad on enamatel juhustel täiesti kättesaadavad. Kahjuks ei või seda ütelda mikroskoopide kohta, mis ei tohiks küll puududa üheski koolis, kus ükskõik mil kujul tegemist tehakse loodusteaduse õpetamisega.

Iseenesestki mõistetav on, et pole siiski võimalik näidata ja korraldada õpilastele kõike seda, millest raamatus räägitud. Ja pole põhjust selle üle kurvastada, sest õpetaja seletuste ehk raamatu lugemise tagajärjel õpilases tekkinud loodusteaduse valda kuuluvatel kujutustel on kahtlemata ka oma suur kasvatusline väärtus. Kui me aga

hakkaksime nägelikkuse põhimõttest pimedast peast kinni pidama, siis poleks meil mingit võimalust rääkida õpilastega võõra maa tundmata taimestiku elust, mitmest haruldasest, kuid bioloogiliselt väga tähtsast taimest, nagu mimoos, kärbsepüünis j. t., mitmest keerulisest katses, mida võib korraldada ainult sellekohase sisseseadega laboratooriumides, kuid mille tagajärgedel on siiski suur tähtsus taime elu mõistmiseks j. n. e. Just niisugustest arvamistest välja minnes mahutasime raamatusse vahetevahel niisuguseidki küsimusi, mida raske on õpilastele otsekohe nägelikuks teha, kuid milledest nad siiski võivad endiste teadmiste ja kogemuste põhjal aru saada.

Tõlkija poolt.

Meie koolikirjanduses puudusid seni raamatud, mis oleksid vastanud meie keskkoolide uuendatud õppekavas ettenähtud loodusõpetuse teisele kontsentrile (seitsmes ja kaheksas õppeaasta, keskkooli neljas ja viies klass). Schmeil'i „Botaanika käsiraamat“ oleks enam-vähem kohane taimede süstemaatika õpetamiseks, kuid üldine osa (anatomia ja füsioloogia) on seal liig kokku surutud ja pealiskaudne.

Et uue algupärase raamatu kokkuseadmine oleks võtnud kauemat aega, koolid aga tunnevad juba nüüd suurt puudust kohasest raamatust, siis tegi kirjastusühisus „Loodus“ mulle ülesandeks parema sellekohase venekeelse raamatu, nimelt prof. V. Polovtsovi „Taimede ehituse ja elu“ Eesti keelde toimetada. Et Polovtsov oma raamatuga taimedõpetuse kursust algab, meie õppekavade järele tuleks aga sellega lõpetada, siis ei võinud rahule jääda raamatu lihtsa tõlkimisega, vaid pidi seda meie koolide nõuete kohaselt ümber töötama. Muutused, mis selle tagajärjel Polovtsovi tekstis sündinud, on kahesugused. Ühelt poolt jätsin välja kõik need elementaarsed mõisted ja seletused, mis peaksid õpilastele tuttavad olema juba looduse algõpetusest ja mis võtavad Polovtsovi raamatus kaunis palju ruumi (taime välise kuju ja ehituse kirjeldused). Teiselt poolt

tuli aga raamatu sisu tublisti täiendada, sest mitmete anatoomiliste ja füsioloogiliste küsimuste käsitlemine on Polvtsevil teise kontsentr jaoks liig elementaarne ja pealiskaudne. Viimane peatükk (sigimine) on täitsa uus kirjutatud. Kõigi nende muutuste lõpusummas on raamatu suurus jäänud umbes endiseks. Joonistuste hulk on pisut vähem kui algupärases, sest ühe osa materjali väljajätmise tagajärjel jäi ka hulk joonistusi ülearuseks. Täiendatud ja uuesti kirjutatud kohad on illustreeritud hulga uute joonistustega, mis mitmetest sellekohastest raamatutest laenatud.

Teistest minu poolt ettevõetud muudatustest võiks veel nimetada raamatu sisu jaotamist nummerdatud artiklitesse, mis teeb selle ülevaatlikumaks, ja igal pool eesti-keelsete oskussõnade ja taimenimede kõrval ka ladinakeelsete teadusliste nimetuste tarvitamist. Raamatu lõppu lisasin taimede ja oskussõnade nimestiku, mis raamatu tarvitamist hõlbustab.

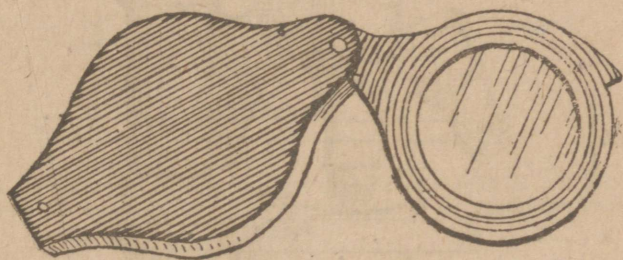
Raamatu keelelise ühtluse eest hoolitses lektor J. Veski, käsikirja vaatas läbi seminari õpetaja J. Rumma, kes oma asjalikkude näpunäidetega aitas mul kõrvaldada nii mõnegi vea ja puuduse. Avaldan neile siinkohal sõbraliku kaasaavitamise eest tõsist tänu.

A. Jürgenson.

Tartus, märtsikuul
1921.

I. Rakk ja koed.

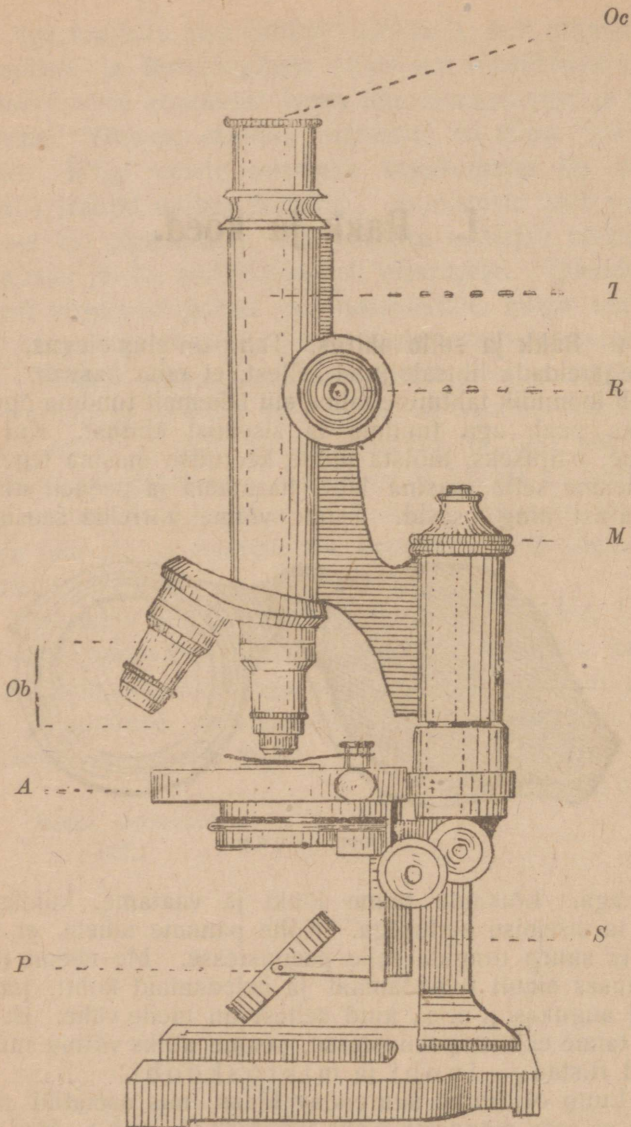
1. Rakk ja selle ehitus. Taim on elus olevus. Seda võime järeldada lihtsalt juba sellest, et taim kasvab. Meis tõuseb loomulik tahtmine taime elu lähemalt tundma õppida. Selleks peab aga tundma ta sisemist ehitust. Kui me tahame, näituseks, mõista mõne keerulise masina tegevust, siis peame selle masina lahti harutama ja peenelt uurima ta ehitust ning osasid. Taime võime võrrelda seesuguse



1. joon. Luup.

masinaga. Lõikame taime lõhki 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 j. n. e., kuid sellest on meile vähe. Et tungida taime ehituse peenustesse, peame abiks võtma suurendavad riistad — luubi ja mikroskoobi.

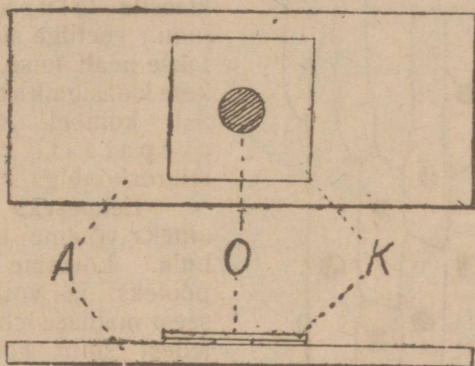
Luup on lihtne suurendav klaas, mis asetatud raami sisse, et teda mõnusam oleks tarvitada (1. joon.). Hea luup



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

suurendab vaadeldavaid asju 10—15 korda. Kuid enamail juhtumisel ei too seesugune suurendus meile veel tarvilist selgust, ja siis peame tarvitama mikroskoopi. See on iseäraline, mitmest suurendavast klaasist kokkuseatud riist, mis suurendab juba 100—500 ja enam korda. Mikroskoobi abil saame taime ehitusest juba selgema pildi.

2. joonistusel näeme mikroskoobi välist kuju. Selle peaosad on sambakujuline jalg ja selle küljes olev vaatlemistoru (tuubus) suurendavate klaasidega. Jala külge on kinnitatud keskest läbi puuritud laud, mille peale,

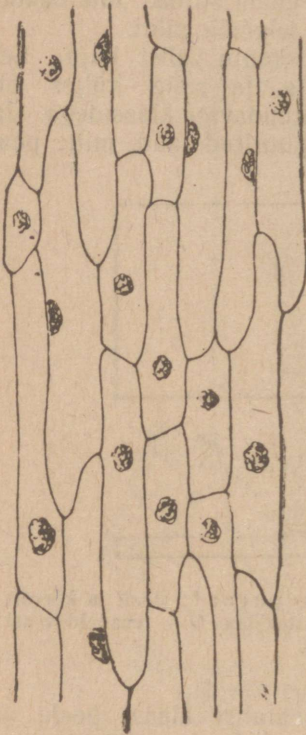


3. joon. Mikroskoobiline preparaat, pealt ja kõrvalt vaadatud. *A* — alusklaas, *K* — katteklaas, *O* — vaadeldav asi (objekt).

ja otse augu kohale, seatakse iseäralise klaasi peale vaadeldav asi. Valgus juhatakse laua all oleva liikuva peegli abil läbi laua sees oleva augu ja vaadeldava asja vaatlemistorusse, ning vaatleja näeb siis läbi suurendavate klaaside asja heledasti valgustatuna ja suurendatuna. Vaatlemistorus on mitu suurendavat klaasi. Ühed neist asuvad toru ülemises osas ja neid nimetatakse okulaariks, teised — alumises osas ja nimetatakse objektiiviks. Iseäraliste rattakeste abil saab vaatlemistoru silma järele nii seada, et vaadeldav asi paistaks kõige selgemini.

Nagu tähendatud, tungib valgus läbi vaadeldava asja

vaatleja silma. Et pilt selge oleks, 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 toi-



4. joon. Sibula nahake väiksel suurendusel.

metatakse harilikult habemenoaga. Kuid nagu varsti näeme, saab mõnikord ka ilma habemenoata läbi. Sellel või teisel teel saadud õhuke lõik pannakse iseäralisele neljanurgelisele klaasile (alusklaas) (3. joon.) veetilga sisse ja kaetakse pealt teise, õige õhukese klaasiga (katteklaas). Sel kombel valmistatud preparaati võib nüüd mikroskoobiga vaadelda.

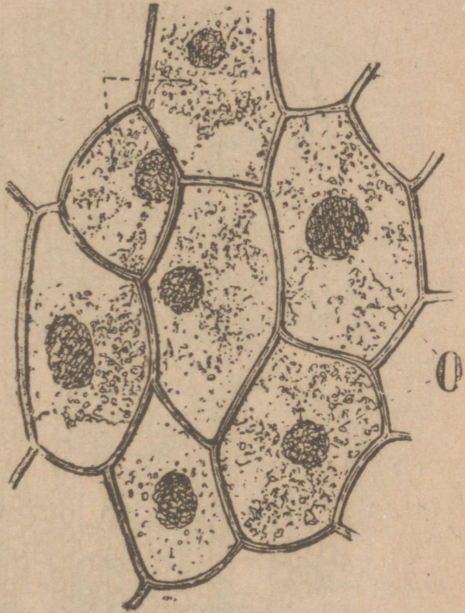
Esimeseks vaatlemisaineks võtame hariliku sibula. Lõikame ta pikuti pooleks ja võtame sealt seest mahlase lehekese, milledest sibul koos seisab. Iga niisugune leheke on kaetud pealt õrna õhukese nahakesega, mida kergesti võib ära käristada. Nii saame ilma habemenoata õhukese läbipaistva kilekese, mida võib tarvitada otsekohe mikroskoobilise preparaadi valmistamiseks.

Väiksel suurendusel (kuni 100 korda) paistab see kileke meile võrguna, mille silmad enam-vähem ühesuurused (4. joon.). On see kileke käristatud lehe alumiselt osalt, siis on need võrgu silmad laiemad ja lühemad. Vaadeldes neid tugeval suurendusel (200 kuni 400 korda) näeme (5. joon.), et need võrgu silmad pole mitte lihtsad avaused, vaid

on täidetud mingi teralise läbipaistva vedelikuga. Pilt saab iseäranis selge, kui me veetilgale, milles asub kileke, lisame pisut joodilahundit*). See valgub pikkamööda laiali ja värvib võrgu silmades sisalduva aine kollaseks, ning sellel kollasel pinnal eralduvad iseäralised tumekollased täpid — nõndanimetatud tuumad. Võrk ise jääb aga ilma värvita.

Hoolsamini vaadeldes võib tähele panna, et võrgu silmadel on ka teatav sügavus, millest järeldame, et meie ees pole mitte lihtne ühel tasapinnal asuv võrgutao-line joonistus, vaid rida lamedaid, läbipaistvaid kehakesi, mis ühendatud üksteisega nii tihedasti, et nad moodustavad ühtlase tiheda kile. Juba ammust ajast on need kehakesed olnud inimestele huvitavaks uurimisaineks, ja neid nimetatakse rakkudeks (Ladina keeli *cellulae*).

Nii siis on meie sibula seest võetud kileke rakkudest koos. Igas rakus näeme aga järgmisi osasid: raku sisemus on täidetud iseäralise läbipaistva ainega, mida on hakatud nimetama protoplasmaks ja mis on ümbritsetud õhukese läbipaistva kestaga (*membrana*). Siis näeme protoplasmas veel tihe-

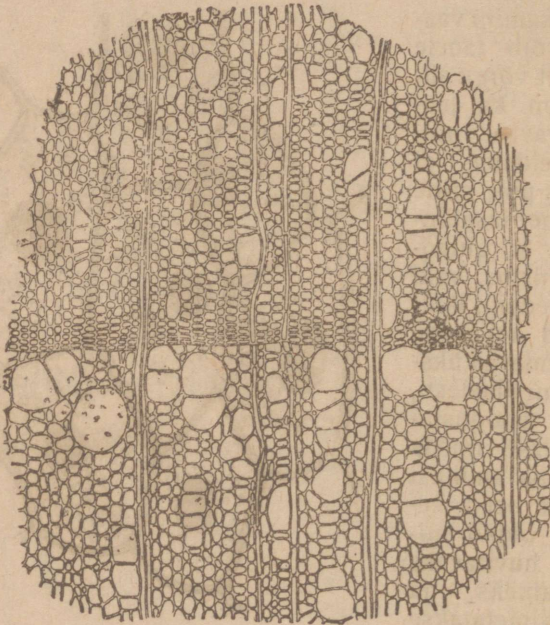


5.joon. Sibula nahake tugeval suurendusel. O — tuumad.

*) Selleks tarvitatakse harilikult joodilahundit joodkaalis, nõndanimetatud jood-jood-kaalit, mida aptegist võib saada.

damaid kehakesi, mis iseäranis selgesti silma paistsid joodiga värvitud preparaadil — neid nimetatakse raku tuumadeks (*nuclei*). Hoolsal vaatlemisel näeb neid ka ilma värvimata.

Mitte ainult sibulast võetud kileke ei seisa rakkudest koos, vaid seda näeme igas muuski taime osas. Igalt poolt



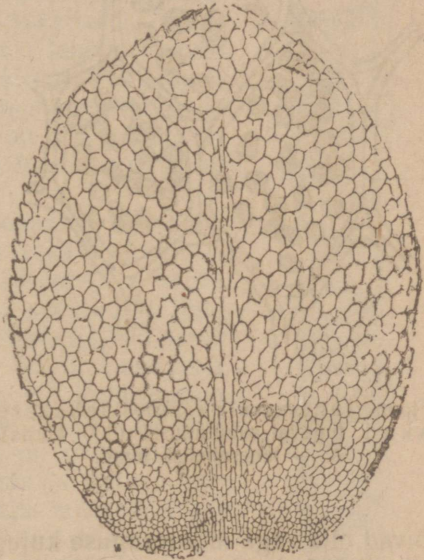
6. joon. Paakspuu vars põiklõikes.

pole aga võimalik nii kergesti õhukest läbipaistvat tükki saada, ja siis peab tegema habemenoaga õhukese lõigu. Üks säherdune paakspuu varrest tehtud lõik on kujutatud 6. joonistusel. Nagu näeme, on ka see taime osa rakkudest koos.

See joonistus näitab meile ühtlasi, et mitte kõik rakud pole ühesugused, vaid et nad lähevad lahku oma kuju ja suuruse poolest.

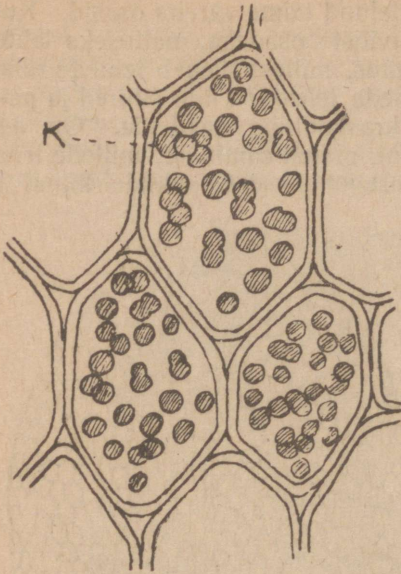
Siiamaani oleme vaadelnud taime värvita osasid. Kuidas on aga lugu taime värviliste osadega, näituseks lehtedega? Meid huvitab küsimus, millest oleneb lehtede roheline värv. Suuremate taimede lehed on liig suured ja paksud, et neid otsekohe mikroskoobiga vaadelda. On aga olemas väikesi rohelisi taimi, nimelt samblaid, millede lehekese on koos ainult ühest õhukesest rakkude kihist ja on sellepärast läbi-

paistvad. Võtame vaatlemiseks niisketil, varjulistel kohtadel kasvava tähtsambla (*Mnium*) lehekese. Väiksel suurendusel paistab see meile üleni rohelisena (7. joon.). Tugevamal suurendusel näeme aga, et lehekese roheline värv oleneb rohkearvulistest väikestest rohelistest terakestest, mis asuvad lehekese rakkudes (8. joon.). Samasugused terakesed annavad rohelise värvi ka kõigi teiste taimede lehtedele, ja neid nimetatakse sellepärast leherohelise ehk klorofüllü teradeks (*chlorophyllum*). Neid nimetatakse ka kloroplastideks.



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

Peenemad uurimised on näidanud, et leherohelise terad on elusast protoplasmast, mis on läbi imunud isäralise rohelise värvainega (pigmendiga), millest olenebki terade värv. Peale nende roheliste terade võib leida taime rakkudest veel värvita teri, mis on ka protoplasmast, kuid ei sisalda mingit värvainet. Neid nimetatakse leukoplastideks, ja neid leidub peaaesjalikult taime värvita osades,



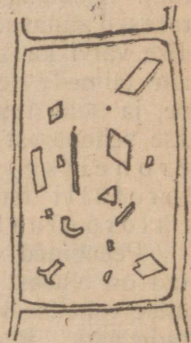
8. juon. Tähtsambla (*Mnium*) lehekese rakud tugeval suurendusel (300 korda).
K — leherohelise terad.

võivad olla väga mitmesuguse kujuga: pulgakesed, konksukesed, plaaditaolised j. n. e. (9. juon.). Need ongi kromoplastid. Neis sisalduv pigment on muutunud kindlateks kristallideks, ja selle kuju järele on ka kromoplastid ise saanud kohase kuju.

Kloroplastid (leherohelise terad), leukoplastid ja kromoplastid kannavad üldist nimetust kromatofoorid (*chromatophora*, värvikandjad kehakesed) ehk plastiidid.

Seni vaadeldud taimed olid koos väga rohkest arvust rakkudest, mis

nagu juurtes. Peale roheliste ja värvita osade on taimel veel muuvärvilisi osasid, näituseks punaseid ja kollaseid. On ju rohkesti taimi punaste ja kollaste õitega; mitme taime juuredki, näituseks porgandi omad, on punased. Sääraste osade värv oleneb isesugustest teradest, mis sisaldavad kollast ehk punast pigmenti, ja neid nimetatakse kromoplastideks. Tee-
me porgandi juurest õhukese lõigu ja vaatleme seda mikroskoobiga. Rakkudes näeme iseäralisi kollakaspunaseid kehakesi, mis



9. juon. Porgandi juure rakk kromoplastidega.

asusid üksteise kõrval igas sihis. On aga olemas lihtsa-
maid taimi, mis seisavad koos ainult ühest pikast rakkude
reast. Kraavides leiame õige sagedasti rohelisi
niidikujuliste veetaimede koonlaid, mida
nimetatakse harilikult kõntsaks. Vaadeldes
seesugust niiti mikroskoobiga näeme, et
ta on koos pikast rakkude reast (10. joon.).

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

2. Raku osade peenem kirjeldus.

Vaatleme nüüd lähemalt rakkude ehitust ja iseäraldusi. Protoplasma ja selles asuv tuum on pealtnäha poolvedela lima sarnane, milles hoolsal vaatlemisel leiame hulga ülipeeni terakesi. Kuid vaatamata selle lihtsa välimuse peale on protoplasma tõeliselt väga keerulise ehitusega. Peened

uurimised on näidanud, et protoplasma ja tuum sisaldavad väga mitmekesiseid aineid, peaaesjalikult aga nõndanimetatud munavalge-aineid, mis väga keerulise koosseisuga ja hariliku kanamuna valge sarnased, millest nad oma nimetusegi on saanud. Peale munavalge-ainete on leitud protoplasmas veel mitmesuguseid mineraalaineid. Kõik see on ohtrasti

11. joon. Üherakuline liikuv vetikas *Chlamydomonas*.



10. joon. Kiudvetikas *Spirogyra*.



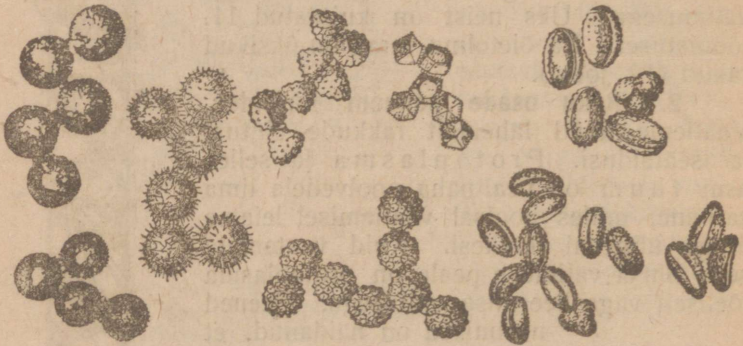
veega läbi immutatud.

Protoplasmas ja tuumas sünnivad alalised muutused, aine uuestitekkimine ja lagunemine, ja niikaua kui

elus olevus elab, ei peatu see töö 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 keerulise ehitusega, mida võib järel-dada ka ligiolevast joonistusest (13. joon.). See kujutab ühte kõrviitsa karvakese raku tuhandekordsel suurendusel.

Arusaadav, et just protoplasma ja tuum on raku tähtsad ja elulised osad, kest on aga vähem tähtis, sest looduses tuleb ette ka ilma kestata rakkusid, peaasjalikult

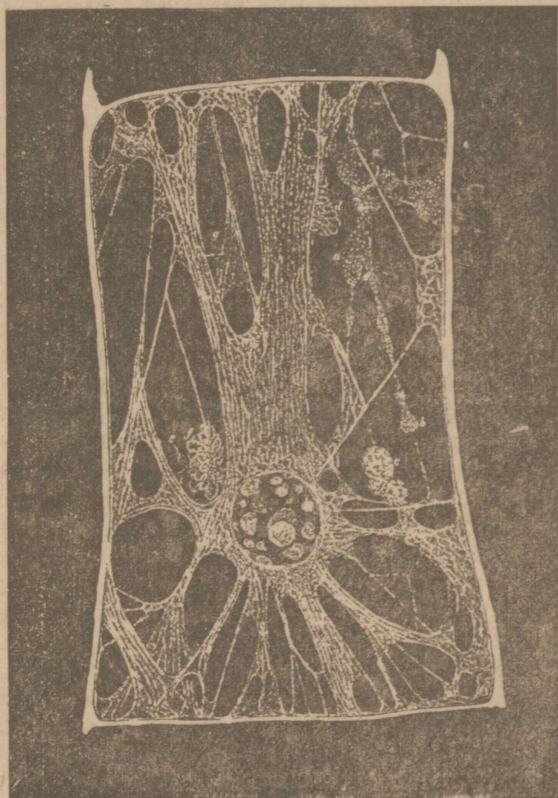


112. joon. Mitmesuguste taimede õietolmutused.

loomariigis. Kuid ka taimeriigis leiame ilma kestata rakkusid, näituseks vetikate sigimisrakud, eosed, mis pole muud kui vabalt vee sees ümberjuuvad protoplasmatombukesed. Kevadel ja sügisel võib leida metsa alt pehki-vatelt lehtedelt ja kändudelt limaseente plasmoodiumi, mis on koos paljast kestata protoplasmast.

Rakkude kestad võivad olla väga mitmesuguse koosseisuga. Noortes taime osades on nad õrnad ning pehmed ja seisavad koos nõndanimetatud kestainest ehk tselluloosist (*cellulosa*). See aine on kõigile enam-vähem tuttav, sest paber, puuvill ning sellest valmistatud riie on peaaegu puhtast tselluloosist. Puutüvedes on aga rakkude kestad väga kõvad, sest nende esi-

algne pehme tselluloos on puitunud, puuaineks muutunud. Mitmete taimede kooses leiame viimaks veel rakkusid, millede kestad on korgistunud, korkaineks muu-



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

tunud. Mõnel taimel asuvad säärased rakud tüve peal paksu kihina, nagu näituseks korgitammel, nii et neid võib sealt lõigata korkasjade valmistamiseks.

Samasugune korkaine on ka kasetoht, ainult kor-

gistunud rakkude kiht on siin õhuke, ja need rakud ei asu nii paksu lademenas, kui seda nägime korgitammel.

Mitmel veetaimel, nagu mikroskoobilistel sinirohelistel vetikatel (näit. maarasval — *Nostoc*) muutub kestavine tihedaks limaks, mis ühendab neid väikesi üherakulisi taimakesi suuremateks tompudeks. Ka mitme taimse seemnete (näituseks linaseemnete) rakkude välised kestad ligunevad vees pehmeks laialivalguvaks limaks.

Mõne taimse varred ja lehed on iseäranis kalgid ja karedad. Seda leiame näituseks kõrrelistel taimedel ja osjadel. Siin on rakkude kestad läbi imbunud mitmesuguste mineraalainetega, nagu süsihappu, ränihappu ja oblikhappu lubjaga.

3. Koed. Suurematest taimedest leiame alati õige suure hulga rakkusid ja seejuures mitmesuguse kuju ja suurusega, nagu juba eespool tähele panime. Harilikult on rakud isekeskis ühendatud suuremasse salka ja nad täidavad siis kõik selles salgas mingit ühist ülesannet. Näituseks sibula sisemiselt lehekeselt leidsime kile, mis oli ehitatud ühesugustest rakkudest ja mille ülesandeks oli katta lehe sisemist, pehmet osa. See sisemine osa on omakord koos ühesuguste rakkude salgast, milledesse toitvate ainete tagavarad on peidetud. Mõnes suures taimes, näituseks puus, on säärased ühesuguse ehitusega ja ühesugust ülesannet täitvate rakkude salku veel rohkem. Neid nimetatakse taimse kudedeks. Järjelikult on taim mitmesugustest kudedest koos. Missugused need on, seda näeme edaspidi, nüüd aga nimetame neist mõne tähtsama: katekude — mis katab taimse väljastpoolt; mehaaniline ehk tugikude — mis on taimsele toeks; mahlakandja kude — mis saadab ühest taimse osast teise vett ja mitmesuguseid mahlu.

4. Rakkude sigimine. Meid huvitab nüüd küsimus: kust on saadud rohkearvulised taimerakud, kuidas on nad tekkinud? Me teame, et kõik elusad olevused tekivad omasarnastest sigimise teel. Sedasama peab ütlema rakkudegi kohta, nagu on tõendanud rohkearvulised uurimised. Suurem jagu taimi kasvab seemnest. Seeme seisab koos rakkudest, nagu iga muugi taimeseosa. Need rakud hakkavad sigima ja neist saab viimati suur täiskasvanud

taim. Kuidas aga sünnib rakkude sigimine? Otsekohe pole seda nii kerge näha. Et rakkusid mikroskoobiga vaadelda, peame nad taimest õhukese kilena välja lõikama, — selle tagajärjel surevad rakud enamail juhuseil, ja nende eluavaldused, nii siis ka sigimine, jäävad seisma. Otsekohe saab vaadelda rakkude sigimist ainult üherakuliste taimede juures, sest need elavad mikroskoobi all veetilgas edasi.

Kuid rakkude sigimiskäiku saab selgeks teha ka suuremaid taimi vaadeldes. Selleks teeme noortest jõudsasti kasvavatest taimeosadest, kus rakkude sigimine arvatavasti kõige hoogsamalt käimas, õhukesed lõigud ja vaatleme neid mikroskoobiga. Lõikudesse satuvad rakud harilikult mitmesugusel arenemisastmel, ja neid üksteisega võrreldes



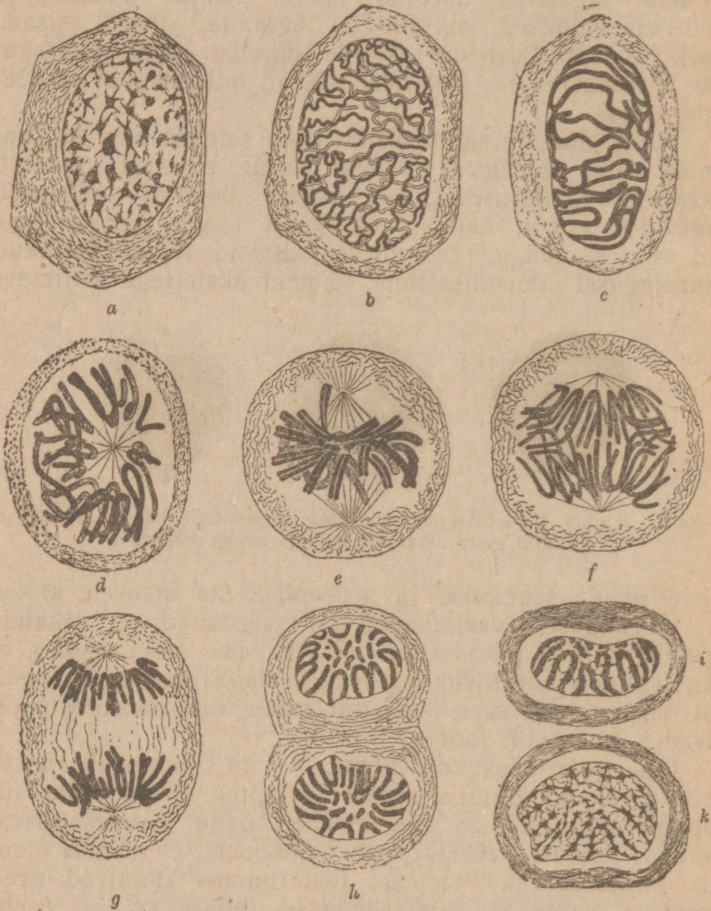
14. joon. Raku pooldumine. Rakk *a* pooldub kaheks rakuks *b*, ja kumbki neist omakord kaheks uueks rakuks *c*.

võime nende tekkimise ja arenemise üle otsusele jõuda.

Seesugused vaatlemised on selgitanud, et rakkude sigimine sünnib pooldumise teel, mis seisab selles, et rakk jaguneb uuestitekkinud vahekestaga pooleks, ja endisest ühest rakust saab kaks uut rakku, mis omakord poolduvad j. n. e. (14. joon.).

Asi pole siiski nii lihtne, — 14. joonistus näitab meile ainult pooldumise algust ja lõppu. Selle kahe silmapilgu vahel sünnib aga tõeliselt palju mitmesuguseid keerulisi nähtusi. Kõige pealt tähendame, et peaosas etenab siinjuures raku tuum; just tuumas sünnivad need keerulised nähtused, mis tõendavad ühtlasi, et see pealtnäha lihtne limatombuke on päriselt õige 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 sisse kui protoplasma



15. joon. Raku kau'dne pooldumine (kariökinees).

ja muutuvad tumedamaks. Omakord on tuumas osad, mis teistest ahnemalt värvi imevad, ja ilmuvad siis nähta-

vale korratu sõlmilise niidipuntrakesena. Seda tuuma-ainet nimetatakse kromatiiniks (*chromatin*, s. o. „värviline aine“). Ülejäänud tuumaosa, mis ümbritseb kromatiininiiti, värvib end vähemal määral ja teda nimetatakse a k r o m a t i i n i k s (*achromatin*, värvita aine). Raku pooldumine algab sellega, et kromatiininiit langeb üksikuteks ühesuurusteks osadeks, mida nimetatakse k r o m o s o o m i d e k s (*chromosoma*). Kromosoomide arv võib olla mitmesugustel taimedel mitmesugune, kuid ühe ja sama taimeliigi kõigis rakkudes on see alati ühesugune. Kui meil on rakk, mille tuum sisaldab 8 kromosoomi, siis on ka kõigil teistel selle taime rakkudel neid 8, ja ka kõigil seda liiki taimede rakkudel. Peale kromosoomide tekkimist sulab ja kaob tuuma akromatiinosa ümbritsevas protoplasmas ära, või igatahes muutub nägematuks, ja kromosoomid asuvad korrapärase ringina raku keskpaika. Ühtlasi tekivad raku protoplasmas iseäralised kiirtetaolised tihendused, mis raku otsapoolsetes osades asuvatest punktidest sihitud kromosoomide poole. Seepeale langeb iga kromosoom kaheks ühesuuruseks osaks, ja need koonduvad protoplasma kiiri mööda punktide ümber, kust kiired välja jooksevad. Seal muutuvad nad uuteks tuumadeks. Tuuma pooldumisele järgneb kogu raku pooldumine, nimelt ilmub tuumade vahele kest, ja ühest rakust on saanud lõpuks kaks uut rakku. Et siin võib märgata selget tuuma osade liikumist ühest raku osast teise, siis kannab see pooldumisviis karüokineesi (*karyokinesis**) nime.

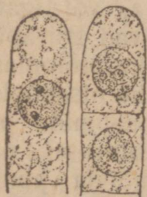
Peale kirjeldatud pooldumisviisi, mida nimetatakse ka k a u d s e k s , — sest siin, nagu nägime, on raku pooldumine seotud mitmesuguste kõrvalnähtustega, — tuleb ette harukordsemalt veel o t s e k o h e n e pooldumine, mis seisab selles, et raku tuuma keskmise osa ümber tekib õnar, mis soondub ikka sügavamale ja lahutab viimati tuuma kaheks poolteks. Nende vahele tekib uus kest ja sellega on rakk pooldunud (16. joon.). Kromosoomide tekkimist ja kiiretaolisi protoplasma tihendusi pole seesuguse pooldumise puhul märgata. Sellepärast nimetatakse seda k a a m i t o o s i k s (*amitosis***).

*) Greekeelne sõna, tähendab „tuuma liikumine“.

***) Tähendab „ilma niidita“ (pooldumine).

Sündigu raku pooldumine ühel või teisel teel, ikka saab uuestitekkinud rakk poole endise, emaraku, tuumast ja umbes poole selle protoplasmast. Selles peituvad arvatavasti pärivuse nähtuse põhjused. Seeme tekib taime õies selle rakkude pooldumise teel. Kui seeme hakkab idanema ja temast kasvab uus taim, siis poolduvad needsamad emataimest saadud rakud edasi. Sellepärast on täiesti loomulik, et noorel taimel on sama kuju ja samad iseäraldused, 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 taimekehas omandab rakk tulevikus.



16.joon. Raku otsekohene pooldumine.

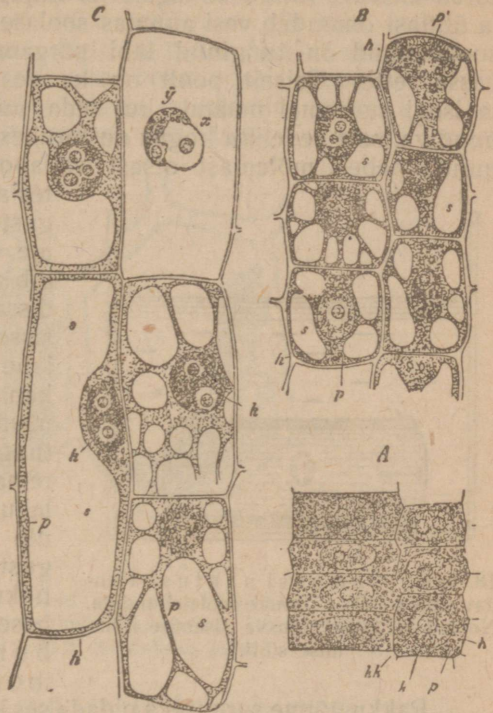
Noored rakud jõudsasti kasvavates taimeosades on õrna, õhukese kestaga ja üleni protoplasmaga täidetud (17. joon.). Kui rakk hakkab kasvama, siis sirutab ta end peaaesjalikult ühes sihis, ja muutub pikemaks. Selle juures rõhub protoplasma tugevasti seestpoolt kesta peale ja nagu venitab seda laiali. Raku kasvamise ajal neelab protoplasma enesesse rohkesti vett,

paisub ise ja paisutab kesta. Selle juures võib tähele panna, et protoplasmast tekkivad peagi väiksed õõnsused, mis pole siiski mitte tühjad, vaid on täidetud iseäralise, protoplasmast eritatud vedelikuga, mida nimetatakse raku mahlak. See on mitmesuguste ainete lahund, mis omakord imeb läbi protoplasma ja rakukesta ümbruskonnast vett juure ja paisutab nii protoplasmata ja ühtlasi kesta ikka enam ja enam laiali. Selle juures eritab protoplasma enesest ka kestainet, ja kest muutub selle tõttu ikka paksemaks.

Mida suuremaks kasvab rakk, seda rohkem tekib temas õõnsusi, need sulavad isekeskis ühte, ja sagedasti näeme, et kõik õõnsused on sulanud üheks suureks, raku mahlagaga täidetud õõnsuseks, mis võtab enese alla raku sisemuse suurema osa ja on surunud protoplasma õhukese kihina kesta ligi. Alalist rõhumist, mida raku mahlag

avaldab protoplasma ja kesta peale, nimetatakse turgoriks ehk mahlarõhuks, ja sellel on suur tähtsus taime elus. Protoplasma ja kest on iseenesest väga pehmed ja õrnad, siiski on

nendest ehitatud taimed väga sitked ja tugevad. Tuletame meele, kui sirgelt seisavad noored taimed. See on seletatav turgoriga. Rakud rõhuvad vastastikku üksteise peale ja annavad sellega taimele tarviliku sitkuse ning painduvuse. Rakud on aga pinguli ainult siis, kui nad saavad tarvilisel määral vett. Vee puudusel väheneb turgor, taim muutub lõdvaks ja pehmeks, närt-sib, nagu harilikult öeldakse. Peale selle peab rakumahl sisaldama ka tarvilisi aineid, mis neelaksid vett ümb-



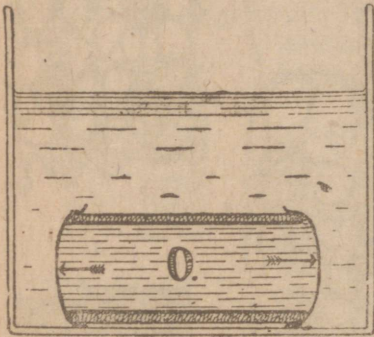
17. joon. Raku järk-järguline aremine. *A* — noored rakud, mis üleni plasmaga (*p*) täidetud, ja suurte tuumadega (*n*). *B* — rakkudes tekkivad õõnsused (*s*) rakumahlaga. *C* — õõnsused on võtnud oma alla suurema osa raku sisemusest.

ruskonnast ja hoiaksid sellega turgori alal.

Nende ainete tähtsust selgitab meile järgmine katse. Võtame jämeda lühikese klaastoru *O* (18. joon.), seome selle ühe otsa niiske pärgamentpaberiga tihedalt kinni, valame ta mõnda kanget lahundit, näituseks keedusoola

lahundit, ääreni täis, ja seome ka teise otsa pärgamentpaberiga kinni. Laseme nüüd selle toru puhta veega täidetud anumasse. Peagi näeme, et paber toru otstel hakkab torus kasvava rõhumise tagajärjel väljapoole kummi tõusma, ja ühtlasi omandab vesi anumal soolase maigu. Tähendab, soolalahund on tunginud läbi pärgamentpaberi ümbritsevasse vette. Teiselt poolt on ka vesi tunginud torusse, ja isegi suuremal määral, kui seda on sündinud soolalahundiga, sest vedeliku kogus on torukeses suurenenud ja rõhunud paberi mõlemast otsast väljapoole kummi. Korra-

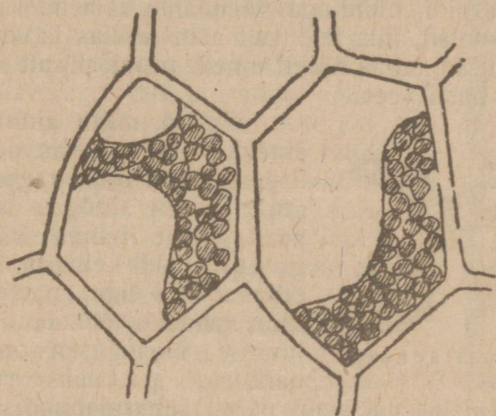
tes seda katset mitmesuguste lahunditega, jõuame otsusele, et vesi tungib suurema jõuga lahundisse, kui lahund vee sisse. Ehk võttes kaks lahundit, milledest üks kangem, teine lahjem, näeme, et lahjem lahund tungib kiiremalt ja suurema hooga kangemasse lahundisse, kui see sünnib vastuoksa. Seesugust vedelikkude vastastikku tungimist läbi vaheseina nimetatakse imbumiseks ehk osmoosiks.



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

Rakku võime sarnaseks pidada ses katsetes tarvitatud torukesega. Rakumahl on mitmesuguste ainete lahund, ja sellepärast tungib sinna läbi kesta rakku ümbritsev vesi suure jõuga. Kui aga rakk asetada mingisse lahundisse, mis on kangem kui rakumahl, näit. hästi magusasse suhkruvette ehk glütseriini, siis tuleb avalikuks vastupidine nähtus. Rakumahl, kui lahjem lahund, tungib suure jõuga rakust välja, õõnsused vähenevad, protoplasma tõmbub kokku ja eemaldub kestast (19. joon.). Seda nähtust nimetatakse plasmolüüsiks. Kui rakk mitte liig kaua pole 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 protoplasmal ikka raskem on saada tarvilisel 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 otstarbeks: osalt moodustavad nad selle tugeva koe, mida leiame puutüvedes ja mis kogu taime püsti hoiab, osalt käivad nad koore hulka ja on



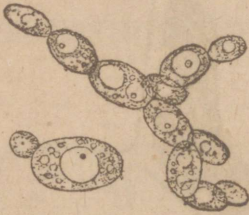
19. Joon. Sambla lehekese rakud plasmolüüsitud seisukorras. Protoplasma tõmbub kokku, kannab leherohelise terad enesega ühes ja eemaldub kestast. (Samad rakud loomulikus seisukorras — 8. joon.).

taimetele heaks kaitseks, sest et nad ise pole enam tundlikud väliste mõjude vastu. Nii kasutatakse rakud ka peale surma ära. Tuleb ainult meeles pidada, et protoplasmat säherdustes rakkudes enam pole. Nad on koos 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 protoplasma ja muud osad koos seisavad. Teisiti öeldes, rakk peab saama toitvaid aineid, peab end toitma. Raku ümbritseb igalt poolt kest, ja selge on, et rakk peab toitma end vedelate ainetega, sest kindlad kehad

ei pääse kestand läbi. Vees lahunduvad ained tungivad aga ühes veega raku sisse, puutuvad seal otsekohe kokku protoplasmaga, ja see võtab lahundist tarvisminevaid aineid. Suures mitmerakulises taimes puutub ainult väline rakkudekiht otsekohe kokku välise keskkonnaga ja võib sealt omandada toitvaid aineid. Kõik teised, taime sisemuses asuvad rakud saavad aga tarvisminevaid aineid naaberrakkudelt, mis juba välisest keskkonnast tarvilisel määral toitu saanud.

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



20.joon. Pärmiseened.

juures. Niisugused on näituseks harilikud pärmiseened (20. joon.). Kui laseme pisut pärmi suhkrulahundisse, mis on pärmiseentele toiduaineks, siis hakkavad peagi eralduma gaasimullikesed, mis pole muud kui süsihappu gaas. Ühtlasi hakkab lahundis suhkur kaduma ja selle asemele ilmub piiritus.

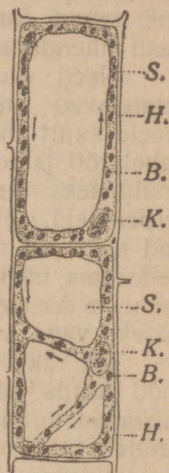
Nii võib rakkudes tähele panna alalist ainevahetust. Ühelt poolt muudetakse sissevõetud ained elavaks protoplasmaks, teiselt poolt laguneb see protoplasma alatasa ja tekivad jäänused, nagu süsihappu gaas, mille rakk jälle eritab.

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 ehk kraavist vett, siis leiame sealt seest õige rohkesti niisuguseid mikroskoobiliselt väikesi vetikaid, mis on koos ühest ainsast rakust ja ujuvad vee

sees vabalt. Kui valada neid ühes veega taldrikule ja katta pool taldrikut pappkaanega, siis näeme, et vetikad rändavad kinnikaetud veeosast valgustatud osasse. See näitab, et vetikad on valgustundlikud. Ka tunnevad nad, kus vesi hapnikurikkam, ja koguvad end sinna. Samuti leiavad nad vees kohti, kus rohkem toiduaineid, ja põgenevad nendele kahjulikkude ainete, näituseks hapete, eest.

Mitmerakulise taimede üksikud rakud ei saa muidugi avaldada oma tundlikkust otsekoheste liigutustega, kuid ka siin võib seda tundlikkust ja liigutamisevõimet tähele panna. Näituseks on protoplasma 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 protoplasma liikumist. Protoplasma liigub ümber kesta ja kannab leherohelise terakesi enesega ühes (21. joon.). Just nende terakeste liikumise järele ongi kõige mõnusam vaadelda protoplasma voolamist. See liikumine muutub aeglasemaks, ja jääb viimaks hoopis seisma, kui rakud tunnevad puudust hapnikust, ja külma käes. Kui preparaati asetada uuesti sooja kohta, siis algab liikumine jälle.

See näitab, et ka mitmerakulise taimede protoplasma pole ükskõikne ümbruskonna muutuste vastu, vaid vastab nendele sellekohase liikumisega. Teisiti öeldes, kõik rakud, samuti nagu neist koosnevad elusad taimed, on tundlikud ja teevad liigutusi.



21. joon. Protoplasma liikumine vesikatku (*Elodea canadensis*) rakkudes. *H* — raku kesta; *K* — raku tuum; *B* — leherohelise terad; *S* — õõnsus rakumahlaga. Nooled näitavad protoplasma voolamise sihti.

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

Tunnistades rakud elusateks olevusteks, tuleme väga tähtsale 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 meele 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 tarvilisteks asjadeks j. n. e. Sedasama näeme ka suures keerulises 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.

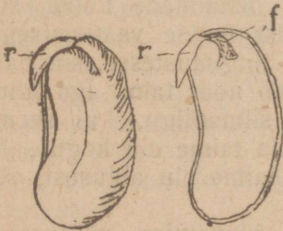
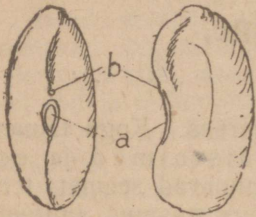
8. Seemne ehitus. Uba ja hernes. Kogu taimeriik jaguneb kaheks suureks vallaks: õistaimed ja eostaimed. Esimesed õitsevad ja kannavad seemet, teistel ei ole aga õisi ega seemet. Et rõhuv enamus suuremaid ja silmapaistvamaid taimi kuulub õistaimede hulka, siis on loomulik, et me teeme algust just nende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

Kui seeme satub sündsatesse tingimustesse, siis hakkab ta idanema, ja temast kasvab noor taim. Iga taime 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 välise kuju ja suuruse poolest 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 ehk 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 seemnesääre asemeks; selle kohaga oli seeme kinnitatud kauna külge. Siit käisid läbi ka peened torukesed, sooned, millede kaudu seeme sai emataimelt tarviliisi toitvaid aineid. Armist kõrgemal võime märgata väikest augukest *b*, nõndanimetatud seemnepilu. Selle augukese kaudu tungib seemnesse vesi, ilma milleta ida-

nemine toime ei tuleks. Kui paneme kuiva oa vette, siis näeme, et seemnepilu ette tekib õhumullike, sest vesi tungib seemnesse ja surub sealt õhu välja. Kui seemnepilu näituseks vahaga kinni matta, siis ei paisu seeme vee sees tükil ajal, sest nahk, 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 ainult ta kuskilt katki lõigata ja siis tuleb ta üleni ära.



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

Naha all asub tulevase taime *i d u*, mis laguneb hõlpsasti kaheks pooleks, nõnda nimetatud idulehtedeks. Idulehtede vahele on surutud väike sabake, mille ots asub just seemnepilu kohal. See on tulevane taime juur. Idanemisel hakkab ta kasvama ja tungib esimesena seemnepilu kaudu välja. Lahutades ettevaatlikult idulehti üksteisest, näeme, et nad on ühendatud lühikese juurejatkuga, — see on *i d u* varreke. Ka lehed ei puudu. Nimelt silmame varrekese otsas *p u n g a*, mis koos seisab kahest lehekesest, millede vahel asub väike kühm. Sellest pun-

gast tekivad tulevase taime vars ja lehed.

Paneme mõned ligunud seemned niiskesse mulda, ja võtame iga kahe-kolme päeva takka ühe neist välja, et jälgida, kuidas sünnib idanemine. Kõige pealt ilmub juur (23. joon.). Olgu seeme mulla sees mis tahes asendis, ikka pöörab juur otsa allapoole. Varsti 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 lehekuju. Siiski on nad ikka veel idulehtede vahel peidus, sest lahtiselt võiksid nad mullas kergesti viga saada.

Ühtlasi kasvab ka varreke, kuid mitte otse üles, vaid esiteks teeb ta looga, ja alles välja maapinnale jõudes, sirutab ta enda püsti, ja kisub ühtlasi idulehed ühes nende vahel oleva pungaga maa seest välja. Niiviisi kistakse idulehed maa seest, kitsam ots ees, mis sünnib muidugi kergemini. Ka ei satu siis mulla- ja liivaterad idulehtede vahele ega tee õrnale pungale viga

Viimati pääsevad idulehed vaba õhu kätte. Peagi muutuvad nad rohelisteks, sest nende rakkudes tekivad leherohelise terad. Roheliseks muutunud idulehed avanuvad ja nende vahelt puhkevad esimesed lehed. Pisukesest, vaevalt märgatavast kühmusest nende vahel on tekkinud kaks uut lehekest ja peagi puhkevad ka need.

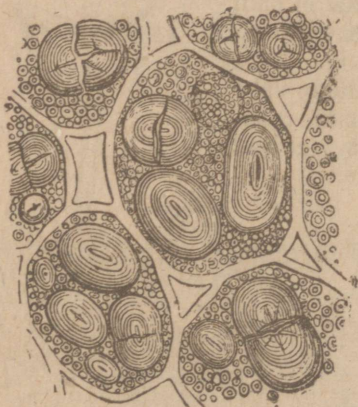
Meie ees on juba väike noor taim.

Nagu tähendasime, muutuvad päevavalgele pääsnud idulehed rohelisteks, 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



23. joon. Oa idane-
mine. *Kb* — idulehed.
St — vars; *K* — ladvapung; *W* —
juur; 1. *L* — esimene roheline lehe-
paar.

tüsedad. Teeme idulehest habemenoaga õhukese lõigu ja vaatleme seda mikroskoobiga. Me näeme, et see on rakkudest koos, nagu iga muu taimeosa (24. joon.). Rakkudes pole aga protoplasmata ja tuuma peaaegu märgatagi, vaid need on tungil täidetud isesuguste pikerguste teradega. Need on tärklisterad. Tärglis on taimedes kõige sagedamini ettetulev toite-aine. Meie tarvitame toiduks mitmeid taimeriigist pärit olevaid aineid, nagu ube,



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

herneid, teravilja, kartulimugulaid j. n. e., just sellepärast, et nad sisaldavad rohkesti tärklis. Oa rakkudes leiduvad tärklisterad on pikergused ehk ümmargused, ja hoolsal vaatlemisel võib näha, et nad on kihilise ehitusega. Suuremad terad on harilikult keskelt praolised. Peale tärklisterade leiame oa rakkudes suurel hulgal veel isesuguseid peeni terakesi. Need on munavalge-aine terad.

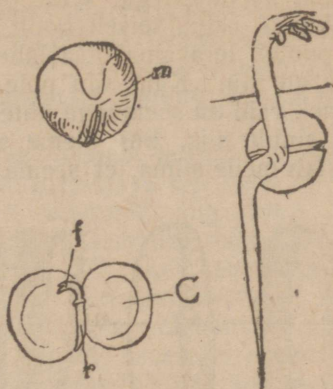
Sedamööda kuidas idu kasvab, tarvitab ta idulehtedesse mahutatud toidu-tagavarasid. Idulehed jäävad tühjemaks, tõmbuvad kortsu, ja kui nad lõpulikult on tühjendatud, kuivavad nad ära ja langevad maha, sest nad on nüüd ülearused. Noor taim on juba sedavõrd kosunud, et võib hakata omale ise toitu muretsema.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

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

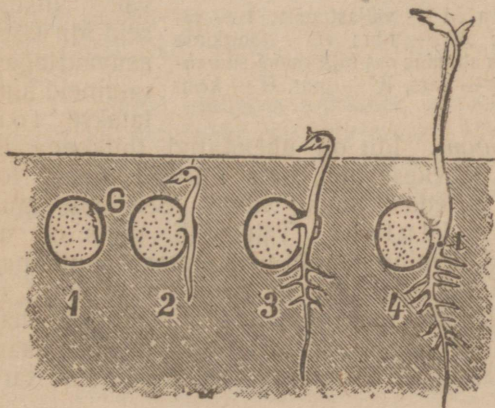
Hernes. Paljude taimede seemned on oma ehituse

poollest oa sarnased, nimelt on neil idu ja kaks enam või vähem arenenud idulehte. Seesuguste hulka kuulub näituseks ka hernes, mille vaatlemisele nüüd asume.

Oma välimuse poolest läheb hernes oast mitmeti lahku, kuid palju on ka sarnasust (25. joon.). Nii leiame ka hernelt seemnesääre aseme ja selle kohal seemnepilu. Kui hernest väljastpoolt katva naha maha tõmbame, näeme kaht paksu idulehte, mida kergesti võib teineteisest lahutada. Nende vahelt leiame juure ja punga, mis aga vähemad on kui oal.



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



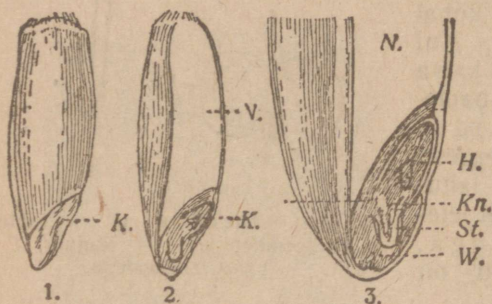
26. joon. Herne idanemine.

pool-kirjeldatuist tuntavalt lahku. Võtame seemned, ehk ivad, nagu neid harilikult

Ka herne idanemise käigus näeme mõnesuguseid iseäralduši. Herne idulehed jäävad maa sisse ja ei tõuse välja päevalgele, nagu seda nägime oa juures (26. joon.).

9. Rukis. Mittekõik seemned pole kahe idulehega. Paljud lähevad eesmõned rukki nimetatakse, ja

leotame neid kõige pealt jällegi vees. Vaadeldes neid peale seda (27. juun.), näeme, et iva üks ots on nūri ja kaetud karvakestega, teine ots aga terav. Piki iva näeme ühel pool vagu, teiselt poolt aga on iva kumer. Just sellel poolel, teravamata otsa lähedal, asub seemne välise nahakese all idu. Kuid siin pole nahake lahtine, nagu oal ja hernel, vaid on seemnega ühte kasvanud. Sellepärast näeme idu ainult siis, kui oleme seemne lõhki lõiganud. Siis paistab meile silma, et seeme on peaaegu üleni täidetud ta-



27 juun. Rukki iva. 1 — väljastpoolt; 2 — pikuti pooleks lõigatud; *K* — idu; *H* — toitkude (*endospermum*). 3 — Iva alumine osa tugevamal suurendusel: *Kn* — pung, *St* — vars, *W* — juur, *H* — kest.

gavaraks pandud toiduainetega, peaaegult tärglusega. Kuid siin ei asu need tagavara-ained mitte idulehtedes, nagu eespool-vaadeldud seemnetes, vaid eraldi selle kõrval. Niisuguseid idu kõrval asuvaid tagavara-aineid nimetatakse toitkoeks (*endospermum*). Idu on ühendatud toitkoega isäralise kilbitaolise lehekese abil, mis toitvaid aineid toitkoest välja imeb ja edasi annab idule. See pole muud kui rukki ainuke iduleht. Tähendab, rukis on ühe idulehega taim. Idanemine sünnib peajoonetes samuti, nagu eespool-kirjeldatud taimedel. Kõige pealt ilmub juur, sellele järgneb pung, mis oma terava otsaga tungib hästi mullast läbi. Iduleht jääb mulla alla, sest ta peab jääma toitkoega ühendusesse, et muretseda kasvavale idule tarvilist toitu.

Samasuguse ehitusega on ka teised teravilja, nagu nisu, kaera ja odra ivad.

10. Idanemise tingimused. Vaatleme nüüd, missugustesse tingimustesse peab seeme sattuma, et ta hakkaks

idanema. Kõige pealt on muidugi tähtis, et seeme ise oleks terve ja idanemisvõimeline. Kui külvame näituseks sada rukki-iva kohasele pinnale, siis hakkavad nad mõne päeva pärast idanema, kuid mitte kõik; kahe-kolme päeva pärast tõusevad veel mõned, kuid lõppude lõpuks näeme, et mõned ivad on hoopis idanemata jäänud. Nad ei olnud idanemisvõimelised.

Seemnete idanemisvõime oleneb mitmest asjaolust. Mõnikord juhtub, et seemned korjatakse liig vara ja poolvalmilt. Teinekord jälle on seemned liig kaua seisnud. Mida kauemini seemned on seisnud, seda vähem on nad idanemisvõimelised. Mitte kõik seemned pole selle poolest ühesugused. Rasva- ja õlirikkad seemned, nagu lina, kanepi, päevalille omad, on kõige idanemisvõimelisemad alles teisel aastal peale lõikust, kauemini seistes hakkab nende idanemisvõime vähenema ja kaob sootuks 3—4 aasta pärast. Tähtsirikkad seemned, nagu teravili, hernerid, oad j. n. e., hoiavad oma idanemisvõimet hoopis kauemini alal. On ette tulnud juhuseid, kus 20 aastat seisnud nisuivad on idanema hakanud.

Teiselt poolt jälle on seemneid, mis õige ruttu oma idanemisvõime kaotavad. Näituseks paju seemned on idanemisvõimelised ainult kahe nädala jooksul peale valmimist.

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

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

Kui paneme seemne vette ehk 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 tunta-

valt 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 sünnib suure jõuga, võib näha järgmisest lihtsast katses: paneme väikese pudeli herneid otsani täis ja lisame vähehaaval vett juure, sedamööda kuidas hernerid seda sisse imevad. Hernerid paisuvad ja mõne aja pärast läheb nende kasvav rõhumine nii suureks, et pudel lõhkeb.

Sarnaseid katseid on tehtud isegi tugevate metallist nõudega, kus seemned on pealt kaetud liikuva punniga. See punn on ühenduses rõhumist mõõtvaga riistaga, ja riista näitamiseks võime näha, et paisuvate seemnete rõhumine on väga suur. Mõnel juhtumisel on seemned isegi ligi saja kilogrammilise raskuse üles tõstnud.

Peale selle, kui seeme on veega küllalt läbi niiskunud, algab temas toidu-tagavarade lahundumine ja ühtlasi idu kasvamine. Kuid selleks on peale niiskuse olemas 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 üleliigse soojuse käes sama halvasti, kui külma käes. See paras soojuse määr on aga mitmesugustele seemnetele mitmesugune. Näituseks, 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 rukki-ivad idanemiseks veel kõrgemasse temperatuuri, siis tuleb ilmsiks juba

vastupidine nähtus. Idanemine sünnib aeglasemalt. Neljakümne-kraadilises ja suuremas soojuses ei hakkagi ivad idanema. Sellest näeme, et rukkil on idanemiseks oma kõige kohasem soojuse määr $20\text{--}25^{\circ}$ (*optimum*), kõige madalam — $2\text{--}3^{\circ}$ (*minimum*) ja kõige kõrgem — 40° (*maximum*).

Sarnased kõige kõrgemad, madalamad ja kohasemad soojuse määrad võib leida ka teiste taimede jaoks. Näituseks nõuavad kurgid, arbuusid ja meloonid, mis soematest, lõunamaadest pärit, idanemiseks vähemalt 16° sooja, kõige kiiremini idanevad nad aga $+28^{\circ}$ soojuses.

Herned ja oad idanevad vähem kui 10° soojuses õige visalt. Kui soojus tõuseb üle 10° , siis läheb idanemine kiiremini, ja 28° soojuses võivad nad ühe öö-päeva jooksul idu anda. Soojus üle 30° mõjub juba takistavalt, ja $42\text{--}45^{\circ}$ soojuses ei hakka enam ükski seeme idanema.

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 näituseks herned pudelisse ja valame keedetud ning selle järel ärajahutatud vett peale. Herned paisuvad küll, kuid ei anna idu, seiskunad seal kui kaua tahes. Viimati pehkivad ja kõdunevad nad vees ära.

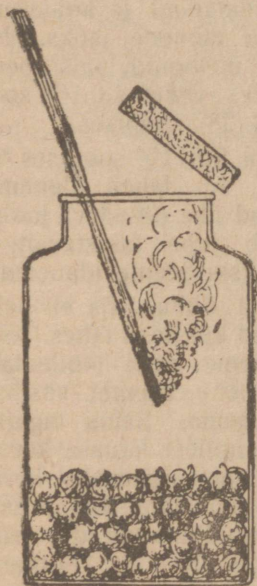
Asetame herned aga laiale, madalale vaagnale ja valame sedasama keedetud vett peale, kuid nii, et herned osalt veest välja ulataksid, siis hakkavad nad peagi idanema, sest õhk pääseb ligi.

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

Neist katsetest näeme, et iga kord, kui seemned ida-

nema ei hakanud, oli neil nimelt õhust puudus. Kui aga õhk ligi pääsis, läks idanemine väga hästi.

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

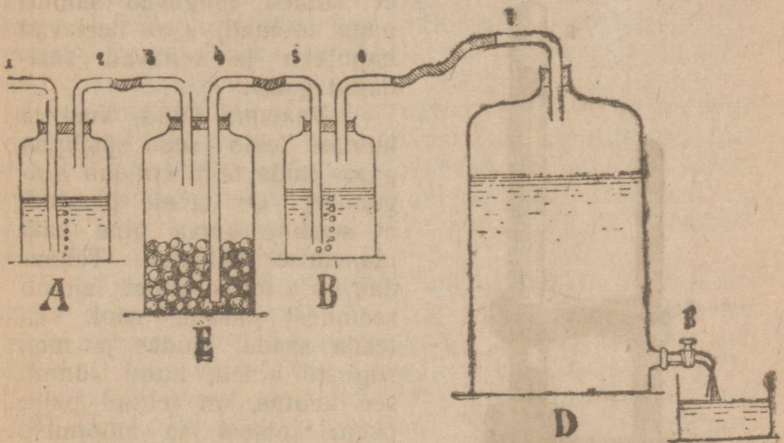


28. joon. Purgis idanevad seemned eritavad süsihapput gaasi, milles lõkendav piirg kustub.

Kõige pealt vaatame, kas muutub oma koosseisu poolest õhk, milles seemned idanevad. Selleks võtame mingi anuma, paneme sinna seemneid, millel juba väiksed itted küljes, ja katame anuma korgiga kinni. Teisel päeval katsume järele, kas õhu koosseis on muutunud. Pistame hõõguva piiru korgi vahelt anumasse (28. joon.). Piirg kustub kohe, ja sellest järeldame, et anumal hapnik puudub. Kuhu ta jäi? Välja ta ei pääsnud, sest anumal oli kork peal. Peab järeldama, et idanevad seemned on hapniku ära tarvitanud. Võib olla, on seemned mõnda muud gaasi asemele eraldanud. Et selles otsusele jõuda, korraldame järgmise katse. Paneme anumasse E idanevaid herneid (29. joon.) ja katame anuma 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 lubjavett. Kui nüüd imeme õhku torust 6 kas lihtsalt suuga ehk parem iseäralise anumaga D abil, millest avatud kraani kaudu vesi välja voolab, siis sünnib kõigis üksteisega ühendatud anumates õhuvool, mis liigub järgmiselt: toa-õhk läheb toru 1 kaudu läbi anumal A oleva

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



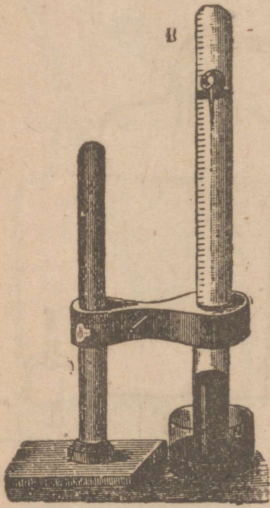
29. joon. Idanevate seemnete hingamist tõendav katse.

sündis anumast A. Tähendab, seemned eritavad süsihaput gaasi.

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

Selle gaasi hulka võime mõõta iseäralise riistaga, mida nimetatakse eudiomeetriks (30. joon.). See riist kujutab enesest klaastoru, mis ühest otsast lahti ja teisest umbne ja mille mahutus on jagatud pügalatega ühesuurusteks osadeks. Sellesse torusse mahutatakse taim

ehk taime osa, mille hingamist tahetakse uurida, ja seatakse siis toru lahtise otsaga elavhõbedaga täidetud anumasse. Mõne aja pärast toru vaadeldes näeme, et elavhõbe seisab ikka endisel kõrgusel. Kui aga laseme toru sisse elavhõbeda pinnale tilga söötkaalit, siis neelab see torus leiduva süsihappu gaasi ja elavhõbeda-sammast tõuseb. Selle tõusmise järele võime otsustada, kui palju süsihaput gaasi on taim eritanud.

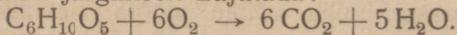


30. joon. Eudiomeeter.

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

Vaatame nüüd, kust ja kuidas tekib see süsihappu gaas, mida taim eraldab hingamisel. On tähele pandud, et seemne kuiva aine kaal idanemisel kahaneb. Tähen-dab, osa kuiva ainet lahku-b seemnest gaaside näol. Et teada saada, kuidas ja mis-suguste ainete kulul sünnib see kaotus, on tehtud palju peeni katseid ja mõõtmisi. Nende tagajärjed näitavad, et laguneb ja kaob peasjalikult tärkli-s, teised ained aga vähe-mal määral. Nagu teame, kuulub tärkli-s süsivete hulka, ja tema keemiline koosseis

on: $C_6H_{10}O_5$. Hingamisel neelab seeme hapnikku, tärkli-s ühineb sellega ja laguneb süsihappuks gaasiks ja vee-auruks, mida seeme välja hingab. Nii võib siis hingamise keemilist käiku järgmiselt kujutada:

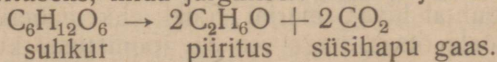


Mis tähtsus on aga hingamisel taime jaoks? Me näeme, et taim kulutab selleks oma toidu-tagavarasid; arva-tavasti ei tee ta seda mitte asjata. Hapniku ühinemist tärkli-sega võime võrrelda põlemisega. Kiire põlemise kor-

ral tekib energia leegi ja soojuse näol. Taime hingamisel sünnib see ühinemine aeglaselt, tagajärjeks on samuti energia tekkimine, kuid mitte leegi ega tuntava soojuse näol, vaid suuremalt jaolt iseäralise energia näol, mida võiksime nimetada elujõuks ja mis on arvatavasti kõigi taime eluavalduste, nagu idanemise, kasvamise ja sigimise allikaks ja ergutajaks. Seda jõudu saab taim ainete lagunemisest hingamisel.

Loomade juures seisab hingamine ühenduses enamasti alalise kõrgendatud kehasoojusega. Võib olla, tõuseb ka taime kehasoojus hingamisel. Et selles otsusele jõuda, võtame idanema hakanud rukki- ehk 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 juhusel, kui seemneid on küllalt paks kiht, sest õhuke kiht jahtub liig ruttu ümbritseva õhu käes.

Elmistest katsetest ja vaatlustest selgub, et taim tarvitab hingamiseks hapnikku. Kui pidada taime kauemat aega ruumis, kus hapnik puudub, siis sureb taim ära. Lühikest aega võib taim aga ka ilma hapnikuta läbi saada. Selle juures kestab süsihappu gaasi eritumine edasi. Kust saab aga taim nüüd hapnikku? Me teame, et mitmed taime kehas olevad ained, nagu tärklis, suhkur j. n. e., sisaldavad hapnikku. Seda oma kehast pärit olevat hapnikku tarvitabki taim välise hapniku puudusel. Säärast hingamist nimetatakse sisemiseks, sest kogu ainete vahetus sünnib siin taime sees. Selle juures lagunevad hapnikku sisaldavad ained enamatel juhusel süsihappuks gaasiks ja piirituseks, mida järgmiselt võib kujutada:



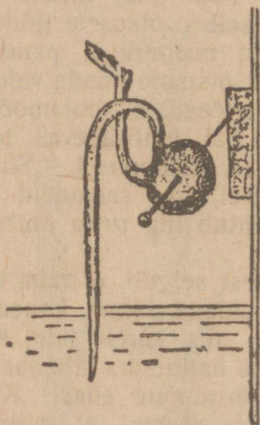
See suhkru lagunemine pole aga muud kui käärimine, mille saadustena tekivad piiritus ja süsihappu gaas. Sellepärast võiksime ka taimede sisemist hingamist nimetada käärimiseks.

Mitmed lihtsamad taimed, iseäranis üherakulised mikrokoobilised seemned, elavad kogu eluaeg ümbruskon-

nas, kus puudub vaba hapnik. Elamiseks tarvilist energiat saavad nad oma ümbruskonna aineid lahutades, tekitades neis käärimist. Säherdusi taimi nimetatakse anaeroobseteks, ja nende hulka kuulub näituseks harilik pärmiseen, mille abil võib käärimisnähtusi esile kutsuda (võrdle lhk. 26).

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 tarvilikud idanemistingimused. Kui need puuduvad, siis võib seeme seista mitmed aastad ilma mingit elumärki avaldamata. Kuid ühtlasi pole ta ka surnud. Ta viibib puhke-seisukorras, kuni soodsad ümbruskonna tingimused ta elule äratavad. Siis hakkab ta idanema. Seemne näol võib taim halbadel olukordadel oma liigielu alal hoida, sest seemned kannatavad halvad olukorrad palju paremini välja, kui taimed ise.



31. joon. Herne idandamine nõõpnõela otsas.

14. Maa ja valgus.

Katsume nüüd selgusele jõuda,

kas on eelkirjeldatud tingimustest seemne idanemiseks küllalt või nõuab see veel kohast maad ja valgust.

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

Kui korraldame kunstlikke katseid, siis muidugi hoolitseme heade idanemistingimuste eest, ja sellepärast pole maal tähtsust. Kui aga külvata seemned põllule ehk peenardele, siis jäävad nad seal enese hooleks, ja siin võib maa väga suurt mõju avaldada. Ta võib takistada õhu ligipääsmist, nagu näituseks tihe niiske savi, ehk liig ära

kuivada, nagu puhas liiv. Kõige paremaks külvipinnaks on ikkagi mustmuld, sest see ei kuiva liig kergesti ja sisaldab tarvilisel määral õhku.

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

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

15. Idu toitmine seemnetagavarade kulul. Meie nägime eelmistes katsetes, et idu kasvab seemnest, ilma et ta tarvitaks midagi ümbruskonnast peale vee ja hapniku. Kõik muud tarvilised toiduained võtab ta neist tagavaradest, mis idulehtedes ehk toitkoos varjul.

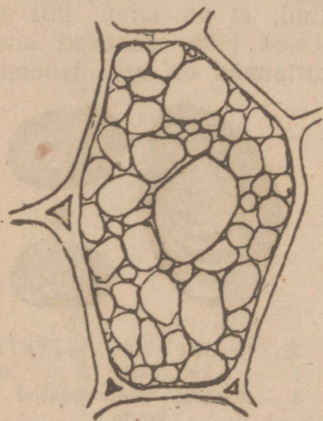
Need tagavarad võivad olla väga mitmesuguse koosseisuga. Kõige pealt leiame sealt tärklist, mida kõige rohkem on jahustes seemnetes, nagu teraviljas, hernestes, ubades. Tärklist võib teiste ainete hulgast kergesti ära tunda; nimelt, kui joodi mõned tilgad peale lasta, siis muutub tärklis siniseks. Võtame näituseks pisut nisu- ehk kartulitärklist 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 tärklisteri kirjeldasime juba eespool. Me nägime, et need olid ümmargused ehk pikergused kerge kihilise ehitusega, sagedasti keskelt praolised. Umbes samalaadilised on ka herne tärklisterad. Võtame nüüd kartulilõigu ja kaabime selle küljest pisut noaga veetilga sisse. Vaadeldes siis veetilka mikroskoobiga, näeme selles rohke-



32. joonist. Tärklisterad:
1 — kartulist; 2 — oast;
3 — kaerast. (Suurendatud 300 korda.)

arvulisi tärklisteri, munalaadilise kujuga ja selge kihitusega (32. joon.). Lihtsate üksikute terade hulgas leiame ka kahest ja kolmest osast koosseivaid. Samal viisil võime vaadelda ka rukki, nisu ja kaera ivades asuvaid tärklisteri. Rukki ja nisu tärklisterad on isekeskis väga sarnased, ümmargused, kettakujulised, pisut märgatava kihitusega. Kaera tärklisterad on aga hoopis isesuguse välimusega. Suur pikergune või ümmargune tera seisab koos suurest



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

proteiiniks. Need ained asuvad seemnetes harilikult ümmarguste või kandiliste teradena. Oa idulehe lõiku vaadeldes nägime, et tärklisterade vahel asusid suurel hulgal peened munavalge-terad. Mõne taime, näituseks lupiini idulehtedes leiame ainult munavalge-teri (33. joon.). Katsume ka siin joodiga, siis näeme, et munavalge-terad ei muutu mitte siniseks, nagu tärklis, vaid omandavad ilusa kollase värvi. Selle iseäralduse järele võime munavalge-teri alati ära tunda. Proteiinteri leiame ka läätsedes, herneastes, nisuivades (34. joon.) ja mujal. Seda võime näituseks nisuivadest kergesti kätte saada. Selleks võtame

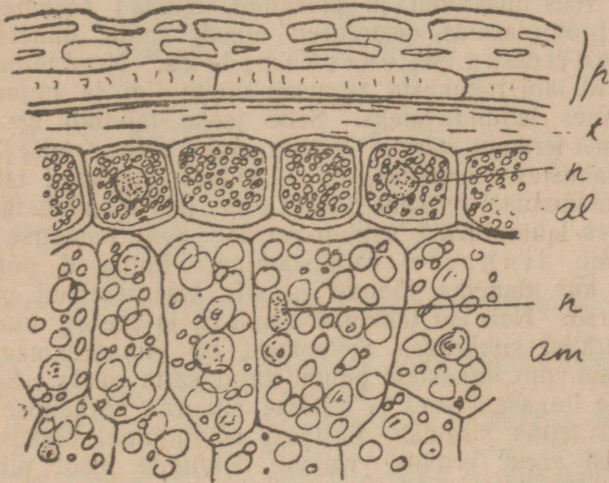
hulgast väikesest kandilistest teradest (32. joon.).

Et iga taim sisaldab isesuguse kujuga tärklisteri, siis on võimalik seda iseäraldust kasutada, näituseks jahu proovimiseks. Kui nisu-jahule on kaera- ehk kartulijahu hulka segatud, siis võime jahu mikroskoobilisel vaatlisel seda kohe avalikuks teha, sest nisu tärklisterade hulgas leiame ka kaera ehk kartuli tärklisteri.

Kõigis seemnetes leiame peale tärklise veel munavalge-aineid, mida nimetatakse

natuke nisujahu, teeme sellest taigna ja hakkame seda veega uhtma. Vesi viib tärglise kaasa, ning järele jääb kollakas kleepiv mass, mis pole muud kui munavalge-aine. Teda nimetatakse sagedasti kleepaineks, sest ta ühendab tärglise taignaks.

Kolmandaks tähtsaks tagavara-aineks on seemnetes õlid ja rasv-ained. Vähesel määral on neid kõigis



34. joon. Nisuiva läbilõike väline osa: *p* — kest; *t* — vahepealne kileke; sellest seespool asub toitkude; *al* — munavalge-aine terad; *am* — tärklisterad; *n* — rakutuomad. (Suurendatud umbes 250 korda.)

seemnetes, iseäranis rohkesti on neid aga nõndanimetatud rasvastes, nagu lina, kanepi, päevalille ja muudes seemnetes. Kui võtame näituseks päevalille seemne ja litsume ta vastu valget paberit, siis näeme, et paberile jääb tume rasvatäpp, sest seeme sisaldab rohkesti rasv-aineid. Õlid asuvad seemnetes kas õige peente tilgakestena või on kogunud suuremateks tilkadeks. Neid võib eritada seemnetest lihtsa rõhumise abil, ja nii saadaksegi lina-, kanepi-, päevalille- ja muud õlid.

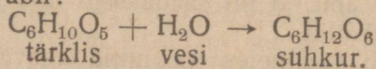
Siis leidub seemnetes veel muid tagavara-aineid, kuid

juba harvematel juhustel ja vähemal määral, nii et me nende juures ei peata.

Ükski kirjeldatud tagavara-ainetest, nagu tärklis, muna-valge ja õlid, ei lahundu vees. Et aga idu neid saaks toiduks tarvitada, peavad nad läbi ümbritsevate rakukestade idu rakkudesse pääsma. See on võimalik ainult siis, kui tagavara-ained muutuvad vees lahunduvateks. Säherdune muutus sünnib ka tõesti idanevas seemnes. Niipea kui seeme vees niiskunud ja paisunud, tekivad seemne rakude protoplasmas iseäralised ained, mida nimetatakse fermentideks ehk entsüümideks. Need fermentid tungivad läbi rakukesta tagavara-ainete ligi ja muudavad need vees lahunduvateks. Selle jaoks tarvitab iga aine isesugust fermenti, tärklis — ühte, muna-valge — teist j. n. e.

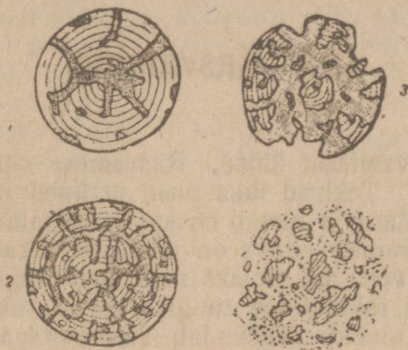
Jahustes seemnetes, mis sisaldavad rohkesti tärklis, tekib idanemisel ferment diastaas, mis muudab tärklise vee sees lahunduvaks suhkur-aineks. Selle omaduse peal põhjeneb linnaste valmistamine. Linnased pole ju muud kui idanema lõõnud ja siis ärakuivatatud rukkid või odrad. Neis on tekkinud diastaas, ja see on muutnud osa tärklis suhkruks. Sellepärast on linnased magusad. Diastaasi võib linnastest puhtal kujul kätte saada. Selleks leotame linnaseid vees ja eritame siis vee kurnamise teel. Saadud leotis sisaldab diastaasi lahundunud olekus. Et diastaasi veest eritada, valame lahundile pisut piiritust hulka. Diastaas eraldub siis õrna valge pära näol. Me võime selle pära koguda kurnamispaberile ja ära kuuatada.

Nüüd vaatame, kuidas mõjub diastaas tärklise peale. Valmistame tärklisest vedela klištri ja valame seda katseklaasidesse. Värvime klištri katseklaasides joodiga siniseks. Lisame nüüd ühte katseklaasi pisut diastaasi lahundit. Vähehaaval hakkab seal sinine värv kaduma, ja klišter muutub viimati kollakaks hõredaks vedelikuks. Diastaas on muutnud tärklise vees lahunduvaks suhkur-aineks. 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 mõjul võime vaadelda otsekohe mikroskoobiga. Siis näeme, et tärklisterades tekivad diastaasi mõjul sooned ja lõhekesed; need muu-



35. joon. Nisu tärklisterade lagunemine diastaasi mõjul.

tuvad ikka laiemaks ja sügavamaks, kuni viimati tärklisterad lõpulikult lagunevad ja kaovad (35. joon.).

Kui seemne-tagavarade hulgas on ka munavalge-aineid, siis eraldab idu isesugust fermenti pepsini, mis lahutab munavalge-aineid ja muudab need nõndanimetatud peptoonideks. Pepsin on inimese ja loomade mao-mahla sarnane.

Samuti on idul isesugused ferendid õlide ja rasv-ainete lahutamiseks.

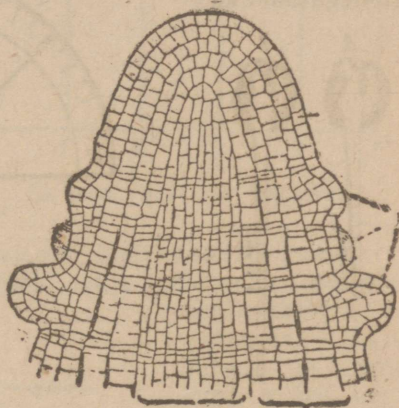
III. Kasvamine.

16. **Kasvamisest üldse.** Kasvamine sünnib rakkude sigimise tõttu. Tekivad ikka uued ja uued rakud; nende arv kasvab alatasa ja ulatab täiskasvanud taimes õige suure hulganí. Kasvamise eduks on táhtis, et rakud saaksid tarvilisel määral vett, mis hoiaks neid alati pingul ja venitaks laiali. Et vesi rakkudesse tungiks, peab rakumahl sisaldama tarvilisi aineid. Táhendab, seemne-tagavarad ei láhe ainuúksi noore tárkava taime toitmiseks, vaid ka selleks, et hoida ta rakkudes alalist pingulolekut — turgorit. Viimane on aga táhtis esiteks kui kasvamise edendaja, teiselt poolt jälle annab ta noorele taimele tarvilise tugevuse.

Teeme noore tárkava taime ülemisest pungast õhukese lõigu ja vaatleme seda mikroskoobiga. Siis náeme, et rakud, milledest pungake koos seisab, on kõik enam-váhem úhesugused (36. joon.). See on ka arusaadav, sest just siin sünnib 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. Pungakese alumises osas náeme úmberringi isesuguseid rakkude kühmi, — need on tulevased lehed. Sedamööda kuidas rakkude arv kasvab, muutub nende vahekord teiste rakkudega ja úmbritseva keskkonnaga. Rakud, mis asuvad väljaspool, satuvad otsekohe väliste mõjude alla. Need aga, mis jäävad teiste vahele, on väliste mõjude eest naaberrakkude varal kaitstud. Selle eest on nad jälle suurema rõhumise all. Üldse jäävad kasvava taime rakud isesugustes taimeosades isesugustesse

tingimustesse, ja see asjaolu mõjub suuresti nende kuju ja edaspidise kasvamise peale. Sellepärast ongi suure täiskasvanud taime rakud nii mitmekesised oma kuju ja suuruse poolest. Nende omavahelises asetuses näeme siiski teatavat korrapärasust. Nimelt asuvad ühesugused rakud suuremate salkadena ja täidavad selle juures taime elus mõnda ühist ülesannet. Meil oli juba jutt niisugustest salkadest ja me nimetasime neid kudedeks. Kudede iseärasused on järjekult ühenduses nende asetusega taimekehas.

17. Kasvamise mõõtmine ja kasvamise järgud. Taime kasvamine ei sünni muidugi ühtlaselt, vaid oleneb mitmesugustest sisemistest ja välimistest tingimustest. Ühed neist edendavad kasvamist, teised mõjuvad selle peale takistavalt, j. n. e. Et sellest selget pilti saada ja ühtlasi mitmesuguste taimede kasvamist võrrelda, on katsutud kasvamist mitmesuguste riistade abil mõõta.



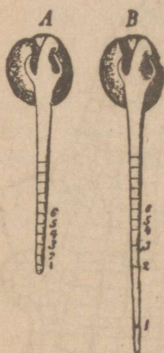
36. Noore kasvava tüve otsa pikiläbilõige. Kõhmunud kahel pool külgedel on tulevased varred ja lehed.

Kõige lihtsam ja algelisem abinõu oleks lihtne mõõdupuu, millega taime pikkust teatavate vaheaegade järel mõõdame. Et aga taimede kasv on aeglane ja väike, siis ei saa lihtsa mõõdupuuga kuigi täpiseid tagajärgi. Taime osade kohta, mis kiiresti kasvavad, võib tarvitada head ja lihtsat mõõtmisviisi. Võtame mõne idaneva seemne, näit. herne, ja tõmbame selle juurele tushiga 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

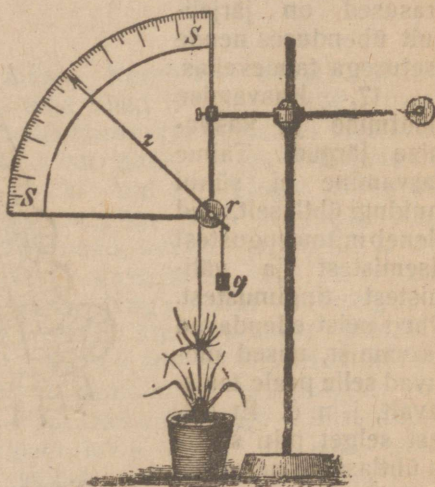
osa, sest siin on kriipsud eemaldunud üksteisest kõige kaugemale.

Aeglasema kasvu mõõtmiseks tarvitatakse iseäralisi riistu, auksanomeetreid, milledest üks 38. joonistusel kujutatud. Kasvava taime ladva külge on kinnitatud peenike siidiniit, mis ulatub üle kergeltliikuva ratta ja paneb selle liikuma. Ratas on ühendatud osutiga, mis taime kasvu näitab.

Uurides nende riistadega taime kas-



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

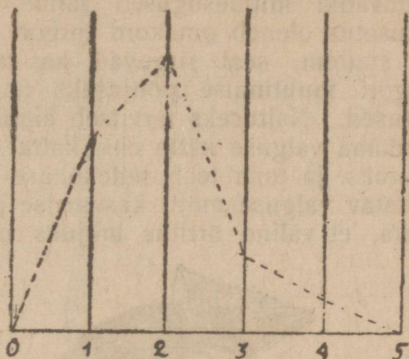


38. joon. Riist taime kasvamise mõõtmiseks (auksanomeeter).

vamist näeme, et see ei sünni mitte ühtlaselt, vaid hoo-kaupa. Kogu taim, ehk ta üksikud osad, kasvavad esmalt aeglaselt, siis hakkab kasvamine kiirenema, jõuab kõige suurema määrani ja jääb siis jälle aeglasemaks. Seda nähtust nimetatakse suureks kasvamisjärguks, ja seda näeme kõikide taimede juures. Tähendades ruudulisel paberil ristjoonel täppidena aja silmapilgud ja neis täppides ülesseatud püstjoontel sellekohased taime kasvud, saame rea täppe, mis moodustavad iseäralise kõvera (39. joon.). See kõver iseloomustab taime suurt kasvamisjärku ja teda nimetatakse seepärast suureks kasvamis kõveraks.

On tähele pandud, et taimed kasvavad päeval aeglasemalt kui ööse, tähendab, valgus mõjub kasvamise peale takistavalt. Peene-

mad uurimused on näidanud, et kõige kiiremini kasvab taim vara hommikul ja kõige aeglasemalt õhtul. See sugust järjekindlat muutust taime kasvamisest nimetatakse väikeseks ehk ööpäevaseks kasvamisjärguks. Seda võime samuti kõverana kujutada ja saame



39. joon. Suur kasvamiskõver.

väikese ehk ööpäevase kasvamiskõvera.

Peale valguse avaldab mõju kasvamise peale ka

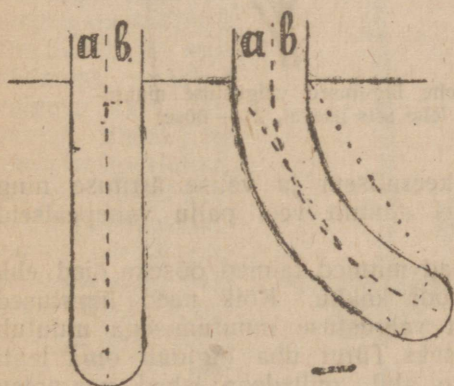
ümbruskonna temperatuur. Kasvamisel on samuti oma kõige madalam, kõige kõrgem ja kõige kohasem soojusmäär, nagu seda nägime idanemisel.

Ka toiduainete rohkus, niiskuse ja hapniku määr ei jäta taime kasvamise peale mõju avaldamata.

18. Liigutused.

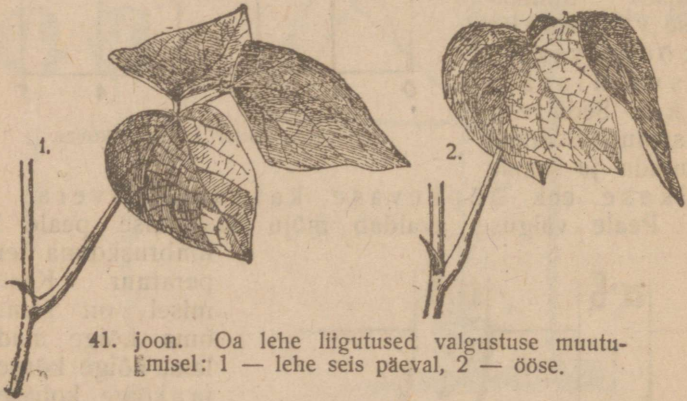
Rakkude kasvamine

ja nende turgor etendavad tähtist osa ka taime liigutustes. Kujutleme omale, et noore taime juure üks kül *a* hakkab mingil põhjusel kasvama kiiremini kui kül *b* (40. joon.).



40. joon. Juure kooldumise skemaatiline kujutus.

Selle tagajärjel kooldub juur kõveraks sinnapoole, kus kasvamine aeglasem. Selle kasvamis-iseärasuse põhjal toimuvadki mitmesugused taime liigutused. Kasvamise ühtlustus oleneb omakord turgori ühtlustusest. Kus turgor suurem, seal sirguvad ka rakud suuremal määral. Turgori muutumise põhjuseks on mitmesugused välised ärritused. Näituseks tarvitseb ainult mõni taimeosa seada heledama valguse kätte ehk katta valguse eest, et turgor muutuks, ja taim teeb sellekohase liigutuse. Sellega ongi seletatav valguse mõju kasvamise peale. Siiski ei pruugi arvata, et väline ärritus mõjuks otsekohe mehhaaniliselt.



41. joon. Oa lehe liigutused valgustuse muutumisel: 1 — lehe seis päeval, 2 — ööse.

Asi on päriselt palju keerulisem ja välise ärrituse ning järgneva liigutuse vahel sünnib veel palju vahepealseid nähtusi.

Nagu teada, surevad mitmed taimed ööseks õied ehk tõmbavad lehed isemoodi kokku. Kõik need liigutused sünnivad selle tõttu, et valgustuse muutumisega muutub rakkude turgor. Näituseks Türgi uba liigutab oma lehti väikeste leherootsukeste abil, milledega lehed pearootsu külge kinnitatud. Valgustuse muutumisel muutub nende pealmise osa rakkudes turgor, ja lehed sirutatakse välja ehk tõmmatakse kokku (41. joon.).

Sääraseid liigutusi teeb taim mitte ainult valguse, vaid ka mitmesuguste muude väliste ärrituste mõjul. Kõiki seesuguseid liigutusi nimetatakse üldse tropismideks.

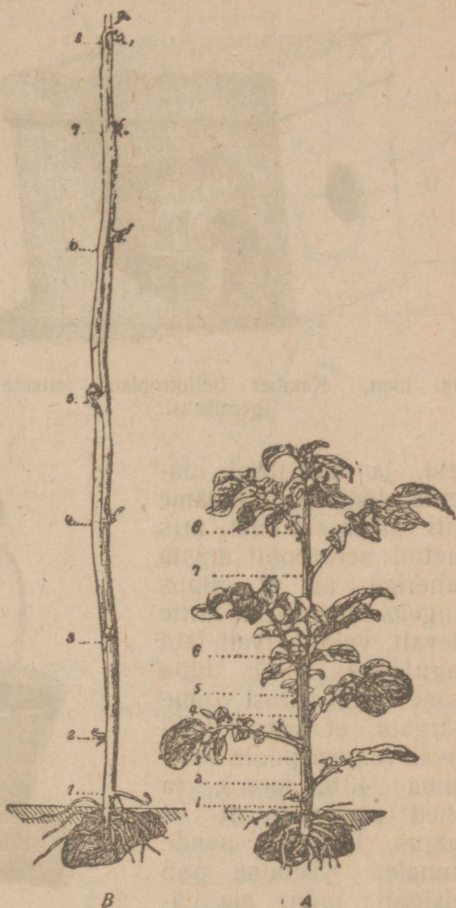
Valguse mõjul toimetulevat tropismi nimetatakse heliotropismiks, maa külgetõmbava jõu mõjul — geotropismiks, keemiliste ainete ärritusel — kemotropismiks j. n. e.

19. Heliotropism.

Taimed on väga valgustundlikud. Niipea kui idu seemnest välja sirgub, hakkab valgus kohe ta peale mõju avaldama; valguse käes muutub ite peagi rohelisteks, pimedas jääb ta aga valkjaskollaseks. Kui ite kauemat aega pimedas on viibinud, siis läheb ta oma välimuse poolest valguse käes kasvanud ittest juba suurel määral lahku.

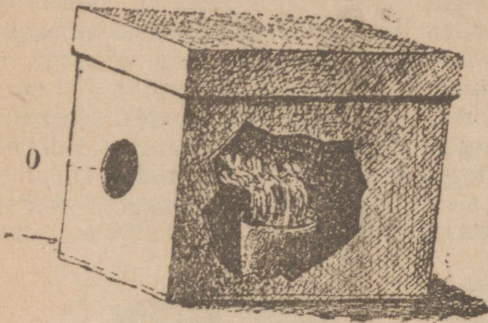
42. joonistusel näeme, et pimedas kasvanud kartuli vars on pikk ning pea-aegu ilma lehtedeta ja pole roheline, vaid on jäänud helekollaseks. Niisuguseid pimedas kasvanud varsi nimetatakse etiooliitiks ehk putkastunuiks.

Sellevastu on valguse käes kasvanud taim omandanud suured rohelised lehed,



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

ja võib nende abil juba iseseisvalt toitu muretseda. Etioolitud varred saavad hukka, kui seemnest toidu-tagavara lõpeb, sest nad ei saa iseseisvalt toitu muretseda.

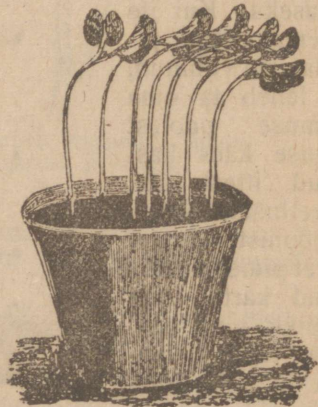


43a. joon. Kamber heliotropismi katsete tegemiseks.

neid, ja kui need idanema lõõnud, aseitame poti väikesesse kast, mis kaetud seestpoolt musta paberiga, nii et valgus langeks idude peale mitte ülevalt, vaid kõrvalt läbi augu (43a. joon.). Juba mõne tunni pärast võime märgata, et varred hakkavad valguse poole koolduma (43b. joon.), ja lehed asetuvad nii, et valgus langeks nende pinnale. Keerame poti teisipidi; mõne aja pärast näeme aga, et varred on uuesti valguse poole pöördunud. Säärast alalist valguse poole püüdmist nimetatakse positiivseks heliotropismiks.

Mõned taime osad jälle, näituseks juured, püüavad

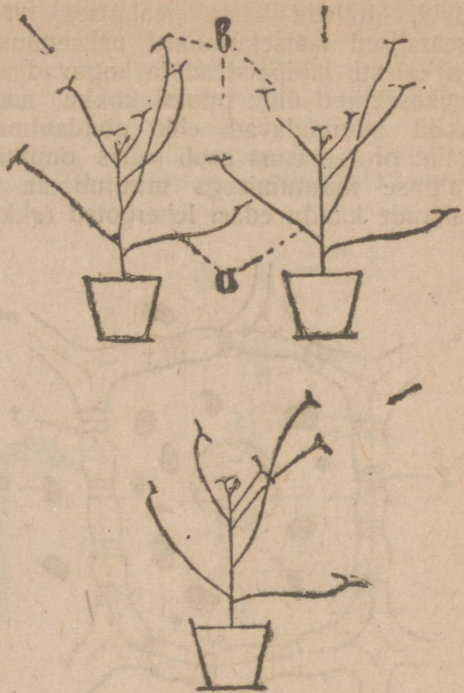
Et taimedel nii suur valguse tarvitus, siis on loomulik, et nad püüavad seda võimalikult suurel määral saada, kui sellest puudus tuleb. Seda võime ka tõesti tähele panna. Külvame potti näituseks kapsaseem-



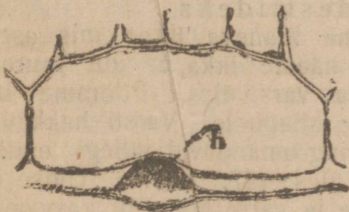
43b. joon. Valguse poole kooldunud kapsataimed.

valgusest eemale. 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. joonisustel näene, kuidas taim asetab oma lehed nii, et nende labad oleksid pöördunud otsekohe valguse poole. Neid liigutusi teeb ta leherootsude abil. Selle juures on muudugi tähtis, et ka



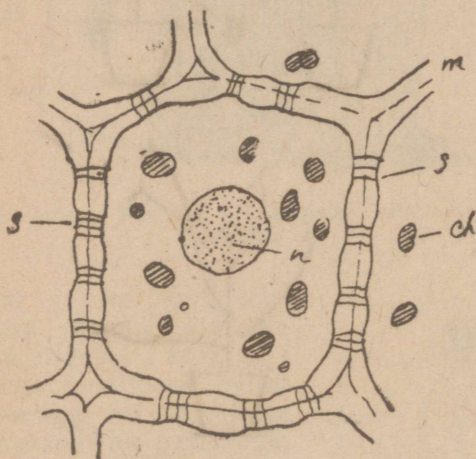
44. joon. Lehtede heliotroopilised liigutused: *b* — reherootsud; *a* — lehelabad. Nooltega on ära tähendatud valguse langemise siht.



45. joon. Valgusetundlik rakk lehe marraskõhas.

lehelaba ise oleks valgustatud. Kõikide taimede lehepind on kaetud õhukese läbipaistva kilega, mis on koos tihedasti üksteise kõrval asuvatest rakkudest. Mõnel taimel (näituseks kullukatel) leiame nende rakkude hulgas suure-

maid, millede kesta pealmises, välimises osas asuvad iseäralised läätsekujulised paksendused (45. joon.). Need on täiesti läbipaistvad ja koguvad nende peale langevad päikesekiired ühte punkti kokku, nagu seda teevad hari-likud suurendavad ehk nõndanimetatud päikeseklaasid. Raku protoplasma saab selles punktis ärritatuks, ja ühes valguse muutumisega muutub ka ärritus. See antakse rakkude kaudu edasi leherootsu rakkudele, kus selle tõttu



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

turgor muutub, ja lehed teevad kohase liigtuse.

Ärrituste edasiandmine ühest rakust teise on täiesti võimalik ja arusaadav, sest kõik rakkud on ühendatud esikeskis peente protoplasma- niidikestega, mis ulatuvad läbikes- tade (46. joon.). Neid niidikesi, mis ühenda- vad mitmeraku- lise taime ko- gu protoplasma üheks suureks protoplasmavõr-

guks, nimetatakse plasmodesmideks.

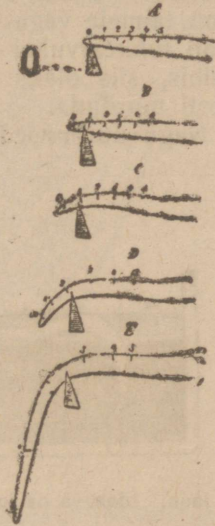
20. Geotropism. Seame idaneva hõne mis asen- disse tahes, mõne aja pärast näeme ikka, et idu juureke pöördub otsaga allapoole ja vars üles. Pöörame itte ümber — juure üles ja varre allapoole. Varsti hakkavad aga juur ja vars koolduma ning omandavad jällegi endise sihi: juur allapoole, vars üles (47. joon.). Üldse on tähele pandud, et taime juure ja varre loomulik kasvamis- siht langeb ühte maa peale langevate asade sihiga, see on loodjoonega. Arvatavasti sünnib see naakera tõmbejõu

mõjul, ja sellepärast nimetatakse seda taimede omadust geotropismiks.

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



47. joon. Idaneva herne geotropilised kooldumused.



48. joon. Kasvava juure geotropism.

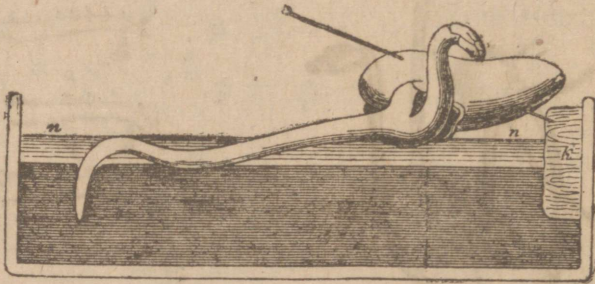
mise tõttu. 48. joonistusel on kujutatud juure ots, millele on tehtud tushiga üksteisest ühekaugusel seisvad märgid. Kus juur kasvab, seal nihkuvad märgid üksteisest ikka enam eemale. Selgub, et ka geotropiline kooldumine sünnib ainult seal, kus märgid eemalduvad, s. o. kus juur kasvab. 49. joonistuselt näeme, et itte juur tungib suure jõuga temale kasvamisteel takistuseks oleva elavhõbeda sisse.

Täiskasvanud taimede, näituseks puude, juures võib tähele panna, et mitte kõik oksad ei kasva loodsihis.

Näituseks, kõrvaljuured ja oksad kasvavad enam ehk vähem viltu, isegi ristloodis. Kuid tähtis on see, et iga taimeosa hoiab kindlasti kinni oma esialgsest kasvamisihist, olgu see missugune tahes. Ainult teised, tugevamad mõjud, näituseks valgus, võivad seda muuta.

Nendest nähtustest järeldame, et taimed, nagu loomadki, võivad määrata oma seisukorda loodjoone suhtes, ehk teisiti öeldes, oskavad oma keha tasakaalus hoida. See on taimele väga tarvilik, sest kui suure puu tüvi, mis kannab rohkearvulisi oksa ja laialist lehestikku, ei kasvaks loodsihis, siis oleks ta tasakaaluta seisukorras ja võiks kergesti murduda.

Nagu uurimused on' näidanud, hoiavad loomad end



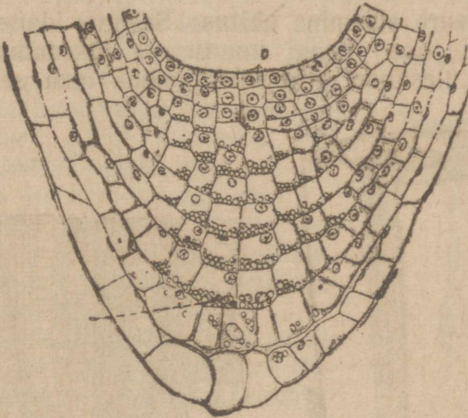
49. joon. Idaneva oa juur tungib geotropismi mõjul elavhõbedasse.

tasakaalus iseäraliste riistade abil, mis kõrva ühenduses. Hakati uurima, kas ka taimedel sarnaseid riistu pole. Selles asjas pole veel täiele selgusele jõutud, kuid on olemas väga tõenäoline arvamine, et taimed tunnevad oma seisukorda mitmesuguste kehakeste abil, mida rakkudes alati leidub, nagu tärglisterad, kristallid j. n. e. Neid kehakesi nimetatakse üldse, kui nad tasakaalus hoidmisest osa võtavad, statoliitideks. 50. joonistus kujutab juure otsa, mis kasvab otse allapoole. Kõik tärglisterad 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 näitu-

seks ristloodi, siis nihkuvad tärglisterad paigalt ja asuvad rakkude külgedele. See mitteharilik terakeste seisukord ärritab protoplasmat, selle tagajärjel muutub juure kasv mitteühtlaseks ja juur kooldub endisesse seisukorda tagasi.

Peale helio- ja geotropismi võib taimede juures tähele panna tundlikkust mitmesuguste teiste väliste mõjude vastu, nagu niiskus, toiduainete rohkus j. n. e.

On tähele pandud, et juured sirutavad end maapinna kuivematest kohtadest niiskemate poole, ja sagedasti on

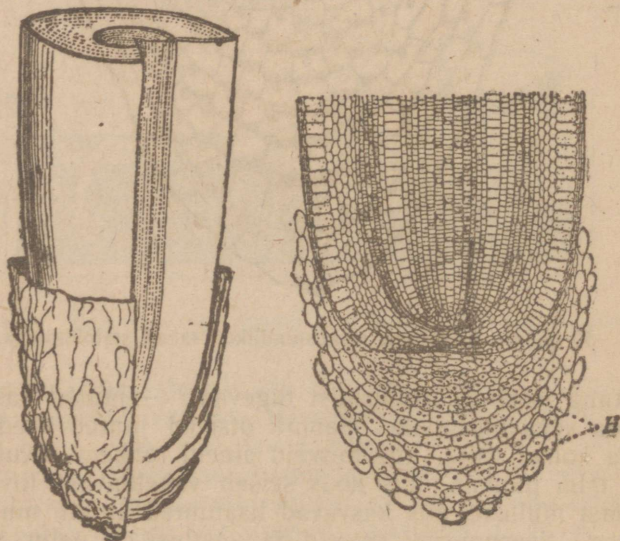


50. joon. Juure otsa raskustundlikud rakud statoliitidega.

see tung isegi geotropismist tugevam, — juured kasvavad mõnda aega ülespoole. Samuti otsivad juured need maapinna kohad välja, kus toitvaid aineid rohkem. Kui istutada taim pinnale, mis koos seisab vahelduvast liivast ja mustast mullast, siis kasvavad lisajuured ainult mullakihtidesse. 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 kahesugused: positiivsed, kui liigutus sünnib ärrituse poole, ja negatiivsed, kui liigutus sünnib ärritusest eemale.

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



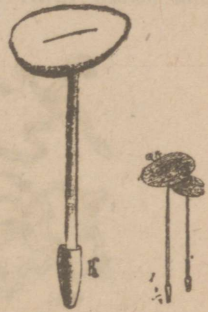
51. Juureotsa läbilõige. Juurekübar.

toitvaid mahlu. Vaatame nüüd lähemalt, kuidas toimetab juur seda ülesannet. Kõige pealt aga tutvume juure sisemise ehitusega. Selleks teeme juurest mitmest kohast peened 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 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 joonistusel, 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, näituseks vesiläätsel ehk lemlel (*Lemna*), mis katab seisvat vett kraavides ja tiikides tiheda roheline vaibana, on juurekübar hästi näha, isegi palja, varustamata silmaga (52. joon.).

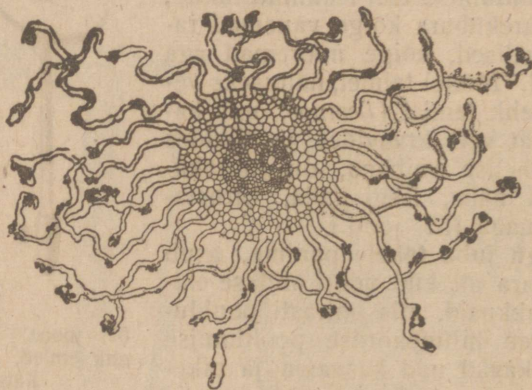
Nagu juba tähele panime, asub juurekübara all kiht noori ühtlase ehitusega rakkusid, mis ohtrasti poolduvad. Alles mitmekordse pooldumise järel hakkavad nad kasvama ja pikemaks paisuma. See poolduvate ja kasvavate rakkude kiht asub juureotsast pisut ülevalpool; seda panime tähele juba herne itte juures,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

Idandame mõne seemne niiskes liivas, ja kui taimeke on juba kaunis pikaks sirgunud, tõmbame ta ettevaatlikult liivast välja. Siis näeme, et juure alumine ots on puhas ja liivast vaba, kuna kõik muu kõrgem osa on tihedasti liivaga kaetud, ja see ei tule isegi raputades ära. Uurides lähemalt selle nähtuse põhjust näeme, et juur on kaetud selles osas, kus liiv külge hakkas, rohkearvuliste peente karvakestega, mida nimetatakse juurenarmasteks. Kui idandame seemet mitte maa sees, vaid lihtsalt niiskes õhus, siis näeme juure küljes puhtaid ja selgesti silmapaistvaid narmaid.



52. Joon. Vesiläätsed ehk lemled, K — juurekübar.

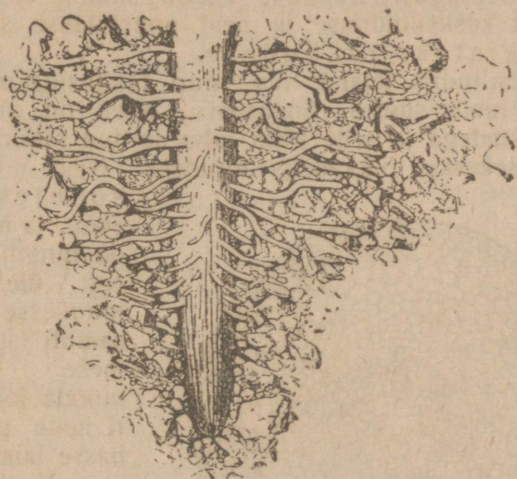
Kui teeme juurest, sellel kohal, kus ta narmastega kaetud, lõigu ja vaatame seda mikroskoobiga, siis näeme, et narmad pole muud, kui juure välise kihi pikaksveninud rakud (53. joon.). See väline kiht, mida nimetatakse juure marrasknahaks (*epidermis*), on juure nooremas osas õige õrn ja pehme, ning just selles osas näeme juurenarmaid. Vanemaks saades muutub ta paksemaks ja kõvemaks, hakkab murduma ja pudenema. Muidugi langevad siis ka narmad ära. Sellepärast leiduvadki need ainult juure keskmises — nooremas osas, ülemises — vanemas osas katab juurt kõva korgistunud kiht.



53. joon. Juurenarmad.

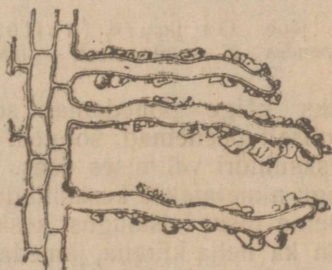
Juurenarmastel on suur tähtsus taime toitmises. Nende abil imeb taim mullast vett ja selle sees lahundunud toiduaineid. Kui näituseks taime ümberistutamist toimetada oskamatult, nii et õrnad juurenarmad saavad viga, siis võib taim kergesti ära kuivada ja hukka saada, sest tal puudub võimalus maa seest niiskust saada. Kuidas aga toimetab juurenarmas vee ja mahlade imemist. Et need narmad pole muud kui juure marrasknaha rakud, siis sisaldavad nad muidugi protoplasmata ja selle sees olevais õõnsustes rakumahla, nagu kõik teised rakud. Osmoosiseaduse põhjal tungib mullaosakeste vahel leiduv vesi narmaste õõnsustesse ja toob enesega ühes mitmesugu-

seid toitvaid aineid, mis leiduvad alati vee sees lahundunud olekus (54a. ja 54b. joon.).



54a. joon. Juureots narmastega mullaosakeste vahel.

See vesi ja lahundid liiguvad edasi suurtesse rakkudesse, mis asuvad paksu kihina otsekohe marrasknaha all, ja tekitavad nõndanimetatud algkoore. See algkoor on alati läbi imbunud veega, mis juurenarmad maa seest saanud. Siit satub vesi juure keskmisesse osasse, mis eraldatud algkoorest iseäraliste paksukestaliste rakkude kihiga ja mida nimetatakse kesk-silindriks. Kiht aga, mis eraldab kesk-silindrit algkoorest, kannab sisenaha ehk endodermi nime. Selle kihi rakud on paksukestalsed, ja vanemates juure osades muutuvad need kestad nii paksuks ja puiseks,



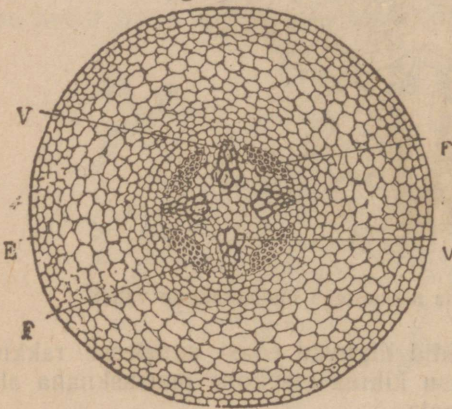
54b. joon. Üksikud narmad tugeval suurendusel.

et ei lase enam vett läbi. Et aga veevool ei takistuks, jääb sisinaha rakkude hulgast mõni kest pehmeks ja õhukeseks. Seesuguste rakkude kaudu sünnib siis veevool alkoorest kesksilindrisse ja neid nimetatakse sellepärast läbilaskjateks rakkudeks.

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

Neid leiame kesksilindris mitmesuguse jämedusega, ja nende asetumises võime märgata teatavat korrapärasust. Otse juure keskel asub harilikult üks ehk



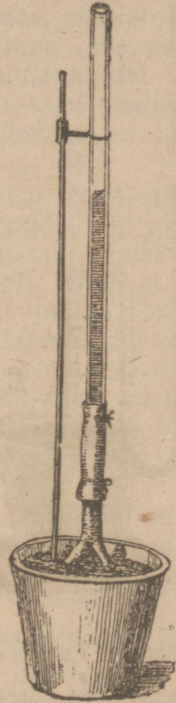
55. joon. Oa juure läbilõige: *V* — puuosa; *F* — niinosa, *E* — marrasknahk.

kaks kõige jämedamat soont, ja nende ümber kiirte- taoliselt peenemad sooned. Kõige peenemad sooned on kesksilindri välises osas. Seda puitunud seintega soonte kogu nimetatakse kesksilindri puuosaiks. 55. joonistusel näeme pisut teistsugust kesksilindri ehitust. Sooned asuvad siin ka nelja kiirena, jämedamad seespool, peenemad väljaspool, kuid silindri keskmises osas puuduvad sooned täiesti ja nende asemel leiame iseäralist ühtlase ehitusega rakkudest koosseisvat kudet, millel palju sarnasust alkoore koega. Seda kudet nimetatakse s ü d a m e k o e k s. Nelja soonesalga vahekohtades näeme iseäralisi peenemate rakkude kogusid, mida mööda ka mahlad voolavad, ja mida nimetatakse n i i n e k s.

Eelmisi kirjeldusi kokku võttes näeme, et juur seisab koos peajasjalikult kahest lahkuminevast osast: välimisest — algkoorest ja sisemisest — kesksilindrist. Neid eraldab üksteisest sisinahk. Algkoor on ühtlane pehme kude, kuna kesksilinder on koos peajasjalikult jämedatest, puitunud soontest. Säärane juure ehitus on väga ots-
tarbekohane. Pehme vettneelav algkoor asub väljaspool ja puutub otsekohe maaga kokku. Teiseks juure ülesandeks on kinnitada taime maa külge, ja sellepärast peab ta igasuguse venitamise ja katkumise välja kannatama. Selleks ongi juurel vastupidavamad osad koondunud keskpäika, ja ta tuletab meelega oma ehituse poolest tugevat köit.

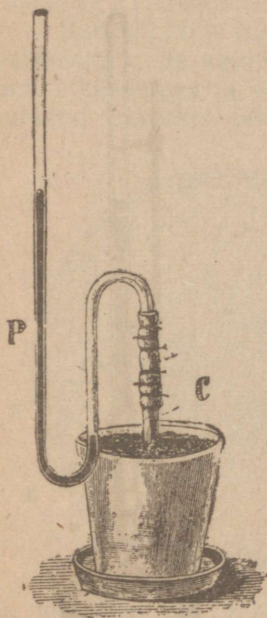
22. Juurerõhumine. Juurenarmaste ülesandeks oli võtta maa seest vett ja toimetada seda edasi kesksilindrisse. Iga narmakese poolt saadetud veehulk on muidugi väga väike, kuid selle eest on narmakeste eneste arv suur, — iga väikese noore juurekese küljes võib neid lugeda tuhandetena. Kui aga võtame suurekskasvanud haralise juure, siis leiame mitmed miljonid narmakesi, mis tungivad iga mullaosakese vahele ja võtavad maa seest kõik, mis seal leida ja mida taim tarvitab. Üks teadlane arvas välja, et kui asetada kõik nisu juure narmad üksteise järel

ritta, siis oleks see rida mitme versta pikkune. Kui aga nad kokku koguda, siis saab neist vaevalt sõrmkübara-täis. Tähendab, taim oskab vähesest materjalist ehitada omale riistu, mis väga suure töö ära teevad. Sest kui need miljonid narmakesed hakkavad vett rõhuma kesksilindri soontesse, siis saavad need peagi täis, ja vesi tõuseb kõrge-



56. joon. Juurerõhumist selgitav katse.

male varre sisse ning jookseb igale poole taime keha mööda laiali. Kui aga lõikame varre otse juure pealt maha, siis saadab juur muidugi vett edasi ja see nõrgub tilkadena lõikekohast välja. Seame sinna kohta pika klaas-



57. joon. Juurerõhumise mõõtmise: *C* — äralõigatud tüve ots; *P* — elavhõbedaga täidetud klaasitoru, mis täidab rõhumismõõtja (manomeetri) aset.

toru ja ühendame selle kummitoru abil juurega (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 mitme sülla kõrguseni. Selle veetõusu põhjust nimetame juurerõhumiseks. Klaasitoru võib ühendada elavhõbedamanomeetriga (57. joon.), ja siis võime juurerõhumist otsekohe mõõta. Mitme taime juures on see suurem kui välisõhu rõhumine. Suured puud laialiste juurtega, mis kaetud rohkearvuliste narmastega, rõhuvad vett arvatavasti veel suurema jõuga, kuid siin on seda raske mõõta.

Narmad katavad juurt ainult selle keskmises osas. Narmad imevad maa seest vett ja kuivatavad nii mulla oma ümber ära. Juur aga kasvab edasi sügavamatesse, niiskematesse kihtidesse ja kattub uute narmastega. Vanemas juure osas aga surevad ja kaovad narmad ära, sest nad on mulla kuivaks

imenud ja on sellega ülearusteks saanud.

Juurenarmastesse tungib vesi ühes lahundunud mineraalainetega. Kuid sagedasti võib tähele panna, et juurenarmad omandavad ka niisuguseid aineid, mis vees ei lahundu. Pae pragudes kasvavate taimede juured söövad sügavad jäljed paepinnale. Sagedasti võib leida maa

seest juurte vahelt kiva, millede pinnal selgeid juure jälgi näha. Säärast juure söövat ja lahundavat tegevust seletatakse järgmiselt. Me teame, et puhas vesi ei lahunda ei paekivi, ei mitmeid muid aineid, mis maa sees leida. Kui aga vesi sisaldab pisut süsihaput gaasi, siis lahundab ta õige mitmeid aineid. Et taime hingamine sünnib kogu pinnaga, järjekult ka juure närmaste kaudu, siis eraldavad nad süsihaput gaasi. See segub mullaosakeste vahel asuva veega, ja nüüd lahunduvad selles vees paekivi ja mitmed teised ained. Kus juur nende ainetega on kokku puutunud, jäävad jäljed järele.

On isegi leitud, et juur eraldab ka mõnesuguseid happeid, mis ainete lahundamiseks määratud. Kui noored juured lasta kasvamise ajal kokku puutuda sinise lakmuspaberiga, siis tekivad seal punased täpid ja jooned. See on meile tõenduseks, et juured on eritanud mingit hapet, mis värvib sinise lakmuspaberi paguti punaseks. 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 hape sinna söönud.

Seesugusel juure lahundaval omadusel on suur tähtsus mullapinna tekkimises. Taimed lahutavad ja murendavad aegade jooksul kiva ja kaljusid, ning sellest lagunemismaterjalist tekivad maapinna kihid.

23. Taime koosseis. Katsume nüüd selgusele jõuda, missuguseid aineid omandab juur maa seest. Iga taim kasvab seemnest välja*). Esialgu toidab idu end seemnes tagavaraks olevate ainetega, kuid tugevamaks muutudes hakkab ta peagi ümbruskonnast iseseisvalt toitu muretsema, ja kõik ained, milledest taime keha koos seisab, on nähtavasti peaaesjalikult mulla seest juurte kaudu saadud. Järjekult võime taime keha koosseisu järele ka otsustada, missuguseid aineid omandab juur maa seest. Taime koosseisu uurimist toimetatakse järgmiselt. Võetakse taim ette-

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

vaatlikult ühes juurtega maa seest välja, pestakse juured külgehakanud mullast puhtaks ja kaalutakse siis taim ära. Peale seda kuivatatakse teda umbes sajakraadilise soojuse käes. Vesi, mis taimes sisaldub, aurab siis ära ja järele jääb nõndanimetatud kuivaine. Viimase hulk määratakse jälle kaalumise teel kindlaks. Selle juures tuleb avalikuks, et vett oli taimes õige rohkesti. Värske rohttaime saja osa peale tuleb umbes 90 osa vett. Kõvas puutüves on vett muidugi vähem, kuid siiski 50—60%. Nii näeme, et taime kehas on kaalu järele enam kui pool vett.

Ülejäänud kuivaine võime omakord kahte ossa eraldada. Ühte liiki ained sisaldavad süsinikku ja põlevad sellepärast hõlpsasti. Siia kuuluvad nõndanimetatud orgaanilised ühendid (kestaine, tärklis, munavalge-ained, õlid j. n. e.). Teine liik aga ei põle. Kui kuumutame ettevaatlikult taime kuivainet, siis lahkuvad sealt orgaanilised ühendid süsihappu gaasi, veeauru ja gaasiliste lämmastikuühenduste näol. Järele jääb tuhik, mis on koos mittepõlevaist aineist. Seda näeme alati, näituseks ahju küttes. Järelejäänud mittepõlevaid aineid nimetatakse mineraal- ehk tuhikaineteks. Mineraalainete ja kogu kuivaine kaalude vahe näitab meile, kui palju kuivaine sisaldas orgaanilisi ühendusi. Harilikult sisaldab kuivaine 10% tuhka ja 90% orgaanilisi ühendusi. See vahekord pole alati ühesugune, vaid enam-vähem kõikuv.

Nüüd tuleks veel leida, missugustest algainetest on tuhik koos. Seda võib toimetada muidugi ainult keemialaboratooriumis sellekohaste riistade ja lahutamisviiside abil. Sääraseid lahutusi on muidugi palju ja mitmesuguste taimedega tehtud, ning tagajärjed on järgmised. Kõikide taimede tuhikaineis leidub metalle — kaaliumi, naatriumi, kaltsiumi, magneesiumi ja rauda, ning metalloididest — väävlit, vösvorit, kloori ja räni.

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

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

Vesi	Orgaanilised ühendused		T u h k			
			Metallid		Metalloidid	
Vesinik H	Süsinik	C	Kaalium	K	Väävel	S
Hapnik O	Hapnik	O	Naatrium	Na	Vosvor	P
	Vesinik	H	Kaltsium	Ca	Kloor	Cl
	Lämmastik	N	Magneesium	Mg	Räni	Si
			Raud	Fe		

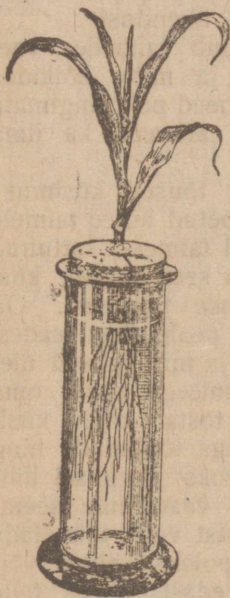
Muidugi ei sisaldu need algained taimes puhtal kujul, vaid tekitavad üksteisega mitmesuguseid ühendusi.

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

24. Kunstlikud kultuurid. Nüüd tõuseb küsimus: kas on kõik need eelmises tabelis ülesloetud ained taimetele tingimata tarvilikud? Võib olla, on nad taimesse sattunud ainult selle tagajärjel, et neid alati maa sees leidub, kust nad lihtsalt ühes veega taime juurtesse tungivad. On väga tähtis leida vastust selle küsimuse peale, sest teades, missugused ained on taimetele tarvilikud ja missugused ülearused, võime tarviliste ainete juurelisamisega saaki oma põldudel ja viljaaedades suurel määral tõsta. Selle küsimuse kallal on teadlased kaua ja hoolega töötanud, ning praegusel ajal võib teda pidada otsustatuks järgmisel lihtsal ning teravamõttelisel viisil. Kui me vaatlesime seemnete idanemist, siis nägime, et idandamist võib toimetada ka ilma mullata, — lihtsalt vees. Kas poleks vahest võimalik kasvatada tärgranud itet vee sees edasi, andes talle puhta vee asemel nende ainete lahendid, mida taim tarvitab. Tehti sellekohaseid katseid ja leiti, et see mõte on täiesti läbiviidav. Taimi võib kasvatada iseäralistes anumates, 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. Taimed juured ulatavad 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:

- 1 osa kaalisalpeetrit KNO_3
 - 1 „ vosvorhaput kaaliumi KH_2PO_4
 - 1 „ väävelhaput magneesiumi MgSO_4
 - 1 „ lämmastikhaput kaltsiumi $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
- pisut kloorisrauda FeCl_3 .



58. joon. Vesikultuur.

Lahund peab aga õige lahja olema: 1—2 osa soolasid 1000 osa vee peale. Ka on otstarbekohane klaasanumat valguse eest pappkestaga varjata, sest valguse käes tekib vette suurel hulgal seeni ja vetikaid, mis taime loomulikkude kasvu muidugi takistavad. Peale selle peab vett anum vahetevahel tuulutama, see on, värsket õhku läbi laskma, sest juured tarvitavad hingamiseks hapnikku.

Seesuguse sisseseade juures kasvavad taimed hästi, hakkavad isegi õitsema ja kannavad vilja, mõnikord isegi suuremal määral kui harilikult tingimustes. Säärast taimede kasvatamise viisi nimetatakse vesikultuuriks. Muidugi võib vee asemel võtta mõne kindla aine, mida taim ei saa toiduks tarvitada ja mis talle ainult aluspinnaks oleks, nagu puhas räni-liiv või klaasipuru. Seda niisutatakse siis toitvate lahunditega, nagu eelmiselgi juhusel. Taimede kasvatamist säherdustes kunstlikkudes tingi-

mustes, olgu see vesi, liiv või klaasipuru, võime nimetada üldse kunstlikuks kultuuriks.

Kunstlikkude kultuuride abil saab kõige mõnusamini otsustada küsimust: missugused ained on taimele tingi-

mata tarvilikud. Idandame mitu ühesugust ühe ja sama taime seemet ja kultiveerime neid kunstlikult edasi. Iga idanenud seemne asetame isesugustesse tingimustesse. Näituseks, ühele lisame vee hulka kõiki soolasid, teisele jätame aga ühe aine, näituseks kaaliumi lisamata, kolmandale jätame lisamata mõne teise aine, näituseks kaltsiumi j. n. e. Peagi märkame kasvavate taimede lopsakuses suuremat või vähemat vahet. Kuna see taim, millel kõik tarvilised ained käepärast, on sirgunud õige pikaks ja tugevaks, on need taimed, millel puudus kaalium ehk lämmastik, jäänud õige väikesteks ja kidurateks. Samuti tunnevad taimed puudust ka kaltsiumist, magneesiumist, rauast, väärlis, vosvorist ja kloorist. Räni ja naatriumi puudumine ei tee aga taime kasvamisele mingit takistust. Tähendab, need ained pole taimele tingimata tarvilikud, ehk neid küll leidub taime kehas võrdlemisi suurel määral.

Pöörame nüüd küsimuse poole, milleks just seda ehk teist ainet taimele tarvis läheb. See küsimus pole veel lõpulikult selgitatud. Lämmastik, väävel ja vosvor käivad munavalge-ainete hulka ja on sellepärast protoplasma tähtsad osad. Järjelikult tarvitab taim neid uue protoplasma ehitamiseks, seda mööda, kuidas rakud poolduvad ja kasvavad. Samuti on selge hapniku, vesiniku ja süsiniku tarvilikkus.

Ka raua tähtsus on teatava määran selge. Ilma rauata ei teki taimedes leherohelist, ja taimed jäävad helekollasteks, olgugi et raud ise leherohelise koosseisu hulka ei käi. Kuid raual on arvatavasti veel miski isesugune tähtsus, sest raua tarvitavad ka mitterohelised taimed, näituseks seened. Taimed tunnevad harva puudust rauast, sest nad tarvitavad seda õige vähesel määral, ja peaaegu polegi maad, mis ei sisaldaks seda piskut raua.

Kaaliumi, magneesiumi ja kaltsiumi tähtsus pole veel selgitatud. Teada on ainult, et need ained on taimele tingimata tarvilikud, ja arvatakse, et nad aitavad kaasa mitmesuguste tagavara-ainete (tärglis, munavalge) ehitamisel. On nimelt tähele pandud, et kaaliumi puudusel ei teki mõne taime lehtedes tärglist.

Isesugune lugu on räniainega. Taimede tuhas leidub alati suuremal ehk vähemal määral räniainet. Kunstlikult

kultiveeritud taimed kasvavad aga väga hästi ka ilma ränita. Sellepärast arvatakse, et räni pole taimele tingimata tarvilik, kuid loomulikkudes tingimustes võib ta olla taimele teataval määral kasulik. Iseäranis rohkesti leidub räniainet kõrreliste taimede kõrtes ja osjade lehtedes ning vartes. Nende rakkude kestad on üleni räniainega läbi imbunud. See teeb rakukestad niivõrd kalgiks ja kõvaks, et mitmesugused söödikud, nagu tigud, puutäid j. n. e., ei suuda neile mingit kahju teha. Samad taimed kannatavad aga suuresti söödikute käes, kui nad on kasvatatud ilma ränita.

Ainetest, mida taime keha sisaldab, võib maa sees täiesti puududa süsinik, olgugi et see aine on üks taime tähtsam osa. Peab järeldama, et taim saab oma süsiniku mitte maa seest, vaid kuskilt mujalt. Kust nimelt, seda näeme edaspidi.

25. Väetamine ja viljavahetus. Taim omandab maa seest terve rea mitmesuguseid mineraalaineid. Mida rohkem muld neid aineid sisaldab, seda viljakandvam ta on. Peab aga tähendama, et just neid aineid leidub maa sees niisuguses olekus, et taim neid võiks tarvitada, harilikult õige vähe. Kui me kasvatame oma kultuurtaimi mitu aastat järgemööda ühel ja samal kohal, siis jääb tarviliste ainete hulk maa sees ikka vähemaks ja vähemaks, ning ühes sellega väheneb ka meie viljasaak. Me teame, et taim oskab osalt ka vees mittelahunduvaid aineid toiduks tarvitada, ja selles olekus on mitmesuguseid mineraalsoolaid maa sees alati õige rohkesti. Teisest küljest rikastavad maad lämmastikuühendustega tugevad kõuevihmad, sest õhuelektri tegevusel ühineb õhulämmastik veega, tekitades mõnesuguseid lämmastikuühendusi. Kuid see juuretulev ainete hulk on vähene, ja teda jätkub vaevalt meie vabaltkasvavatele metsataimedele, mis suurt vilja ei kannu. Põldudel aga võetakse sügiseti iga vakamaa pealt kümned puudad vilja, õlgi, heina. Ühes nendega läheb hulk toitvaid soolaid maa seest kaotsi, 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 liig kallis ja kulukas, sellepärast toimetatakse väetamist teisel, lihtsamal ja

odavamal viisil, nimelt rammutatakse põldusid sõnnikuga. See abinõu on ammust ajast tuntud ja laialt tarvitata, olgugi et kaua ta õigest tähendusest aru ei saanud. Asi seisab selles, et loomad, samuti nagu inimene, heidavad suure osa söödud taimetoidust seedimata välja, nii et neis väljaheidetes sisaldub veel rohkesti soolasid, mida taim võib ära kasutada. Väetades põldusid sõnnikuga anname neile osa ainetest tagasi, mis neilt viljasaagina võetud ja loomadele söödetud. Peale selle moodustab sõnniku suurema osa loomade aluspõhk, mis ka viljaväljalt saadud, ja antakse nüüd sellele tagasi.

Nüüdsel ajal tarvitatakse ainult väiksem osa põllusaadustest omas majapidamises, suurem osa aga toimetatakse müügi teel teisale. Arusaadav, et niisugusel olukorral ei jatku põldude väetamiseks oma karja sõnnikust, ja seda peab kõrvalt juure tooma. Et aga sellest igal pool ühesugune puudus, ja et meie siht on tõsta põldude viljarikkust üldse, siis on hakatud põldude väetamiseks tarvitama mitmesuguseid maa seest kaevatavaid mineraalaineid, mis sisaldavad taimetele tarvisminevaid soolasid, ja on ühtlasi palju odavamad kui need soolad puhtal kujul. Sääraseid aineid nimetatakse kunstlikkudeks väetusaineteks ehk kunstisõnnikuks, ja neid on müügil mitmesuguste nimetuste all, nagu kaalisoolad, vosvoriidid, kainiidid j. n. e. Kõigi nende tarvitamisel on ühine ülesanne — rikastada põllupinda uute ainete tagavaradega, mis võimaldaks suuremat ja rikkalikumat saaki.

Vaatame nüüd, missugustest ainetest tunnevad taimed kõige suuremat puudust. Just seesuguste ainetega tuleks mullapinda siis peajasjalikult väetada. Rauda ja magneesiumi tarvitab taim nii vähe, et sellest kunagi puudust ei tule. Kaltsiumi ja räni sisaldavad meie mullapinnad harilikult nii rohkesti, et ka neist ainetest taimedele jätkub. Vähem leidub maa sees vosvori-, väävli-, kaaliumi- ja lämmastiku-ühendusi. Väetades peab just neid aineid silmas pidama.

Et mullas leiduv vosvori-, väävli- ja kaaliumi-ühenduste hulk on vähene, sellest saame aru, sest need on võrdlemisi haruldased elemendid. Imelikum näib aga meile, et taimed tunnevad puudust sagedasti ka lämmastikust, kuna

ometi $\frac{4}{5}$ kogu õhust on puhas lämmastik. Asi seisab selles, et taim ei saa tarvitada vaba õhus leiduvat lämmastikku, vaid võib seda omandada ainult maa seest lämmastikhapude ühenduste näol. Mitmed peened katsed on seda tõendanud. Ja just seesuguste ühenduste poolest jääb mullapind, sagedasti vaeseks. Kui maatükk on olnud aasta vilja all, siis peame teda teiseks aastaks lämmastiku-ühendustega rammutama, et saak ei kahaneks.



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

On aga olemas üks perekond taimi, nimelt liblikõielised (*Papilionaceae* — siia hulka kuuluvad ristikhein, uba, hernes j. t.), mis ei tee mullapinda lämmastiku-ühenduste poolest vaesemaks, vaid koguni rikastavad. See asjaolu oli tegelikkudel põllupidajatel ammu teada, ilma et seda nähtust oleks osatud seletada. Alles hiljemal ajal jõuti selles selgusele. Nimelt leiti liblikõieliste juurtelt isesuguseid mügaraid (59. joon.), milledes elutsevad bakterid. Nende bakteride teenus ongi mullapinna rikasta-

mine lämmastiku-ühendustega. Nimelt seovad nad vaba õhusleiduvat lämmastikku hapnikuga tekitades niiviisi mul-
las uusi lämmastikhapusid ühendusi. Selle keemilise
protsessi puhul vabanevat energiat tarvitavad bakterid oma
kasvamise jõuallikana, ja see toimetus täidab nende juu-
res hingamise aset. Sel teel tekkinud lämmastikhapusid
ühendusi tarvitavad aga liblikõielised taimed toiduks, ja
neid jääb mulla sisse veel ülegi.

Sääraseid lämmastiku-ühendusi loovaid ehk nõnda-
nimetatud nitriifitseerivaid baktere on ka vabalt
mulla sees elutsemas. Nad toimetavad seal vahet pida-
mata oma kasulikku tööd. Looduses sünnib alaline läm-
mastiku ringkäik. Elusad olevused — loomad ja taimed
— surevad ning nende kehases leiduvad hapnikurikkad
lämmastiku-ühendused lagunevad vähehaaval hapniku-
semaiks ühendusiks ning viimati ammoniaagiks (NH_3)
ehk koguni vabaks lämmastikuks. See satub kas otsekohe
või vihmavee kaudu maa sisse, kus nitriifitseerivad baktee-
rid muudavad ta uuesti lämmastikhapudeks ühendusteks.
Neid omandab taim juurtega ja töötab ümber oma keha
koosseisu aineteks, mida loomad omakord toiduks tarvitavad.

Mitte kõik taimed ei tarvita ühel viisil mullas leidu-
vaid aineid. Nagu nägime, saavad liblikõielised tarvis-
mineva lämmastiku nende juurteil elutsevatelt bakteridelt.
Mõni taim, näituseks nisu, tarvitab suuremal määral vos-
vorit, kartul kaaliumi, ristikkein kaltsiumi j. n. e. Sellest
on selge, et kui me ühel ja samal maatükil kasvatame
ühte ja sama taime mitu aastat järgemööda, siis tarvita-
takse ühed ained täiesti ära, ja neist tuleb puudus, kuna
teised jäävad tarvitamata, ja väetamisel kogub neid isegi
juure. Me teame aga, et kui taimel on puudus ühest
ainsastki tarvilisest ainest, siis ei saa ta hästi kasvada.
Sellepärast on väga tähtis vahetada igal aastal põllul kul-
tiveeritavaid taimi. Kõige kohasem on seda vahetust toime-
tada nii, et järgnev taim tarvitaks suuremal määral seda ainet,
mis eelmine oli jätnud kasutamata j. n. e. Niisugust põl-
lupidamise-viisi nimetatakse viljavahetuseks, ja see
on nüüdsel ajal paremais majapidamisis üldiselt tarvitatav.
Hea korralduse varal katsutakse asja ajada isegi nii, et taim
tuleks oma endisele kasvukohale alles 8—10 aasta pärast.

V. Lehe ehitus ja tegevus.

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

Uurides hoolega tingimusi, millede kasvab suurem osa meie rohelistest kuiva maa 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 tarvilisi aineid. Järjekult, kui taim ei saa süsinikku maa seest, siis omandab ta seda teisest keskkonnast, see on õhust. Et süsinikku õhus leidub, seda me teame: õhk sisaldab ju peale oma peaosade — hapniku ja lämmastiku — veel mitmesuguseid gaase, millede hulgas on ka süsihappu gaas. See pole aga muud kui süsiniku ja hapniku keemiline ühendus (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 tonni*). Selles on süsihappu gaasi 0,03% ehk 3000 tonni. Süsihappu gaasi üldine hulk kogu maakera ümbritsevas õhkkonnas on järjekult õige suur, sest maakera kogupind on umbes 500 miljonit ruutkilomeetrit. Taimede jaoks on see tagavara võrdlemisi veel suurem, sest taimekasv ei kata kaugeltki kõike maakera

*) 1 tonn = 1000 kilogrammi.

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. priistli) selgeks teha, missugune on taime vahekord teda ümbritseva õhkkonnaga. Selleks tegi ta järgmisi katseid: ta asetas umbseisse anumasse mitmesuguseid väikesi loomi, kes hingamiseks tarvitasid õhu hapnikku ja eritasid selle asemele süsihaput gaasi. Viimati jäi hapniku hulk anumasse nii väheseks, et loomad lämbusid, sest hapniku vähesuse ja süsihappu gaasi rohkuse tõttu muutus õhk hingamiseks kõlbmatuks. Selle järele pani Priestley samasse anumasse mõne taime, ja nägi, et mõne päeva pärast oli õhu koosseis muutunud: süsihappu gaasi hulk oli vähenenud, hapniku hulk aga sedavõrd kasvanud, et loomad võisid uuesti tarvitada seda õhku hingamiseks. Nii seisis Priestley juba suure ning ülitähtsa leiduse ligi, — et taimed ning loomad hingavad vastupidiselt, nagu ta seda arvas. Kuid mõned katsed andsid järsku hoopis vastupidiseid tagajärgi, nimelt, et taimed eritavad süsihaput gaasi, samuti nagu loomad. Alles mitme aasta pärast läks Hollandi õpetlasel Ingenhousz'il (l. ingenus) korda selgitada seda keeruliseks muutunud küsimust. Ingenhousz sai aru, et Priestley polnud tähele pannud kõiki neid tingimusi, millede katseid korraldati. Nimelt tegi Priestley oma katseid nii pimedas kui ka valguse käes, ilma selle asjaolu peale tähelepanu pööramata. Siiski on valgus sedavõrd tähtis tegur, et teda oleks pidanud arvesse võtma. Ingenhousz kordas Priestley katseid ja näitas, et valguse käes taimed neelavad süsihaput gaasi ja eritavad hapnikku, pimedas aga hingavad samuti nagu loomad, see on, neelavad hapnikku ja eritavad süsihaput gaasi. Peale selle pööras Ingenhousz tähelepanu veel ühe teise tähtsa asjaolu peale, nimelt, et ainult taime rohelised osad eritavad hapnikku sissevõetud süsihappu gaasi asemel. Mitte-rohelised osad aga, nagu juured, mugulad, seemned idanemise algul j. n. e., hingavad nii valguses kui pimedas hariplikul viisil, see on neelavad hapnikku ja eritavad süsihaput gaasi.

Peale Ingenhousz'i on tehtud nende nähtuste üle palju peeni uurimisi, mis kõik on tõendanud Priestley ja Ingenhousz'i oletusi, ja nüüd on täiesti kindlaks tehtud, et taimed omandavad tarvilise süsiniku õhust süsihappu gaasi näol.

Seda võib näidata mitme lihtsa katsega. Kõige mõnusaamad selleks on mitmesugused veetaimed, näituseks vesikatk (*Elodea canadensis*). Võtame kitsa, kõrge klaas-anuma (silindri) ja asetame sinna vesikatku oksakese lehtedega, nii et värske lõikekoht oleks sihitud ülespoole. Et taim ei muudaks oma asendit, võib teda klaaspulga külge kergesti kinni siduda. Siis täidame anuma veega ja laseme veest süsihaput gaasi läbi. See lahundub osalt vees ja taim võib teda tarvitada. Ehk valame lihtsalt vee hulka pisut seltersi ehk soodavett, sest ka need sisaldavad rohkesti süsihaput gaasi. Kui nüüd seame anuma valguse kätte (kõige parem päikesevalguse kätte), siis näeme, et lõikekohast hakkavad tõusma mingi gaasi mullikesed. Need tõusevad sagedasti väga ühtlase, korrapärase kiirusega, nii et võib üles lugeda nende arvu, näituseks minuti jooksul, ja sellest teha mitmesuguseid võrdlevaid järeldusi. Mõne aja pärast viime oma anuma pimedasse, — mullikeste eraldumine jääb kohe vähemaks ning aeglasemaks ja katkeb lõpuks täiesti.

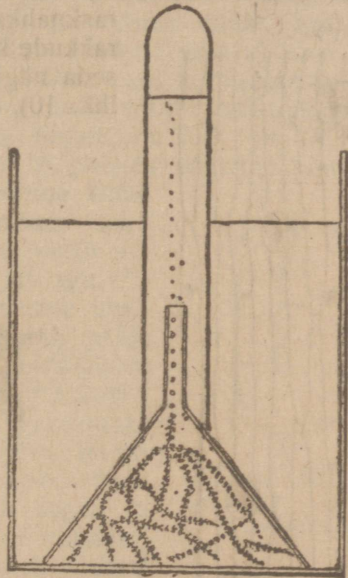
Nüüd peame aga veel selgusele jõudma, kas eraldatud gaas on tõesti hapnik. Selleks peame ta kokku koguma ja järele katsuma. Kõige lihtsamini läheb see meil korda järgmisel viisil. Laia anumasse paneme suurema hulga mõne veetaime lehtedega oksti. Täidame anuma jällegi veega ja laseme sealt süsihaput gaasi läbi, ning katame viimati vee sees olevad taimeosad laia klaaslehtriega kinni, mille otsa seame veega täidetud katseklaasi (60. joon.). Valguse käes hakkavad peagi tõusma gaasi mullikesed, mis juhatakse lehtri kaudu katseklaasi. Kui sinna juba suurem hulk gaasi korjunud, võime asuda selle uurimisele. Võtame ettevaatlikult katseklaasi lehtri otsast maha ja surume talle vee all korgi ette. Siis pöörame katseklaasil otsa üles, kergitame pisut korki ja pistame selle vahelt hõõguva piiru sisse. Piirg lööb kohe lõkkele, tähendab, katseklaasis on hapnikku.

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 ta keha koos seisab. Selleks ühendab ta süsinikku veega ja teiste ainetega, mis juba taimekehas leiduvad ja mis saadud juurte kaudu.

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

Nii puhastavad taimed vahet pidamata õhku üleliigsest süsihapust gaasist, mis korjunud sinna inimese ja loomade hingamise, ning süte, puude ja teiste kütteinete põlemise tagajärjel, ja rikastavad teda uute hapniku hulkadega. Sellepärast jääb õhu koosseis enam-vähem ühtlaseks.

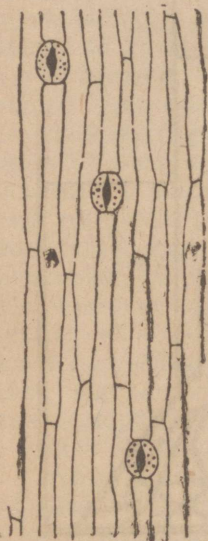
Katsume nüüd endile lähemalt selgeks teha, kuidas



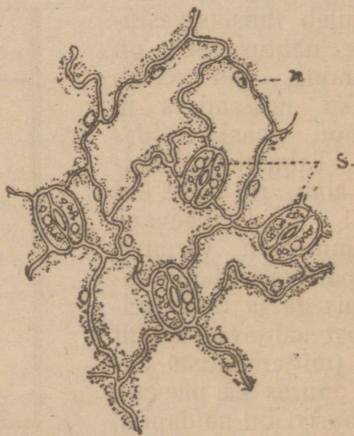
60. joon. Roheline taim eritab valguse käes hapnikku.

nimelt sünnib taimes see tähtis gaaside vahetus. Selleks tutvume kõige pealt selle riista sisemise ehitusega, mille abil taim toimetab gaaside vahetust, see on lehega.

27. **Lehe sisemine ehitus.** Lehed on alati kaetud pealt õhukese rakkude kihiga, mida nimetatakse lehe marrasknahaks. Marrasknaha rakud on üksteisega tihedasti kokku kasvanud, nii et mitmel taimel võib marrasknaha ära käristada õhukese, ühest rakkude kihist koosseisva kihina, nagu seda nägime sibula juures (4. joon., lhk. 10). Teistel juhustel kasvab mar-



61. joon. Hüatsindi marrasknahk.



62. joon. Kaheidulehelise taimlehe marrasknahk: n — rakutuum, s — õhulõhed.

rasknahk tema all olevate rakkude kihtidega tugevasti ühte. Et mikroskoobiga vaadelda marrasknaha, peab tegema lehepinnalt õhukesi lõikusid ja asetama need mikroskoobi alla.

Marrasknaha rakud võivad olla oma kuju poolest mitmesugused. Mõnel taimel on nad pikad, väljaveninud, nagu näituseks sibulal ehk hüatsindil (61. joon.). Mõnel teisel taimel on nad sopiliste ja sakiliste äärjoontega (62. joon.). Igal puhul on rakud üksteisega tihedas ühenduses

ja moodustavad nii kindla kaitsekihi. See kiht on värvitu ja läbipaistev, sest marrasknaha rakud ei sisalda leherohelist.

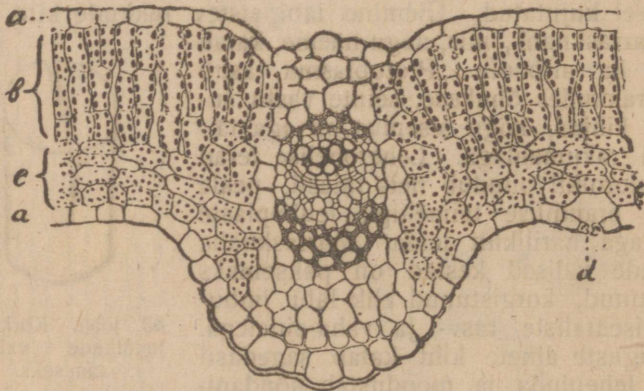
Marrasknaha rakkude sisemuse vaatlemiseks teeme lehest õhukese ristilõigu. Et saada sellega paremini toime, lõikame lehelaba seest tüki ja paneme selle korgi sisse lõigatud pilu vahele, nagu 63. joonistusel näha. Siis lõikame habemenoaga korgi otsast õhukesi viilusid ühes seal sees oleva lehega. Sel teel läheb meil korda saada häid õhukesi läbipaistvaid lõikusid, mida võime mikroskoobiga veetilga sees vaadelda. Üks seesugune lõik on 64. joonistusel kujutatud. Ülemine läbipaistev rakkude kiht „a“ on marrasknahk, mis, nagu näeme, katab lehte ka altpoolt. Protoplasma asub neis rakkudes õhukese, seinte vastu surutud kihina, kogu sisemus on aga täidetud rakumahlaga. Leherohelise terad ehk klorofüll puudub neis täiesti, peale mõne erandilise taimeliigi, leukoplaste võib aga harilikult leida. Marrasknaha rakkude välised kestad on paksemaks muutunud, korgistunud ehk läbi imbutunud iseäraliste rasv- ja vaha-ainetega. Seesuguste ainete kiht katab sagedasti kogu lehepinda ja moodustab nõndanimetatud k a m a r n a h a (*cuticula*). Sellest ei pääse vesi läbi, ka ei niisuta teda vesi, vaid veereb tilkadena lehelt maha. Nii on marrasknahk sügavamal asuvatele rakkudele heaks kaitseks, kuid oma läbipaistvuse tõttu ei varja ta neid siiski päikesevalguse eest.

Lehe kaudu sünnib alaline gaaside vahetus. Sellepärast peab arvama, et marrasknahk pole mitte täiesti umbne, vaid selles on läbikäigud ja avused. Lugu on ka tõesti nii. Uurides marrasknahka hoolsasti mikroskoobiga, leiame siin-seal selle harilikkude värvita rakkude vahel isesuguseid leherohelisega täidetud ja paariviisi asetatud rakkusid (65. joon.). Need rakud on kõverad, poolkuu-kujulised, ja ei asu mitte tihedasti [üksteise ligi, vaid jätavad endi vahele kitsa pilu, mis viib lehe sisemusse. Kogu seda sisseseadet nimetatakse õ h u l õ h e k s ja pilu



63. joon. Kork lehelõikude valmistamiseks.

moodustavaid rakkusid — sulgrakkudeks (sulguma!). 66. joonistusel näeme õhulõhet põiklõikes. Me näeme, et pilu viib väikesesse koopasse A, mis asub lehe sisemiste roheliste rakkude vahel. Nii on olemas välise õhu ja lehe sisemuse vahel otsekohene ühendus, mis võimaldab gaaside vaba vahetust. Õhulõhed asuvad peaaesjalikult lehe alumisel pinnal, sest siin on nad paremini kaitstud vihma-vee ja tolmu eest. Ainult veetaimedel on lugu teisiti, sest kui leht asub alumise pinnaga vastu vett, siis võib gaaside vahetus sündida muidugi ainult ülemise lehepinna kaudu.



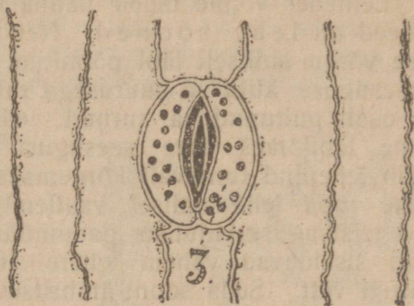
64. joon. Lehe põik-läbilõige: a — marrasknahk; b — sammakude; c — kobekude; d — õhulõhe. Keskel läbilõigatud lehesoon.

Iga lõhe üksikult on väga väike, kuid selle eest on nende arv lehepinnal väga suur. Näituseks, suurel päevalille lehel arvatakse neid olevat umbes 13 miljonit, keskmise suurusega kapsalehel 11 miljonit, vähemal puulehtedel igatahes mitmed sajad tuhanded. Harilikult asub lehepinna igal ruutmillimeetril 200 kuni 400 õhulõhet.

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

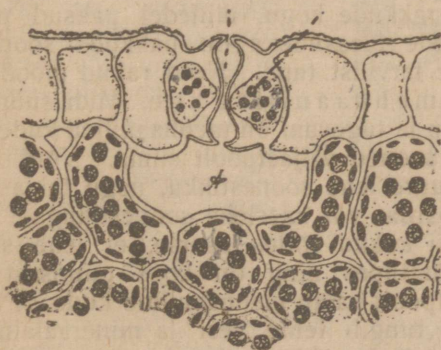
Pealmise ja alumise marrasknaha vahel asuvad mitmes kihis rohelistes, õhukesekestalsed rakud ja moodustavad koe, mida nimetatakse lehe parenhüümiks ehk

sisuks. Põiklõikel paistab meile kohe silma, et neid rakkusid on kahte liiki. Otse pealmise marrasknaha all asuvad ühe ehk mitme kihina pike-
mad ja enam korrapärase kujuga rakud — b (64. joon.). Need rakud seisavad üksteise kõrval nagu sambad, sellepärast nimetatakse seda kudet sammaskoeks, ja et ta on lehe parenhüümi osa, siis võib teda nimetada ka sammasparenhüümiks.



65. joon. Õhulõhe pealt vaadates: 3 — sulgrakk leherohelise teradega.

Sammaskoe all näeme kihi hõredalt asuvaid rakkusid — c, ümmarikka ja nurgelisi, millede vahel suuremad ja



66. joon. Õhulõhe põiklõikes.

vähemad õõnsused ning läbikäigud, mis enamasti täidetud õhuga. See kude ulatab kuni alumise marrasknahanani ja kannab lehe kobe-
koe ehk kobe-
parenhüümi
nime. Rakkudevahelised õõnsused on ühenduses õhulõhedega ja nende kaudu

pääsevad välised gaasid vabalt kõikide rakkude ligi. Lehe parenhüümil on suur tähtsus taime elus, sest just siin sünnib gaaside vahetus. Sellepärast on väga tähtis, et parenhüümi rakud saaksid süsihaput gaasi vabalt tarvilisel määral ja et nad võiksid ka hapnikku vabalt

eraldada. Nagu näeme, on lehel selleks väga otstarbekohane ehitus.

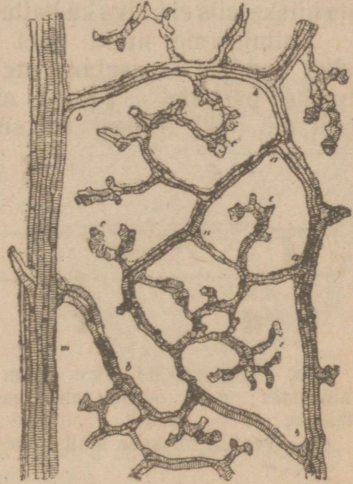
Lehtedes võime tähele panna veel iseliiki moodustusi — need on lehe sooned. Nendega on kogu leht keerulise võrgu taoliselt läbi põimitud. Lehe sooned on koos mitmesuguse kuju ja suurusega rakkudest, mis osalt elusad, osalt puitunud ja surnud. 64. joonistuse keskpaias näeme läbilõikes ühte seesugust soont. Soone kohal kerkib lehepind tuntavalt kõrgemaks ja seda kõrgendikku näeme juba lehe välisel vaatlemisel. Soont ümbritseb pisut teistsuguse-kujuliste parenhüüm-rakkude kogu. Need rakud sisaldavad vähem leherohelist ja kannavad endis rohkesti vett. Seda soont-ümbritsevat rakkude kogu nimetatakse soone parenhüümtupeks. Soon ise seisab koos 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 iseäraliste rakkude kogu, millel paksud puitunud kestad ja millele ülesandeks on pakkuda soonele ja ühtlasi kogu lehele tarvilist tuge. Need rakud moodustavad nõndanimetatud mehhaanilise koe. Mida suurem lehe laba, seda paksem ja tugevam on mehhaaniline kude ja seda enam paistavad sooned väljastpoolt silma. Võrdleme näituseks 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 on koos puuosast ja niinosast, mida väljastpoolt katab mehhaaniline kude. Puuosa torukeste kaudu tungib lehte vesi ja mineraalained, mis juur maa seest saanud. Niinosa kaudu aga voolavad lehest välja ained, mis leht süsinikust ja puuosa kaudu saadud ainetest valmistatud. 67. joonistus näitab, kuidas lehesoonestik jaguneb rohkearvulisteks harudeks, mis tungivad igale poole parenhüüm-rakkude vahele. Peened lõpuharud sisaldavad muidugi õige vähe mahlakandvaid torukesti, kuid ühinedes tekitavad nad ikka tusedamad ja tusedamad kimbud, mis ulatavad viimati lehe rootsu sisse ja

sealt edasi tüvesse. Nii on lehed ja juured tüve kaudu üksteisega alalises ühenduses.

28. Süsihaju gaasi sarnastamine. Süsiveed. Et otsekohe näha, mis sünnib elusas rakus süsihaju gaasi neelamisel ja hapniku eritamisel, võtame kõige parem mõne kiudvetika, sest need elavad veetilga sees väga hästi edasi, ja neid saab vaadelda mikroskoobiga täiesti loomulikus olekus. Mõne suurema taime lehest väljalõigatud rakud surevad aga peagi ära. Kõige kohasemaks sarnaseks vaatlemisaineks on tuntud vetikas spirogüüra, mis seisab koos pikast niidikujulisest rakkude reast. Nende rakkude iseärasuseks on, et klorofüll ei asu neis mitte teradena, vaid pika spiraalse lindina. Spirogüüra iga rakk elab täiesti iseseisvat elu, sellepärast võib pika niidi lõigata lühemaiks tükkideks, ilma et üksikud rakud sureksid. Peab ainult selle järele valvama, et veetilk, milles spirogüüra rakud asuvad, mitte ära ei auraks. Selleks

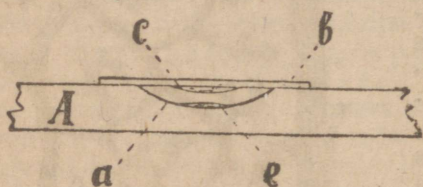
tarvitatakse alusklaase iseäralise sisselihvitud õõnsusega (68. joon.), mille põhja lastakse tilk vett. Siis pannakse teine veetilk ühes vaadeldava asjaga, käesoleval juhusel spirogüüraga, kattedklaasile, pööratakse see kähku ümber, nii et veetilk jääks kattedklaasi külge rippuma, ja seatakse ta siis alusklaasile, sisselihvitud õõnsuse kohta. Kui määrime veel kattedklaasi ääred vaseliiniga kinni, siis saame nõndanimetatud väikeses niiske kambri, milles veetilk tükil ajal ei kuiva. Nii võime mitme päeva jooksul spirogüürat ja tema eluavaldusi vaadelda.



67. joon. Lehesoonestiku harunemine lehelabas.

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 katteklaas. Niisutame seda papist raami veega ja seades alusklaasile, katame eelmisel kombel katteklaasiga, mille küljes ripub veetilk vaadeldava asjaga. Kui papist raam hoida vahet pidamata niiske, siis ei kuiva ka katteklaasi küljes rippuv veetilk ära.

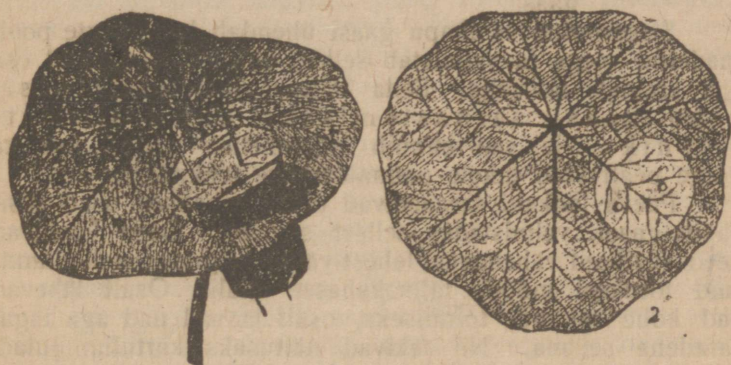
Valmistame nüüd ühel ehk teisel viisil mitu väikest niisket kambrit ja asetame neist mõned pimedasse kaheks, kolmeks päevaks. Teised aga seame valguse kätte ja varustame neid ühtlasi ka süsihapu gaasiga. Selleks on



68. joon. Väike niiske kambri: A — alusklaas; a — õõnsus alusklaasis; b — katteklaas; c — veetilk vaadeldava asjaga; e — veetilk niiskuse alalhoidmiseks.

kõige parem lasta niiske kambri põhja tilk selterssi ehk soodavett, milles sisalduvast süsihappu gaasist on spirogüürale küllalt. Juba mõne tunni järele paneme tähele, et spirogüüra klorofüll-lindis hakkavad tekkima mingid nurgelised terakesed. Mida kauemini preparaat viibib valguse käes, seda suuremaks ja rohkearvulisemaks muutuvad terad ning täidavad viimati kogu lindi. Kui lisame nüüd vaadeldavasse veetilka pisut joodilahundit, siis muutuvad need terad tumesiniseks. Sellest järeldame, et meil on tegemist tärklisega. Toimetades samuti rakkudega, mis pimedas seisnud, leiame, et neis tärklis puudub. Seame nad aga valguse kätte, siis näeme neis peagi värsked tärkliseteri, ja õhtuks korjub neid juba õige rohkesti. Ööse kaovad nad osalt ära ja rakk ise kasvab pisut suuremaks. Neid vaatlusi kokku võttes jõuame järgmisele otsusele: Spirogüüra klorofüll-lintides tekib valguse käes ja süsihappu gaasi juuresolekul tärklis. Ööse laguneb see tärklis ära ja tarvitaakse raku kasvu suurendamiseks.

Teiste taimede vaatlemised on annud sama otsuse. Kõigis rohelistes taimedes tekib valguse käes tärklis ehk koosseisu poolest tärklise sarnane aine. Seda võib näha meie kuiva maa taimedes ka ilma mikroskoobita, kui joodi abiks võtta. Lõikame mõne taime küljest ühe valguse käes seisnud lehe ja leotame teda tulises piirituses. Siis lahundub klorofüll piirituses ja leht muutub värvituks. Kastame ta selle järel joodi lahundisse. Leht muutub kohe siniseks, tähendab, ta sisaldab tärklist. Kui tärklist iseäranis rohkesti, siis muutub leht päris mustaks. Säher-

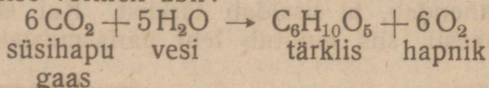


69. joon. Katse kressi lehega, mis tõendab tärklise tekkimist lehe valgustatud osades.

duse lihtsa abinõu varal võime järele uurida, kuidas muutub tärklise hulk lehes päeva jooksul. Hommiku vara lõigatud lehed jäävad joodi lahundis helesinisemaks kui õhtul peale päikesepaistelise päeva lõigatud lehed, sest öö jooksul on osa tärklisest ära voolanud taime muudesse osadesse, uut aga juure pole tekkinud. Et tärklis tekib ainult valguse käes, seda võime tõendada järgmiselt. Katame osa lehest mõne läbipaistmatu asjaga, näituseks korgitükikesega, kinni (69. joon.). Peale valguse käes viibimist leotame lehte piirituses ja joodi lahundis. Valgust saanud kohad värvib jood siniseks, kinnikaetud koht jääb kollaseks. Nii võib saada lehepinnal igasuguseid joonistusi, kirju ja isegi pilta,

Peab aga tähendada, et mitte kõigi taimede lehtedes ei teki tärklis. Mõnes taimes, näituseks harilikus sibulas, täidab selle aset suhkur — süsivesi, sarnane tärklisega.

Kõik eespool-kirjeldatud vaatlused ja katsed viivad meid otsusele, et rohelised taime osad valmistavad neelatud süsihapust gaasist keerulisi orgaanilisi ühendusi — süsivett. Selle protsessi keemilist käiku võiksime kujutada järgmise vormeli abil:



Sissevõetud süsihapu gaasi ühendab leht juurte poolt saadetud veega ja valmistab sellest tärklis, ülejäänud osa aga eraldab ta välja. Seda talitust nimetatakse süsihapu gaasi sarnastamiseks ehk assimilatsiooniks, ja see sünnib leherohelise-terades, kus ka kõige pealt võib tähele panna tärklise tekkimist.

Päeva jooksul sarnastavad taime rohelised osad süsihapu gaasi, valmistades sellest süsivett. Ööse voolavad need süsiveed vähehaaval lehest välja, valgudes mahlakandvaid torukesti mööda taimekehasse laiali. Osalt lähevad nad kohe rakkude toitmiseks, osalt jäävad nad aga tagavaradena seisma. Nii tekivad näituseks kartulimugulad, mis on rohkearvuliste kokkuvoolanud tagavara-ainete panipaikadeks. Teisel aastal, kui mugul hakkab idusid ajama, laguneb tagavarana seisnud tärklis uuesti ja on idule tarviliseks toiduks. Just rohke tärklisesisalduse tõttu ongi inimesed hakanud kartulimugulaid toiduks tarvitama.

Ka puude tüvedest võib leida mitmesuguseid tagavara-aineid, peaaegjalikult tärklis. Kevadel, kui puu hakkab lehtedega kattuma, tarvitab ta need tagavarad ära. Selleks muutub tärklis 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 on sagedasti ka juured. Juurtes asuvad tagavarad enamasti suhkru näol, ehk see küll pole kuigi kasulik, sest suhkur lahundub vee sees ja võib selle tõttu juurest välja uhtuda. Suhkru näol asu-

vad tagavara-ained näituseks suhkrupeedi juurtes, kust me saamegi suurema osa oma toiduks tarvitatavast suhkrust.

Ka seemnete ja vilja sees asuvad tagavara-ained on lehtede poolt valmistatud ja sinna kogutud.

29. **Rasv- ja munavalge-ained.** Eespool nägime, kuidas leht neelab süsihaput gaasi ja valmistab sellest leherohelise kaasabil süsivett. Me teame aga, et taime keha pole koos ainuüksi süsiveest, vaid sealt leiame veel mitmesuguseid teisigi aineid. Näituseks kuulub raku tähtsam elulisem osa — protoplasma — munavalge-ainete hulka, seemnete toitkoest leidsime peale süsivete ja munavalge-ainete veel õlisid ja rasv-aineid. Kus ja kuidas on need tekkinud? Rasvad ja õlid lähevad süsivetest oma koosseisu poolest vähe lahku. Nii ühe kui teise aineligi elementideks on süsinik, vesinik, hapnik, — vahe on ainult rasv-ainete võrdlemisi vähemas hapniku sisaldamises. Sellepärast on õlide ja rasv-ainete tekkimine meile enam-vähem arusaadav. Selleks on vaja ainult süsiveest keemiliselt eraldada osa hapnikku. Keerulisem on aga lugu munavalge-ainetega, sest need sisaldavad peale eespoolnimetatud elementide veel lämmastikku, väävlit ja sagedasti ka vosvorit. Kõik need ained saab taim maa seest juurte kaudu, ja valmistabki munavalge-aineid arvatavasti sel teel, et ühendab neid aineid lehtede poolt kogutud süsivetega. Seda näib tõendavat ka asjaolu, et kõigis taime osades peale lehtede võib leida lämmastikusoolasid, näituseks salpetrit. Lehtedes aga puuduvad need täiesti, ja see viib meid mõttele, et just lehed ongi selleks töökojaks, kus süsivete ja lämmastiku ning väävli ühendamisest tekivad munavalge-ained. Kui taim on pimedas ning järjekult süsihapu gaasi sarnastamine seismas, siis hakkab salpetrit korjuma ka lehtedesse, sest puuduvad tarvilised süsiveed. Valguse käes aga kaob ta uuesti, ühinedes süsivetega munavalge-aineteks.

Munavalge-ainete tekkimise keemiline külg on alles tume ja selgitamata, ning seda ei oska me veel kujutada keemilise vormelina, nagu seda tegime süsivetega. Arvatavasti ei teki munavalge-ained mitte otsekohe, vaid mitmesuguste vahepealsete lihtsamate ühenduste kaudu.

30. **Leheroheline (*chlorophyllum*).** Süsihaput gaasi

neelavad ainult taime rohelised osad. Roheline värv aga oneline iseäralistest rohelistest kehakestest — leherohelise ehk klorofüllü teradest. Suuremalt jaolt on need terad ümmarguse ehk pikerguse kujuga. Peenemad uurimised on näidanud, et leherohelise tera on protoplasmast koosseisev kehake, mille õõnsustes ja augukestes asub roheline värvaine — klorofüll. Need protoplasmalised kehakesed elavad rakus täiesti iseseisvat elu, ja uued kehakesed tekivad ainult endiste pooldumise teel. 8. joonistusel (lhk. 14) on näha mõned pooldumisel olevad terad.

Leherohelist võib kergesti lehtedest eraldada, leotades lehti piirituses. Leheroheline lahundub piirituses ja me saame ilusa tumerohelise vedeliku. Säherdune värv on vedelikul ainult läbipaistval valgusel. Kui teda aga vaadelda sellest küljest, kust valgus ta peale langeb, siis paistab ta meile tumepunasena.

Väga lihtsal viisil võib näidata, et meie lahund on õieti kahe isesuguse värvaine segu. Valame lahundi hulka pisut bentsiini ja mõne tilga vett, loksutame selle kõik hästi segamini ja laseme siis uuesti selgida. Siis tõuseb bentsiin peale, kandes enesega ühes tumerohelise värvaine, ja piiritus, kui tihedam vedelik, jääb põhja kollase vedelikuna. Nii läks meil korda lahutada esialgset ühtlast värvainet kaheks isesuguseks aineks, milledest esimest, tumerohelist, nimetatakse päris leheroheliseks ehk klorofülliks, alumist aga lehekollaseks ehk ksantofülliks (*xanthophyllum*). Taime roheliste osade heledam või tumedam värv onenebki sellest, kumba värvainet, klorofüllü või ksantofüllü, sisaldub seal rohkem.

Peale nende kahe värvaine sisaldavad mitmed taimed veel punaseid pigmente. Näituseks porgandi juurte ja mitmete õite punane värv oneneb punasest värvainest karotiinist (*carotinum*). Mõned taimed sisaldavad punaseid pigmente rohkem kui rohelist ja on sellepärast punakat värvi.

Kõik uurimused ja vaatlused on näidanud, et leherohelise terad võivad teha oma tööd ainult valguse käes, järjekult on leherohelisel valgusega kindel ühendus ja vahekord. Nagu teada, pole päikese kiir mitte ühtlane ja lahutamatu, vaid on koos terveist reast iseäralistest kiirtest,

mis moodustavad päikese spektri. Tõuseb küsimus, misvärvilised kiired on taimele kõige kasulikumad ja kohasemad. Selle otsustamiseks võiks seada väikesed taimed igaüks ise spektriosasse, ja teatava aja jooksul tekkinud tärgluse rohkuse järele võiksimise otsustada, missugused kiired on kõige kohasemad. Säärase suure spektri saamine, kus igasse spektri osasse mahuks ise taim, on aga väga raske; sellepärast tarvitatakse teist, lihtsamat abinõu. Nimelt asetatakse taimed igaüks isesuguse klaaskupli alla ja seatakse nad nii päikesevalguse kätte. Kui taim asub näituseks punase kupli all, siis jõuavad tema juure ainult punased kiired, kuna punane klaas kõik teised kiired enesesse neelab. Samuti neelab sinine klaas kõik kiired, peale siniste, roheline klaas laseb läbi ainult rohelised kiired j. n. e.

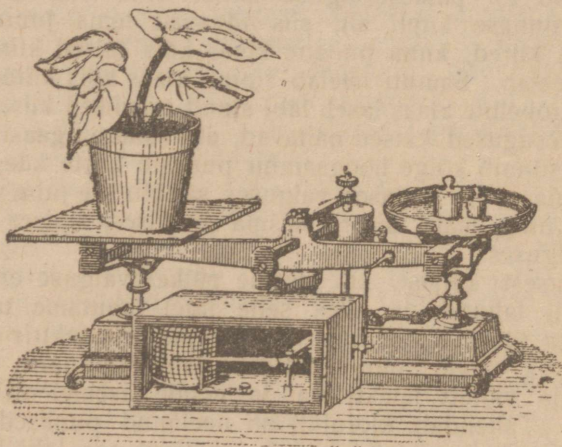
Seesugused katsed näitavad, et süsihapu gaasi sarnastamine sünnib kõige hoogsamini punaste kiirte käes. Kollakaspunases ja kollases valguses sünnib see juba vähemal määral ning jääb täiesti seisma rohelises, sinises ja violetis valguses.

Teisest küljest, kui laseme päikesevalguse enne läbi klorofüllil lahundi ja alles selle järel lahutame ta klaasprismaga üksikuiks kiirteks, siis näeme, et spektris ei esine enam kõik värvid: puuduvad peaaesjalikult punane, kollane, sinine ja violett spektriosa, ja nende asemel on mustad jooned. Tähendab, klorofüll on neelanud punased, kollased, sinised ja violetid kiired, rohelised aga läbi lasknud. Sellest olenebki leherohelise värv. Mis sünnib aga neelatud kiirtega? Muidugi ei kao need jäljetult, vaid muutuavad ainult nägematuks. Selle asemel, et valgust anda, täidavad nad nüüd teist ülesannet — nimelt annavad taimemele tarvilist jõudu uute keemiliste ühenduste loomiseks.

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

Et seesugune alaline vee auramine tõesti sünnib, võib üsna lihtsa katsega tõendada. 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 kloorkoobaldi lahundis ja ta selle järel ära kuivatada, siis muutub ta



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

helesiniseks. Niiske õhu käes seistes omandab ta aga vähehaaval roosa värvi, ja mida niiskem õhk, seda kiiremini muutub ta roosaks. Värskelt lõigatud lehele laotame tüki sarnaselt valmistatud sinist paberit ja katame siis kõik veel klaasplaatiga, et kaitsta paberit ümbritseva õhu niiskuse eest. Juba kahe, kolme minuti järele muutub paber lehe kohal roosaks, ainult soonte kohale jäävad veel sinakad vöödid.

Vee auramisel on taime elus suur tähtsus, ja see sünnib õige suurel määral. Ära-auranud vee hulka võib kindlaks määrata mitmel viisil ja mitmesuguste abinõudega. Kõige täpsam seisab selles, et taim kasvatatakse potis, seatakse kaalule ja vaadatakse siis, kui palju jääb

taim vee auramise tõttu kergemaks (70. joon.). Vee auramine sünnib muidugi ka mulla pinnalt ja läbi poti. Et seda ära hoida, tarvitatakse katse jaoks klaasist ehk vaabatud savist potte ja kaetakse mulla pind mõne aurukindla, näituseks plekk-kaanega. Ehk mähitakse pott ja vaba mulla pind lihtsalt tinapaberisse.

Seesugused mõõtmised näitavad, et auranud vee hulk on õige suur. Näituseks, pott päevalillega muutus ööpäeva jooksul üle poole kilogrammi kergemaks. Suured puud laialise lehestikuga auravad vett veel rohkemal määral. Niisuguseid mõõtmisi võib toimetada vahet pidamata pikema aja kestusel. Selleks kaalutakse iga päev juurelisatud ja auranud vee hulk ära ning tagajärjed kirjutatakse üles. Sel teel on saadud õige täpsad andmed selle üle, kui palju taim vett tarvitab. Arvud olid üllatavalt suured. Nii näituseks 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 näituseks, et tiinumaa kaera, nisu ehk rukist aurab suve jooksul enam kui $1\frac{1}{2}$ miljonit kilogrammi vett. Tiinumaa suurune kapsaaed aurab aasta jooksul isegi kuni 5 miljonit kilogrammi vett. Arusaadav, et taim kasvab hästi ainult niisugusel maapinnal, kust seda äraauratavat vett tarvilisel määral saada. Et enama osa maakohtade jaoks keskmine aastane sademete hulk teada, siis võime umbes juba ette arvata, kas on see koht ilma kunstliku niisutamisetä kasvatatavale taimele kohane või ei.

Nii selgub, et taim ühelt poolt imeb alataasa vett maapinnast, otsides seda hoolega peente juurenarmaste 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 ehituses märkame, näib säherdune pillav veega ümberkäimine meile esimesel silmapilgul imelik ja arusaamatu olevat. Kuid hoolsam vaatlemine näitab meile peagi selle asjaolu õige tähtsuse. Kõige pealt paneme tähele, et vesi, mida juur võtab maa seest, sisaldab eneses õige vähe toitvaid soolasid. Et näituseks saada ühe grammi neid soolasid, peab laskma mitu

tuhat grammi vett ära aurata. Nüüd on selge, et vee äraauramisega ja soolade rakkudesse jätmisega vabastab taim aset uutele vee hulkadele, milledest ta eraldab samal viisil tarvilised soolad, vee aga laseb jälle ära aurata. Nii saab taim ainult alalise vee auramise kaudu maa seest toitvaid soolasid sel määral, nagu tal kasvamiseks tarvis.

Vee auramisel on aga taime jaoks ka veel teine tähtsus. Palaval päikese paistel tõuseks lehtede temperatuur liig kõrgeks, ja see võiks neile isegi kardetavaks saada. Nagu teada, omandavad kindlad kehad otsekoheisel päikese paistel palju kõrgema temperatuuri, kui on ümbritseval õhul, — liiv ja kivid kuumuvad päikese paistel kuni 65°. Taimede temperatuuri otsekoheised mõõtmised on aga näidanud, et neis säärast temperatuuri tõusu ei sünni. Surudes taime lehte huulte vastu tunneme jahedust. Üldse tunduvad värsked lehed alati jahedatena. 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 kuiva maa taimed oma temperatuuri paraja hoida ega saaks omale maa seest tarvilisel määral toitvaid soolasid, ning järjekult ei saaks nad ka vabalt ja jõudsasti kasvada.

Me leiame aga taimi kasvamas väga mitmepärastes tingimustes vee suhtes. Ühelt poolt sisaldavad meie põhjamaa metsad vett ja niiskust enam kui vaja, teiselt poolt aga tunnevad kuivad rohtlaaned veest sagedasti puudust, ja viimati on kõrved peaaegu täiesti ilma veeta. Ja siiski, ka neis ebakohastes tingimustes leiame mõnesuguseid taimi. See võib sündida ainult selle tõttu, et taimedel on väga mitmesugused sisseseaded, millede abil nad võivad vee auramist vähendada äärmuseni, ehk tarbekorral seda jälle suurendada. See auramise juhtimine sünnib õhulõhede sulgumise ja avamise kaudu. Õhulõhe moodustavad sulgurakud võivad oma kuju muuta. Kooldudes kõveramaks paisutavad nad õhulõhe laiemale, ning vastuoksa, sirgemaks muutudes pigistavad nad lõhe koomale ehk suluvad selle täiesti. Vaatlused on näidanud, et õhulõhed koandu-

vad siis, kui õhk kuiv, ja taim võib vee üleliigse auramise tõttu ära närtsida. Niiskes ja veeauru poolest rikkas õhus paisuvad õhulõhed laiali ja aitavad omalt poolt auramist suurendada.

Õhulõhede sulgumisest üksi on veel vähe, et kaitsta kuivade rohtlaante või kõrbede taimi närtsimise eest. Tugeva soendamise tõttu võib vee auramine sündida ka otsekohe läbi marrasknaha. Selle ärahoidmiseks leiame säärastel kohtadel kasvavatelt taimedelt mitmesuguseid erilisi sisseseadeid. Nii on mõnel taimel marrasknaha rakkude kestad muutunud iseäranis paksuks ja tihedaks ning ei lase selle tõttu auru läbi. Mõnel teisel kasvavad üksikud marrasknaha rakud kaugele välja ja moonduvad karvakesteks. Seesuguste karvakestega kaetud leht soeneb vähem, sest karvakesed pillavad lehele langevad päikese kiired osalt laiali. Teiselt poolt takistavad karvakesed õhuvahetust lehe pinnal ja vähendavad sellega auramist.

Üldse, kuiva maa taime kogu ehitus on sihitud sinna poole, et vett võimalikult kokku hoida. Lehed on neil harilikult väga väikesed, ehk on muutunud koguni okasteks, mis muidugi vähendab auramispinda. Tüved on vähe harunenud. Tihe karvakate või väikesed nahkjad lehed täiendavad veel säärase taime välimust.

Leidub veel hoopis iseäralise kujuga taimi, nagu kaktused. Nendel on auramispind vähendatud äärmiseni. Lehed on muutunud okasteks, aga paks tüvi, kaetud tiheda nahaga, sisaldab eneses rohkesti vett. Need vee tagavarad on kogutud lühikest aega kestnud vihmasel aastaajal. Kogu kuiva aastaaja vältusel, mis kestab mõnikord $\frac{3}{4}$ aastat, tarvitab kaktus neid tagavarasid, ja hoiab end nende varal värskena.

Veerohkete ja niiskete maade taimed sellevastu on harilikult suure, lopsaka kasvuga ja kannavad laialist lehes tikku, mis õige rohkesti vett ära aurab.

32. Roheliste taimede tähtsus looduses. Peale selle, kui oleme lähemalt tutvunud rohelise lehe ehitusega ja tegevusega, võime selgema kujutuse saada sellest tähtsusest, mis on rohelistel taimedel looduses. Tärkav idu on oma eluavalduste poolest mitmeti looma sarnane, — ta hin-

gab nagu loomadki, ja toidab end samal viisil, see on, orgaaniliste ainetega. Samuti elavad ka kõik täiskasvanud taime osad, nii värvita kui ka rohelised. Kõik nad hingavad nagu loomad ja tarvitavad toiduks orgaanilisi aineid. Kuid niipea kui idu muutub roheliseks ja täiskasvanud taim saab valgust, tuleb avalikuks nende uus ja omapärane toimetus, mis puudub loomadel ja mis roheliste taimede tähtsam iseärasus. Mullast saadud veest ja mineraalsooladest ning õhust ammutatud süsihapust gaasist, mis kõik anorgaanilised ained, valmistab roheline taim oma lehtedes valguse kiirte abil uusi orgaanilisi ühendusi. Loomadel seda omadust pole ja nad peavad sellepärast toitma end nende orgaaniliste ainetega, mis taimed valmistanud. Taimetoitlased loomad tarvitavad neid otsekohe, kiskjad aga taimetoitlaste loomade kaudu. See käib muidugi ka inimese kohta: kõik meie toit on otsekoheisel ehk kaudsel teel taimeriigist saadud.

Nii on siis roheline leht see imeline töökoda, kus anorgaanilistest, elutuist ainetest valmistatakse mitte üksi uusi orgaanilisi ühendusi, vaid koguni elusat ollust, millest seisab taime keha koos. Nagu keemilistes laboratooriumides tarvitatakse uute ühenduste loomiseks põleva gaasi ehk muu kütteaine soojust, nii tarvitab roheline leht, ehk õigemini leherohelise tera, päikese valgust.

Nende väikeste laboratooriumide tööviljakus on õige suur, sest neid on kogu maakera pinnal äraarvamata hulk ja nad töötavad vahet pidamata. Me teame, kui suured hulgad, sajad ja tuhanded miljonid puudad kogutakse igal aastal põldudel ainult teravilja näol. Seda kogu tuleb suurendada mitu korda, kui arvame juure veel heina ja õled, mida inimesed igal aastal lõikavad. Tuletame meele seda määratut hulka orgaanilist ainet, millest on koos meie metsad. Ja kõik see on väikeste mikroskoobiliste leherohelise-terakeste töö.

Kõik need tagavarad ei jää aga taimedesse kauaks seisma: varem ehk hiljem 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 tarvisminevaid aineid, kõik muu aga

heidab välja vee, süsihapu gaasi ja poollagunenud orgaaniliste ühenduste näol. Need jäätised töötatakse mitmesuguste maa sees elutsevate bakteride poolt ümber, ja muutuvad viimati jälle gaasideks ning mineraalsooladeks, milledest nad saadud. Nii tulevad loodusesse tagasi süsihapu gaas ja 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 ikaldab, raskeneb ka loomade toitmise küsimus, ja sellele järgneb sagedasti laialine loomade väljasuremine.

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

33. Putukasööjad taimed, parasiidid ja mädarikud. Taim toidab end mineraalainetega, milledest ta valmistab orgaanilisi ühendusi, mida loomad omakord toiduks tarvitavad. On aga taimi, mis oma toitmisviisi poolest sellest üldisest tüübist lahku lähevad. Nimelt tarvitavad nad toiduks teiste taimede valmistatud või looma kehast pärit olevaid orgaanilisi aineid. Vaatleme kõige pealt nõnda nimetatud putukasööjaid taimi. Juba nimetus näitab meile, et siin on tegemist taimedega, kes ka loomi toiduks tarvitavad.

Meie kodumaa taimestiku hulka kuulub putukasööjaist taimedest kõige pealt ümmaraleheline huulhein (*Drosera rotundifolia*), mis kasvab harilikult turbarabades (71. joon.). See on väike rohttaim, maapinna ligi asuva punakate lehtede kobaraga ja väikeste valgete õitega pika rao otsas. Putukate püüdmise riistaks on tal lehed. Need on üleni kaetud pikkade karvadega, millede otsas asuvad karvakestest eraldatud iseäralise kleepiva vedeliku tilgad. See vedelik on selge ja läbipaistev, sellepärast näib huulheina leht eemalt vaadates nagu rohkearvuliste kastetilkadega kaetud. Kui mõni putukas — sääsk, kärbes —

juhtub istuma huulheina lehele ehk 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 eraldatud vedelik sisaldab seedivaid mahlu, mis sarnased loomade seedivatele maomahladele, ja selle mõjul hakkab putukas vähehaaval sulama ja lagunema, lehe rakud aga imevad lahundunud aineid enestesse. Viimaks jäävad putukast järele ainult



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



72. joon. Võipätak (*Pinguicula vulgaris*).

kõvad osad, nagu tiivad, jalad j. n. e. Siis sirutavad karvakesed end uuesti püsti, tuul puhub putuka jäänused lehelt ära, ja taim on teise putuka püüdmiseks valmis.

Huulheina võib ka kunstlikult toita lihaga ehk keedetud kanamuna raasukestega. Munavalge seedivad huulheina lehed täielikult ära, ja säherduse toitmise varal kasvab huulhein väga hästi ning kannab rohkesti vilja. Teiselt poolt on katsutud kasvatada huulheina ilma lihatoi-

duta ja on leitud, et ta oma roheliste lehtede tõttu võib end toita, nagu kõik teised taimed. Tähendab, putukate söömine on talle ainult kõrvalisemaks, lihtsamaks toitmis-



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

viisiks, mis lubab teda asuda ka lämmastiku-ühenduste poolest väga vaesel pinnal, nagu seda on turbarabad.

Niisketel, soostel luhtadel leiame veel teise putuka-sööja taimet — hariliku võipätaka (*Pinguicula vulgaris*) (72. joon.). See taim tuletab oma kujuga üldiselt huulheina meele, ainult lehed on tal pikergusemad, hele-

rohelist ja mitte karvadega kaetud, vaid siledad. Lehe pind on aga selle asemel kaetud paksu kleepiva vedelikuga, mis ka putukate püüdmiseks määratud. Kui mõni putukas satub võipätaka lehele, siis jääb ta sinna kinni, ja lehe servad hakkavad end vähehaaval keske poole kokku rullima, ning ümbritsevad viimati putuka täiesti. Vedelikus sisalduvad seedivad mahlad lahundavad putuka pehmed osad ära ja taim tarvitab saadud orgaanilised ained omale toiduks.

Ka võipätakas võib teiste taimede eeskujul toita end süsihappu gaasiga ja maa seest võetavate mineraalsooladega.

Isesugune sisseseade putukate püüdmiseks on meie magedates vetes kasvaval vesihernel (*Utricularia vulgaris*) (73. joon.). Selle taime veelaluste oksakeste ja harude küljes leiame iseäralisi, lehtede moondu-mise teel tekkinud põisi, millel lahtises otsas karvakestest ümbritsetud avaus. Selle avause kau-du võivad mitmesugused väikesed veeloomakesed pääseda põie sisse, välja nad aga nii ker-



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

gesti ei pääse, sest põie suu ees on õhuke elastiline kaas, mis avaneb ainult sissepoole. Põie sisemised rakud eraldavad seedivaid mahlu, mis looma ära lahundavad.

Võõra maa taimede hulgast võiks nimetada mitut huvitavat putukasööjat. Huulheinaga väga sarnane on Ameerika soodes kasvav kärbsepüünis (*Dionaea muscipula*) (74. joon.). Selle taime lehelaba on koos kahest hambuliste äärtega poolest, poollahtise raamatu kujuliselt. Lehe puudutamisel langevad need pooled peaaegu silmapilkselt kokku, ja sel viisil püüabki taim putukaid.

Põiekujulise putukate püüdmise riista leiame veel troopikamaal kasvaval kannpõõsal (*Nepenthes*) (75. joon.). Siin on pika leherootsu labapoolne osa moondunud õn-saks kannuks, mis avausega pöördud ülespoole. Lehelaba ise täidab selle kannu kaane aset. Et see kaas kannul mitte tihedasti ei asu, siis on kann harilikult vihma-veega täidetud. Sinna satuvad putukad, upuvad ära ja taim tarvitab neid toiduks*).

Nagu nendest kirjeldustest näha, tarvita-vad putukasööjad taimed harilikkuude mineraalainete kõrval ka lihatoitu. Seda muretsevad nad endile ise mitmesuguste püü-niste abil. Taimede hul-gas leiame aga ka niisu-guseid, mis toidavad end ka valmisolevate orgaa-niliste ainetega, kuid ei muretse neid endile iseseisvalt, vaid oman-davad neid lihtsalt mõne teise taim e h k looma kehast. Selleks kinnita-vad nad endid teise tai-me e h k looma külge, e h k tungivad koguni nende sisse, ja imevad sealt otsekohe toitvaid mahlu. Seesuguseid taimi nimetatakse parasiitideks, ja need on iseäranis rohkesti algeliste,



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

*) Putukasööjaist taimist pikemalt vaata A. Audova „Lih-sööjad taimed“, Tartus, 1919.

lihtsapäraste taimede seas. On ju laialt tuntud mitmesugused mikroskoobilised seened, bakterid, mis tun-



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

vartega ja rohkete õitega, kuid lehed on neil väga vähe arenenud ja ei sisalda rohelist. Käopäkk ja soomukas on tüübilised parasiidid, — ei valmista endile ise toitu, vaid imevad seda teiste taimede juurtest.

Peale niisuguste tüübiliste parasiitide on olemas veel

givad inimeste ja loomade kehasse ja tekitavad seal igasuguseid raskeid haigusi. Kuid ka kõrgemate taimede hulgas on parasiite. Nimetame kõige pealt võrmi (*Cruscuta europaea*), peenikest kollakasroosat väänkasvu, mis asub sagedasti ristikehinal, linal, kanepil ja teistel taimedel. Võrm ei sisalda leherohelist, sellepärast ei saa ta omale iseseisvalt toitu valmistada, vaid tungib iseäraliste imemisharudega (*haustoria*) rohelse taimemahlakandvaise kudedesse ning imeb sealt valmisolevaid orgaanilisi aineid.

Puude ja ka rohttaimede juurteil parasiteerivad käopäkk (*Lathraea squamaria*) (76. joon.) ja soomukas (*Orobancha*). Need on võrdlemisi suured taimed lihavate

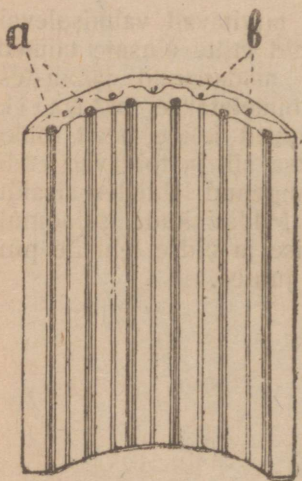
poolparasiidid, mis täiesti harilikkude rohelistes taimede sarnased, omandavad endile iseseisvalt maa seest vett ning toitvaid soolasid ja töötavad need lehtedes orgaanilisteks aineteks ümber; kuid peale selle imevad nad toitvaid aineid ka teiste taimede juurtest. Niisuguste hulka käivad mitmed meie harilikud metsa- ja luhataimed — silmarohi (*Euphrasia*), kuuskjalg (*Pedicularis*), robihein (*Alectorolophus*), härghein (*Melampyrum*).

Midagi ühist pole parasiitidega nõndanimetatud epifüüt-taimedel, mis iseäranis troopika metsadele iseloomulised. Epifüüdid asuvad küll teistel taimedel, puude tüvedel ja okstel, kuid tarvitavad neid omale ainult toetuskohaks ja ei tungi teiste taimede kudedesse, et imeda sealt toitvaid mahlu.

On veel üks liik taimi, mis tarvitavad valmisolevaid orgaanilisi aineid, kuid ei võta neid mitte elusate taimede ja loomade kehast, vaid nende mädanenud jäänustest, surnukehadest. Sääraseid taimi nimetatakse mädarikkudeks (*saprophyta*). Siia kuuluvad kõige pealt rohkearvulised seened, mis elavad metsa all ja toidavad endid pehkvate taimejäänustega, mahalangenud lehtedes sisalduvate orgaaniliste ainetega j. n. e. Mädarikkude iseloomuliseks 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 rohelisel taimel on kaks



77. joon. Rukkikõrre tükk väikesel suurendusel: *a* — sisemine soonte ring; *b* — väline soonte ring.

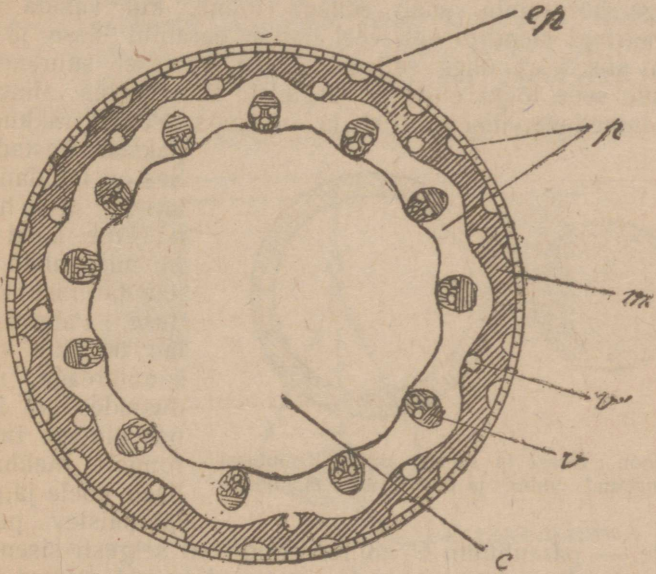
tedest juurtesse. Kuid tüve tähtsus ei seisa ainuüksi selles; ta on ühtlasi lehtedele toeks ja tõstab need võimalikult kõrgele valguse ja õhu kätte.

Et selgusele jõuda, kuidas tüvi täidab oma ülesannet,

süsteemi elundid, 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 mineraalsoolaid, mida omandab juur, teiselt poolt on veel tähtsamad aga orgaanilised ühendused, mida valmistavad lehed, siis on selge, et lehtede ja juure vahel peab olema alaline ühendus, mille kaudu võiks sündida nende ainete vahetus.

Niisuguseks ühendavaks osaks on taime tüvi (vars). Just tüve kaudu voolab vesi ühes lahundunud mineraal-sooladega juurtest lehtedesse ja orgaanilised ühendused leh-

peame tundma õppima ta sisemist ehitust. Esimeseks vaatlemisaineks võtame mõne lihtsama ehitusega tüve, näituseks rukkikõrre. Lõikame kahe sõlme vahelisest osast tüki, lõhestame selle pikuti pooleks ja vaatleme saadud poolt luubiga. Kohe paneme meie tähele, et piki kõrt jooksevad paralleelsete ridadena peened sooned (77. joon.). Need



78. Joon. Rukkikõrre läbilõige (skematiseeritud): *ep* — mar-rasknahk (*epidermis*); *m* — mehhaaniline kude; *p* — põhikude (paren-hüüm); *v* — sisemise ringi sooned; *v* — välise ringi sooned; *c* — õõnsus.

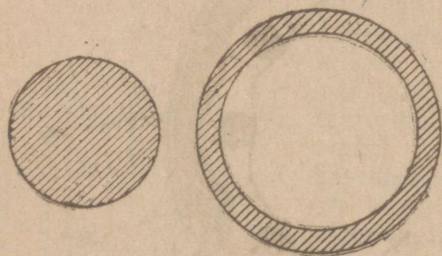
muutuvad iseäranis silmapaistvaks, kui paneme kõrre otsa-pidi punase tindis sisse. Tint tõuseb sooni mööda üles ja värvib need punaseks, mille tõttu need hästi erinevad teistest, värvita kudedest. Vaadeldes samal ajal luubiga kõrre läbilõigatud kohta, näeme seal selgesti punaste täp-pide rea (a ja b), mis pole muud kui soonte läbilõigatud otsad. Need asuvad kahes reas: ühed enam kõrre välise pinna ligi — b, teised, jämedamad enam seespool — a.

Nende arv oleneb kõrre jämedusest; keskmiselt on seespoolseid sooni 12—15, väliseid pisut rohkem.

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

Katsume nüüd teha terava habemenoaga kõrrest õhukese ringikujulise lõigu, nagu 78. joonistusel kujutatud. Kõige hõlpsamini saab sellega toime, kui valada kõrs ümberringi steariini ehk veel parem parafiini sisse ja lõigata siis kõrt ühes sellega. Juba väikesel suuredusel näeme selle lõigu ehituses järgmist: kõrre seina väline osa on tumedavärvilisem, sest ta on koos peenist rakkudest, paksude kestadega.

See on nõndanime-
tatud mehhaaniline kude —
M, mis annab kõrrele
tarvilise kõvaduse. Paiguti sulab ta ühte välise soonterea-
ga, moodustades sel kombel ühtlase tugeva rõnga. Mehhaanilisele koele järgneb läbipaistev pehme

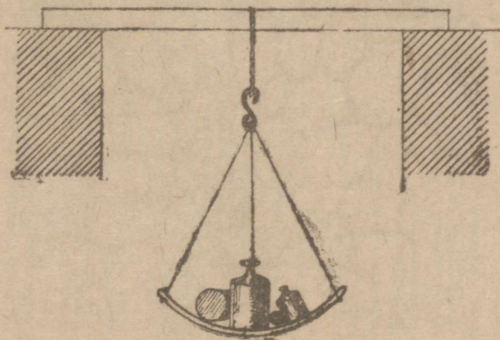


79. joon. Ühest ja samast materjali hulgast valmistatud umbse ja õõnsa varda läbilõiked.

kude — parenhüüm P, milles eralduvad selgesti sisemised sooned. Parenhüüm rakkude vähemad kogud asuvad heledate laikudena ka mehhaanilise koe sees. Kõrre sisemus on õõnes. Alguses, kui vars hakkas arenema, oli ta üleni täidetud pehme parenhüümkoega, mis moodustas varre keskkohas s ü d a m e. Kuid varre kasvamise ja sirgumise jooksul kuivab ja kõduneb süda ära, ning tekib õõnsus. Siiski ei muutu kõrs selle tagajärjel nõrgemaks. Mehhaanikast on teada, et kõige suuremat vastupanekut murdmisele ja koolutamisele avaldavad just välised seinad, mitte aga keskkohas. Kui ühest ja samast materjali hulgast valmistada ühelt poolt umbse varras, teiselt poolt aga õõnes varras (79. joon.), siis selgub, et õõnsat on palju raskem murda ja koolutada kui umbset. Seda võib väga lihtsalt

ka järgmisel viisil järele katsuda. Võtame kaks ühesuurust paberitükki; ühe mähime ümmarguse pliiatsi ümber ja kleebime lahtised otsad kinni, nii et pliiatsilt 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 najale, nagu see 80. joonistusel kujutatud, ja hakkame keskkoha külge kinnitatud nõõri otsa raskusi riputama. Paberist rull vajub kooldu ja murdub viimati. Selleks on mõnikord enam kui poolekilogrammi list raskust tarvis.

Kordame sedasama õõnsa paberist toruga ja ripu-



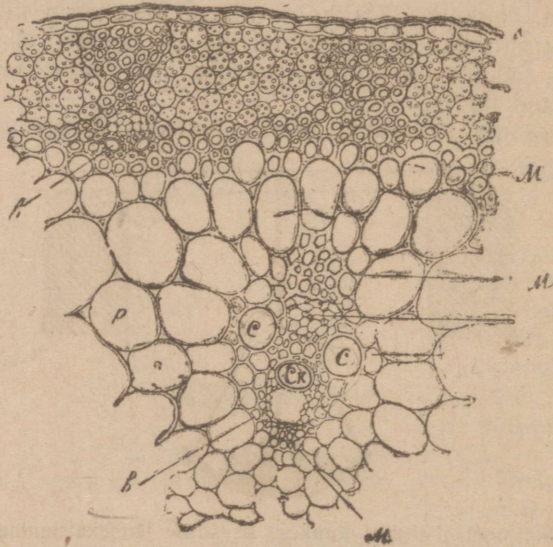
80. joon. Paberist torukese kõvaduse järelekatsumine.

tame ta külge alguses kohe selle raskuse, mille külgeriputamisel eelmine paberirull murdus. Selgub, et selle raskuse all ei vaju meie katsealune toru isegi kõverasse. Et teda murda, tuleb veel tublisti raskust juure lisada.

See katse teeb meile selgeks, et ühest ja samast aine hulgast valmistatud õõnes varras on tugevam kui umbne. Järjelikult peab materjal, mida taim tarvitab oma varre ehitamiseks, koonduma peaaesjalikult välise pinna ligi. Me nägime, et õlekõrs ongi ehitatud selle põhimõtte järele.

Vaatame nüüd kõrre põiklõiget tugeval suurendusel. 81. joonistusel on kujutatud sellest ainult väike osa. Siin paistab meile kohe silma m a r r a s k n a h k — e, mis sei-

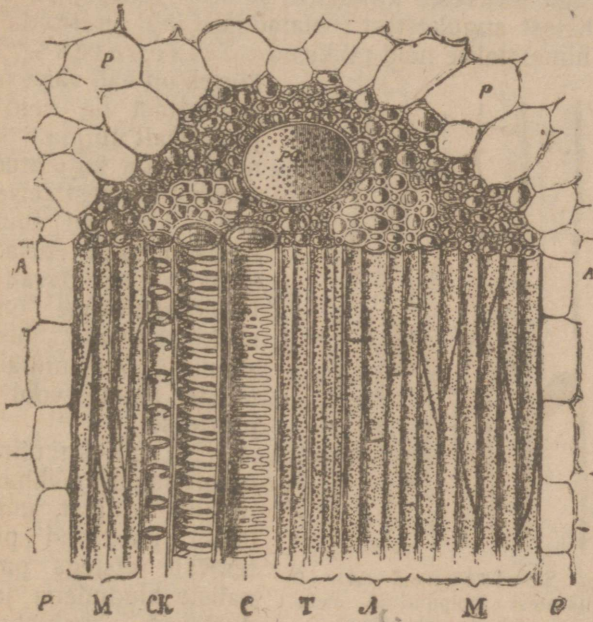
sab koos ühest ainsast rakkude kihist, tihedasti räniainega läbiimbunud kestadega, mille tõttu teda kaunis raske oli habemenoga lõigata. Marrasknaha all asuvad paiguti otsekohe mehhaanilised rakud *M*, paiguti näeme aga heledamaid parenhüüm-rakkude kogusid — *p*. Nagu lõikelt näha, on mehhaaniliste rakkude kestad paksud,



81. joon. Rukkikõrre kiudsoone-kimp põiklõikes:
M — mehhaaniline kude; *p* — põhikude; *C* ja *Ck* — sooned; nende kõrval, väljaspool, sõelsooned.

puitunud ja annavad kõrrele selle tõttu tarvilise kõvaduse. Neile järgnevad suured sisemise parenhüümi rakud — *p*, ja nende vahelt paistab selgesti silma läbilõigatud soon. Selles paneme tähele mitmet liiki rakkusid. Kõige pealt viskuvad meile silma laiad avasused — sooned, kitsamas mõttes. Et neid moodustavate üksikute rakkude vaheseinad on kadunud, siis esinevad sooned pikkade ühtlaste torudena, mida mööda tõuseb vesi ühes temas lahundunud mineraalainetega.

Kui me lõikame sooned pikuti läbi, siis näeme, et mõnel neist — CK — on seespool iseäralised rõngakujulised paksendused (82. joon.). Need rõngad kaitsevad toru kokkulitsumise eest kõrvalolevate kudede rõhumisel. Paksenduste kuju tõttu nimetatakse niisuguseid sooni rõn-



82. joon. Rukkikõrre kiudsoone-kimp pikilõikes: P — põhikude; M — mehhaaniline kude; C ja CK — sooned; T — sõelsooned.

gassoonteks. Jämedamal soontepaaril C pole seesuguseid sisemisi rõngaid. Neil on selle eest paksemad seinad, mis üleni läbi puuritud peenist avaustest — urgudest (83. joon.), millede abil soon seisab naaberrakkudega ühenduses. 82. joonistusel on näha, et naaberrakud T on varustatud samasuguste urgudega. Kõikide kirjeldatud rakkude kestad on puitunud ja need rakud moodustavad nõndanimetatud puuosa.

Soonte C lähedal paneme tähele salga teistsuguseid rakkusid, millede kestad pehmed, puitumata. Neid nimetatakse niine-rakkudeks ehk lihtsalt niineks; nad moodustavad niinosa. Pikilõikelt 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 sõelsoonteks. Rukkikõrres on nad väga peened, sellepärast on neid raske peenemalt uurida. 83. joonistusel on kujutatud kaks sõelsoont ühest teisest taimest, kus nad suuremad. Sõelsooned on elusad, protoplasmat sisaldavad rakud. Pooldumisvõime on nad siiski kaotanud. Just sõelsooni mooda sünnibki orgaaniliste ainete vool lehest juurtesse.



83. Joon. Sõelsooned (A): C — augukestest läbipuiritud sõelataolised rakkude vaheseinad.

Nii puu- kui niinosa on ümbritsetud mehhaaniliste rakkude ringist, mis pikilõikel paistavad pikkade, teravate otstega paksuseinaliste kiududena ja moodustavad mahlakandvate rakkude ümber kaitsekihi.

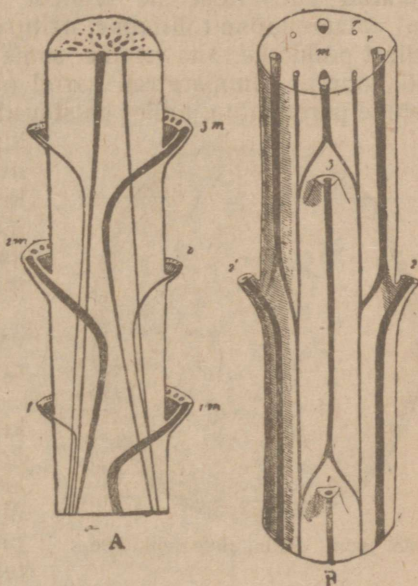
Nii siis on rukkikõrre sees olevad soonelaadilised moodustused koos ühelt poolt mahlakandvatest rakkudest — soontest ja sõelsoontest, teiselt poolt aga kiulaadilistest mehhaanilistest rakkudest, mis pakuvad soontele tarvilist tuge. Sellepärast nimetatakse tervet seda rakkude kogu kiudsoone-kimbuks. Neid leiame, peale mõne erandi, kõigis kõrgemate taimede tüvedes, ja neil on suur tähtsus taime elus.

Rukkikõrre kiudsoone-kimbud, samuti nagu kõikide üheiduleheliste taimede omad, ei kasva ega suurene taime eluea jooksul, vaid nende rakkude arv jääb samaks, mis

oli tekkides. See on muidugi arusaadav, sest suurem osa kiudsoone-kimbust on surnud, ülejäänud rakud, ehk küll elusad, pole enam pooldumisvõimelised. Peale selle ümbritseb neid surnud mehhaaniliste rakkude rõngas, mis ei laseks neid paljuneda. Sääraseid kiudsoone-kimpa nimetatakse kinnisteks, ja need on just üheiduleheliste taimedele iseloomulised.

Et kiudsoone-kimbud 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 kiudsoone-kimbud tiheda põimiku (84. joon.), millest osa jookseb selle lehe sisse, mis ümbritseb kõrt vaa-deldavas sõlmekohas. Lehe soonestik on selle loomulik jätk. Teiselt poolt jooksevad kiudsoone-kimbud 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 rukkikõrre ehituse sarnane, osalt võib aga lahku minna. Pea-lahkumine seisab selles, et tüvi pole mitte iga kord õõnes, vaid üleni täidetud parenhüüm-rakkudega, ja kiudsoone-kimbud ei asu mitte ühes või kahes reas, tüve välispinna ligi, vaid on laiali pillatud üle kogu tüve. 85. joonistusel on kujutatud palmi tüve põiklõige. Rohkearvulised kiud-



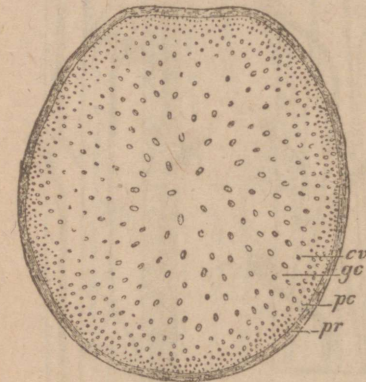
84. joon. Kiudsoone-kimpude põimik varre sõlme kohal: A — üheidulehelisel, B — kaheidulehelisel taimel.

soone-kimbud asuvad korratult igas tüve osas. Kõik kimbud on kinnised, nagu üheiduleheliste taimede iseloomuline. Tüvi võib kasvada jämedamaks ainult selle läbi, et tekivad juure uued kiudsoone-kimbud tüve välises osas.

35. Kaheidulehelised taimed. Kaheiduleheliste taimede noored tüved on oma ehituse poolest eespool kirjeldatud üheiduleheliste taimede tüvega kaunis sarnased. Kui võtame mõne rohttaime, näituseks tulika varre, ja teeme sellest põiklõike, siis näeme sama pildi, mis rukkikõrreski (86. joon.). Ümmargusel varrel on sees õõnsus, siis tuleb pehme parenhüüm, milles paistavad selgesti silma kiudsoone-

kimbud. Need asuvad ainult ühes reas, nagu kõikidel kaheidulehelistel. Viimati, kõige pealt on vars kaetud tiheda ühekihilise marrasknahaga.

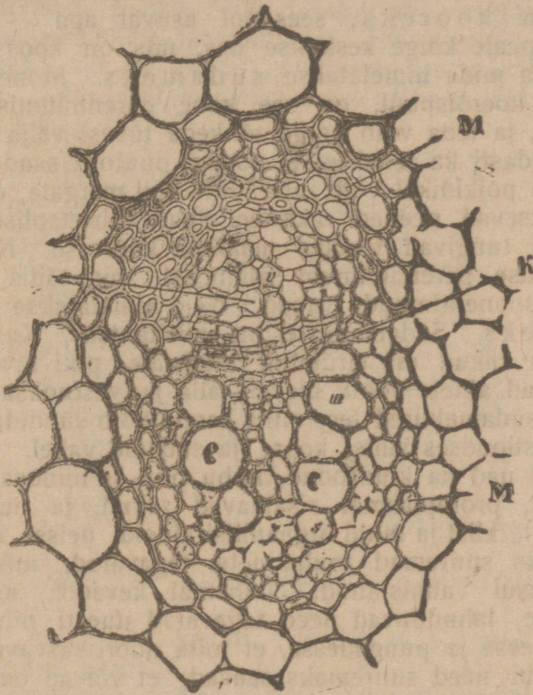
Sarnasus kõrrega on väga suur. Kuid on tuntavad ka lahkuminekid, — ja nimelt kiudsoonekimpude eneste ehituses. Iga kiudsoone-kimp seisab koos samadest osadest, mis üheidulehelistelgi, see on puuosa moodustavaist soontest ja niinosa moodusta-



85. joon. Palmi tüve põiklõige.

vaist sõelsoontest ning mehhaanilistest kiududest. Kuid peale nende leiame siin veel õhukese kihi pehmekestalisi ja protoplasmirikkeid rakkusid — k. Need rakud kannavad mähja (*cambium*) nime ja lõikavad kiudsoone-kimbu kaheks osaks — puu- ja niinosaks. Nii pole siis kimpu ümbritsev mehhaaniline ring mitte kinnine, vaid mähja kohal katkestatud. Sellepärast nimetatakse säärast kimpu lahtiseks. Sellel asjaolul on suur tähtsus, nagu peagi näeme. Mähja rakud on nimelt elusad ja pooldumisvõimelised. Nende pooldumisel tekkivad uued rakud arenevad ühelt poolt sõelsoonteks, teiselt poolt — puuosa soonteks, mille tõttu soonekimp alatasa suureneb, niikaua kui mähk on pooldumisvõimeline. Sellel on ise-

ärans suur tähtsus meie puude mitmeaastaste tüvede jaoks. Niisugustel mitmeaastastel tüvedel on esialgu ka üks ainuke kiudsoone-kimpude ring, nagu seda võib näha iga puu noortes kevadistes võsudes. Jälgime mõne puu, näit. pärna



86. joon. Tulika kiudsoone-kimbu läbilõige: *M* — mehaaniline kude; *C* ja *S* — sooned (puuosa); *v* — sõelsooned (nilinosa); *K* — mähk (kambium).

noore, alles pungast puhkenud võsu arenemist. Nagu näeme, asuvad seal kiudsoone-kimbud ühe ringina. Need kimbud on kõik lahtised, see tähendab, neis asub mähjakiht; peagi laguneb see kiht läbi ümbritseva parenhüümi ühe kimbu juurest teise juure, nii et tekib täisringiline

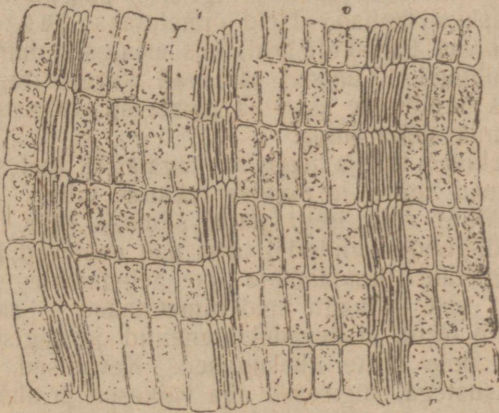
mähjakiht. Mähjaringi rakud poolduvad alatasa ja täidavad üksikute kiudsoone-kimpude vahed uute soonte ja sõelsoontega, nii et juba esimese suve jooksul tekib umbne ringikujuline puuosa seespool ja samasugune niinosa väljaspool.

Kõike seda tüveosa, mis asub väljaspool mähjaringi, nimetatakse kooreks, seespool asuvat aga — puuosaks, peale kõige keskmise osa, mis on koos parenhüümist ja mida nimetatakse südameks. Mõnel puul, näituseks koerõispuul, on see kobe parenhüümist südaõige jäme, ja teda võib kerge tõukega tüvest välja suruda, mida sagedasti ka tehakse, et õõnest puutoru saada.

Tüve põiklõikel võib juba luubi abil märgata, et südamest jooksevad peened rakkude ribad kiirtetaoliselt läbi puuosa ja tungivad teatava määraneni koorese. Need on selle algelise parenhüümikoe jäänused, mis täitis esialgu kõik kiudsoone-kimpude vahed. Neid nimetatakse südamekiirteks. Südamekiirtel on suur tähtsus. Kuna puu- ja niinosa rakud on sirutatud loodsihis, piki tüve, ning võimaldavad ainete voolu ülevalt alla ja vastuoksa, moodustavad südamekiired tee, mille kaudu võib sündida ainete vahetus ristloodses sihis, koore ja südame vahel. Ühtlasi ühendavad nad ka kiudsoone-kimbu puu- ja niinosa. Need on elusad, protoplasmat sisaldavad rakud, ja neis võib alati leida tärklis- ja muid orgaanilisi aineid, neisse kogunevad talveks suuremad toiduainete tagavarad, mis lehed suve jooksul valmistanud. Lähemal kevadel, kui puu läheb lehte, lahunduvad need tagavarad uuesti ning kantakse okstesse ja pungadesse, et toita noori kasvavaid osasid, senikui need suuremaks saavad, et võivad omale ise toitu muretseda.

Nii siis tekivad esimesel suvel ühtlased ringid puuosa, mähka 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 teda enne ühest kohast noaga lahti lõigata. See sünnib nii kergesti selle tõttu, et koor on ühendatud puuosaga ainult õrnade ja pehmete mähjarakkude abil. Just see õrn limane kiht, mida leiame koore alt, ongi mähk. Sellele järgneb tihe valge puuosa.

Talve tulekul jääb mähjarakkude tegevus seisma, — nad ei pooldu enam ja on säärases puhke-seisukorras järgmise kevadeni. Soojade kevadiste päevade tulekul tõusevad mähjarakud uuesti elule ja hakkavad endist viisi poolduma. Sel teel tekivad jällegi uued puosa ja koore rakud. Nõnda muutuvad nii koor kui puosa ikka paksemaks ja paksemaks, ehk küll lahkumineval viisil: uued puosa rakud asuvad vanade peale, koor saab aga uusi rakkusid seestpoolt. Koore kõige vanemad rakud on järjelikult väli-



87. joon. Korgistunud rakkude kihtidest koosseisev kasetoht.

sed, kõige nooremad aga on pöördud mähja poole ja on puuosale kõige lähemad.

Arusaadav, et säärasel tüve paisumisel venitatakse välised koore rakud ikka enam ja enam välja. Viimati ei kannata nad seda alaliselt kasvavat sisemist rõhumist välja ja katkevad. Seda mööda, kuidas koor katkeb ja lõheneb ikka enam ja enam, mille tagajärjel vanade puude tüved muutuvad pealt ebatasasteks ja krobelisteks, hakkab lõhkenud kohtade all tekkima kork. Selle ülesandeks on kaitsta tüve väliste mõjude eest, mis koores tekkivate pragude ja lõhede läbi taimetele kergesti võivad kahju teha. Kork on koos rakkudest, millede kestad on läbi imunud iseäralise ainega, mis muudab need vee- ja õhukindlaks.

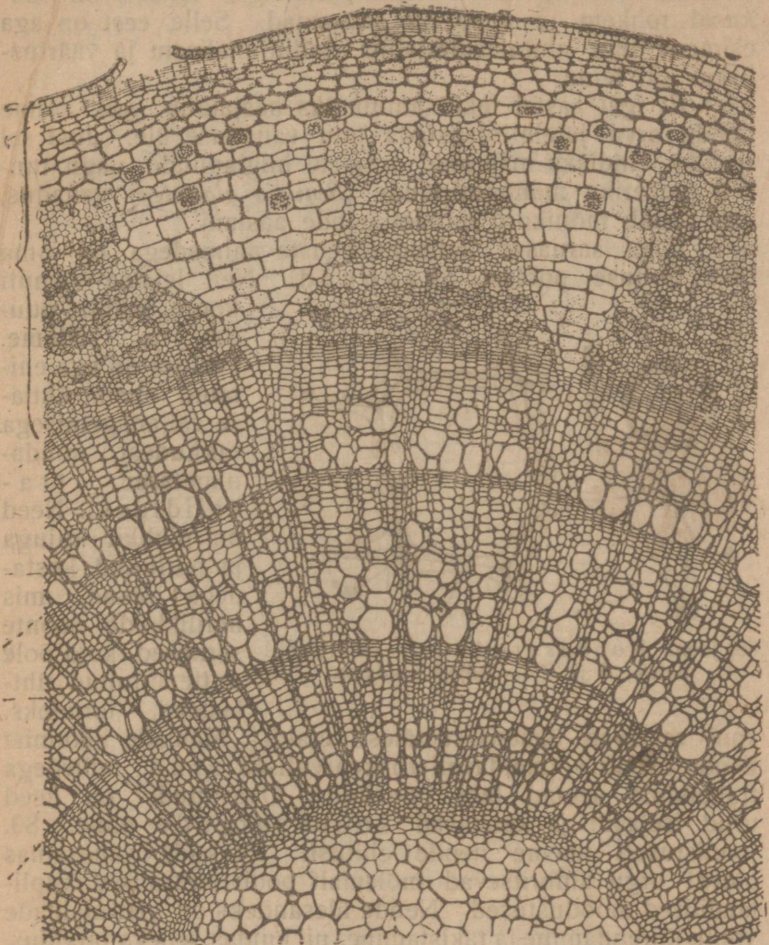
Korgirakud tekivad iseäralise rakkudekihi, nõndanimetatud kork-kambiumi pooldumisel (87. joon.). See kiht tekib otsekohe marrasknaha all või mõnikord ka sügavamal koore sees. Viimasel juhusel eraldab tekkiv kork väljaspool oleva kooreosa muust tüvest, ja see sureb ära. Tekib paks surnud rakkude kiht, mis vähehaaval praguneb ja pudeneb. Seda välist pudenevat kihti ühes selle all oleva korgiga nimetatakse korbaks.

Et vee- ja õhukindel kork siiski mitte täielikult õhuvahetust ei takistaks, jäävad korgi sisse paiguti hõredamad, õhku läbilaskvad kohad. Neid nimetatakse läätsedeks, ja need tekivad harilikult seal, kus esialgses marrasknahas asusid õhulõhed. Läätsed täidavad korgikorruga kaetud tüve juures õhulõhede aset, ja paistavad väljastpoolt väikeste kühmukestena silma.

Nii tekivad mähja tegevuse tagajärjel igal suvel ikka uued ja uued koore ja puuosa rakkude kihid. Neid igaaastaseid kihte võib isegi palja silmaga väga hästi näha mahasaetud puude kändudel, kus nad esinevad korrapäraselt vahelduvate tumedamate ja heledamate ringidena. Aastaringid ehk — nagu neid nimetatakse — aastalõimed tekivad selle tõttu, et kevadel arenenud ja sügiseseid puuosa rakud pole mitte ühesugused. Kevadised rakud on suurte õõnsustega, sügiseseid aga väikesed ja tihedasti üksteise ligi surutud. Siis tuleb talv, ja mähja tegevus jääb seisma. Kevadel aga järgnevad sügisestele väikestele rakkudele otsekohe suured, nii et piir möödaläinud ja järgneva aasta rakkude vahel on järsk ning selge (88. joon.).

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

Aastalõimede laius võib olla mitmesugune. Kui suvel olid head kasvamistingimused, siis tekib lai lõim, vastasel korral aga kitsas. See oleneb ühtlasi taime asukohast ja üldistest kasvamistingimustest. Aastalõimede laiuse järele võib näituseks kohe ära tunda vaesel liivasel pinnal kasvanud mändi heal rammusal pinnal kasvanud männist. Esimesel on lõimed kitsad, kuid tihedad, sest nad on koos peenist, tihedasti üksteise ligi asuvaist rakkudest. Teisel

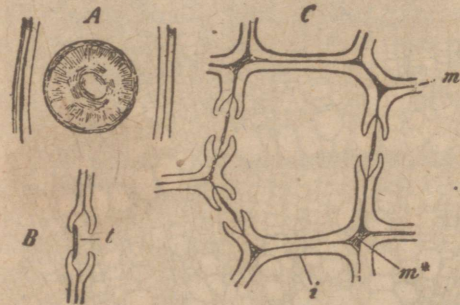


88. joon. Pärna kolmeaastase oksa läbilõige: Väljastpoolt sissepoole asuvad järgmised rakkude kihid: 1. juba paiguti katkenud marrasknahk; 2. korkkiht; 3. algoore kobekude; 4. niinosa; 5. mähk; 6. kolm ringi puuosa, kus vahelduvad suured laiad kevadised rakud kitsaste sügiseste rakkudega; 7. süda.

selle vastu on õige laiad lõimed, sest igas lõimes on rakusid rohkem ja need on suuremad. Selle eest on aga esimene puu ehitusmaterjalina kallihinnalisem ja väärtuslisem kui teine.

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

Väga sarnased kaheiduleheliste taimedega on oma tüve ehituse poolest okaspuud. Neil leiame samuti



89. joon. Koobasurud: A — pealt vaadates; B ja C — küljelt vaadates.

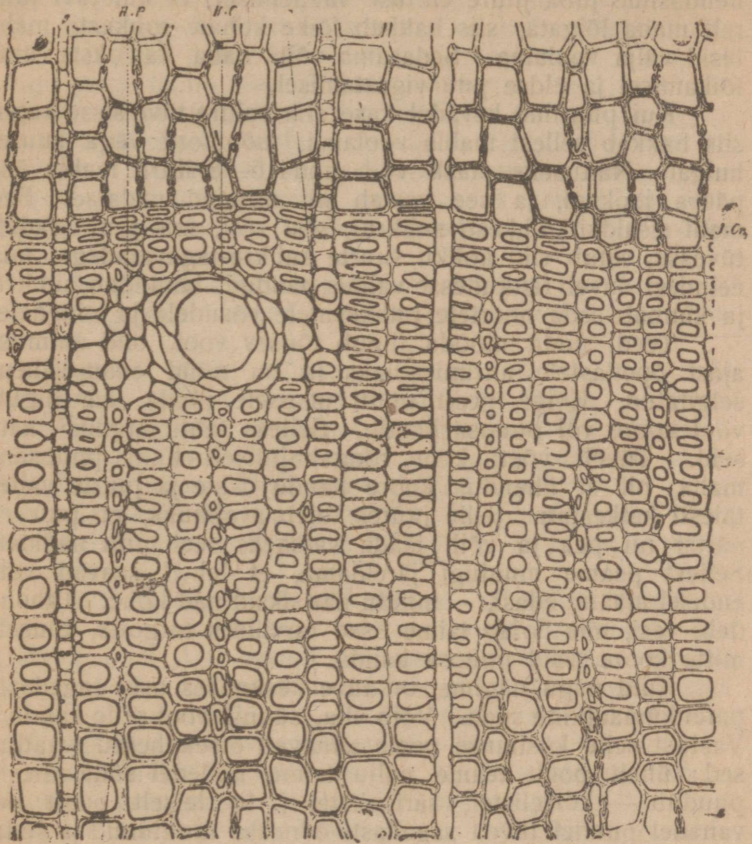
vaid seisavad üksteisest täiesti eraldi. Mahlade liikumist nende kaudu võimaldavad rohkearvulised urud, milledega traheiidide seinad läbi puuritud. Okaspuudel on need urud iselaadi ja kannavad koobasurgude nime. 89. joonistusest näeme nende ehitust. Rakkude vaheseinas olevat urgu ümbritsevad mõlemalt poolt iseäralised kupli-laadilised moodustused. Nende ülesandeks on vist mahlade voolu kiirendamine ja takistamine, nii kuidas selleks tarvidus.

90. joonistus kujutab männitüve puuosa põiklõikes.

36. Mahlade liikumine tüves. Uurides tüve ehitust leidsime selles kahesuguseid mahlakandvaid osasid: sooned, mis asusid tüve puuosas, ja sõelsooned — tüve niinosas. Nende kaudu peab sündima taime mahlade liikumine, mis omakord peaks olema kahesugune: tõusev

koore, mähja, puuosa ja südame. Puuosa on aga ehitatud enam ühtlase väljanägemisega rakkudest, nõnda nimetatud traheiididest. Need on pikliku kujuga ja puitunud kestadega rakud, mis harilikkuude soonte sarnased, kuid pole mitte liitunud ühtlasteks torudeks,

vool kannab juurtest vett ja mineraalsoolasid lehtedesse, langev vool toob tüvesse ja juurtesse lehtede poolt



90. joon. Männitüve puuosa põiklõikes: *J. Gr.* — kahe aasta piir: allpool (tüve seespool) peened paksukestalised stügisised rakud, ülevalpool (tüve pinna pool) laiad kevadised rakud; *g* — südamekiir; *H. P.* — lai õõnsus, mida mööda liigub vaik.

valmistatud orgaanilisi aineid. Vaatleme lähemalt neid teesid, millede kaudu sünnivad mahlade voolud, ja tühtlasi tingimusi, milledest see oleneb.

Tõusev vool. Et siisugune vool on tõesti olemas, seda teati juba ammu otsekohestest 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.

Kui puurime kevadel kase ehk vahtra tüve sisse augu, siis hakkab sellest mahla voolama, mõnikord väga suurel hulgal. Näituseks, kask võib anda 6—8 liitrit mahla ööpäeva jooksul, ja see kestab nii mitmed nädalad. See mahl sisaldab rohkesti suhkrut, sest vesi, mis juur saadab tüvesse, satub siin kokku suurte suhkru-tagavaradega, mis eelmisel suvel rakkudesse valmis pandud, lahundab suhkru ja kannab seda noortele puhkevatele 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 järgmisi katseid. Tüvelt võeti koor rõngakujuliselt kuni puuosani maha, nii et ühendus koore kaudu okste ja juurte vahel täiesti katkestati. Selle juures tuleb avalikuks, et puu ei närtsi nii pea ja võib jääda värskeks veel mitu nädalat. Sellest peame muidugi järeldama, et lehed saavad vett endisel määral edasi, — muidu närtsiksid nad kohe. Tähendab, vesi, mis hoiab taime osad tarvilises turgoris, tõuseb mitte koore, vaid puuosa kaudu.

Kuid nagu nägime, on tüve keskmises osas sagedasti parenhümaatiline süda. Võib olla, sünnib vool selle kaudu? Vastust selle küsimuse peale annavad otsekohesed vaatlused: ühelt poolt teame palju taimi, millel süda täiesti puudub — kõrrelistel, sarikalistel j. t., teiselt poolt on vanadel puudel tüved sagedasti õõnsaks muutunud ja süda ning isegi muist puuosa ära kõdunud.

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 põik- ja pikilõikeid, näeme, et koor

ja süda on jäänud värvituks. Sooned on aga värvilisteks muutunud. Lehtedes ja õites, iseäranis valgetes, võime isegi palja silmaga jälgida värvaine liikumist soontes. Seda katsed saab teha ainult äralõigatud vartega. Kui elusat kasvavat taime kasta värvitud veega, siis ei jäta see mingit jälge taime sisemistesse kudedesse, sest juure rakkude protoplasma ei lase värvainet läbi.

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

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

Paneme tähele mõnda tähtsamat tegurit, mis seda tööd teevad. Üks neist on meile juba tuttav — nimelt juurerõhuline. Juurenarmaste kaudu imeb juur ümbritsevast mullast vahet pidamata vett ja kogub seda kesk-silindri soontesse. Neid sooni mööda hakkab vesi suure jõuga ülespoole liikuma, ja väiksemate puude jaoks oleks ainult sellest juurerõhumisest küllalt, et kogu puud veega varustada.

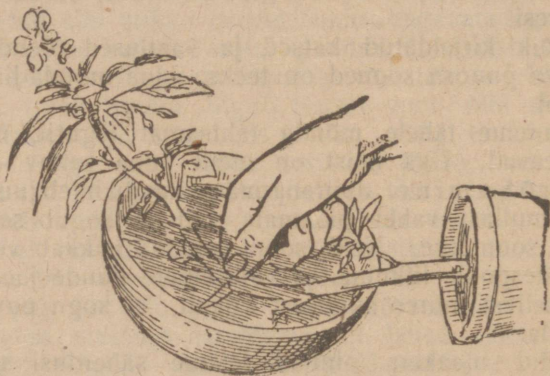
Kuid maakera pinnalt leiame säherdusi taimeriigi hiiglasti, nagu eukalüptid, mammutipuud ja teised, mis kerkivad kuni 150 meetri kõrguseni. Et tõsta vett nii kõrgele, peaks väljaarvamiste järele juurerõhuline tõusma kuni 40—50 atmosfäärini. Säärast rõhumist ei kannataks isegi tugevasti ehitatud aurukatlad välja.

Kas valitseb suurte puude tüvedes säärane kõrge rõhuline, pole teada, sest seda ei osata veel mõõta. Igatähel on see kahtlane. Sellepärast peaksime selgusele jõudma, kas pole mõnda teist tegurit, mis juurte tööd kergendaks.

Niisuguseks teiseks teguriks on lehed. Nagu juba teame, auravad lehed vahet pidamata vett. Selle tagajärjel muutub lehe sammaskoe rakkude mahl väga kangeks lahundiks, see aga kisub uued vee hulgad rakkudesse juure. Et lehesoonestik tungib igale poole parenhüüm-rakkude vahele, siis puutub soonte kaudu liikuv vesi õige

rohkearvuliste vett-auravate rakkudega kokku Nii on lehe aurav pind ühtlasi imevaks pinnaks. See imemine sünnib nii hoogsalt, et juured ei jõua tarvilisel määral vett saata. Selle tõttu langeb soontes rõhumine ja ühtlase veejoa sisse tekivad õhumullikesed.

Kui tüvi läbi lõigata, siis tungib soontesse väline, suurema rõhumise all olev õhk ja takistab neis veevoolu. Sagedasti närtsivad murtud lilled isegi veenõus ruttu ära, sest väline õhk on sooned ära ummistanud ja veevoolu seisma pannud. Et seda ei sünniks, tuleks varred vee all



91. joon. Okste lõikamine vee all.

läbi lõigata, nagu 91. joonistusel kujutatud. Siis tungiks soontesse õhu asemel vesi, ja vool ei katkestuks.

Lehe rakkude imevat tegevust võiks näitlikuks teha järgmise katsega (92. joon.). Lehter täidetakse gipsiga; siis valatakse lehtri pikk peenike kael vett täis ja seatakse otsaga elavhõbedasse. Lahtine gipsi pind aurab vett ja imeb seda ühtlasi lehtri kaelast ühtelugu juure, mille tagajärjel rõhumine väheneb, ja elavhõbeda-sammas hakkab lehtri kaelas tõusma.

Nii siis võib vee liikumise põhjusteks pidada kahte tegurit: juurerõhmist ja vee auramist lehtede kaudu.

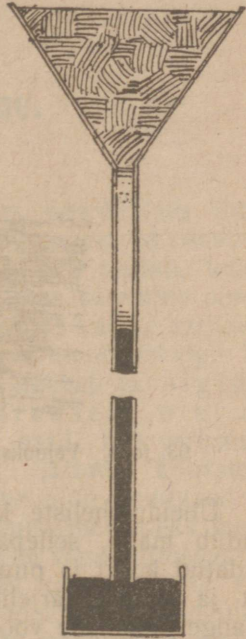
Langev vool. Langeva voolu olemasolu ja selle teid on tõendanud samad katsed tüvede koorimisega, milledest

rääkisime juba eespool. Me nägime, et tüve rõngakujuline koorimine ei surma veel otsekohe taime. Taim püsib värskena mitmed nädalad ja isegi kuud. Kuid lõppude lõpuks kuivab ja sureb ta siiski. Vaatlused on näidanud, et kõige pealt surevad juured tarviliste toiduainete puudusel. Selle tagajärjel jääb ka tõusev veevool seisma. See katse viib mõttele, et orgaaniliste toitainete vool sünnib koore kaudu.

Kui me võtame koore rõngad üksikutelt vähematelt okstelt, siis tuleb avalikuks, et seesugused oksad kasvavad mõnikord veel paremini kui teised, sest kõik lehtedest 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 viimati teha veel järgmisi katseid. Lõikame kevadel paju ehk papli küljest $1\frac{1}{2}$ —2 tsentimeetri jämeduse oksa, võtame sellelt alumise otsa lähedal koore rõngakujuliselt maha ja paneme siis oksa vette, nii et kooritud koht jääks vee alla (93. joon.). Siis näeme, et uued juurevõsud tekivad peaaesjalikult ülevalpool kooritud kohta. Allpool seda tekivad ainult mõned üksikud ja needki jäävad kangu.

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 sõelsooned sisaldavad suvel rohkesti orgaanilisi aineid, talvel on nad aga tühjad. Selle eest on aga kõik koore ja südamekiirte paren-



92. joon. Lehtede imevat tegevust selgitav katse.

hüümrakud siis ainetega täidetud. Kevadel näeme orgaanilisi aineid sõelsoontes uuesti. See viib meid mõttele, et just sõelsooned on langeva voolu teeks.



93. joon. Pajuksa võsumine pealpool kooritud kohta.

Üheiduleheliste kiudsoone-kimbud on kinnised, neil puudub mähk, sellepärast pole nende tüvedel ka selgesti eraldatud koort ja puuosa. Igal kiudsoone-kimbul on oma puu- ja niinosa, järjekult igas kimbus sünnib oma tõusev ja langev mahlade vool.

VII. Sigimine.

37. Sigimisest üldse. Eelmistes peatükkides tutvusime sellega, kuidas taim areneb seemnest ja omandab lõpuliku täiskasvanud kuju, kuidas ta end toidab, kuidas ta hingab ja üldse, kuidas sünnib temas keeruline ainetevahetus; kuidas ta vastab mitmesuguste väliste ärritavate mõjude peale. Kui taim on seesuguse arenemiskäigu läbi teinud ja saanud täiskasvanuks, siis hakkab ta sigima, see on, looma uusi, enesesarnaseid olevusi.

Selleks eraldab taim enesest osad, mis varustatud kõige tarvilikuga iseseisva elu jaoks. Sattudes kohastes tingimustesse, hakkavad need arenema ning muutuvad viimati täiskasvanuiks ja omakord sigimisvõimelisteks taimedeks. Need eraldatud osad võivad olla väga mitmesuguste taime elundite küljest pärit. Mitmeil samblaliikidel eralduvad lehtede küljest iseäralised rakkudekogud, nõndanimeetatud pesapungad, mis kantakse veevooluga emataimest eemale ja tekitavad uusi taime eksemplaare. Kõrgemal taimedel näeme sagedasti lehe kaenlas ehk lehtede peal iseäralisi punge, 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 pungadest kasvavad uued taimed (94. joon.). Mitmed taimed, nagu kartul, kanakoole ja teised, sigivad maa-aluste mugulate abil, sibulal ja teistel sellelaadilistel taimedel on sigimiseks sibulad. Maasikas ja hanijalg ajavad maad mööda roomavaid võsusid, mis viimati eralduvad, omandavad juured ja muutuvad iseseisvateks taimedeks (95. joon.).

Sagedasti eraldab ka inimene taime küljest osad,

et neist kunstlikul teel uusi taimi kasvatada. Äralõigatud pajuoks omandab vee sees juured, ja maa sisse istutatud, kasvab tast uus paju. Tuntud taimel begoonial on omandus kasvatada lehtedest uusi taimi. Selleks tarvitseb äralõigatud leht panna ainult niiskele liivale ja lehe sooned



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

mõnest kohast läbi lõigata, — siis kasvavad lõikekohast juured ja varred, ning varsti sirgub neist terve uus taim.

38. Suguta sigimine. Eespool kirjeldatud uute taimede tekkimise viisi ei peaks nimetama õieti sigimiseks, vaid see on lihtne paljunemine. Päril sigimise all tuleb aga mõista uute taimede tekkimist iseäralistest sigimiserakkudest.

Seesuguseid sigimiserakkusid võib leida kõikide taimede juures, algades kõige madalaimast ja lõpetades kõrgeimatega.

Muidugi on nad oma kuju ja iseärasuste poolest väga mitmesugused.

Lihtsaparastel kiudvetikatel, näituseks *ödoooniumil* (*Oedogonium*), tõmbub ühe raku protoplasmaline sisu tom-buks kokku ja lahkub kestast selles tekkinud avause kaudu. Säärane protoplasmatom-buke, mida nimetatakse zoon-spooriks, ujub vabalt vee sees vibukate abil, milledega ta varustatud, vajub viimati põhja, ümbritseb end kestaga,

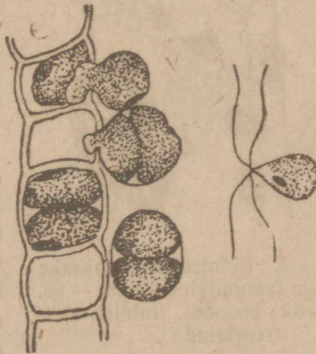
hakkab poolduma ning muutub viimaks uueks kiudvetikaks. Zoosporid on sigimisrakud, ja neid leiame ühel ehk teisel kujul kõikide vetikate juures. Ulootriksil (*Ulothrix zonata*) jaguneb raku sisu enne kestast lahkumist



95. joon. Maasika sigimine roomavate võsude abil.

mitmeks vähemaks osaks — zoosporiks (96. joon.). Nende pärastine saatus on sama, mis ödogooniumi zoosporidel.

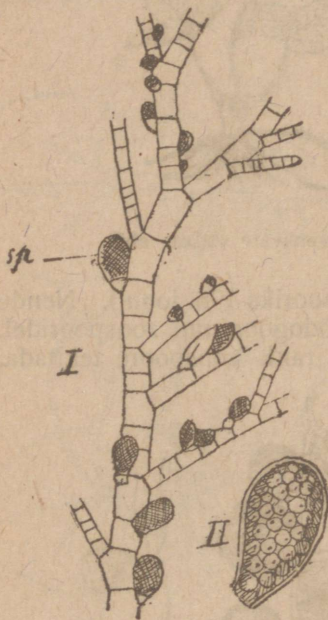
Kuna kiudvetikatel võis iga rakk zoospoore tekitada, on enam-arenenud pruunid ja punastel merivetikatel selleks iseäralised rakud, nõndanimeetatud sporangiumid ehk eospesad. 97. joonistus kujutab meile ektokarpuse (*Ectocarpus penicillatus*) oksakest sporangiumidega.



96. joon. Ulootriksi zoospori tekkimine.

Vees elutsevate seenete sigimisrakud tekivad samuti, nagu vetikatel. 98. joonistus kujutab saproleegnia (*Achlya prolifera*) zoosporide tekkimist. Suurem osa seeni elab aga niiskes, pehkvate orgaaniliste jäänuste poolst rikkas mullas ehk muus samalaadilises ümbruskonnas. Sellepärast pole neil sigimisrakkude edasikandjaks enam vesi, vaid nad jätavad selle tuule ja õhuvoolude hooleks. Selleks sirutavad nad õhku iseäralised harud, millede ots-

mised rakud jagunevad rohkearvulisteks sigimisrakkudeks, mida nimetatakse seenesteks ehk koniidideks (*conidium*). 99. joonistus kujutab hariliku hallitusseene (*Penicillium glaucum*) eoste tekkimist. Tuul kannab eosed laiali, ja kohastes tingimustes kasvavad neist uued seened.



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

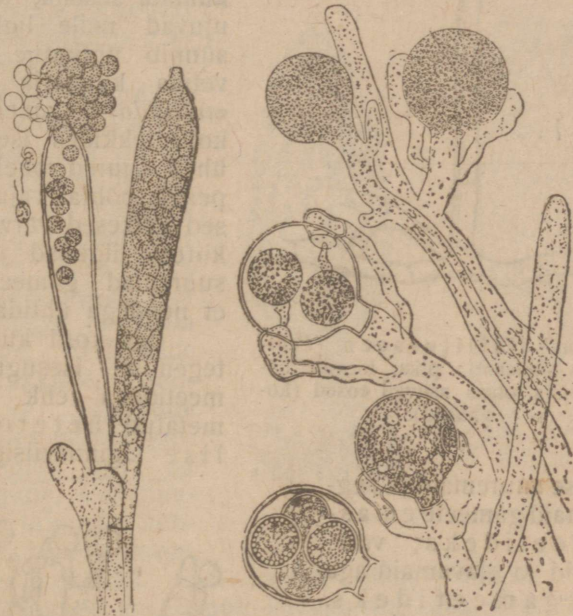
Need eoseid-kandvad harud on kõrgematel seenetel väga mitmesuguse ja sagedasti keerulise ehitusega. Üldistes joontes võib seeni selles suhtes kahte salka jaotada: jalgeosised (*Basidiomycetes*) ja kottseened (*Ascomycetes*). Esimestel tekivad eosed harilikult neljakaupa iseäraliste jalgade — basiidide ehk eoskandade otsas, mis asuvad hariliku maapealse seenekübara alumisel küljel (100. joon.). Siia salka kuulub suurem hulk meie harilikka metsaluseid seeni.

Kottseenetel tekivad eosed kaheksakaupa iseäralistes kottides (*asci*), mis ühinevad seenemaapealseks eoseid-kandvaks kehaks (101. joon.). Valmimisel avaneb koti suu ja eosed puistuvad välja.

Kõikidel vaadeldud juhusel tekivad sigimisrakud — zoosporid ehk eosed — taime harilikkudest ehk selleks määratud iseäralistest rakkudest lihtsa pooldumise teel. Säärast sigimisviisi nimetatakse *sugutumaks*.

39. Suguline sigimine. Taimedel on olemas veel teine sigimisviis, mida nimetatakse suguliseks. Selle sigimisviisi järele ei teki emataime küljest eraldunud sigi-

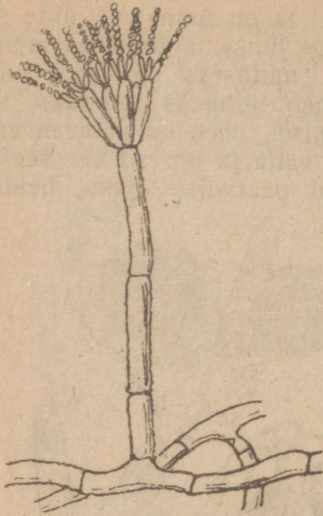
misrakust uut taime enne, kui ta on ühinenud, ühte sulanud teise sigimiserakuga. Kõige lihtsamal kujul näeme seda protsessi jällegi kiudvetikate, näituseks ulootriksi juures. Ühe raku protoplasma jaguneb mitmeks tombuks, nagu see sündis zoosporide tekkimisel, need omandavad endile vibukad, poevad rakukestast välja ja ujuvad vee sees vabalt ümber. Seal satuvad nad paariviisi kokku, heidavad



98. joon. Saprolegnia zoosporide tekkimine.

vibukad ära ja sulavad ühte (102. joon.). Seesugused sigimiserakud kannavad üldse gameetide nime, nende ühtesulamist nimetatakse kopulatsiooniks ehk ühtimiseks, ja selle tagajärjel tekkinud raku zügoodiks ehk liiteoseks.

Ulootriksi gameetid on täiesti ühesugused ja sellepärast nimetatakse säärast sugulise sigimise viisi isogaamiaks. Vaadeldes teiste enam-arenenud vetikate sugulist sigimist, märkame peagi lahkuminekut ühtesula-



99. joon. Hallitusseen (*Penicillium glaucum*): pika, ülevalt haralise jala otsas asuvad eosed (koniidid).

atakse suuremaid ja aeglasemaid gameete emasgameetideks, väiksemaid ja elavamaid aga isasgameetideks. Isasgameetid kannavad ka seemnerakkude ehk spermatozoidide nime, ja elundid, milledes nad tekivad, nimetatakse anteriidiumideks (*antheridium*) ehk seemnepesakesteks. Emasgameete nimetatakse aga teisiti munarakku-

vate gameetide suuruses ja omadustes. Eespoolnimetatud vetika ektokarpuse gameetid on küll suure 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*) gameetid on kohe tekkides isesugused: ühed suured rohelised, mis peagi põhja vajuvad, teised väikesed värvitud, mis kiiresti liiguvad ja otsivad suuremad gameetid üles, et nendega ühtida.

Iga kord kui meil on tegemist isesuguste gameetidega ehk nõndanimetatud heterogaamilise sigimisviisiga, nime-



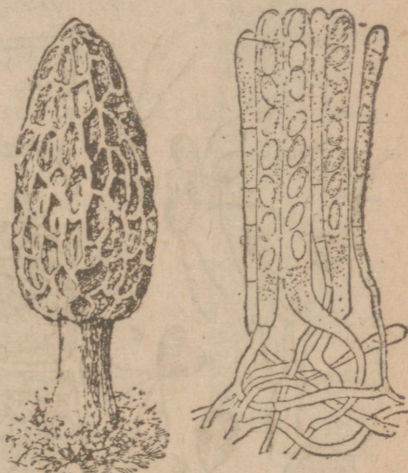
100. joon. Basiidium eh eoskand.

deks ja nende esialgset asupaika — oogooniumiks (*oogonium*). Sagedasti püsib munarakk oma esialgses asupaigas ja seemnerakk tungib sinna sisse ning sulab seal munarakuga ühte. Mõnel vetikaliigil, näituseks spirogüüral, on mõlemad gameetid oma vaba liikumise kaotanud ja nende ühtesulamine sünnib iseäralise torukese kaudu, mis kasvab rakkude vahele (103. joon.). Säärast sugulise sigimise viisi nimetatakse konjugatsiooniks ehk liitumiseks ja sellest tekkinud raku — zügospooriks.

Sündigu suguline sigimine ühel ehk teisel viisil, ikka näeme selles iseloomulist silmapilku — sigimiskrakkude, gameetide, ühtimist. Selle juures ühtib protoplasma protoplasmaga ja tuum tuumaga. Et kõikide taimekrakkude, 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 paljuneks j. n. e. Päriselt püsib aga kromosoomide arv ka peale sugulist sigimist endisena. See on võimalik selle tõttu, et enne sugulise sigimiskraku valmimist väheneb kromosoomide arv poole võrra. Seesugust nähtust nimetatakse kromosoomide reduktsiooniks.

Sugulise sigimise õige mõte ja tähtsus pole veel tarvilisel määral selge. Mitmekordsel lihtsal rakkude pooldukmisel võib sigimiskrakk oma esialgsest ainest osa kaotada, ja selle tõttu võib muutuda ka temast välja kasvav taim.



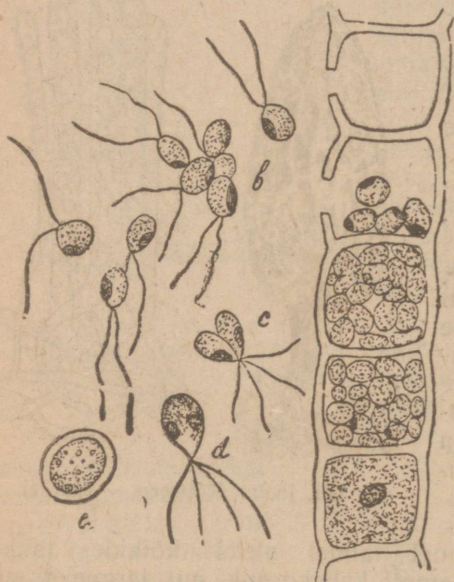
101. joon. Kottseen — mürkel.

Rakkude ühtimisel tehakse see aine kaotus teatud määral tasa, ja seesugusel oletusel seisaks siis sugulise sigimise tähtsus taime liigi omaduste ja iseärasuste alalhoidmises.

Et mitmed taimed sigivad nii sugutumal kui sugulisel teel, siis on huvitav tähele panna, millal tarvitab taim üht ehk teist sigimisviisi. Sagedasti on see sisemistest iseärasustest, ja suguline sigimine vaheldub korrapäraselt

suguta sigimisega.

Kuid mitte haruldane pole ka nähtus, et taime sigimisviis on välistest, ümbruskonna tingimustest. Iseäranis huvitavaid tagajärgi on annud sellekohased katsed nuivetikaga (*Vaucheria*). Heades ja soodsates tingimustes kasvavad nad jõudsasti ja sigivad ainult zoosporide abil. Kui aga tingimused halvenevad, kas langeb soojus ehk tuleb puudus toiduainetest, siis hakkavad nad suguliselt sigima, mille tagajär-



102. joon. Ulootriksi suguline sigimine.

jel tekkinud oosporid on vähem tundlikud halbade tingimuste vastu ja võivad neid ilma suurema kahjuta kannatada. Et nuivetika ja teiste sellelaadiliste vetikate elastingimused muutuvad perioodiliselt aastaegade järele, — veed külmavad talvel ja kuivavad suvel, — siis vahelduvad nende juures sigimisviisid ka enam-vähem perioodiliselt.

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

hariliku samblaliigi, näituseks käolina (*Polytrichum commune*) arenemist. Selle nime all tunneme meie väikest niiskeil kohtadel kasvavat rohelist taimekest, mille peent sirget vart katavad rohkearvulised väikesed lehekeseid ja millel veel päris juured puuduvad. Juurte aset täidavad käolinal haralised rakuniidid, nõndanimetatud rizoidid.

Suve algul ilmuvad käolina ladvale sugulise sigimise orgaanid — ühel taimel anteriidiumid ja teisel arhegooniumid. Need on juba keerulised paljurakulised moodustused (104. joon.). Anteriidiumis valmivad rohkearvulised väikesed isased sigimiserakud — spermatozoidid, arhegooniumis aga üks ainuke suur munarakk. Sigimiserakkude ühtimine võib sündida ainult vees, sest muidu ei pääse spermatozoid muna-raku ligi. Selleks tarvitab sammal kas arhegooniumi peale sattunud vihmatilka või rohket kevadist lumesulamist vett. Seda asjaolu võiks pidada tunnismärgiks, et samblad on arenenud veeselutsevaist esivanemaist — vetikatest.

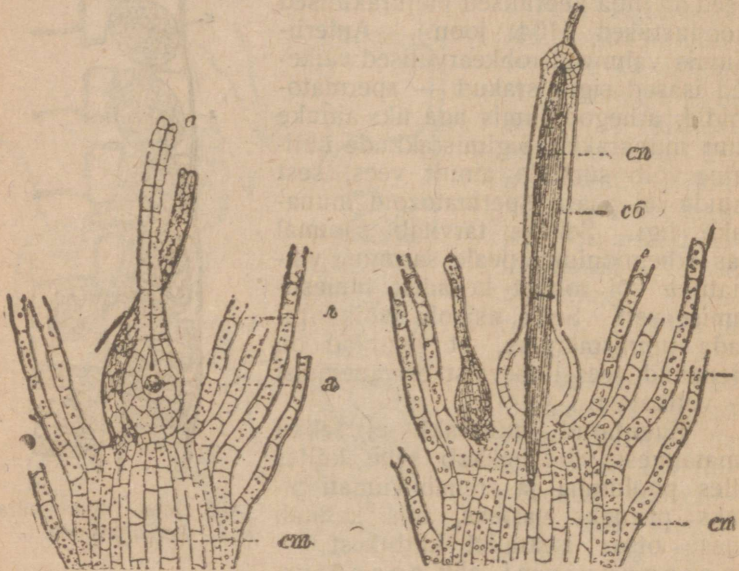
Sugutatud munarakk ei lahku emataimest, vaid hakkab selle küljes olles poolduma ja areneb viimati pikaks peeneks varreks, mis kannab enese otsas iseäralist karbikest — sporogooniumi ehk eospõlve. Siin sees tekivad eosed, mis tuul sporogooniumi valmimisel laiali kannab. Kohastesse tingimustesse sattunud eos hakkab idanema ja kasvab viimati peeneks haraliseks niidiks, mis maad mööda roomab. Seda nimetatakse sambla eelniidikeseks (*protonema*). Eelniidikesel tekivad pun-gakesed, milledest sirguvad meile tuntud käolina eksemplaarid.

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



103. joon. Spirogyra konjugatsioon.

mukesed — eospesad, milledes valmivad eosed. Tuulest laialikantud eosed hakkavad idanema ja arenevad väikesteks südamekujulisteks rohelisteks lehtedeks — sõnajala eellehtedeks (*prothallium*) (105. joon.). Eellehtedel ilmuvad antiiridiumid ja arhegooniumid (106. ja 107. joon.), ning peale munaraku sugutamist, mis ka vee sees peab sündima, kasvab sellest taim, millega meie arenemiskäigu vaatlemist algasime.



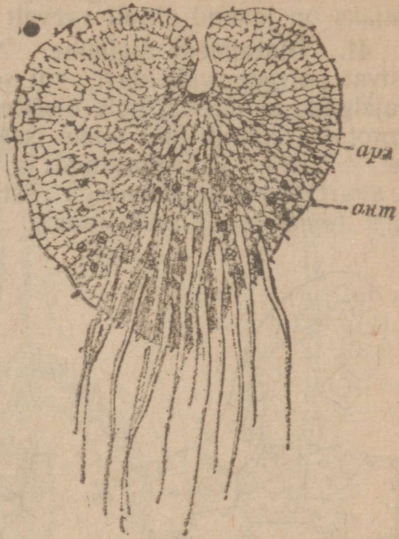
104. joon. Kälina (*Polytrichum commune*) arhegooniumid ja antiiridiumid.

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

Nagu teada, muutub sigimiserakkude ühtesulamisest nende kromosoomide arv kahekordseks. Et see arv vahet pidamata ei tõuseks, peab rakkude ühtesulamisele järgnema kromosoomide arvu vähenemine poole võrra ehk nõndani-

metatud reduktsioon. see eoste tekkimisel. miskäiku jagada kahte lahkuminevasse 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 all tuntud taim ise. Teises järgus on kromosoomide arv kahekordne ja siia kuuluvad: sugutatud munarakk ja sporogoonium. Et esimesse järku kuuluvad sugulise sigimise organid — anterii-

Sammaldel ja sõnajalgadel sünnib. Nii võib siis nende taimede arene-



105. joon. Sõnajala eelleht.



106. joon. Sõnajala anteriidiumid.

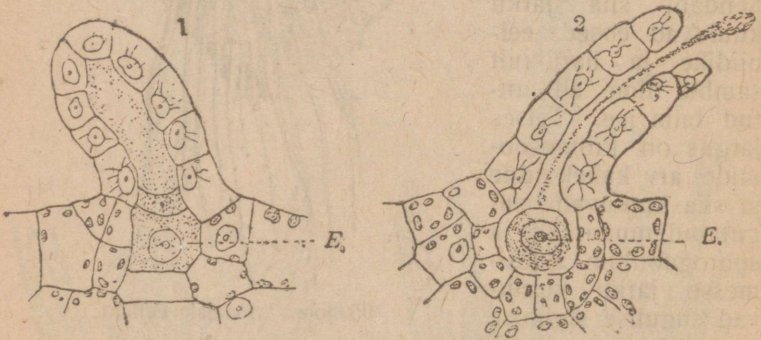
diumid ja arhegooniumid, siis nimetatakse seda suguliseks põlveks (*gametophytum*), teist aga suguta põlveks (*sporophytum*).

Samasugune on lugu sõnajalgadega. Siin käivad sugulise põlve hulka eosed ja eelleheke, suguta põlve moodustab aga taim ise. Järjelikult vastab samblaks nime-

tatud rohelisele taimekesele lihtsapärane sõnajala eelleht ja lihtsale sambla sporogooniumile suur arenenud taim roheliste lehtedega, varre 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 esitajaks 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 iseäralises selleks määratud osas — **õies**. Arhegooniumi ja munaraku asemel näeme siin suurt keerulise ehitusega riista — emakat, emaskogu (*gynoeceum*) (108. joon.). Emaka tähtsamaks osaks

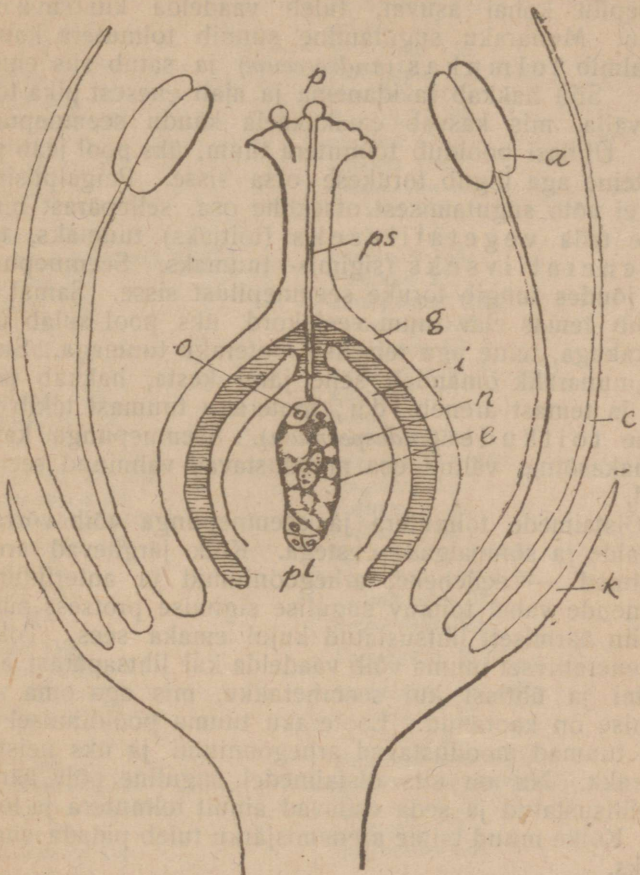


107. joon. Sõnajala arhegooniumid.

on alumine jämedamaks paisunud emakasõlm, mis aheneb ülevalpool pikaks peeneks emakakaelaks. Emakakaela ülemise otsa moodustab emaka-arm. Emakasõlmes asuvad üks ehk mitu seemnepunga (*ovulae*), mis on koos ühe ehk kahe kattega (*integumenta*) ümbritsetud tuumast (*nucellus*). Seemnepunga ülemises osas jätavad katted enestesse väikese pilu — seemnepilu (*micropyle*). Alumise osaga on seemnepung kinnitatud emakasõlme põhja külge ja siit ulatavad seemnepunga sisse kiudsoone-kimbud, millede kaudu ta saab tarvilist toitu. Seda kohta nimetatakse emakoogiks (*placenta*).

Juba varakult võib märgata seemnepungas ühte suuremat rakku, nõndanimetatud looterakku. Peagi pooldub selle tuum kaheks tuumaks, mis rändavad looteraku

otsapoolsetesse osadesse. Seal poolduvad nad veel kaks korda, nii et looteraku kummaski otsas tekib neli tuuma, milledest kummaltki poolt üks rändab tagasi looteraku



108. joon. Õistaime õie skemaatiline kujutus: *k* — tupeleht; *c* — kroonleht; *a* — tolmukas; *g* — emakas; *pl* — emakook; *n* — seemnepunga tuum; *i* — seemnepunga katted; *e* — looterakk; *o* — munarakk, *p* — idanev tolmutera; *ps* — selle niit, mis tungib munaraku juure.

keskele ja sulab siin teisega ühte, tekitades uue, nõnda nimetatud teiselise looteraku tuuma. Kumbagi looteraku otsa jääb järjekult kolm tuuma, milledest ühte, seemnepilu kohal asuvat, tuleb vaadelda kui munarakku. Munaraku sugutamine sünnib tolmutera kaudu, mis valmib tolmuks (*androecium*) ja satub siis emaka armile. Siin hakkab ta idanema ja ajab enesest pika torukese välja, mis kasvab emakakaela kaudu seemnepunga juure. Ühtlasi pooldub tolmutera tuum, üks pool jääb paigale, teine aga liigub torukese otsa sisse. Paigalpüsinud tuum ei võta sugutamisest otsekohe osa, sellepärast nimetatakse teda vegetatiivseks (toitjaks) tuumaks, teist aga generatiivseks (sigimis-) tuumaks. Seemnepunga juure jõudes tungib toruke seemnepilust sisse. Samal ajal pooldub temas elav tuum veel kord, üks pool sulab ühte munarakuga, teine aga teiselise looteraku tuumaga. Sugutatud munarakk omandab selle järel kesta, hakkab poolduma ja temast areneb idu, looteraku tuumast tekib aga seemne toitkude (*endospermum*). Seemnepunga katted ja emakasõlme väline osa moodustavad valminud seemne kestad.

Õistaimede tolmutera ja seemnepunga võib võrrelda sammalde ja sõnajalgade eostega. Kõik järgnevad arenemisastmed — eelleheke, arhegooniumid ja anteriidiumid ning nende vahel toimuv sugulise sigimise protsess sünnivad siin äärmiselt lihtsustatud kujul emaka sees. Tolmutera generatiivset tuuma võib vaadelda kui lihtsapärast anteriidiumi ja ühtlasi kui seemnerakku, mis aga oma vaba liikumise on kaotanud. Looteraku tuuma pooldumisel tekkinud tuumad moodustavad arhegooniumi ja üks neist on munarakk. Nii on siis õistaimedel suguline põlv äärmiseni lihtsustatud ja seda esitavad ainult tolmutera ja looterakk. Kõike muud taime arenemisjärku tuleb pidada suguta põlveks.

Taimede ja oskussõnade nimestik.

Aas-jürilill 125.
aastalõimed 116.
Achlya 127.
achromatin 21.
akromatiin 21.
Alectorolophus 103.
alusklaas 10.
algkoor 63.
amitoos 21.
amitosis 21.
ammoniaak 75.
anaeroobsed bakterid 42.
androeceum 138.
anteriidium 130.
antheridium 130.
arbuusid 37.
asci 128.
Ascomycetes 128.
auksanomeeter 50.
auramine 91.
Bakterid 42, 75, 102.
— anaeroobsed 42.
— nitrifitseerivad 75.
Basidiomycetes 128.
basiidid 128.
begoonia 126.
bentsiin 90.
Cambium 112.
Cardamine 125.
carotin 90.
caryocinesis 21.
cellula 11.
cellulosa 16.
Chlamydomonas 15.
chlorophyllum 13, 89.
chromatin 21.
chromatophora 14.
chromosoma 21.
conidium 128.
Cuscuta 102.
cuticula 81.
Cutleria 130.
Diastaas 46.
Dionaea 100.
Drosera 97.

Ectocarpus 127.
elleht 134.
eelniidike 133.
ektokarpus 127, 130.
elavhõbe 40.
Elodea 27, 78.
elujõud 41.
emakas 136.
emakasõlm 136.
— kael 136.
— arm 136.
emakook 136.
emarakk 22.
emasgameet 130.
emaskogu 136.
endoderm 63.
endospermum 34, 138.
entsüüm 46.
eosed 16.
eoskand 128.
eospesa 127, 134.
eospõlv 133.
eostaimed 29.
epidermis 62.
epifüüt-taimed 103.
etioliitunud varred 53.
eudiomeeter 39.
Euphrasia 103.
Fermendid 46, 47.
Gameedid 129, 130.
— emas- 130.
— isas- 130.
gametophytum 135.
generatiivne tuum 138.
geotropism 53, 56.
glütseriin 24.
gynoeceum 136.
Hallitusseen 128.
hanijalg 125.
hapnik 35, 38, 69.
happed 27, 67.
haustoria 102.
heliotropism 53.
— positiivne 54.
— negatiivne 55.

hernes 29, 32, 44, 74.
heterogaamia 130.
hingamine 40, 41.
huulhein 97.
härghlein 103.
hüatsint 80.

idanemine 29.
idanemisevõimeline seeme 35.
idu 30, 34, 138.
idulehed 30, 33, 34.
imbumine 24.
imemisharud 102.
Ingenhousz 77.
integumenta 136.
isagameet 130.
isogaamia 129.
ivad 33.

jalgeosised seemed 128.
jood-jood-kaali 11.
juur 30, 33, 60.
juurekübar 61.
— narmad 61.
— rõhumine 65, 121.

Kaalium 68, 71.
kaalisalpeeter 70.
kaalisoolad 73.
kaer 34, 44.
kaheidulehelised 80, 112.
kainiit 73.
kaktused 95.
kaltsium 68, 71.
kamarnahk 81.
kanakoole 125.
kanep 35, 45.
kannpõõsas 101.
karotiin 90.
kartul 43, 125.
kartulimugulad 32.
karüokinees 21.
kasetoht 17.
kasvamine 48.
kasvamise järgud 50, 51.
 kõver 50, 51.
kattetekude 18.
katteklaas 10.
kaudne pooldumine 21.
keedusool 23.
keemotopism 53.

kellukad 55.
kesksilinder 63.
kestaine 16.
kest 11, 16.
kiudsoone-kimp 110.
— kinnine 111.
— lahtine 112.
kiudvetikad 15, 85, 126.
kleepaine 45.
kloor 68, 71.
kloorkoobalt 92.
klorofüll 13, 90.
kloroplastid 13.
Knop'i segu 70.
kobekude 83.
kobeparenhüüm 83.
koniidid 128.
konjugatsioon 131.
koobasurud 118.
koor 114.
kopulatsioon 129.
korgitamm 17.
kork 115.
korkaine 17.
korknenud kestad 17.
kõrkkambium 116.
korp 116.
kottseened 128.
kress 87.
kromatiin 21.
kromatofoorid 14.
kromoplastid 14.
kromosoomid 21, 131.
ksantofüll 90.
kude 18, 49.
kuivaine 68.
kunstlikud kultuurid 69.
kunsstõnnik 73.
kurgid 37.
kutleeria 130.
kuuskjalg 103.
käärimine 41.
käolina 133.
käopäkk 102.
kärbsesepüünis 100.
kõrrelised 18.
kõrs 104, 105.
kõrvits 16.

Langev vool 119, 122.

Lathraea 102.
 lehekollane 90.
 leheroheline 13, 8.
 lehesisu 83. *
 lehe sooned 84.
 leht 76.
 leukoplastid 13.
 lemlid 61.
Lemna 61.
 liblikõielised 74.
 liigutused 51.
 liiteos 129.
 liitumine 131.
 lima 18.
 limanemine 18.
 limaseened 16.
 linaseemned 18, 35, 45.
 linnased 46.
 looterakk 136.
 looteraku tuum 137.
 — teiseline 138.
 lubi 18.
 lubjavesi 38.
 luup 7.
 lupiin 44.
 läbilaskjad rakud 64.
 lämmastik 38, 69, 71, 74.
 läätsed 44, 116.

 Maa 42.
 maarasv 18.
 maasikas 125.
 magneesium 68, 71.
 mahlakandev kude 18.
 mammutipuu 118.
 marrasknahk 62, 80, 107.
 mehhaaniline kude 18, 84, 106.
Melampyrum 103.
 meloonid 37.
membrana 11.
 metallid 68.
 metalloiidid 68.
micropyle 136.
 mikroskoop 8.
 mineraalained 18, 68.
 mitmerakulised taimed 27.
Mnium 13.
 mugulad 32, 125.
 munarakk 130, 138.
 munavalgeained 15, 32, 44, 47, 89.

mädarikud 103.
 mähk 112.
 mänd 118.
 mürkel 131.

 Naatrium 68, 71.
Nepenthes 101.
 niin 64, 110.
 niinosa 84, 110.
 niiskus 35.
 nisu 34, 44.
 nitriifitseerivad bakterid 75.
Nostoc 18.
nucellus 136.
nucleus 12.
 nuivetikas 132.
 närtsimine 23.

Objektiiv 9.
 oblikhapu lubi 18.
 oder 34.
Oedogonium 126.
 okaspuud 118.
 okulaar 9.
oogonium 131.
 oogoonium 131.
 orgaanilised ained 26, 68.
Orobanche 102.
 osjad 18.
 osmoos 24.
 otsekohene pooldumine 21.
ovula 136.

Paakspuu 12.
 paju 35, 123.
 paljunemine 126.
Papilionaceae 74.
 pappel 123.
 parasiidid 101.
 parenhüüm 82.
 parenhüümtupp 84.
Pedicularis 103.
Penicillium 128.
 pepsiin 47.
 peptoonid 47.
 pesapungad 125.
 pigment 13.
 piiritus 26, 41, 46.
Pinguicula 89.
placenta 136.

plasmolüüs 24.
 plasmodesmid 56.
 plasmoodium 16.
 plastiidid 14.
Polytrichum 133.
 pooldumine 19, 21.
 — kaudne 21.
 — otsekohene 21.
 poolparasiidid 103.
 porgand 14.
 Priestley 77.
 proteiin 44.
prothallium 134.
protonema 133.
 protoplasma 11, 15.
 pruunvetikad 130.
 preparaat 10.
 puitunud kestad 17.
 puhkeseisukord 42.
 pung 30, 33.
 putkastunud varred 53.
 putukasõjad taimed 97.
 puuaine 17.
 puuosa 64, 84, 109, 114.
 päevalill 35, 45.
 päris leheroheline 90.
 pärivus 22.
 pärmiseened 26, 42.
 põlvede vaheldus 136, 138.

Rakk 7.
 rakkude sigimine 18.
 rakumahl 22.
 — õõnsus 22.
 rasvained 45, 47, 89.
 raud 68, 71.
 reduktsioon 131, 135.
 ristikhein 74.
 rizoidid 133.
 robihein 103.
 rukis 33, 44, 104.
 räni 68, 71.
 ränihapu lubi 18.
 rõngassooned 109.

Salpeeter 89.
 samblad 13, 125, 132.
 — tähtsammal 13.
 sammaskude 83.
 saproleegnia 127.

saprophyta 103.
 sarnastamine 85, 88.
 seeme 18, 29, 35.
 — idanemisvõimeline 35.
 seemnepesakesed 130.
 seemnepilu 29, 33, 136.
 seemnerakk 130.
 seemnesääre ase 28, 33.
 seemnepung 136.
 — katted 136.
 — tuum 136.
 seened 41, 102, 127.
 — jalgeosised 128.
 — kottseed 128.
 — mikroskoobilised 102.
 — üherakulised 41.
 seeneosed 128.
Sequoja 118.
 sibul 10, 80, 125.
 sigimine 125, 136.
 — suguline 128.
 — suguta 126.
 sigimisirakud 16, 126.
 silmarohi 103.
 sinirohelised vetikad 18.
 sisemine hingamine 41.
 sisinahk 63.
 soojus 35, 36.
 soomukas 102.
 sooned 64, 105, 118.
 — rõngassooned 109.
 soojusemäär 37.
 — kõige kohasem 37.
 — kõige madalam 37.
 — kõige kõrgem 37.
 spektr 91.
 spermatozoid 130.
 spirogüüra 15, 85, 131.
Spirogyra 15.
 sporangium 127.
 sporogoonium 133.
sporophytum 135.
 statoliidid 58.
 suguline põlv 135.
 suguta põlv 135.
 suhkur 26, 46, 88.
 suhkruvesi 24.
 sulgrakud 82.
 sõelsooned 110, 118.
 sõnajalad 132.

söötkaali 40.
 süda 114.
 südamekiired 114.
 südamekude 64.
 süsihapu gaas 26, 39, 76.
 — sarnastamine 85, 88.
 süsihapu lubi 18.
 süsinik 68, 76.
 süsiveed 40, 88.

Teravili 32, 34.
 toitkude 34, 138.
 toitvad ained 26.
 tolmukas 138.
 tolmutera 138.
 — vegetatiivne tuum 138.
 — generatiivne tuum 138.

trachea 64.
 traheiidid 118.
 tropismid 52.
 — negatiivsed 59.
 — positiivsed 59.
 tselluloos 16.
 tugikude 18.
 tuhk 68.
 tulikas 112.
 turgor 23, 48.
 tuubus 9.
 tuum 11, 12, 15, 19, 136.
 tähtsamal 13.
 tärklis 32, 43.
 tärklisterad 32, 43.
 tõusev vool 119.
 Türgi oad 29, 52.
 tüvi 104.

Uba 29, 32, 74.
 ulootriks 127, 129.
Ulothrix 127.
 urud 109, 118.
 — koobasurud 118.
Utricularia 100.

Vaatlemise toru 9.
 valgus 42, 43.
Vallisneria 27.
 vars 104.

Vaucheria 132.
 vee auramine 91.
 veetaimed 27.
 vegetatiivne tuum 138.
 vesi 35, 68.
 vesihermes 100.
 vesikatk 27, 78.
 vesikultuur 70.
 vesiläätsed 61.
 vesinik 69.
 vetikad 16, 18, 85.
 — kiudvetikad 15, 85, 126.
 — pruunid 130.
 — sinirohelised 18.
 — üherakulised 15.
 vibukad
 viljavahetus 72, 75.
 vosvor 68, 71.
 vosvoriidid 73.
 väävel 68, 71.
 väetamine 72.
 — kunstlik 73.
 väike niiske kamber 85.
 värvikandjad kehakesed 14.
 võipätakas 99.
 võrm 102.
 võsud 125.

Ödogonium 126.

Õhk 37, 76.
 õhulõhed 81.
 õietolm 15.
 õis 136.
 õistaimed 29, 136.
 õlid 45, 47.
 õõnsused 22.

Õheidulehelised 104.
 üherakulised taimed 15, 19, 26.
 ühtimine 129.

Xanthophyllum 90.

Zoospor 126.
 zügoot 129.
 zügospoor 131.

Sisu.

I. Rakk ja koed.

	Lhk.		Lhk.
1. Rakk ja selle ehitus	7	5. Rakkude arenemine	22
2. Raku osade peenem kirjeldus. 15		6. Ainete vahetus rakkudes	25
3. Koed	18	7. Rakkude liikumine ja tund-	
4. Rakkude sigimine	18	likkus	26

II. Idanemine.

8. Seemne ehitus. Uba ja her-		12. Soojus	36
nes	29	13. Õhk	37
9. Rukis	33	14. Maa ja valgus	42
10. Idanemise tingimused	34	15. Idu toitmine seemne tagava-	
11. Niiskus	35	rade kulul	43

III. Kasvamine.

16. Kasvamisest üldse	48	18. Liigutused	51
17. Kasvamise mõõtmine ja kas-		19. Heliotropism	53
vamise järgud	49	20. Geotropism	56

IV. Juure ehitus ja tegevus.

21. Juure sisemine ehitus	60	24. Kunstlikud kultuurid	69
22. Juurerõhumine	65	25. Väetamine ja viljavahetus	72
23. Taime koosseis	67		

V. Lehe ehitus ja tegevus.

26. Stüsiniku omandamine taime		30. Leheroheline	89
roheliste osade poolt	76	31. Vee auramine lehtede kaudu. 91	
27. Lehe sisemine ehitus	80	32. Roheliste taimede tähtsus loo-	
28. Süsihapu gaasi sarnastamine.		duses	95
Süsiiveed	85	33. Putukasööjad taimed, para-	
29. Rasv- ja munavalge-ained	89	siidid ja mädarikud	97

VI. Tüve (varre) ehitus ja tegevus.

34. Tüve sisemine ehitus. Ühe-		35. Kaheidulehelised taimed	112
idulehelised taimed	104	36. Mahlade liikumine tüves	118

VII. Sigimine.

37. Sigimisest üldse	125	40. Sammalde ja sõnajalaliste si-	
38. Suguta sigimine	126	gimine. Põlvede vaheldus	132
39. Suguline sigimine	128	41. Õistaimede sigimine	136