

14.11.22 164.
Bibliotheca horti botanici
Universitatis Dorpatensis

№ 4379 409

VI

34.

Prof. W. Oels

Katsed taimede elust

(Praktilised tööd taimefüsioloogias)

Eesti keelde tõlmetanud

G. Vilberg

—
Hind 160 marka
—

K.Ü. „Loodus“, Tartus

1922

Dots. H. Reichenbach:

Zoologia praktikum keskkoolidele.

Hind 130 m.

Autori eessõnast: „Looduseõpetuse tähtsamaks sihiks olgu õppijate tähelepanelikkuse arendamine: õpetatagu neid vaatlema — tähelepanelikult, igakülgselt ja püsivalt vaatlema ja nägema. Kõige paremini kasvatame õppijate tähelepanemis-võimet, ühtlasi neis huvi ja armastust looduse vastu äratades, kui neid isetegevusele õhutame.

Esimeses osas on järgmised meie fauna esindajad käsitletud: vihmuss, jõe- ja järvekarp, vähk, ristiga ämblik, tarakan, ahven, rohukonn, liht sisalik, tuvi ja kodujännes. Iga looma kohta antakse peale väliskuju kirjelduse juhatus lahtilõikamiseks ja anatoomiline ülevaade. Loomad on nii valitud, et igaüht neist teatava süstemaatilise grupi tüüpilise esindajana võib vaadelda ja tema varal selle ehk teise grupi iseärasusi tundma õppida.

Teine osa, mis tööde juhatajale määratud, sisaldab peale meetoodiliste märkuste andmeid materjali muretsemise, hoidmise ja kasvatamise üle, loomade surmamise viiside kirjeldusi, täiendavaid kirjanduslikke andmeid ja muid õpetajale tarvilikke praktilisi näpunäiteid.

G. Vilberg:

Eesti taimestik koolidele.

Hind 220 marka.

Täiendatud raamat tahab edendada taimede tundmaõppimist. Taime välimuse lihtsa võrdlemise läbi jaatavate ja eitavate küsimuste varal jõutakse raamatus esinevatel tabelitel vaadeldava taime juurde, mille nimetus antud eesti ja ladina keeles. Isegi vähik võib selle abil taime tundma õppida, sest raamatu eesotsas on lühike taimede organograafia (elunditeadus), mida täiendab hulk joonistusi. Ka esinevad terves raamatus vähemad joonised (üle 360), mis taime määramisel suureks abiks.

See raamat on esimene sellesarnane eesti keeles. Ta on mõeldud eeskätt koolidele, kus loodusteadus omale ikka suurema ja suurema kesõiguse nõuab. Kuid ta on käsiraamatuks ka igale algajale, kes tahab oma teadmisi täiendada taimeteaduses, sest ilma taimede tundmiseta ei ole õiget arusaamist botaanikast.

A-4231

Tartu Ülikooli Botaanika
instituudi te

Prof. W. Oels

Toimetaja.

Katsed taimede elust

(Praktilised tööd taimefüsioloogias)

Eesti keelde toimetanud

G. Vilberg

Bibliotheca horti botanici
Universitatis Dorpatensis

№ 4372 709

V/34.

K.Ü. „Loodus“, Tartus

1922

Keeleline korrektor Tartu Ülikooli eesti keele lektor
J. V. Veski.

Biblioteka Eesti Keele Instituudi
Tartu Ülikooli

1812625X

TARTU ÜLIKOO LI
RAAMATUKOGU

K. Mattiesen'i trükk, Tartus.

Eessõna toimetajalt.

Loodusteadus on võitnud omale väärilise koha Eesti koolis. Teoreetilise õpetuse kaasas peab käima praktiline aine käsitlemine, selgitades seda, mis jääks tumedaks teoreetilisel õpetusel. Nisugune kooli distsipliin nõuab õpetajalt palju täpsamaid teadmisi kui endine puht-teoreetiline õpetus, mispärast tal suuremat hoolt tuleb tarvitada õppeaine ettevalmistamisel.

Botaanikas puudusid seni eesti keeles praktilise ainekäsituse käsiraamatud. Üldistes õpiraamatutes puudutati üht ja teist katset lühemalt või pikemalt, kuid tihti puudus süsteem, mille järele oleks võinud ainet käsitada ka koolis. Taimefüsioloogias on saksa koolikirjanduses hulga sellekohase kirjanduse seas paremaks käsiraamatuks prof. W. O e l s ' i töö,¹⁾ mis siin esitatud eestikeelses tõlkes. Katsete kergus, nendeks tarvilikkude abinõude lihtsus on selle raamatu teinud tarvilikumaks juhteks õpetajaile.

Käesolev raamat on tõlgitud ülemaltähendatud raamatu II trüki järele. Peale selle on tarvitatud veel ka venekeelset tõlget eradots A. A. Richteri redaktsioo-

1) Prof. W. O e l s , Pflanzenphysiologische Versuche.

nis, kus mõned märkused tehtud, mis tähelepandavad ka meie õpetajaile.

Tõlkimisel on tarvitatud keemiliste oskussõnade tarvitamisel Eesti Kirjanduse Seltsi väljaantud „Keemia sõnastikku“ ja füüsikas Lang-Sulla „Füüsika sõnastikku“. Iseäralist tänu avaldan siin aga Ülikooli eesti keele lektorile J. V. Veskile, kes oskussõnade suhtes mõnede juba vananenute asemele on mahutanud uuemad ja täpsamad.

Osa raamatust on tõlkinud üliõp. S. Lind, kellele kaasabi eest tänu võlgnen.

Tartus, oktoobris 1922.

G. Vilberg.

Sissejuhatuseks.

Iga elava olevuse, järjekult ka taime arenemiseks on tarvilikud kahesugused jõud: ühelt poolt nende füüsiliste omaduste ja keemilise koosseisu kogu, mis asunud juba idusse ema organismi poolt, ja teiselt poolt mõjud, ajed (impulsid), mida idu saab väljastpoolt, näit. toiteained, õhk, soojus, valgus, raskusejõud jne. Selleks, et taim võiks elada, peavad need ja teised jõud tegutsema ühiselt. Kõik tuntud loodusejõud ei suuda luua elusat taime keha, sünnitada uue organismi elu; teisest küljest oleneb aga iga taime alguse arenemine täiesti välimiste jõudude mõjust. Elava loote põhjalikuks, karakteriliseks eraldumiseks eluta substraadist ongi nende välimiste mõjude tarvidus elutee toimumiseks, elusa olevuse täielikuks olemiseks. Sellepärast võrdleb S a c h s oma loengutes taimede füsioloogia üle tabavalt taime idu masinaga, mis võib täita mitmesugust tööd, kuid tarvitab välimist jõudu liikumapanemiseks. Ja nendest jõududest olenebki masina ning ka taime tegevus. Vahe organismi ja masina vahel sisaldub juba võrdlemisi keerulisemas organismi ehituses, tema võimaluses suurenedada, kasvada ja omaduses, elutseda kaua aega ilma välimiste mõjuavaldusteta, ning viimaks haruldases jõu-

dude mitmekesisuses, mis annavad samal ajal ajed elusale organismile.

Kui tehnik soovib masina tööst aru saada, peab ta kõige enne tutvuma tema ehitusega ja nende jõududega, mis teda panevad liikuma. Taime ehituses on, masina tundmise seisukohalt vaadates, veel palju tundmatut, — tuletame meelde kas või protoplasma loovat tegevust või keemilisi muutusi klorofüllis aparaadis. Ei ole ime, et juba vanast ajast nende organismis tegutsevate arusaamata jõudude kogu peeti isesuguseks „elujõuks“, rikkastades selle mõistega teadust veel ainult ühe uue sõna võrra. Kuid mida rohkem edenes teaduslik uurimine taimede füsioloogias, seda kitsamaks jäi ikka n. n. elujõu valdkond. Ikka rohkem ja rohkem tunnustati ja hinnati välimiste jõudude mõju ja nimelt valguse, raskusejõu, kliima, muldkonna mõju sisemise ja välimise ehituse, kasvunähtuste, taimemahlade keemilise koosseisu peale; ikka rohkem ja enam selgus elajateriigi mõju taime peale ja ka vastupidi. Vöchting'i uurimised valguse ja raskuse mõju üle orgaanide tekkimisel ja Stahl'i katsed lehtede ehituse olenemisest valgusekiirte all tõid palju uut välimiste jõudude mõjust taimevormide suhtes. Juba ammu inimesele tuttavaid taimeosade heliotroobilised ja geotroobilised liikumised esinevad üldise seadusepärasusena, mitmesuguste jõudude (näit. valguse, raskusejõu, niiskuse, soojuse, elektri) ühekindluse mõjuna, mis kutsuvad esile taimeosade kindlasti tähendatud asetumised senikaua, kuni see väline aje täiesti ühetasastub.

Kliima mõju avaldub iseäranis selles, et taimed väga mitmesugustest perekondadest ühesuguste kasvu-tingimuste mõju all omandavad ühe ja samasuguse väli-

muse (Alpi, kõrve ja stepi vormid). Selle üldise mõjuga ühenduses on viimastel aastakümnetel korda läinud selgitada taimede mitmesuguste vormide ja abinõude tähtsust ja mõtet (karvakesed, ogad, näärmed, lehtede voltivus ja asetumine, õite kuju ja värv), s. o. tõestada sidet vormi ja välimiste tingimuste vahel. Kõrbede taimed näit. moodustavad iseäranis tihti astlad (kaktused) ja sisaldavad kihvtist mahla (piimlilled); nähtavasti on välimised tingimused sundinud taimi, millel enim astlaid ja kihvtiseid aineid ei olnud, töötama välja need kaitseabinõud, sest muidu võiksid neid hävitada loomad oma aplusega, olgugi et selle üle, kuidas see kõik on sündinud, võivad tekkida kahtlused. Iseäralise huvi on viimasel ajal omandanud uurimused bioloogiliste suhete üle taimede ja loomade vahel; tähendame siin iseäranis õie bioloogiat, mis seletab meile taimede mitmesuguste vormide ja värvide otstarvet (samuti ka neile vastavaid putukaid). See uurimisvald on võitnud omale palju teaduslikka sõpru, andes ka tõuke üksikute faktide mitmesugustele leidustele, mille tagajärjel nähtuste suhted, tähendatud juba Sprengelilt ja Darwinilt, leidsid oma edasise kinnituse. Teissuguses vahekorras loomariigiga on rohelised ja kollased vetikad, mis leitud mitmesuguste organismide kehas planaariidena, polüüpidena, radiolaariidena; siin võib vististi tõmmata paralleeli samblikkudega. Viimaks võiks veel tähendada seente ja bakterite tegevuse uurimusi enam kõrgelkasvavate roheliste taimede (seenkude, juuremugulate bakterite) kasvu peale.

I. Toitmine.

§ 1. Roheliste taimede toitmine.

Rohelised taimed¹⁾ võivad soodsatel tingimustel — valgus, õhk, soojus jne. — ainult anorgaaniliste ainetega elada²⁾. Orgaanilised ained, loomade sõnnik, põllupinna huumus tarvitatakse ainult kaudselt, s. o. pärast muutumist anorgaanilisteks ühendusteks; need ained on peale selle ka veel põllupinna kohevaks muutmiseks ja lahunduvate toitesoolade kinnihoidmiseks.

1. katse. Kultuur toitesoola lahundites. Taimed kasvatatakse n. n. toitesoolade lahundites, s. o. teatud anorgaaniliste soolade ja puhastatud vee lahundis. Lahundite koosseis ja kontsentratsiooni tugevus on kindlaks määratud mitmekordsete taimeanalüüside ja katsete läbi. Kõigis neis sisaldub üheksa elementi lihtollust: kaalium (*K*), kaltsium (*Ca*), magneesium (*Mg*), raud (*Fe*), vesinik (*H*), lämmastik (*N*), väävel (*S*), vosvor (*P*), hapnik (*O*), aga mõnes ka kloor (*Cl*). Kõige rohkem on tarvitatavad järgmised, millele raua puudumisel mõned tilgad kloorraua-lahundit või rauavitrlioli juurde lisatakse:

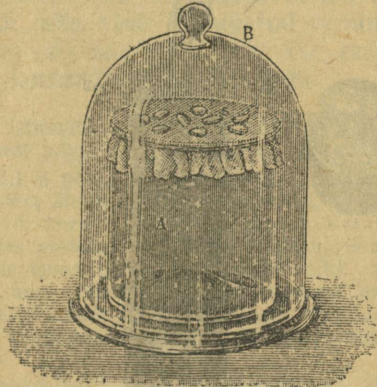
1) Erandina esinevad taimeparasitidid ja mädarikud (saprofütidid).

2) Selle põhilause tõendas Justus Liebig, praeguse aja põllumajandusliku keemia isa, 1840. aastal.

- | | |
|---|-------------------|
| 1. Kaalisalpeeter (KNO_3) | 1,00 gr. |
| Keedusool ($NaCl$) | 0,50 " |
| Väävelhapu kaltsium ($CaSO_4$) | 0,50 " |
| Väävelhapu magneesium ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) | 0,50 " |
| Vosvorhapu kaltsium ($Ca_3(PO_4)_2$) | 0,50 " |
| Vesi | 1 liiter. |
| 2. Kaltsiumsalpeeter ($Ca(NO_3)_2$) | 1,00 gr. |
| Klooriskaalium (KCl) | 0,25 " |
| Väävelhapu magneesium ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) | 0,25 " |
| Hapu vosvorhapu kaalium (KH_2PO_4) | 0,25 " |
| Vesi | 1 liiter. |
| 3. Crone'i toitelahund: | |
| Kaalisalpeeter (KNO_3) | 1,00 gr. |
| Hapu vosvorhapu raud ($FeHPO_4$) | 0,50 " |
| Väävelhapu kaltsium ($CaSO_4$) | 0,25 " |
| Vosvorhapu kaltsium ($Ca_3(PO_4)_2$) | 0,50 " |
| Väävelhapu magneesium ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) | 0,25 " |
| Vesi | 1 kuni 2 liitrit. |
| 4. Schimper'i toitelahund: | |
| Kaltsiumsalpeeter ($Ca(NO_3)_2$) | 0,94 gr. |
| Hapu vosvorhapu kaalium (KH_2PO_4) | 0,46 " |
| Väävelhapu magneesium ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) | 0,23 " |
| Vesi | 1 liiter. |
| 5. Kerner'i toitelahund: | |
| Vosvorkaaliumi-sool (K_2HPO_4) | 12 mgr. |
| Vosvorhapu naatrium ($Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$) | 12 " |
| Klooriskaltsium ($CaCl_2$) | 27 " |
| Klooriskaalium (KCl) | 40 " |
| Väävelhapu magneesium ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) | 20 " |
| Salpeeterhapu ammonium (NH_4NO_3) | 10 " |
| Vesi | 1 liiter. |

Iseäranis võib soovitada 3. ja 4. toitelahundit.

Seemned, mida neis lahundites tahetakse kultiveerida, — kõige paremad ubade ja maisi seemned, — idandatakse kastides, milles hästi niiske saepuru, või jälle aparaadis, mis kujutatud joonisel (1. joon.), niikaua, kuni peajuur sirgub mõne sentimeetri pikkuseks; peale seda puhastatakse juured külgejäänud saepurust, loksutades neid vees, ja kinnitatakse idanenud seemned läbi puuritud korki (2. joon., *K*) nii, et juure otsad alt välja tulevad. See kork pannakse silindrile, mille ruumala umbes 1—2 liitrit ja on täidetud ühe ülemaltähendatud lahundiga. Idanenud

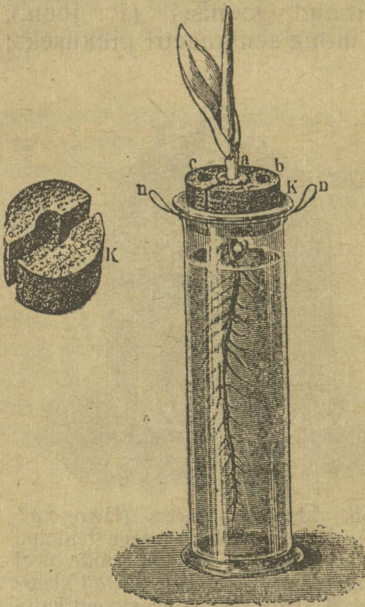


1. joon. Idandamisaparaat (Hansen' järele). Klaasnõu *A* on veega täidetud ja pealt võrkriidega kaetud, mille peal idanevad seemned; nõu on kaetud klaaskupliga *B*, mida kasulik seestpoolt katta märjakstehtud kuivatuspaberiga.

taime kinnitamine sünnib vatitüki abil, kusjuures seda tähele pannakse, et seemne ei puutuks vette, sest siis läheb ta mädanema. Niiviisi valmistatud riist pannakse pappsilindrisse, mis takistab, valgust kõrvaldades, toitelahundis kahjulikkude roheliste vetikate arenemist, ja mahutatakse siis päikesepoolsele aknale. Ära-auranud või taimedest äratarvitatud vedeliku asemele pannakse tarvilisel määral toitelahundit või puhastatud vett juurde, kuna kogu vedelik iga kahe nädala järele vahetatakse.

Suuremate nõude korkimiseks tarvitatakse puust rattaid, umbes 2—3 sm paksud, mis nõu suust vähe suuremad. Et selle kohaltnihkumist takistada, lüüakse

alla naelad (3. joon.). Taime jaoks on kesk ratast 3 sm laiune auk, mille võib riiviga kinni lükata. Tükike



2. joon. Mais veekultuuris. *K* — kork kolme auguga: *a* — taime jaoks, *b* — toele, mille külge kinnitatakse taim, *c* — klaastoru tarvis, mille abil juhitakse õhku vette, *nm* — traataasad klaassilindri väljavõtmiseks pappkastist (Hansen'i järele).

3. joon. Veekultuuri nõu kaas: *a* — auk taime jaoks; *b* — riiv; *c* — auk toele; *d* — riivikinnitus (Kienitz-Gerloff'i järele).

traati, läbipandud kahest väikesest rõngast, peab riivi kinni. Keskmise augu kõrval on teine väike auk toe mahutamiseks.

Täielise maisitaime kasvatamiseks on tarvis riist, mille kõrgus 30—40 sm ja laius 20 sm. Toredad kahe meetri kõrgused maisi eksemplarid sai autor, neid

kultiveerides suurtes põletatud pruunsavi-pottides; selle juures on veel see hea külg, et nad peale odavuse on vastupidavamad, võrreldes kergesti katkimineva klaasiga, ja neid ei ole tarvis katta mingisuguse kattega pimedaks-tegemiseks.

Et taimetele rohkem loomulikkudele tingimustele lähedat olukorda pakkuda, võib neid kultiveerida läbi-põletatud merevahul või jälle hästi läbiuhetud räniliival, mis toitelahundiga üle valatud; kuid siis on raskem toitelahundil tarvilikku kontsentratsiooni tabada.

1. märkus. Raskesti lahunduvate soolade [$Ca_3(PO_4)_2$ ja $CaSO_4$] sade, mis 1. ja 3. toitelahundi põhja võib korjuda, ei takista katset.

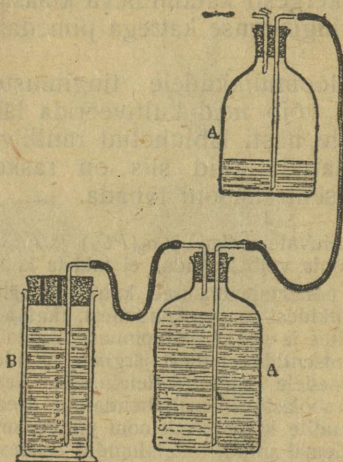
2. märkus. Analüüsid ja põllumajanduslised katsed on näidanud, et taimed mitmesugustest liikidest ja perekondadest, kasvades ühes ja samas toitelahundis või ühes ja samas põllupinnas, sisaldavad lihtolluseid koguni isesugustes protsentides, millest järgneb, et üldse ei saa valmistada üht, kõigile taimedele soodsat toitelahundit. Sellepärast ei või mitte ainult teisi soolasid ülemaltähendatute asemel valida, vaid ka teatud määral lahundite kontsentratsiooni muuta, mida juba sellest võib järeldada, et ülemal-antud toitelahundid esinevad mitmesuguse koosseisuga.

3. märkus. Toitelahund peab võimalikult niisugune olema, et katsetaimed neelaksid vett ja toitesoolasid segus esinevas võrdes (proportsioonis). Et aga see suhe siiski muutub, kusjuures arvesse tuleb võtta temperatuuri, niisama ka lahundi auramist, ja et taimed, nagu juba 2. märkuses tähendatud, vees lahundunud soolasid mitte nende lahundis oleva hulga võrdes ei tarvita, siis läheks toitelahund alalise vedeliku väheneva massi ja toitesoolade vahetumise tagajärjel niisuguse ühe või teise soola kontsentratsioonini, et see taimetele kahjulik oleks. Sellepärast soovitatakse tihedamini vahetada kogu toitelahundit või uuendada auranud, tarvitatud vedelikku teatud aja, näit. 14 päeva järele destilleeritud veega, ja siis vahetada kogu toitelahund. Sachs'i järele on tarvis taime vahetevahel mahutada puhtasse või peaaegu küllastatud kipsivette. See vastaks looduse nähtustele, sest et siin, vihma rohkuse peale vaadates, toitelahundi kontsentratsiooni kõrgus põllupinnas tublisti peab muutuma.

Kui veele tekib väävelvesiniku lõhna või põhja settib must, haisev muda, siis on see tõenduseks, et liiga palju on võetud toitesoolasid, iseäranis väävelhapet sisaldavaid, mis võimaldab väävelmetallide tekkimist. Siis on parem taimetele mõni aeg ainult puhast vett anda.

4. märkus. Et taime juured toitelahundis tarvilikul määral saaksid hapnikku (Hansen, Pflanzenphysiologie, 1890, lhk. 72), selleks

soovitatakse toitelahundit võimalikult tihti „tuulutada“ aspiraatoriga (4. joon.), mis aga üleliigseks jääb, kui kogu lahundit tihti vahetatakse.



4. joon. „Tuulutamise“ aparaat. (Hansen'i järele). AA — aspiraator, B — toitelahund.

5. märkus. Kui destilleeritud vee asemele võetakse kaevu või veevärgi vett, mis suurehulgaliste katsete tarvis odavuse pärast soovitamam, tuleb lisada õige vähe toitesoolasid, kuid mitte mingil tingimusel rauasoolasid. Nii viisi võib ka häid tagajärgi saada.

§ 2. Osalised toitelahundid.

Puudub toitelahundis üks tarviline aine (näit lämmastik), siis hakkab taim kiratsema. Iseäranis paistab silma rauapuudus. Toitelahundis, milles puudub raud, ei või katsetaimed oma lehtedes

tekitada rohelist ainet, klorofüllit; kui kõik rauasoolad on kasutatud, jäävad taimed valgeks (klorootiliseks) ja hävivad lõppude lõpuks, sest et nad võivad sarnastada õhu süsihapet ainult klorofüllit esinemisel (vaata peatükk „Sarnastamine“). Rauasoolade juurdelisamisel muutuvad taimed rohelisteks, kui haigus veel ei ole läinud liiga kaugele.

2. katse. Kultuur toitelahundis, milles puudub raud. ldanenud taim pannakse juurtega toitelahundisse, milles ei ole rauasoolasid. Esimesed lehed, sisaldades veel rauda, mis peitus seemnes, on veel rohelistes; teised jäävad aga juba valgeks, klorootiliseks.

3. katse. Klorootiliste taimede ravitsemine rauasoolade juurdelisamisega toitelahundisse. Ühele taimele, mis 2. katse varal saadud, antakse pärast seda, kui ta

üksikud klorootilised lehed välja ajanud, mõned tilgad kloorrauda toitelahundisse. Lehed muutuvad varsti roheliseks.

4. katse. Klorootilise taime ravitsemine lehtede rauasoolade lahundiga määrimise läbi. Klorootilise taime valged lehed määratakse kohati väga lahja rauavitriolilahundiga. Määritud lehed muutuvad roheliseks ja rohestumine laguneb laiali, algades neist kohtadest, terve lehe peale. Ühes sellega võime tähele panna, et rauasoolade lahund marrasknahast läbi taime osade sisemusse tungib ja seal edasi laguneb.

Märkus. Sachs tegi selles asjas huvitavad tähelepanekud klorootiliste taimede juures, mis olid vabas looduses kasvanud; sellest selgus, et põllupinnas, kus taimed täiesti võivad areneda, ei või olla üldse puhast rauda, vaid rauda kujul, mis vees lahundub. Mullas võib olla näituseks rauahapendit tarvilisel määral, kuid taimed kannatavad siiski kloroosi all, sest et need rauaühendused ei lahundu vees. Samuti ka rauavitriol, mis valati mulda, ei ravitsenud kergesti kloroosi, sest et sool pea muutub lahundumatuks rauahapendi-hüdraadiks. Kõige paremaks abinõuks oli kõva rauavitrioli muldakaevamine haige taime ümber.

§ 3. Kultuurid orgaaniliste toiteainetega.

Hulk taimi eraldub sellega, et nad tüübilisest taime toitmise viisist kõrvalduvad, lähenedes toitmise suhtes rohkem loomadele. Need tarvitavad toiduks kas juhtumisel (putukasööjad) või mõõda minnes [kuupäevarohud (*Melampyrum*), robirohud (*Rhinanthus*), puuvõõrikud (*Viscum*) või viimaks alati, iseäranis seemed, soomukad (*Orobanche*), raffleesialised, võrmid (*Cuscuta*), seenlilled (*Monotropa*), pesajuured (*Neottia*)] orgaanilisi aineid, mis omakord jälle on tekkinud elu protsesside mõjul või on veel elusa olevuse osana. Viimasel juhtumisel on need söödikud päris parasiidid ehk röövtaimed. See-suguste taimede demonstreerimiseks on kõige parem võtta putukasööjaid, hallitus- ja käärmisseni ning baktereid; peale selle võib tutvustada puuvõõriku (*Viscum*) või võrmi (*Cuscuta*) imikarvadega.

5. katse. Huulheina toitmine. Rabamättad ümmar-lehiste huulheintega (*Drosera rotundifolia*) kultiveeritakse kristallimiskausis niiskel turbasamblal klaaskupli all, hoides neid alati niisked. Lehti toidetakse väikeste kärbestega või munavalge, liha- või juustutükkidega ning pannakse tähele näärmekarvade liikumist ja alalist muna-valge-toidu kahanemist, niisama ka erituvat seedimisnähtu haput reaktsiooni.

6. katse. Hallitusseene kasvatamine leival. Veega niisutatud leiba mahutatakse taldrikule klaaskupli alla. Kõige esiteks arendatakse hallitusseente (*Mucor stolonifer*) vilt valgete, pärast mustaks muutuvate sporangiumidega; mõne (7—8) päeva pärast tekivad sinikasrohelised tindihallituse (*Penicillium crustaceum*) padjakesed. Seente eosed (spoorid) laskusid õhust leivale. Et seda täpsalt näidata, on tarvilikud keerulised steriliseerimiskatsed, mida koolile vaevalt võib soovitada¹⁾.

7. katse. Pärmiseente kasvatamine Pasteuri toitelahundis. Valmistatakse toitelahund Pasteuri järele. Selles on 100 grammis:

Puhastatud vett	84,00 gr.
Roosuhkrut ($C_{12}H_{22}O_{11}$)	15,00 "
Viinhaput amoniaaki ($(NH_4)_2C_4H_4O_6$)	1,00 "
Vosvorhaput kaaliumi ($K_2HPO_4 \cdot 12H_2O$)	0,02 "
Väävelhaput magneesiumi ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$)	0,02 "
Vosvorhaput kaltsiumi ($Ca_3P_2O_8$)	0,02 "
Rauavitrioli ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$)	0,01 "

Toitelahund, kus, nagu näha, kõik pea-ained, mis taime arenemiseks tarvilikud (võrdle: 1. katse), steriliseeritakse enne tarvitamist keetmise teel kolbis, mis vatiga kinni korgitud; sellesse mahutatakse vees lahundatud

1) Väga head tagajärjed saadakse, kui värsket hobusesõnnikut (väljaheiteid) murendatult taldrikule klaaskupli alla mahutatakse. Siin tekivad esiteks mitmesugused hallitusseened, siis tore *Pilobolus*, mis oma sporangiumid valguse poole viskab. Klaaskuppel on valguseküljel sporangiumidest üleni kirju. Peale selle ilmuvad sõnnikule veel teised seened.

pressitud pärimi, pannakse siis sooja kohta, kus $t^{\circ} 25^{\circ} C$, ja loksutatakse tihti. Varsti hakkab pärim tugevasti paljunema, mis selgub lahundi sogaseks muutumisest, vahu tekkimisest ja sademe põhjasettisest. Sellele järgneb mikroskoobiline uurimine ja piirituse tõestamine.

Märkus: Saadud vedelik keedetakse pikkamööda kolbis ja kogutakse aetis (destillaat) jahedasse kolbi või lastakse läbi Liebig'i jahuti. Tal on piirituse lõhn ja maik, põleb ja annab soendamisel söötkaaliumi ja mõne joodikristalliga joodi lõhna ning kollase jodiformisademe.

8a. katse. Bakterid keedetud hernel. Mõned hernerterad pistetakse tulisesse vette, et kudet surmata, ja jäetakse need veekihi alla napsiklaasi. Mõne päeva pärast kattub nende pind kilekorruga, milles mikroskoobi all tugeva suurendusega võib tähele panna määratud hulka baktereid, mis ripsmete abil elavalt liiguvad.

8b. katse. Bakterid orgaanilistes toitelahundites.
Konservid. Valmistatakse toitelahund 1 grammist viinamarja-suhkrust, 0,5 gr viinhapust ammoniaagist ($NH_4)_2C_4H_4O_6$ (või peptonist) ja 100 gr veest ning täidetakse sellega näit. 3 katseklaasi pooleni. Esimene katseklaas korgitakse vattkorgiga, teine niisamuti vattkorgiga, kuid keedetakse siis kaua aega; viimasesse valatakse mõned kantsentimeetrid 0,2% soolhapet. 8 päeva pärast muutub vedelik esimeses klaasis bakterite tekkimise tagajärjel segaseks, kuna ta teises ja kolmandas selgeks jääb (Pasteuri tõestus enesest-tekkinud elu ümberlukkamiseks; konservide valmistamine).

§ 4. Taime imemisorganid.

Juurekimbud sünnitavad põllupinnas peenikesed, soodsatel tingimustel isegi palja silmaga nähtavad karvakesed, mis katavad juurt õrna udeja korruga, ühinedes tihedalt peenemate põllupinna osakestega.

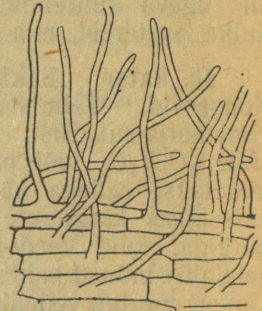
9. katse. Juurekarvakeste demonstreerimine. Her-

nes, sinep või mõni teine seeme kasvatatakse liivas või kobedas mullas (5., 6., 7. joon.), võetakse kasvanud taim

mõne aja pärast ettevaatlikult põllupinnast välja ja loksutatakse vees uhtes juurte küljest kõik nende külge jäänud mullaosakesed ära ning pannakse juurekarvakesi tähele, esiti nõrgal, pärast tugevamal suuredusel.



5. ja 6. joon. Päril sinipi idandid: *A* — juurte külge jäänud mullaosadega; *B* — vees uhetud juur.



7. joon. Noore nisu juure marrasknahnjuurekarvakestega (Kienitz-Gerloff'i järele).

§ 5. Juurekarvakeste piiri edasinihkumine.

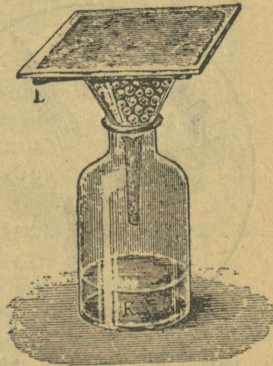
Juurekarvakesed ei kata mitte alati üht ja sama juure osa tervel juure pikkusel, vaid karvakeste asukoht nihkub juure kasvades nii edasi, et alati on karvakestega kaetud teatud laiuses vöö vähe ülemal pool juure paljast otsa. Vanemad karvad kaovad sel mõõdul, kuidas alamal uued kasvavad. Selle tähendus seisab, nagu näha,

selles, et juur võiks puutuda alati uute mullapinna osadega ja saavutada tingimusi täielikuks kasutamiseks kasvavatele taimedele. Juurekarvad arenevad kõige paremini substraadil, kus võrdlemisi vähe niiskust, sest taim on sunnitud siis oma imemispinda suurendama, et omale tarvilisel määral vett muretseda; teisest küljest on raske või koguni võimatu tähele panna taimi substraadil, kus toidu saamine taimel kerge, näit. toitelahundil.

10. katse. Idanenud herne juurekarvakesed niiskes õhus. Idanenud ja juba väikeste peajuurtega herneterad mahutatakse suurde klaaslehtrisse, mis kaetud mitme korra kuivatuspaberiga, pealt aga klaasruuduga, et saavutada ja alal hoida tarvilikku niiskust. Lehtri alumine ots pistetakse klaasi, milles vähe söötkaaliumi, suurel määral herneste juures tekkiva süsihappe neelamiseks (8. joon.). Mõne päeva pärast võib peajuurel tähele panna juurekarvakeste võõd, mille alalist arenemist võib vaadelda, kuna taimed, mis on kasvatatud 1. katses näidatud viisil, juurekarvu koguni ei tekita.

§ 6. Hapete eritumine juurtest.

Juurte läbi saab taim ainult lahundunud toiduaineid, sest et ka kõige tugevama suurendusel ei ole juurtes nähtavaid pilusid tähele pandud. Toitesoolad lahunduvad põllupinnas enamasti maa sisse imbunud vees, mis sisaldab õhkkonna hapnikku ja õhkkonna või taimede jätiste mädanemisel põllupinnas tekkinud süsihappu gaasi, väävel- ja lämmastikhapet, ühe sõnaga aineid, mis lahundavad keemiliselt kiviliigid. Vähemal määral lahun-

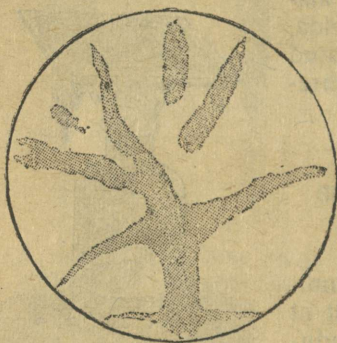


8. joon. Herne idandamise aparaat niiskes õhus. *K* — lehelise lahund (söötkaalium); *L* — kuivatuspaber.

davad ka juured substraati, eritades haput mahla, millel on omadus muuta kaltsiumi ja teisi süsihappeid ühendusi lahunduvateks või kergesti lahunduvateks sooladeks.

11. katse. Sinise lakmuspaberi värvivad juured punaseks. Mitmesuguste idanenud taimede, nagu näit. 10. katses saadud herne juured pannakse niiskele sinisele lakmuspaberile; neis kohtades, kus juured puutuvad paberit, läheb paber punaseks.

12. katse. Juurte hapete mõju marmori peale. Mingisugune kiiresti kasvav taim, näit. türgi uba (*Phaseolus*), istutatakse potti, mille põhja on pandud hästi siledaks lihvitud marmorplaat. Kui muld igalt poolt on juuri täis ajanud, võetakse plaat välja, ja nüüd selgub, et neis kohtades, kus juured puutusid vastu marmorplaati, on tumedamad jäljed, mille on söönud eritunud happed (9. joon.).



9. joon. Marmorplaat, millele oa juured jäljed on söönud (Detmer'i järele).

§ 7. Toidu saamine diffu- siooni abil.

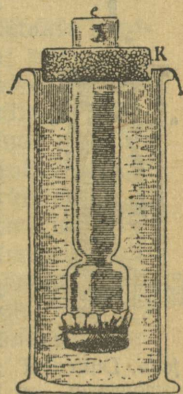
Kõrgemaid taimi võib puhtfüüsiliselt vaatekohalt võrrelda ruumiga, mis piiratud igast küljest orgaanilise kelmega (membraaniga), olles jaotatud määratuks hulgaks kambriteks. See ruum on täitunud mitmesuguste kõvade, poolkõvade, vees lahundunud ja gaasitaoliste ainetega.

Mõlemal otsal — maa all juuresüsteemis ja maa peal võras — on neil väga hästi arenenud pind, esimesel juhtumisel silindrilised (rohkearvulised juurekarvad), teisel ühes pinnas arenenud organid (lehed). Kõikide nende moodustuste läbi võivad kergesti diffundeeruda

ja välja aurata vedelikud, sest neil on võrdlemisi õhuke välimine kelme. Sissevõtva juure- ja välja-aurava lehesüsteemi vahel on varre või tüve osa, mis terve koguna on vettjuhtivate torude süsteem, kaetud enamasti veele ja gaasidele läbitungimatu koorega.

Diffusiooni ehk seitimise all mõeldakse üldse iga-suguse kahe teineteist puutuva gaasitaolise või lahundunud aine segumist, iseäranis aga gaaside ja lahundite segumist, mis eraldatud teineteisest organilise kelmega. Et seesuguseid kelmeid võime ette kujutada läbistatuina hulga nägematute augukes-tega, peame oletama, et vedelikud, mis eraldatud kelmega, puudutavad üksteist nende paksuses. Seitimine sünnib katsete järele isegi vastu raskuseeadust niikaua, kui mõlemal pool kelmet on ühesugune segu, muidugi aga ainult sel juhtumisel, kui vedelikud üldse seitivad (üldine juhtumine gaasidele).

13. katse. Vasevtrioli diffusioon läbi seapõie. Harilik lambiklaas, mille ühte otsa tugevasti seotud leotatud seapõis, täidetakse vasevtrioli lahundiga ja mahutatakse kinniseotud otsaga destilleeritud vette. Natukese aja pärast näitab vähe sinikas värv vees, mis enne oli täiesti selge, niisama ka sellesse nõusse pandud siledale raudnaelale vasevtrioli kirme tekkimine, et vasevtriol on tunginud läbi kelme destilleeritud vette (10. joon.).

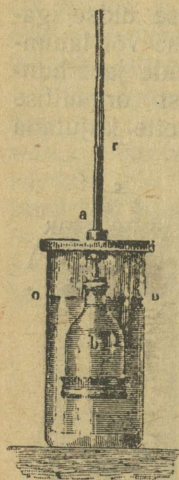


10. joon. Diffusiooni-aparaat. *K* — kork, mille külge on kinnitatud silinder *c* CuSO_4 lahundiga.

§ 8. Puutuvate vedelikkude ruumala muutumine mitte-ühesuguste diffusiooni tingimuste tagajärjel.

Mida liikuvamad on gaasid ja vedelikud, seda rutiini sünnib diffusioon kummalgi pool kelmet. Vees

lahundunud kõvad ained diffundeeruvad palju raskemini kui vesi; kontsentreeritud lahunditel suureneb sellepärast ruumala, sest neile tuleb palju rohkem vett juurde, kui läheb ära lahundunud osasid; nõrkadel lahunditel selle vastu väheneb ruumala. Kui taime alumises osas on nende ainete kontsentreeritud lahundeid, mis mullas puuduvad, siis peab taimes olevate lahundite ruumala suurenema vee suurema juurdevoolu tagajärjel, ja selle läbi tekkinud nõrgem lahund tungib taime mööda üles.



11. joon. Dutochet' endosmomeeter. *nn* — vee välimine pind, *b* — suhkrulahund, mis tõusnud torus *a* kuni *r*.

14. katse. Suhkrulahundi ruumala suurenemine vee diffusiooni kõrgenemise tagajärjel. Kaelaga klaaskuppel seotakse alt kinni seapõiega ja täidetakse kontsentreeritud roosuhkru-lahundiga (1:3); kupli kaela suu suletakse korgiga, kus auk, millesse pannakse hästi kindlalt umbes 1 meetri pikkune klaastoru¹⁾. Nii valmistatud aparaat pannakse alumise otsaga puhastatud veega täidetud nõusse (11. joon.). Mõne aja järele (12—24 tundi) märgitakse veesamba kerkimise järele torus suhkrulahundi ruumala suurenemist, võrreldes veesamba kõrgust alguspinnaga (*r*). Ühes sellega võib kergesti tõestada suhkrudiffundeerumist alumisse nõusse, sest vesi on magus ja pea hakkavad sinna

ilmuma hallitusseente koed (mütseelium).

15. katse. Suhkru või keedusoola lahundumine lihakate taimeosade pinnal. Jäme porgandi juur õnneatakse niiviisi seest tühjaks, et jääb umbes 0,5 sm paksune

1) Et vedeliku kerkimisel rõhk õige suureks läheb, peab klaastoru korki hästi kindlasti seotud, isegi kitiga valatud olema. Kõlblik kitt valmistatakse ühel määral võetud vahast ja kampvolist, neid ühte sulatades. See kitt määratakse korgile pinsli abil palavalt.

sein. Kui õõs täita peenendatud suhkruga (12. joon.), muutub see endosmootselt porgandist eritava mahla mõjul kontsentreeritud suhkrulahundiks, kuna porgand ise tähelepandavalt kortsus. Veel lihtsamalt selgub veetõmbejõud lahundisse, kui rõikatükile riputada keedu-soola.



12. joon. Porgandi juur, õõnestatud ja suhkruga täidetud.

16. katse. Suhkrulahundiga täidetud kunstliku raku kasvamine vee juurdevoolu tagajärjel. Mõlemast otsast lahtine klaassilinder seotakse ühest otsast seapõiega tugevasti kinni ja täidetakse kontsentreeritud suhkrulahundiga; peale seda seotakse ka teine ots seapõiega kinni ja niiviisi täiesti kinnine silinder pannakse vette. Sisemine lahundi ruumala hakkab suurenema; põie otsmised kohad muutuvad kumeraks nagu kella klaas, olles pinevil sisemise rõhu mõjul. See selgub kergesti vee väljapritsimisega, kui põis nõelaga läbistada (13. joon.).

See katse näitab tabavalt mahlaga täitunud elusa taimeraku põnevust, turgorit (v. § 9).

17. katse. Diffusiooni mõjul paisunud herne ruumala suurenemine. Umbes 500 kantsm ruumalaline gradeeritud silinder täidetakse, näit. pooleni, hernestega ja siis sama palju veega. 24 tunni pärast on herneste ruumala nähtavalt suurem, kuna veepind on langenud.

18. katse. Traube rakk. Raudtsüaaniskaali (K_3FeCy_6) nõrka lahundisse visatakse kloorisvase kristall; selle ümber tekib kohe kloorisvase kontsentreeritud lahund, mis raudtsüaaniskaaliga annab



13. joon. Kunstlik rakk sisemise rõhumise demonstreerimiseks. V.

16. katse.

amorfse, mõlemas vedelikus mitte lahunduva raudtsüaanisvase (Cu_2FeCy_6) sademe. Nii loodakse tingimused, 14. katse sarnased, sest kloorisvase kontsentreeritud lahund puutub kokku amorfse kelme läbi raudtsüaaniskaali nõrga lahundiga, andes alati esimesele vett, kuna kloorisvask ja raudtsüaaniskaali ei või vastamisi asendada, sest et nende kokkupuutumisel tekib kohe kõva sade. Selle tagajärjel kasvab alati kunstlik rakk („Traube rakk“), sest et ta suurendab oma ruumala vee juurdevoolu tagajärjel ja kesta uue sademe tekkimisel. (Selle raku sarnasus taimerakuga võrdub täiesti nulliga, kuid Traube rakk esitab kõrgemal määral huvitavat katset diffusiooniga.)

§ 9. Turgor.

Kui elus, mahlaga täitunud rakk enesesse rohkem vett võtab, kui nõuab tema harilik ruumala, peab muutuma pingsaks raku sein, mis seisab koos kesteinest ja seinu piiravast protoplasmakihist. Et rakukest on omakorda jälle väga elastiline, surub ta sisemist mahlaga täitunud ruumi, ja seda raku üksikute osade sisemist pingsust nimetataksegi turgoriks. Ta ei säilita mitte ainult üksikute rakkude elastsust, vetruvust (v. 19. katse), vaid tingib ka kogu taimekudede elastsust, vastupidavust ja tugevust. Tühi kummipall on painduv ja pehme; kui temasse valada vett, muutub ta kõvaks kui kepp, ja seda kõvemaks, mida suurem on rõhumine ja tugevamad seinad. Kui kõrvuti seisavad mitmesuguse turgoriga koed, siis oleneb sellest ka koe pingsus, mida võib võrrelda, tema mõju läbi kogu taime organite peale, turgori tegevusega üksikutele rakkudele. Turgori tegevusest ja kudede pingsusest oleneb ka rohtsete varte ja lehekudede kindlus.

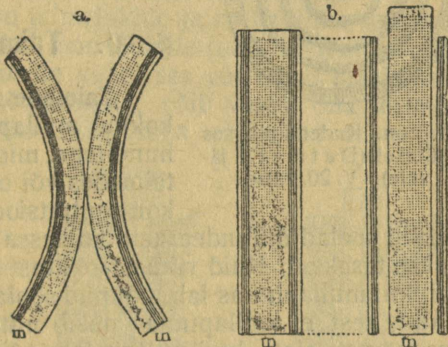
Võsu, mis üleliigse auramise läbi on turgori kaotanud, muutub pehmeks ja närtsinuks; sisemine rõhumine, tung paisuda, laieneda puudub raku sisul. Me võime omale ette kujutada rohtsed kõrred elastilistest kudedest (kõvakoe ja puuosa elemendid) ja nende vahel olevast

laieneda püüdvast massist (tülbkude, parenhüüm). Et viimane kude surub elastilist koort, kuna see jälle surumisele vastu paneb, seisab vars (lehevars, leht) kõvana ja karedana.

Et rohtsete taimevarte ja puiste taimede noorte okste säsi tülkkoel on omadus suure jõuga sisse imeda, see tähendab, et tal suur tung on laieneda võrreldes teiste ümbritsevate tihedamate osadega, seda võib tõestada järgmiste lihtsate katsetega.

19a. katse. Pikutine koore ja sisemiste kudede pingsus.

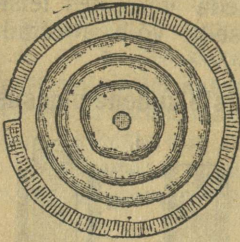
Mõnest täiesti arenenud rohtse taime (näit. päevalille, võilille jne.) varrest lõigatakse välja mõne sentimeetri pikkune tükk ja selle keskkohast pikiriba. Kui see riba noaga keskelt lõigata pooleks, tõmbub kumbki pool ots-
tega väljapoole (14. joon. a). Endine pingsus koor lüheneb, aga sisemine surutud kude laieneb.



14. joon. Kudede pingsus pikuti: *m* — säsi (Hansen'i järele).

19b. katse. Üksikute kooreosade ja seespool olevate kudede lühenemine ja pikenedamine. Varrest välja lõigatud ribadel (nagu 19a. katse) eraldatakse kummaltki poolelt välimised kihid (marrasknahk, koor ja puuosa). Koore osad jäävad lühemaks, kuna säsi tülbkude (parenhüüm) pikeneb (14. joon. b). Enne oli terve vars elastne, nüüd on eraldatud osad väga painduvad. Kui seda tähele panna, kuidas vabanevad sisemised osad paisuvad, tuleb tahtmata mõttesse putuka ehk liblika väljatulemine kitsast tupest, sest tõuk näis seal asuvat täiesti mittevastavas ruumis.

20. katse. Varre osade pingsus ristsihis. Päevalille varrest või paju tüvest lõigatakse välja ristlõigete abil väike järk, mille võetakse pealt ära rõngana koor, tehes esiteks küljele väike pikilõige. Kui pärast koor järgule tagasi panna, ei lähe rõnga otsad enam kokku (15. joon.). Tähendab, et koor oli enne pinguli ja pingsas olekus.



15. joon. Kudede pingsus ristlõikel (Detmer'i järele). V. 20. katse.

§ 10. Taimede valikuvõime.

Taimede juured puutuvad kokku mullapinnas soolade lahunditega, mida kas ei ole sugugi taimedes või on jälle väga nõrgas kontsentratsioonis. Sellepärast peaksid soolad diffundeeruma taimesse niikaua, kui saavutatakse tasakaal. Kuid viimast nähtust ei sünni siiski miljalgi, kui mullapinnas lahundunud soolad pole taimetele tarvilikud, sest et mullapinnas püsib uute soolade lahundumise pärast alati harilik toitelahundi kontsentratsiooni aste, kuna taimes soolad ikka jälle vähenevad taimedede loomiseks (teisteks keemilisteks ühendusteks muutumiseks, tarvitamiskohta minemiseks), mille pärast lahund vahet pidamata jääb nõrgemaks. Mida suurem on mingi soola tarvitamine taimes, seda suurem on ka selle aine juurdevool difusiooni teel, kui mullapinnas on antud ainet.

Iseenesest mõista, et difusiooniseaduste põhjal mullapinnast tuleb juurde ainult see aine (selle hulgas ka vesi), mis tarvitatud või muul kombel eemaldatud juurte rakkudest. Raudsoolade kadumine mullast kutsub näit. esile ainult raua-osakeste liikumise mullast, vee vähenemine juure rakkudest kattub muidugi vee juurdevoolu läbi.

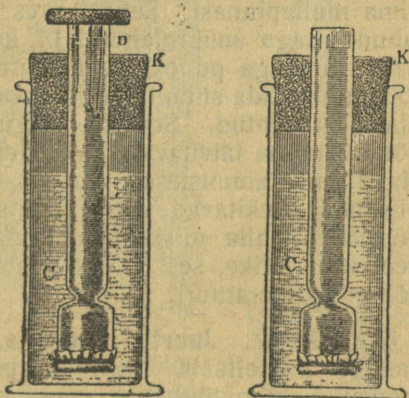
Nendel difusiooniseadustel põhjaneb ka mitme-

suguste toitesoolade omandamine mullast mitmesugustel taimeliikidel. Et viimased oma spetsiifiliste iseärasuste ja keemilise koosseisu järele tarvitavad mitmesuguseid ehitusaineid, on loomulik, et mullapinnast korraldub vastavate ainete juurdevool ja isesugused taimed kasutavad üht ja sama mulda isesugustel sihtidel.

See „valikuvõime“, millel põhjeneb viljavahetuse tarvidus põllumajanduses, seisab peaaesjalikult mitmesuguste ainete tarvitamisel taimede siseehituses.

Sel juhtumisel on taimeliikide ja mullapinna osakeste vahel samane suhe, kui loomaliikide (näit. liblikatõukude) ja mitmesuguste taimede vahel ses või teises maakohas. Mis meeldib ühele tõuguliigile, võib vastik olla teisele; mida tarvitab üks taimeliik, seda ei puutu teine või tarvitab seda teisel määral.

21. katse. Teatava soola diffusiooni olemine tarvitamisest selles nõus, kuhu sool imbub. Kaks ühesugust lambiklaasi seotakse alt kinni seapõjega ja täidetakse destilleeritud veega. Ühe klaasi ülemisse otsa mahutatakse korgi külge kinnitatult mõned siledad raudnaelad (või tsinkpulk). Mõlemad klaasid asetatakse ühesugustesse nõudesse, milles vasevitrioli la-



16. joon. Aparaat sooladiffusiooni suurendamise demonstreerimiseks nõus, kus olemas tema tarvitamine. *KK* — kork (ei ole õhukindlalt peale pandud); *CC* — vasevitrioli lahund; *n* — korki kinnitatud raudnaelad.

hünd ühes ja samasuguses kontsentratsioonis (16. joon.). Mõne aja pärast määratakse vasevitrioli kontsentratsiooni aste. Selgub, et klaasis, kus raudnaelad, vaske sisaldub

palju vähem kui teises, sest et siin esimeses vask korjus rauale, mis läbi vasevitrioli hulk alatasa vähenes.

Keemilist analüüsi on kergem teha, kui vase lahundi asemel võtta hõbeda lahundit ja sadestada hõbe vasele. Hõbedasisaldust vedelikus on kerge määrata keedusoola abil kvantitatiivse ruumalalise analüüsi meetodide järele (1 gr $NaCl = \frac{108}{58,5}$ gr Ag).

§ 11. Juurte rõhumine.

Kui juurte rakkudes on väga vähesel määral vees lahunduvaid aineid, s. o. niisuguseid, mis vett tõmbavad, siis peab diffusiooniseaduste järele vee juurdevool tekkima mullapinnast. Selle juures sündinud rohkem nõrk lahund, nagu suhkrulahund 14. katses, surutakse tähele pandava jõuga puuosa juhtsoonte kaudu ülespoole. See rõhumine, mida sünnitab diffusioon, on „juurte rõhumise“ nime all tuntud. See on, nagu juba võib oletadagi, kõige suurem talvitavatel taimedel kevadel, kui tagavaraained, mis alumistesse taimeosadesse korjunud, järsku niiskudes tekitavad väga kontsentreeritud lahundi¹⁾, võrreldes mulla niiskusega, kuna sel ajal auramine on veel väga väike, sest et ei ole lehtede võra ega õhkkonna kõrget temperatuuri.

22. katse. Juurte rõhumine, mõõdetav ja tähele pandav katseliselt. Just maapinnalt lõigatakse hästi arenenud taimetüvi või -vars maha (päevalill, jorjen, tubakas, kask, vaher, raudnõges), millel tubli juurtesüsteem, või lopsakas viinapuu oks, kui tal vast puhkevad esimesed noored lehed, ja vaadeldakse esiteks luubiga vedeliku nõretamist osadest, milles sooned. Siis kinnitatakse varre otsa kummitoru abil pikk klaastoru, mis

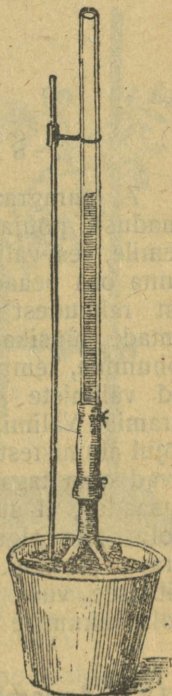
1) Lahundid, tekkides taimes tagavara-ainete lahundumisel, sisaldavad orgaanilisi aineid (suhkrut, dekstriini, asparagiini jne.), mida ei tule ette mullapinnas.

kinnitatud püstloodis (17. joon.). Lühikese aja järele võib tähele panna mahla tõusmist klaastorus (vesine, vähe limane vedelik).

Kui klaastoru ülemine ots kaks korda painutada kõveraks otsenurgana ja ta külge kinnitada pudelike, võib koguda võrdlemisi hulga mahla, millest auramisel jääb järele sade, kus orgaanilisi ja anorgaanilisi aineid.

Märkus. Vedelikusamba kõrgus võib kevadel tõusta 10 meetrini viinapuu väädil, 3—4 m nõgesel. Üldse muutub kõrgus tähelepandavalt, olenedes päeva-ajast. Viinapuul on kindlaks tehtud korrapärane langemine kella 12—6 päeval. Päevalillel hakkab mahlakõrgus juba hommikul kell 10 alanema. Nende perioodiliste kõikumuste põhjus ei ole teada.

Kõigil enamalt arutatud diffusiooni-katsetel on see tähtsus, et nad annavad meile mingisuguse kujutuse neist protsessidest, mis sünnivad taimes toiduvõtmisel mullast. Diffusioon on keeruline protsess ja oleneb väga mitmest asjaolust, nii et teda raske on elusa taime juures uurida. Ta oleneb: 1) kelme paksusest, läbilaskvusest ja keemilisest koosseisust; 2) kelme eraldatud ainete keemilistest omadustest; 3) rõhumisest, mille all on diffundeeruvad kehad; 4) temperatuurist. Taime kest, nende mahlad ei ole nende diffusiooniomaduste suhtes üldiselt veel küllalt põhjalikult uuritud. Kõige tähtsam fakt, mis kindlaks on tehtud uurimistel, seisab selles, et mullas olevad soolad kõik on hästi diffundeeruvad kehad (kristalloidid), kuna taimes peaaesjalikult esinevad raskesti diffundeeruvad ained (kolloidid), mis tekkinud taimel vastuvõetud kristalloididest. Selle tagajärjel ongi taimed kaitstud ainete kaotuse vastu.



17. joon. Juurte rõhumise demonstreerimine (Detmer'i järele).

II. Auramine.

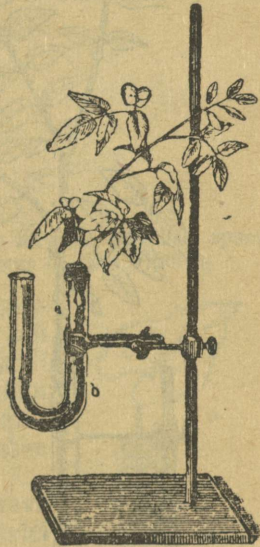
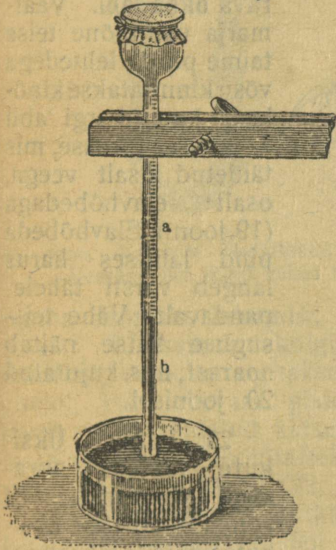
§ 12. Auramise seadused.

7. paragraafis kirjeldatud taimekehade füüsiliste omaduste põhjal peab sel poolel, mis vastand juuresüsteemile, vesi välja aurama. Ja tõesti laseb lehtede välimise pinna osa peaaegu alati vett läbi; sellele lähedal olevatest rakkudest imbub vesi läbi rakuseinte ja aurab samade füüsikaseaduste järele, nagu vabalt veepinnalt. Rõhumine, temperatuur, niiskus ja õhus liikumine esinevad välimiste jõududena, suurendades või vähendades auramist. Välimise pinna raku veekaotus täitub diffusiooni mõjul alumistest parenhüümirakkudest, need rakud täiendavad oma tagavara jälle naabritelt jne.; sellepärast on arusaadav, et auramine peab esile kutsuma vee üleskäiva voolu, mis algab juurtest, s. o. mullapinnast lehtede aurava pinnani. Puudel, millel rikkalik lehtede võra, võib see vool väga tähelepanemisväärt olla. Teistest voolu liikumise põhjustest kõneleme alamal.

§ 13. Auramine läbi surnud orgaaniliste kelmete.

Auramise suhtes võib taime võrrelda veega täidetud klaastoruga, mille ülemine, laiem ots on kinni seotud orgaanilise kelmega, aga alumine pistetud vette. Sel juhtumisel tekib, vee auramise mõjul ülemiselt kelme pinnalt, alaline, katkestumatu vee vool ülespoole.

23. katse. Elavhõbeda tõusmine vee auramise mõjul läbi elaja põie. Klaastoru, millel ühes otsas laiem, lehitri-taoline osa, täidetakse veega, seotakse vees leotatud elajapõiega kõvasti kinni ja pistetakse alumise otsaga elavhõbedasse (18. joon.). Viimane kerkib teatud kõrgu-



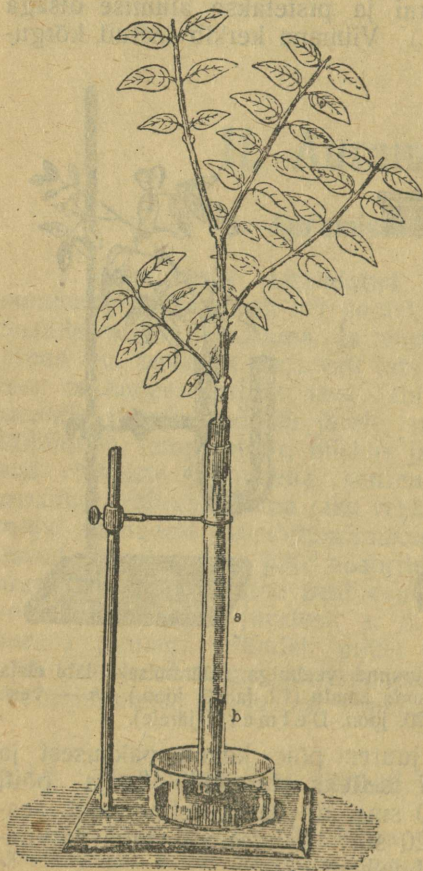
18. ja 19. joon. Abinõud auranud vee hulga määramiseks läbi elaja põie (18. j.) ja elavate võsude kaudu (19. ja 20. joon.). *a* — vesi
b — elavhõbe (20. joon. D e t m e r ' i järele).

sesse, olenedes selle juures põie kelme paksusest ja vastupidavusest. Kui selleks tarvitada härja põit, tõuseb elavhõbe üle 30 sm; tihedama kelme, näit. sea-põie tarvitamisel ligi 20 sm; *Colutea* viljanaha tarvita-misel on tõusmine veel vähem.

§ 14. Auramine elusal taimel.

Sama, mis sündis 23. katses, toimetavad ka lõigatud

lehed ja võsud; nad kulutavad, tarvitavad ja kergitavad auramise mõjul tähelepandava hulga vett, mida võib tõestada sellekohaste abinõude varal.

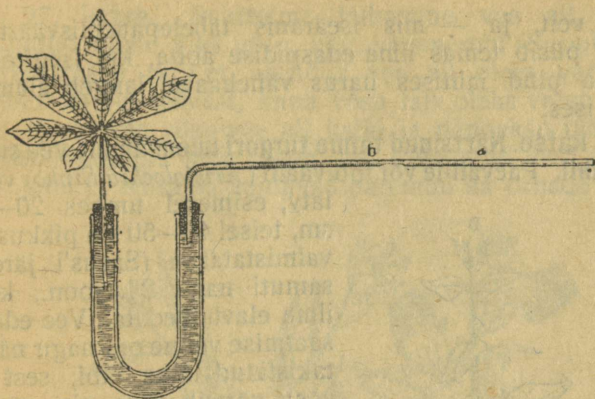


20. joon.

täisnurgana kõverdunud, teise leht võimalikult sileda varrega. Ka kõige vähemat vee auramist võib tähele

24. katse. Elavhõbeda tõusmine aurava oksa läbi. Vaarmarja või mõne teise taime puine lehtedega võsu kinnitatakse kindlasti kummkorgi abil U-taolisse torusse, mis täidetud osalt veega, osalt elavhõbedaga (19. joon.). Elavhõbeda pind lahtises harus langeb varsti tähelepandavalt. Vähe teisuguse katse näitab aparaat, mis kujutatud 20. joonisel.

25. katse. Üksikute lehtede auramise mõõtmine. Et võimalik oleks üksikute lehtede auramise suurust mõõta, talitatakse Mangin'i viisil järgmiselt (21. joon.). U-taoline toru täidetakse otsani veega ja korgitakse mõlemast otsast kummkorgiga, millest auk läbi; ühte auku pannakse hästi kindlalt klaastoru, mis



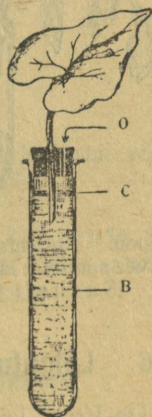
21. joon. Väikeste veehulkade auramise demonstreerimise aparaat. Veesambake liigub edasi rõhtsas torus *a* poolt *b* poole.

panna mõniski liikumise abil klaasitorus. Lihtsamalt, kuigi mitte nii näitlikult, demonstreeritakse (Garbsch'i järel), kui lehevars pistetakse läbi korgi veega täidetud katseklaasi, millesse auramise ärahooldamiseks valatakse peale õhuke kord õli (22. joon.).

Ülestõstetud vee hulka ja aurava lehepinna suurust on neil juhtumistel kerge kõrvuti seada ja võrrelda.

§ 15. Puuosa tähtsus aurava vee juhtimisel.

Lõigatud võsudes on vee voolamises suur tähtsus puuosal. Kui auramise katseks (24. katse) võtta vähe puitunud rohttaim õrnade lehtedega, närtsib see ruttu, olgugi et tal nähtavasti küllalt on vett. Tema turgor uueneb ainult siis, kui temasse vägise



22. joon. Lihtne abinõu auramise demonstreerimiseks. Auramise ärahooldamiseks veepinnalt valatakse sinna õhuke kord õli.

ajada vett, ja — mis iseäranis tähelepanemisväärt — turgor püsib temas ilma edaspidise abita, kui isegi elavhõbeda pind lahtises harus vähehaaval langeb alamale kui teises.

26. katse. Närtsinud taime turgori uuendamine vee surumise abil. Päevalille või tobiväädi (*Aristolochia Sipho*) võsu



23. joon. Auramise uuendamine vee surumise läbi taimesse (Sachs'i järele).

latv, esimesel umbes 20—30 sm, teisel 40—50 sm pikkuselt, valmistatakse (Sachs'i järele) samuti nagu 24. joon., kuid ilma elavhõbedata. Vee edasi-
saatmise võime on, nagu näha, takistatud lõike läbi, sest et võsu närtsib vähe aja pärast (23. joon. A). Nüüd uuendame vee voolu, valades lahtisesse U-taolisse toruharusse elavhõbedat niipalju, kuni lahtises harus tema pind kõrgemal on kui kinnises, mille mõjul vesi jõuga surutakse tüvesse. Selle juures muutub seni närtsinud taim uuesti elastseks ja hakkab normaalselt aurama (23. joon. B). Elavhõbeda pind langeb siis lahtises harus madalamale kui teises.

§ 16. Lõigatud rohttaimede närtsimise põhjused.

De-Vries leidis, et õrn rohttaim hoiab alal siis oma põnevuse, kui teda lõigata katki vee all ja hoida lõikekoht nii vee all, et ta ei puutu kokku välise õhkkonnaga. Nähtavasti põhjeneb vee voolu takistusena taime lõikamisel ilma selle ettevaatuse-abinõuta soontesse tungiv õhk; niisama võib seks olla ka lõikamisel õrnadest taime-dest välja tulev lima, mis täidab torude vahed kohad lõikel.

27. katse. Rohhtaime lõikamine vee all. Vähe puitunud taime pikk võsu, näit. varemerohi (*Symphytum*), kõverdatakse nii, et veenõus vee all oleks varre osa umbes 20 sm ladvast, kuna võsu latv oleks veest väljas. Siis lõigatakse võsu vee all katki ja pannakse tähele, et ta jääb värskeks mitu päeva, kui lõike pind alati on vees (24. joon.). Niisama hoiduvad paremini ka õrnade lillede,



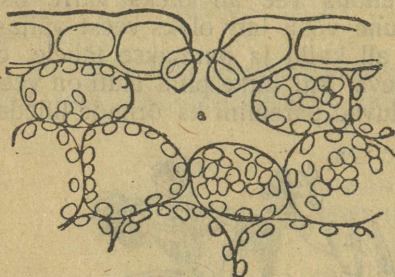
24. joon. Vähe puitunud taimevarre (*Symphytum*) lõikamine vee all, et takistada õhku varde tungimast.

näit. ülaste, kukekannuste jne. kimbud, kui nende varsi lõigata laias potis vees ja nad ilma veest välja võtmata pannakse veega täidetud klaasi samas potis.

§ 17. Õhulõhede mõju auramisel.

Taimed ei aura mitte kogu oma lehepinnaga. Viimane on enamasti kaetud veele peaaegu täiesti läbitungimatu kamarnahaga (kutiikulaga) (v. märkus), mille peal veel tihti on õhuke vahakord; viimane takistab seda rohkem vee auramist. Sellepärast auravad lehed peaaesjalikult raku seintes olevate n. n. hingamisõõnte,

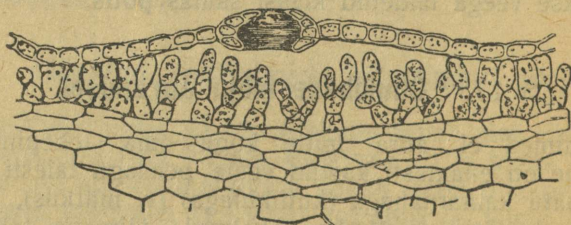
s. o. tühjade ruumide kaudu, mis on õhulõhede läbi ühenduses välise õhkkonnaga (v. 25. ja 26. joon.). Et



25. joon. Võhumõõga (*Iris florentina*) alumisel küljel olev õhulõhe. a — hingamisõõs, ülemine kiht — kamarnahk (Strasburger'i järele).

taim võib õhulõhede avased sulgeda või avada, või täpsamalt öeldud, et õhulõhede sulgerakude muutumise läbi nende veesisalduse astme läbi lõhed on avatud niiskes õhus ja suletud kuivas õhkkonnas, siis võib taim selle abinõu mõjul reguleerida auramistingimuste kohaselt.

Märkus. Et kamarnahast tungib läbi teatud hulk vett, midugi mõista mitte ühesugusel määral, vaadates selle paksuse peale, võib näidata (Detmer'i järele) järgmise lihtsa katsega. Selleks pannakse sireli (*Syringa vulgaris*), begoonia (*Begonia*), vahtra (*Acer platanoides*), kummipuu (*Ficus elastica*) leht, mille pealmsel pinnal, nagu mikroskoop näitab, ei ole õhulõhesid, ja alusklaas kõrvuti kristallisatsioonitassi. Siis niisutatakse vähe keedusoola, pannakse seda väikeste portsjonidena niihästi sireli lehe ülemisele pinnale kui ka klaasile ja kaetakse tass kinni klaasplatiga. Vähe aja pärast sulab sool, mis pandud lehele, vee diffundeerumise mõjul kudedest, kuna klaasil kuivab sool teatava astmeni.



26. joon. Helvessambla (*Marchantia polymorpha*) hingamisõõs, suurendatud 300 korda (Kerner'i järele).

Õhulõhed on asetunud kas ainult lehe ülemisele pinnale, nagu kõikidel taimedel, mille lehed ujuvad vee-pinnal, sest et nende alumine pind ei puutu loomulikult õhkkonnaga kokku, või on jälle ainult alumisel küljel (sirel, vaher, begoonia, kummipuu), või koguni mõlemal küljel korraga, nagu kõige tihedamini, kuid siiski suuremal arvul alumisel.

28. katse. Auramise katkestamine õhulõhede sulgemise tagajärjel. Puise varrega võsu lehtedega, millel õhulõhed ainult ülemisel küljel, valmistatakse samuti kui 24. katses. Peale selle määratakse kõik lehed alumisel küljel suhkruisrupiga või meega. Auramine katkestub, nagu selgub vee või elavhõbeda pinna ühekõrgusel seisust teises *U*-taolise toru harus.

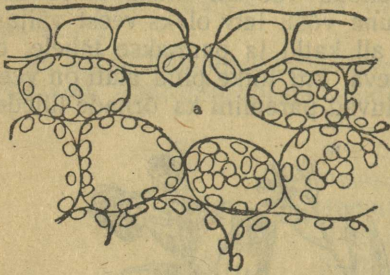
29. katse. Vee auramise näide koobaldiproovi abil. Valmistatakse sinine koobaltpaber, kastes kuivatuspaberi ribad 4—5% klooriskoobaldi lahundisse ja kuivatades neid esiteks õhu käes, aga just katse eel tuleleegi kohal kuni siniseks muutumiseni. Lehed, millega tahetakse katset teha, katkutakse päikese paistel, kui nad tugevamini auravad, pannakse sinise koobaltpaberi vahele, mis samuti tuleleegil kuivatatud klaasplaatide vahele mahutatud, ja pannakse neile kõigile väike raskus peale. Vähe aja pärast (mõni minut) muutub paber punaseks, mis puutub aurava pinnaga kokku.

§ 18. Väliste tingimuste mõju auramise peale.

Auramine takistub külma, niiskuse, rahu ja kõrge atmosfäärirõhu läbi, kiireneb aga vastupidistel tingimustel.

30. katse. Mitmesugustel välistel tingimustel auranud veehulga määramine. Ühele kaalukaasile pannakse potis kasvanud hästi arenenud lehtedega taim, näit. begoonia; pott kaetakse auramise kaitseks sellekohase klaasruuduga, mis pooleks lõigatud, ja seatakse kaal tasakaalu. Mõne aja, näit. tunni järele vaadeldakse, et

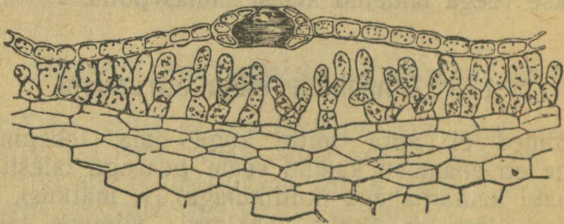
s. o. tühjade ruumide kaudu, mis on õhulõhede läbi ühenduses välise õhkkonnaga (v. 25. ja 26. joon.). Et



25. joon. Võhumõõga (*Iris florentina*) alumisel küljel olev õhulõhe. a — hingamisõõs, ülemine kiht — kamarnahk (Strasburger'i järele).

taim võib õhulõhede avaused sulgeda või avada, või täpsamalt öeldud, et õhulõhede sulgerakkude muutumise läbi nende veesisalduse astme läbi lõhed on avatud niiskes õhus ja suletud kuivas õhkkonnas, siis võib taim selle abinõu mõjul reguleerida auramist tingimuste kohaselt.

Märkus. Et kamarnahast tungib läbi teatud hulk vett, muidugi mõista mitte ühesugusel määral, vaadates selle paksuse peale, võib näidata (Detmer'i järele) järgmise lihtsa katsega. Selleks pannakse sireli (*Syringa vulgaris*), begoonia (*Begonia*), vahtra (*Acer platanoides*), kummipuu (*Ficus elastica*) leht, mille pealmsel pinnal, nagu mikroskoop näitab, ei ole õhulõhesid, ja alusklaas kõrvuti kristallisatsioonitassi. Siis niisutatakse vähe keedusoola, pannakse seda väikeste portsjonidena niihästi sireli lehe ülemisele pinnale kui ka klaasile ja kaetakse tass kinni klaasplatiga. Vähe aja pärast sulab sool, mis pandud lehele, vee diffundeerumise mõjul kudedest, kuna klaasil kuivab sool teatava astmeni.



26. joon. Helvessambla (*Marchantia polymorpha*) hingamisõõs, suurendatud 300 korda (Kerner'i järele).

Õhulõhed on asetunud kas ainult lehe ülemisele pinnale, nagu kõikidel taimedel, mille lehed ujuvad vee-pinnal, sest et nende alumine pind ei puutu loomulikult õhkkonnaga kokku, või on jälle ainult alumisel küljel (sirel, vaher, begoonia, kummipuu), või koguni mõlemal küljel korraga, nagu kõige tihedamini, kuid siiski suu-remal arvul alumisel.

28. katse. Auramise katkestamine õhulõhede sulgemise tagajärjel. Puise varrega võsu lehtedega, mille õhulõhed ainult ülemisel küljel, valmistatakse samuti kui 24. katses. Peale selle määratakse kõik lehed alumisel küljel suhkrusiirupiga või meega. Auramine katkestub, nagu selgub vee või elavhõbeda pinna ühekõrgusel seisust teises *U*-taolise toru harus.

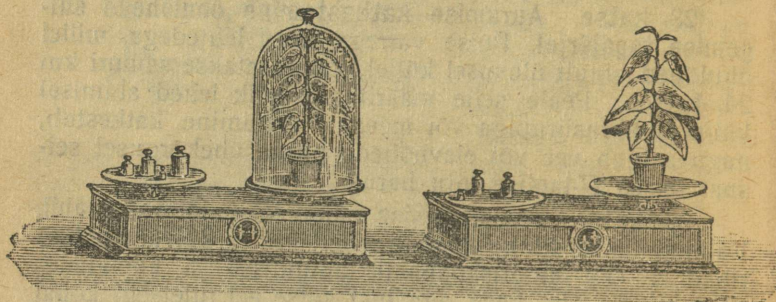
29. katse. Vee auramise näide koobaldiproovi abil. Valmistatakse sinine koobaltpaber, kastes kuivatuspaberi ribad 4—5% klooriskoobaldi lahundisse ja kuivatades neid esiteks õhu käes, aga just katse eel tuleleegi kohal kuni siniseks muutumiseni. Lehed, millega tahetakse katset teha, katkutakse päikese paistel, kui nad tugevamini auravad, pannakse sinise koobaltpaberi vahele, mis samuti tuleleegil kuivatatud klaasplaatide vahele mahutatud, ja pannakse neile kõigile väike raskus peale. Vähe aja pärast (mõni minut) muutub paber punaseks, mis puutub aurava pinnaga kokku.

§ 18. Väliste tingimuste mõju auramise peale.

Auramine takistub külma, niiskuse, rahu ja kõrge atmosfäärirõhu läbi, kiireneb aga vastupidistel tingimustel.

30. katse. Mitmesugustel välistel tingimustel auranud veehulga määramine. Ühele kaalukausile pannakse potis kasvanud hästi arenenud lehtedega taim, näit. begoonia; pott kaetakse auramise kaitseks sellekohase klaasruuduga, mis pooleks lõigatud, ja seatakse kaal tasakaalu. Mõne aja, näit. tunni järele vaadeldakse, et

pommidega kaalukauss langeb alla (27. joon., paremal); teisele kaalukaussile pannes raskust, mis tarvilik tasakaalu saavutamiseks, määratakse auramise suurust antud juhtumisel. Kui pärast samul tingimusil (valgus, soojus jne.) sama taim mahutada klaaskupli alla (27. joon., pahemal), siis võib kuplit mööda alla jooksvate veetiremekeste järele otsustada, et ka siin on auramine,



27. joon. Lehtede vee auramise demonstreerimine. Paremal on taim vabas õhus; selle kaalu kaotus on palju suurem kui pahemal pool, kus auramine nõrgestatud klaaskupli läbi (Mangin'i järele).

kuid otsustades tasakaalustava raskuse järele on vee auramine, võrreldes esimese katsega, vähem (Mangin'i järele). Teisel juhtumisel kuivatatakse klaaskuppel ja kaalukauss aeg-ajalt kuivaks, sest et muidu kaaluks ka vesi, mis pärast arusaadavalt tasakaal ei või muutuda.

Samuti võib ka soojuse mõju tõestada. Raskem on juba demonstreerida õhu liikumise ja rõhumise muutmise mõju.

§ 19. Kaitse auramise vastu.

Kõrgikordade, paksu kamarnaha, vahakirme arenemine taimel, pinna vähenemine, võrreldes massiga, takistab või vähendab auramist.

31. katse. Kaitstud ja ilma kaitsekihtideta taimeosade auramise võrdlus. Kaks kartulit, kaks sibulat ja

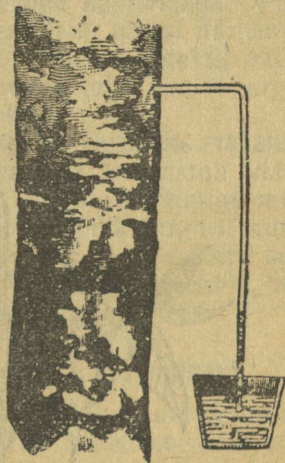
kaks õuna, mõlemad igas paaris peaaegu ühesuurused, kaalutakse ja mahutatakse ühesugustesse auramistingimustesse, puhastades teist eksemplari igast paarist koorest. Mõne aja pärast näitab kaalumine, et kooritud eksemplariid on võrdlemisi rohkem vett kaotanud auramise läbi kui koorimata.

32. katse. Auramise kaitse kukeharjal (*Sedum*) ja kaktusel. Kukehari või kaktus pannakse mõneks ajaks küllaldase auramise tingimustesse, ilma et talle väljastpoolt vett juurde voolaks. Kuigi suurt närtsimist või kaalu muutumist ei ole tähele panna. Taime massi suhe väikesesse pinda ja paks pinnanahk, mis iseäranis hästi tähelepanevah nahk pealt katkumisel, vähendavad tuntavalt vee auramist. Katse eksemplariid kasvavad edasi ka alumiste taimeosade närtsimisel.

Kui katseks võtta potis kasvatatud eksemplariid¹⁾, on muidugi tarvis mulla niiskuse auramise takistamiseks katta pott pealt kinni klaasruuduga.

§ 20. Negatiivne õhurõhumine auravates taimedes.

Rohkel auramisel ilmub taime kesksilindris negatiivne õhurõhumine, mis on tõenduseks, et taime sellel juhtumisel ei jõua juurtega enesesse imeda auramisele vastavat veehulka.

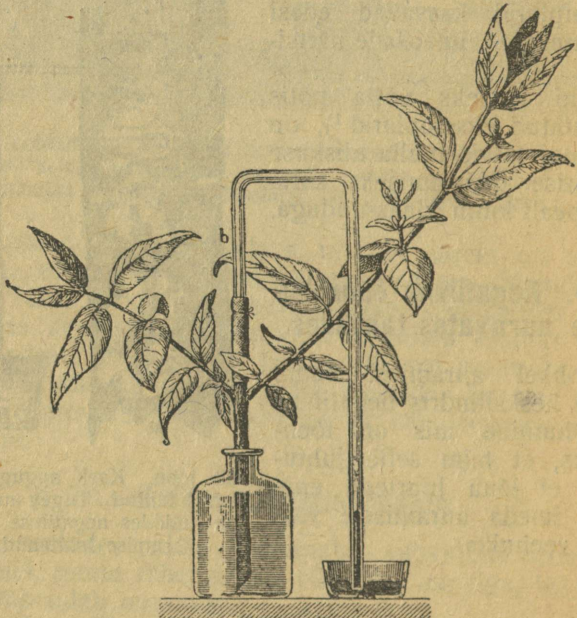


28. joon. Kask auguga, mis suvel tehtud. Tugev auramine on kudedes negatiivse õhusurumise tekitanud.

1) See ei ole alati tarvilik, sest et võib tarvitada eksemplariid, mille juured on mullast paljad.

33. katse. Negatiivne õhurõhmine kase tüvesi. Kesksuvel puuritakse noorde kaske kuni tüve keskpaigani ulatuv auk. Sinna kinnitatakse vaha abil õhutihedalt täisnurkseks painutatud klaastoru üks haru, kuna teine allapoole juhitakse ja vette või elavhõbedasse seatakse (28. joon.). Allolev vedelik tõuseb klaastorusse. Vastupidist nähtust võime kevadel tähele panna (võrdle 22. katse).

34. katse. Negatiivne õhurõhmine mahalõigatud võsus. Õrnade lehtedega kuslapuu (*Lonicera*) võsu seatakse alumise lõikeotsaga veega täidetud anumasse, lõigatakse latv maha ja ühendatakse vars kummtoru abil kahelipainutatud klaastoruga, mille üks haru paigutatakse elavhõbedaga anumasse (29. joon.). Lühikese aja pärast tõus ebelavhõbedasammas klaastorus.



29. joon. Aparaat negatiivse õhurõhu näiteks kudedes (Detmer'i järel).

§ 21. Auramise ülekaal taimesse tunginud veest.

Kui maa niiskus taime nõudele ei vasta või kui juur mingisugusel põhjusel ei saa oma ülesannet tarvilisel määral täita (näit. juurekarvade purustamine ettevaatamata ümberistutamisel), siis on säherdusel korral auramine maa seest võetavast veehulgast suurem ja taim närtsib. Kui maad niisutada või auramist vähendada, siis saab turgor jälle endiseks.

Märkus. Sellepärast lõigataksegi puudel ja põõsastel oksad ümberistutamisel maha, millega juurekarvade vigastamine alati seotud, et aurav ja juurtega maa seest võetav veehulk tasakaalus oleksid. Ka rohttaimed kasvavad siis kõige jõudsamini, kui neil istutamise eel maapealsed osad ära lõigatakse.

35. katse. Turgori uuendamine kastmisega. Potis kasvatatud taime, mis vähese kastmise pärast närtsinud, kastetakse rikkalikult veega. Kui kohased objektid valida [fuksia (*Fuchsia*) jne.], siis omandab taim endise turgori imestamisväärt lühikese aja jooksul.

36. katse. Turgori uuendamine auramise vähendamisega. Närtsinud potitaim seatakse kastmatult klaaskupli alla. Ka sel juhtumisel — kui närtsimine mitte väga kaugemale pole läinud — on võimalik turgorit uuendada. Klaaskuppel takistab auramist ja selle tõttu suudab taime tarvidust rahuldada ka väiksem veehulk, mis juur jõuab antud tingimustes muretseda.

§ 22. Juurerõhumise ülekaal auramisest.

Kui juurtega mullast võetav veehulk (juurerõhumine) auramisest on suurem, siis eritub lehtedest vedel vesi. Tilkade eritus on iseäranis silmapaistev võhalistel (*Aroidae*). *Calocasia antiquorum*, *Caladium nymphaefolium* sajab ööse sõna tõsisel mõttes vihma.

Looduses võib vedela vee eritust siis tähele panna, kui päike on palava päeva järele looja läinud. Tuleb kiire jahenemine, niiskus suureneb õhus, kuna samal ajal maapind soojust kauemini alal hoiab ja juurt intensiivsele imemisele ärritab. Kartuli- ja rohttaimede, kortslehtede (*Alchemilla*

vulgaris) jne. leheveergudelt leiame siis veetilgakesi. Tihti peetakse taimedest eritunud vett, mida hommikuti ja õhtuti taimelehtedel võib tähele panna, kasteks (jahtunud asjadele tihenenud atmosfäärne vee-aur), kuna tõepoolest see vesi sellepärast lehtedele ilmub, et juurtega maa seest imetud veehulk vähenenud auramisest on suurem¹⁾.

37. katse. Vedela vee eritus lehtedest. Veekultuuris kasvavaid maisitaimi (1. katse) vaadeldakse hommikuti. Kui nad on päikesepaistelisele kohale seatud, siis võib leheveergudel tähele panna ilma iseäraliste ettevalmistusteta rikkalikku tilkeritust. Sama nähtust võib tähele panna ka mullas kultiveeritavatel taimedel, kui vee eritustingimused soodustatakse. Selleks soendatakse lillepotid, milles kasvavad noored maisitaimed, kortslehed (*Alchemilla*), suured kallad [*Zantedeschia (Calla) aethiopica*] 20 kuni 25° ja kaetakse klaaskupliga nii, et õhu juurdepääs ei oleks takistatud²⁾.

§ 23. Juurerõhumise ja auramise perioodiline ülekaal.

Juurerõhumine (diffusioonijõud) ja auramine võivad perioodiliselt vahelduda. Esimene on kõige tugevam siis, kui auramine veel nõrk, näit. puudel, kevadel lehtede arenemise hakul. Suvel on auramine juurerõhumisest harilikult suurem.

On võimalik mõlemaid jõudusid tegevuses ühel ajal tähele panna ja nende tööd teineteisega võrrelda. Selleks lõigatakse maha kõige jõudsama arenemise ajal hästi kasvavad rohttaimed ja mõõdetakse kohe peale seda alumise osa juurerõhumist ja ülemise osa auramist. Selle juures peab lõikekohti hoidma õhuga kokku puutumast (võrdle § 16).

38. katse. Juurerõhumise suhe auramisse (30. joon.). Potis kasvatatud päevalillel lõigatakse tüvi vee all terava noaga läbi — ühes suuremas veega täidetud anumast —

1) Võrdle Sachs, Pflanzenphysiologische Vorlesungen, lhk. 333.

2) Sealsamas.

nii madalalt kui võimalik. Lõigatud võsu alumine ots seatakse vee all ühte veega täidetud mõõtsilindrisse. Potti jäänud päevalille alumise osa lõikekoht ühendatakse kummtoru abil kahekordseks painutatud klaas-

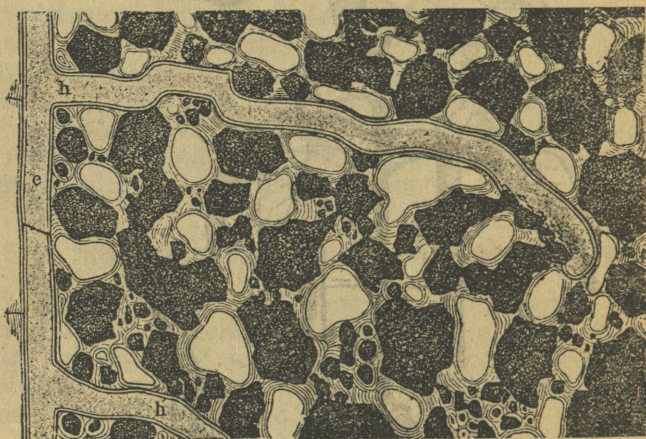


30. joon. Auramise ja juurerõhumise võrdlemine potis kasvatatud päevalillel.

toruga, mille allapoole juhitud haru ühte teise — tühja — mõõtsilindrisse paigutatakse. Auravat veehulka on nüüd kerge võrrelda selle veehulgaga, mis juurerõhumise abil maa seest imetud.

§ 24. Mullaosakeste vee külgetõmbamine.

Taimed ei jõua difusioonijõuga ega auramisega mulda täiesti kuivaks imeda. Sellepärast närtsivad taimed



31. joon. Läbilõige mullapinnast, mis sisaldab vett ja õhku, ühes juurekarvakestega. Mustad laigud on piiratud veekelmega, nende vahel seisavad õhuruumid (valged kohad). Juure marrasknaha rakud (*e*) on kasvanud kaheks juurekarvakeseks (*h h'*), tungides mulda. Hästi suurendatud (*S a c h's'i* järele).

juba, kui mullapinnas veel vett olemas. Veeimemise tegevus jõuab lõpuks piirini, kus mullaosakeste vee kapillaarse külgetõmbe jõud suurem on kui taime difusiooni- ja auramisjõu summa (vrđl. 31. joon.).

39. katse. Tõestus, et juur mullapinnast kõike vett ei jõua välja imeda. Mingisugune taim, näit. uba, kultiveeritakse hea aiapinnaga täidetud potis. Kui idulehte-

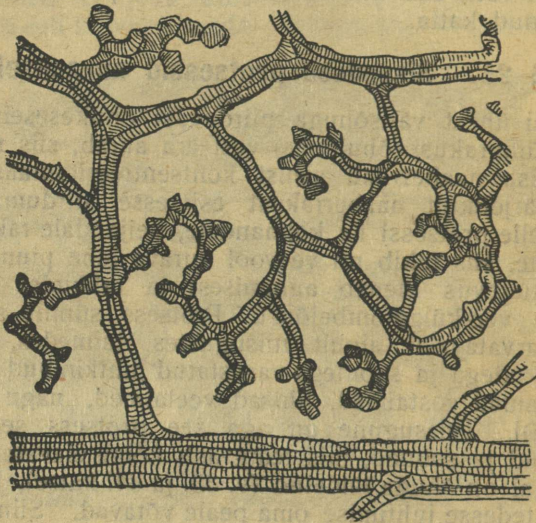
dele järgnev esimene roheline lehepaar on hästi välja arenenud, viiakse taim päikese valguse eest kaitstud ruumi. Taim hoitakse selles ruumis kastmata seni, kuni ta on täiesti närtsinud. Nüüd võetakse potist mõni gramm hästi läbijuurestunud mulda ja leitakse selle kuivkaal 100° juures. Selgub, et maapinnas veel on kaunis suur protsent vett, ehk küll taim sellest oma piiratud auramist ei suutnud katta.

§ 25. Sisemised protsessid auramisel.

Kui ühest välisõhuga piirduvast õhukeseseinalisest parenhüümrakust (õhulõhes) vesi ära aurab, siis muutub selle sisu naaberraku sisust kontsentreeritumaks; vesi peab järjekult naaberrakust esimesse siirduma. Kui meie selle protsessi ka kolmandale, neljandale rakule üle kanname, siis tekib nii veevool aurava lehe pinna sihis, mille tugevus oleneb auramisest ja rakkudes olevate soolade vee-külgetõmbejõust. Protsess sünnib säärasel kujul arvatavasti ainult niisugustes taimedes, milles puurakkudega ja soontega varustatud juhtkimbud puuduvad [alamad eostaimed, lihtsad veetaimed, nagu lemled (*Lemna*)]. Teissugune on aga see protsess seal, kus puurakud ja sooned, mis teatavasti kõige elavama auramise ajal on õhuga täidetud (v. 33. ja 34. katse), juurtest vee lehtedesse juhtimise oma peale võtavad. Siin ei või diffusioonist rakust rakku — vähemalt õhku edasiviivates rakkudes — juttugi olla. Niisama võimatu on, et vesi piki seinu libiseb, nagu seda Quincke arvas, sest et puuosa urbed (poorid), nagu põhjalikul uurimisel selgunud, on kinnised ja okaspuud ainult niisuguseid omavad, mitte aga sooni; isegi soonte pikkus on alati piiratud. Vesi peab järjekult juhtrakkude seintes piki juhtrakkusid jooksma (vrld.: Sachs, Pflanzenphysiolog. Vorlesungen, 304. lhk.)¹⁾.

1) Sachs'i teooria vee liikumise üle mitte juhtrakkude õõnes, aga nende kestade paksuses, on praegu täiesti kõrvale jäetud, sest et ta kriitikat välja ei kannata. Dots. A. A. Richter'i tähendus venekeelses tõlkes.

Sachs arvab, et toitesoolasid sisaldav veevool jookseb elavalt aurava taime kõigis rakuseintes. See voolab juurtest lehtedeni ja annab teel vett ja soolasid rakkudele, mis neid tarvitavad. Taime puurakkude tarvilikkus kiireks vee juhtimiseks järgneb juba sellest, et soonkimbud on lahutatud kuni lehetippudeni, ja mida



32. joon. Puitunud, vett läbilaskvad spiraalsooned koldrohu (*Anthyllis vulneraria*) leherootsus. Nendega piirdunud ruum on täitunud auramis-assimileerimiskoega (Sachs'i järele).

suuremad nõudmised juhtimisvõimel täita, seda hoolsamini on see lahutus läbi viidud. Tee juhtkimpude lõpust kuni aurava lehepinnani on kõrgematel taimedel alati väga lühike (v. 32. joon.). Kuivõrd suure kiirusega soolad taimest läbi tõttavad, näitas Sachs järgmise õpetliku katsega.

40. katse. Soolade lehtedesse juhtimise kiirus. Potis kasvatatud taim kastetakse 1—2% lise lämmastikhapu

liitiumi lahundiga. Kui leheosasid kahe tunni pärast Bunsen'i leegis põletada, võib lehtedes spektroskoobiga liitiumi leida (intensiivselt punane spektri liin). See katse näitab, et liitium taimes palju kiiremini laiali laguneb, kui see diffusiooniga võiks sündida.

§ 26. Auramise tähendus.

Boussingault'st saadik (1844) otsiti auramise tähendust selles, et ta taimest suure hulga vett läbi viib, kuna vees lahundunud soolad auramisel taimesse jäävad — tarvitamiseks kontsentreeritumal kujul. Selle arvamise kasuks näib kõnelevat asjaolu, et mõnedes taimedes, näit. vesikupus¹⁾, tähele võib panna nende soolade kogunemist, mis maapinna-vees on vaevalt tõestatavad. Kuid ometi tõusevad selle teooria kohta, mis nii vastuvõetav paistab olevat, paljukaaluvad kahtlused.

1. Kui hästi auravat taime auramises järsku takistada, näit. seda klaaskupliga kattes, siis ilmuvad lehtedele varsti veetilgad, nii kui õhtutelgi peale sooja päeva (v. § 22); see tõendab, et taimes on veel teised rõhkjõud olemas, mis toitu edasi toimetavad.

2. Taimed, mis üldse ei aura, nagu veesisesed vetikad, koguvad aineid, mida toitjas vees väga harva leidub (jood). Sellepärast võib oletada, et keedusoola kogunemist vesikupus (29% Kerner'i järele) mitte auramisega ei tule seletada, vaid et see teisel teel sünnib.

41. katse. Joodi tõestus merivetikates. Umbes $1\frac{1}{2}$ sm² suurused merivetikate tükid [laminaariad, adrüd (*Laminaria*, *Fucus*)] põletatakse raudkaasis tuhaks. Tuhk leotatakse sooja veega ja leotis filtreeritakse. Filtraadile lisatakse juurde natuke tärklisekliistrit ja kloori (gaas või kloorvesi). Tähtlis värvub kohe siniseks, mis näitab, et filtraadis on vaba joodi olemas; joodi vabastab juurde-lisatud kloor.

3. Toit, mis taim enesesse võtab, ei ole auramis-

1) Vrd.: Kerner (2. trükk, 1896) I jagu, lhk. 61 ja 63.

hulgaga mitte proportsionaalne, sest et suurem hulk taimi siis paremini kasvab, kui auramine on piiratud, näit. uduse, niiske ilmaga. See on ka arusaadav: vett täis olevatel taimedel on õhulõhed avatud, mis võimaldab elava assimilatsiooni- ja hingamistegevuse. Asjaolu põhjus, et taimed kunstlikult auruga täidetud ruumis mitte hästi ei taha kasvada, peitub arvatavasti selles, et niisugusel korral muu elamiseks tarvilik gaaside vahetus on takistatud.

4. Auramine jõuab tõstejõuna kõige rohkem kümne meetri sügavuseni mõjuda (atmosfäärne rõhumine), kuna toit puudes 50—100 meetri kõrguseni pumbatakse. Järjekult on olemas veel teised jõud, mis auramisele tema tõstmistegevuses vähemalt kaasa aitavad.

§ 27. Teised mahu liigutavad jõud.

Eelmistes paragraafides on kõneldud kahest jõust, mis taimes vedelate ainete liikumisel on tegevad: difusioonist ja auramisest. Niisama on ka sellest kõneldud, et viimane vett ainult 10 meetri kõrguseni jõuab tõsta. Difusioon vastab teoreetiliselt vaadates ka kõige suurematele nõuetele tõstejõu suhtes. Kui näituseks kõrge puu ladvarakus mingisugune aineosa, kas vesi või sool, ära pruugitakse, siis tungib järgmisest madalamal olevast kõrvalrakust viimast sama palju difusiooni tõttu ülemisse raku asemele. Ladvarakus äratarvitatud aineosa ei tõsta, järjekult, samasugust osa mitte sügavalt alt korruga 10, 40 ja rohkem meetri kõrgusse, vaid ainult allpool-olevast kõrvalrakust. Sellepärast on difusiooninähtuses ükskõik, kas taim on 1 sm või 100 meetrit kõrge. Igal rakul on ainult oma kõrvalrakuga tegemist. Sellepärast võiks nõndanimetatud „ronimisteooria“ võimalusega, mis liigutajaks jõuks peab ainult difusiooni, ülemal-õeldu järele küll nõus olla.

Kuid ainult difusiooniga ei saa nii kiiret soolade liikumist seletada, nagu meie seda 40. katses liitiumisoola juures nägime. Sellepärast peame meie teisi liigutajaid jõudusid otsima.

Juurerõhumine, mis diffusioonil põhjened, võiks muidugi, kui ägedat „verejooksu“ viinapuust vaa- delda, rõhkjõuna küsimusse tulla; kuid tema mõjub energiliselt ainult kevadel ja tema mõju ei ulatu nii kõrgele, nagu see suurtel puudel on tarvilik.

Ka juustoru-jõudu ei saa mahlatõusu seletamiseks tarvitada, sellepärast et esiteks okaspuudel puuosas üks- teisega ühenduses olevad torud puuduvad, nagu juba Quincke teooria järele seletatud (§ 25), puurakkudel aga urbed on kinnised, teiseks, et isegi soontega varus- tatud taimedes torud ülevalt ja alt on kinnised, ja kolmandaks, et hõõrumine sünnitaks nii kitsastes torudes kiirele liikumisele liiga suure vastupaneku. Elastiliste soonte seinte rõhumine võib paljudel juhtumistel sisemuse liikumist kiirendada, kuid muidugi ainult siis, kui torud on mahлага täidetud.

42. katse. Rõhumine piimmahla-soontes. Kui piim- mahla sisaldavad taimed — piimalilled (*Euphorbia*), piim- ohakas (*Sonchus*), verehürmarohi (*Chelidonium*) — läbi lõigata, siis tilgub piimmahla ülemisest kui ka alumisest lõikepinnast nii rohkesti, et piimmahla-soonte seintes mehaanilist rõhumist tingimata peab oletama¹⁾ (võrdle §9).

43. katse. Rõhumine kõrvitsa sõelsoontes. Kõrvitsa või mõne teise õige mahlase rohttaime tüvi lõigatakse läbi. Leheliselt reageeruv sõelkimbu sisu ilmub tilkadena lõikepinnale. Tilgad kasvavad umbes herne suuruseks ja tarduvad siis. Need kaunis suured limamassid ei või mitte ainult juhtumisi läbilõigatud sõelsoonte osades sisalduda, vaid nad peavad olema suuremast kaugusest välja pressitud²⁾.

§ 28. Mahlade liikumisteed.

Eespool-õeldust selgub, et taimes tegutsevad mahlade liigutajad jõud on võrdlemisi tundmatud. Mahlade liiku-

1) Sachs, Pflanzenphysiolog. Vorl., lhk. 436.

2) Sealsamas, lhk. 435.

misteed sellevastu tuntakse paremini. On olemas kaks voolu. Juurtest imetud anorgaanilised toiduained tuleb kohtadesse toimetada, kus nad anorgaaniliseks ühenduseks ümber muudetakse, s. o. lehtedesse, nagu allpool (v. assimilatsioon) selgitatakse. Siin valmistatud, koha peal mitte äraprugitavad ühendused leiavad tarvitamist teistes kohtades, nimelt juures ja tüves, ning peavad järjekult sinna juhitama. On olemas harilikult üks juurtest lehtedeni liikuv tõusev vool ja vastuoksa, lehtedest läbi okste ja tüve juurteni liikuv langev vool. Esimene sisaldab toore, anorgaanilise, mullast võetud toitvedeliku, teine — lehtedes õhu ja päikese kaasabil sündinud orgaaniliste ühenduste lahundid. Järgmisena, peale liigutavate jõudude küsimuse, mis eelmistes paragraafides selgitatud, on nüüd tarvis otsustada, missugustes taimeosades mõlemad voolud liiguvad.



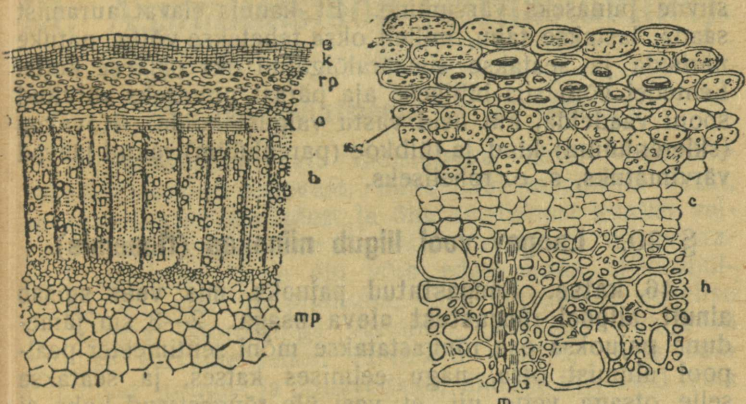
33. joon. Üleaastane rõngastatud leedripuu (*Sambucus nigra*) võsu, demonstreerimiseks, et ülestõusev vool käib puuosa kaudu. Ülemine tüveosa on kasvanud jämedamaks kui alumine, — tõestus seks, et alanev vool, kandes algaineid, ei võinud alumise osani tungida.

§ 29. Tõusev vool liigub puuosas (ksüleemis).

Tõusev vool sünnib puuosas, sest kui sündsatekt katseobjektidelt, nimelt

niisugustelt, millel puuosa ja niinosa (floeemi) järsk mehaaniline lahutamine võimalik, tüve rõngastamisega pealtpoolt juure kaela koor ja niinosa eemaldada, siis ei sünni taime üldedenemises pikema aja jooksul olulist muutust (Stephan Hales, 1727).

44. katse. Rõngastuskatse Hales'i järele (33., 34., 35. joon.). Suures potis kasvatatud pajul, või kui



34. joon. Rist-läbilõige üheaastasest leedripuu oksast, vähe suurendatud (umbes 15 korda): *e* — marrasknahk, *k* — kork, *rp* — koore parenhüüm, osalt ka kollenhüüm, *c* — kambium, *h* — puuosa, *mp* — säsi parenhüüm.

35. joon. Osa leedripuu tüve rist-läbilõikest; kambium tema vastu puutuva koore ja säsi osadega; *rp* — koore parenhüüm, *sc* — sklerenhüüm, *c* — kambium, *h* — puuosa, *m* — säsi kiir. Suurendatud 120 korda.

taimi vabas looduses saadaval, siis mingisugusel puutaimel, näit. lodjapuul (*Sambucus*), katkestatakse ühendus tüve- ja juurefloeemi vahel sel viisil, et eemaldatakse noaga tüvelt pealpool mulda mõne sentimeetri laiusel vööri koor ja floeem puuni. Et puu vigastamise eest hoolega tuleb hoida, siis peab koorekihi ettevaatlikult maha võtma. Taime hea tervis näitab kauema aja järele alles siis muutusi, kui juuresüsteem langeva voolu katkestamise tagajärjel puuduliku toitmise all hakkab

kannatama. Otstarbekohane on selle katse juures koorest paljastatud vöö veekindla kuuuga, näit. kummiga või loomapõiega katta.

45. katse. Tõestus, et veevool ainult soontes ja traheiidides jookseb. Kui äralõigatud oks § 15 antud näpunäiteid tähele pannes seatakse tumepunasesse eosiinilahundisse, siis näitab veevoolu teed soonkimpude intensiivne punaseks värvumine. Et kaunis elavat auramist saada, lastakse taim, millelt oksa tahetakse võtta, natuke närtsida ja seatakse siis äralõigatud oks päikese kätte. Lehtedel võib siis lühikese aja pärast punaseks värvitud sooni vaadelda, kui neid vastu valgust hoida. Kõvakoe (sklerenhüüm) kiud ja tülbkoe (parenhüüm) rakud jäävad värvimatuks, s. o. roheliseks.

§ 30. Langev vool liigub niinosas (floemis).

46. katse. Rõngastatud pajuoks, mis vees seisab ainult allpool rõngastust oleva osaga. 2—3 sm jämedune pajuoksa osa rõngastatakse mõni sentimeeter pealpool alumist otsa, nagu eelmises katses, ja seatakse selle otsaga vette nii, et vesi üle rõngastatud koha ei küüni. Oks arendab osalt oma pungad, kuid juuri ei aja üldse mitte, ehk siis kaunis vähe ja ainult niipalju, kui seda rõngastamisest allpool floemis sisalduv ehitusaine lubab.

47. katse. Rõngastatud pajuoks, mis vees seisab üle rõngastusekoha. Eelmise katse järele käsitatud pajuoks seatakse nii vette, et vesi rõngastatud koha täiesti katab. Nüüd arenevad normaalselt mitte ainult pungad, vaid oksa alumisel otsal ka juurenarmad, kuid ainult pealpool rõngastusekohta olevas oksa selles osas, mis veega kaetud. Viimane asjaolu on tõenduseks, et lehtedes valmistatud orgaanilistel ehitusainetel küll võimalik on sinna tungida, mitte aga enam allpool rõngastusekohta olevasse oksa osasse.

III. Assimilatsioon (sarnastumine).

§ 31. Assimilatsiooni olu ja tähtsus.

Assimilatsiooni all mõistetakse ainult klorofüllkehadele omast tegevust, mille läbi maapinna veest, anorgaanilistest sooladest ja õhu süsihapust gaasist valguse mõjul orgaaniline ühendus valmistub, mis vastavate muutuste järele elu võib edasi hoida. Klorofüllkehad on elav protoplasma, mis omapärase rohelise värvainega, klorofülliga värvitud. Mõnikord varjavad rohelise värvaine teised värvained niivõrd, et ta näib puuduvat (pruun- ja punavetikad, diatomeed), kuid tema mõju see ei takista.

Assimilatsioon on, keemiliselt seisukohalt vaadates, reduktsiooniprotsess, mis selles seisab, et süsihapust gaasist hapnikuvaesemad süsinikuühendused sünnivad ja ülearune hapnik lahkub. Sellepärast on harilikult võimalik assimilatsiooni energia üle otsustada tarvitatud süsihappu gaasi ja eritatud hapniku kindlakstegemisega.

Ükski orgaaniline olevus ei ole mõeldav ilma assimilatsioonita, järjelikult ilma selle sünnitajate jõududeta, milleks on elus protoplasma, klorofüll, valgus, süsihappu gaas ja vesi; kui organismid ise protsessi ei saa ette võtta, siis surevad nad omale orgaanilist ainet assimilatsioonivõimeliste klasside esindajate söömisega või väljajätmisega. Niisugused organismid on osalt söödiktaimed (näit. seened), osalt kaudsed või otsekohesed taimesööjad (taimesööjad loomad ja röövlloomad).

§ 32. Valguse mõju raskuse suurenemise peale.

Assimilatsioonile on tarvilik, et taime peale valgus mõjuks. Valguse käes suureneb taimede raskus, kuna see samadel taimedel väheneb, kui neid pimedas kultiveerida (v. hingamine).

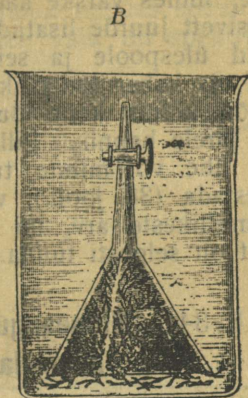
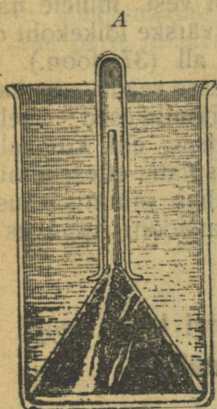
48. katse. Normaalselt ja pimeduses kasvanud maisi-idandite raskuse võrdlemine. Mõned maisiterad kaalutakse ja lastakse värskes saepurus idaneda. Peale seda kultiveeritakse neid toidulahundis, nagu 1. katses, kuid nii, et ühed pappkastiga kaetult alalises pimeduses viibiksid, teised normaalseil valgustustingimusil kasvaksid. Nelja kuni viie nädala pärast võetakse katsetaimed anumast, kuivatatakse ühesuguseil tingimusil õhus ja kaalutakse. Selgub, et pimeduses hoitud eksemplaride raskus on vähenenud, valguses olnute raskus suurenenud. Neeldunud tuhaosised võivad katse lühikese kestuseaja pärast arvesse võtmata jääda.

§ 33. Valguse mõju hapniku erituse peale.

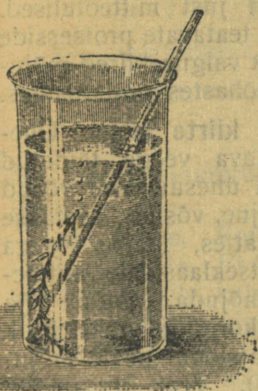
Valguse mõjul eritavad rohelised taimeosad hapnikku. Mida intensiivsem valgus, seda elavam on eritus (J a n I n g e n h o u s z, 1779).

49. katse. Vesikatku (*Elodea*) võsude hapniku eritus valguses. Kaunis suur klaaslehter täidetakse 8—10 sm pikkuste vesikatku võsudega ja pannakse lehter ümberpöörduvalt laia, värske kaevuveega täidetud anumasse. Lehtri ülemisele avausele, millest veepind üle peab ulatuma, seatakse veega täidetud katseklaas (36. joon A). Otsekohesel päikese valgusel võib varsti gaasi kogunemist ülemisse katseklaasi osasse tähele panna. Hõõguva piiru abil võib kergesti tõestada, et katseklaasi korjuv gaas on hapnik. Selleks katseks võib ka kraaniga varustatud klaasletrit tarvitada (K i e n i t z - G e r l o f f ' i järele; 36. joon B). Kui ülemisse lehtri osasse gaasi juba suurem hulk on korjunud, juhatakse see kraani avamisega otsekohe hõõguvale piirule.

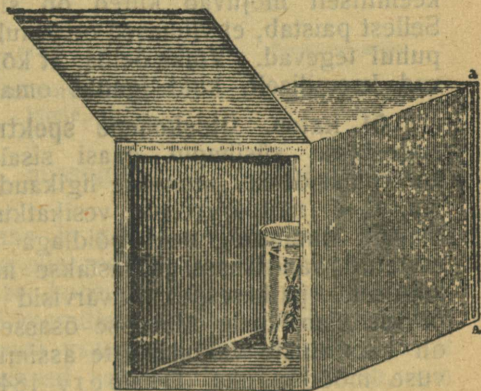
50. katse. Nõrgema ja tugevama valguse mõju vesikatku varrest eritatud gaasimullikeste peale.



36 A ja 36 B — nõud hapniku kogumiseks, mis vesikatku lehtedest välja eritunud (A — Detmer'i j., B — Kienitz-Gerloff'i järele).



37. joon. Valguse mõju hapniku eritumise peale vesikatku võsust.



38. joon. Seest tume pappkast, millesse (a a) pannakse tuhm klaas, et nõrgestada taimel langevat valgust.

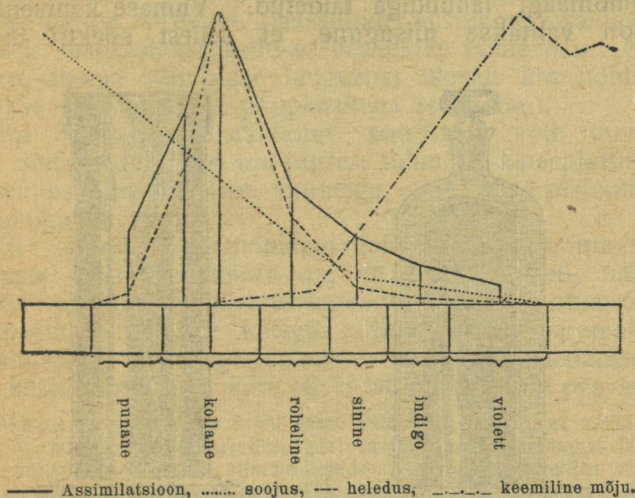
Umbes 8 sm pikkune vesikatku võsu seotakse ladvaga klaaskepi või tükikese tina külge ja asetatakse nii anumasse, milles värske kaevuvesi või vesi, millele natuke seltersivett juurde lisatud, et võsu värske lõikekoht oleks sihitud ülespoole ja seisaks vee all (37. joon.). Kui anum otsekohesesse päikesevalgusesse seada, siis hakkavad lõikekohast kohe tõusma gaasimullikesed — eelmise katse järele hapnik. Pillatud valguses, ehk kui valguse mõju ühe või mitme tuhmi klaasplati etteseadmisega nõrgestada (38. joon.), väheneb ühes minutis tõusvate gaasimullikeste arv, nii et assimilatsiooni rippuvus valgusest on selgesti tunda.

§ 34. Mitmesuguste spektri kiirte mõju assimilatsiooni peale.

Mitte kõik spektri valgusekiired pole assimilatsioonile tarvilikud. On leitud, et mõjuvad on ainult värvid punasest kuni poole roheliseni, kuna tumedad — sinine, indigo, violett — seda mitte ei ole. Nõndanimetatud keemiliselt mõjuvad kiired on siin just mitteolulised. Sellest paistab, et viimased on ainult teatavate protsesside puhul tegevad. Võiks öelda, et kõik valgusekiired mõjuvad keemiliselt, kuid igaüks omakohastes protsessides.

51. katse. Otsekohene spektri kiirte mõju. Ühesugustesse süsihaput gaasi sisaldava veega täidetud katseklaasidesse pannakse ligikaudu ühesuurused võsud või lehed (näit. kõrreliste, vesikatku jne. võsud), seatakse klaasid kummuli, neid pöidlaga kattes, igaüks veega täidetud vannikesse ja lastakse katseklaasidele mitmesuguseid päikesespektri värvisid mõjuda. Mõne aja pärast klaasikeste ülemisse osasse korjunud gaasi hulk on katsealuste valgusekiirte assimilatsiooni peale mõjuvuse mõõdupuuks (Draper, 1844). Veel lihtsam on 50. katsset mitmesugustes päikesespektri valgusekiirtes teha ja ühes minutis ülestõusvad hapnikumullikesed ära lugeda. Resultaat on palju täpsam ja vastab umbes

39. joonisele. Mitte päris rohelistel taimedel (nagu sini-rohelistel, pruunidel, punastel), peaausjalikult merivetikatel, ei asu maksimaalne assimilatsioon nendes spektri osades, kus päris rohelistel taimedel, vaid on spektri selle



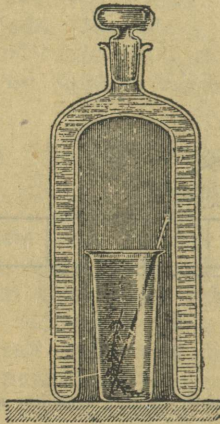
39. joon. Assimilatsiooni suurus mitmesugustes spektri kiirtes (Pfeffer'i järele, 1870).

osa poole nihutatud, missugune värv nende värvile on täiendav.

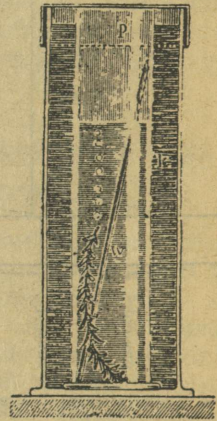
52. katse. Kollase ja sinise valguse mõju assimilatsioonile. Et kaheliskroomhappu kaaliumi ($K_2Cr_2O_7$) veelahundi kiht kohases kontsentratsioonis ehk paksuses kõik nõndanimetatud keemiliselt mõjuvad päikesevalguse kiired absorbeerib, kuna vaseoksuüdammoniaak ¹⁾ ainult sinised ja indigovärvilised valgusekiired läbi laseb, siis

1) Lahund valmistatakse väävelhappu vase veelahundisse ammoniaagi valamiseega, kuni esialgu sündinud sügavsinise värviga sade ära sulab [$Cu(NH_3)_4 \cdot SO_4$].

võib mõlemaid vedelikka otstarbekohaselt selleks tarvitada, et päikesevalguse assimilatsioonitegevust näitlikuks teha. Selleks on kõige parem tarvitada kaht kahekordse seinaga klaaskuplit (40. joon.), millest üks kaheliskroomhapu kaaliumi lahundiga, teine vaseoksidammoniaagi lahundiga täidetud. Viimase kontsentratsioon valitakse niisugune, et sellest spektri mitte-



40. joon. Kahekordse seinaga klaaskuppel mitmesuguste värviliste kiirte mõju uurimiseks assimilatsioonil.



41. joon. Kahekordsete seintega klaaskuppel. *K* — kaheliskroomhapu soola lahund, *W* — vesi, *pp* — papppaas.

soovitava osa kiired läbi ei läheks, mis on võimalik spektroskoobiga kindlaks teha. Kui nüüd vees olev vesikatku-võsu järgemööda esiteks täide päikesevalgusesse, siis kaheliskroomhapust kaaliumist ja viimaks vaseoksidammoniaagist läbi läinud päikesevalgusesse seada, siis selgub, et kahel esimesel juhtumisel on hapniku eritus peaaegu ühesuguselt elav; viimasel juhtumisel puudub eritus täiesti või on tähtsuseta väike.

Kui klaaskuplid puuduvad, võib tarvitada ka kaht klaassilindrit, millest üks on teisest niipalju laiem, et kui väiksem suuremasse mahutada ja korgiga kinnitada, siis mõlemate seinte vahe ruum oleks võimalikult ühesuurune, umbes $1\frac{1}{2}$ —2 sm. Vahe ruum täidetakse vastava lahundiga, sisemine klaassilinder süsihaput sisaldava veega ja mahutatakse sellesse vaadeldav taime võsu. Et päikesevalguse silindrisse langemist ülevalt ära hoida, kaetakse aparaat avara pappkaanega (41. joon.).

Ka 38. joonisel näidatud pappkasti võib tarvitada, seda varustades *aa* juures tuhmide klaasplattide asemel paralleelseinalise anumaga, mis absorptsiooni-vedelikuga täidetud.

Et vaseoksiüdammoniaagi lahundi kiht nõutavas paksuses nii läbipaistmatu on, et mõned katsed, näit. ülestõusvate gaasimullikeste lugemine, hästi ei õnnestu, siis peetakse säärase katsete korraldamiseks paremaks segasiniseid¹⁾ klaaskupleid, mis on küll palju heledamad, kuid kollakaspunaseid kiiri siiski tarvilikult kinni peavad.

Märkus. Siin võiks mõni vastu vaielda ja ütelda, et mõõduandev on ainult valguse heledus, sest vaseoksiüdammoniaagist läbi läinud valgus paistab meie silmale heleda spektriosaga võrreldes väga tume olevat. Selle arvamise ümberlukkamiseks on ainult tarvis mõlemad valguseliike fotograafilisele paberile mõjuda lasta; spektri tume osa võib seesugusel juhtumisel väga hästi keemiliselt mõjuda ja ei ole lihtsa päikesevalguse tumenemisega mitte samatähendav (võrreldagu mõlemate valguseliikide mõju taimeosade sihi peale heliotropismi osas).

§ 35. Klorofüllil tarvilikkus assimilatsioonile.

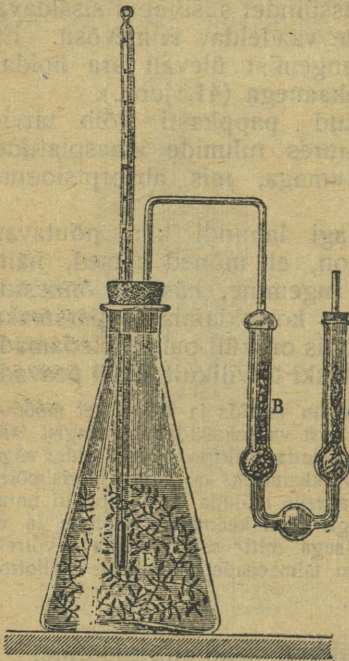
Klorofüll on assimilatsioonile tarvilik. Etioleerunud ehk putkastunud võsud ei assimileeru.

53. katse. Etioleerunud võsud ei assimileeru. 49. katse korraldatakse valkjate, pimedas kasvanud võsudega. Hapnik ilmub alles siis, kui lehtedes on tekkinud valguse mõjul klorofüll.

1) Valmistanud Schott ja Genossen, Jeena.

§ 36. Süsihapi gaasi tarvilikkus assimilatsioonile.

Et atmosfääri süsihapi gaas õhulõhede kaudu taime sisemusse tungib, valguse mõjul lahutatakse ja edaspidi



42. joon. Aparaat hapniku eritumise katkestuse demonstreerimiseks õhus, milles ei ole süsihapi (Detmer'i järele). *E* — vesikatku võsud, *B* — pimstein, mis kaalilehelisega läbi immutatud; *K* — kaalilehelise tükid.

orgaaniliste ühenduste aluseks saab, siis on süsihapi gaasi olemasolu taimede ümbruses tingimata tarvilik. Vee all olevad taimed katavad oma süsihapi gaasi tarbe sellest õhust, mille vesi absorbeerib. Vesi sisaldab katseliselt õhu koosseisu osad teises määras kui atmosfäär, sest et õhk pole keemiline ühendus, vaid on gaaside segu, mille suhtes vee absorptsioonijõud väga mitmesugune. Hapnikku ja süsihaput gaasi absorbeerib ta rohkem kui lämmastikku.

Süsihaput gaasi ei saa taim juurte kaudu sugugi või saab teda mitte küllaldasel määral, kuna juured küll süsihaput gaasi eritavad (11. ja 12. katse).

54. katse. Hapniku eraldumise rippuvus sisesevõetud süsihapi gaasi hulgast. a) Katsutakse kõige pealt lubjavee abil,

kas värskes kaevuvees ja destilleeritud vees süsihaput gaasi olemas. Esimene läheb segaseks sadenevast süsi-

hapust lubjast, teine jääb selgeks. Siis mahutatakse vesikatku võsu kordamisi, nagu 50. katses, esiteks värskesse kaevuvette, siis destilleeritud vette ja lõpuks kaevuvette, millele natuke lubjavett juurde on lisatud. Esimesel juhtumisel tõuseb palju, teisel vähe hapnikumullikesi üles, kolmandal mitte sugugi. Katset vaadeldakse pillatud päevavalguses.

b) (42. joon.) Kolm neljandikku pooleliitrisest klaaskolbist täidetakse kaevuveega ja kaunis suure hulga vesikatku oksakestega. Kolbi suu suletakse kummkorgiga, millest klaastoru läbi juhitakse ja teise otsaga *U*-taolise toruga ühendusse seatakse. Viimane sisaldab osalt pimsteinitükikesi, mis kontsentreeritud kaalilehelisega (söötkaaliumiga) läbi immutatud, osalt kõvu kaalilehelise tükikesi. Et teine *U*-taolise toru avaus lahtine, võib õhk kolbi pääseda, kuid *U*-torust läbiminekul vabaneb see täiesti süsihapust gaasist. Kui aparaat päikesevalgusesse seada, tõusevad temas esialgu mullikesed elavalt üles kaevuvees sisalduva süsihapu gaasi kulul; pikkamisi jääb mullikeste eraldumine vähemaks ja lõpeb viimaks täiesti.

§ 37. Tärklis assimilatsiooni produktina.

Esimene kohe tähelepanдав assimilatsiooni produkt on tärklis, mis pikemat aega valguses olnud taimede klorofüllkehades sisaldub väikeste terakeste kujul või mis sünnib tärklisetühjades klorofüllkehades peale valgustamist. Valguse mõjul tekkinud tärklisterad kaovad pimeduses klorofüllkehadest (v. ainete vahetus), miks tärklise olemasolu tõendamiseks taimi või taime osasid peab tarvitama, mis enne seda kauemat aega, vähemalt mitu tundi, otsekoheses päikesevalguses on seisnud.

55. katse. Makrokeemiline tärklise tõestus. Mungalille (*Tropaeolum*), türgi oa (*Phaseolus*), kartuli (*Solanum*) jne. taimede lehti keedetakse mõned minutid vees, et neis olevad tärklisterakesed sulatada ja protoplasma surmata. Peale selle mahutatakse lehed kõvasse, 60° soen-

datud alkoholi, mis mõne minuti jooksul klorofüll-värvaine sulatab. Nüüd seatakse lehed $\frac{1}{2}$ kuni mitmeks tunniks lahjendatud alkoholi joodilahundisse. Lehed on peale seda mustsinised, välja arvatud lehesoonestik, mis värvituks jääb.

56. katse. Mikrokeemiline tärklise tõestus. Spirogüüri niidikestelt või helliksambla (*Funaria*) tervetelt lehekestelt eemaldatakse värv alkoholiga ja mahutatakse nad objektklaasile tilga kloraalhüdraadi lahundisse (5 osa kloraalhüdraati¹⁾ 2 osa vee peale). Sellele lisatakse vähe joodjoodkaaliumi lahundit juurde ja vaadeldakse preparaati mikroskoobi all. Iseenesest mõista, võib ka suurema taime lehest ristlõigu teha ja seda niisama käsitada.

57. katse. Tärklisterade tekkimine klorofüllterades. Samblavarred, spirogüüri niidikesed ja merivetikad (*Valoniopsis*), mida katkilõikamatult võimalik mikroskoobiliselt vaadelda, seatakse mitmeks tunniks pimedasse. Peale selle, kui klorofüllterad on muutunud homogeenseks ja läbipaistvaks, mahutatakse samad taimeosad päikesevalgusesse; klorofüllterades sünnivad pikkamööda terakesed, mida joodireaktsiooniga tärklisena võib ära tunda.

§ 38. Glükoos assimilatsiooni produktina.

Arvatavasti valmistub assimilatsiooni puhul kõige enne glükoos ($C_6H_{12}O_6$), mille suurem hulk taimi kohe tärkliseks ümber muudab. Taimed, mille täiskasvanud lehtedest ka headel valgustustingimustel vähe või mitte sugugi tärklist leitakse, sisaldavad seda rohkem glükoosi, mida väiksem nendes olev tärklise hulk. Ka kunstlikult lehtedesse viidud glükoosi muudavad lehed tärkliseks. Sellel muutusel pole valgus tarvilik.

58. katse. Lehtedes sisalduv tärklise hulk mitmesugustel taimeliikidel. Ühesugustes valgustustingimustes

1) Kloraalhüdraat = triklooretüliidglükool = $\begin{array}{c} CCl_3 \\ | \\ CH < \begin{array}{l} OH \\ OH \end{array} \end{array}$

kasvanud türgi oa (*Phaseolus*), päevalille (*Helianthus*) ja sibulate (*Allium*) täiskasvanud lehed käsitatakse 55. ja 56. katses kirjeldatud meetodi järele neis sisalduva tärklise hulga kindlakstegemiseks. Selgub, et türgi oal rikkalikult, päevalillel vähe tärklis on, kuna sibulad üldse tärklis ei sisalda.

59. katse. Päevalille (*Helianthus*) ja sibulate (*Allium*) lehtedes sisalduva glükoosi hulga määramine. Päevalillelt ja sibulalt korjatakse soojal õhtupoolikul suurem hulk lehti ja pressitakse nendest käsipressiga jämeda lõuendi vahel mahl välja. Mahl keedetakse, filtreeritakse ja titreeritakse Fehlingi lahundiga, et mahlas sisalduvat glükoosi hulka kindlaks teha. Päevalilles on vähe, sibulas kaunis rohkesti glükoosi.

Märkus. Fehlingi lahund on 34,6 g vaskvitrioli, 173 g seignettsoola (viinhapu *Na-K*) ja 60 g naatriumilehelise lahund 1000 sm^3 vees. Et see kergesti laguneb, on alalhoidmiseks paremad kaks lahundit, millest üks koos seisab 34,6 g vaskvitriolist 500 g vees ja teine 173 g seignettsoolast ning 60 g naatriumilehelisest, niisama 500 g veest. Mõlemad lahundid segatakse enne tarvitamist võrdselt. 5 mg dekstroosi vastab 1 sm^3 Fehlingi lahundile.

Käesoleva katse puhul talitatakse järgmiselt: 10 sm^3 Fehlingi lahundit (5 sm^3 sinist vaselahundit ja 5 sm^3 valget leheliselahundit), segatud 30 sm^3 veega, soendatakse kuni keemiseni portselankausikeses; siis lisatakse keevale vedelikule niipalju suhkrulahundit juurde, et sinine värv keetmisel kahe minuti jooksul ära kaoks.

Märkus. Richter (Org. keemia, 10. trükk) annab Fehlingi lahundi valmistamiseks järgmise juhutuse: 34,64 g ümberkristallitud vasesulfaati sulatatakse vees, lisatakse juurde 200 g seignettsoola ($\text{C}_4\text{H}_4\text{KNaO}_6 + 4\text{H}_2\text{O}$), 600 sm^3 1,12 erikaalulist naatriumilehelist ja lahjendatakse veega kuni 1 liitrini. Selle lahundi 10 sm^3 vastab 0,05 g heksoosile (viinamarja-suhkur, puuvilja-suhkur, galaktoos).

60. katse. Äralõigatud lehtedesse kunstlikult viidud suhkru muutmine tärkliseks. Tubaka lehed (pottides kasvatatud), mis kaks päeva pimedas on hoitud, või sinepi idandid, mis katseni pimedas on kasvanud, seatakse alumise pinnaga 10⁰/₀, keetmisega steriliseeritud ja

uuesti külmaks läinud pilliroo- või viinamarja-suhkru lahundile. Tubaka lehed lõigatakse selle katse tarvis tükkideks. Et suhkur paremini lehtedesse pääseks, tehakse nendesse väikesed lõiked. Lehed sisaldavad kolmepäevase pimedas seismise järele rikkalikult tärklisist, mis on ühtlasi tõenduseks, et ühe süsivee teiseks muutmiseks valgust tarvis pole.

IV. Hingamine ja ainete vahetus.

§ 39. Hingamine.

Taimekehas vähenevad, nagu loomagi kehas, alaliselt ained, mida teatud silmapilgul kõige rohkem on kogunenud. Nende põlemise tagajärjel õhu hapniku mõjul areneb soojus ja vabaneb ühes sellega elus jõud, mis tarvilik organismi arenemiseks. Seda protsessi, mis seisab õhu sissevõtmises, süsiniku-ühenduste põlemises ja põlemisprodukti — CO_2 — eritamises, kutsutakse hingamiseks. Taimedel on see alaline, loomadel, vähemalt kõrgematel loomadel, rütmiline. Hingamine ja assimilatsioon on lõpp-produkti suhtes vastupidised protsessid, esimene hapendamise (oksüdatsiooni), teine taandamise (reduktsiooni) protsess. Assimilatsiooni läbi võidetud aine vähendatakse alaliselt hingamisega; taim kasvab ainult assimilatsiooni ülekaalu puhul, mõlema protsessi tasakaalul ei vähene ega ka suurene taime raskus, kuna ta aga ülekaalus oleval hingamisel väheneb. Rohelistes taimeosades katab valguse käes assimilatsioon hingamisprotsessi sel viisil, et rakuvahelistesse ruumidesse väljahingatud süsihappu gaas kohe ära tarvitatakse orgaaniliste ainete ehitamiseks.

Kuna loomadel gaaside vahetamiseks on enamasti iseäralised orgaanid — kuigi siin ka naha- ja sooltehingamine kõrval käib — hingavad taimed terve oma välispinnaga, mis järjekult õhuga kokkupuutumises peab olema (maapinna tuulutamise tähtsus juurtele!).

Nagu loomadel (talverahu, putukate tõugud, munad), nii on ka taimedel vahest hingamise tarvidus väga kahanenud, näit. seemnetel ja eostel, kui nad ei idane, niisama talve ajal juurtel ja mugulatel. Kuid täiesti seismas ei ole hingamine kunagi (Van-Tighem'i katsed seemnetega), asjaolu, mis seletab põhjuse, miks nende taimede eluvõime on väga piiratud, mis palju vett kaotanud („muumia nisu“ idanemise võimatus!)

Hingamiseks tarvisminev hapnik võetakse esialgu taime kehast enesest — intramolekulaarne hingamine; sellest tekkinud hapniku puudus kaetakse normaaltingimustes hapniku juurdetulekuga väljastpoolt. See asjaolu seletab põhjuse, mis pärast loomad (näit. konnad Pflüger'i järele) ja taimed (Pfeffer'i järele) lühikest aega võivad hapnikuvabas õhus hingata ja süsihaput gaasi eraldada. Intramolekulaarne hingamine on üleminekuks mõnede tähelepanemiseväärte kõrvalekaldumistele muidu üldiselt maksvast hingamise meetodist.

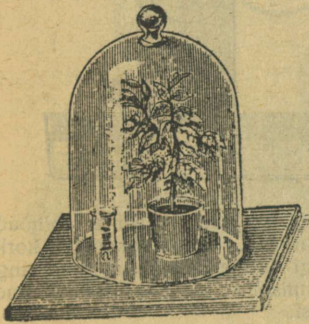
Soojust, eluenergia allikat, võib kestvalt ka teisel teel sünnitada. Pärmiseened (v. 7. katse) võtavad hingamiseks tarvismineva hapniku enese keha hapniku-ühendustest, Pasteuri „anaeroobid-bakterid“ enese keha või oma ümbruse hapniku-ühendustest; vävlibakterid saavad hapniku atmosfäärist, ei tarvita aga seda mitte süsiniku-ühenduste, vaid oma ümbruse väävelvesiniku oksüdeerimiseks. Kõigil juhtumistel sünnib soojus, mis järjekult on hingamise peatstarve.

Kõige tähtsamaid hingamise momente, nimelt hapniku võtmist, süsihapi gaasi eraldumist ja soojuse tekkimist võib tõestada ka taimede juures lihtsate abinõudega, kui kohased objektid valida.

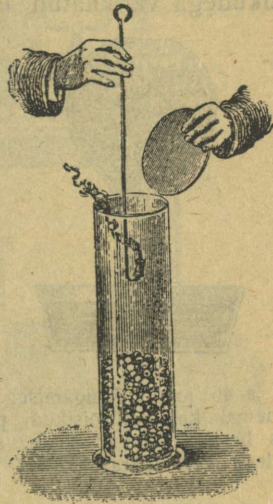
§ 40. Hapniku tarvitamise ja süsihapi gaasi eraldamise tõestus hingamise juures.

61. katse. Süsihapi gaasi eraldamise tõestus lehis oleva taimega. Alt lihvitud klaaskupli alla, mis seisab

niisama lihvitud klaasplatil, seatakse potis kasvanud hästi lehis olev taim ja nõu lubja- ehk veel parem barüüdiveega ning mahutatakse aparaat pimedasse (43. joon.). Lühikese aja pärast võib lubja- või barüüdi-veel süsihapu soola korda näha ja kui katset lasta kaue-
mini kesta, muutub kõik lubi (või barüüt) süsihapuks ühenduseks. Kontrollkatsena seatakse samasugune aparaat ilma taimeta esimese kõrvale. Lubja- (või barüüdi-)vesi muutub ainult natuke segaseks.



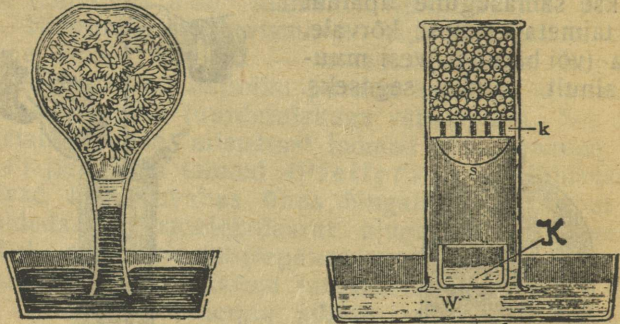
43. joon. Hingamisel süsihapu tekkimise tõestamine. Barüüdivesi (a-s) muutub segaseks.



44. joon. Idanevate herneste süsihapu eraldamise tõestus. Nõusse lastud küünal kustub.

62. katse. Idanevad herned eraldavad süsihaput gaasi. Liitrisest klaassilindrist täidetakse üks kolmandik hernestega, mis umbes päeva vees ligunud, ja kaetakse siis silindri avaus. 12—24 tunni järele pistetakse silindrisse hõõguv piirg, mis kustub (44. joon.). Mahutatakse silindrisse anum lubja- ehk barüüdiveega, siis muutub lubi süsihapuks ühenduseks. Esimene asjaolu tõendab, et silindris pole hapnikku, teine, et herned eraldavad süsihaput gaasi. Herneste asemel võib ka noori korv-
õieliste päid või noori kübarseeni tarvitada.

64. katse. Hingavad taimed tarvitavad hapnikku (45. ja 46. joon.). Et hapniku tarvitamist näidata, lastakse süsihappu gaas absorbeeruda läbi kaalilehelise, milleks 45. joon. kujutatud aparati tarvitatakse, või mahutatakse kolmandikuni hernestega täidetud klaas-silinder ümberpöörduvalt vette, nagu 62. katses (46. joon.). Aukudega varustatud laia korgiga takistatakse herneste

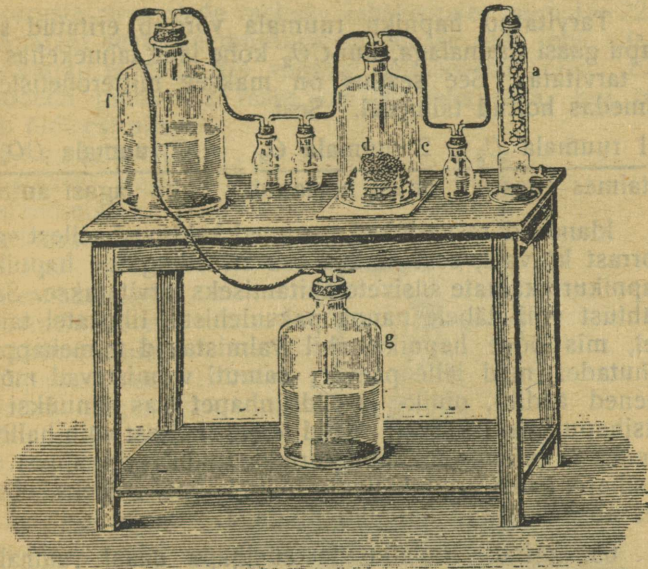


45. ja 46. joon. Hingamisel tarvitatava hapniku tõestamise abinõud. Pahemal kummeli õisikud, paremal herned. *k* — aukudega kork, mis herneid üleval hoiab, *s* — korgi külge kinnitatud traatsang, millega kork pärast katset välja tõmmatakse. *K* — kaalileheline, *W* — vesi.

allalangemist; väike ujuv kausike, milles kaalileheline, absorbeerib süsihappu gaasi.

64. katse. Väljahingatud süsihappu gaasi kvantitatiivne määramine (47. joon.). Läbi pudeli, milles laiasilmise võrkriidega kaetud kristallumiskaasile paigutatud idanevad seemned (herned, nisud), arenemisel olevad pungad või õite nutid (näit. kummelid), juhitakse süsihapest vaba õhu vool, mis peale seda läbi lubja- ehk barüüdiveega täidetud pudeli läheb, kus kõik õhule uuesti juurde segatud süsihappu gaas kinni peetakse. Silinder *a-s* asetsevad kaalilehelisega immutatud pimsteinitükid, *b-s* leidub lubjavesi, mis neelab viimase õhku jäänud süsihappu gaasi, *c-s*, õhutihedalt klaasplatile seatud klaas-

kupli all, on idanevad taimeseemned või puhkevad pungad *d*, *ee*-s jälle lubjavesi, absorbeerides taimest eri-



47. joon. Süsihappu määramise aparaat. *a*-s pimsteinitükid, immutatud kaalilehelisega, *b*-s ja *ee*-s lubjavesi, *c* — klaaskuppel, *d* — seemned või pungad, *f* ja *g* — aspiraatorid (S a c h s' i järele).

tatud süsihaput gaasi; *f* ja *g* on aspiraatorid, mis õhu-
voolu läbi terve aparadi imevad.

Märkus. Hingamisega eritatud süsihappu gaasi hulk, s. o. hingamise intensiivsus, oleneb, nagu iga protoplasma tegevus, temperatuurist. Teatud hulk idanevaid nisuteri hingas ühe tunni jooksul välja:

5 ^o	soojuses	3,30 mg	CO ₂
10 ^o	"	5,28	"
25 ^o	"	17,82	"
35 ^o	"	28,38	"
40 ^o	"	37,60	"

Veel kõrgemas temperatuuris nõrgenes hingamine jälle.

§ 41. Ruumala suhe hapniku ja süsihapu gaasi vahel.

Tarvitatud hapniku ruumala võrdub eritatud süsihapu gaasi ruumalaga, kui CO_2 kohe jälle taimekehas ära ei tarvitata. See seadus on maksev mitterohelistel ja pimedas hoitud taimedel. Sest

$$\frac{1 \text{ ruumala } C_2}{\text{taimes eneses}} + \frac{2 \text{ ruumala } O_2}{\text{õhust neelatud}} = \frac{2 \text{ ruumala } CO_2}{\text{õhku tagasi antud.}}$$

Idanevad rasvarikkad seemned kalduvad sellest vahekorra kōrvale, sest et üks osa sissehingatud hapnikust hapnikurikkamate süsivete ehitamiseks tarvitatakse. Sama nähtust võib tähele panna paksulehistel lihakatel taimedel, mis ööse hapniku abil valmistavad taimehappeid, lahutades neid jälle päeval; samuti valmistavad mõned seemned äädik-, oblik- ja sidrunhapet kas ainuüksi või süsihapu gaasi kōrval. Kuid teisest küljest võib hallitusseenes (*Penicillium*) hapnikurikka toidu (veinhappe) õlul süsihapu gaasi produktsiooni tõsta kolmekordseks, võrreldes absorbeeritud hapniku hulga.

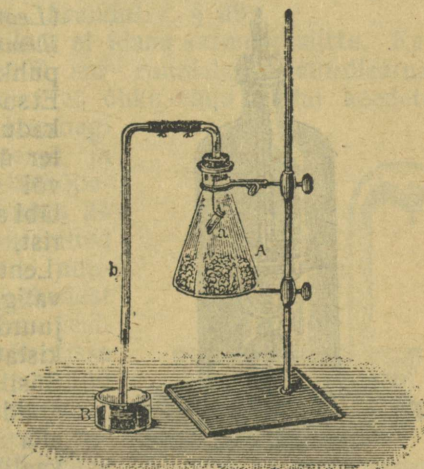
65. katse. Hapniku ja süsihapu gaasi ruumalade võrdlemine. Klaaskolbi mahutatakse idanevaid herneid ja kaetakse suu hästi paraja korgiga, millest läbi juhitakse kahekordselt täisnurkseks painutatud ja vaba otsaga elavhõbeda-anumasse mahutatud klaastoru (48. joon.). Peale selle on kolbis korgi külge kinnitatult väike anum kaalilehelisega, mille raskus ühes sisuga enne karvapealt kindlaks tehtud. Et idanevad taimed saadaval oleva hapniku ära tarvitavad, väheneb kolbis oleva õhu ruumala, mida tõendab elavhõbeda-samba tõusmine klaastorusse, kuna sellega ühel ajal kaalilehelise raskus anumakeses suureneb, mida kaalumisel võib kindlaks teha. *A*-s asetsevad idanevad herned, *a*-s kontsentreeritud kaalileheline, *B*-s elavhõbe. Kui toru *b* on kalibreeritud, võib ruumala vähenemisest *b*-s ja kaalilehelise raskuse suurenemisest *a*-s ülemaltoodud võrdluse tõelikkust kont-

rollida. Tarvitatud hapniku raskus (arvatakse välja tarvitatud kantsentimeetrite järele) peab suhtuma raskuse suurenemisse a -s, vastavalt hapniku ja süsihappu gaasi ühesuuruste ruumalade raskuse vahekorrale, nagu 16:22.

Aparaat seatakse muidugi pimedasse üles, ehk vastasel korral ei tohi A -s rohelisi taimeosaid olla. Et elavhõbeda pinda b -s raske on kindlaks teha, kui ta seisab üldisest pinnast B -s madalamal, soendatakse selle

ärahoimiseks käega klaaskolbi A , enne kui toru b B -sse mahutatakse. Soendatud õhk tõmbub külmenemisel A -s niipalju kokku, et katse algusel seisab pind b -s pinnast B -s kõrgemal.

63-dat katset võib ka ilma kaalileheliseta korraldada. Ühekõrgusel püsiv elavhõbedavõi veepind on siis tõestuseks, et tekkinud süsihappu gaas sama palju ruumi tarvitab, kui tarvitatud hapnik.



48. joon. Aparaat tõestamiseks, et eraldunud süsihappu ja tarvitatud hapniku ruumalad on võrdsed. A — idanevad herned, a — kontsentreeritud kaalilehelise lahund, B — elavhõbe, millesse pistetud klaastoru b (Detmer'i järele).

§ 42. Hingamise soojus.

Soojus, mille taimed hingamisega tekitavad, ei ole tähelepanndav sellepärast, et 1) protsess väga pikaldane, 2) auramisega läheb soojust kaduma ja 3) pinna soojusekiirgumine on suur (võrdle putukaid!). Ometi on võimalik

termomeetriga mõõta hingamise läbi vabanevat soojust siis, kui hingamine iseäranis elav, aga soojuste kiirgumise ja auramise pind piiratud, tarvitades katseks näit. võhaliste tõlvikuid, suuremal hulgal korvõieliste nutte või idanevaid seemneid (Th. de Saussure, 1822).

66. katse. Hingamissoojuse tõestus. Keskmise suurusega klaaslehter täidetakse idanevate herne- või



49. joon. Aparaat soojuste tekki-
mise tähelepanemiseks idanevail
seemneil ja puhkevatel õitel
(S a c h s ' i järele).

kesed. Et mõlemale termomeetrile võimalikult ühesugust õhutemperatuuri saavutada, seatakse aparaadid klaaskuplite alla, suurde klaaskasti, või loetakse vähemalt temperatuuri läbi suure eeshoitava klaasplati. Võib tähele panna elavhõbeda tõusu termomeetris $1\frac{1}{2}$ kuni 2° võrra. Võhaliste (*Araceae*) tõlvikud annavad ümbrusest 10, isegi 15 ja 20° kõrgema temperatuuri. Kus *Arum maculatum* ette tuleb, võib seda katseks

nisuseemnetega või seanupu (*Leontodon*), karikakra (*Anthemis*), kirikakra (*Bellis*) puhkevate korvõisikutega. Et soojust võimalikult vähem kaduma läheks, kaetakse lehter ühe-auguse klaasplatiga või vatiga, kust juhitakse läbi alumine osa termomeetrist, mis näitab $\frac{1}{5}$ kraadid. (Lehter tuleb klaasplatiga või vatiga nii katta, et õhu juurdepääs mitte täiesti takistatud ei oleks; 49. joon.) Süsihappu gaasi, mille herned eraldavad, absorbeerib lehtri alla pandud anum as olev kaalileheline.

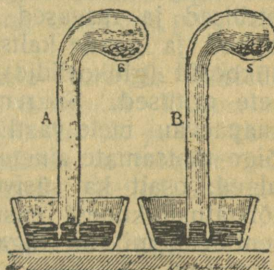
Võrdluseks seatakse selle aparadi kõrvale teine täiesti sarnane, milles aga herneste aset täidavad niisked kuivatuspaberi kuuli-

tarvitada¹⁾. Lõigatakse taimelt õisik, mille tohl avane-
misel, seatakse lõikepinnaga vette ja mähitakse ühes
termomeetri alumise otsaga vatti. Termomeeter näitab
mõne tunni pärast umbes 8° rohkem kui kontroll-
termomeeter.

§ 43. Hapniku tarvilikkus taime ümbruses.

Kaugelt suurem hulk taimi võib ainult hapnikku
sisaldavas õhus elada. Erandid v. § 39.

67. katse. Vesinikus ei idane seemned mitte. Kaks
ühesuurst, umbes 100 sm³ ruumalaga rätordisarnast
klaasanumat täidetakse (et õhku välja ajada) keedetud
veega, mahutatakse kumbagi
mõned kuivad nisuterad ja
seatakse suudega elavhõbe-
dasse (50. joon.). Umbes 24
tunni pärast, kui seemned
on paisunud, lastakse anu-
matesse, ilma elavhõbedast
kergitamata, ühte puhas vesi-
nik²⁾, teise õhk, mõlemisse
natuke vett alale jättes. Nüüd
võib tähele panna, et õhus
olevad seemned idanevad, tei-
sed mitte. Kahe kuni kolme
päeva pärast lastakse vesi-
nikku mahutatud seemnete
juurde õhku ja need hak-
kavad ka idanema.



50. joon. Aparaat tõestami-
seks, et seemned ei hakka ida-
nema õhkkonnas, kus puudub
hapnik. A — sisaldab vesi-
nikku, B — õhk, ss — seem-
ned (D e t m e r 'i järel).

§ 44. Ainete vahetus.

Kõik keemilised protsessid, mille abil assimilatsiooni
saadustest, n. n. assimilaatidest, teised taimeelule tarvi-

1) Meil võib seks tarvitada soovõhka (*Calla palustris*). Tõlkija

2) Vesinik saadakse arseenikuvabast tsingist ja puhastatakse
lahjendatud kaalilehelisest ning kaalipermanganaadi vee lahundist
läbi laskmisega.

likud ained valmistatakse, langevad ainete vahetuse¹⁾ raamidesse. Ainete vahetusel on kolm ülesannet: 1) lahundumata assimilaatide (tärglise) lahunduvateks ühendusteks, peaausjalikult suhkruliikideks muutmine, mis juhitakse tarbekorral praeguse või pärastise (tagavara-ainete) tarvitamise kohtadesse; 2) ühenduste päris-ehitusaineteks ümbermuutmine, peaausjalikult protoplasmaks ja kestaaineks; 3) lugemata ainete tekitamine, mis taime elu mingil viisil toetavad, nagu tagavara-ained, kaitsevahendid, loomade juurdemeelitamise abinõud, või ained, mis kihvtide kahjulikku mõju vähendavad. Assimilaatidest valmistuvad vähese lämmastiku, väävli, fosfori, lubja ja magneesiumi lisandusega munavalge-ained, tselluloos, suhkru- ja kummiliigid, vaigud, mõrkained, alkaloidid, eetrilised ja rasvased õlid, värv- ja parkained, taimehapped ja nende kaltsiumsoolad (oblikhapu lubi) ning glükoosid (glükosiidid), mesi ja arvurikkad teised näärmete eritused. Suurem hulk nendest protsessidest on tänapäevani meie vaatluste eest varjatud; ei tunta koguni kõige tähtsamate ainete keemilist koosseisu, näit., munavalged, osalt ka süsiveed jne. Iseäranis ei teata palju mõistatuslikkudest ensüümideist või korraldumatuist fermentidest, mis nii väga tarvilikud taime ja looma ainete vahetuses.

Katsed, mida võimalik on lihtsamate abinõudega korraldada, piirduvad sellepärast ainult üksikute nimetatud ainete olu tõendamisega ja diastaasi kui lahundumisaine tähtsuse selgitamisega.

§ 45. Tärglise suhkruks muutumine.

Assimilatsiooni produktina rohelistes lehtedes tekkinud tärglis muutub alaliselt lahunduvaiks ühendusiks. On terve taim kauemat aega pimeduses, nagu ööse, siis kaob tärglis täiesti neist rakkudeist, mis olid päeval

1) Mõnikord võetakse ainete vahetuse mõiste laiemalt. Siis tuleb assimilatsiooni selle esimese osana võtta.

päikesevalgusel 55-nda ja 56-nda katse järele tärkli-rikkad. Sellepärast võiks arvata, et see ainete vahetus ainult ööseti või pimedas sünnib, kui assimilatsiooni tegevus seisab. Kuid varjates läbipaistmata kattega assimileeriva lehe väikesed osad valguse eest, võib tähele panna, et see muutumisprotsess ka päeval on võimalik, sest mõne aja pärast on varjatud kohad tärklistühjad; sama lehe valguse käes olnud osad sisaldavad tärklist, mis tekib edasiliikuva tärklike asemele uuesti. See asja-olu, et edasikantud tärklike asemele alaliselt sarnastub uus, ongi põhjuseks, miks me päeval ei märka tärklike kadumist rakkudest. Tärklike lagunemine pimeduses sünnib ainult taimega ühenduses seisvates lehtedes, mitte lõigatud lehtedes, mis tõenduseks, et tärklike lagunemine on taime ainete vahetuse tagajärg, mitte aga pole vahest ehk pimeduse keemiline mõju.

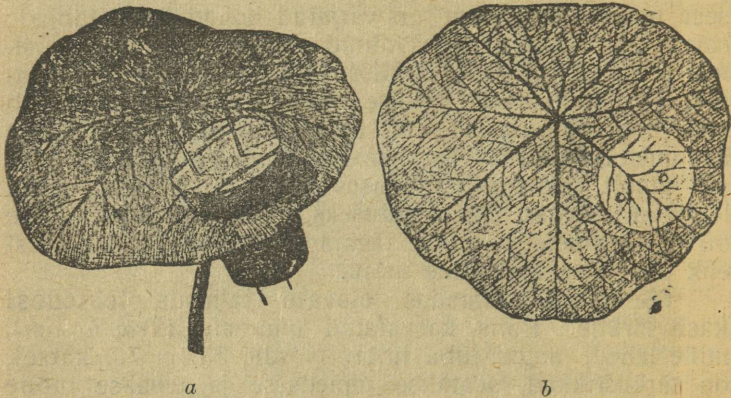
68. katse. Pimedas olevate taimede lehtedest kaob tärkliis. Potis kasvatatud mungalill (*Tropaeolum*), mille lehed, nagu juba tuttav (võrdle 55. ja 70. katse), on tärkliisrikkad, seatakse pimedasse ja tehakse mõne päeva pärast tärklike tõestuse katse. Lehed sisaldavad ainult soontes natuke tärklist.

69. katse. Lõigatud lehtedest ei kao tärkliis. 68. katses tarvitatud taimelt lõigatakse enne selle pimedasse panemist mõned lehed ja hoitakse need alal veerikkas ruumis, näit. niiske klaaskupli all. Tärkliis ei kao lehtedest.

70. katse. Pimedas olevatest leheosadest kaob tärkliis ka päeval. Lopsakalt kasvaval suurel mungalillel (*Tropaeolum majus*) kaetakse päikesepaistelisel päeval enne lõunat mõne lehe pealmine ja alumine külg sel viisil, et kinnitatakse nõõpnõeltega mõlemale küljele vastamisi ühesuurused korgirattad (51. joon.a) või seatakse jälle lehe ääre ümber tinapaberi riba. Öhtupoolikult lõigatakse ära katsealused lehed, keedetakse neid mõned minutid vees portselantassikeses, et surmata elusad rakud, ja kuumutatakse mitu korda uuendatud alkoholis¹⁾, kuni

1) Suures liivavannis, et alkoholi aur tuest põlema ei süttiks.

roheline värv täiesti kadunud. Sel kombel leherohelisest vabastatud lehed seatakse portselantassi ja valatakse neile juurde piiritusjoodi lahundit, millest lehed peale kaetud kohtade tumedaks värvuvad (51. joon. *b*). Et tärklis peaaesjalikult päevavalguses valmistub ja kogutud taga-



51. joon. Mungalille leht: *a* — osalt korgiratastega varjatud, *b* — joodiga värvitud pärast korgitükkide äravõtmist.

varade muutumine ja edasitoimetamine pimedas sünnib, siis peab kohtadel, mis päikesevalgel olid, õhtupoolikul niipalju tärklis olema, et seda joodi abil makroskoobiliselt võib tõestada. Varjatud kohtadest aga on tärklis edasi liikunud ega pole saanud seal uuesti tekkida.

§ 46. Tärklis tagavara-ainena.

Mitmeaastased taimed, mille vegetatsioon ühe aastaajaga piiratud, nagu meie kliimas kasvavail, jätavad omale ainete tagavarasid, et järgmise vegetatsiooniperioodi alguseks olla tarvilikkude ainetega varustatud. Tagavara-ainete panipaikadeks on juured, juurikad ja tüved. Kõik seemned on varustatud toiduga esimeseks arenemisperiodiks, sest et seemnest välja tulnud juureke ei

suuda kätte saada toitu substraadist; teisest küljest puudub idutaimedel tarvilik hulk klorofüllit, mis võiks muuta juurtest saadetud anorgaanilise toidu valguse abil orgaaniliseks ühenduseks.

71. katse. Tagavara-tärklise tõestus mitmesugustes taime osades. Jaanuaris ehk veebruaris valmistatud ristlõiked sõnajala (*Pteris*) juurikatest, pöökpuu (*Fagus*), saare (*Fraxinus*), kukerpuu (*Berberis*) okstest leotatakse joodglütseriiniga¹⁾ ja vaadeldakse soendatult²⁾ mikroskoobi all. Ubade, herneste, maisiterade ristlõiked samaks otstarbeks leotatakse lihtsalt joodjoodkaaliumiga.

Tärklis leidub ka lehtpuude tüvedes, iseäranis säskiirtes.

§ 47. Tärklise muutumine diastaasi abil.

Kõvad tagavara-ained (tärklis, kestaine, aleuroon, inuliin) peavad, enne kui taimel neid võimalik tarvitada, lahundatama. Kõige tarvilikum toiduaine, tärklis, muutub taimes lahunduvaks diastaasi abil. Diastaas on ferment, mis tekib mitmesugustes taime osades, kõige rohkem idanevais, tärkliserikkais seemneis. Diastaas muudab tärklise 1) mitmesugusteks dekstriinideks, mis joodiga kollaseks värvuvad, 2) suhkruks (maltoos = $C_{12}H_{22}O_{11}$), mis joodiga mingit värvi ei anna, küll aga Fehlingi lahundiga tõestatav on.

Idanema pandud seemned valmistavad kõige pealt diastaasi, et vees lahundumatuid tagavara-aineid lahunduvaks muuta.

72. katse. Idanevate otrade diastaasi mõju tärklise peale. Natuke õllefabrikust muretsetud linnaseid (idanema pandud ja kõige suhkrurikkamas seisukorras kuivatatud odrad) jahvatatakse harilikus kohviveskis ja lisatakse kaalu järele neli korda rohkem vett juurde. Mõne aja pärast filtreeritakse ja segatakse filtraat, mis diastaasi

1) Glütseriin, mis joodiga kauemat aega segunult olnud.

2) Objektklaas soendatakse piiritusetulel.

sisaldab, viiekordse hulga hästi lahjendatud tärglisekliistriga (1 g tärglist 100 g vee peale). Selle segu proov värvub joodi juurdelisamisel esiteks siniseks, siis violetiks, pärast pruuniks ja lõpuks (kahe kuni kolme tunni pärast) värvituks, millega proovis olnud tärglise muutumine ja diastaasi olemasolu on tõestatud. Muutumise edu vaadeldakse viieminutiliste vahede järele.

73. katse. Tärglisest diastaasi abil valmistatud suhkru tõestamine. Et eelmises katses tärglisjahu tärglisuhkrus (maltoosiks) muutus, võib järgmiselt tõestada. Fehlingi lahundiga tehakse kindlaks suhkrusisaldus a) 5 kuupsentimeetris linnase-ekstraktis, mis eelmises katses kirjeldatud viisil saadud, b) 5 kuupsentimeetris linnase-ekstrakti ja natukese tärglisekliistri segus, mis mõned tunnid on seisnud (Fehlingi lahundi valmistamise ja tarvitamise üle v. § 38).

74. katse. Normaalne vilja kasvamine pimedas olevatel okstel ainete liikumise tagajärjel sinna valgustatud osadest. Väga huvitav ainete liikumise suhtes, kuid natuke kauavältav, on Sachs'i katse, mis tõestab, et orgaanilised ühendid, mille valgustatud lehed valmistanud, ka pimedas olevatesse lehtedesse ja taime osadesse teed leiavad. Sachs kasvas kõrvitsa, mille varrest kaunis pikk osa suurde pimedasse kasti oli paigutatud. Pimedas kasvanud taime osa, mis muidugi ei saanud assimileeruda, oli küll, iseenesestki mõista, etioleerunud taime värviline (kuid, mis imelik, silmatorkavalt suuremate lehtedega), kasvas aga siiski vilja, mis 3 kg kaalus ja 195 seemnetera sisaldas. Seemneist oli üks kolmandik idanemisvõimelisi.

75. katse. Tagavara-ainete kadumine idanevate ubade idulehtedest. Türgi oad mahutatakse 24 tunniks vette, vaadeldakse neid peale selle mikroskoobi all ja tõestatakse joodikatsega, et neis tärglis olemas. Siis lastakse neid idaneda ja uuritakse tihemini a) idulehti, b) kasvavaid varre- ja juureosasid (makroskoobiliselt ja mikroskoobiliselt). Kui idanemine lõppenud, see tähendab, kui esilehed täiesti avanenud, siis on ka idulehed,

mis enne rikkad olid tärglisest ja aleuroonist, peaaegu täiesti tühjad tagavara-aineist. Lõiked, mis leotatakse vasevitrioli lahundi ja kaalilehelisega, ei värvu enam violetiks, sest et munavalget (aleurooni) olemas pole, vaid helesiniseks, kuna aga tärglis joodireaktsiooniga vaevalt on tõestatav.

§ 48. Värvimuutused ainete vahetuse väliste tunnustena.

Mõned aine muutused taime sisemuses on võimalik värvi muutustest ära tunda. Paljudel õitel, iseäranis karelehelistel [lõosilmad (*Myosotis*), kopsurohud (*Pulmonaria*), imikad (*Anchusa*)], on pungad punast, puhkenud õied aga sinist värvi. Põhjuseks on asjaolu, et rakumahlad on alguses hapud, pärast aga lehelisteks muutuvad ja sealsamas olev värvaine oma värvi niisama muudab, nagu lakmusegi värvaine.

76. katse. Ammoniaak ja soolhape muudavad punaste ja siniste taimemahlade värvi. a) Kui punaseid karvakesi begoonia (*Begonia*) lehevartelt mikroskoobi all kaalilehelisega leotada, siis muutuvad nad siniseks.

b) Lõosilmade (*Myosotis*) sinised kroonlehed värvuvad punaseks, kui nende peale mõjuda happega.

c) Punased taimemahlad (punaste rooside ja pojengide õielehtedest, mis uhmris katki hõõrutud ja vees leotatud) värvuvad ammoniaagiga siniseks, soolhappega jälle punaseks (Detmer).

§ 49. Mõnede taime-ainete tõestus¹⁾.

77. katse. Tõestus, et munavalge olemas. Vees paisunud oast võetud lõik niisutatakse enne vanilliini-lahundiga (alkoholis), peale kuivamist aga väävelhappega. Munavalge värvub roosaks.

1) H. Müller'i järele; Programm, Landsberg 1900.

78. katse. Tõestus, et rasvased õlid on olemas. Riitsinuse (*Ricinus*) endospermi õhuke lõik kastetakse alkannatinktuuri ja glütseriini ühesuuruste hulkade segusse, loputatakse alkoholiga ja seatakse objektklaasile glütseriini. Mikroskoobi all on rasva sisaldav põhiline sügavpunane, kuna aleurooniterad sellevastu väga nõrgalt on värvunud või hoopis värvituks jäänud.

79. katse. Tõestus lakmusega, et taimehapped on olemas. Oblikate (*Rumex*), begoonia (*Begonia*) või jänese-kapsa (*Oxalis*) varte värsked lõikepinnad, niisama mitmesuguste viljade lõiked värvivad sinise lakmuspaberi punaseks.

80. katse. Tõestus lubjaga, et oblikhape on olemas. Rabarberi (*Rheum*), begoonia (*Begonia*) või jänese-kapsa (*Oxalis*) lehevarred rõhutakse portselan-uhmris katki. Rätiku abil pudrust välja pressitud mahl filtreeritakse ja lisatakse filtraadile klooriskaltsiumi juurde. Sadestub oblikhapu kaltsium.

81. katse. Tõestus raualahundiga, et parkhape on olemas. Roosi (*Rosa*) leht rõhutakse kuivatuspaberil katki ja kastetakse niisket kohta kloorisraua või rauavitrioli lahundiga. Koht värvub tumesiniseks (tint).

V. Geotropism.

§ 50. Positiivne ja negatiivne geotropism.

Maa tõmbejõud avaldab kasvavate taimeosade peale juhtivat mõju (Knight, 1809). Taimede või taimeosade suhet selle tungiga kutsutakse geotropismiks¹⁾ — positiivseks, kui tungi siht kestab maa keskpunkti poole, negatiivseks, kui tungi avaldus sünnib vastupidises sihis (võrdle tropismid § 86).

§ 51. Raskuse mõju taime peaosadele.

Harilikult on peajuur²⁾ positiivne, idu ühes lehtetega negatiivne geotroop; selleks, et oma kasvusihti alal hoida, võidavad taimeosad õige suure vastujõu.

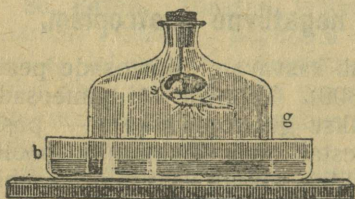
82. katse. Peajuurte positiivne geotropism. a) Idanenud turgi oa (*Phaseolus*) ja hiireherne (*Vicia*) taimed kinnitatakse niiskesse klaaskupli alusesse ruumi³⁾ nii, et peajuur ristloodis oleks (52. joon.). Juba lühikese aja pärast võib, 20 kuni 25^o õhutemperatuuris mõne tunni järele, juure allapoole kooldumist tähele panna.

1) Sõnast $\gamma\eta$ (gē) — maa ja $\tau\rho\omicron\pi\epsilon\iota\nu$ (tropein) — pöörama.

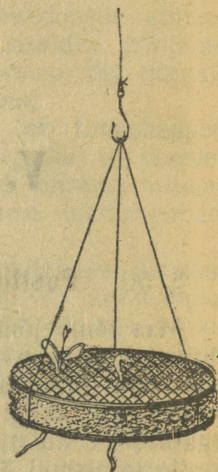
2) Juurte kasvusihi määrab ka hüdrotropism ja tigmotropism. § 87, 88.

3) Taldrikusse, millel klaaskuppel, on kõige soovitamam panna niisket saepuru või mitu niisutatud kuivatuspaberit.

b) Kiht niisket saepuru mahutatakse kahe ristloodis ja paralleelselt kinnitatud, hõreda võrkriidega ületõmmatud rõnga vahele või 133. katses kirjeldatud aparati (53. joon.); sellesse külvatakse herneid, ube, maisi. Juured kasvavad aukudest läbi allapoole, varred ülespoole. Kui aga aparat ümber pöörda, on nimetatud taimeosade siht mõne aja pärast vastupidine.



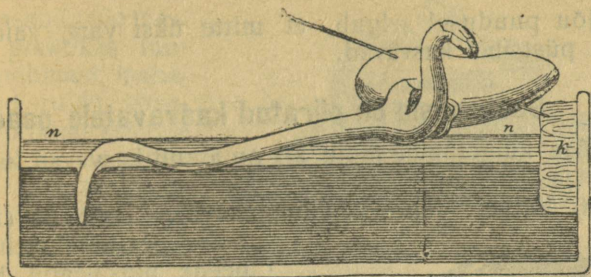
52. joon. Idaneva seemne geotroobilise kõverdumise tõestamise aparat. Kuppel *g* seisab nõus *b*, mis osalt täidetud veega, *s* — seeme, kinnitatult nõõpnõela abil (D e t m e r' i järele).



53. joon. Varre ja juurte geotropismi tõestamise aparat.

83. katse. Juurte geotroobiline jõud. Kristallimiskausi sisemisele küljeseinale kinnitatakse kirjalakiga tükk korki, täidetakse osa kaussi elavhõbedaga ja valatakse õhuke kord vett peale. Siis kinnitatakse idanev hernes, mille juur mõni sentimeeter pikk, nõõpnõelaga korgi külge nii, et juur vees oleks. Selle peale vaatamata, et peajuur elavhõbedast palju kergem, tungib ta viimasesse (54. joon.) (S a c h s).

Katset võib ka nii korraldada, et jõud, millega juur allapoole tungib, otsekohe kaaluga ära mõõdetakse (55. joon.). Lastakse nimelt juure otsa ühte kaalukaussi puutada, kuna teisele vihid seatakse (M a n g i n).



54. joon. Oa idanenud seeme, mille juur ja vars kasvanud ühel pinnal, on juure otsaga pandud rõhtsalt elavhõbedale, millesse tungib geotropismi mõjul juur (Sachs'i järele).



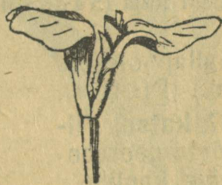
55. joon. Katse jõu määramiseks, millega juur tungib mulda.

84. katse. Võsu negatiivne geotropism. Jõudsasti kasvav tulp, hüatsint, püvilill jne. seatakse ristloodi: lühikese aja järele sirutavad võsud endid jälle otse ülespoole.

a



b.



56. joon. Kõrvitsa idanenud seeme: a — pimedas, b — valguse käes (Detmer'i järele).

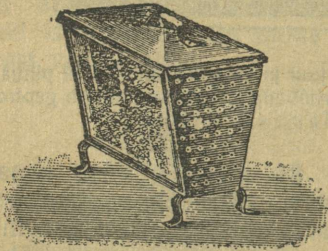
85. katse. Idanevate taimede geotropism pimedas (56. joon.). Idanevad kõrvitsa (*Cucurbita pepo*) taimed kasvatatakse täielises pimeduses. Valguse juh-

tiva jõu puudusel selgub, et mitte ükski vars, vaid ka lehed püstsihis kasvavad.

§ 52. Geotropism on piiratud kasvavatele osadele.

Maa külgetõmbe mõju all on ainult kasvavad juure- ja varre- ja leheosad.

86. katse. Juure kooldumiskõver. Türgi oa (*Phaseolus*) peajuurele tehakse

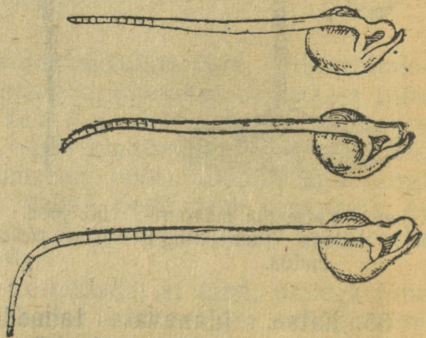


peene pinsli abil hiina tušiga ettevaatlikult rida kriipsusid, mis 2—3 millimeetrit üksteisest eemal seisavad. Peale selle mahutatakse taimeke klaasseintega tsinkkasti (57. joon.) ja seatakse ristloodistihedalt vastu klaasseina kohevasse mulda. Väljastpoolt kleebitakse sinna kohta, kus juurel esimene kriipsuke, paberist kolmnurk. Kõik kasvavad osad kooldu-

57. joon. Tsinkkast klaasseintega idanenud seemne juurte kasvu tähelepanemiseks. *z* (paremal) — tsinksein aukudega, mille läbi tungib õhk mulda; *g* — klaassein. Kasti alla piirituselampi seades võib temperatuuri tõsta (S a c h s 'i järele).

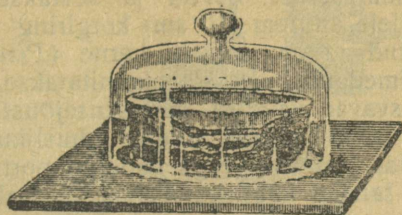
vad allapoole (58. joon.) (Pfeffer).

87. katse. Viljakõrte geotroobiline kooldumine sõlmekohadel. Kui alles roheline viljakõrs maapinnani painutada, siis tõstab ta ennast mõnepäevajooksul kõigi kasva-



58. joon. Juurte kasv pikuti raskusejõu mõju all (Pfeffer'i järele).

misvõimeliste sõlme-
de kaasabil jälle üles.
Seda praktikas tun-
tud (vihmast maha-
löödud rukki tõus-
mine) ja taimede kasvule
nii tähtsat nähtust
võib isegi äralõigata-
tud, niiskes õhus hoi-
tatavatel kõrretükkidel
vaadelda (59. joon.)
(Pfeffer).

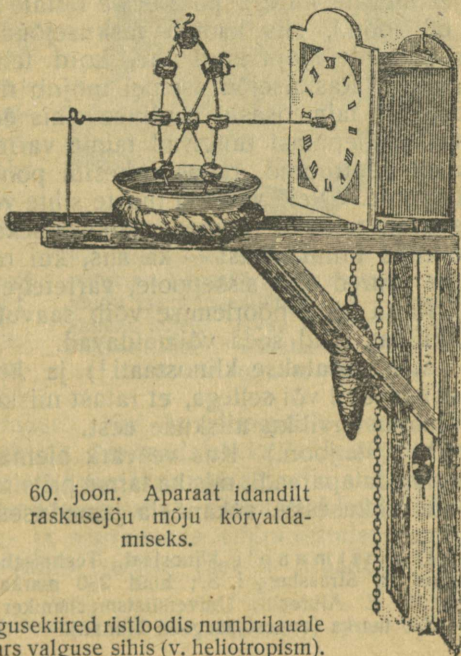


59. joon. Rõhtsalt niiskesse mulda
pistetud viljakõrre geotroobiline kool-
dumine.

§ 53. Taimede suhe külgetõmbe-jõu lõpetamisel.

Kui raskusejõu
mõju sellega lõpe-
tada, et väiksemad
taimed horison-
taalse telje ümber
lastakse keerelda,
siis ei ilmu mitte
need geotropismi
nähtused, mis 82.
ja 87. katses kir-
jeldatud.

88. katse. Ida-
nevad taimed pik-
kamisi keerleval
rattal. Seinakel-
lalt, mille numbril-
laud ruumi tun-
givate valgusekiir-
tega paralleelne (et
valgus segavalt ei
saaks mõjuda¹⁾),



60. joon. Aparaat idandilt
raskusejõu mõju kõrvalda-
miseks.

1) Kui lastakse valgusekiired ristloodis numbrilauale
langeda, siis kasvaks vars valguse sihis (v. heliotropism).

eemaldatakse osutid ja seatakse viimaste pikendatud teljele suurem (10 sm) korgiring (või korkidega varustatud ratas), millele herne (*Pisum sativum*) idanevad taimed mistahes sihis kinnitatakse (60. joon.). Viimased kasvavad valguse- ja raskusejõust olenemata edasi selles sihis, milles nad korgile juhuslikult kinnitatud. Keerlev ratas lastakse veega täidetud portselankausist läbi käia, et taimed kauemini värsked seisaksid.

§ 54. Raskusejõu asemele teise jõu asetumine.

Kui taim raskusejõu asemel teise vältava jõu mõju alla seada, siis muutub tema jõu mõjule vastavalt oma seis.

89. katse. Tsentrifugaaljõud raskusejõu asemikuna (Knight'i katse 1809). Kui noored taimed ristloodis teljel olevale kiiresti pöörlevale rattale kinnitada (61., 62. ja 63. joon.), siis kaotab raskusejõud oma tähenduse, sest et selle mõju kord ühe, kord teise taimeosa peale avaldub. Raskusejõu asemel mõjub nüüd tsentrifugaaljõud, mis taimeosasid raadiuse sihis eemale püüab tõugata. Sellepärast tungivad taime varreteljed, mis negatiivselt geotroobid, ratta keskesihi poole, peajuured aga väljapoole. Neid varre ja juurte sihte võib märgata ruttu kasvavate taimede (hernes, mais) katseks tarvitamisel juba viie-kuue tunni pärast — ka siis, kui rattale kinnitamisel taime juured olid sissepoole, varreteljed väljapoole.

Ratta kiire pöörlemise võib saavutada kolmel viisil, nii kuidas olud seda võimaldavad.

a) Kasutatakse klinostaati¹⁾ ja hoolitsetakse piserdusriista abil või sellega, et ratast niiskes ruumis lastakse pöörelda, tarviliku niiskuse eest.

b) (61. joon.) Kus veevärk olemas, võib järgmiselt valmistada aparadi, mis ka taime pritsimise eest hoolitseb. 40 sm pikkusesse, sukanõela jämedusesse vasktraati rea-

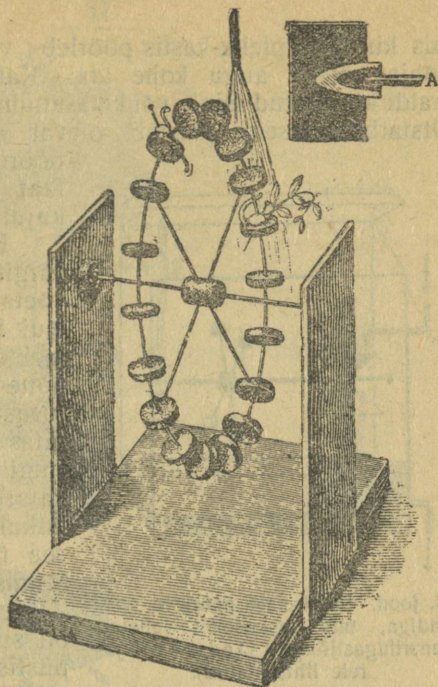
1) Wortmann'i klinostaat, Technische Anstalt der Gebr. Ungerer in Strassburg i. S.; hind 200 marka. Pfeffer'i klinostaat, M. E. Albrecht, Universitätsmechaniker in Tübingen; hind 220—320 marka (ennesõjaaegsed hinnad).

takse ühesuuruste vahedega korgiringid, mille läbimõõt 3 sm ja paksus 0,5 sm. Traat painutatakse ringiks, ühendatakse mõlemad otsad, pistetakse ühest korgiringist läbi ja seotakse kinni. Neli vasktraadi - tükki seatakse nii sünnitatud rattale koodateks, kuna keskeks suurem kork pannakse. Teljeks võetakse umbes 15 sm pikkune sama traadi tükk, et taimedel kooldumiseks ja kasvamiseks küllalt ruumi oleks. Telg lastakse kinnisulatatud klaas-

torust valmistatud laagritesjooksta (61. joon. A), mis kirjutuslakiga küljeseintele kinnitatud

korkidesse vaotatakse. Kui korgiringidele paraja kõvadusega veejuga juhtida, siis saadakse küllaldane pöörlemiskiirus, et juba viie või kuue tunni pärast võimalik on vastupidi (juurtega sissepoole) rattale kinnitatud herne (*Pisum*) idulehtedel juure- ja varreosade sihimuutmist vaadelda.

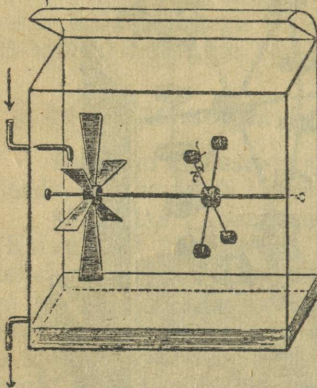
Detmer¹⁾ juhib veejoa plekist tiibadega rattale,



61. joon. Aparaat, mille abil idanev taim pöörlema pannakse, et vahetada raskusejõudu tsentrifugaaljõuga. A — praktiline abinõu teljele: kork, millesse kinnitatud kokkusulatatud klaastoru; selles liigub teritatud traat, aparadi telg.

1) Kleines Praktikum, § 247.

mis kinnises plekk-kastis pöörleb; vesi jookseb läbi kasti põhjas oleva augu kohe ära. Katsetaimed on teljele eraldi kinnitatud tsink- või klaasanumas, mis ühes pöörleb. Otstarbekohasem paistab olevat anumad mitte ühes



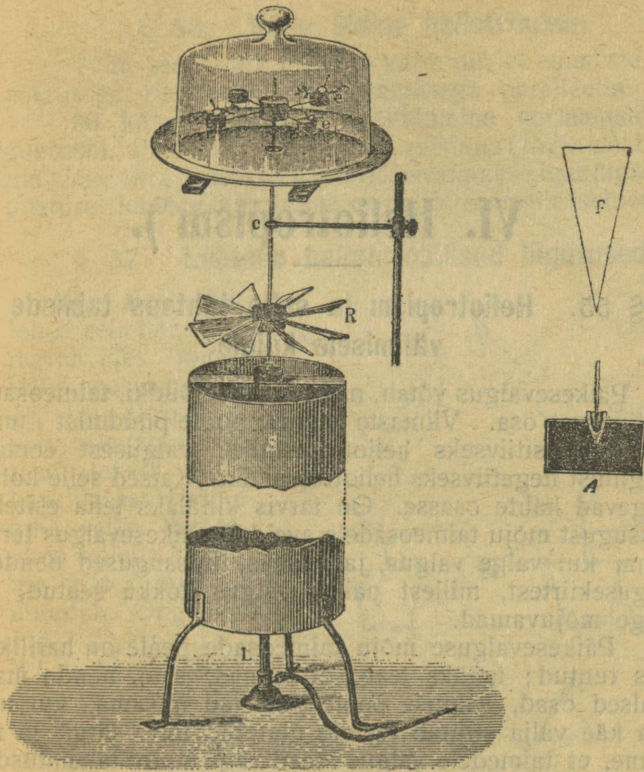
62. joon. Plekk-kast pöörleva aparaadiga, mis raskusejõu vahetab tsensrifugaaljõuga (Deimer'i järelle lihtsustatud).

pöörlelda lasta, vaid aparaat 62. joon. näidatud kujul lihtsustada.

Et katset ilma veevärgita korraldada, selleks võetakse kaks veetünni. Kui kukkumiskõrgus üks meeter, siis saadaks 4 mm õõne-läbimõõduga klaastorust veejuga, mille all ratas rohkem kui kaks ringi sekundis teeb, mida katsekorraldamiseks täiesti jätkub. Tülikas on ainult vee ümbertõstmise ühest tünnist teise.

c) Ümberajajaks jõuks on siin soe õhk. Paksu püstiseisvasse korki kinnitatakse terava otsaga 30°

nurga all (horisondi poole) õhukesest sigarikasti-puust kaju F järelle 63. joon. valmistatud kuus kerget tiiba. Kõrgist puuritakse läbi tugev 40—50 sm pikkune vasktraat, mille alumine, teritatud ots seatakse lühikesele korki vaotatud kinnisulatatud klaastorule b , kuna c juures traat lahtiselt rõngast läbi käib, nii et see kergelt enese telje ümber võib pöörlelda. Ülevalpool $c-d$ läheb traat läbi portselantaldriku põhja puuritud augu; ee on korgid, millele katsetaimed nõõpnõeltega kinnitatud; portselantaldrik kaetakse klaaskupliga. Umbes ühe meetri pikkune plekkтору annab, kui selle alla piirituse- ehk gaasituli seatud, küllalt nii tugeva õhuvoolu, et see rattale R juhitult selle ühes korkidega ee kiirelt pöörlema paneb. Taldriku põhja pannakse mitu niisket kuivatuspaberit



63. joon. Aparaat, mis idanevad herneterad[▼](e), paneb kiiresti pöörlema. Ratas *R*, mis liigub õhuvoolu abil toru *S* all olevast lambist *L*; *A* — alumine telje tugi, *F* — üks ratta *R* tiib.

või niisutatud liiva, et klaaskupli all oleks tarvilik niiskus.

Selle aparadi ainuke puudus seisab selles, et pöörlemine vertikaalse telje ümber sünnib ja sellepärast raskusejõud täiesti mõjuta pole.

VI. Heliotropism¹⁾.

§ 55. Heliotropism ja selle tähtsus taimede välimisele kujule.

Päikesevalgus võtab, nagu raskusejõudki, taimeosade juhtimisest osa. Viimaste valguse poole püüdmist nimetatakse positiivseks heliotropismiks, valgusest eemale tungimist negatiivseks heliotropismiks. Katsed selle kohta langevad kahte osasse. On tarvis kindlaks teha esiteks, missugust mõju taimeosadele avaldab päikesevalgus tervikuna, kui valge valgus, ja teiseks, missugused nendest valgusekiirtest, millest päikesevalgus kokku seatud, on kõige mõjuvamad.

Päikesevalguse mõju taimeosade peale on harilikus elus tuntud; igaüks teab, et taimed, s. o. nende maa-pealsed osad, valguse poole püüavad niisama, kui nälgija käe välja sirutab temale ulatatud leiva järgi, ja me teame, et taimedele valgus tõesti väga suure tähendusega on (v. assimilatsioon). Ligemal vaatlusel selgub, et taimepeaosad, juur, tüvi ja leht, valgusega igaüks isesuguses vahekorras seisavad. Need vahekorrad on tagapool seatud, mis aga praegu järgmisesse põhilausesse kokku võib võtta: valgus püüab seada taimeosad seisukorda, milles nad oma ülesannet kõige paremini saaksid täita, — juured mullast anorgaanilist toitu imeda, lehed assimileerida, tüved lehestikku valguse suhtes kasulik seisus hoida (v. tropismid IX osas).

1) Sõnast *ἥλιος* (hélios) — päike, *τροπεῖν* (tropein) — pöörama.

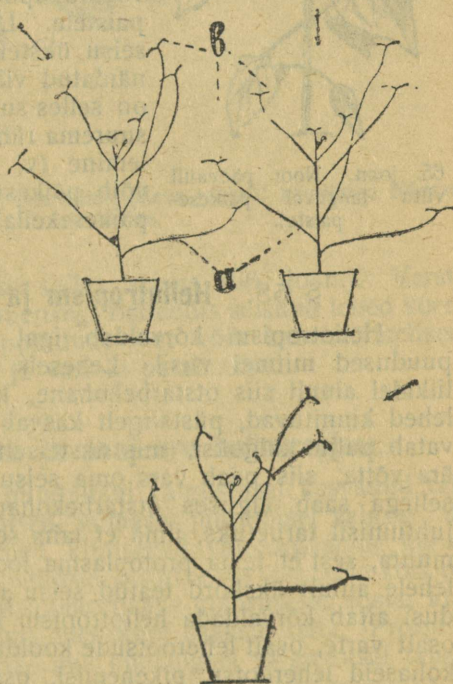
§ 56. Võsu üldine heliotropism.

Taim seab oma lehed ja varre nii, et esimeste labad valgusega ristloodis, teine valgusega paralleelne oleks.

90. katse. Taimede kasvatamine normaalsel valgustusel. Päevalill (*Helianthus*), riitsinus (*Ricinus*), begoonia (*Begonia*), fuksia (*Fuchsia*) kasvatatakse igakülgisel valgustusel; lehtede ja varre seis on heliotropismile iseloomulik.

§ 57. Lehtede heliotroobilised liigutused.

Mitte alati ei jää lehed eelmistes paragrahvides nimetatud peaseisu juurde; see ei oleks suurema päevaosa vältusel lehele mitte kasulik, sest et päike oma seisu taevast, ühes sellega ka taime suhtes alaliselt muudab. Ongi leitud (Darwin, Vöchting 1888), et lehed päeval päikese seisule jälgivad ja ööse isesugusesse seisukorda jäävad (magamis-seis, võrdle liikumisnähtused). Liigutuskohtadeks on liigesed lehevarre ja lehelaba vahel. Kuna harilikku heliotropismi kasvamisnähtusena tuleb võtta, sest et selle mõjul taimekehas



64. joon. Valgustusest oleneva lehtede seisuskeemiline kujutus. Nooled näitavad päikesekiirte sihti; a — lehevarred, b — lehelabad (Vöchting'i järel).



65. joon. Noor päevalill
viltu langeval päikese-
paistel.

püsivad muutused sünnivad, kutsuvad valgus siin ainult ajutised muutused esile (v. § 82 ja 86). Mõlemad liikumisliigid on seletatavad ühtluseta pinevusega kudedes.

91. katse. Lehtede liikumine päeva jooksul (64. ja 65. joon.). Potis kasvatatud kassinairis või päevalill seatakse õue või lõunapoolsele aknale päikesepaistele. Lehed muudavad oma seisukorrale järjekorras 64-dal joon. näidatud viisil. Iseäranis õpetlik on selles suhtes rohttaias kasvava suurema rühma päevalillede vaatlemine (v. 65. joon.); nendelt võib päikese seisukorrale peaaegu nagu päikese kellalt ära lugeda.

§ 58. Heliotropism ja leheseis.

Heliotropism kõrvaldab igal taimeliigil leheseisukorrale puudused mitmel viisil. Leheseis on üksikutel taimeliikidel ainult siis otstarbekohane, kui tüvi, mille külge lehed kinnituvad, püstsirgelt kasvab. Kui aga tüvi kasvatab palju külgoxi, mis järjekorras valgust ähvardavad ära võtta, siis peab vars oma seisukorrale mitmeti muutma ja sellega saab alguses otstarbekohane leheseis üksikuil juhtumisel tarbetuks, ilma et taim seda vastavalt suudaks muuta, sest et tema protoplasma loomuses kaldumus on, lehele ainult ükskord teatud seisukorrale anda. Sääraseid puudusi aitab kõrvaldada heliotropism sellega, et võimaldab osalt varte, osalt leherootsude kooldumisi, osalt otstarbekohaseid leherootsu pikendamisi, osalt muutusi lehelaba ja leherootsu vahekorras — kõik selleks, et valgus oleks lehelabadele ligipääsev¹⁾.

1) V. Kerner, Pflanzenleben (2. Aufl.) I, Blättermosaik, lhk. 392—407.

92. katse. Lehelabade seisu muutumine kunstlikult ristloodis oleval varrel. Sirge ja hästi lehis vahtravõsu või terve vabalt kasvav päevalill painutatakse rist-



66. joon. Päevalille vars, mis mitme päeva jooksul kinnitatud rõhtsas seisukorras.

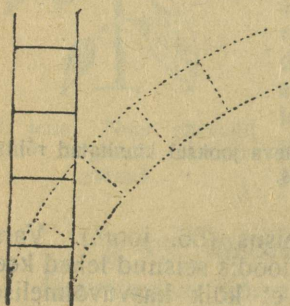
loodi ja kinnitatakse selles seisus (66. joon.). Varsti hakkavad senini ümberringi ristloodis seisnud lehed keerduma, lõpuks nii pöördudes, et kõik kasvuvõimelised lehed on üksteisele ja varrele paralleelsed.

§ 59. Varre ja peajuure heliotropism.

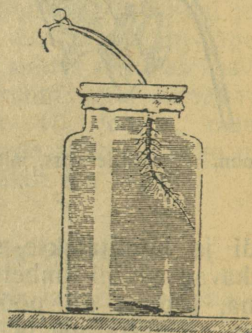
Pimedas või puudulikul valgustusel kasvanud taimedel pikenevad varred, viimasel juhtumisel valguse allika sihis, kuna lehed kiratsevad varreorganide kulul. Säherduse kasvamisnähtuse otstarve on vist püüa kõikide abinõudega assimilatsiooniorgaane ümbrusesse tõsta, kus nad valguse käes oma ülesannet saaksid täita. Protsess on oluliselt seesama, mis ühekülgsel valgustusel taime valguse poole pöörduminegi. Toataimedel tihti esinev varte pikenemine on seletatav just puuduliku valgustusega. Varre valguse poole pöördumise põhjuseks on asjaolu, et valgustamata küljel varreosad jõudsamini kasvavad

kui vastu valgust olevad (67. joon.). Erandiks on varjuarmastajad taimed, näit. luuderohi (eefeu), mille noored võsud negatiivselt heliotroobid, tsümbel-lill (*Linaria Cymbalaria*), mille õievarred peale õitsmist negatiivselt heliotroobiks muutuvad, et küpsi seemneid peita kaljupragudesse, millel kasvab viimane taim.

93. katse. Varre positiivne ja peajuure negatiivne heliotropism. Päril sinepi (*Sinapis alba*), kureherne (*Vicia sativa*), õisoa (*Phaseolus multiflorus*), kresssalati (*Lepidium sativum*) idanenud seemned kinnitatakse hõre-



67. joon. Varre telje sihi muutumise skeemiline kujutus ühekülgisel valgustusel.



68. joon. Päril sinepi idand ühekülgse valgustuse mõju l (Detmer'i järele).

dale riidele, mis kaevuveega täidetud klaasanumale (näit. kristallimiskausile) pingutatud ja juurte läbiminekuks väikeste augukestega varustatud. Peale seda, kui vars ja juured mõned sentimeetrid pikad, seatakse taimed seestpoolt läiketa paberiga vooderdatud kasti alla, millesse valgus pääseb ainult kitsa prao kaudu. Juba mõne tunni pärast võib konstateerida niisugust varre ja juure sihti, nagu see 68-ndal joon. kujutatud.

94. katse. Noore luuderohu kasvu negatiivne heliotropism. Potis kasvatatud noored luuderohu (*Hedera*)kasvud

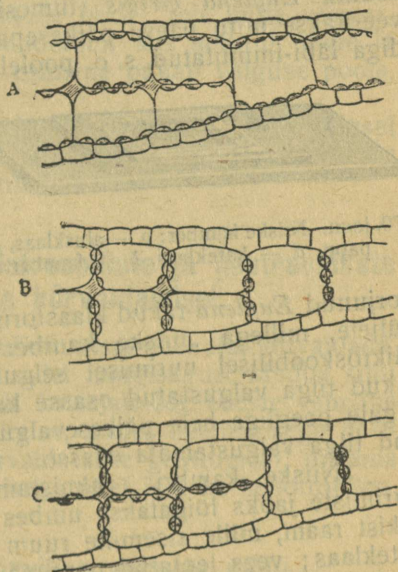
seatakse põhjapoolsele aknale. Umbes nelja nädala pärast on selgesti näha, et kasvu otsad (toa) sissepoole on pöördunud.

Märkus. Kui taimed lõunapoolsele aknale seada, siis ei oleks tupp paistva päikese pärast vahe küllalt selgesti näha.

§ 60. Vabade protoplastide ja klorofülliterade liikumine valguses. Fototaksia.

Mageda vee vetikate eostel pandi ammu valguse-tundlikkust tähele, mis selles avaldus, et ühed valgusest eemale, teised valguse poole tungisid. Alles hiljuti konstateeriti, et need kõik kindlat, spetsiifilist valguse intensiivsust armastavad ja heledamast valgusest energiliselt endid

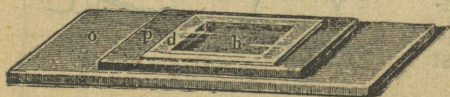
eemale hoiavad, teiste sõnadega, omale paraja valgustuse välja otsivad. Sarnaselt talitavad ka klorofülliterad lehtedes (Stahl). Nad muudavad oma seisu rakus valguse intensiivsuse järele; nõrgal valgusel on terakeste kogupind võimalikult suurem, heledal valgusel asetuvad nad nii, et nende pind väike oleks, pimeduses lagunevad nad terves rakus ühetasaselt laiali. Klorofülliterakeste ja lehtede suhe valgusega on järjelikult ühesugune, ainult terakeste liikumisvõimalused on palju vähem piiratud.



69. joon. Klorofülliterakeste liikumine lemle rakkudes. *A* — nende asetumine pillatud päikesevalgusel, *B* — otsekohe- sel, *C* — pimedas (Stahl'i järele).

95. katse. Klorofülliterade aetus valgustuse mitmesuguse intensiivsuse korral (69. joon.). Ristlemmel (*Lemna trisulca*) seatakse madalates kaussides osalt pillatud, osalt otsekohesesse päikesevalgusesse. 30 minuti pärast uuritakse mikroskoobiliselt ilma prepeareerimata mõlema katseobjekti lehelaba. Lehtedes, mis olid pillatud valguses, asuvad klorofülliterad ees- ja tagaseintel, teistes enamasti küljeseintel.

96. katse. Liikuvate rakkude heliotroobilised liigutused. Infusooride liiki kuuluv, kuid klorofüllisisalduse pärast ka taimedega sarnane külakraavide ja lompide asunik *Euglena viridis* (tumesinine kõntsakord!) kultiveeritakse mitu päeva päikesepaistesel aknal toidulahundiga läbi-immutatud, s. o. pooleldi toidulahundis olevatel



70. joon. Niiske kambri: o — alusklaas, p — papp, d — kateklaas, h — kambri.

korjunud *Euglena*-rakud klaastoruga kateklaasi alumisele küljele, millega „niiske kambri“ kaetakse (v. allpool). Mikroskoobilisel uurimisel selgub, et pillatud valgusel rakud tilga valgustatud osasse korjuvad; kui uuritavale tilgale peeglina hele päikesevalgus juhtida, siis korjuvad nad tilga valgustamata osasse.

„Niiske kambri“ valmistamiseks mikroskoobiliste uurimiste jaoks lõigatakse umbes 1 mm paksusest papi-tükist raam, mille sisemine ruum on natuke väiksem kui kateklaas; vees leotatud pappraam seatakse alusklaasile ja kaetakse kateklaasiga, mille alumisel küljel leidub uurimisobjekt (70. joon.)¹⁾.

Euglena heliotroobilist liikumist võib ka makros-

1) N. n. „rippuvate tilkade“ vaatlemiseks tarvitatakse ka õõnsaid alusklaase. Tõlkija.

koobiliselt järgmiselt tõestada. *Euglena*'t sisaldavat vett kallatakse portselantaldrikule. Mitte väga heleda valguse käes kogunevad infusoorid valgustatud külge; kui taldrikut 180° võrra pöörata, liiguvad infusoorid lühikese aja jooksul taldriku vastupidisesse külge.

§ 61. Valguse mõju pärast raskusejõu kõrvaldamist.

Kui raskusejõud kõrvaldada ja selle asemel valgust lasta mõju avaldada taimede peale, mis mitte varjuar-mastajad ei ole, nagu luuderohi, siis muutub varre ja juure siht vastupidiseks; esimene püüab valguse poole, teine valgusest eemale.

97. katse. Kasv igakülgsel raskuse ja ühekülgsel valguse mõjul. 88. katse muudetakse nõnda, et valgus langeb numbrilauale ristloodis.

§ 62. Kasvamine heliotroobiliste ja geotroobiliste kooldumiste kõrvaldamisel.

Kui geotropism ja heliotropism ühel ajal kõrvaldada, siis ei ole katsetaimede osadel mingisugust kindlat sihti ruumis, on olemas ainult katsetaimede eneste vaheline siht. Tõestuseks on 88. katse, milles keerlemisega horisontaalse telje ümber kõrvaldatakse geotropism, niisama vahelduva valguse seadmisega ühel ajal ka heliotropism.

§ 63. Mitmevärvilise valguse mõju.

§§ 56—60 nimetatud taimede liigutused kutsuvad esile peaaesjalikult spektri tumeda osa kiired, mis helio-troobiliselt mõjuvad, kuna assimilatsioonis tegevad on just heledad kiired.

98. katse. Kasvamine kollases ja sinises valguses. Kahest ühe ja sama liigi valgusetundlikust taimest pai-

gutatakse üks kollaste ettekäivate klaasruutudega, teine siniste klaasruutudega kasti (v. 38. joon.). Heliotroobilised kooldumised on sinises valguses palju energilisemad.

Klaasruutude asemel võib veel paremate tagajärgedega ka paralleelseinalisi klaasanumaid tarvitada, nagu need on Bunsen'i elementide juures tarvitusel, ühte neist bikroomhapu kaali lahundiga, teist vaseoksüüd-ammoniaagi lahundiga täites. Kõige parem on tarvitada kaht ühelt poolt kinnikaetud anumad, nagu 52. katses (40. joon.). Viimasel juhtumisel on võimalik uurida ainult väiksemaid taimi.

VII. Temperatuuri mõju.

§ 64. Temperatuuri mõju taime elu peale.

Ülevaade.

Päike valguse allikana. Igale taimeliigile tarviliku erisoojuseta ei oleks taime sisemuses keemilisi protsesse, mis taime elu sünnitavad (v. hingamine).

Üldine soojuse allikas on päike. Tema saadab kolmesuguseid kiiri: nägematuid soojuse-, heledaid valguse- ja tumedaid keemilisi kiiri. Siin tuleb tähele panna kõige pealt soojusekiiri. Nende elustav jõud pääseb taimesse osalt otsekohe, osalt soendatud maapinnast ja soendatud õhust. Kuid ka valgusekiired võivad taimele mõnikord soojuse allikana kasulikuks saada, sest nad muutuvad soojusekiirteks klorofüllil ja antotsüaani mõjul — viimane on paljudes õites, vartes ja lehtedes sisalduv punane kuni violetini muutuv värvaine — ja võimaldavad assimilatsiooni abil süsivate tekkimist, mille põlemisega taimes õige suured soojuse hulgad vabanevad. Soojuse kasutamist kergendavad taimedele esiteks mitmesugused sisseseaded soojuse kadumise kõrvaldamiseks, siis nende omadus maapinnast soojust juhtida ja lõpuks soema maapinna ligi paindumine kõrgematel mägedel (Kerner'i järel on maapind Alpides 2200 m kõrgusel ümberkaudsest õhust 3,6° soem).

Ekliptika kõveruse pärast pole maakeral kuskil aasta läbi ühetasast temperatuuri, isegi kui öö-päeva muutusi arvesse ei võetaks. Iga-aastased temperatuuri vahed on

maakera üksikutel kohtadel väga lahkuminevad, nabade sihis ja orgudes suuremad kui ekvaatoril ja kõrgustikudel. Ka on temperatuuri vahe põhjuseks koha kontinentaalne või mereäärne asend. Sooja ja paraja vöö kõrgmägestiku külmematel kohtadel on suvi pikem, kuna sama külmadel nabamaadel on lühikesel suvel päevad pikad. Kõigil nendel asjaoludel ühes vihma- ja maapinna-suhetega on taimede geograafilise levimise kohta suur tähtsus.

Taimede, nende orgaanide ja funktsioonide mitmesugune soojuse tarvituse. Iga taime juures võib vahet teha viie tähtsa temperatuuripunkti vahel: 1) surmav soojus; 2) soojus, mis elu ei surma, kuid ta seisma paneb, „soojusetarretuse“ sünnitab; 3) soojus, milles taime toimetused on enam või vähem normaalsed; 4) külm, mille tagajärjeks „külmatarretus“; 5) surmav külm. Üksikute taimeliikide soojusetarvituse on väga mitmesugune (troopika-, nabamaa-, kõrgmägestiku taimed), kuid ka ühel ja samal liigil kõigub see kaunis laiades piirides (taimed suure horisontaalse ja vertikaalse levimisega¹⁾; endeemilised taimed); isegi ühe ja sama taime mitmesugused arenemisastmed, orgaanid ja funktsioonid ei ole temperatuuri mõjude vastu ühtemoodi tundlikud. Üldiselt tarvitavad vegetatsiooniorgaanid vähem soojust kui sigimisorgaanid (viinapuu kasvab Inglismaal, kuid ei valmi seal mitte). Noori lehti võtab külm kergemini kui vanu (maikülm; rakkude mitmesugune veerikkus!). Protoplasma voolamine ja mimoosi lehtede liikumine lõpevad juba temperatuuris, mis muude eluavalduste kohta ei näi mõju avaldavat. Assimilatsioon võib õige madalas temperatuuris veel edasi kesta ($+0,5^{\circ}$ temperatuuris Boussingault' tähelepanekute järele). Klorofüllil valmistamiseks on tarvilik kõrgem temperatuur ($+6—+8^{\circ}$ Sachs'i järele). Seemnete idanemine nõuab tihti kõrgemat temperatuuri kui taime vegetatiivne

1) Iseenesest mõista mõjuvad taimede levimisele kõik kliima ja maapinna, taime praegused ja endised levimistingimused kaasa.

elu (datlipalmi seemned ei idane soojuses alla $+25^{\circ}$, kuna taim harilikus toa temperatuuris, $+15-20^{\circ}$, lehti kasvatab).

Aasta soojuse jaotuse mõju. Taimede arenemisele on soojuse jaotus suvel ja talvel väga tähtis. Taimeilmale on harilikult lühike, aga soe suvi kasulikum kui pikk, keskmiselt soe. Sellepärast kasvavad Tambovis, Venemaal, metsad ja viljad samas aasta keskmises temperatuuris, milles Kordiljeeridel Quito'ses (*Tambo de Antisana*) arenemistingimusi ainult vähenõudlik alpitaimestik leiab. Isegi Siberi külmemas kohas Verhojanskis, kus aasta keskmine temperatuur $-16,7^{\circ}$, võimaldab suur vahe suve ja talve temperatuuride vahel puude kasvu.

Orgaanide veesisalduse mõju nende vastupidavuse peale. Mida veevaesemad on taime orgaanid, seda rohkem kannatavad nad külma ja sooja (samblikud, seemned, talv-eosed). Talvel suudavad vastu panna meie puude puuosad, olles võrdlemisi kuivad, niisugusele külmale, mida nad kevadises mahlarikkas seisukorras mitte ei kannataks. Noored lehed surmab külm kergemini kui vanad, veevaesemad.

Surm kuumuses (kõrbemine). Surma põhjuseks kuumuses või ka külmas (v. allpool) on alati protoplasma molekulaarsed muutused. Loomulikkudes tingimustes juhtub esimest harva, kui mitte teised nähtused, näit. veepuudus, kuumusega seotud ei ole, sest et kõrge temperatuuriga maades kasvavad taimed väga otstarbekohaselt on arenenud kuumusele vastupidamiseks. Nad päästavad ennast kõrbemisest vee ära-andmisega (samblikud, samblad), maa-aluste mugulate, sibulate, juurikate, paksuseinaliste mahlarakkude tekkimisega [kaktused, piimlilled (*Euphorbiaceae*), portulakilised (*Portulacaceae*) j. t.], vastupidavate seemnete ja viljade kasvatamisega. Veerikastes palavates kohtades vähendab rakkude temperatuuri ka auramine. Euroopa taimede väljasuremise põhjuseks troopikas on arvatavasti asjaolu, et neil seal talverahu puudub.

Surm külmas (jääkskülmamine). Jääks-

külmamine etendab meie kultuurtaimede juures tähtsat osa. See võib juba temperatuuris üle 0° juhtuda [kirinõges (*Coleus*) ja teised troopikataimed]. Harilikult aga sünnib see mitu kraadi alla nulli, siis kui elusate rakkude vesi, mis soolade, munavalge ja teiste ainete lahund, jääks külmab. Seesugusel juhtumisel on kolm võimalust: 1) Rakkude vesi ei külma mitte kõik jääks, vaid ainult rakuvahelistesse ruumidesse (üherakulistel ja rakuniitide sünnitajatel ümbrusesse) valgunud osas. Säärasel juhtumisel võib protoplasma seda vett sulamisel jälle enesesse imeda, ilma et elu lõpeks. 2) Ka ülejäänud rakuvesi külmab jääks, milleks on tarvis õige madalat temperatuuri, sest et lahund on kontsentreeritum. Sellele järgneb harilikult surm, mida ka sulamine (oistumine) ei suuda kõrvaldada. 3) Taimed külmavad läbi ja läbi jääks, nagu teiselgi juhtumisel, ei sure aga seejuures mitte. Põhja-merisalat (*Cochlearia fenestralis*) elu ei lõpeta — 40° temperatuur Põhja-Siberi rannal mitte, olgugi et tal selles temperatuuris kõik vesi kahtlemata jääks külmab. Ka paljud kodumaa rohttaimed ja põõsad, ka mahlaste ja õrnade lehtedega, võivad kivikõvaks külmada ja pärast sulamist jälle elada [möölad (*Geum*), kirikakrad (*Bellis*), verevad emanõgesed (*Lamium purpureum*), vesiheinad (*Stellaria media*), seatubakad (*Helleborus*), näsiniined (*Daphne*) ja teised]. Protoplasma kokkusead on kõikides taimedes isesugune. Varemini arvati, et külmanud vee laienemisel rakkuseinad lõhkevad; peale sulamist jälle eluvõimeliste rakkude juures ei saa aga seda arvamist mingil tingimusel tõeks pidada. Ka pole rakkuseinte lõhkemist muidu mitte tähele pandud¹⁾.

Vahet peab tegema jääskülmamise ja kuivamise vahel, mis madalate temperatuuride tagajärjena kahel põhjusel võib tekkida: 1) temperatuuris üle 0° , kui

1) Külmapraod tekivad puutüvedesse kõva külma puhul (-10 kuni -12°) sellepärast, et koed ühetasaselt kokku ei tõmbu. Nii-suguseid pragusid on tähele pandud ainult pealt vigastatud tüvedel. Iga-tahes ei ole vedela sisemuse külmamine mitte pragunemise põhjuseks.

lehed veel niiskust välja auravad, kuna külmas ehk külmanud maapinnas olevad juured ei jõua tarvilisel määral vett imeda; 2) temperatuuris alla 0° , kui rakuvahelistesse ruumidesse kristallunud vesi kauakestnud külma järele ära aurab, nagu iga teinegi vesi, ja sulamisel veenõudlikul protoplasmal võimalik pole seda enesesse tagasi imeda („külmamine sulamisel“). Kas sulamine ruttu või pikkamööda sünnib, on ükskõik.

Külma- ja soojustarretus (talve- ja suverahu). Nagu meie taimed viibivad talverahus, nii on mitmetes palavates maakohtades taimed kuivuse pärast suverahu. Kummalgi juhtumisel ei uinu elu mitte täiesti, vaid taimeosad hingavad — nagu nende maakohtade külma- ja mõned soojaverelised loomadki — piiratud määral edasi; hingamisega on seotud ka ainetevahetuse protsessid.

Selles ainetevahetuse protsessis muutuvad munavalge-ained amiido- (NH_2) ühendusteks ja kõrgemad süsiveed lihtsamateks suhkruliikideks ehk glükoosideks: hüdrolüüs. Osa glükoosidest läheb hingamisega kaduma. Ühel ajal muudetakse need „seedimisproduktid“ jälle kõrgemateks ühendusteks: kondensatsioon. Enne rahuaja lõppu on seedimine (hüdrolüüs) ülekaalus. Külmi kiirendab hüdrolüüsi (magusad kartulid).

Sellega harjunud parasvöo-taimedele on need muutused tarvilikud; nende puudusel kiratsevadki viimased või surevad hoopis soojades maades, kus talverahu puudub. Ka küllaldasel soojusel ei hakka kartulimugulad kohe rahuaja alguses kasvama, küll aga siis, kui neid umbes 4 nädalat 0° temperatuuris hoitakse. Niisama hakkavad kunstlikus soojuses talvepungad alles peale seda kasvama, kui rahuaja tööd on lõpetatud, milleks vähemalt jaanuarikuuni aega kulub.

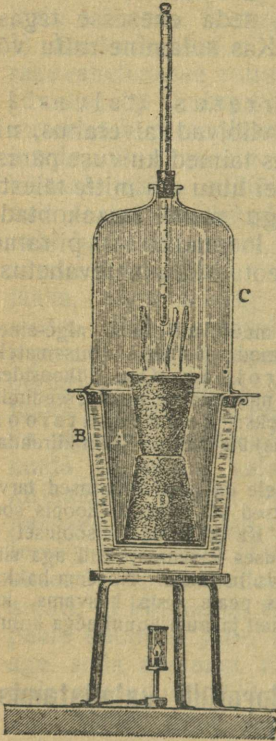
§ 65. Temperatuuri mõju klorofüllil valmistamise peale.

Mitmesugused taime toimetused nõuavad ka mitmesugust temperatuuri. Igas protsessis võib optimumist, miinimumist ja maksimumist kõnelda. Assimilatsiooni tekkimiseks on väga madalast temperatuurist juba küllalt. Natuke suuremad on nõuded klorofüllil valmistamiseks. Viimast on kerge uurida lihtsalt

pimedas kasvatatud, s. o. klorofüllivabade taimede valgusesse seadmisega mitmesuguses õhutemperatuuris.

99. katse. Idutaimede rohenemine mitmesugustes temperatuurides. Nisu- ehk odrataimed kasvatatakse pime-
das, kuini esimene leht tupest hakkab välja tulema. Siis seatakse need mitmesugustel temperatuuridel tuppa või termos-
taati hõredasse päikesevalgusesse (pimedas peab enne valgusesse tõstmist sama kõrge temperatuur olema kui viimases). Rohenemine sünnib kõige paremini 20—30° soojuses, kuna üle 40° ja alla 6° see vaevast märgatav on.

Lihtsa termostaadi võib Detmer'i järele järgmiselt valmistada: Võetakse kaks tsinkanumat, millest esimene teise, osalt veega täidetud anumasse seatakse. Seespool-
sel anumal on lai veer, mis väljaspoolse anuma veerele toetub. Nõnda valmistatud aparaat kaetakse klaaskupliga (71. joon.).



71. joon. Lihtne termostaat Detmer'i järele. Tsinknõu *A* ripub ääri-
se abil tsinksi-
lindris *B*, mis veega täide-
tud; *C* — klaaskuppel termo-
meetriga; *D* — tühi lillepott;
E — pott katsetaimega.

§ 66. Rakukest jääb jääskül- mamisel terveks.

Jääskül-
mamisel ei re-
bene rakukestad mitte, nagu
seda võiks järeldada vee laie-
nemisest jääskül-
mamisel ja
nagu seda varemini järeldatigi.

Peale täielist külmamist jäävad taimed tihti elusse, mis aga sel juhtumisel, kui rakukestad rebeneksid, mitte võimalik pole.

100. katse. Spirogüüri rakkude jääskülmamine. Spirogüüri niidikessed lastakse objektiklaasil jääks külmada. Sulamisel ei ole rakukestas pragusid näha.

§ 67. Külma mõju raku vedela sisemuse peale.

Soolalahundid külmavad madalamas temperatuuris kui puhas vesi. Külmamisel eritub vesi kõige enne jääkristallidena. Sarnane on lugu ka rakumahlaga, mis on enamasti mitmesuguste kõvade ainete lahundina vees.

101. katse. Jääkristallide eritus külmavatest soolalahunditest. Kaaliumbikromaadi või vasesulfaadi lahund lastakse pikkamööda jääks külmada. Jääskülmanud lahundiosa on vedelast kontsentreeritumast osast palju valkjama värviga. Täielikult külmab lahund alles alla 0° jääks.

102. katse. Jääkristallide eritus jääskülmavatest peedilõikudest. Hästi väljakasvanud punasest peedist tehakse mõne sentimeetri paksune lõik, kuivatatakse ja asetatakse kaussi. Viimane seatakse klaaskupliga kaetult (et vesi ära ei auraks) — 6°C külma. Peale lõigu täielist jääskülmamist on selle pind jääkorruga kaetud, mis, nagu mikroskoobilised uurimused on näidanud, paralleelselt üksteise kõrval seisvatel jääprismadest koos seisab. Kõige rohkem jääd on lõigu alumisel pinnal, millega see kausi põhja puutub. See jää ei ole punane, millest järgneb, et mitte rakumahl, vaid uurimisobjektist välja nõrgunud puhas vesi jääks on külmanud.¹⁾

§ 68. Surmav kuumus ja külm.

Vettsisaldavad aktiivsed rakud on eluvõimelised enamasti — 5° (kuni — 10°) ja $+50^{\circ}$ vahel. Vähesed

1) Detmer, Kleines Praktikum, lhk. 65.

taimed, nagu mõned sinirohelistes vetikad — ostsillaariad (Karlsbadi purskkaev) ja bakterid kannatavad suuremat soojust. Taimede arv, mis suuremat külma kannatab, on suurem, nagu põhja-merisalat (*Cochlearia fenestralis*) (v. § 64) ja punane lumivetikas.

103. katse. Paisunud seemnete surmamine kuumusega ja külraga. Üks osa paisunud herne- ja nisu-seemneist seatakse veerandtunniks $+60^{\circ}$ kuni $+70^{\circ}$ vette, teine osa mõneks tunniks -5° kuni -10° temperatuuri. Külvamisel ei idane ei kuumuses ega külmas olnud seemned mitte (võrd. 106-nda katsega).

104. katse. Idanevate taimede surmamine kuumusega. Nisutaimed kasvatatakse kolmes väikeses potis 8 kuni 10 sm kõrguseks. Muld surutakse pottides hästi kinni, keeratakse nad ümber ja pistetakse taimed 10 minutiks 42° , 48° ja 52° -lise vee alla. Peale selle mahutatakse potid harilikus seisus normaalsesse toatemperatuuri. Taimed, mis 42° -lises vees olid, jäävad terveks; teised surevad ära. Need, mis 52° -ni soendatud, närtsivad mõne tunni pärast.

105. katse. Surmatud lehtede värvimuutus. Begoonialt (*Begonia manicata*) lõigatud leht seatakse varrega vette, kaetakse klaaskupliga ja mahutatakse -5° kuni -10° temperatuuri. Lühikese aja jooksul kaotavad lehed oma roheline värv sellepärast, et klorofülliterad muutuvad, nagu mikroskoobilisest uurimisest selgub, kollaseks. Viimane asjaolu näitab selgesti, et rakud juba jääkskülmamisel oma elu kaotavad, mitte aga alles sulamisel. Samasugune mõju on ka kuumusel: $+55^{\circ}$ vees muutub roheline leht mõne minuti jooksul, $+70^{\circ}$ -lises aga silmapilkselt kollaseks.

§ 69. Veevaesed taimed on kuumusele ja külmale vastupanelikumad.

Mida veevaesemad on taimed või taimeosad, seda suuremat kuumust või külma jõuavad nad ilma kahjuta

kannatada. Õhus kuivanud seemned on palju vastupanelikumad kui paisunud seemned. Kui seemneid kloorkaltsiumiga kuivatada, siis kannatavad nad veel suuremat kuumust ja külma.

106. katse. Kuivade seemnete vastupidavus külmale. Õhus kuivanud herne-, oa-, nisuseemned seatakse mitmeks tunniks — 5^o kuni — 10^o-lisesse temperatuuri. Nende idanemisvõime ei kao mitte. Samad seemned surevad paisunud olekus nii madalas temperatuuris.

107. katse. Kuivade seemnete vastupidavus kuumusele. Ühte katseklaasi asetatakse kuivad, teise paisunud nisuterad ja mahutatakse mõlemad tunniks ajaks 60^o vette. Kuivadel seemnetel on idanemisvõime alal, paisunud seemned on selle kaotanud (idanemiskatse!).

108. katse. Kunstlikult kuivatatud seemnete vastupidavus kuumusele. Nisuteri kuivatatakse kaks päeva kloorkaltsiumiga ja paigutatakse nad kolmeks tunniks 100^o-lisesse kuumusesse. Kaunis suur protsent neist seemneist ei kaota oma eluvõimet (K e r n e r 'i järele 75^o/_o). Õhus kuivanud seemned surevad kõik selles kuumuses (idanemiskatse!).

§ 70. Protoplasma muutused surmavas kuumuses ja külmas.

Surmava kuumusega või külmega tapetud protoplasma muutub molekulaarselt; tema laseb enesest näit. värvained ja happed läbi, kuna normaalne protoplasma värvi- ja happekindel on.

109. katse. Värvainete väljavalgumine surmatud protoplasmast. Külmamata ja jääskülmanud punase peedi lõigud seatakse vette. Viimased värvivad vee punaseks, esimesed mitte.

Sama katse korratakse naerilõikudega, millest osa 60^o kuumuses on viibinud. Kuumus mõjub niisama kui külm.

110. katse. Happe väljavalgumine surmatud proto-

plasmast. Begoonia (*Begonia manicata*) lehe roots lõigatakse kaheks tükiks ja paigutatakse üks tükk senikauaks 60^o-lisesse vette, kuni värv kaob. Peale seda asetatakse mõlemad tükid kahte katseklaasi destilleeritud vette ja lisatakse kummalegi juurde kloorkaltsiumi lahundit; üks vedelik jääb selgeks. Teise katseklaasi, milles kuumuses olnud tükk, ilmub oblikhapu lubi. Begoonia lehed kaotavad kuumuses ja külmas sellepärast oma värvi, et oblikhape lahutab klorofülli.

§ 71. Külma mõju tagavara-ainete peale.

Külm muudab lahundumatud tagavara-ained lahunduvaks ühendusiks, peaaesjalikult suhkruliikideks. Nii näit. muutub külmanud kartulimugulates tärklis osalt viinamarja-suhkruks (võrdle § 64, talverahu).

111. katse. Kartulitärklise muutumine külmas viinamarja-suhkruks. Kartulimugulad seatakse ööks ajaks — 5^o kuni — 10^o-lisesse temperatuuri. Nad külmavad kivikõvaks, on peale sulamist ebaloomulikult pehmed ja eraldavad pitsitamisel mahla; mäenduvad kergesti ja maitsevad pitsitamisel vastikmagusad. Kas sulamine pikkamööda või ruttu sünnib, on tähtsuseta.

§ 72. Liigutused soojusekaotuse kõrvaldamiseks.

Soojus on keemiliste protsesside tekkimiseks väga tarvilik. Soojusekaotuse vähendamiseks on taimedel mitmesugused abinõud. Lehed, iseäranis paljud liblikõieliste sulglehed, asetuvad ööseks ristloodis seisu; samal otstarbel katavad üksteist idulehed. Sigimisorganide kaitsmise mõttes vajuvad mitmel taimel nupud alla [porgand, tähtpead (*Scabiosa*), aedkannike]; teistel lähevad õied külmas kinni [krookus (*Crocus*)].

112. katse. Temperatuuri mõju idulehtede seisu peale. Potis kasvatatakse kõrvitsa (*Cucurbita*) või päevalille (*Helianthus*) taimed. Niipea kui idulehed mullast

välja on tulnud, võib tähele panna, et päeval laialilootatud idulehed õhtuti külma ilma tulekul ennast ülespoole kokku panevad, mille läbi soojusekaotus väheneb.

113. katse. Temperatuuri mõju krookuse õite peale. Kevadise krookuse (*Crocus vernus*) õied (valge-õiene teisend) on temperatuurimuutuste vastu väga tundlikud. Kui potis kasvatatud eksemplarid soojast (19 kuni 20°) külma tuppa (5°) viia, siis sulguvad õied. Vabas looduses kasvanud õied avanevad, kui need külmal päeval ära lõigata ja sooja tuppa viia; tulbi liigutused on natuke aeglasemad. Valgus ei etenda siinjuures mingisugust osa.

§ 73. Lehtpuude talverahu.

Paistab, et sügisel kasvanud lehtpuude pungad talve jooksul sugugi ei muutu ja alles kevadel uuesti arenema hakkavad. Kuid sellel n. n. rahuperioodil tekiavad nendes siiski väikesed muutused (v. § 64). Sellele tõenduseks on asjaolu, et lõigatud okstel arenevad toatemperatuuris pungad seda rutemini ja paremini, mida ligemal loomulik arenemisaeg, s. o. kevade. Eeter ja kloroform kiirendavad pungade arenemist küpsekssamiseks.

114. katse. Talvepungade enneaegne arenemine soojuses. Mõnel maal on ilus komme barbaarapäeval (4. detsembril) mitmesugustelt puudelt oksi õiepungadega sooja tuppa veeanumatesse seada, et need jõuluks õitsema hakkaksid. Oksad tuleb võtta niisugustelt puudelt, mis vara õitsevad (harilikult tarvitatakse kirsi, õunapuu, mandli, viirpuu, persiku oksi); niisama ei tohi neid murda, vaid peab lõikama. Külmast viiakse oksad pikka-mööda sooja tuppa ja pritsitakse mitu korda päevas leige veega (veel parem on neid suure klaaskupli alla seada). Lõpuks tuleb ka selle eest hoolitseda, et oksad lehetäidest ja limaseentest vabad seisaksid. Kuid kõige hooli peale vaatamata jäävad õied harilikult enam või vähem kiduraks (nagu lillekaupluste kunstlikult kasvatatud

sirelid). Paremaid tagajärgi annavad tuhkpuu, paju, sarapuu, hõbepapli oksad. Kuid ka siin maksab seadus: mida ligemal kevade, seda rutemini arenevad pungad. 15. detsembril lõigatud tuhkpuu (*Cotoneaster*) oksal avanevad õied 15 päeva pärast. 3. veebruaril lõigatud oksal 5 päeva pärast. Sarapuu oks tarvitab viimasel juhtumisel ainult kaks, hõbepappel neli päeva.

115. katse. Eetri mõjul avaneb pung varemini. Paju oks paigutatakse oktoobris (igatahes augusti ja novembri vahel) 24 tunniks kinnisesse anumasse ühes 0,6 sm³ eetriga ühe liitri õhu kohta. Peale seda panakse oks mõneks tunniks vette ja seatakse lõpuks ainult alumise otsaga vette. Pungad arenevad kahe päeva jooksul; teisel kontrolliks seatud oksal mitte. Eeter edendab Johannsen'i järele suhkru ja amiidoühenduste valmistust, kõrvaldab aga ka teised tundmatud kasvamise takistused. Hiljem novembrit ei edenda eeter enam pungade avanemist.

VIII. Kasvamine.

§ 74. Kasvamisnähtuste ülevaade.

Kasvamise tingimused. Taimedel, kui orgaanilistel olevustel, on võime ümbrusest enesesse aineid võtta ja nende varal oma raskust ja kogu suurendada, see tähendab, kasvada, kuni nad looduse poolt ettekirjutatud individuaalselt ja geneeriliselt mitmesuguse maksimumi saavutanud, või, teiste sõnadega öeldud, teatavas perioodis on taimedel sissevõtmine väljaandmisest suurem, kusjuures muud elamistingimused soodsad peavad olema. Need elamistingimused jagunevad välisteks ehk füüsilisteks ja sisemisteks ehk pärituiks. Esimesed on toiduained ja vesi maapinnas, süsihappu gaas ja hapnik õhus, soojus, valgus, raskusejõud. Sisemised on meie vaatluste eest varjatud, nagu juba sissejuhatuses tähendatud, ja tingivad mitmesugused vormid, suuruse vahekorrad, osalt kasvamisperioodid, taimede vanaduse.

Eespool on juba kõneldud tähtsamate füüsiliste jõudude mõjust taimede arenemise peale. Siin on tarvis veel selgitada mõlema liigi jõudude ühist mõju ja töestada katsetega mõned nähtused, mis eespool olevatesse osadesse ei ole sündinud.

Kasvamise juhatab nii-öelda sisse taimeosade imbibitsioon (vee võtmine) ja sellega ühenduses olev turgor, sest et need võimaldavad taimele enesesse võtta uut orgaanilist ainet alalisel vanemate moodustuste paisumisel. Selle läbi jääb vastav taimeosa teistega võrreldes

veevaesemaks, saab, järjekult, jälle imbibitsiooni- ja edasikasvamisvõimeliseks.

Kuna ühed koed püüavad laieneda, teised, paralleelselt jooksvad, seda takistavad, siis tingib säärane mitmesugune turgor kõrvoolevates kudedes koe pinevuse (vaata § 9, 19. ja 20. katse).

Kasvamine on ehitusainete tarvitamine. Uute ainete võtmine taimekehasse ei tähenda veel kasvamist, niisama ei tähenda seda veel anorgaaniliste ainete orgaanilisteks muutmine (tärgliseks, inuliiniks, suhkruks). Nende ehitusainete tarvitamine vanade rakkude lisaehitusteks ehk uute rakkude tekitamiseks on vast kasvamine.

Suur ja väike kasvamisperiood. Mitte ainult igal taimekehal kui tervikul ei ole teatav kasvamis-, seisatuse- ja lagumisaeg, vaid ka iga üksik orgaan teeb niisamasuguse arenemise läbi, mille ajaline kestus terve indiviiduumi omaga mitte ühepikkune ei pruugi olla.

Et kasvamistingimused nii aasta kui ka päeva kestes muutuvad, siis avaldavad need järjekindlad perioodid vastavat mõju ka kasvamise peale. On olemas suur ja väike kasvamisperiood. Esimene sisaldab taime ehk taimeosa terve elu, teine on tingitud öö-päeva vaheldusest. Mitmeaastastel taimedel ja orgaanidel peaks öieti veel kolmas periood olema, mis vastab¹⁾ ühele aastale.

Katsete ülevaade. Katsetel kasvamisest on kaks ülesannet: esiteks, vaadelda kasvamist normaalses välises ehk füüsilistes tingimustes, teiseks, kindlaks teha üksikute välise jõudude mõju kasvamise peale. Normaalsel kasvamisel suurenevad taime kuju, raskus, kogu ja tehtud väline töö. Füüsilistest jõududest teenivad siinkohal kõige suuremat tähelepanu valgus ja raskusejõud.

1) Tõepoolest pole mitu aastat kasvavaid orgaane olemas. Kõik see, mis puutüvedes, sibulates, juurikates elmistest aastatest päritud, on surnud ja saadab taimetele ainult mehaanilist kasu.

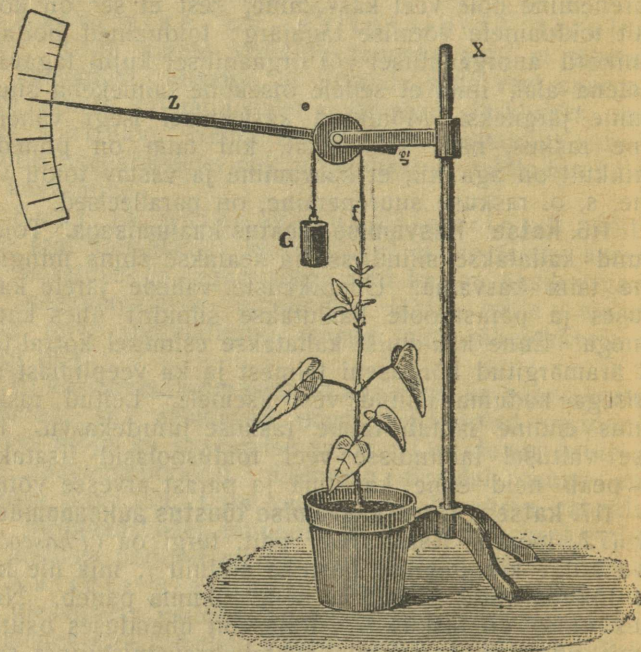
§ 75. Raskuse tõestus kaalumise ja mõõtmisega.

Taime kasvamise tõestuseks on harilikult kaks meetodi: kaalumine ja mõõtmine. Kuid mitte iga raskuse suurenemine pole veel kasvamine, sest et see on kõige pealt toiduainete võtmise tagajärg; toiduained hoitakse mõnikord anorgaanilisel või orgaanilisel kujul tagavaraainetena alal, ilma et sellele otsekohe taimekeha suurenemine järgneks. Mõnikord kasvamisel isegi väheneb taime raskus, näit. sel korral, kui taim on pimedas. Harilikult on aga nii, et kasvamine ja vastav toidu võtmine, s. o. raskuse suurenemine, on paralleelsed.

116. katse. Kasvamise tõestus kaalumise ja mõõtmisega. Toidulahund kallatakse silindrisse ja seatakse sinna mingisugune taim kasvama. Ühepikkuste vahede järele katse alguses ja pärastpoole kaalutakse silindrit ühes katsetaimega. Enne kaalumist kallatakse esimesel korral täpsalt äramärgitud kõrguseni taimest ja ka veepinnast auramisega kaduma läinud vesi asemele. Leitud raskus miinus endine näitab taime raskuse juurdekasvu. Kui katse vältusel lahundisse veel toidusoolasid lisatakse, siis peab neid enne kaaluma ja pärast arvesse võtma.

117. katse. Varre kasvamise tõestus auksanomeetri abil (72. joon.). Katsetaime, näit. türgi oa (*Phaseolus*) ladva külge kinnitatakse peenike siidniit f , mis üle kergelt liikuva ratta ulatub ja selle liikuma paneb. Niidi teises otsas on raskus G . Ratas on ühenduses osutiga Z , mis ringikujulisel skaalal näitab kasvamiskiirust suurendatud mõõtudes. Koolile peaks sellest lihtsast aparaadist jätkuma. Peenemate ja kauemat aega kestvate vaatluste jaoks tarvitatakse iseregistreerivat aparati (Pfeffer'i, Sachs'i järele). Sellel aparaadil jookseb niit üle ilma osutita rulli ja on kinnitatud plokile, millega ka ristloodis osut ühenduses. Kui niidi teise otsa külge seotud taim kasvab, libiseb plokk mööda vaskkangi ristloodis allapoole. Selle juures joonistab osuti ots tahmatud, korrapäraselt vertikaalse telje ümber pöörlevale

silindrile täpsa kasvamiskõvera, kui seda eeldada, et aparaat on väga hoolikalt välja töötatud ja hästi üles seatud. Mõlemate mõõtmismetoodide juures tuleb silmas pidada, et ühekülgisel valgustusel vars heliotropismisea-



72. joon. Lihtne auksanomeeter kasvu mõõtmiseks.

duste järele valguse poole kooldub ja sellega terve vaatluse tõsiduse küsitavaks teeb. Sellepärast mõõdetakse kas pimedas või seatakse taime taha aknaga paralleelne peegel (kui vaatlusaeg lühike).

118. katse. Taime kasvamise mõõtmine mikroskoobi ehk pikksilma abil. Uba või hernes mahutatakse

niiskesse saepurusse idanema. Peale seda, kui juur mõne sentimeetri pikkune, seatakse katsetaim püstloodis üles seatud ja alumise otsaga vette paigutatud lehtitorusse. Seeme kaetakse niiske vatiga, kuna lehtri ülemisele otsale klaasplatt mahutatakse. Klaastorusse ulatuva juure alumise otsa kohta seatakse horisontaalselt mikroskoop. Juba kahekümne minuti pärast on väikesel mikroskoobi suurendusel juure pikenemist märgata, kui takistatakse juure heliotroobilist kooldumist väikese peegli abil, nagu 117. katseski. Sachs'il oli vaatlemisobjektiks ühe leival kasvava seene *Phycomyces*'e eoskand. Mikroskoobi asemel tarvitas tema pikksilma mikromeeter-skaalaga. Seen pöörles heliotroobiliste kooldumiste kõrvaldamiseks uurivärgi abil vertikaalse telje ümber.

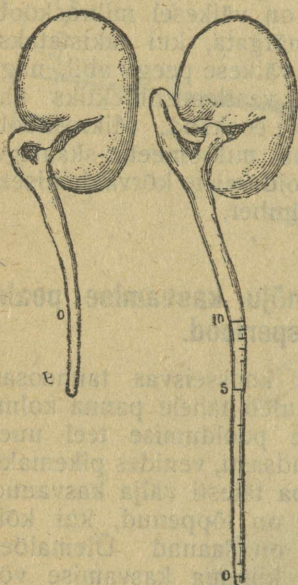
§ 76. Sisemiste jõudude mõju kasvamise peale. Suur kasvamisperiood.

Igas kasvavas, rakkudest koosseivas taimeosas, nimelt juures, varres ja lehes, tuleb tähele panna kolme vööd: esimeses tekivad alalise pooldumise teel uued rakud, teises kasvavad rakud jõudsasti, venides pikemaks, ja kolmandas vöös on nad juba täiesti välja kasvanud. Taimeosa suur kasvamisperiood on lõppenud, kui kõik rakud kolmanda vöö rakkudeks on saanud. Ülemalõeldust võib järeldada, et kõige kiirema kasvamise vöö alaliselt oma kohta muudab.

119. katse. Seemne kasvamisperioodi makroskoobiline vaatlus. Et võimalik oleks ilma iseäraliste aparatuurideta kindlaks teha juurte, varte ja lehtede kasvamist üldse ning ühel ajal ära määrata venimise kohta ja aega, tõmmatakse mõõdetavatele taimeosadele millimeetermõõdu abil tušiga võimalikult peened kriipsukesed (73. joon.) (v. 86. katse).

a) Juurtel. Juurte vaatlemiseks on kohane 57. joon. kujutatud tsinkkast või sama sead, mis 118. katses. Veel lihtsamalt kinnitatakse nõõpnõela abil idanev taim

juurega allapoole korgi alumisele küljele ja vajutatakse kork pudelile, milles natuke vett. Nii valmistatud aparaat mahutatakse heliotroobiliste kooldumiste ärahoidmiseks pimedasse ja hoolitsetakse ühetasase, parem vähe kõrgema temperatuuri eest. Võib tähele panna, et igal kriipsu-



73. joon. Idanenud oa seemne peajuure kasvu mõõtmine tušiga tehtud kriipsude abil (Sachs'i järele).

kestega piiratud juureosakesel on oma suur kasvamispeerioid; kõige rohkem on sirgunud juure tippust natuke kõrgemal olevad osakesed. Et juure tipp rakkude poolumisega ikka edasi kasvab, siis liigub samal määral ka kõige suurem kasvamisvöö edasi, kuna tahapoole jäävate juureosade kasvamine vastavalt väheneb.

b) Vartel. Vartega talitatakse niisama kui juurtega; ka siin on olemas loomulikult piiratud okste ehk sõlmede vahelised osad, millede kasvu võib kergesti mõõta ja võrrelda. Venivad osad on siin pikemad kui juurtel — türgi oal (*Phaseolus*) 35 sm; okste ehk sõlmede vahelised osad ei ole mitte ühepikkused, kõige pikemad on harilikult keskmised. Rohtaia katseteobjektiks on kõige kohasem humal.

c) Lehtedel. Kõrvits või tubakas kultiveeritakse suurtes lillepottides, seatakse peale seda, kui mõned lehed on avanenud, suurte klaaskuplite alla, mahutatakse valguse kätte (mitte otsekohesesse päikesevalgusesse!) ja hoolitsetakse ühetasase temperatuuri eest; enne klaaskuplite alla seadmist tehakse tušiga mõnele lehelabale

punktike või tõmmatakse lehe kesksoonele samasugused kriipsukesed, nagu juurele. Seda katset võib ka vabas looduses korraldada, ehk küll niisugusel juhtumisel ühetasase temperatuuri peale ei või loota; suurt kasvamisperioodi pole siin nii hea jälgida kui toa soojuses, kuid sellevastu on jälle võimalik paremini tundma õppida temperatuuri muutuste mõju kasvamise peale.

§ 77. Valguse mõju kasvamise peale. Väike kasvamisperiood.¹⁾

Valgus on taimetele selleks tarvilik, et maapinna anorgaanilistest sooladest ja õhu süsihapust gaasist ehitusaineid tekitada, nagu eespool assimilatsiooni üle kõneldes katsetega selgitatud. Katsuti uskuda, et valgus ka nende ainete tarvitamisel taimkeha ehituseks otsustavat osa etendab. Kuid täpsad katsed on tõendanud, et orgaaniliste ühenduste ümbertöötamiseks on pimedus soodsam, et mõnikord valgus koguni takistavalt mõjub ehitustegevuse peale. Kui siin valgusest kõneldakse, siis tuleb jällegi vahet teha valguse kahe pealiigi, punasekollase ja sinise-violeti vahel. Ainult viimane takistab kasvamist. Et öeldu järele kasvamine ööse pimedas on jõudsam kui päeval, siis tekivad päevased kasvamisperioodid, mis selle poolest keerulisemad, et harilikult õhtupoolikuti, kõige soematel päeva tundidel, kasvamine heleda valguse peale vaatamata natuke kiirem on kui hommikupoolikul. Päevane kasvamismaksimum on veidike aega enne päikese tõusu, miinimum enne päikese loojaminekut.

120. katse. Varte kasvamine pimedas. Türgi oa või kõrviisa taimed kasvatatakse ühesuurustes pottidetes. Ühed on valguse käes, teised sealsamas kõrval (ühesuguse temperatuuri pärast) pappkasti all. Viimased ei arene normaalselt (v. 52. katse § 32 ja

1) V. heliötropism.

§ 55); vars pikeneb, lehed jäävad kiduraks ja püstseisu. Kõik taimeosad on valged ja õrnad. Puitumine jääb puudulikuks sellepärast, et turgorilise laienu misvõimega varustatud mähirakkude venimist miski ei takista (v. 19. ja 20. katse). Sedasama võib tähele panna kartulimugulate idude juures, kui kartulimugulad jaanuaris köetud ruumis osalt kaetult, osalt lahtisesse kasti omaette jätta. Esimeste idud on pikemad.

Selle katse korraldamisel tuleb tähele panna, et taimed mitte otsekoheses päikesevalguses ei seisaks, sest et siis pappkasti all ülearune kuumus tekiks ja soojuste tingimused ühesugused ei oleks.

121. katse. Juurte pikenemine pimedas. Herne seemned idandatakse niiskes saepurus, kuni peajuured on umbes 2 sm. pikad. Peale seda valitakse võimalikult ühesuguselt arenenud eksemplarid, märgitakse juured, nagu 86. katses, tušikriipsukestega ja kasvatatakse kaevuvees osalt valguses, osalt pappkasti all. Selgub, et valguses on juurdekasv väiksem kui pimeduses. Siinjuures võib ühtlasi ka kasvamise väikest perioodi vaadelda.

§ 78. Pimeduse mõju õite ja vilja peale.

Õied ja viljad arenevad pimedas täiesti normaalselt.

122. katse. Pimeduse mõju õisubade õite ja vilja peale. Noor õisuba õisik seatakse pimedusse pappkasti või ümbritsetakse tiheda musta kotiga, nii et valgus ligi ei pääse. Arenemine on normaalne.

123. katse. Pimeduse mõju hüatsindi õie peale. Kultiveeritakse pimedas mitte väga kõrges temperatuuris hüatsinte hüatsindiklaasides. Lehed ja vars muutuvad etioleerituks, õied arenevad normaalselt.

§ 79. Kasvavate taimeosade mehaaniline jõud.

Kasvavate taimeosade mehaaniline jõud on tuntud mitmest igapäevase elu nähtusest. Juured tungivad kal-

jupragudesse ja rõhuvad kiva üksteisest eemale, milleks mõnikord suurt jõudu tarvis. Valgusesse püüdvad taimede idud ja kübarseente eostekandjad võtavad tihti suured mullatükid kaasa. Vanade lehtpuude juured kergitavad ennast mõnikord maapinnast välja, aluse vastu toetudes, selle juures enese, krooni ja tüve mitmetuhandekilogrammelist raskust üles tõstes. Mehaanilise jõu olemasolu on juba eespool tõestatud mõnes katses (83. katse); siin olgu tähelepanu juhitud veel järgmise katse peale.

124. katse. Maksasammalde rakuniitide kasvamisjõud. Kui maksasammal aururikkas ruumis niiskele, mitmekordselt kokkupandud kurnapaberile seada, ajab ta juba 24—48 tunni pärast rakuniidid välja, mis paberist läbi kasvavad. Auke, milles nüüd rakuniidid, paberis enne ei olnud; kurnapaberi kude on nii tihe ja sitke, et isegi maisi tärkliisterad, mille läbimõõt vahest kahe mikromillimeetri ümber, kurnapaberist läbi ei lähe. Seda vähem tungivad sealt läbi maksasammalde rakuniidid, mille läbimõõt 10—35 mikromillimeetriti.¹⁾ Sellepärast peavad augud, mis maksasammalde rakuniidid puurivad, selle läbi olema sündinud, et koed üksteisest eemale lükatakse, mis oletab võrdlemisi suurt jõukulutust.

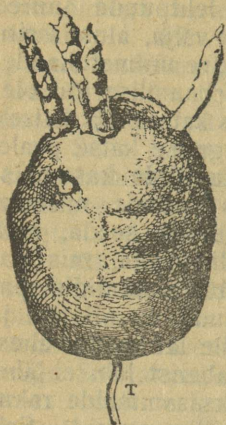
§ 80. Korrelatsiooninähtused.

Mitte kõik juba idulehtedes leiduvad taime orgaanid ei arene päriselt. Tugevamad ja taimele kasulikult asetatud arenevad, vähem kasulikud jäävad kiduraks, on nagu unes, rahu, mispärast nendest ka kui „magavaist silmist“ kõneldakse. Kui mõni juhtumine — inimene, loom, kuivus, külm — tugevamad võistlejad kõrvaldab, tarvitab taim nende asemele uusi, mis arenevadki „magavaist silmist“, sest et toit, mida ennem kaotatud orgaanid tarvitasid, nüüd unes olevatesse valgub. Need ongi korrelatsiooninähtused²⁾.

1) Kerner, Pflanzenleben.

2) Correlatio, suhe (taimeosade vahel).

Seda taime omadust kasutatakse tihti aianduses, näit. põõsasaedade, oksa- ja õierikaste fuksiate (*Fuchsia*) kasvatamisel jne.



74. joon. Idanev kartulimugul. *T* — võsund. Harilikudel tingimustel arenevad ainult ülemised pungad.

125. katse. Ladva mahalõikamise mõju kaenalpungade arenemise peale. Kaks türgi oa (*Phaseolus*) taime kultiveeritakse pottides. Ühel nendest lõigatakse idulehe pealne vars kohe maha, niipea kui see mullast välja on tulnud. Selle asemel hakkavad idulehtedel arenema kaenas olevad pungad. Teine taim on võrdlusobjektiks.

126. katse. Arenevate pungade kõrvaldamise mõju magavate silmade arenemise peale. Kartulimugulatel, mis selle kohaga, kus maa-aluse võsundi ots kinnitub, allapoole seatult kastmata kultiveeritakse, arenevad ainult ladval leiduvad pungad (74. joon.). Kui need ära lõigata, siis hakkavad allpool olevad pungad arenema.

§ 81. Valguse mõju lehtpuu lehtede polaarsuse peale.

Meie lehtpuude lehtedel on pealmise ja alumise marrasknaha vahel lehe talbkude (parenhüüm), millel on kaks kihti: otse pealmise marrasknaha all olev kiht seisab koos klorofüllirikastest rakkudest (sammasparenhüüm), kuna alumise külje marrasknahaga piirduv kiht on klorofüllivaene ja õõsi sisaldav (kobeparenhüüm). Stahl (Jeena, 1883) leidis, et seesugusele korraldusele ainult valgus põhjust on annud. Varjus olevate lehtede anatoomia on teissugune ja lehed, mis kunstlikult ümberkeeratakse, nii et senine alumine külg valgustub, muu-

davad sellele vastavalt mõlemate parenhüümkihtide kohad.

127. katse. Anatoomilise ehituse muutus ümberpööratud pöökpuu lehes. Noored pöökpuu (*Fagus sylvatica*) lehed keeratakse ümber ja kinnitatakse nii, et valgustuks alumine kül. Täiskasvanult on nendes lehtedes sammaskiht valgustatud, kobekiht varjatud küljel.

§ 82. Välimiste jõudude mõju võsu polaarsuse peale.

Valgus ja raskus mõjuvad silmatorkavalt orgaanide tekkimise ja arenemise peale. Kui paju ja ka teisi oksi niiskes õhus kultiveerida, siis tekivad koore all juure- ja võsupungad, esimesed all, kui oks loomulikus seisus kinnitatakse, teised üleval. See „polaarsus“ on Vöchtling'i katsete järele valguse ja raskuse mõju tagajärg. Ühekülgsel valgustusel kasvavad pimedale küljele juured, vastupidisele võsu. Et ka raskusejõud sarnaselt mõjub, näitab pajuokste kultiveerimine ümberpööratud seisus; sedasama näitab ka asjaolu, et pajuoksad, mis klinostaadi abil kiirelt on pöörlema seatud, pöörlemistelje sihis võsu, perifeersel otsal aga juured kasvatavad.

Ka õite zügomorfia (ebasümmeetria) on Vöchtling'i uurimuste järele (1886) kahtlemata raskusejõu mõju tagajärg.

128. katse. Pajuokste polaarsuse mõju muutumine. Võetakse kolm pöidla jämedust 30—40 sm pikkust pajuoksa tükki. Esimene seatakse vette loomulikku püstseisu, teine ümberpöörduvalt ja kolmas pannakse korgitükkide abil vee peale horisontaalselt ujuma nii, et ta mitte ei saaks pöörelda ja pooleni veest välja ulatub. Kõigil kolmel arenevad üleval võsud, all juured, teisel ja kolmandal aga palju pikema aja jooksul ja alles siis, kui oksa alumisel otsal võsude arendamiseks mitu kord katseid on tehtud.



75. joon. Osa paju oksast, mis rippunud klaassilindris niiskes õhus; alumises otsas varre võsud, *b*: s juured (Hanseni järele).



76. joon. Osa paju oksast, mis ülemise otsaga alla keeratud; üleval endine ülemine ots, *d* — endine alumine ots (Hanseni järele).

Tahetakse katse puhtamalt teha ja kõrvaldada vee mõju, mis siin peasa näib etendavat, siis võib oksa niiskesse õhuruumi paigutada, riputades neid kinnistesse, natuke vett sisaldavatesse klaassilindritesse (75. ja 76. joon.).

Aitab õieti ühestki jõust — kas valgusest või raskusest, et samu nähtusi esile kutsuda. Võib lasta katseobjektile kas ainult valgust (raskusejõu kõrvaldamine pikaldase keerlemisega risttelje ümber, ühekülgne valgustus prao läbi) või raskust (igakülgsel valgustusel või pimedas) mõjuda ja lõpuks raskusejõu asemele tsentrifugaaljõudu asetada (v. geotropism).

IX. Liikumisnähtused.

§ 83. Liikumisnähtuste ülevaade.

Nägematud (molekulaarne ja aatomite) liikumised. Taim on ainult pealtnäha liikumatu. Tõepoolest on kõik tema elu ja kasvamisnähtused liikumistega seotud. Toidu võtmine, edasisaatmine, muutmise, raku tekkimine ja suurenemine — kõik põhjenevad väiksemate osakeste liikumistel, mida me küll alati otsekohe ei saa jälgida, kuid nende liikumiste resultaatidest võime tõendada. Toidu võtmise, transpiratsiooni, assimilatsiooni, hingamise ja ainetevahetuse peatükkides on juhitud tähelepanu taimes alaliselt ettetulevate muutuste ja ainete liikumise peale.

Hügroskoobilised liikumised. Optiliselt nähtavaist liikumisist taimeriiGIS tuleb kõige pealt eraldada elusate ja surnud taimerakkude või -orgaanide liikumine. Teisel, hügrokoobiliste liikumiste rühmal on orgaaniga ainult niipalju ühist, et see objektid muretseb, millel me neid liikumisi võime vaadelda, ja et orgaaniline elu neid oma huvides kasutab. Hügrokoobiliste liikumiste põhjuseks on ühenduses olevate kudede mitteühetasane vee tarvitamine (paisumine) või mitteühetasane kuivamine; liikumised on mõnikord väga elavad. TaimeriiGIS etendavad nad tähtsat osa seemnekapslite ja tolmukottide avanemises, eoste ja seemnete laialilagunemises, seemnete mullasse kinnitumises, õieosade kaitsmises [keelikurohi (*Carlina*)].

Rakkude liikumised. Tuleb lahus hoida elusate taimekehade liikumisi ühelt poolt ja üksikute rakkude (ehk nende osade) ning suuremate rakuühenduste

või paljurakuliste orgaanide liikumisi teiselt poolt. Elusad rakud, mis pole suletud tarretanud seintesse, on vees ehk niiskel pinnal liikuvad, nagu loomad. Nii võivad ennašt liigutada vetikate liikuvad eosed ja spermatozoidid nende suurusega võrreldes võrdlemisi kiiresti viibutavate protoplasmaniidikeste — vibukate abil. Lima-seente plasmoodiumidel võib amööboidset liikumist tähele panna, mis selles seisab, et nad protoplasmaosakese ettepoole lükkavad, millele tagapool olev osa voolates järgneb. Ränivetikad (*Diatomeae*) ja rohelised vetikad (*Chlorophyceae*), millel kõvad rakuseinad, liiguvad pikka-mööda libisedes arvatavasti limaniidikeste abil.

Rakkudes, mis seintesse suletud, võib ka liikumist tähele panna, nii näit. valguseärritusest tingitud otstarbekohased klorofülllikehade liikumised (v. § 60) ja protoplasma voolamised.

Paljurakuliste orgaanide liikumised kasvamise ehk turgori abil. Mõned paljurakulised taimed, mille juured maapinnas, on pealtnäha liikumisvõimelised, sest et nad ennast edasi nihutavad eesotsast kasvamisega ja tagaotsast suremisega (ülane, kuu-tõve-rohi), kuid seda ei tule ikkagi võtta kohamuutmisenä, vaid teisel kohal uuesti tekkimisenä.

Kõrgemad taimed liigutavad ainult oma orgaane. Need liikumised on mehaanika järele kahte rühma jagatavad; esimesi võib kasvavatel osadel tähele panna ja nende põhjuseks on ühtlusetu sirutus mitmel küljel; teised on omased ainult väljakasvanud osadele ja tekivad mitmesuguste rakkude ühtlusetu turgori tagajärjel: variatsioonliikumised. Mõlemad liigid võivad tekkida kas ilma iseäralise ärritusega, s. o. normaalsetes üldistes kasvamistingimustes spontaanselt¹⁾ ehk autonoomselt²⁾, või nende äratajaks on mõni iseäralik, tõendatav ärritus — paratoonilised³⁾ ehk

1 spons — enese tahtmine.

2 *αὐτός* (autós) — ise, *νόμος* (nómos) — seadus.

3 *παράτονος* (parátonos) — väljasirutatud, venitatud.

ärritusliikumised. Spontaansed kasvamisnähtused — nutatsioonid — on lehtede ja õite avanemine, väätkasvude otsivad liigutused; paratoonilised kasvamisnähtused sellevastu on tropismid, millest on geotropism ja heliotropism erandlikud juhtumused. Turgori kõikumistel põhjenevad spontaansed variatsioonliikumised on telegraafitaime (*Hedysarum gyrans*, Indias) kõrvallehtede ja vähemal määral ning ainult pimedas tekkivad ristikeha ja jänesekapsa-liikide liigutused. Paratooniliste liikumiste hulka kuuluvad osa lehtede ja õite magamisliigutustest, huulheinte ja teiste putukasööjate taimede liigutused.

Ärritusliikumised ja nende seadused. Kõik elusad taimerakud on ärritavad, niisama kui see on loomagi rakkude tähtis omadus. Iseenesest mõista, võivad üksikud, vabalt liikuvad rakud oma kalduvuste järele ennast kahjulikkude mõjude eest hoida ja kasulikke tingimusi üles otsida (96. katse), kuna see kinnikasvanud rakuühendustel võimalik pole. Kõneldakse troobilistest ja taktilistest ärritusliikumistest, näit. kemotroobilised ja kemotaktilised liikumised, selle järgi, kas ärritus kasvavatele või väljakasvanud taimeosadele mõjub. Viimasel juhtumisel on need harilikult rakusisemuse ja üksikrakkude vabalt liikuvad osad, millel liikumisi tähele võib panna. Lehed omandavad heliotropismi läbi kestva seisu, rakkude klorofülliterad on „helio-“ ehk „fototaktilised“, nende seis on tingitud muutuvast valgustusest. Tolmutterade torukesed avatellakse kemotropismiga munarakkude juurde, lehtsamalde spermatozoidid pilliroo-suhkruga, sõnajala spermatozoidid saavad kemotaktilisteks õunahappe mõjul ja meelitatakse sellega arhegooniumidesse.

Mitmesugused taimekehad reageerivad ühele ja samale ärritusele mitmesuguselt, nagu mitmesugustele keemilistele ainetelegi üks ja sama reaktiiv mitmeti mõjub. Selleks, et tagajärg oleks, peab iga ärritus teatud aeg ja teatud tugevuses mõjuma; peab ta „läveväärtuse“ saavutama. Ärritust tundev ehk ärritust vastuvõttev osa,

meeleorgan, ja ärrituse tagajärgi näitav osa ei ole alati mitte üks ja sama. Niisugusel juhtumisel, kui tunde- ja liigutusorganid lahutatud, on ärrituse juhtimine tarvilik [kärbsepüüdja (*Dionaea*), huulheinad (*Drosera*), väät-kasvud, mimoos (*Mimosa*)]. Lõpuks, nagu teatavat aega on selleks tarvis, et ärritus mõjuma hakkaks, läheb ka peale ärrituse lõppu teatav aeg mööda, enne kui organ endise seisukorra tagasi saab. Ärritusel on järelmõju.

Nende teoreetiliste märkuste järele on katseid võimalu korraldada, sest et siis mõned füsioloogiliselt väga ligidad liigutused üksteisest lahutataks, näit. magamisliigutused, mis osalt on kasvamisnähtused, osalt turgorikõikumistel põhjenevad; edasi on mõned liigutused, mida õieti koos tuleks vaadelda, mitmesugustest liigutustest liitunud; näit. on varre kõitragude abil üleskasvamise esiteks spontaanne liikumine (otsimine), siis otsekohene ärritusliikumine (toe ümber keerdumine), lõpuks kaudne ärritusliikumine juhtimise läbi (kõittrao vaba osa spiraalsed kooldumised).

§ 84. Liikumised rakkudes.

§ 60-ndas on juba kõneldud valgusest tingitud klorofülliterade liikumisest. Peale selle on paljudes rakkudes, mis vigastamata, s. o. elutegevust takistamata, mikroskoobi alla seatud, iseäralist protoplasma liikumist näha; viimane on tuntav üheskantavatest terakestest. Kõneldakse protoplasma rotatsioonist, kui see raku seinaga äärt pidi ühes ja samas sihis liigub, ja tsirkulatsioonist, kui voolamine sünnib seinaga äärses protoplasmas ja ka arvurikastes sellest välja minevates raku siseruumi läbikäivates niidikestes. Kas liikumiste põhjuseks on välised ärritused, ei ole mitte teada, küll aga võib lihtsa katsega tõestada, et liikumine sünnib teatava temperatuuri piirides. Järjekult võib ka liikumisele kasulikku soojust äratusvahendina võtta (nagu iga keemiline ühendus tekkimiseks teatud soojust tarvitab).

129. katse. Protoplasma rotatsioon. Leidub peaaesjalikult vesitaimedel. Sündsaks objektiks on nüüd igal pool akvaariumitaimena laialilagunenud *Vallisneria spiralis*. Mõnikord on veel kättesaadavam vesikatk (*Elo-dea canadensis*), mille terveid lehti mikroskoobi all võib vaadelda. Siin on liikumine kõige paremini näha pikades läbipaistva kesksoone rakkudes. Protoplasma sünnitab vesikatku rakus mõnikord viltu läbi raku sise-muse jooksvaid niidikesi, mida üleminekuna tsirkulatsiooniks tuleb võtta. Objektiks võib ka *Nitella*'t, üht määndvetikat (*Characeae*) tarvitada.

130. katse. Protoplasma tsirkulatsioon. Tuleb ette peaaesjalikult maataimedel. Vaatlemiseks on kohased Virgiinia juudihabeme (*Tradescantia virginica*) tolmukate karvad, mis kui armastatud rohtaiataim igal pool kergesti on saadav. Samaks katseks tarvitatakse ka kõrvenõgeste, verehurmarohu, kõrvitsa noorte võsude jne. karvu.

131. katse. Tsirkulatsiooni temperatuuri piirid. Kõik taime toimetused on võimalikud ainult kindla temperatuuri piirides (v. § 64). Kõrvitsa karvades on protoplasma liikumise piirideks $+9^{\circ}$ ja $+47^{\circ}$. Viimaste kindlakstegevemiseks lastakse esiteks vees olev kõrvitsa võsu neli tundi $+9^{\circ}$ ruumis viibida; teiseks paigutatakse üheks kuni kaheks minutiks taimelt mahatõmmatud epidermise ribad ühes karvadega $+47^{\circ}$ -lisesse vette. Mõlemates objektides on protoplasma liikumine seisma jäänud, võib aga harilikus toa temperatuuris jälle algada.

§ 85. Üksikute rakkude liikumised.

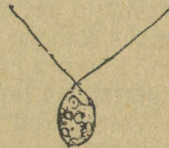
On olemas kolmesuguseid liikumisi: amöboidsed liikumised [limaseente plasmoodiumid, eugleenid (§ 60, 96. katse), spirogüüri kopulatsioonirakud], lihkuvad (liuglevad), arvatavasti võimaldatud limaniidikeste ehk protoplasma harude liikumisega (ostsillaariad, diatomeed, desmiidiumid) ja kiired, harilikult telje pööramisega ja koha muutmisega kombineeritud liikumised, mille alati teki-

tavad protoplasmaniidikesed, vibukad (vetikate liikuvad eosed, spermatozoidid, paljud bakterid). Viimased liikumised on ainult võrdlemisi kiired. Nägeli võrdleb neid taskukella suure osutiga, mille liikumine on juba 100-kordsel suurendusel „kaunis kiire, värisev ja hootine“. Diatomeed võivad tunnis 1,5 sm edasi liikuda, järjekult kuus korda lühema maa kui taskukella suure osuti ots.



77. joon. Ödagooni-
umi zoosporide väl-
jatulek. *A* — zoos-
pooi väljatulek, *B* —
väljatulnud zoospor-
ripsmekarva-krooniga.
Väga suurendatud
(Strasburger'i jä-
rele).

78. joon. *Cladophora*
glomerata zoospor,
fikseeritud joodjood-
kaaliumi lahundis.
540 korda suurenda-
tud (Strasbur-
geri järele).



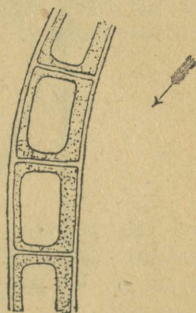
Kõige kiiremad eosed liikusid 1,5 sm edasi 45 sekundi jooksul (Nägeli järele). Nende kiirus võrdub järjekult taskukella suure osuti kiirusega, kui numbrilaua läbimõõt on 40 sm. Sama suur on infusooride kiirus. Diatomeed liiguvad umbes 10 korda, ostsillaariad 100 korda ja veel rohkempikemini. Hügrokoobilisest rakkude liikumisest v. § 94.

132. katse. Liikuvate eoste (zoosporide) liikumine. Lemled (*Lemna*), vesikatk (*Elodea*), penikeeled (*Potamogeton*) ja teised suuremad veetaimed seatakse madalasse portselantaldrikusse ja otsitakse, tarvilikul korral nõrga luubiga, rohelisti ujuvaid keravetikaid (*Volvox globator* ja *aureus*). Neid võib klaastorusse püüda niiviisi, et ülemiselt toru otsalt, peale selle kui alumine ots on ujuva kerakese kohta seatud, sinna enne vaotatud sõrm ära võetakse; punktikesi vaadeldakse mikroskoobi all. Väga

tihti leitakse luubiga veel teisi keravetikaid, näit. *Gonium pectorale*, mis koos seisab 16 rakust, igaüks kahe vibukaga. Niitvetikas *Oedogonium* sünnitab vee all olevatel kõvadatel asjadel, tihti ka veetünnide sisekülgedel, väikesed rohelised rohukamarad. Liikuvate eoste (77. joon.) kestast lahkumist on kerge vaadelda jõgedes (ja ka veetünnides). *Cladophora glomerata* sünnitab jõgedes jalapikkusi, kinni-istuvaid, jämedatest rohelistest harunenud niidikestest koosseisvaid puntraid. Niidikesi sünnitavad pikad mitmetuumalised rakud. Niidi harude ülemistes rakkudes tekivad suurel arvul zoosporid, igaüks 2 vibukaga (78. joon.).

§ 86. Tropismid.

Geotroopide ja heliotroopide kooldumisnähtused mis ise-peatükikes eespool kirjeldatud, kuuluvad nende liikumiste raamidesse, mille printsiipi on võimalik järgmiseks seaduseks kokku võtta: kõik väljastpoolt kasvavatele taimeosadele mõjuvad vältavad jõud muudavad taimeosade sihti senikaua, kuni need mõjuva jõuga ennast tasakaalu on seadnud. Sellepärast mõjuvad niisama, kui päikesevalgus ja raskus, ka niiskus (hüdrotropism¹), kiirgav soojus (termotropism²), elektrivool (elektrotropism), voolav vesi (reotropism³), puutumine (tigmotropism⁴), keemilised ained (kemotropism). Nende jõudude mõjumisel võib tähele panna protoplasma paksenemist või tihe-

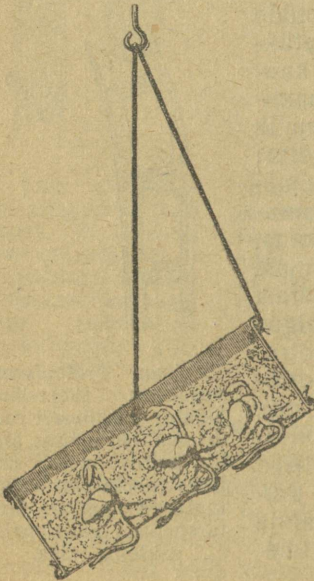


79. joon. Protoplasma seisukorra skeemiline kujutus positiivselt reageeriva taime osas alalise ärrituse mõjul, mis töötab noole sihis. Protoplasma sünnitab ärritusepoolsel küljel palju paksema seina.

- 1) ὕδωρ (hydor) — vesi, τροπεῖν (tropein) — pöörama.
- 2) θερμός (thermós) — soe.
- 3) ῥέω (rhéo) — voolan.
- 4) θίγμα (thigma) — puutumine.

nemist kooldumistsooni nõgusal küljel, millega käsikäes käib kestaine rohkendatud eraldamine sellel küljel ja kergem imbibitsioon ning uute, kasvamiseks tarvilikkude osade vaheleasetamine kumeral küljel; 79. joon. (võrdle turgori mõjuga kasvamise peale § 74). Põhjust, mis-pärast taimed on nende jõududega mitmesuguses vahekorras, miks näit. raskusejõu suhtes mõned taimeosad on negatiivsed, mõned positiivsed, tuleb taime sisemisest loomusest otsida ja on seni meie vaatluste eest varjatud. Nende liigutuste otstarbekohasus aga on igal pool näha.

§ 87. Hüdrotropism.



80. joon. Juurte hüdrotropismi demonstreerimise aparaat (Detmeri järel).

Erisugused õhu niiskustingimused, milles taimeosad kasvavad, kutsuvad esile ärritatud osade kooldumisi kas niiskema külje (positiivne hüdrotropism) või kuivema külje (negatiivne hüdrotropism) poole. Juured on positiivsed, hallitusseene (*Mucor*) eostekandjad negatiivsed hüdrotroobid.

133. katse. Juurte positiivne hüdrotropism. Kõvast, 5 sm laiusest tsinkpleki-ribast valmistatud 20 sm läbimõõduga võru kaetakse mõlemalt poolt laiaaugulise võrkriidiga. Apparaat täidetakse niiske saepuruga ja seatakse sellesse paisunud türgi-oa, herne, maisi seemned (80. joon.). Võru riputatakse pappkasti

alla nii, et see 45^o-lise kaldenurga sünnitab. Taimede juured, jõudes mõne aja pärast võrkriide aukudest läbi, ei kasva raskusejõu mõjul mitte otse alla, vaid kõverduvad niiske saepuru-kihi poole. Kui aga aparaat väga niiskesse atmosfääri seada, näit. suure klaaskupli alla, siis kasvavad juured ainult raskusejõu mõjul ristloodis alla, millega juurte positiivne hüdrotropism on tõestatud.

134. katse. Seente eostekandja negatiivne hüdrotropism. Klaaskupli all hobusesõnnikul kultiveeritud hallitusseene (*Mucor mucedo*) eosed paigutatakse madalas klaaskausis olevale niiskele leivatükile. Peale selle kaetakse kauss mulgustatud klaasplatiga ja viiakse pimedasse. Mõne aja (2 päeva) pärast on mõned eospesade-kandjad aukudest läbi kasvanud. Eospesade-kandjad kõverduvad vastaskülge, kui ligidusse seada tükk märjaks tehtud pappi ehk midagi sarnast.

§ 88. Tigmotropism.

Õrnad, elavalt sirguvad orgaanid kõverduvad, kui nad mõne kõva asjaga on kestvas kokkupuutumises, selle ümber. See ärritusmõju on kõige tuttavam varre üleskasvamisel köitraagude abil (v. § 92). Ka nõrgemad juured kõverduvad mullaosakestega kokkupuutumisel. Ruttu ja väikese ärrituse peale reageerivad vetikseene (*Phycomyces*) viljakandjad ja herne juured.

135. katse. Herne juurte tigmotroobilised liikumised. Idanevad herved kinnitatakse nõelaga nii korkplatile, et umbes 3 sm pikad peajuured ristloodis oleksid ja õhku ulatuksid. Teise korkplatti pistetakse püstisrõngelt nõel ja seatakse juure alla nii, et see juurt puutuks. Tarviku atmosfääriniiskuse eest hoolitseb pealesetatud klaaskuppel. Soodsal temperatuuril (üle 20^o C) võib juba kuue tunni pärast juure kooldumist nõela poole selgesti märgata.

§ 89. Magamisliigutused.

Paljud idu-, lehtpuu- ja kroonlehed (mõnedel korvõielistel ka üldkatelehed) liiguvad pimenemisel. Esimesed seavad oma lehed püstseisu, tipuga kas üles- või allapoole, kroon- ja üldkatelehed koolduvad sissepoole (Linné, Darwin). Lehtede püstseis vähendab ööse soojuse kaotust, kokkutõmbunud kroonlehed kaitsevad sigimisorgaane (Stahl). Oma mehaanika järele kuuluvad need liigutused kahte rühma: esimesed on kasvamisnähtused (nükotropism¹), teised on omased väljakasvanud orgaanidele, põhjenedes turgorikõikumistel lehe rootsu liigeses, ollés, järjelikult, variatsioonliikumised (Pfeffer).

Tähelepanemis-väärt on asjaolu, et korvõieliste nutid, kui neid ka päeval pimedas hoida, õhtuti ikkagi kinni lähevad (ärrituse järelmõju). Peale selle tekivad samasugused õite liigutused temperatuuri kõikumiste (v. 113. katse), mõnedel lehtedel tõukeärrituse (§ 90) tagajärjel. Paljud õied avanuvad ja lähevad kinni, ilma et nähtavat sidet oleks valguse ja soojuse vaheldusega (Linné lillekell); mõned õied, mida ööputukad tolmutavad, avanuvad pimeduse tulekul ja „magavad“ päeval, nii et nendel sigimisorgaanide kaitsmisest öökülma vastu juttugi ei või olla, küll aga kaitsevad nad ennast kutsumata putukate vastu [öö-õiene pusurohi (*Melandryum noctiflorum*), valge pusurohi (*Melandryum album*), öökannike (*Hesperis*), kuningakepp (*Oenothera*), kaktus *Cereus nyctigalus* ja teised].

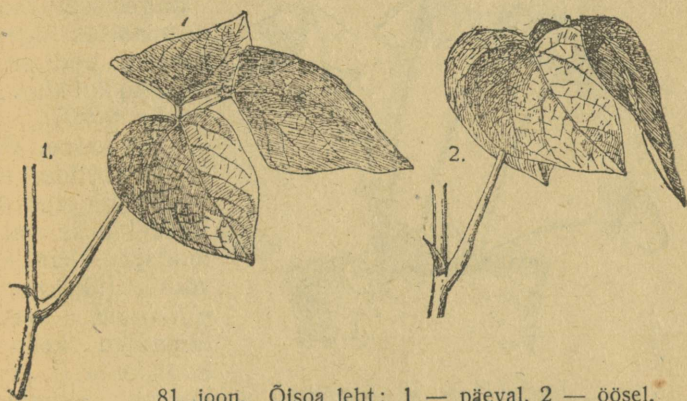
136. katse. Idulehtede magamisliigutused. Kasvatatakse ja vaadeldakse rõika (*Raphanus sativus*) taimi. Idulehed on päeval avatud, ööse ülespoole juhitud.

137. katse. Kasvavate lehtpuu-lehtede magamisliigutused. Mõned hanimaltsad (*Chenopodiaceae*: *Chenopodium bonus Henricus*, *Atriplex hortensis*) ja kukesaba (*Lythrum salicaria*) seavad oma lehed ööseti püstseisu, lemmaltsadel (*Impatiens parviflora* ja *noli tangere*)

1) Sõnast *νύξ* (nüks) — öö.

langevad nad allapoole. Vähem selgelt nähtav on lehtede püstseis mungalillel (*Tropaeolum majus*), mida kerge on potis kasvatada. Mida kõrgem — teatava kraadini — temperatuur ja mida heledam on valgus päeval, seda elavam on magamisliigutus.

138. katse. Arenenud lehtpuu-lehtede magamisliigutused. Siia kuuluvatel lehtedel on lehevarte liikmed variatsioonliikumisteks väga kohased. Liigesed on tuntavad hästi arenenud parenhüümist ja tsentraalsest soontekimbust (ubade padjakeste lõigud). Turgori ühtlusetu-



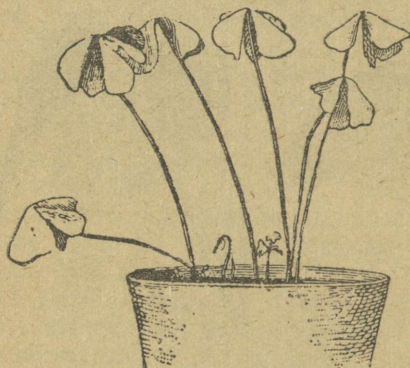
81. joon. Öisoa leht: 1 — päeval, 2 — öösel.

sele ülemistes ja alumistes parenhüümirakkudes järgnevad liigutused üles- või allapoole. Neid, valguse-, harvemini temperatuurikõikumistest tingitud turgori ühtlusetusi võib tähele panna pea erandita kõigis liitlehtedes, isäranis liblikõielistel ja jänesekapsalistel, mille lehekesed ööseti kas alla langevad või ülespoole kerkivad.

Mimoosi (*Mimosa pudica*) ja *Amorpha fruticosa* lehekesed tõusevad ülespoole, ristikheina (*Trifolium*), nõia-hamba (*Lotus*), mesika (*Melilotus*), lutserni (*Medicago*), türgi-oa (*Phaseolus*) (81. joon.) lehekesed langevad allapoole. Ka jänesekapsa liikidel ei puudu elavad magamisliigutused. Nendel taimedel võib ka keskpäeval ma-

gamisliigutusi vaadelda, kui neid pappkastiga katta (82. joon.), millest järgneb, et selle magamisliigutuse põhjuseks on valguse puudus, mitte aga öö muutunud temperatuur ehk niiskus.

139. katse. Magamisliigutus, kui lehe liiges vigastatud. Kui õhtupoolikul oa lehe ladvalehekeselt eemaldada vaheda noaga liigese ülemine osa, siis tõuseb see leheke pimeduse tulekul ülespoole, kuna kõrvallehekesed, nagu harilikultki, alla vajuvad. See tähendab, et liikme



82. joon. Jänesekapsas, mis kunstlikult on pimedashoidmisel magamis-seisukorda viidud (Hanseni järele).

mõlemad pooled turgestseeruvad, normaalses liigeses ülemine pool siiski rohkem kui alumine (v. ka § 90).

140. katse. Õite ja õienuttide magamisliigutused.

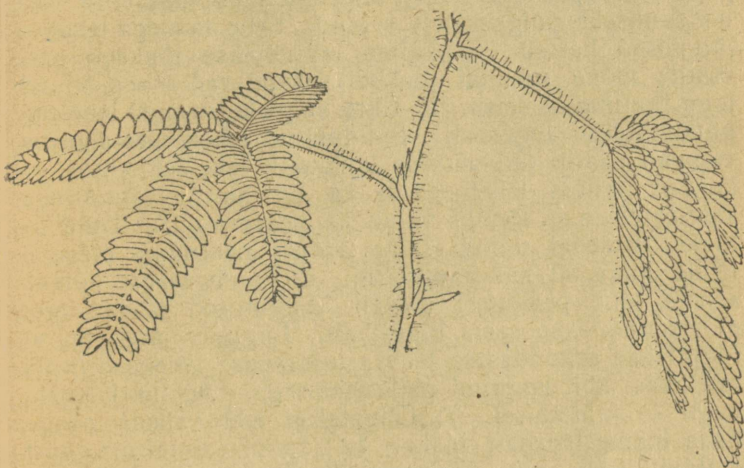
Vaadeldakse vabas looduses harilikku võilille (*Taraxacum officinale*, avatud hommiku kella 7 kuni kella 5 peale lõunat), piimjuurt (*Tragopogon pratensis*, päevatõusust kuni umbes kella 10

e. l. avatud), kevadist adoonist (*Adonis vernalis*), seanuppe (*Leontodon hastilis*), karikakraid, mille õied või korvikesed õhtuti (või ülevalpool-nimetatud aegadel) kinni lähevad.

141. katse. Ärrituse järelmõju õites. Lõigatud ja vette seatud seanupu (*Leontodon hastilis*) nutid pannakse pimedasse. Need lähevad kinni õhtul ja avanevad jälle järgmisel hommikul, nagu viibiksid nad normaalses valgustuses. Teisel päeval nõrgeneb liigutusvõime, saab aga päevalvalgus jälle märgatavaks.

§ 90. Liigutused tõukeärrituse tagajärjel.

Häbelikul mimoosil (*Mimosa pudica*) ja teistel liikidel samast perekonnast, akaatsial (*Acacia lophantha*), eba-akaatsial (*Robinia*), jänese kapsal (*Oxalis*) ja veel teistel taimedel on omadus siis, kui tervet taime raputada või teatud leheosasid puutada, lehtedega liigutusi tehes neid niisugusesse olekusse asetada, mis magamisseisu meelde



83. joon. Häbelik mimoos. Pahemal pool leht rahus, paremal ärritatult (Detmeri järele).

tuletab; need liigutused on valgusest rippumatud ja järgnevad ärritusele väga ruttu. Sama ärrituse peale reageerivad ka hariliku kukerpuu (*Berberis vulgaris*), artishoki (*Cynara*) ja siguri (*Cichoria*) tolmukad omapäraste liigutustega (lühenemistega).

Nimetatud lehtede uurimised on näidanud, et puutumisärrituse peale vesi lehtede liigestest naabruses olevalisse varre ja leherootsu kudesse voolab, mis ongi liigete lödvenemise põhjuseks. Kui mõne aja pärast

liigese kobekude on veega uuesti täitunud ja pingul, siis reageerib taim jälle selle ärrituse peale. Kärbsepüüdjä (*Dionaea muscipula*) liigutustest vaata § 93.

142. katse. Häbeliku mimoosi (*Mimosa pudica*) ärritatavus. Häbelik mimoos kasvatatakse pottides seemneist, mida igast seemnekauplusest saada. Niiskus ja soojus — vähemalt 20°C — on jõudsa kasvu peatingimusteks; sellepärast peab taimi kultiveerima päikesepaistel ja klaaskuplite all, mis õhu juurdepääsmise võimaldamiseks pulgakestele seatud. Selle taimega tehakse järgmised katsed. a) Taim raputatakse tõukega poti vastu; mõne sekundi jooksul omandavad lehed 83-dal joon. kujutatud seisu. b) Ühte sulglehe otsmist lehekest puudutatakse tugevasti. Puudutatud lehekesest algades vajuivad paariti järgemööda kõik selle lehe sulglehekesed kokku; ärritus läheb edasi ka liitlehe ülejäänud osa sulglehtedele ja lõpuks vajub ka peavars alla. Tundlikudel taimedel mõjub sama ärritus naabruses olevaile lehile kuni 50 sm kauguseni. c) Puudutatakse terava asjaga lehe pealiigest ülevalt. Liigutused jäävad ära. d) Puudutatakse sama liigest alt. Liigutus järgneb. e) Mõjutakse sekundaarse lehevarre otsmise lehekesse peale tuleklaasi abil kogutud päikesekiirtega. Ärritus laieneb, nagu b) juhtumisel. f) Lõigatakse leht vaheda noaga üsna liikme lähedalt maha. Lõikepinna alumisest osast eraldub vesi, mis normaalsetel tingimustel lehevarde oleks voolanud.

143. katse. Tolmuniidikeste ärritatavus. Rukkilillelt (*Centaurea*), ohakalt (*Carduus*), sigurilt (*Cichorium*) lõigatud õienuttidel puudutatakse nõelaga tolmuksid. Nende väljapoole kooldunud niidid lühenevad sirgenedes.

§ 91. Väändumine.

Väändumine põhjeneb lateraalsel¹⁾ geotropismil. Kui nõrkuse pärast allapoole langeva varre parem või pahem külj jõudsamini kasvab, siis on selle tagajärg

1) Sõnast *latus*, gen. *lateris* — külj.

keerduv liigutus ja spiraalne varre pöördumine. Kui oletada, et püstseisus kasvanud varre parem külge ühe- külge geotropismi tagajärjel jõudsamini edeneb, siis kõverduks vars pahemale poole ja senine parem külge saaks ülemiseks. Kui nüüd kasv paremal küljel kestvalt jõudsam oleks, siis kõverduks vars enne pahemale, pärast jälle pahemale poole, millega alguses parem külge alumiseks küljeks saaks. Varre väändumised on seni vabad, kuni ta leiab vertikaalse toe, mis piirab edaspidise keerdumise. Peale selle püüab vars negatiivse geotropismi tagajärjel ülespoole kasvada, millega on seotud varre spiraalne pöördumine (144. katse). Väänduv vars kinnitub toe külge kõvemini pärastise sirgumise, spiraalse pöördumise (iseäranis, kui servad olemas) ja kinnitus- organide [karvad, ronimishaagid (näit. humalal)] abil. Väändumine seisab, järjekult, kolmes tegevuses: 1) toe otsimises (vabade keerdumistega), 2) toe ümber väändumises, 3) pärastises varre sirgumises ja pöördumises.

144. katse. Orienteerimiskatsed nõõri ehk kummitoru abil. *a)* Jäme nõõr ehk kummitoru keerutatakse spiraalselt kepi ümber ja märgitakse välimine külge mustaks tegemisega või värvilise joonega. Ärakeritud või sirgeks tõmmatud nõõril on must joon spiraalne (väänduval varrel kõige jõudsam kasvamisjoon). *b)* Jäme kummitoru seatakse spiraali, tõstetakse üks ots kõrgesse, kuna teine sõrmega kinni hoitakse. Toru on keerus, mis meile seletab, mis pärast spiraalselt kasvanud, sirguv vars keerdunud peab olema.

145. katse. Öisosa keerduvad liigutused. Oakepi ümber istutatakse mitmesuguses kauguses kolm kuni neli öisuba. Varre otsad liiguvad keerlevalt seni, kuni nad kepi on leidnud, kui see mitte väga kaugel ei ole. Selle ümber väänduvad nad üheskoos.

146. katse. Ristloodis tugede kõlbmatus. Potis kasvatatud ja sinnasamasse pistetud kepi ümber keerdunud tuliuba pannakse ühes potiga küljeli. Taime- varre tipp otsib otse ülespoole kasvades uut tuge (tõendus, et siin raskus on sundiv jõud).

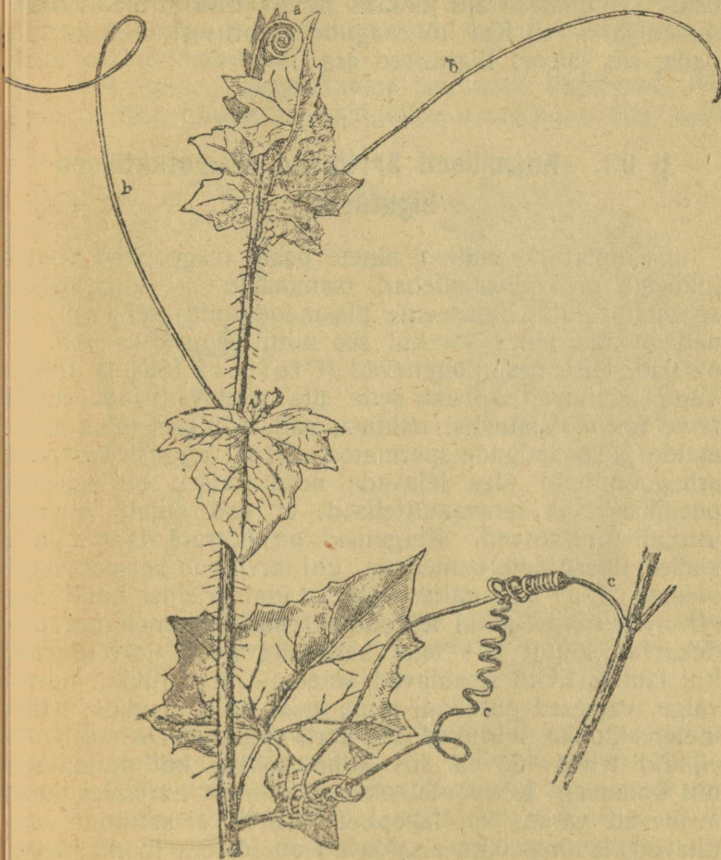
§ 92. Ronimine.

Kõitraad on niiditaolised ronimisorgaanid, mis tekiavad kõrvalvõsudest, lehtedest ehk leheosadest. Nende liigutused seisavad sirgumises — alguses on nad hariilikult kokku keritud, keerduvais liigutuis, leitud toe ümber pöördumises, vaba kõitrafo-osa lühendamises spiraalsete keerdude sünnitamisega, et tervet taime tõsta ja selle kinnitamist kõitrafo suurendatud kerksusega (elastisiteediga) kõvendada. Esimene ja teine liigutus on autooomsed, s. o. otsimine ei olene mitte, nagu vabad keerdudki, raskusest ja võib sellepärast ka horisontaalselt sündida. Plahvatava väät kõrvitsa (*Cyclanthera ex-plodens*) otsiv kõitraag tarvitab ühe täisringi tegemiseks sooja ilmaga ühe tunni. Toe ümber pöördumine järgneb puutumisärrituse tagajärjel (v. § 88), mis mõjub aga ainult kõitrafo otsmisele osale (umbes $\frac{1}{3}$), vastandina teistele radiaalsetele kõitraagudele, mis dorsiventraalselt¹⁾ ehitatud. Vabaksjäänud kõitrafo-osa pärastine lühenemine põhjeb puutumiskohast välja läinud ärritusel. Kuna keerduvad varred nõuavad vertikaalseid, õige jämedaid tugesid [tapupisted ehk humalaridvad 5 sm ja suurema läbimõõduga], tarvitavad kõitraad, mis ainult tipus on ärritavad, peenemaid tugesid; viimaste siht ei ole tähtis. Tüübilised on siin kõneldud liigutused kõrvitsa kasvude kõitraagudel. Teiste ronivate taimede täiuse ja iseäranis mitmesuguste orgaanide tööjaotuse määar on mitmesugune, algades näit. normaalse lehega, mille vars on nõrgalt ärritav (*Tropaeolum majus* jne.).

147. katse. Kõrvitsõieliste kõitraagude liigutused. *Sicyos angulatus*'e (Põhja-Ameerikas) ja *Cyclanthera ex-plodens*'i (troopilised Andid Lõuna-Ameerikas) seemned pannakse pottidesse idanema ja istutatakse noored taimed peale seda vabasse loodusesse; selleks katseks on kohane ka koeranairis (*Bryonia*) (84. joon.).

1) Varustatud ülemise ja alumise küljega; sõnast dorsum — selg ja venter — kõht.

a) Puudutakse puupulgakesega *Sicyos*'e köitraagu mitmest kohast. Ärritatav on ainult köitrao otsmise kol-



4. joon. Koeranairi köitraod mitmesugusel arenemisastmel: *a* — noored köitraod, *b b* — vanemad, otsides tuge, *c c* — kaks veel vanemat köitraagu — mis väärdunud teineteise ümber (Kerner'i järele).

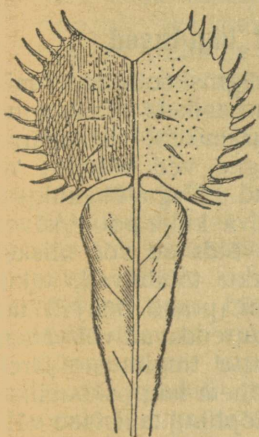
mandiku üks külg (enne kokkurullitud kõitrao sisekülg). *b)* Kui veel sirget kõitraagu ettevaatlikult läbi sõrmede tõmmata, siis kõverdub kohe selle peale otsmine osa. *c)* Lühikese aja jooksul puudutatud kõitroad õien-duvad jälle. *d)* Kui kõitragude ümbrusest toed kõrvaldada, siis jäävad liigutused ära.

§ 93. Keemilised ärritused (kemotaktilised liigutused).

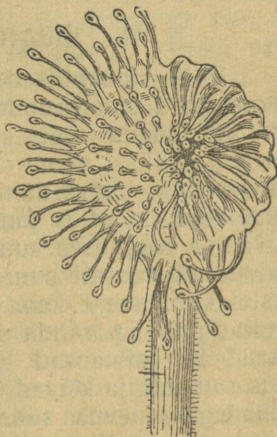
Kindlate keemiliste ainete peale reageerivad vabalt liikuvad protoplasmakehad (sammalde ja sõnajalgade spermatozoidid, limaseente plasmoodiumid) sel viisil; et nad mõnda ainet — kui see mitte väga kõva pole — otsivad, teise eest põgenevad (Pfeffer, 1884 ja 1888). Väga huvitavad katsed selle üle seletavad juba nüüd terve rea mõistatuslisi nähtusi, näit. põhjuse, miks sammalde ja sõnajalgade spermatozoidid nii kergesti vastavad arhegooniumid üles leiavad; need katsed on aga nii peenikesed ja teravamõttelised, et nad ainult vilunud uurijail õnnestuvad. Kergemad on korrata Darwin'i katsed lihasööjate taimedega, kui tarvilikud katseobjektid olemas. Darwin näitas näit., et ümmarlehise huulheina (*Drosera rotundifolia*) lehtede näärmetega varustatud tundedekarvad ainult siis lehe keskkoha poole kõverduvad, kui lämmastikku sisaldavad ained — liha, juust, muna-valge, väikesed putukad, mida taim võib seedida, näärmetega kokku puutuvad; ka kärbsepüüdja (*Dionaea muscipula*) lehed lõövad siis kohe kokku, kui puudutada üht kummalgi lehepoolel olevast kolmest harjastest, kuid avanevad varsti, kui lehepoolte vahele ei sattunud seeditavad, lämmastikku sisaldavad ained (85. joon.); lehepinda katvad näärmed ei erita ka sel juhtumisel karakterilist seedimismahla; vastupidisel juhtumisel aga jäävad lehed kuni seedimise lõpuni, 8—14 päevaks kinni. Mõlemal putukasööjal taimel peab leiduma ärrituse juhti-

mise võimalus, mis huulheinal ühelt tundekarvalt teisele, kärbspüüdjal harjastelt lehekõitele üle läheb. Huulheinal võib ka ärritatud protoplasma anatoomilist muutust mikroskoobi all tähele panna; ärritatud tundekarvade parenhüüm-rakkude purpuriline sisu on korratuiks tompudeks kokku tõmbunud.

148. katse. Ümmarlehise huulheina liigutused (86. joon.). Mitu huulheina eraldatakse maapinnast ühes neid



85. joon. Lahtine kärbspüüdja leht (Kärneri järele).



86. joon. Ümmarlehise huulheina leht. Parem pool ärritatud olekus.

ümbritseva turbamullaga, milles nad kasvavad, pannakse kaussi, kaetakse klaasplatiga ja seatakse päikesevalgusse. Peale seda mahutatakse punastele ääre tundekarvadele mitmesuguseid aineid, näit. puud, suhkrut, tärkliskliistrit jne. Nad ei kõverdu. Teiste lehtede näärmeile mahutatakse lihatükikesi, elus kärbes jne. Viimased näärmekarvad kõverduvad sissepoole, neile järgnevad pikkamööda kõik selle lehe tundekarvad. Kui ühe ja sama lehe kahe vastasseisva ääre näärmekarvadele liha-

tükid seada, siis jagunevad umbes 200 lehe tundekarva kaheks rühmaks.

149. katse. Kärbsepüüdja (*Dionaea muscipula*)¹⁾ liigutused. Ärritatakse üht kolmest harjasest ühel lehe poolel 1) pulgakeseaga või mõne teise mitteseediva asjaga, 2) harjasele liha, juustutükki, putukat jne. asetades. Kummalgi juhtumisel läheb leht kohe kinni, avaneb aga esimesel juhtumisel varsti, teisel alles 8—14 päeva pärast.

§ 94. Hügrooskoobilised liigutused.

Kõik orgaanilised koed on hügrooskoobilised, mis pärast need oma ruumala võivad suurendada (paisumine) või vähendada (vee kadumine auramisel). Sellepärast on orgaanilise membraani ühekülgne vee võtmine või väljaandmine kõverdumistega seotud. Nagu ühekülgselt niisutatud lauad ja paberilehed kuiva külje poole kõverdavad ja seejuures suuri takistusi võidavad või niiskelt kuivusesse seatult suure jõuga kokku tõmbuvad, takistustel kuni enese keha rebenemiseni (praod märjalt tarvitatud puus, põranda praod), nii suurendavad või vähendavad ka taimeosad hügrooskoobiliste tingimuste järele oma ruumala ja võivad ühenduses vähem hügrooskoobiliste kehadega pinevusi sünnitada, mis lõplikul takistuse võitmisel elusaid liigutusi esile kutsuvad. Kui orgaanilises seinas on kaks kihti, *A* ja *B*, siis võib kõverdumine ühele, näit. *A* poolele, neljal põhjusel sündida: 1) *A* ruumala vähenemisel (kuivamine), 2) *B* ruumala suurenemisel (paisumine), 3) ja 4) kui mõlemad koe kihid mitmel määral kuivavad või paisuvad. Looduses on tegemist enamasti kahe viimase juhtumisega.

Elus taimekude on harilikult küllastuseni veega läbi imunud; sellepärast leitakse siin hügrooskoobilisi liigutusi harva (samblikud). Tuttava purskkurgi avane-

1) Et kärbsepüüdja kauplemisobjektiks on saanud, siis võib iga kool seda omale kergesti muretseda; tema tarvitab niisket õhku, nagu huulhein.

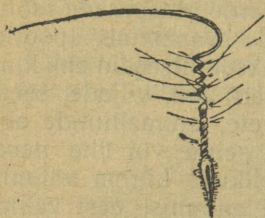
mine on küll rohkem turgorinähtus, kuna selle suuresti paisumisvõimeline sisu ennast niivõrd täis imeb, et väljaveninud purskkurgi sein punnisarnase varre eest virutab ja sisu jõuga välja paiskab (v. 16. katse) Päril hügroskoobilised liigtused on vilja kuparde, eospesade (sõnajalad, samblad jne.) ja tolmukottide avanemine, spooride laialilaotamine kapilliitsiumide (müksomütseedid ehk lima-seened) ja paiskvedrude (lehtsamblad) abil, viljade, seemnete, eoste liikumine karvade, ohete, spiraallintide abil. Kuparde avanemise põhjuseks on seinte või ühe nende osa kõverdumine väljapoole, järjekult, kiirem välimise seinosa kuivamine (sisemine on auramise eest välimisega kaitstud); kuid mõnikord tuleb siiski ka vastupidist ette [lemmalts (*Impatiens*), paljud liblikõielised (*Papilionaceae*)].

150. katse. Paberi ja puu paisumine ning kuivamine. Sigarikasti kaas pannakse 24 tunniks vette, kuivatatakse siis ära ja kinnitatakse kaunis suure hulga naelakestega sama suurele kuivale kaanele; niiviisi saadud kahekordsete seintega lauake paigutatakse kuiva kohta. Kuivamisel tõmbub märjaks tehtud lauake kokku ja omandab õõnsa kuju, kuna kuiv sein kumeraks paindub. Vee peale pandud paberitükk kõverdub ülespoole. Ühelt poolt liimiga määritud paberileht rullub kuivamisel sinna külge, kus liim. Ühelt küljelt liimikorruga kaetud pabeririba seatakse kuiva küljega lauale ja kinnitatakse mõlemal otsal naeluõppidega. Peale kuivamist rullub ühest otsast vabastatud pabeririba kiiresti.

151. katse. Lemmaltsa vilja avanemine. Peaaegu valminud õrna lemmaltsa (*Impatiens noli tangere*) vili asetatakse kuiva ja soendatud õhku (kinnitatakse gaasitule kohale parajasse kõrgusesse). Vilja lestad rulluvad peale seda, kui üks ots on avanenud, ja seemned visatakse eemale. Mõlemaist pealmise kamara all olevaist koekihtidest on välimine sisemisest hügroskoobilisem.

152. katse. Kurekaela vili. Kuiv kurekaela (*Erodium*) vili seatakse tipuga niiskesse liiva ja kaetakse klaaskupliga. Niiskuse mõjul pöördub spiraalselt keer-

dunud ohte alumine osa jälle lahti (87. joon.). Kui lahti-
pöördumist sel viisil takistada, et puutükike ohte tipu
kohta ristloodis tiiba seatakse, siis kantakse jõud seem-
nele üle ja see puurib enese
ise liiva.



87. joon. Kurekaela vili pika
ohtega, mis keerdub mitte ühe-
tasasel kuivamisel (Detmeri
järele).

**153. katse. Keelikurohu
üldkate.** Kus keelikurohi (*Car-
lina vulgaris*) saadaval, seal
võib tema välimist kuivakes-
talist üldkate katseks tarvitada.
Kui üks terve korvõisik niisu-
tada, sulgub see, aga kui teda
Bunsen'i lambil või päikese-
paistel kuivatada, avaneb ta
jälle. Katseks jätkub ka ain-
sast üldkate lehest.

154. katse. Osja eosed.
Rohelisi tolmuvate eostega põldosja viljalisi oksid
raputatakse objektiklaasil, kuni see eostega kaetud. Eo-
seid vaadeldakse väikesel suurendusel mikroskoobi all:
1) pärast objektiklaasi soendamist Bunsen'i lambil;
2) pärast ettevaatlikult eostele pealeõhkamist.

X. Taimede vahekord loomadega.

§ 95. Taimede ja loomade ühiselu.

Taimedel ja loomadel on suur omavaheline tarbimisühisus¹⁾. Looma toitmisprotsess muretseb lõpuresultaadina atmosfääri süsihapu gaasi, mis juba ammust ajast tuntud on taime tähtsa toiduainena, kuna taimed õhku tagasi annavad rohkem hapnikku kui süsihaput gaasi. Viimasel ajal on selgunud, et taimede ja loomade ühised huvid veel paljudes teistes asjus kokku puutuvad. Nagu samblikud on mõlema poole tuluks asutatud seente ja vetikate ühing, nagu paplid, pajud, suurem hulk kaussviljalisi ja kanarbikulisi seenemütseeliumi kaasabil mullast toitu võtavad ja selle eest neile vastutasuks oma klorofüllrakkude saadusi annavad, nii on ka loomade ja taimede vahel leitud mitmesugused sarnased toimetuste ühendused. Kõige üldisemalt on maad võtnud taimeelule väga tähtis ühendus putukatega õistaimede sugutamise ja nimetatud loomadele toiduainete ja teiste tulude muretsemise otstarbeks. Õistaimed pakuvad loomadele osalt järeltuleva soo haudumise kohti, osalt ajutist mõnusat ulualust, nagu näit. kaunis suurt soojust arendavad võhaliste tõlvikud, osalt otsitud toitu mee ja õietolmuna — kõik vastutasuks tolmu kandmise eest samaliigiliste õite emakasuudmeile. Suure inglise loodusuurija Darwin'i nimi jääb tihedalt seotuks nende

1) Kerner, Pflanzenleben. 2. trükk 1, 232.

kui ka nii paljude teiste praeguse aja loodusteaduse uurimustega, kuigi Sprengel juba 1793. a. lillede sugutamise saladuse üles leidis.

155. katse.¹⁾ Putukate vajadus sugutamiseks. Juuni alguses kaevatakse veel mitte õitsvad põld-ristikkeina (*Trifolium pratense*) taimed ettevaatlikult välja ja istutatakse nelja suurde lillepotti. Kaks nendest seatakse vabasse loodusesse päikesepaistelisele kohale. Kaks teist pannakse esimeste kõrvale suurele lauale ja kaetakse puupulgakestest ja tihedast võrkriidest valmistatud alt lahtise kastiga. Laud takistab putukate alt üles ronimist, võrkriidest kast nende ligipääsu ülevalt. Kõik neli taime kastetakse tarvilisel määral, mille juures tähele tuleb panna, et putukad kasti alla ei satuks. Juuli lõpus ehk augusti alguses on resultaat näha: kaetud taimed on ilma seemneteta, kuna vabalt seisnud eksemplarid neid sisaldavad.

§ 96. Taimede kaitseabinõud loomade vastu.

Klorofüllil sisaldavad taimed on loomariigile orgaanilise toidu muretsejad, osalt otsekohe rohusööjatele, osalt kaudselt röövlloomadele. Taimed püüavad ennast loomade kui oma suuremate vaenlaste vastu mitmel viisil kaitsta; nad püüavad kas soetada hukkasaanute asemel uued suure sigivusega — nagu nõrgad, vastupidamatud närijad imetajate seas oma sugu olemasolu määratu sigimisega kindlustavad — või tarvitavad enese otsekoheseks kaitsmiseks kohaseid kaitseriistu. Niisugusteks on osalt mehaanilised kaitse-abinõud, nimelt karvad, okkad, mikroskoobiliselt väikesed oblikhapust lubjast nõelad, n. n. rafiidid, osalt keemilised, nagu happed, parkained, lenduvad õlid, mõrkained, või on neil korraga mõlemad kaitsevahendid, näit. kõrvekarvad.

Kõige suuremad söödikud ja ühes sellega kõige

1) Schleichert'i järele.

sigimisvõimelisemad on teod; Stahl¹⁾ korraldas väga huvitavaid katseid sellest, kuidas taimed ennast nende vastu kaitsevad, millest kaks allpool-toodud väga kerged ja hea kordaminekuga on.

156. katse. Mõrkained kaitse-abinõuna loomade vastu. Väga mõrusti maitsvad mungalille (*Tropaeolum majus*) lehed antakse toiduks osalt toorelt, osalt lehelises leotatult viinamäe-tigudele, kes mitu päeva toiduta klaaspurgis hoitud. Et lehti mõrkainest vabastada, keedetakse neid portselankausis mitu korda kõva alkoholiga, kuivatatakse päikese käes ja pestakse veel kord veega. Tooreid lehti teod ei puutu, kuna nad keedetud lehti söövad. Samane resultaat saabub kibetulika (*Ranunculus acer*) lehtede tarvitamisel.

157. katse. Karvad kaitse-abinõuna loomade vastu. a) Hästi karvased varemerohu (*Symphytum*) või teiste kareleheliste lehed vabastatakse võimalikult hoolsalt habemenoa abil karvadest ja antakse näljastele tigudele. Viimased söövad neid aplasti, kuna karvadega lehti vaevalt puudutatakse. b) Põld-harakaladva (*Erysimum cheiranthoides*) leht paigutatakse äädikasse. Viimane sulatab teravate karvade lubja ja teeb need pehmeks. Teod söövad sel kombel valmistatud lehte, valmistamatut aga mitte.

1) Stahl, Pflanzen und Schnecken, Jeena, 1888.

Sisujuhataja.

Eessõna toimetajalt	lhk. III
Sissejuhatus	V

I. Toitmine.

§ 1. Roheliste taimede toitmine (1. katse)	1
§ 2. Osalised toitelahundid (2.—4. katse)	6
§ 3. Kultuurid orgaaniliste toiteainetega (5.—8. katse)	7
§ 4. Taime imemisorgaanid (9. katse)	9
§ 5. Juurekarvakeste piiri edasinihkumine (10. katse)	10
§ 6. Hapete eritumine juurtest (11.—12. katse)	11
§ 7. Toidu saamine diffusiooni abil (13. katse)	12
§ 8. Puutuvate vedelikkude ruumala muutumine mitte-ühesuguste diffusiooni tingimuste tagajärjel (14.—18. katse)	13
§ 9. Turgor (19.—20. katse)	16
§ 10. Taimede valikuvõime (21. katse)	18
§ 11. Juurte rõhumine (22. katse)	20

II. Auramine.

§ 12. Auramise seadused	22
§ 13. Auramine läbi surnud orgaaniliste kelmete (23. katse)	22
§ 14. Auramine elusal taimel (24.—25. katse)	23
§ 15. Puuosa tähtsus aurava vee juhtimisel (26. katse)	25
§ 16. Lõigatud rohttaimede närtsimise põhjused (27. katse)	26
§ 17. Õhulõhede mõju auramisel (28.—29. katse)	27
§ 18. Väliste tingimuste mõju auramise peale (30. katse)	29
§ 19. Kaitse auramise vastu (31.—32. katse)	30
§ 20. Negatiivne õhurõhumine auravates taimedes (33.—34. katse)	31
§ 21. Auramise ülekaal taimesse tunginud veest (35.—36. katse)	33
§ 22. Juurerõhumise ülekaal auramisest (37. katse)	33
§ 23. Juurerõhumise ja auramise perioodiline ülekaal (38. katse)	34
§ 24. Mullaosakeste vee külgetõmbamine (39. katse)	36
§ 25. Sisemised protsessid auramisel (40. katse)	38
§ 26. Auramise tähendus (41. katse)	39
§ 27. Teised mahlu liigutavad jõud (42.—43. katse)	41

		lhk.
28.	Mahlade liikumisteed	41
29.	Tõusev vool liigub puuosas (ksüleemis) (44.—45. katse) . . .	42
30.	Langev vool liigub niinosas (floemis) (46.—47. katse) . . .	44

III. Assimilatsioon (sarnastumine).

31.	Assimilatsiooni olu ja tähtsus	45
32.	Valguse mõju raskuse suurenemise peale (48. katse) . . .	46
33.	Valguse mõju hapniku erituse peale (49.—50. katse) . . .	46
34.	Mitmesuguste spektri kiirte mõju assimilatsiooni peale (51.—52. katse)	48
35.	Klorofüllil tarvilikkus assimilatsioonile (53. katse)	51
36.	Süsihapu gaasi tarvilikkus assimilatsioonile (54. katse) . . .	52
37.	Tärglis assimilatsiooni produktina (55.—57. katse)	53
38.	Glükoos assimilatsiooni produktina (58.—60. katse)	54

IV. Hingamine ja ainete vahetus.

39.	Hingamine	57
40.	Hapniku tarvitamine ja süsihapu gaasi eraldamise tõestus hingamise juures (61.—64. katse)	58
41.	Ruumala suhe hapniku ja süsihapu gaasi vahel (65. katse)	62
42.	Hingamise soojus (66. katse)	63
43.	Hapniku tarvilikkus taime ümbruses (67. katse)	65
44.	Ainete vahetus	65
45.	Tärglise suhkruks muutumine (68.—70. katse)	66
46.	Tärglis tagavara-ainena (71. katse)	68
47.	Tärglise muutumine diastaasi abil (72.—75. katse)	69
48.	Värvimuutused ainete vahetuse väliste tunnustena (76. katse)	71
49.	Mõnede taime-ainete tõestus (77.—81. katse)	71

V. Geotropism.

50.	Positiivne ja negatiivne geotropism	73
51.	Raskuse mõju taime peaosadele (82.—85. katse)	73
52.	Geotropism on piiratud kasvavatele osadele (86.—87. katse)	76
53.	Taimede suhe külgetõmbejõu lõpetamisel (88. katse) . . .	77
54.	Raskusejõu asemele teise jõu asetamine (89. katse)	78

VI. Heliotropism.

55.	Heliotropism ja selle tähtsus taimede välimisele kujule . . .	82
56.	Võsu üldine heliotropism (90. katse)	83
57.	Lehtede heliotroobilised liigutused (91. katse)	83
58.	Heliotropism ja leheseis (92. katse)	84
59.	Varre ja peajuure heliotropism (93.—94. katse)	85
60.	Vabade protoplastide ja klorofülliterade liikumine. Fototaksis (95.—96. katse)	87
61.	Valguse mõju pärast raskusejõu kõrvaldamist (97. katse) . .	89

§ 62.	Kasvamine heliotroobiliste ja geotroobiliste kooldumiste kõrvaldamisel	lhk. 89
§ 63.	Mitmevärvilise valguse mõju (98. katse)	89

VII. Temperatuuri mõju.

§ 64.	Temperatuuri mõju taime elu peale. Ülevaade	91
§ 65.	Temperatuuri mõju klorofüllil valmistamise peale (99. katse)	95
§ 66.	Raku kest jääb jääskülmamisel terveks (100. katse)	96
§ 67.	Külma mõju raku vedela sisemuse peale (101.—102. katse)	97
§ 68.	Surmav kuumus ja külm (103.—105. katse)	97
§ 69.	Veevaesed taimed on kuumusele ja külmale vastupanelikumad (106.—108. katse)	98
§ 70.	Protoplasma muutused surmavas kuumuses ja külmas (109.—110. katse)	99
§ 71.	Külma mõju tagavara-ainete peale (111. katse)	100
§ 72.	Liigutused soojusekaotuse kõrvaldamiseks (112.—113. katse)	100
§ 73.	Lehtpuude talverahu (114.—115. katse)	101

VIII. Kasvamine.

§ 74.	Kasvamisnähtuste ülevaade	102
§ 75.	Raskuse tõestus kaalumise ja mõõtmise (116.—118. katse)	105
§ 76.	Sisemiste jõudude mõju kasvamise peale. Suur kasvamisperiood (119. katse)	107
§ 77.	Valguse mõju kasvamise peale. Väike kasvamisperiood (120.—121. katse)	109
§ 78.	Pimeduse mõju õite ja vilja peale (122.—123. katse)	110
§ 79.	Kasvavate taimeosade mehaaniline jõud (124. katse)	110
§ 80.	Korrelatsiooni nähtused (125.—126. katse)	111
§ 81.	Valguse mõju lehtpuu lehtede polaarsuse peale (127. katse)	112
§ 82.	Välimiste jõudude mõju võsu polaarsuse peale (128. katse)	113

IX. Liikumisnähtused.

§ 83.	Liikumisnähtuste ülevaade	115
§ 84.	Liikumised rakkudes (129.—131. katse)	118
§ 85.	Üksikute rakkude liikumised (132. katse)	119
§ 86.	Tropismid	121
§ 87.	Hüdrotropism (133.—134. katse)	122
§ 88.	Tigmotropism (135. katse)	123
§ 89.	Magamisliigutused (136.—141. katse)	124
§ 90.	Liigutused tõukejõu ärrituse tagajärjel (142.—143. katse)	127
§ 91.	Väändumine (144.—146. katse)	128
§ 92.	Ronimine (147. katse)	130

§ 93.	Keemilised ärritused (kemotaktilised liigutused (148.—149. katse)	lhk. 132
§ 94.	Hügrooskoobilised liigutused (150.—154. katse)	134

X. Taimede vahekord loomadega.

§ 95.	Taimede ja loomade ühiselu (155. katse)	137
§ 96.	Taimede kaitseabinõud loomade vastu (156.—157. katse)	139

B. Raikov, tõlkinud Jaan Rumma.

Loodusloo praktiliste tööde õppeviis.

Raamat pakub huvitavaid katseid keemia ja füüsika alalt.
54 joonisega.

Väljavõtte eessõnast:

„Praktiliste tööde metoodika on meie koolikirjanduses vähe läbi töötatud. Ometi kujuneb see õppesüsteem ikka enam ja enam peaküsimuseks kooli loodusloos. On aeg jõudnud süsteemida, kõrvu asetada ja täpsamalt hinnata nii praktiliste tööde väärtust üldse kui ka nende korraldamise mitmekesiseid metoode ja võtteid eraldi.“ —

„Eesti kool sihib töökooli poole, olgugi praegu veel määrgata vähe edu. Raskusi ja takistusi teeb idee uudus ja värskus ning õpetajate ettevalmistamatus.“

Tarviliseks asja edustajaks oleksid sellekohased käsi- ja õppe- raamatud.“

Sisu: I. Üldine osa. Praktiliste tööde tähtsus. Praktiliste tööde metoodiline korraldamine. Uurivad ja kordavad tööd. Uurivate tööde iseärasus. Kordavate tööde iseärasus. Ühendatud ja eraldi töötamisviisid. Missugust tüüpi töid tuleb eelistada algajal õpetajal. Tööde käsitlemise meetodid. Rindeline meetod. Isendiline meetod. Isendilise meetodi teisendid. Segametood. Kaastöötamine. Töötajate arv. Koolilaboratooriumi sisemine korraldus. Nõuded töötajatele. Õnnetused. Praktilised tööd ja praeguse aja kool. Praeguse aja kooli tüüp. Praktiliste tööde organiseerimise formaalsed tingimused. Praktiliste tööde korraldamise ainelised tingimused. Praktiliste tööde tehniline korraldamine. Praktiliste tööde klass. II. Eriline osa. 50 üksiku praktilise töö selgitamine ja kirjeldus.

B. Raikov - H. Riikoja:

Anatoomia ja füsioloogia algpraktikum.

„ . . . Sama kui teistegi loodusteadusliste ainete omandamine, ei või ka inimese anatoomia ja füsioloogiaga tutvumine põhjeneda ainult õpetaja klassi ettekannete ja koduse õpiraamatu järele „õppimise“ peale. Ka nimetatud aine õpetamisel peab katse ja vaatlus esimesel kohal olema, kusjuures tähtis on, et vähemalt osagi tarvilistest katsetest õppijad ise võiksid teha. Et meie keskkoolides inimese kehaehitust ja selle tegevust kavatsetakse kaunis põhjalikult käsitada, on kohase praktikumi soetamine paratamata tarviduseks saanud . . .“

Esimeses osas leiduvad üldised näpunäited töötajale ja üksikute elundkavade järele rühmitatud tööde kirjeldused, kuna tarvilised metoodilised näpunäited ja üldised praktiliste tööde korraldamisesse puutuvad juhataused teise osasse on koondatud.

Ei ole esialgselt mõnes õpeasutuses sel ehk teisel põhjusel võimalik süüraseid praktilisi töid korraldada, võib suuremat osa kirjeldavatest tööddest kui läbivõetavat kursust illustreerivaid demonstratsioone korraldada.“

K/Ü „LOODUS'E“ kirjastusel ilm

- J. Rumma** „Maatjaduse õppeviis“ 95 m.
J. Rumma „Üldine maateadus“ 195 m.
A. P. Netshajev „Mere tegevus“. Tõlkinud
J. Rumma. 60 m.
Prof. J. Piiper „Üldise zooloogia põhijoone
L. Mahlstein ja **H. Männik** „Elus loodus“ alg-
Audova-Univer „Bioloogia õpiraamat“ keskk. van. kl. 100 m.
Schmeil „Inimene“ Teinmani tõige 60 m. 96 lhk.
H. Männik „Praktilised tööd botaanikas“ (kaustik) 15 m.
Wagner „Lood loomadest“ 40 m.
K. Ewald „Loodus jutustab“ (lasteraamat), I 60 m., II 95 m.
Ernest Seton Thompson „Tito“ (lasteraamat) 60 m.
H. Reichenbach „Zooloogia praktikum keskkoolidele“
130 m.
H. Reichenbach „Juhe zooloogilisteks vaatlusteks ja
kogude korraldamiseks I“ (akvaarium) 55 m.
H. Riikoja-B. E. Raikov „Anatoomia ja füsioloogia alg-
praktikum“ 175 m.
Prof. Polovtsov „Taimede ehitus ja elu“ (teine konts.) 125 m.
G. Vilberg „Marjuma“ (maateadusline lugemik) 215 m.
Prof. W. Oels „Katsed taimede elust“. Eesti keelde toime-
tanud G. Vilberg 160 m.
Prof. Wagner „Zooloogia“ (teine kontsentr 145 m. I r.
145 m. II r.
Rumma-Raikov „Loodusloo praktikumite tööde õppeviis“.
140 m.
J. Kents „Eestimaa geograafia õpperaamat“ 155 m.
O. Schmeil „Väike loodustugu“. Tõlkinud J. Piiper 150 m.
„Tallinna juht“. Ülevaade Tallinna tähtsamatest kohtadest ja
valitsuseasutustest 150 m.
Shaposhnikov ja **Vaitsev** „Algebrailiste ülesannete kogu“
I jagu. Ümber töötanud ja täiend. K. Veski ja J. Grünthal. 140 m.
Prof. J. Sarv „Logariitmide tabelid“ 28 m.
K. Veski ja **J. Grünthal** „Aritmeetika“ (Ruues andes) I õppe-
aasta 65 m., II õppeaasta 55 m., III õppeaasta 70 m.,
IV õppeaasta 100 m., V õppeaasta 90 m., VI õppe-
aasta — m.
Prof. G. Rågo „Tasapinnalise analüütilise geomeetria
põhjooned“ (keskkoolidele) 185 m.
Prof. G. Rågo „Matemaatilise analüüsi elemendid“ 200 m.
K. Loskit ja **A. Paris** „Anorgaanilise kvalitatilise ana-
lüüsi praktikum“ 90 m.
Edm. Spöhr ja **G. Vilberg** „Õistaimede määramise abi-
vihik“ 25 m.
Loodus I, II, III ja IV a 60 m.
Rashevski „Stereomeetria“. Tõlk. K. Veski ja J. Grünthal. 85 m.
G. Vilberg „Eesti taimestiku koollidele“, Schmeil-Fitscheni
järel Eesti taimestiku kohaselt ümber töötatud. 220 m.
Kogerman-Männik-Mahlstein „Looduseõpetus“ 150 m.
S. Sütt ja **D. Koppel** „Maateaduse õpperaamat algkoo-
lile“, IV õppeaasta 65 m.
D. Koppel ja **S. Sütt** „Maateaduse ülesannete kaustik“
I vihik 25 m., II vihik — m.
Arvo Yippö „Lastele mõeldud koollingile“, tõlkinud J. Tein-
man. 100 m.
Raamatute tutvustaja nr. 2.
Ladu Vana t. nr. 1, telef. 435. Ärtjuhi telef. 243.

A
4231 U

VI