

A 4195.

Nov 25

G. E. Luiga

Taimede elu



TEINE TRÜKK

„Teaduse“ kirjastus, Tallinnas 1913.

G. E. LUIGA

Taimede elu



Teine trükk.

„TEADUSE” KIRJASTUS
TALLINNAS 1913



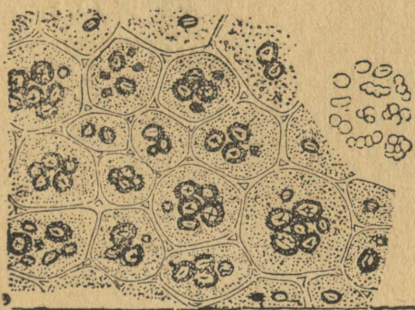
A_4195.

2224

Taimede elu.*)

I. Taime rakuke.

Kui meie taimesid elajatega võrdleme, siis ütleme, et taimed „eluta“ asjad on, aga neid ligemalt tähele pannes näeme, et see ekshiarwamine on ja et meie mitte aina oma silmade peale loota ei wõi, sest seal, kus meie silmad muud ei näe kui ühesugust, ühetaolist kogu, seal näeme mikroskopi

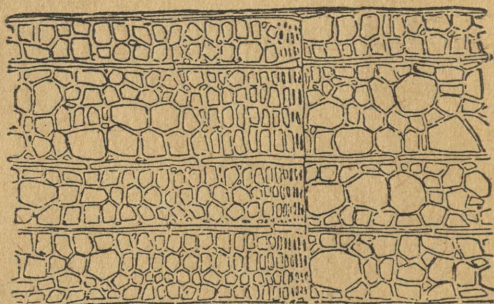


Pilt nr. 1. Oa killuke.
Rakud tärglise ja munawalge terakestega.

*) Järgnew kirjatöö on suuremalt osalt professor R. Bommeli raamatu järele „Die Pflanzenwelt“ ümber pandud, kus juures ka teisi rahwalikka looduseteaduslisi kirjatöösid on tarwitatud, nimelt: Тимирязевъ, Жизнь растенія; professor Migula Morphologie der Pflanzen, sellesama kirjaniku Pflanzenbiologie ja Dr. Dennerti Die Pflanze, ihr Bau u. Leben.

abil imekunstlikku kudet ja kus paljas silm tardunud, liikumata olekut näeb, seal ilmuwad suurendusklaasi all mitmesugused eluawaldused. Nõnda näitab suurendusklaas meile, et taime keha niisama elutegewust täis on nagu loomagi keha, et ta nagu imelikult korraldatud riik on, kus igal kodanikul oma ise kohused peale on pandud ja kõik selle juhtmõtte järele peawad käima: „üks kõikide eest, kõik ühe eest.“

Et meie taime elust paremine wõiksime aru saada, seks on meil kõige pealt waja endid ligemalt



Pilt nr. 2. Niinepuu laastuke, ristipuud lõigatud.

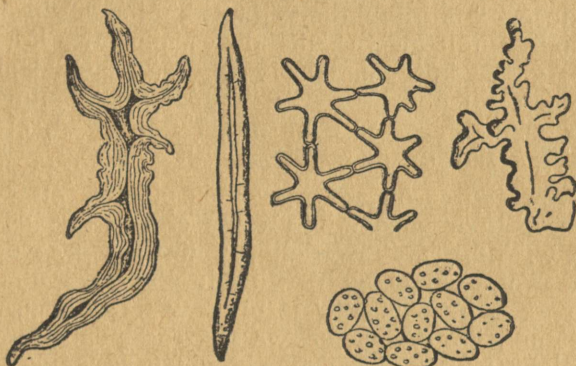
tema kehaehitusega tutvustada ja tema algosade ehk rakukeste tegewust tähele panna.

Kui meie taime seest — ükskõik, kust kohast, kas kartuli, õuna, oa seest wõi mujalt — terawa noaga õige õhukese liblekese wälja lõikame ja suurendusklaasi alla paneme, siis ilmub meie ees isesugune põimitud kude, mis aga ainult pealtnäha wõrgu sarnane on, sest et tema lõngad ainult noa mõjul nii peenikeseks on saanud, kuna nad tõepoolest kindlad

seinad on, nagu mesilase kärgede waheseinad. Seda näeme, kui sedasama taime teisipidi lõikame.

Niinepuu laastuke meie ees (pilt nr. 2) on nagu wõrk, mille silmused mitmesugused ja mitmesuured on, kuid kõik need nelja-, wiie- ja kuue-nurgalised silmused on tõepoolest wäikesed tuped, mis nagu põied ümberringi täieste kinni ja seest õõnsad on, õõnsuse sees aga leidub wedelaid ja kõwu kehasid, sagedasti ka ainult õhku; sarnast tuppe nimetatakse r a k u k e s e k s.

Suurem osa rakukesi on nii lõpmata pisikesed, et



Pilt nr. 3. Mitmesuguse kujulised rakukesed.

neid ainult tugewa suurendusklaasi abil wõib näha, siiski on mõned rakukesed ka paljale silmale nähtavad, kuna mõned koguni 2—5 sentimeetrit pikaks kaswawad, nagu näit. mõned weekaswud, kanepi koorerakud ja puuwilla seemnejõhwid. Õllepäarmi rakukesed on ainult mõni sajandik millimeetrit suured, aga siiski on nad koljatid bakteriatega wõrreldes, kes enamaste mitte tuhandikku millimeetrit suureks ei saa.

Niisama mõnesugused on rakukesed oma kuju poolest ja sagedaste juhtub, et üks ja seesama rakuke oma edenemise-aja jooksul järgimööda mitmesugust nägu näitab. Sellepärast ei hakka meie rakukeste mitmesugust kuju kirjeldama, waid juhime lugeja tähelepanemist eesolewa pildi peale. (Pilt nr. 3.)

Suured taimed on mitmest milliardist rakukestest koos, kus nagu hästi korraldatud riigis igal ühel oma kindel koht ja ülesanne, tegewus ja toimetus on: mõned weekaswud ja seemed aga on üherakulised olewused, teised taimed sünnitawad asunduse, kus rakukesed ilma kindlama sisemise sidemeta ainult lõdwas ühenduses teineteise kõrwal on. Aga ka kõrgemad ja täielikumad taimed algawad oma elu ühest ainsast rakukesest, sest munake, millest nad õilme sugutamise ajal siginewad, ei ole muud kui üks üksik rakuke.

Siin juures on tarwis meeles pidada, et mitte rakukese koor tema tähtsam osa ei ole, waid see kleepiw, sitke wahuwedelik, mis tema sees on ja mida protoplasmaks ehk lihtsalt plasmaks nimetakse. See on see elaw ja elustaw taime osa, see riigielanik, kes ööd ja päewa riigiedu peale mõtleb ja selleks tööd teeb. Taime kõwad osad, mida kaua aega tema tähtsamateks osadeks peeti, ei ole muud kui rakukeste elukorterid, mida nad ise on ehitanud. Need wõiwad aastasadasid edasi elada, kui nende ehitaja juba ammu „kõige liha teed“ on läinud, aga nad on tühjad ja tardunud, eluta ja eduta ning keegi ei tule enam pärast peremehe surma nendes eluaset otsima.

Rakuke, nii pisike kui ta on, on kolmest osast koos, mida meie üksikult ligemalt tundma tahame õppida; need osad on: 1) protoplasma ehk eluwedelik, 2) raku süda ja 3) raku kest.

1) Protoplasma kui elu kandja.

a) Elusa ja surnud protoplasma tähtsamad iseäraldused.

Mis on õieti elu? See küsimus on niisama wana nagu looduse uurimine ja niihästi wana kui ka keskaja mõttetargad pidasiwad selle küsimuse seletamist teaduse kõrgemaks ülesandeks. Iga tähtsa leiduse juures loodusteaduse-põllul lootsiwad inimesed otsitawat kostust ligi olewat, aga rahulikul järelewaatamisel nägiwad nad, et see eesmärk niisama kaugele jäi nagu ennegi. Küll wõib mõnesuguste nähtuste peale elusates taimedes nagu mehhaniliste ja keemialiste sündmuste peale waadata ja neid nendesamade jõudude põhjal seletada, mis ka eluta kehades tegewad on: aga „plaaniline tööjaotus protoplastide*) wahel, kes nagu seltsimehelise ühise sünnitawad, otstarbekohane järjekindlus mitmesugustes toimetustes ühe ja sellesama protoplasti juures, kus wälimised mõjud täieste muutumata on jäänud, see asjaolu, et rakuke oma wälise ümbruse olusid oma kasuks tarwitab, ennast kahjulikkude mõjude eest kaitseb, ärawõitmata takistustest mööda läheb, kõiki toimetusi kõige paremal ajal ära teeb, õiget tähtaega muudatusteks muutmata wäliste tingimiste juures kinni peab ja wiimaks, et ta nende tegewuste wõimet, mille otstarbeks toitmine ja kaswamine, uuendamine ja sigitamine on, ka kaotada wõib,“ — seda kõik on ka praegusel silmapilgul weel wõimata ära seletada. (Körner).

Toitmise, kaswamise, uuendamise ja sigitamise wõime kaotamist nimetame meie protoplasma surmaks. Seda ei sünni mitte üksi protoplasma häwitamise ehk tema ainelise muutmise tagajärjel, waid

*) Protoplastiks nimetatakse rakukese protoplasti list sisu.

(wähemast näitab nii olewat) ka ilma ühegi wälise põhjuse ta. Kord arwati, et iseäraline „elujõud“ olemas on, mis kas elektrijõu wõi keemialise suguluse sarnane on ja ennast ainult kindlates organistes ühendustes, nimelt protoplasmas, awaldada wõib, aga warsti kustutati „elujõud“ loomulikkude jõudude nimekirjast wälja; kuid uuemal ajal on jälle mõned looduse-uurijad selle arwamise poole pöörnud, nagu prof. Körner oma „Taimede elus“, mis näitab, et teadus weel tänapäewal rahuloldawat kostust selle küsimuse peale ei oska anda, mis elu on.

Iseenesest mõista ei ole meie ilmawaatele sugugi tähtjas, kas meie niisugust „elujõudu“ usume olewat wõi ei usu, niisama nagu mõne uue olluse ehk uue tähekawa leidmine taewalaotuses tema peale iseäralist mõju ei wõi awaldada. Sellepärast ei taha meie pikemalt nende umbarwamiste wallas wiibida, waid tutwustame endid sellega, mis praegusel ajal protoplasmast teada on.

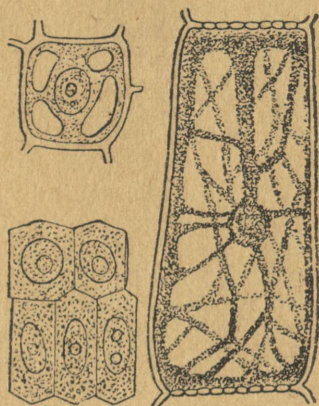
Protoplasma on kõige kunstlikum ja keerulisem kõigist organilistest ühendustest ja tema on peaasjalikult wiiest põhjusollusest koos, need on: süsinik, wesinik, hapnik, asot ja weewel — s. o. just need ollused, mida piimas, weres, munawalges ja sarnastes ainetes ette tuleb.

Protoplasma on siis ka niisuguste munawalgete ühendus ehk õigimine niisuguste ühenduste segu. Peale ülemal nimetatud munawalge-ühenduste on protoplasmas weel wett ja minerali-osasid, nimelt mitmesuguseid soolasid.

Kui meie protoplasmata suurendusklaasi läbi waatame, siis näitab ta täieste ühesarnane läbipaistew, wahutaw ehk sülditaoline kogu olewat; tema sees on arutu hulk pisikesi terakesi, kelle kõikide

õige loomus ja otstarbe weel tänapäewani täieste tuttav ei ole.

Taimeteadlased arwawad, et päratu pisikesed terakesed toidu palad on, mida protoplasma oma ülespidamiseks tarwitab (pilt nr. 4). Teised terakesed sisaldawad enestes wärwiaineid, mis taimedele nende iseloomulise wärwi annawad. Nendest kõige tähtsam on leheroheline (*chlorophyll*), millest — nagu tema nimetus juba ütleb — taime lehtede roheline karw tuleb. Et chlorophyll taime toitmise



Pilt nr. 4. Rakuke südamega ja kestaga.

kohta kõige suurema tähtsusega on, siis räägime temast pikemalt edaspidi, kus taime toitmisest jutt tuleb.

Protoplasma wälimises korras, mida koorekoraks nimetatakse, ei ole terakesi ja ta on natuke tihedam: et ta wäga õhukene on, siis wõib teda ainult iseäraliste keemialiste katsete waral nähtawaks teha.

Et plasmata suurendusklaasi all uurida, tehakse temaga kõigesuguseid katseid ja wärwitakse teda mõnda moodi. Kui protoplasma 50—60 graadi C. soojaks aetakse, siis läheb ta kõwaks, nagu muna-walgega keetmise korral sünnib; selle juures tõmbab ta natuke kokku ja jääb rakukestast wähe eemale, nii et teda paremine wõib näha. Mõned plasmad, nimelt alamate elajate rakud, näituseks bakteriate iduterad ehk munad, kannatawad aga ka suuremat sooja ära, ilma et nad kõwaks läheksid. Mida wähem wett protoplasma sees on, seda suuremat palawust suudab ta ära kannatada. Selle wasta läheb ta spiiirituse, glitserini ja teiste sarnaste wahendite mõjul ka ilma palawuseta kõwaks. Sooda abil wõib protoplasmat pruuniks, weewlihappe abil roosaks wärwida. Aga kõik need keemialised mõjud muudawad protoplasma kokkuseadet nii, et ta oma endised omadused täieste kaotab ja enam eluawalduste kandja ei ole, s. o. ta sureb. Niisuguses seisukorras wõtab ta ahnelt mitmesuguseid wärwiolluseid enesse, nagu karmini, anelini sinet ja muid ning see kergitab tema uurimist suurendusklaasi all, kuna aga elusat protoplasmat wärwida ei saa.

Noorte rakukeste juures täidab protoplasma ühes rakusüdamega, mis ka protoplasmast on, raku õõnsust täieste, aga rakukene kaswab kiiremine kui protoplasma, mille tagajärjel rakukesta ja protoplasma wahel waheruum tekib, mis aga mitte tühjaks ei jää, waid eneses raku wedelikku sisaldab; rakuwedelik on suuremalt osalt wesi, aga selles on ka mõnesuguseid muid aineid sulatatud olekus, nimelt soolasid, suhkrut, happeid ja wärwiollusid. Niisugust waheruumi rakukesta ja protoplasma wahel nimetatakse wõõrakeele sõnaga wakuoliks. Mida enam wakuolid kaswawad, seda enam jääb protoplasma rakukeses nagu kõr-

wale, ta saab kas liblikeste, paelakeste wõi peenikeste niidikeste kujuliseks, mis wõrguwiisi rakuwedelikus laiali on ja eneses rakušüdant hoiab (waata pilt nr. 4); edasi arenedes katab protoplasma rakuseina seestpidi õhukese korrana nagu seinapaber meie toaseina. Selles arenemise-järjes on sagedaste koguni wõimata peenikest plasma kestakest ilma ülemal näidatud kunstlikkude abinõudeta ära leida.

b) Elusa protoplasma liikumine.

Protoplasmas, mis kindla rakukesta sees asub, ilmuwad huwitawad liikuwuse nähtused. Mõnede üherakuliste weetaimede juures wõib tähele panna, kudas pisikesed terakesed protoplasmas wäsimata wiisil rühkides üksteisest mööda weerewad ja wiimaks jälle sinnasamasse paika jääwad. Seesugune korratu liikumine tuletab mesilaste ja sipelgate pealtnäha otstarbeta kihinat ja kahinat meelde ning on koguni teine, kui plasmakehakeste ringkäik, mida mõnede taimede juures juba ammu tähele on pandud. Iseäranis hea on seda kahe taime lehtede juures uurida, kellest esimene, *vallisneria spiralis*, Lääne-Europas wabalt kaswab, meie juures aga akwariu- mides kaswatatakse, kuna teine — „Kanada weekat“ — Uuest ilmast meie juure on toodud ja paljudest järwedest, jõgedest ja kanalidest leitakse. Mõlemad taimed on üheidaleheliste liigist ja kilbukate (*hydrocharis*) sugukonnast (Kunder, Looduse- õpet. II. lk. 74).

Wallisneria (pilt nr. 5) on heinakaswu nagu ja kaswab iseäranis hästi riisipõldude kastmiseks kaewatud kanalides; ta on kahekojaline taim, s. o. üks wars kannab ainult isaseid, teine ainult emaseid õisi (nagu kanep). Emane õis on pika warre otsas ja sirutab ennast maapinnani, isane õis on aga ko-

bara wiisi lühikese warre otsas kinni. On wiimane suguliku küpsuseni walminud, siis katkeb ta warre otsast lahti ja ujub weepinnale, kus ta oma tolmukad lahti teeb ja emase õie ära sugutab. Niipea kui see on sündinud, läheb emase õie wars korgitõmbaja wiisil kokku ja tõmbab sugutatud õie wee



Pilt nr. 5. *Vallisneria* (*Vallisneria spiralis*) a — emane, b — isane taim; c — isane tolmukas; d — isane, e — emane õis.

alla, kus wili kaswama ja walmima hakkab. Juba see imelik sugutamise wiis jõuab meie iseäralist tähelepanemist wallisneria peale tõmmata, aga weel rohkem tähelepanemise wäärt on sisemised liikumised tema lehtede rohelistes rakukestes, millest allpool räägime.

Selle taime Amerika sugulane „Kanada weekat“ (*elodea canadensis*) on oma nime sellest saanud, et ta koleda kiirusega sigib ja lühikese aja sees jõed, kanalid ja merelahed täis täidab. Europas ilmus ta esimest korda a. 1836 ühes Iiri jões kohe selle järele, kui sinna Põhja-Amerika weekaswusid oli külitud. Juba esimesel aastal kaswas ta nii jõudsaste, et teda waatidega wälja weeti, et jõge sellest umbrohist puhastada. 5. aastat hiljem oli teda juba paljudes Inglismaa ja Schoti jõgedes ja järwedes, nõnda et ta kalapüüdmist ja laewasõitu takistas ning mõnes kohas tammi wiisi weejooksu kinni mattis ja uputust sünnitas. Sellepärast ei ole ime, et seda uut õnnetust Inglismaal „weekatkuks“ hakati hüüdma. Aastal 1854 laskis üks Berliini professor seda taime omale uurimiseks saata ja külwas teda oma taimeaeda, kolm aastat hiljem kaswas ta juba wabalt Potsdami ligidal ja lagunes kiireste Spree ja Haweli jõgesid kaudu laiali, nii et mõni aeg tõsiselt kardeti, et kõik Europa weed seda katku täis kaswawad, aga üleüldiseks imestuseks jäi paar-kümmend aastat tagasi tema sigimine! seisma. Huiwitaw on, et see taim Europas üleüldse seemet ei kannud ega wõinudki kanda, sest et siin isaseid taimi olemas ei olnud, oliwad ainult emased ja nende sigimine sündis senini üksi pungade ja wõrsumiste abil. (Cohn).

Nende kirjeldatud taimede lehtedes on nüüd hea tähele panna, kudas protoplasma alati liikumas on. Pea siin, pea seal tõmbab ta ennast suuremal hulgal kokku, sirutab enesest pikad, kitsad paelad wälja, jaguneb mitmeks haruks ja teeb mitmesuguseid liigutusi, misga ta protoplasma sees olewaid terakesi enesega ühes edasi kisub; need terakesed ep teewadki liikumise, mida ringiskäiguks (zirkulation) nimetatakse, nähtawaks. Woolus muudab iga

silmapilk oma kuju ja nägu, läheb kord mitmesse harusse, siis kogunewad kõik harud jälle ühte kokku. Mõnikord näitab, nagu oleks ühest raku seinast teise peenikene nõör tõmmatud, mida kaudu üksikud terakesed köietantsija osawusega üle käiwad; aga igal pool ja alati on plasma liikuwad osad oma terakestega õrna, klaasisarnase läbipaistwa nahakese läbi rakuwedelikust lahutatud ja ialgi ei juutu, et ükski terakene kogemata wakuolisse sattuks. Katki lõigatud lehe juures wõib kirjeldatud ringiskäiku enam kui kaks tundi waadelda, siis hakkab pilt aegamööda muutuma, üksikud woolud kaowad ikka enam ja enam, plasma ühes enese sees olewate chlorophylli terakestega aga koguneb raku seinade äärde ja liigub seal ühetasaselt edasi woolates nagu rihm masina rataste ümber, kus juures ta rakusü-dant ja chlorophylli terakesi enesega ühes weab. See ühetaoline liikumine, mida keerlemiseks (*rotation*) nimetatakse, kestab kaua aega muutmata edasi, nõnda et seda mitu päewa wõib waadelda.

Niisamasugust liikumist wõib wallisneria lehtedes waadelda, kuid meie ei taha seda enam pike-malt kirjeldada, sest et muidu seda peaksime kor-dama, mis „weekatku“ juures on üteldud.

2) Rakusüda.

Rakusüda on väga tähtjas osa elawa rakukese juures; ainult mõnede kõige madalamal arenemise-järjel seiswate taimede rakukesed on ilma südameta, kõrgemate taimede juures on ta ikka olemas.

Rakusüda on ümargune, oa- wõi läätsatera kujuline ja on kas rakukese keskel wõi ühe seina ääres. Koguni noortes, ruttu sigiwates rakukestes on ta wõrdlemisi suurem, kui wanemates rakkudes. Kui plasma raku sees kiireste liigub, nagu eelmi-

newas peatükis nägime, siis liigub rakusüda temaga ühes, kus juures ta sagedaste oma kuju muudab: kord sirutab ta ennast pikale ja jääb õhemaks, kord tõmbab ta enese kokku ja saab ümarguseks. Harilikult on raku sees üksainus süda, aga väga suurtes ja pikkades rakukestes, nagu mõnedes weekaswudes ja soontes, on neid ka suur hulk, isegi sada-sid ja tuhandeid.

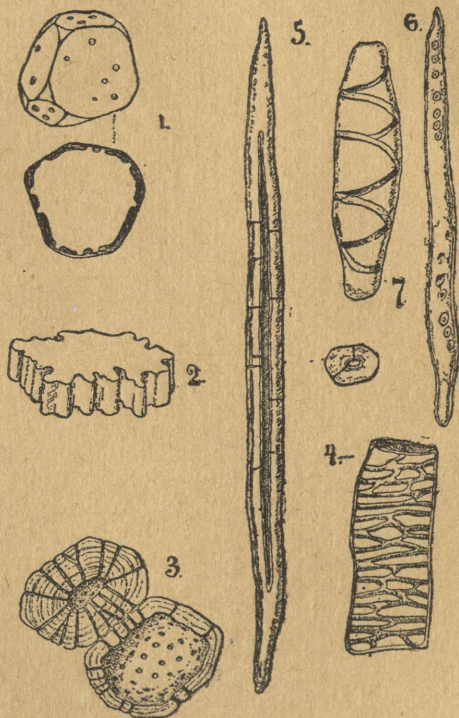
Keemialise kokkuseade poolst ei lähe raku-süda protoplasmast lahku ja on suuremalt osalt niisama munawalge-ollusest. Muu osa on teistest ainetest, mis terakeste wõi niidikeste kujulised on ja keemialiselt seda iseäraldust näitawad, et nendes fosfori leidub. Seda väga tähtsat ainet, mida nukleiniiks (sõnast *nucleus* — tera) nimetatakse, on ka nendes rakukestes, kellel südant ei olegi. Nendes rakukestes on nuklein pisikeste terakestena kõige protoplasma sees laiali. Nukleiniil on see iseäraldus, et ta kergeste mõnesuguseid wärwisid wastu wõtab ja ennast tugewaste wärwida laseb, mida aga raku-südame peaollusega ja protoplasmaga mitte nii hõlp-saste teha ei saa. Selleläbi on wõimalik nukleini ka niisugustes rakusüdametes leida, kus kõige tuge-wama suurendamise juures ilma wärwimata tema jälgigi ei nähtud. Sellest näeb lugeja, et ainult suurendusklaasi abil üksi weel kõiki asju waadelda ei saa, waid seal on weel palju teisi abinõusi waja.

Rakusüdame tähendus ja ülesanne ei ole weel kõigiti selge. Tähtsat osa etendab tema rakukeste jagamise juures, millest edaspidi pikemalt räägime.

3) Rakukest.

Kõige madalamal arenemise-astmel olewad taimed, nimelt mõned limaseened, on rakukesed ilma kestata, paljas lahtine protoplasma. Nad on

ilma ühegi kujuta lima, nagu wedel süldiraasukene. Aga edasi arenedes ehitab protoplasma enesele maja, kus ta kõwade kehade rõhumise eest warju



Pilt nr. 6. Rakukesed: 1. kandiline; 2. laper-
gune; 3. paksuks kaswanud kestaga, kelle
sees augukesed näha on; 4.—7. mitme-
suguse kujuliseks kaswanud rakukestad.

wõib leida: ta katab ennast kindla kestaga. See
kest on imekspanemise wääriline kunsttöö, sest ta

warjab raku sisu wälimise ilma eest täieste ja ei keela ometi sugugi tema läbikäimist wälimise ilmaga; ta on läbipaistew nagu klaas, sitke nagu teras ja kardab nii wähe riket kui kuld. Rakukest kaswab elusa protoplasma wälimisest korrast, tema algjaod on süsi ja wesi (süsinik, wesinik ja hapnik), tema on wäga wastupidaw, ehk temas küll rohkeste wett on, ja paneb mitmesugustele keemialistele wedelikkudele wäga wisalt wastu ning ei lase enese peale mõju awaldada. Alguses on rakukest õige õhukene nahakene, pikkamööda kaswab ta paksemaks ning wõib enesele wäga mitmesugust kuju omandada. Wabas olekus on rakukene enamaste munasarnane, aga teistega ühte kaswades muutub ta kandiliseks (waata pilt nr. 6, 1). Aga see kandleine kuju näitab ometi, et rakuke kõigile poole ühtewiisi on wõinud kaswada; kui aga rakuke ainult kahele poole — pikuti ja laiuti — kaswada saab, siis kaswab ta lauakese kujuliseks (pilt 6, 2): niisugused rakukesed kaswawad peasjalikult taime pealmisel korral, nendest on tema nahk koos. Wiimaks aga wõib rakuke ka ainult ühele poole kaswada ja siis wenib ta pikaks peenikeseks kiuks (pilt nr. 6, 5 ja 6). Niisugustest kiududest on suuremalt osalt puukude koos. Kuid lina ja kanepi kiud on weel palju pikemad, nii et nendest wõimalik ei ole piltigi teha, sest kuna nende pikkus paksusest umbes tuhat korda suurem on, siis wõiks neid ainult peenikese joone näol kujutada.

Selle järele, missugused ülesanded rakukesel täita on, muutuwad ka tema kesta füsikalised ja keemialised omadused. Protoplast wõib teda kas lubja, sõmermulla, korgi-ehk puuollustega toita wõi teda rohkeste weega täita ja teda seeläbi süldi-ehk limasarnaseks muuta. Nii on rakukest oma ehituse poolest mõnesugune. Mõnede juures on ta ümber-

ringi ühesugune ja õhukene (pilt nr. 6, 1 ja 2), teiste juures on ta ümberringi ühesugune paks ja nagu mitmekordne (pilt nr. 6, 3 ja 5). Mõnede rakukeste juures kasvab ta nii paksuks, et ta suurema osa õõnsust ära täidab ja protoplasma jaoks väga vähe maad järele jätab. Aga mida paksemaks rakukest kasvab, seda raskemaks läheb elusa protoplasma ühendus välise ilmaga, seda puudulikumaks olluste wahetamine (s. o. toiduainete wastuwõtmine ja jätiste wäljaheitmine); toidu puudusel jääb ta nälga, kuni ta wiimaks sureb. Nõnda ehitab protoplasma enesele wangikoja, mis talle wiimaks tõsiseks puusärgiks saab. Seda juhtub õige sagedaste. Aga weel sagedamine muretseb protoplast selle eest, et ta mitte ummuksesse ei jääks, waid teeb enesele naabritega läbikäimiseks hulga uksi ja aknaid. See sünnib sel wiisil, et rakukest mitte üle kõige ühtewiisi paksuks ei kaswa, waid ainult paiguti otsegu wõlwisid ja talasid, sambaid, sarikaid sünnitab, mis sagedaste kõige imelikumaid kujusid ja kudesid tekitawad. Kui ainult üksikud pisikesed kohad paksuks kasvawata jääwad, siis näitab rakuke (mis läbipaistew nagu ikkagi on) täpiline olewat, aga kui meie ta pooleks läbi lõikame, siis näeme, et täpikeste kohal pisikesed õõnsused nagu kaanalid — ehk nagu truubid, paksu müüri sees on. (Pilt nr. 6, 1 ja 3). Selle juures on iseäranis huwitaw, et kõrwu kasvawata rakukeste juures augud wastastiku ikka ühe koha peale kasvawad ja otsegu otsasid pidi kokku lähewad. Mõlemate rakukeste sisu lahutab siis ainult esialgne õhukene nahakene, millest nad wastastikku kergeste läbi wõiwad imitseda. Mõnikord aga kaob ka see õhukene wahe ja mõlemate rakukeste õõnsused ühinewad. Teistel kordadel jälle jääb ka suurem osa raku kesta õhukeseks ja siis tekiwad paksematest kohtadest kõige imeli-

kumad: koed, wõrgud, rõngad, kruisarnased linnid, nõnda et rakukeste pealmisel korral kõige kenamad pildid ilmuwad, mis mikroskopi all hiilgawad ja sätendawad, nagu oleksiwad nad mäekristallidest wõi teemantidest kokku pandud. (Pilt nr. 6, 4—7). Mõnedes rakukestades on ka tõepoolest kristalli, nagu osjades, sest nendes leidub sõmermulda ja sellest samast ongi kristal.

4) Rakukese jagunemine. *)

Meie nägime, et iga taim pisikestest rakukestest koos on, aga kui meie üheaastast taime ja tuhande aastast tamme wõrdleme, siis wõiksimme küsida: on wiimaste rakukesed nii palju suuremad nagu ta ise wäikesest idukesest suurem on, wõi on temal neid nii palju rohkem? Oleksiwad tema rakukesed nii suured, siis peaksid nad ju palja silmaga näha olema, nagu kiwi lupjamata müüris, on temal aga rakukesi rohkem, kust on ta need siis wõtnud? Kust tulewed uued rakukesed ja kudas liidetakse neid nii siledaste taime keha sisse, et ükski silm lappimisetööd ei seleta?

Taim on haruldane wabrik: iseenese sees loob ta alati uusi rakukesi ainetest, mida ta juurte läbi maa seest enesesse imeb ehk lehtede ja oksade läbi õhust wõtab, ja rakukeste loomine sünnib kogu iseäralisel wiisil: wanade rakukeste jagunemise teel.

Niisugust rakukeste jagunemist on wäga hõlpus niidisarnaste weekaswude juures waadelda, sest et neid elusalt suurenduseklaasi alla wõib panna, ilma et see nende eluawaldusi rikuks. Kui meie niisuguse roheline niidikese suurendusklaasi alla

*) K. A. Timirjasewi järele.

paneme, siis näeme, et ta nagu helmerida on: nii seisawad üksikud rakukesed üksteise otsas. Pilt nr. 7, B kujutab niisugust taime osa, kus meie 6 rakukest üksteise otsas näeme, A aga näitab üksikut rakukest weel enam suurendatult. See weekaswu rakukene on ka selle poolest huwitaw, et tema sees leheroheline — chlorophyll, s. o. ollus, mis taimele tema roheline karwa annab, wäga iseloomulistes kujudes nähtawale tuleb: nagu sakiliste äärtega roheline lint on ta korgitõmbaja moodi rakukese sisemist seinu mööda ringi mässitud. Muidu on rakuke harilik nagu meie neid juba oleme tundma õppinud, rakukesta, protoplasma ja rakuwedelikuga, kelle keskel raku süda nagu ämblik wõrgu keskel wiibib ja ülipeenikeste protoplasma niidikeste waral rakuseintega ühendatud on. Kui meie niisuguse niidisarnase weekaswu weetilga sees suurendusklaasi alla paneme, siis wõime teda tundide ja päewade kaupa uurida, mitmesuguse soojuse ja walgustamise mõju katsete waral tundma õppida. Selle juures näeme meie, et rakukesed pimedas kiiremine kaswawad, ehk õigem, pikemaks lähewad kui walges. Niisamasugust takistawat mõju awaldab walgus nähtawaste ka rakukeste siginemise peale, wähemalt sünnib see loomulistel tingimistel enamaste wõi ka alati ainult öösel, nii et esimesed uurijad wäga kannatlikud pidiwad olema ja hilja ööseni ühe ja sellesama rakukese juures istuma. Nüüd panewad uurijad taime ööseks külma keldrisse, mis siginemist kinni peab; nõnda wõib kunstlikul wiisil taime sundida oma kaswamist päewa ajal toimetama, kus seda parem on waadelda. Rakukese siginemine on wäga lihtne ja sünnib järgmisel wiisil:

Kui rakukene nii kaugele on walminud, et ta jaguneda wõib, siis ilmuwad tema keskel mõlemilt

poolt väikesed okkakesed, mis wastastikku keskele kokku kaswawad (pilt nr. 7, C ja D). Kui meie aga rakukest ettewaatlikult keerame ja teda teisest küljest waatame, siis näeme, et need kaswud su-



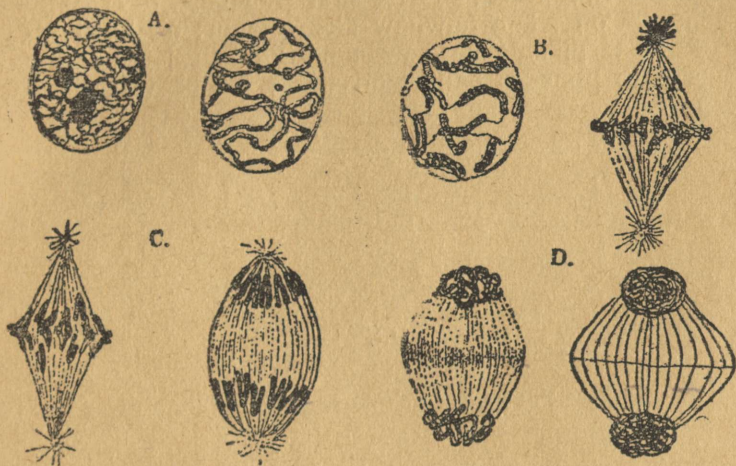
Pilt nr. 7. Niidisarnane weekasw suurendusklaasi all. A — üksik rakuke; B — rakukeste rida; C ja D — rakukese keskele hakkab wahesein kaswama.

gugi okkad ei ole, waid et raku seinte äärest wahesein rõngamoodi kaswama hakkab ja raku keskele kokku kaswab. Seal näeme meie ka, et raku

sees mitte enam üks süda ei ole, waid kaks, teine teisel pool otsas. Nende wahel kaswab wahesein wiimaks kinni ja ühest rakust on kaks saanud, kummalgi oma süda, oma protoplasma ja oma lehe-roheline; teineteisest lahutab neid wahesein, mis kõigiti rakukese wälimise kesta sarnane on. Mõlemad uued rakukesed kaswawad nüüd ja walmiwad nii kaugele, et nad kumbki jälle kaheks wõiwad jaguneda ja nõnda edasi ja nõnda edasi, kuni ühest rakukesest terve pikk niit on tekkinud.

Nõnda sünnib jagunemine kõige lihtsamates rakukestes, aga kõrgemate taimete juures läheb lugu natuke teisiti. Seal ei ole kirjeldatud waheseina kaswamist mitte näha, waid see ilmub nagu äkitselt, aga ligemalt tähele pannes näeme, et ta siingi järk järgult kujuneb, aga teistsugusel wiisil. Seda nähti siis, kui rakusüdant hakati paremine tähele panna. Juba ülemal kirjeldatud weekaswu juures nägime meie, et enne waheseina kinnikaswamist rakusüda kaheks jaguneb, aga kõrgemates taimedes tuleb rakusüdame tähtsus uute rakukeste tekkimisel iseäranis selgeste nähtawale. Rakukese jagunemise eel sünnib terve rida muudatusi rakusüdames, mis ühetaoliselt kõikide rakukeste juures ette tulewad ja, mis weel kõige huwitawam on, mitte üksi taime, waid ka elajate rakukeste jagunemise juures. Rakusüdamest rääkides kuulsime meie, et temast üks osa nukleiniks ehk chromatiniks nimetatakse. Enne jagunemise hakatust on nuklein nagu pihusse kokkupigistatud lõngaots (waata pilt 8, A). Hiljem lahkuw see lõng lühikesteks jupikesteks koost ära (pilt 8, B pahemal pool) ja jupikesed seawad ennast rakusüdame keskkohas niisuguses korras ritta, nagu järgmine kujutus (B äärmine) näitab. Edasi lahkuwad need jupikesed, mis harilikult ikka teawas arwus ilmuwad, kahte osase ja libisewad

teine teisele poole rakusüdame otsa juure, nõnda et see wärtnakujuliseks muutub (pilt 8, C), seal põimiwad nad ennast jälle kerrasse keerdu ja nõnda on meie ees juba kaks rakusüdant (pilt 8, D), ning nüüd algab raku enese jagunemine. Uueste ilmuwad wärtna keskel, tema kõige jämedama koha peal

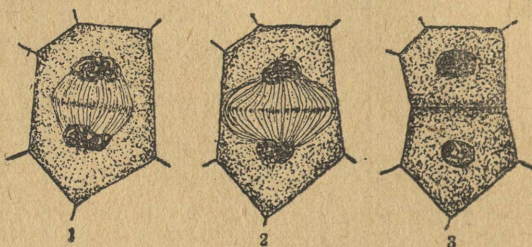


Pilt nr. 8. Rakusüdame jagunemine.

wäikesed terakesed (pilt 9, 1), mis pärast nagu ühte sulawad ja nõndawiisi õhukese nahakese sünnitawad; nimetatud nahake on sellest samast ainest, millest rahukesedki ja sirutab ennast nii laiali, et ta igalt poolt rakukestani ulatab (pilt 9, 2), mille läbi ta rakukesse kaheks jaotab (pilt 9, 3). Kummalgi uuel rakukesel on nüüd ise oma süda ja nad hakkawad iseseiswat elu elama, s. o. nad kaswa-

wad, ja kui nad teatawa küpsuseni on walminud, siis jagunewad nad omakorda kumbki jälle kaheks.

Sellel teel kaswab taim pisikesest idukesest kuni hiigla tüwini, mida paar inimest ümberringi ei ulata kinni wõtma; sedawiisi tekiwad jagunemise teel ühest ainsast seemnerakukesest miljonid ja miljardid rakukesed, millest suur puu koos on. Selle juures on wäga huwitaw üks asjaolu: nii hästi rakukeste pikemaks kaswamine kui ka jagunemine sünnib pimedas palju jõudsamine kui päewawalgel.



Pilt nr. 9. Rakukese jagunemine.

Seda nähtust on ligemalt järele uuritud ja sel uurimisel on ka suur tegelik tähtsus.

Tuttaw asi on, et taimed, mis pimedas kaswawad, pehmed ja wesisemad on ning wähem wastu peawad kui päiksepaistel kaswanud taimed, nagu koopas kaswanud kartulitest wõib näha. Aga mitte üksi täielik pimedus ei mõju taime kaswu peale, waid juba poolpimedus, wari annab ennast tunda.

Põllumehed teawad, et paksult kaswaw wili kergeste „maha paneb“, kuna üksikult kaswawad kõrred ialgi looka ei paendu. Tekkis arwamine,

et wilja mahapanemise juures walgusepuudus süüdi on, sest paksult kaswaw wili paneb päikese kiirtele tee nii kinni, et need mitte alla kõrte peale ei saa paista. Et aga umbarwamiat teaduslikult tõendada, siis tehti järgmisi katseid: kaswawa wilja kõrtele pandi sawist warjutorukesed ümber; kaswas kõrs pikemaks, lisati esimesele torukesele teine otsa juurde jne., nõnda et taim ainult ülewalt walgust sai, ümberringi aga kaswas kõrs warjus. Selle tagajärg oli, et kõrred wäga pikad kaswasiwad, aga koguni nõrgaks jäiwad. Kui suurendusklaasi all pimedas kaswanud kõrt terwe, päikese paistel kaswanud kõrrega wõrreldi, siis leiti nende juures järgmist wahet: warjus kaswanud kõrre rakukesed oliwad palju pikemad, aga rakuseinad palju õhemad kui walge käes kaswanud kõrte juures, kus rakukesed lühemad, aga paksema seinalised oliwad. Sellest järgneb, et walgus mitte rakukeste kaswu kinni ei pea, waid kaswamisele teise sihi annab: selle asemel, et rakuseinad pikaks weniwad, kaswawad nad paksuks.

Nüüsamasugust wahet leitakse, kui maha pannud wiljakõrt hariliku kõrrega wõrreldakse. Loomulikult kaswanud kõrre juures on kõik rakukeste seinad paksud, iseäranis juure ligidal on wälimise korra rakukesed nii paksude seintega, et raku õõnsused ainult pisikese täpikesena näha on; seinte paksuse pärast on rakukesed õige lühikesed. Maha pannud wiljakõrte juures on überpöördult rakukesed palju pikemad, aga nende seinad on õhukesed. Järjelikult tuleb wilja mahapanemine sellest, et kõrred üksteist päikese kiirte eest warjawad, mille tagajärjel nad liiga kiireste pikaks kaswawad, ilma et nende rakukeste seinad tarwilisel määdul paksuks saaksid paisuda. Selle äparduse eest hoidmiseks on harw ridakülw kõige parem abinõu, sest

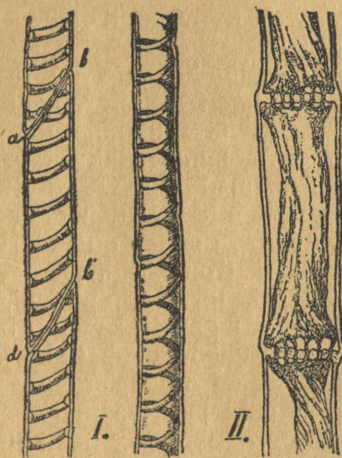
et seal iga kõrs ümberringi päikese kūrte kätte jääb.

Ülemal kirjeldatud asjaolud näitawad meile, et kaswamine alati mitte taime pikemaks sirgumist ehk paksemaks paisumist ei tähenda, waid mõnikord ka teises sihis wõib sündida, nimelt rakuseinade paksemaks minemises. Lühidelt ütelda: taim kaswab siis, kui tema rakukeste seinad kaswawad, ükskõik, kas pikemaks, laiemaks wõi paksemaks.

5) Rakukeste ühendused.

Ülemal nägime, kudas rakukesele kest wahel kaswab, nõnda et ühest kaks, wahedest hulk sünnib, aga ka teisipidi muutumist tuleb ette, nimelt ühendawad endid mitu rakukest ja sünnitawad nõndanimetatud sooned. (Kunder II, lehek. 16 nimetatakse neid Saksa keele järele „röörideks“, aga selle asemel on meil eestikeelne sõna „soon“ olemas.) Sooned sünniwad harilikult sel kombel, et rakukeste juures, mis ülestikku üksteise peal seisawad, alumises ja ülemises seinas (ehk ülele: põrandas ja laes) augukesed tekiwad, wõi ka, et need wahed üsna kaowad. Wõtame näituseks rakukesed, mille sisse paksuse kiht korgitõmbaja kujuliselt on kaswanud (pilt nr. 10, I äärmine); kui tema waheseinad a b ja d b', mis ülemisi rakukesi alumistest lahutawad, ära kaowad, siis jääb õõnes putk järele, lihtne toru, mille seinte külge traatwedru sarnane paksus on kaswanud. Aga mõnikord ei kao waheseinad mitte täieste ära, waid nendesse tekiwad suuremad wõi wahemad augud, mille läbi mõlemate wahel ühendus sünnib. Iseäranis huwitaw on üks selts niisuguseid sooni, kus rakukeste waheseinas hulk pisikesi augukesi nagu sõela põhjas ehk wõrgu

sees teine teise kõrwal on, mispärast ka sooni ise sõela- ehk wõrgu-kujulisteks kutsutakse. Pilt 10, II kujutab niisugust rakukest, mis ülewalt ja alt kahe teise rakukesega üheks sooneks on ühendatud; nende wastastikku kokkupuutuwatest otsadest on pisikesed augukesed läbi uuristatud, nagu oleks sinna kohta sõel tühjale putkele waheseinaks pan-



Pilt nr. 10. I. Rakukese sooneks kujunemine. II. Sõelasarnane soon.

dud. Nende augukeste kaudu wõib rakukeste sisu ühendada, augukestes on ka pisikesi tärgliseterakesi leitud ja edaspidi näeme meie, kui suur tähtsus niisugustel soontel taime elamises on.

Peale soonte, mis üksiku pika, sirge putke kombel kujunewad, leidub weel teisi, mis mitmesse harusse lähewad, need harud on isekeskis läbi ja läbi põimitud ning sünnitawad terve kunstliku ka-

nalite wõrgu. Niisugused soontekimbud on enamaste walge, mõnikord ka kollase wedelikuga täidetud, mispärast neid piimasoonteks nimetatakse. Iga karjalaps tunneb niisuguseid taimi, mis sarnast wedelikku annawad, kui nad katki tehtakse, nõnda wõilill, piimajuur, moonilill jne. Meil toalillena kaswatataw wiigipuu (*figus*) annab, nagu mõned teisedki lõunamaa taimed, oma haawadest rohket piimawedelikku, mis kuiwatatud olekus kautschuki nime all tuttav on.

Nõnda oleme nüüd kolme algosa taime kehast tundma õppinud, nimelt rakukesed, kiud ja sooned, kes taime elamise ja ülespidamise töö eneste wahel korralikult ära on jaotanud. Rakukeste ülesanne on toiduseedimine: nemad wõtawad toitwad mineraliollused enesesse ja muudawad nad eneses organilisteks ollusteks ümber, nendes on leheroheline, chlorophyll, paigal ja nad on ladukohtadeks, kus taim munawalge-olluseid, tärklist, suhkrut, mineralsoolade kristallisid jne. tagawaraks kogub, lühidalt — nad on taime lahutustöökojad (laboratoriumid) ja aidad. — Kiu ülesanne on mehaniliste mõjude, s. o. surumise, paenutamise jne. wastu panna. Tema sisu ei tähenda sealjuures midagi, peatähtsus on tema pikkusel ja seinte paksusel, sest nagu nägime, kaswawad tema seinad mõnikord nii paksuks, et tema sisse tühja õõnsust enam ei jäägi. (Waata pilt nr. 5, 6). Uuemad uurimised on näidanud, et kiud nii hästi materjali poolest, millest nad on kaswanud kui oma kehaehituse poolest ja iseäranis selle poolest, mis suguses järjekorras nad taimedesse on paigutatud, imetäielikult oma ülesande kohased on: ehitusematerjali wõimalikult kokku hoides suudawad nad ometi kõige paremal wiisil taimele sitkust anda. Nõnda on katsed seda imestamisewäärt asjaolu tõendanud, et materjal, millest kiud on kaswanud, mõnes tükis

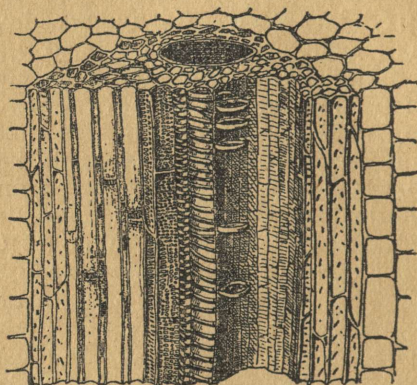
rauast sugugi nõrgem ei ole, peale selle on nad taime kehas kõigiti ehituskunsti reeglite järele paigutatud, nagu oleks kõige osawama inseneri käsi neid korraldanud. — Sooned on peasjalikult wedelikkude liikumiseks olemas.

Waatame nüüd, kudawiisi need kolme liiki algusosad, mis nii hästi oma kehaehituse kui ka tegewuse poolest üksteisest lahku lähewad, taime sees asendatud on.

Rakukestest kujuneb nõndanimetatud s ü d a m e - ehk p õ h j u s k u d e (Grundgewebe, соединительная или основная ткань*), s. o. iga taimeosa peaside ja põhjussollus, kuna kiud ja sooned kimpude wiisi põhjuskudest läbi käiwad. Kõige paremine õprime neid osasid puulehtedes tundma. Leht on mõlemilt poolt õhukese nahakesega kaetud, nahkade wahet täidab pehme aine, see ongi põhjuskude, millest peenikesed sooned nagu narmad läbi käiwad. Need on s o o n e k i m b u d (Gefäßbündel, пучки сосудов ehk narmaswõrge, nagu Kunder II lehek. 16 nimetab) ja nad käiwad kas üks-teise kõrwal pikuti lehest läbi wõi sünnitawad imekeeruliselt ja kunstliselt kokkupõimitud wõrgu, mille täit kaju meie pealiskaudselt lehe peale waadates waewalt wõime aimata. Et õieti näha kui õrn ja peenikene see wõrk on, jätame lehe mõneks ajaks

*) Kunder (II, lehekülj 16) tarwitab „Gewebe“, „ткань“ asemel ilma wahet tegemata sõnu „wõrge“ ja „wõrk“. kuna sellekohane Eestikeele sõna „kude“ on (waata Wiedemanni ja Dr. Hermannii sõnaraamatud). Arwatawaste on Kunder sellepärast wiimase sõna wastu, et sellel üks homonym, see on niisamuti kõlaw, aga teisest juurest tekkinud ja teise tähendusega sõna on, nimelt „kalakude“ — tegusõnast „kudenema“, kuna „kude“ — tähenduses „Gewebe“. „ткань“ — sõnast „kuduma“ tuleb. Mõtte poolest on „kude“ õigem tarwitada kui „wõrk“ ehk „wõrge“, sellepärast lahkun siin Kunderi terminusest.

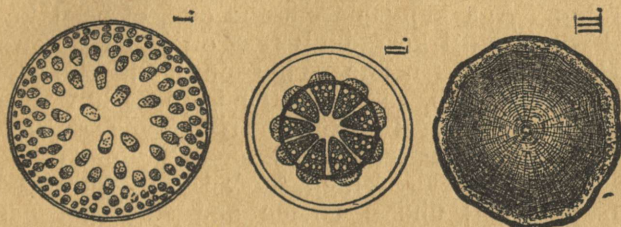
wette mädanema, siis wõib pehme harjakesega kergeste lehe nahad ja pehme liha maha kaapida ning meie ees on soonte wõrk, mille sarnast ükski tütarlaps heegeldada ei oska. See wõrk on ühtlasi lehe luukere, mis talle kindla kuju annab, ja soontekawa, mida mööda toiduwedelik taimekehas ennast laiali laotab; mõnede looduseuurijate arwamise järele on need sooned ka teed, mida kaudu äritus edasi läheb.



Pilt nr. 11. Soontekimp tema ümber olewa põhjus-kudega maisikõrre sees pikuti ja risti läbi lõigatud. Suurauk teiste keskel on wäga jäme soon; terve rida vähemaid soonesid on pikuti läbi lõigatud.

Niisamasugused sooned, mis lehe sees nii selgeste nähtawale tulewad, on ka taime tüwe ehk warre sees olemas, aga seal ei paista nad nii kergeste silma. Meeles tuleb pidada, et mitmesuguste taimede juures nende kehaehitus mitmesugune on; kirjeldame siin kaht üleüldisemat ehitusewiisi.

Üheiduleheliste taimede juures, kelle hulgas meie põlluwiljad, spargel, palmid jne. on, on need soontekimbud põhjuskude sees laiali, nagu sarnase taime risti läbilõikes näeme (waata pilt nr. 12, I). Üht niisugust soontekimpu teda ümbritsewa põhjuskudega näitab meile pilt nr. 11, mis killukest maisikõrt pikuti ja ristilõikes väga palju suurendatult kujutab. Siin on selgeste näha, kudas soontekimp väga mitmesugustest soonekestest koos on: seal on rõngasarnaseid, korgitõmbaja-sarnaseid, wõrgusarnaseid ja teisi, niisama näeme ka kiudusid, kuna aga kimpu ümbritsew kude rakukestest koos on. Veel selgemine nähtawale tuleb üheiduleheliste taimede



Pilt nr. 12. I. Palmi wõi spargeli tüwe läbilõige.
 II. Aastaawanuse kaheidulehelise taime tüwe läbilõige.
 III. Wana puuttüwe läbilõige.

kehaehitus, kui meie tükikese tüwe ehk kõrt ja lehti wäheks ajaks mõne wärwiwedeliku sisse, nagu näituseks anilini sisse paneme: soonekimbud tõmbawad wärwi enesse ehk lasewad ennast wärwida, kuna põhjuskude wärwi wastu ei wõta ja niisamasuguseks jääb nagu ta alguses oli; selle tagajärjel hakkawad läbilõigatud soonekimpude otsad nagu punased märgid wärwita põhjuskude keskel paistma (waata nr. 12, I).

Koguni teistlaadi on kehaehitus okaspuude ja kaheiduleheliste (lehtpuude) juures. Et sellest paremine aru saada, paueme üht puukändu ligemalt tähele. Selles näeme kolm peaosa: koor, puusüü, mis rõngaste ehk wiirude wiisi südame ümber on kaswanud ja wiimaks süda (waata pilt nr. 12, III). Aga taimeteadlased näewad siin sedasama lahutust põhjuskude ja kiuning soonte kimpude wahel, mis üheiduleheliste juures nii selgeste silma paistab.

Katsume seda asjaolu ligemalt selgitada. Meie nägime, et üheiduleheliste juures suurem osa tüwe põhjuskudest on, kelle sees siin ja seal soontekimbud kaswawad, igast küljest põhjuskudega ümber piiratud. Aga kujutame enesele ette, et need kimbud rõnga wiisi korralikult reas on ja nii tugewalt on kaswanud, et nende wahel ainult kitsad korrad põhjuskudet jääb, siis on meil niisugune tüwi, nagu seda pilt nr. 12, II kujutab. Niisugune on meie puutaimede üheaastane tüwi: soontekimbud on seal rõngakujuliselt kaswanud, keskel on põhjuskude, s. o. puusüda; ühtlasi näeme aga südamest nagu kodaraid igale poole wälja kaswawat: see on põhjuskude, mis õhukeste kordadena soonekimpude wahel kaswab ja südamekiiredeks nimetatakse; wiimaks näeme põhjuskudet ka wäljaspool, kimpuderõnga ümber, see on esimene koor, pehme, hariplikult roheline, rakukestest koos. Nõnda paistab aastase puutaimet tüwe ristiläbilõikes iga soontekimp nagu kolmnurk ehk kiil olewat, mis kahe südamekiire wahel terawa otsaga puusüdame poole on pöördud. See kiilusarnane kuju jääb soontekimpudele ka edaspidi alles, nagu meie mitme aasta wanuse puutüwe läbilõikest wõime näha. Seal paistawad südamekiired nagu peenikesed joonekesed (waata pilt nr. 12, III), kuna soontekimbud kiilusar-

naselt nende wahel on. Nagu sellest näha, on wanem puutüwi suuremalt osalt soonekimpudest, kuna põhjuskude nende wahel õhukeste südamekiirtena kaswab, mida mõnikord waewalt nähagi on, mispärast wahe põhjuskude ja soontekimpude wahel mitte nii selgelt wälja ei paista kui üheiduleheliste juures, waid alles suurendusklaasi all nähtawale tuleb. Järjelikult on meie puude tüwid peaaesjalikult soontekimpudest koos, aga see ei ole siiski nende pea-iseäraldus, waid nad lähewad üheidulehelistest taimedest, nagu palmidest, weel sellepoollest lahku, et nad terwe eluaeg paksemaks wõiwad kaswada, kuna wiimased seda mitte ei wõi. Sellel on järgmine põhjus. Nagu tuttaw, on meie puukoor puusüüst täitsa eraldatud; kewadel, kui puu mahla täis on, wenib koor puu ümber koguni natuke lodewakski. Wanast arwati, et koore ja puu wahel waheruum on, mis iseäranis kewadel sitke wedelikuga täidetud saab, millest puu uued jaod kaswawad. Hoolas uurimine aga on näidanud, et siin mingisugust waheruumi ei ole, waid et rõngawiisi puu ümber koore all wäga õrn ja wäga pehme kude on, mis alati uusi rakukesi sünnitab, mispärast seda ka kaswukudeks (образовательная ткань, Kambium), rahwa keeles aga mähjaks nimetatakse. Pildi peal nr. 12 II on ta tumeda rõngana kujutatud, mis niihästi südame kiirtest kui ka soontekimpudest läbi käib ja puutüwe kahte osasse lahutab: tema seespool on puusüü, wäljaspool puukoor. Niisugust rõngakujulist kaswukudet ehk mähka üheidulehelistel taimedel ei ole, sest et soontekimbud nendes mitte korralikus rõngakujulises reas ei kaswa, waid sinna-tänna laiali on pillatud; see on kaheiduleheliste ja okaspuude iseäraldus, mis neile wõimalikuks teeb kõik eluaeg jämedamaks kaswada. See kaswukude ehk mähk sünnitab nüüd iga aasta mõned read uusi

kordasid niihästi puusüü kui ka koore poolel, aga puusüü kaswab jõudsamine (pilt nr. 12, III) ja tema rakukeste read liituvad palju ühetasasemalt, mille läbi need ilusad, ühesugused rõngad, need aasta-loimed tekiwad, mida meie puutüwe läbilõikes näeme.

Soontekimbud ei ole puukoore ja puusüü sees mitte ühesugused: puusüüs näeme peaaegu ainult niisuguseid kiudusid, nagu pilt nr. 6, 6 kujutab, ja mitmesuguseid sooni, wäljaarwatud ainult sõelakujulised, nagu pilt nr. 10, II näitab; koore sees aga leiame wäga pikki ja paksude seintega kiudusid (pilt nr. 6, 5). kuid soontest ainult sõelakujulisi. Kiud sünnitawad selle koore osa, mida niineks nimetame ja mis nimelt pajude ning pärnade juures iseäranis hästi wälja on arenenud. Niine järele nimetatakse kõiki sedalaadi kiudusid, kus neid ka leidub, niinekiududeks. Nõnda näitab siis mitmeaastase puutüwe läbilõige järgmisi jagusid: koor, milles esimese ja teise koorekorra ehk pealmise ja seesmise koore wahel wahet tehakse, selle all on kaswukude ehk mähk, weel sügawamal puusüü ja wiimaks keskel puusüda. Nende anatomiliste teadmistega wõime esialgul leppida. Wõib olla, et nad mõnele igawad on, iseäranis sellepärast, et neid nii lühidalt wõisime puudutada, aga tüwe füsioloogilise tegewuse arusaamiseks on need teadmised tingimata tarwilised. Oleme need selletused enesele hästi omaks teinud, siis wõime nüüd seda küsimust arutada: kudawiisi toiduwedelikud taime kehas liiguwad.

II. Taimede toitmine.

a) Toldusoolad.

Et teada saada, missuguseid aineid taimele elamiseks ja kasvamiseks vaja on, tehakse kaht wiisi katseid: võib terve rida taimekehasid keemialiselt lahutada, siis saab näha, millest nad koos on, ehk jälle, võib kunstlikult taimesid kasvatada ja tähele panna, kudas ühe ehk teise aine andmine tema kaswu peale mõjub. Teine tee on kõigiti parem ja tegelikult hoopis tähtsam kui esimene, sest tema abil saab ühtlasi ka selgeks, missugustes keemialistes ühendustes ja missuguste organide abil taim teatawaid toiduaineid wastu võtab. Sest see on väga tähtjas, missugusel kujul taimele toiduid antakse. Näituseks on taimele weewlit protoplasma sünnitamiseks tarwis, aga kui temale peenikest weewli-pulbert juurte ümber riputame, siis ei ole tal sellest midagi kasu, sest et taim puhast weewlit enesse wastu ei saa võtta, waid ta võib seda ainult weewlihapu lubja (gipsi) näol tarwitada.

Keemialised põhjusained, millest taimekeha üles on ehitatud, on kõige pealt: süsinik, wesinik, hapnik ja lämmastik; selle juure tulewad weel weewel ja woswor ning mõned metallid, nimelt kalium, kaltsium ja magnesium.

Suur osa nendest ainetest on lugejale, kes keemiaga ligemalt tuttaw ei ole, wististe wõõrad, sellepärast anname nende kohta natuke seletust.

Kalium on kerge metall, walge nagu hõbe; wees sulab ta kergeste ära ja ühendab ennast weehapnikuga (nagu teada, on wesi hapnikust ja wesi-
nikust koos), mis läbi ta wee koost ära lahutab ja

kibeda lehelise sünnitab. Looduses ei ole teda ilma maski puhtalt leida, waid ta on ikka mitmesuguste mineralidega ühendatud, teda on põldkiwides, granidis, liiwakiwis, sawis, põllumullas, allikates, jõgedes ja meredes.

Kaltsium on ka metall, mida puhtalt looduses leida ei ole; ta on päris lubi ja teda leidub mõnesugustes ühendustes mitmete kiwide näol: söehapu lubjast on marmor, harilik lubjakiwi ja kriit, weewlihapu lubjast on gips. Kaltsiumi sarnane metall on ka magnesium, mille soolasid looduses igal pool leida on. Süütamise juures läheb ta kergeste põlema ja põleb helendawa walgusega. Puhtalt on ta hõbekarwa walge, kangeste läikiw. Lämmastik on gaas — $\frac{4}{5}$ meie ümber olewast õhust on lämmastik; inimese ega looma keha ei wõi lämmastikku tarwitada, waid hingab seda wälja. Woswor on üks keemialine algaine, mida looduses õige laialt leida on, iseäranis inimeste ja loomade kontides; woswor on kange kihwt ja hiilgab pimedas, nagu weewlitikkude juures, kus wosworit tarwitatakse, wõime näha.

Kõiki neid aineid ei wõta taim aga mitte puhtas olekus enesse, waid keemiliselt teiste ainetega ühendatud, enamaste soolade näol, nagu nad looduses ka olemas on. Kust kolm esimest ainet tulewad, see on ilma pika jututa selge: söehapu on süsinikust ja hapnikust koos, wesi — wesiinikust ja hapnikust; lämmastikku on ühes soolas, mida salpetriks nimetatakse, õige palju olemas, peaaegu $\frac{4}{5}$ meie ümber olewast õhust on lämmastik, kuid katsed on näidanud, et taimed — peale kaunawiljade — õhust lämmastikku kätte ei saa. Nimetatud metallid kui ka weewlit ja wosworit on mitmesugustes soolades, nagu salpetrihapu, weewlihapu ja wosworihapu sool.

Et tõeste ainult neid soolasid wees ja õhus leiduwa söehappe kõrwal taimede toitmiseks tarwis on, seda on katsed kindlaks teinud. Niisuguste katsete poolest on iseäranis Würzburgi professor Sachs kuulus, kes mitmesugusid kuiwamaa taimi, iseäranis aga maisi ja ube ning ernid, pudelis kunstlistes toiduwedelikkudes kaswatas. Selleks laseb ta maisi ehk erne terad hoolega puhtaks tehtud, aga niisketes hõowlilaastudes idanema minna ja paneb nad, kui nende juured juba küllalt tugewad ning 1—1½ tolli pikad on, korgi sisse lõigatud augu läbi pudelisse, nõnda et juure otsad pudelis olewasse toidu-wedelikusse ulatawad, lehed aga peal-pool korki wabalt õhusse kaswawad. Toiduwedelik on järgmiselt kokku pandud: wõetakse 1 gramm salpetrihapu kaliumi, ½ grammi weewlihapu lupja, niisama palju weewlihapu magnesiati (kibesoola) ja wosworihapu lupja (gipsi) ja sulatatakse kõik need soolad ühe liitri (umbes $\frac{5}{6}$ toopi) destilleeritud ja puhta wee sees ära, kuhu mõni tilk rauawitrioli hulka walatakse. Toiduainete liig rohkus on kahjulik, seda näeb iseäranis siis, kui rauda liig palju on: üleliigne rauarohkus mõjub lehtede ja juurte peale nagu kihwt.

Nende toiduwedelikkude abil läks professor Sachsil korda enam kui sada täit maisipead kaswata, ubadele kaswasiwad 6—10 kauna külge, igas kaunas 12—20 idanemisejõulist seemnetera. Sellest järgneb, et ülemalnimetatud toiduainetest taimede elamiseks, kaswamiseks ja signemiseks küllalt on. Kuid see ei tähenda weel sugugi, et iga toiduwedelik just kõigist ülemalnimetatud ainetest koos peab olema: tingimata tarwilised on ainult kalium, kaltsium, magnesium, raud, woswor ja weewel ning lämmastik sündsates ühendustes. Kuid iseäralistel põhjustel, mida meil siin pikemalt mahti ei ole

seletada, wõetakse kunstliste kaswatuste juures nimelt ülemal kirjeldatud soolasid ja just neidsamu soolasid wõiwad nii hästi kõik kuiwamaa- kui ka weekaswud igas mullas ja igas wees leida.

b) Sõmermuld taimede kehas.

Ehk küll toiduwedelik, milles kaliumi, kaltsiumi, magnesiumi, rauda, woswori, weewlit ja lämmastikku on, kõiki rohelisi taimi täieste toita ja elatada wõib, nagu rohkearwulised katsed on näidanud, siiski tarwitawad taimed weel suure hulga muid aineid. Nõnda on keemialiste katsete waral taimede tuhost weel joodat, chlori, natriumi, margantsi, tsinki, waske ja silitsiumi*) leitud; wiimane sünnitab hapnikuga ühendatult tuttawa sõmermulla. Kuid neid aineid ei ole taimel elamiseks mitte tingimata tarwis. Nõnda kaswab mais, nagu kirjeldatud, wäga hästi wedelikus, milles silitsiumi sugugi ei ole, ehk mais küll maa sees kaswades suure hulga sõmermulda ära neelab, nõnda et tema tuhas peaaegu pool sõmermulda on. Sellepärast wõib

*) Jooda on tuttaw aptegi-rohi, mida mitmesuguste haiguste juures tarwitatakse, nimelt paistetuste peale määrimiseks. Looduses seda ainet ialgi puhtalt ega wabalt ei leita, waid teda saadakse peaaegu ainult merikaswudest. Merewees on ta enamaste natriumi ja magnesiumiga ühendatud. — Chlorist ja natriumist on meie keedusool kokku pandud; chlor on rohekas kihwtine, gaas, natrium — pehme, kerge ja läikiw metall, mitmetpidi kaliumi sarnane. Margants on raske, kõwa walkjas-hall metall, mis ennast wäga kergeste õhuhapnikuga ühendab, sellepärast hoitakse teda, nagu kaliumi ja natriumi, kõige paremine petroleumi sees. Looduses ei leita margantsi ialgi puhtal kujul, waid enamaste ikka hapnikuga ühendatult. — Silitsium on lihtne keemialine, aine tumehalli pulbri ehk läbipaistwate kristallide näoline. Hapnikuga ühendatult sünnitab ta sõmermulla, millest kwarts, tulekiwi, mäekristall jne. on.

ütelda, et see taimedes väga rohkeste leitaw ollus nende toitmise ja kaswamise kohta tähtsuseta on, kuid see ei tähenda weel sugugi, et ta sellepärast taimetele üleüldse kasuta on. Silitsiumi on taimetele iseäranis enesekaitseks tarwis, sest sellest ehitab ta omale terawad okkad, serwad ja nurgad. Tuttaw on näituseks raudosi, mis nii karedate külgedega on, et teda poleerimise juures peenikese liiwapaberi asemel tarwitatakse; niisama tuttawad on mitmed heinkaswad oma terawa ääreliste lehtedega, mis mõnegi lapse käe nagu noateraga katki on lõiganud. Need terawad serwad saab taim omale sel kombel, et ta pisikesed sõmermulla-terakesed toiduwedelikuga ühtlasi enesesse wõtab ja nad siis oma koore- rakukestes tarwilise koha peale paneb, et nad seal teda kallaletungijate wastu kaitseksiwad.

d) Kõwade toiduolluste tähendus taimete elus.

Üleüldse peab ütleva, et üksikute olluste ülesanne ja tähendus taimete kehas meile weel väga vähe tuttaw on. Nõnda näituseks ei ole tähtsuses, muna- walges, rakukeses jne. kaliumi ega magneesiumi olemas ja meie teame ainult, et ilma nende aineteta taim teisi toiduollusid enesesse wastu wõtta ehk ümber töötada (ära seedida) ei saa. Nad ei ühenda endid mitte teiste ollustega organilisteks ühendusteks, waid edendawad teiste ainete lahutamist ja ühendamist. Nad on nagu kihutajad, kes teisi taga ajawad ühisusi ja seltsisid asutama, ise aga nendest mitte osa ei wõta.

Sedasama tuleb rauast ütelda. Kui meie katsetaime toiduwedelikus kaswatame, kus sugugi rauda ei ole, siis ei walmista tema lehed chlorofilli (leherohelist), waid jääwad täieste walgeks; selle tagajärjel ei saa taim enam toiduolluseid oma

kehaehitamiseks ümber töötada ja närtsib lõpuks ära. Aga kui meie paar kibemekest mingisugust rauasoola wedelikkuse paneme wõi niisugust soolawedelikku koltunud lehe peale riputame, siis hakkab ta sedamaid chlorofilli walmistama ja paari — kolme päewa pärast hakkab taim haljendama ja kaswama. Sachs tegi akatsiatega, mille lehed chlorofilli kaotasivad, järgmisi katseid: ta uuristas puutüwe sisse augu ja walas sinna ära sulatatud rauasoola wedelikku; rauawedelik imbus ligema oksa lehtedesse, mis juba mõne päewa pärast täieste rohelisteks läksivad, kuna teiste oksade küljes lehed endist wiisi kolletanuks jäiwad. Sellest selgub, et rauda chlorofilli walmistamiseks tingimata vaja on, aga chlorofillis eneses rauaühendust ei ole. Wähemalt arwab kaugelt suurem osa uurijaid seda, ehk küll ka teistsuguseid arwamisi awaldatud on, mispärast see küsimus weel lahtiseks jääb.

Kaltsiumi wõtawad taimed gipsist ja wosworihapu lubjast; rakukesed walmistawad temast suuremalt osalt oblikahapet. Mis tema ülesanne õieti on, see ei ole weel kõigiti kindlaks tehtud, aga et teda taimele elamiseks tingimata vaja on, selgub sellest, et taimed, kui nad kaltsiumi ei saa, warsti ära närtsiwad ja kuiwawad. Seemnetes kaltsiumi peaaegu sugugi ei leidu, nõndasamuti ka juurtes, selle wastu on magnesium peasjalikult seemnetes, aga palju rohkem ei tea meie ka sellegi aine ülesandest taime kehas.

Wee wel, mida taim weewlihapu soolade näol (nagu gips, weewlihapu magnesium) enesesse wõtab, läheb protoplasma ja munawalge ehituseks. Niisama wist ka woswor, sest loodusedadlaste arwamise järele on raku südames (nimelt nukleinis), mis raku-keste jagunemise juures nii tähtsat osa etendab, seda ollust leida.

Lämmastik läheb munawalge walmistamiseks, milles teda kaalu järele 15⁰/₀ on. Lämmastiku puudust ilmas ei ole, sest nagu nimetatud, on ⁴/₆ meie ümber olewast õhust lämmastik, kuid suurem osa taimi ei saa seda õhust kätte. Sest kui kunstlikus toiduwedelikus lämmastik puudub, siis ei kaswa selle sees kaswatatawa taime munawalgeollused mitte ja terve taime kaswamine jääb seisma.

Lämmastikurikkaid soolasid on maa peal igal pool kas suuremal wõi wähemal määral; neid tekib iga päew juure, sest igalpool, kus taime- wõi loomariigi jätised mädanewad, tekib lämmastikku. Teda sünnib ka õhus, nimelt piksewihma ajal, ja tuleb wihmapiiskades ehk kastetilkades maa peale, kus taimed ja maamuld teda kohe enesesse neelawad wõi kus ta kaliumi sooladega ühendusesse astudes salpetri sünnitab. (Tuttaw on tschiilisalpeter, mida põllurammuks tarwitatakse.) Ainult mõned taimed, kaunawiljad, ristükheinad j. t. saawad lämmastikku õhust kätte, nimelt iseäraliste pisielukate, mügarabakteriate abil, mis niisuguse taime juure ümber kaswawates käsnakestes asuwad. (Waata G. E. Luiga, „Meie nägemata sõbrad ja waenlased“, lehek. 25 j. t., kus niisugustest bakteriatest täielikumat seletust antakse).

e) Süsinik.

Taime keha on suuremalt osalt süsinikust: umbes pool kuiwast taimekehast on sellest materjalist ja seda on suurte puude juures õige hea hulk. Seda imelikum on kuulda, et see suur osa kindlat keha mitte juurte läbi maa seest ei tule, waid õhust wõetakse, sest rohelistel taimel on iseäralik wõime sees, pisikesel hulgal õhus olewat sõhapet enesesse wõtta ja seda seal süsinikuks ning hapnikuks ära lahutada. Süsinikku tarwitab ta siis oma keha ehitamiseks, kuna ta hapniku õhusse tagasi saadab.

Senini ei tunta ühtegi taime, mis oma süsiniku maa seest võtaks. See on seda huwitavam, et taim lämmastikku õhust kätte ei saa, ehk seda küll seal väga palju on, kuna aga süsinikku õhus koguni vähe leidub: 10,000 liitri õhu kohta tuleb 4—6 liitrit söehapet ja sellest on $\frac{8}{11}$ puhast süsinikku, s. o. umbes 2—3 grammi. Sellest süsinikust võib taim wee, lämmastiku ja weewli abil 4—5 grammi organist keha kasvatada. Igas elusas taimes on peale selle suur hulk wett, prof. Sachs'i arwamise järele iga 4—5 grammi organilise kude kohta 16—20 grammi, nõnda et 20—25 grammi (5—6 solotniku) taimekeha kasvatamiseks umbes 10.000 liitrit õhku ära kulub. Kust võtawad siis kõik taimed, wiljaorastest hakates kuni põlise metsa puudeni, nii palju süsinikku, nagu nende jõudsaks kaswamiseks tarwis läheb? Kui õhk paigal seisaks, nõnda et iga taim kauemat aega ainult sellesama õhuga peaks leppima, mis kord tema lehtede ümber on juhtunud, siis ei oleks üleüldse mingisugune taimekasw maa peal võimalik. Aga õhk ei seisa iialgi paigal, waid laenetab alati, olgu toas või väljal, ja kannab uusi laineid wärske söehap- pega taime rohelistest lehtedest mööda, kes sealt nobedaste söehappe-natukese välja võtawad, mida neile nii väga tarwis on. Söehappe omandamine sünnib seda elawamine, mida suurem walgustus on, sest ainult walguse abil võib leheroheline söehap- pet süsinikuks ja hapnikuks ära lahutada ning esi- mest ainet weollustega ühendades tärgliseks muuta. Kõik süsinik, niipalju kui seda kuiwamaa-taimede juurtes, tüwis, oksades ja lehtedes on, on õhust võetud, kuna wee all kaswawad taimed seda weest saawad, kus teda ikka suuremal ehk vähemal mõ- dul olemas on.

Kui aga süsinikku õhus nii vähe on, nagu kuul- sime, kas ei tule siis karta, et ta ligemas või kau-

gemas tulewikus ära lõpeb? Seda kartust ei ole, sest et õhuse alati uut süsinikku juure tuleb. Igal pool, kus midagi põleb ehk mädaneb, tekib söehapet, inimesed ja elajad hingavad teda alati välja ning peale selle ajavad tuhanded tulepurskawad mäed ja hapud allikad alati määratul mõõdul söehapet ilmasse, nõnda et koguni võimata on ütelda, kas teda õhus praegu enam wõi vähem on kui ennewanast.

g) Wesi.

Ilma weeta ei wõi taim elada. Wett on tal noorte kaswude loomiseks tarwis, sest et need noo-est peast $\frac{9}{10}$ weest on. Muist wett läheb ka kude walmistamiseks, sest meie teame juba, et munawalge-ollustes, rakukestes jne. wesiinikku ja hapnikku, s. o. wee algusolluseid on. Tärglises ühendawad 6 atomi süsinikku ennast 5 osakese ehk moleküli weega, niisama on lugu ka rakukeses.

Wesi tungib kõigist taime organilistest osadest läbi, protoplasmast, rakukesest ja puusüüst ning teeb sel kombel kõige peenemate osakeste liikumist ja taime tegewust wõimalikuks. Kuiwanud protoplasma sureb ära; tema keemialine kokkusead jääb endiseks, aga tema kehaehitus, tema kõige pisemate osakeste seisukord muutub ja sellepärast kaotab ta wõime, elu kandja olla. Sellepärast on wesi taime kaswamiseks tingimata tarwiline toiduaine, peale selle aga on tal weel teine tähtjas ülesanne: ta sulatab toidusoolad ära ja saadab neid rakukestade läbi protoplastade kätte, sest taim saab ainult niisuguseid toiduaineid enesesse wõtta, mis wees ära on sulanud. „Nagu wesiweski ainult nii kaua töötab, kuni wesi tema rattaid ümber ajab, ja sedamaid seisma jääb, kui wett enam peale ei tule, nõnda tarwitab ka taim oma elamiseks, kaswamiseks ja si-

gimiseks alati hulka wett. Ainult siis wõib tema keeruline elutegewus takistamata edasi minna. See wesi ei astu taime keha ollustega keemialisesse ühendusesse, nagu wesi, mis toiduainena taimesse tuleb, ei jää temasse üleüldse mitte kauaks, waid läheb temast läbi wälja, nõnda et wee-kogu, mis suwe jooksul taime kehast läbi käib, mitu korda raskem on, kui taim ise. Et wee tarwidust täita, selleks on kõigil kõrgematel taimedel, nagu rohtudel, wiljadel, põõsastel ja puudel iseäralised liikmed, mis wee sissewõtmist ja wäljaandmist nii korraldavad, et rakukestel alati tarwilisel määdul wett oleks ja et wee wäljahingamine niiviisi sünniks, et taim ka kauast põudu jõuaks ära kannatada, ilma et ära kuiwaks.

2) Kudas taim toidusoolasid kätte saab.

a) Transpiratsioon ehk wee wäljahingamine lehtede kaudu.

Wees, mida taimede juured maa seest enesesse imewad, on ikka toidusoolasid sulas olekus, aga nii wäiksel määdul, et taim alati uut wett enesesse peab imema. Kuid see on ainult siis wõimalik, kui ta wastu wõtetud wett enesest jälle ära wõib anda. Ja seda ta wõib, sest lehtede kaudu hingab taim alati suurel hulgal wett wälja, iseäranis kuiwa sooja ilmaga ja palawal päikesepaistel. Seda wee wäljahingamist nimetatakse Ladinakeele sõnaga *transpiratsioon*. Igaüks teab, et heinad kuiwamisega kergemaks lähewad. Kui meie puulehe õrna kaalu peale paneme, siis wõime näha, kudas ta iga tunniga kergemaks läheb. Niisama on lugu toalilledega, kui neid ei walata; meie wõime ka mulla nii kinni katta, et sealt wesi wälja aurata ei saa, ometi näeme, et mõne aja pärast muld ära kuiwab. See tähendab: wesi on lille kaudu

wälja läinud. Iseäranis selgeste ja huwitawalt näeme, kudas taim wett joob, kui tubakat wõi maisi nõnda kaswatame, et taime juured pudelis kunstliku toiduwedeliku sees on, kuna taime latw korgi sisse tehtud augu läbi wälja ulatab. Siis wõib näha, kudas juured pikkamisi kõik wedeliku ära imewad.

Mõnikord pandakse noortele lilletaimedele joo-giklaas kummuli peale; alati wõib siis tähele panna kudas klaas seestpidi niiskeks läheb. Kui mõne suurema taime niisama wiisi klaaskupli alla paneme, siis näeme, kudas warsti weetilgad' klaasi külge tekiwad. Katsete waral on looduseuurijatel korda läinud ka ära määrata, kui palju wett taim wälja hingab. Selle juures tuleb aga tähele panna, et klaasi all weeaur mitte liiga tihedaks ei läheks, mis lehtede edasi hingamist takistab.

Et mehekõrgune päewalill ehk 15—20 tugewa lehega kõrwiits ühelainsal palawal suwepäewal 800—1000 kantsentimeetrit (50—60 kanttoll) wett wälja hingab, see ei ole sugugi haruldane, aga suuremad lehtpuud, nagu tammed, haawad jne. saadawad iga päew oma lehtede läbi 500 ja enam liitrit (40 pangi) wett, kusjuures see wesi sagedaste 10 sülda ja rohkem kõrgele tõuseb.

Höhneli arwamise järele hingab üks hektar (natuke vähem kui dessatin) pukspuu metsa 1-sest juulist 1 detsembrini $2\frac{1}{2}$ — $3\frac{1}{2}$ miljoni kilogrammi*) wett wälja. Et seda wett auruks muuta, peaks 500.000 kilogrammi kiwisüsa wõi $1\frac{1}{2}$ miljoni kilogrammi puid ära põletama, s. o. umbes 4 korda niipalju puid, nagu üks hektar pukspuu metsa 100 aasta jooksul jõuab anda. Seda tähele pannes ütleb Ferdinand Kohn: „Looduse-uurijale on mets nagu kümnetuhanded weesambad, mis 1, 2, 3 ehk enam meet-

*) 1 kilogramm = $2\frac{1}{2}$ naela. 1 meeter = $3\frac{1}{4}$ jalga.

rit läbimõõta paksud ja 30—60 meetrit kõrged on. Need on purtskaewud, palju suurepäralisemad kui Peterhofi ja Versailje kõige suuremad kunstlikud purtskaewud.

b) Missugust teed kaudu toiduwedelik kuiwamaataimedes käib.

Kui meie puu ümbert rõnga wiisil tüki koort ära lõikame ja kooritud koha tinapaberiga katame, et ta ära ei kuiwaks, siis näeme, et lehed puu otsas niisama wärskeks ja terweks jääwad nagu nad ennegi olid, millest järgneb, et nad endist wiisi tarbe järele wett saawad. Nõnda töötab siis puu weewärk korralikult edasi. Kui meie aga tüki puud wälja lõikame ja koore niipalju kui wõimalik terweks jätame, siis närtsiwad lehed weepuuduse pärast warsti ära. See katse näitab, et puu koor toiduwedeliku edasi saatmises suurt osa ehk ka mitte mingisugust osa ei etenda. Aga ka puusüda ei toimeta wee edasi saatmist; selle ülesande täitmiseks on ta suure puu kohta liiga wäikene ja pealegi läheb ta õige sagedaste suurte puude sees enneaegu rikki ja mädanema. Aga südamega ühes kõduneb ja mädaneb suurtes puudes tihti ka suurem osa puusüüd ära, nõnda et tüwi seest õõnsaks jääb, ilma et puu latw ja lehed selle all kudagi wiisi kannataksid. Ja tõepoolest, wanem tumedamat wärwi puukude ei wõta „wee wedamisest“ osa, waid see toimetus on ainult noorema puukude peal. Kui meie nooremad korrad mõne puu pealt ära lõikame, siis ei saa wesi enam ülespoole lõiget tõusta ja puu peab jänu kätte ära surema, kuigi juured üsna niiskes maas seisawad. Üheiduleheliste taimede, nagu palmide jne. juures ei ole asi küll nii lihtne, nagu kaheidulehe-

liste juures, siiski on ka nende juures puukude, niihästi põhjuskude kui ka soontekimbud, wee edasi saatja, kuna pehmed kaswud, nagu kõrwits, noored pungad, pehmed putked ja juured näitawad, et wesi oma edasisaamiseks mitte alati puukudet ei tarwita, kuid nendes ei liigu ta mitte nii suurel hulgal ja suure kärmusega, nagu puukudes.

Puukude iseäraldus on just see, et wesi tema kaudu kiireste edasi liigub, mida kuiwal maal kaswawale puule elu ülespidamiseks ka tarwis on. Sellest selgub, mispärast weekaswudel ja mõnedel teistel taimedel, kes wäga wähe wett wälja hingawad, puukudet wäga wähe kaswab wõi ka sugugi ei kaswa, sellest mõistame ka, miks suured puulehed nii wäga sooni täis on: see on sellepärast, et wesi kiiremine igale poole ligi wõiks pääseda.

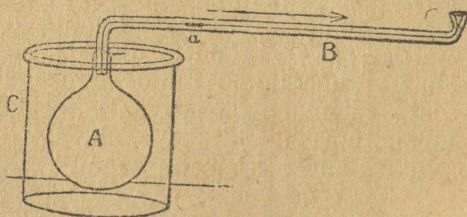
Ilma pikema seletuseta wõime aga mõista, et wee muretsemine ainsaks põhjuseks ei ole, mispärast suurtes kuiwamaa-taimedes puukude nii jõudsaste kaswab, waid see annab puule tugewust, et ta suuri oksti ja lehti jõuab kanda. Loodus on kõige osawam meister, kes sagedaste ühe pauguga mitu jänest laseb, üht korraldust mitmesuguseks otstarbeks tarwitab, ja inimene peab selle eest hoidma, et ta oma teadmist täielikuks peab, kui ta mõne üksiku loodusesaladuse kätte on saanud.

e) Kudas saab toiduwedelik taime sisse. Diffusion.

Taim wõtab, nagu kuulsime, maa seest ja õhust toitu ja seedib seda oma rakukestes ära, nüüd tõuseb aga ise-enesest küsimus: mil wiisil taime rakuke, see umbne kotike, kellel ühtegi awandust ega haaramiseliiget ei ole, toidu aineid enesesse tõmbab?

Et sellest aru saada, peame enne paar füsikalist nähtust ligemalt tähele panema.

Meie teame, et iga keha ruumi wõtab ja kus kapp seisab, sinna ei saa meie mitte woodit panna. Ka õhk on keha, teda nimetatakse gaasisarnaseks kehaks, niisama on wesi keha, wedel keha, ning ka gaasisarnased ja wedelad kehad wõtawad ruumi. Toas meie ümber on õhk. Kui meie aga mõne tilga lambiõli, liikwat wõi muud niisugust lõhnawat wedelikku maha riputame, siis on lõhna warsti terwes toas tunda, sest wedelik muutub gaasiks ehk auruks ja laotab enese õhu sees laiali. — Sedasama näeme ka wedelikkude juures: kallame selge wee sisse natuke piima, punast wiina, tilgake tinti wõi muud wärwilist wedelikku, siis näeme, kudas see warsti wett mööda laiali läheb ja terve klaasitäie wett ära wärwib. Wedelate ja gaasisarnaste kehade osakesed püüawad üks teisest läbi tungida, ennast igale poole laiali laotada. Seda enese laiali laotamise tungi ja wõimet nimetawad teadusemehed wõõra-keele sõnaga diffusioniks.



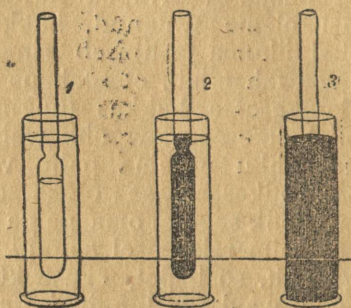
Pilt nr. 13.

Waatame nüüd, mis see wedelate ja gaasisarnaste kehade omadus taimede toitmise juures tähendab. Katse tegemiseks wõtame päewapiltniku kolloidumi ja teeme temast õhukese, läbipaistwa kotikese. (Pilt nr. 13. A.) — Nüüd on meil kunstlik rakuke käes, sest kolloidium on seesama aine, mis taime

rakukenege, keemialiselt ainult wähe muudetud. Kollodiumkotikese ühendame klaastoru B-ga, mille sees α kohal tilgake wärwilist wedelikku on. Arusaadaw on nüüd, et kui kotiksesse õhku kudagi wiisi juure tuleb, siis surub ta wedelikku kaugemale wäljapoole, nagu wäike gummiprits; jääb aga õhku wähemaks, siis surub wälise õhu raskus wedeliku sügawamale kotikese poole. Kotikese paneme tühja, laia klaaspurgi sisse (C) ja kallame sinna söehapet juure. Söehape on küll õhk, gaas, ja ta ei ole näha, ega siiski wõime teda ühest anumast teise walada, sest ta on õhust raskem ja hoiab ennast klaasi põhja. — Niipea kui söehappe sel kombel klaasi oleme walanud, hakkab wedeliku tilgake α kohal liikuma ja libiseb sinneriiki, kuhu nool näitab: see tähendab, et söehape niiske kollodiumi läbi kotiksesse hakkas tungima ja pealegi kiiremine, kui kotikseses olew õhk wälja jõuab tungida, sest kui õhku niisama palju wälja tungiks, nagu söehapet kotiksesse, siis oleks seal ikka ühepalju sees ja wedelik seisaks oma paiga peal. Sellest selgub siis, et taimerakukesel sugugi tarwis ei ole gaasisid, nagu näit. söehapet, enese külge tõmmata wõi sisse imeda, waid see tungib ise-enesest, diffusioni mõjul, temasse, kui tema sees enne seda gaasi ei ole.

Nüüd vaatame aga, kudas taime rakukesed nende ollustega teewad, mis sulas olekus mullapinnas leida on. Katsetegemiseks wõtame sellest samast kollodiumist tehtud pikergused kotikesed ja kinnitame nad lambiklaasi otsa (pilt nr. 14). Ütleme, et need kollodiumi kotikesed juure rakukesi tähendawad, mille läbi taim mulla sees olewate toiduollustega kokku puutub. Nagu kuulsime, tarwitab taim oma kaswamiseks muu seas rauasoolasid. Paneme klaaspurgi sisse puhast wett ja paar tilka

puhastatud rauasoola ning lisame natuke sulatatud tanninat sinna juure, — sedamaid muutub selge läbipaistew wedelik mustaks nagu tint, ehk mitte „nagu“ tint, waid ta saabki tindiks. Pistame nüüd kollodiumikotike, milles wett on, klaaspurki wee sisse (pilt 14, 1), kallame purgiwee sisse rauasoola ja kotikese sisse tanninat; umbes minuti aja pärast hakkab koti seinte äärest wedelik halliks minema ja muutub mõne minuti pärast mustaks tindiks (pilt 14, 2). Sellest näeme, et rauasool ise meie rakukese sisse tungib ja meie teame füsikast, et ta



Pilt 14.

enne rahule ei jää, kuni koti sees niisama kõwa soolawedelik on nagu koti ümber klaaspurgis ja tasakaal mõlemate wedelikkude wahel jalale on seatud. Aga nüüd tekib küsimus, kas meie katses niisugust tasakaalu ialgi oodata on? Nähtawaste mitte, sest nii pea kui rauasool rakukesesse pääsis, ühendas ta ennast seal tanninaga ja muutus tindiks, nõnda et seal nüüd tint on, aga rauasoola enam ei ole; sellepärast tungib läbi kollodiumi wäljast ikka

uut rauasoola kotikesesse ja muutub seal tanninaga ennast ühendades tindiks, ning kui tanninat kotikeses tarbe järele küllalt olemas on, siis kaob mõne tunni või päewa pärast rauasool purgist täieste ära: kunstlik rakuke on ta puhtaks ära söönud.

Need nähtused juhatawad meid seletusele ligi, kudas toiduwedelik taime sisse pääseb. Meie nägime, et gaasisarnane keha kui ka kõwa keha sulatatud olekus ise rakukese sisse tungib, kuni teda raku sisse niisama palju koguneb nagu väljaspool on; neie mägime aga ka, et seda tasakaalu ilmaski võimalik ei ole kätte saada, kui ollus raku sisse saades uude ühendusesse astub ja oma kuju muudab, waid niisugusel juhtumisel püüab ta edasi wahetpidamata woolusena raku sisse tungida. See on juba üks põhjus, mis taime kaswamist, tema keha suurenemist seletab: temasse kogub alalõpmata uut ainet; aga et meie seletus täielik oleks, peame weel üht asja tähele panema.

Olluste kogunemine rakukeses saab meile ainult siis täieste arusaadawaks, kui meile näidatakse, et toiduwedelik küll wäljast kergeste sisse pääseb, aga et need ollused, mis toiduwedelikust äraseedimise läbi sünniwad, s. o, ollused, mis rakukese sees on, mitte wälja ei pääse, sest muidu, kui wäljaminek niisama suur on, nagu sissetulek, ei oleks tagawara kogumine mõimalik. Ja meie katse tõendab, et lugu nii ongi, rakuke on nagu lõwi koobas: sisseminejaid on palju, wäljatulejaid ei ühti. Tõepoolest, wedelik läheb ainult kollodiumikotikese sees mustaks ja jääb wäljaspool purgi sees selgeks nagu kunagi wesi. Seda ei võiks aga mitte olla, kui tannin, või tema ühendus rauasoolaga, s. o. tint, võiks kollodiumi kestast läbi purgi sisse pääseda. Aga et asi kindlam oleks, teeme katsed teisipidi: walame rauasoola rakukesesse ja tannin purgi sisse; mõne

minuti pärast näeme purgi wee sees musti niidikesi, kuni wiimaks kõik wedelik mustaks saab ja kolloidumikotti enam näha ei ole, (pilt nr. 14, 3). Wõtame koti välja, siis näeme, et wedelik tema sees niisama wärwita on nagu ta oli. Nüüd ei ole kahtlust, et ainult rauasool wabalt kestast läbi wõib tungida, ükskõik, kust poolt kuhu poole, aga ei tannin ega tema ühendus rauaga ei pääse enam läbi. Sellest selgub, et kahesuguseid kehasid on: ühed — nagu näit. rauasool — wõiwad rakukestast läbi tungida, teised — nagu tannin — ei wõi seda mitte teha. Ja tõepoolest, rauasoola ja tannini wõib kahte liiki keemialiste kehade esitajateks pidada: esimest liiki kehad wõiwad kergeste elajate ehk taimede kestadest läbi tungida, teist liiki kehad tungiwad wäga wisalt ehk ei tungi ka sugugi. Lahutusteadlased nimetawad esimest liiki kehasid kristalloidideks, sest et nad kõik kristallisid wõiwad sünnitada; teist liiki kehad aga on kolloidid, liimitaolised, ja ei wõi kristallisid sünnitada.

Nüüd saame ühtlasi seletuse oma katse kohta ja üleüldise wastuse küsimuse peale, kudawiisi taimerakukene toitu wastu wõtab. Rauasool läheb tannini juure, kuna tannin rauasoola juure mitte ei tule, sest et sool kristalloid, tannin aga kolloid on. Kui meie nüüd rakukeste toitmist waatame, siis näeme seal üleüldistes joontes sedasama nähtust. Tõepoolest, missuguseid kehasid leiab taimerakukene oma ümbrusest? Gaasisid, wett ja temas sulatatud soolasid, s. o. kristallilisi kehasid, mis üleüldse liikuwad on ja kergeste rakukestast läbi wõiwad tungida. Ja missugused kehad on rakukesta sees, milleks muudab ta wäljastpoolt wõetud toiduained ümber? Peaasjalikult munawalge-ollusteks, õlideks, gummiks, tärgliseks ehk, wiimaks, rakukestaks, järjelikult kol-

loidlisteks ollusteks, mis vähe liikuwad on ja kestadest läbi tungida ei jõua, mõned aga on ka täieste sulamata, nagu järgnewast tabelist kergeste wõib näha:

Taimede ollused.	Millest nad tulewad.
Rakukest. Tärklis. Munawalge. Õlid.	Sõehape. Wesi. Soolad.
Sulamata kehad ja kolloidid.	Gaasid ja kristallid

Kõik oma eluaeg on rakukene niisuguste olluste keskel, mis väga kergeste temasse tungiwad. Nõnda tungib näituseks sõehape õhust alati igasse rakukesesse, kellega ta kokku puutub. Aga kui ta raku sees sõehappeks jääks, siis läheks teda sinna väga vähe, ainult nii kaua, kuni teda raku sisse niisama palju kogub nagu väljaspool, s. o. õhus on; aga meie näeme hiljem, et ta raku sisse saades järjest ümber muutub: temast ja weest sünnib uus ollus, mida süsiweeks nimetatakse; nõnda kaob raku sisse tungiw sõehape järjest ära ja kutsub sellega õhust alati uut jätku juurde. Järjelikult on siis taime toitmiseks kaks tegewust, mis alati kõrwu peawad käima: toiduolluste sissewõtmine ja nende omandamine ehk ärasedimine, s. o. nende ümbermuutmine taime ollusteks. Kui sissewõetud toit raku sisekonnas ümber ei muutuks, siis ei tuleks enam uut toitu juure; kui aga uut toitu juure ei tuleks, siis ei oleks midagi ümber muuta. Peale selle saawad toiduollused seedimise läbi teist liiki ollusteks ümber muudetud, mis rakukestast läbi

ümbrusesse tagasi ei pääse, waid raku sees ladusse peawad jääma.

Kui meie taime toitmist nõnda üleüldisest füsi-kalisest seisukohast waatame, siis saame sellest koguni teise pildi kui muidu harilik arwamine enesele ette kujutab. Meie näeme, et mitte rakuke, mitte taim toiduolluseid enese ligi ei tõmba ega sisse ei ime, waid need ollused tungiwad ise oma loomuliste omaduste mõjul rakukesesse. Taimera-kuke on nagu lõks, nagu püünis, mis kergeste ol-luse enese sisse laseb, aga wälja enam ei lase, waid seal ümber muudab, mis ta tasakaalu enese sees ja enese ümbruses olewate olluste wahel alati rikub ja wäliseid olluseid enesesse kutsub seda tasakaalu jalale seadma.

Seda üleüldist õpetust rakukese toitmise eest oli meil kõige pealt tarwis selgeks teha, sest et meil seda taime elu tundma õppimisel iga sammu peal waja läheb. Räägime meie sellest, kudas juured maa seest wõi lehed õhust toiduaineid wastu wõta-wad ehk kudas toiduwedelik taime kehas ühest kohast teise liigub, ikka sünnib see diffusioni põhjal, s. o. selle omaduse põhjal, mis ollust sunnib ennast laiali laotama, sealt, kus teda on, sinna tun-gima, kus teda ei ole, ja muutumise põhjal, mis kergeste liikuma aine raskestes liikuwaks ehk koguni liikumataks teeb. Meie näeme, et liikumise püüd mitte üksi elusatele kehadele omane ei ole, waid et see olluse üleüldine omadus on ja et toiduwõtmise liikumised seaduste järele sünniwad, mis elusas ja eluta looduses ühed ja needsamad on.

e) Juured ja nende tegewus.

Juur on see taime liige, mis toiduwedelikku mulla seest wastu wõtab. Et meie juure tegewusest paremine aru saaksime, paneme teda ennast ligemalt

tähele. Kõige pealt on meil huwitaw enestele selgeks teha kui kaugele, kui suure maatüki üle juur ulatab, kust ta toitu wõib wõtta. Kui mingi taime kõige juurega üles tõmbame ja juurte ümbert mulla hoolega ära peseme ja puhastame, siis saame esimesel waatamisel aru, et kui meie kõik juurenarmakesed teine teise otsa seoksime, siis saaksime õige pika paela. Aga keegi ei usaldaks umbkaudu ütelda, kui suur see pikkus õieti oleks. Ühel Saksa õpetlasel oli nii palju kannatust, et ta tsirkli, pisikeste tangide ja wäikese mõõdulaua abil ühe nisu juured ära mõõtis, mille tagajärjel ta leidis, et kõik juurenarmad otsastikku kokku 520 meetrit ehk umbes pool wersta pikad on. Aga kuigi see arw päratu suur näitab olewat, siisgi ei awalda ta meile weel mitte täit pikkust kui palju maa pealt juur toiduollusid kätte saab, sest õige imemisepinna annawad alles peenikesed juurekaswukesed. Suuranduseklaasi all ei ole raske ära lugeda kui palju karwakesi ruutmillimeetri peal on; kaswatame seda juure üleüldise pinnaga, siis saame umbes 60 miljoni; kui meie seda nüüd weel karwakeste keskmise pikkusega kaswatame, siis saame tõeste suure arwu 20 kilomeetrit, see on umbes niisame palju werstasid. Nii pikk on tee, mida nisu juur oma narmastega ja karwakestega hariliku lillepoti suuruse mullatüki sees sünnib. Ma ütlesin tee, mida juur kõigi oma karwakestega sünnitab, kuid siinjuures peame meelles pidama, et ialgi kõik need narmakesed ja karwakesed ühel ajal ei tööta, waid nagu katsete waral näeme, lõpetawad muist jnuri, mis oma ümbruses kõik toiduollused maa seest ära on wõtnud, tegewuse, kuna uued harud edasi kaswawad sinnapoole, kust jälle wärsket toitu loota on. Kui meie ühe nisupõõsa kõikide juurte üleüldise pinna kokku arwame, siis leiame, et see peaaegu sada korda nii

suur on, kui nisupõllus iga põõsa kohta maad tuleb; kui meie aga siis arwame, missugust ruumi kõik need kokku peaaegu 20 wersta pikkused karwake-sed nõuawad, siis näeme, et nad kõik hõlpsaste keskmisesse sõrmkübarasse wõiwad mahtuda.

Nõnda näeme, et taimede juur — iseäranis oma karwakeste tõttu — niisugune liige on, mis wäga wähe ruumi nõuab, aga selle juures oma pikkuse pärast ometi õige suure pinna sünnitab. Loodus tarwitab siin sedasama kawalust, mida wanaaegse jutu järele Karthago linna asutaja Dido tarwitas: ta sai luba omale nii palju maad wõtta nagu härjanahk üle ulatab, aga ta lõikas härjanaha peenikes-teks rihmadeks ja mõõtis nende abil enesele nii palju maad wälja, et ta sinna peale linna wõis ehi-tada. Kuid Dido rihmasid ei wõi kaugeltki juure karwakestega wõrrelda, sest et wiimased inimese juuksekarwadest veel palju peenemad on.

Igaüks wõib kergeste mõista, kui wäga kasulik see taimede on, et tema juur nõnda wiisi pikaks kaswab, sest selle läbi wõib ta oma päralt olewa maa seest toidu-ained igalt poolt täieste wälja imeda. Peale selle on juurel veel see haruldane omadus, et ta just seal kohal narmaid ja karwakesi kaswatab, kus mulla sees rohkestes toidurammu on. Seda arwamist on järgmiselt tõendatud. Lillepotti pan-dakse waheldades üks kord rammusat ja teine lahja mulda, kuni pott täis saab; ja kui pärast waadatakse, missugused juured taim selle poti sees kaswatab, siis leitakse, et rammusas mullakorras juured wäga rohked ja lihawad on, kuna lahja mulla sees neid ainult wähe leidub ja needki on kidurad. Kui aga taim kunstlikus toiduwedelikus kaswatatakse, nagu ülemal pool rääkisime, siis kaswatab ta koguni wähe narmasjuuri ehk ei kaswata ka sugugi. See on arusaadaw: wedeliku seest tungib toidu ollus ise

igalt poolt juure ligi ja tal ei ole tarwis seda kau-gele otsima minna, nagu mulla sees. Sest „juure liikumine, kudas ta maa sisse kaswab,“ kirjutab Körner, „on kõigiti seda laadi nagu otsiks ta toitu. Juureotsakene teeb oma edasikaswamise juures mitmesuguseid käändusi, kõwerdusi ja rõngaid, nagu kobaks ta ümber. Selle juures läheb ta otsegu piinliku ettewaatusega neist kohtadest mööda, mis edasiminekut ähwardawad takistada. Juhtub aga, et juureotsakesed kudagi haawatud saawad, siis antakse õnnetust sedamaid kaswawale osale teada ja juur hakkab teises sihis kaswama ning pöörab sealtpoolt ära, kus pahandusetegija on. Juhtuwad aga juure otsakesed niisugusesse kohta, kus wesi ligidal on, siis kaswatab ta kiireste sinna poole harukesi ja just niisuguseid, nagu selle koha ja olude järele kõige sündsamad on.“

Aga juur wõtab ka mulla kindlatest osadest omale toitu. — Kudas seda seletada? Kõik juure wälimised osad, tema koor ja narmakesed, on raku-kestest, s. o. umbsetest kotikestest, kelle sees kusa-gil mingisugust auku ei ole. Mulla osad wõiwad ennast wäga kindlaste juurte külge suruda, aga ial ei suuda nad nende koorest läbi uuristada. Kuidas wiisi wõiwad nad siis taime juurtele toiduks olla? Selle mõistatuse seletuseks teeme jälle katset. Pa-neme klaaspurgi ääreni wett täis, kuhu sekka natuke äädikahapet on kallatud, paneme põienaha kaaneks peale ja seome selle ümberrngi kõwaste kinni, nagu perenaised harilikult moosipurkidega teewad. Põie pühime kuiwatusepaberiga täiest kuiwakse ja rapu-tame kuiwa põie peale kriidijahu. Kriit on kõwa keha ja põienaha sees ei ole aukusid, ometi näeme meie warsti, et kriit põie pealt ära kaob ja purki wedeliku sisse waob. Selle ootamata nähtuse se-letus on üsna lihtne: põienahk on kõigest pühki-

misest hoolimata niiske, sest et alumine külg weega kokku puutub, ja et purgi wee sees äädikahapet on, siis on põienahk happega läbi leotatud; hape aga sulatab krüüdi ära, nõnda et ta igas kohas, kus ta niiske põiega kokku puutub, ära sulab ja põie läbi purki wajub. See kõik sünnib meie silmale nägemata, sellepärast on meie meelest, nagu tungiks kriidijahu kuiwast põiest läbi. (Katse tegemise juures tuleb selle peale waadata, et purk just ääreni wett täis oleks ja põienaha alumine külg wee peal seisaks, sest kui wedeliku ja põienaha wahel tühja ruumi on, siis on katse wõimata). Sellest katsest wõime järeldada, et kui rakukeste nahk happega niisutatud on, siis laseb ta kergeste niisugused kõwad kehad läbi, mis selle happe sees ära sulawad.

On siis aga juure rakukestes happeid? On. Seda näitab nõnda nimetatud lakmuse paber, mida lahutusteadlased hapete ülesandjatena tarwitawad, sest et see paber, mis muidu sinine on, happe mõju all punaseks muutub. Kui meie wärske taimejuure nimetatud paberi peale paneme, siis näeme, et juure otsakeste kohale punased jäljed järele jääwad. See tähendab, et juure rakukestes hapet on. Ligemal läbikatsumisel on leitud, et juure rakukestes sedasama äädikahapet leidub, mida meie ülemal kirjeldatud katsetegemise juures tarwitasime. Peale selle hingab juur, nagu iga muugi taime osa, alati söehapet wälja (kudas seda katse waral nähtawaks teha, selle kirjeldamine läheks liiga pikale, pealegi nõuab katsetegemine abinõusid, mis mitte kergeste kättesaadawad ei ole,) söehape aga sulatab palju aineid, mis wees mitte ei sula.

Nõnda siis, taime juured on happega läbi niisutatud ja hingawad söehapet wälja, mis sulatawalt

juurte ümber olewate mullaosade peale mõjub. Seda mõju wõime järgmisel wiisil silmale nähtawaks teha. Wõtame walgest marmorist tahwlikese, mis peeglisarnaseks siledaks ja läikiwaks on poleeritud, ja paneme ta õhukese lillepoti põhja, tema peale riputame mulda ja istutame mulla sisse mingi taime, näit. oa. Oa juured ulatawad warsti põhja ja ajawad ennast poleeritud marmorit mööda lai-ali. Kui meie mõne aja pärast marmori wälja kaewame, puhtakspeseme, ärakuiwatame ja wastu walget tema poleeritud pinda waatame, siis näeme, nagu oleks selle sisse ussikesed teesid närinud: seda on juure narmakesed teinud, kes oma happese otsakestega sileda marmori sisse enese jäljed on söönud.

Selle järele ei ole enam mingisugust kahtlust, et taim nii hästi wedelikkudest kui ka kõwast mullast toitu saab wõtta. Seda kinnitab weel järgmine huwitaw katse: kaewatakse taim, kellel juba wäljaarenenud juurekasw on, mulla seest wälja, juur pestakse puhtaks ja jaotatakse kahte osasse, nagu naisterahwa juuksepalnikud, siis pandakse üks pool wette, teine pool kuiwa mulla sisse, mida mitte ei walata, taim kaswab takistamata edasi. See näitab, et ta ühe poolega wett imeb, teise poolega kuiwast mullast toiduolluseid wõtab.

Wiimaks on ka niisugusid taimi, nagu samb-
lad, mis palja kiwi peal kaswawad, jah, üteldakse
isegi poleeritud klaas peal; nad ajawad oma juu-
red kõwa pinna sisse, purustawad seda ja wõta-
wad sealt omale tarwilist toitu. Tähele tuleb
panna, et kõigis sarnastes taimedes rohkestes
happeid on, iseäranis oblikahapet.

Nüüd tekib aga küsimus, mispärast juur mit-
mesugustest mullast leiduwatest ollustest just

need enesesse tõmbab, mida taimele kaswamiseks waja on? Kui meie wedelikus, milles salpetrit ja keedusoola on sulatatud, taim kaswatame, siis näeme, et ta salpetri täiesti enesesse imeb, keedusoola aga peaaegu puutumata jätab. Näitab, otsekui waliks taim toiduaineid nagu maias laps: ühe asja wõtab wastu, teise jätab maha. Kuidas seda seletada? Wõimata on ju mõtelda, et taimel tõeste tahtmist ehk walimise ja wahetegemise wõimet on. Aga seletada ei olegi nii raske. Tuletame meelde oma katseid rauasoola ja tanniniga. Mõlemad soolad, nii hästi salpeter kui keedusool, sulawad kergeste ja tungiwad diffusioni mõjul hõlpsaste taimerahukesesse ning sealt taimesse, aga nende edespidine saatus on kummagil täieste isemoodi. Salpeter saab rakukeses ümbermuudetud ja temas olew lämmastik läheb munawalge ja teiste lämmastikurikaste organliste ainete loomiseks, ja ei jää mitte salpetriks, mispärast taim järjest ikka uut salpetrit wõib wastu wõtta. Keedusool aga tungib diffusioni seaduse järele taimerakusse niikaua, kuni raku sees wedelik niisama soolaseks saab, nagu wäljaspool, siis jääb juuretulek seisma. Kui aga juhtumise kaupa taim sees rohkem soola on, kui ümberolewa mulla sees, siis läheb — sellesama diffusioni seaduse põhjal — muist soola taimesse mulla sisse tagasi. Nüüd on meil arusaadaw, mispärast taim just niisuguseid ollusid, mida temal kaswamiseks tarwis on ja mis ta sellepärast omaks teeb, ära seedib ning ümber muudab (nagu meie näituses salpetrit), enesesse imeb, kuna ta teised ollused, mis tal keha ehituseks tarwis ei ole ja mis ta sellepärast mitte ümber ei muuda (nagu keedusool), peaaegu puutumata jätab.

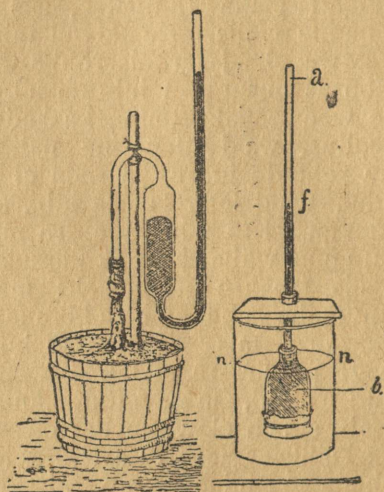
Nõnda ei ole selleks, et juure walimise tegevust seletada, tema sees sugugi tarwis mõistlikku

tahtmist, maitset, loomusundi wõi harjumist otsida, waid kõik sünnib lihtsate füüsika seaduste järele.

h) Kuidas tõuseb wesi ülesse? Osmos.

Aga mis tõstab wett nii kõrgesse, mõnikord koguni 300 jalga? Wee tõusmise põhjus on osast juurtes, osast warres ehk tüwis. Kui kewadel kask maapinna ligidalt maha raiutakse, siis ajab känd weel rohkem mahla wälja. Ka talwel raiutud puud mahlatawad kewadel. Iseäranis rohkest wett ajab wiinamarja põõsas niisugusel juhtumisel. Ometi ei ole niisugune wee wäljakeetmine kaskede ja wiinapuude eriomadus, waid üldine nähtus niihästi puude kui ka rohtude juures ja seda ei sünni mitte ainult kewadel, waid terve aasta läbi, ainult mitte ühesuguse jõuga. Kui tahetakse ära määrata, kui palju wett puu juur wälja ajab ehk missuguse jõuga see sünnib, siis tehakse järgmiselt: maa lähedalt lõigatakse puu maha ja kännu otsa kinnitakse gummi toru abil klaastoru, mis sel kombel kõweraks on paenutatud nagu pilt nr. 15 näitab ja osast elawhõbedaga täidetud. Mahl, mis nüüd kännust klaastorusse jookseb, surub elawhõbedat enese ees ära, nõnda et see lahtises toru otsas kõrgele üles tõuseb. Elawhõbedat tõusmine näitab, missuguse jõuga känd wedelikku wälja surub ja sel wiisil leiti, et mahla wäljatuleku jõud nii suur on, et ta ka siis weel wälja tuleks, kui kännu peal niisugune raskus teda keelata tahaks, mis 36 jala kõrguse weesamba suurune oleks (weesammas muidugi kännu jämedune). Kuidawiisi niisugust juurte jõudu seletada? Järgmine katse annab meile otsust. Wõtame ilma põhjata klaaspudel ja seome tema alumine lai ots pöiega hoolsaste kinni, ülesse kaela sisse aga torukame pika klaastoru *a* nagu kaela pikenduseks; toru tuleb korgi wõi gummi abil nii wiisi pudeli

kaelasse kinnitada, et wäljastpoolt toru õhk enam läbi ei pääse, siis pistame pudel nii, nagu pildi peal nr. 16. näha, anumasse wee sisse. Kui pudeli sees ka wesi oleks, siis ei tekiks ei pudeli sees ega ka tema ümber anumasse olewa wee juures mingit liikumist, muidugi, kui mõlemate wete pind $n - n$



Pilt nr. 15.

Pilt nr. 16.

ühe kõrgusel seisaks; wastasel korral peaks wesi ise oma raskusega ennast läbi põie kas pudelisse wõi pudelist wälja suruma, selle järele, kas tema pudelis madalam wõi kõrgem on, kui anumasse. Aga kui pudelis mitte wesi ei ole, waid mõni muu wedelik, mida taime rakukestes leida on, nagu näituseks sulatatud sukkur, siis ilmub nähtus, mis esimesel silmapil-

gul arusaamaata näitab olewat ja selle seaduse wastu käiwat, mille järele wesi ka waheseina läbi ühekõrgust pinda püüab sünnitada. Sukru sulatis *b*, millele meie natuke wärwi juure lisame, et ta paremine näha oleks, hakkab klaastoru mööda ruttu ülespoole tõusma ja jõuab warsti *f* juure. Selle pealt näha imeliku nähtuse seletus on järgmine: wesi ja sukru sulatis püüawd endid üksteisega segada, wesi tahab siis põie läbi pudelisse, sukrusulatis sealt wälja tungida. Aga weosakesed liiguwad kiiremine, kui sukru sulatise osakesed, järjekult tungib wesi rutemine sukrusse, kui sukkur wee sisse; peale selle pääseb wesi kergemine põiest läki, kui sukkur; kui nüüd need kaks mõju kokku tulewad, siis peab ju pudelisse rohkem wett tungima, kui sealt sukru wälja tungib, mille tagajärjel wedeliku pind pudelis ja klaastorus kerkib. Niisama on lugu, kui sukru sulatise asemel munawalget, gummi wõi muud ollust wõtame, mis taimerakukesses leidub. Nõnda on meil siis ka siin diffusioniga tegemist, ainult et siin wahenahk asja keerulisemaks teeb. Sedasugu nähtust nimetatakse osmooseks. Arusaadawalt on läbitungimine seda suurem, mida suurem see pind on, kus mõlemad wedelikud kokku puutuwad. Meie kuulsime waremalt, kui suure pinna juur oma harude, narmaste ja karwakestega sünnitab ja meie mõistame, kui palju wett ta mullapinnast wõib wastu wõtta. Iga rakukene imeb wett mulla seest enesesse ja surub seda oma õhema seesmise seinaga läbi soontesse, mida kaudu ta juurtest läbi tüwesse ja edasi kuni latwa tõuseb.

Nõndawiisi wõtawad juured wett enesesse. Siiski ei jõua juured wett suurte puude ladwani litsuda, waid weepumpamist toimetab ka tüwi, nagu katse waral kergeste wõime näha. Seks lõikame

wäikese kase oksakese, kellel lehed küljes on, ja pistame lõigatud otsa wette. Kui meie ta natukese aja pärast sealt wälja wõtame, siis näeme otsa küljes weetilk rippuwat, aga ei lähe poolt ehk weerand minutitki, kui wedelik sisse imbub: kastame oksakese uueste wette ja wõtame wälja, niisama ruttu kaob külge jäänud tilk, mis näitab, kui ahneste oksake wett imeb.

Juur ajab wett tüwisse, tüwi imeb seda ahnelt enesesse ja saadab edasi, aga kuhu ta wiimaks jääb? Kui teda ühest otsast ikka peale tuleb, siis peab ta teisest otsast kuhugile kaduma. Seda wõime mõnel iseäralisel juhtumisel ka selgeste näha. Kui meie soojal ja niiskel kewade õhtul pärast päikese loode minekut suiwilja orase põldu maa ligidalt silmitseme, siis näeme taimekeste ladwas, otsakese peal, ümarguse kastetilgakese hiilgawat. Kui meil kannatust on pikemat aega ühte taimetähele panna, siis näeme, kuidas weetilk alatasa suuremaks paisub, kuni ta wiimaks maha weereb; aga tema asemel ilmub jälle, otsekohe idukese terawas otsas, uus weetilk, mis natukese aja pärast niisamuti maha weereb ja nõnda edasi. Sedasama nähtust wõime tähele panna, kui meie kaeru kastikese sisse külwame ja selle pealt klaasruuduga kinni katame: lehekeste latwades tekiwad järjest weetilgad, mis ära kaowad, kui klaasi pealt ära wõtame. Kuid niisugust tilgawiisi wee wäljahigistamist tuleb wõrdlemisi harwaste ette ja nimelt iseäralistel juhtumistel, kus õhk weeauruga täidetud on, aga nägemata wiisil aurawad taimed alati päratumal hulgal wett wälja: nõnda aurab tessatin kaerapõldu suwe jooksul 100.000—200.000 puuda, tessatin luha heinamaad kuni 500.000 puuda wett.

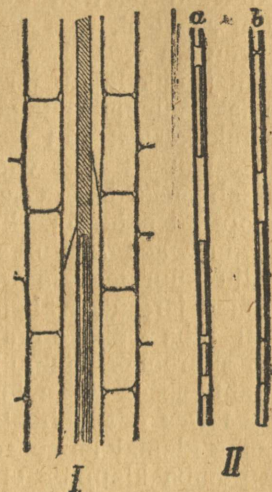
Wäljaaurawa wee hulka wõib mitmel wiisil mõõta. Nõnda pandakse taim kõige potiga, milles

ta kaswab, suuremasse klaasist wõi plekist anu-
masse ja kaetakse pealt klaas- wõi plekk-kaanega,
millel wäike auk sees on, kust taime wars parajaste
läbi mahub, kinni. Nõnda ei saa niiskus mujalt
wälja hingata, kui ainult taime lehtede kaudu. Kui
meie nüüd aegajalt oma katsenõu üle kaalume ja
näeme, kui palju ta kergemaks jääb, siis teame, et
ta lehtede kaudu sedawõrt wett wälja on hinganud.
Ehk jälle paneme klaaskupli alla taime ja mingisu-
gust ainet, mis weeauru enesesseimeb, nagu weewli-
hape, ja kaalume wiimast aegajalt, siis näeme, et
ta raskemaks on läinud; kuna ta kupli all mujalt
lisa ei saanud kui taimest tulewast weeaurust, siis
näitab kaal, kui palju wett taim wälja on hinganud.
Sel kombel saame palju huwitawat teada. Meie
leiame, et lehe alumine külg rohkem wett wälja
aurab kui pealmine. Suurendusklaasi abil näeme,
et lehe alumine külg iselaadi augukesi täis on, mis
taime weesisu korraldawad, sest kui taim wett täis
on, siis lähewad need augukesed laiemine lahti ja
wee wälja-auramine sünnib tugewamine, aga kui
weehulk taimes kahaneb, siis tõmbawad augukesed
ennast kokku ja wee wälja-auramine jääb vähemaks.
Sarnaste katsete waral leiame ka, et kõik lehed ühe-
palju wett wälja ei aura, waid sileda, läikiwa na-
haga lehed vähem, paksud, pehmekoorelised le-
hed rohkem, sellepärast wõiwad ka esimesed pala-
was, põudses kliimas paremine kaswada kui wiimased.
Wiimaks näeme ka, et noored lehed tuge-
wamine wett wälja aurawad kui sellesama taime
wanemad lehed ja sellest selgub meile, miks toidu-
wedelik just niisuguste noorte kaswude juure woolab.

Wee loomulik tee taime sees on — sooned.
Waremine ei tahetud seda uskuda, sest et sooned
harilikult mitte wett täis ei ole, waid wee wahel on
paiguti tühi ruum, aga wiimaks leiti, et see tühi

ruum, mis enne weeliikumise takistajaks peeti, liikumist meile just seletada aitab, sest soonte sees leiduw õhk on wäga harw, mille tagajärjel iga soon omakohast imew pump on. Pumba ehitus ja tegewus on ju tuttaw: kui liikuw punn toru sees üles tõmmatakse, siis jääb tema all õhk õredaks, harwaks, sest et tühi ruum tekib ja õhku sinna kusa-gilt ligi ei pääse: aga loodus ei salli tühja ruumi ja wälise õhu surumise mõjul kerkib wesi toru sees punni järel ülesse; kui punn alla tuleb, ei saa wesi mitte punni eest ära alla minna, sest et alumises otsas liikuw klapp on, mis wett küll üles laseb tulla, aga mitte enam alla minna; niisamuti on ülemise punni sees klapp, mis punni allaminekul lahti läheb, nõnda et wesi selle läbi ülesse tuleb, aga kui punni jälle hakatakse ülesse tõstma, siis surub tema peal olew wesi klapi kinni, nii et see õhku ega wett läbi ei lase. Et ka taime sooned selsamal kombel wett enesesse imewad, seda näitab järgmine lihtne katse: mingisugune taime oksakene paenutatakse anumasse, milles elawhõbe on, wajutatakse elawhõbeda alla ja lõigatakse seal katki. Kui pärast selle oksa lõhki lõikame ja mikroskopi all waatame, siis näeme, et elawhõbeda niidikesed tema soontesse on tunginud, otsegu kraadiklaasi sisse (pilt nr. 17, I). Füüsikast teame meie, et elawhõbe iseenesest mitte peenikeses torus üles ei kerki nagu wesi teeb, waid et ta seda tugewamat surumist nõuab, mida kitsam toru on. Et taimesoone õõnsus palju kitsam on kui need torud, millega harilikult füüsikalisi katseid tehakse, siis wõime sellest järjeldada kui harw peab õhk tema sees olema, et ta elawhõbedat suudab sisse imeda. Siin tekib nüüd kaks küsimust: mispärast taimesoontes olew harw õhk wälise õhuga mitte tasakaalu ei lähe ja mil põhjusel läheb õhk taimesoontes nii harwaks?

Esimese küsimuse peale ei ole raske wastust anda: soontes olew õhk on soonte seinte ja taime koore läbi wälisest õhust nii lahutatud, et neil läbikäimist ei ole, järjekult ei saa wälisest õhust taimesoontesse õhku lisaks tulla. Aga nii pea kui taime risti läbi lõikame, et soone otsad wälisele õhule awatud



{Pilt nr. 17.

saawad, siis on silmapilgul tasakaal soontes olewa ja wälise õhu wahel jalale seatud ja sooned ei ime enesesse enam wedelikku. Sellepärast pidimegi katse juures puuoksa elawhõbeda sees katki lõikama. Kui meie oksa wälises õhus läbi lõikame ja siis ot-sapidi elawhõbedasse kastame, siis ei ime ta esialgu wedelikku mitte, aga kui tema pikemaks ajaks pai-gale jätame, siis hakkab elawhõbe jälle tema soon-

tesse tungima. See nähtus juhatab meid teise küsimuse juure — mil põhjusel läheb õhk taime soones nii harwaks? Seletus on järgmine. Lehed aurawad wett wälja, mille tagajärjel nende rakukettes olew wedelik paksemaks ja kangemaks läheb. See tõmbab, nagu ülemaal (pilt nr. 16) nägime, kõrwalolewatest rakukestest uut wett nendesse juure; kõrwalolewad rakukesed imewad wett jälle teistest rakukestest — kuni soonteni, kus weetagawara on. Kui aga soontest wett ära wõetakse, siis tekib sinna rohkem tühja ruumi ja õhk läheb järjelikult harwemaks; õhu harwemaks minemise tagajärjel aga imewad sooned juurerakukestest uut wett juure, nagu pump, mille ülemisest otsast wesi wälja on surutud. Pilt. nr. 17, II. kujutab meile üht ja sedasama soont nagu see mikroskopi all näha on, kui lehed tugewaste wett wälja aurawad: *a* juures on weetilgad (selged kohad) palju suuremad ja wahekohad ehk tühi ruum (tumedamad järgud) vähemad kui *b* juures, kus muist wett juba wälja on auranud ja wahekohad sedawõrt suuremaks läinud. Nõnda on nüüd kauaaegse kahtlemise järele kindlaks tehtud, et sooned taime sees wee edasitoimetajad on.

Meie wõrdlesime ülemaal taime soont weepumbaga ja rääkisime pumba klappidest: isegi niisugused peenikesed, aga wäga täielikud ja otstarbekohased klapid on soonte sees olemas, mis wett mitte tagasi wajuda ei lase. Sarnased klapi kohad on iseäranis hästi okaspuude kudes näha; kui näit. tuletiku wõtame, siis näeme selle lõimeses paiguti nagu pisikesi sõlmesid. Seal ongi klapid. Et nende klappid ehitusest ja tegewusest õieti aru saada, peab neid suurendusklaasi all ise ligemalt vaatlema, sellepärast jätame nende täielikumä kirjelduse, mis wäga pikale läheks, siin andmata.

Nüüd teame meie, et wesi taime soonekesi

kaudu liigub, teame ka, mis jõud teda liikuma paneb, küsida jääb aga weel, kui kiireste see liikumine sünnib. Selleks wõtame ühe puuoksa ja pistame otsapidi wette, milles natukene niisugust wärwi wõi muud ainet on, mis puu sees selgeste nähtawale tuleb. Mõne aja pärast lõikame oksa tükki-deks, siis näeme, kui kõrgele wesi katseaja wältusel on tõusnud. Kõige kiirem liikumine, mis sel kombel tähele on pandud, on umbes üks süld tunnis.

Et lehed alati wett wälja aurawad, see on siis peapõhjus, mis pärast juured ja tüwi alati uut wett juure tõmbawad. Aga mis pärast arwame meie, et just lehed wett aurawad ja mitte tüwi? Sellepärast, et tüwi nõndanimetatud korgikudega kaetud on, mis wett läbi ei lase. Ainult üsna noored kaswud on niisamasuguse nahaga kaetud nagu lehedki, pärast sureb, kuiwab ja pudeneb see õrn nahk maha ja tema asemele kujuneb puu koor, mida korgikudeks nimetatakse, sest et ta üht seltsi tammedel nii paks ja pehme on, et temast pudelikorkisid tehakse. Selle kude ehitus ja nägu wõib mitmesugune olla, mõne puu, nagu korgitamme, juures mitme sõrme paksune, teise juures aga, nagu kask, üsna õhukene, aga sellepoolest on nad kõik ühesugused, et nad wett läbi ei lase; igal pool on weekindel mantel ümber. See keelab ilmaaegset weewäljahingamist, mis puu kaswule wäga kahjulik oleks. Huwitaw on, et sarnane kude igasse kohta tekib, kus taime keha wägiwaldselt paljaks saab kistud ja loomuwastaselt wett wälja aurama wõib hakata. Nõnda näituseks, kui kaswawa puu küljest laastu ära lööme, siis kaswab mõne aja pärast haawa kohale korgikude peale.

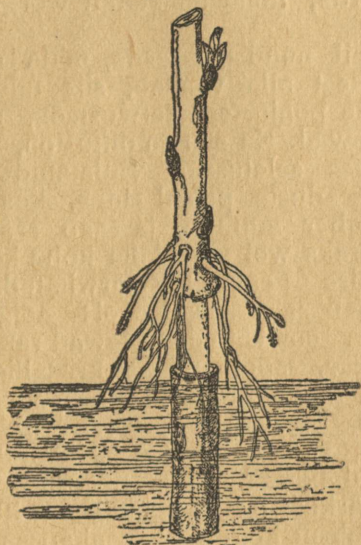
Nõnda surub siis juur wett tüwisse, tüwi saadab seda lehtede juure, lehed aurawad õhusse. Ainult siis, kui kõik need toimetused ühetasaselt

sünniwad, on taime elu korralik. Tasakaal saab rikutud, kui taim rohkem wett wälja hingab kui saab — siis peab ta ära närtsima; ehk kui ta niipalju ei jõua wälja aurata kui juured wastu wõtawad — siis hakkab ta wett tilgawiisi wälja higistama nagu niiskel, soojal kewade- ehk suwe-õhtul näeme.

1) Teisipidine woolus.

Waatame nüüd toiduwedelikkude teisipidist woolust, mis mitte juurtest lehtede poole ei lähe, waid überpöördult lehtede poolt puu sisse ja ühtlasi ka juurtesse tuleb. Et niisugune woolus peab olema, seda wõib iseenesest arwata, kui teame, et lehes toiduwedelik organiliseks olluseks ümber muutub, millest kõik taime kehaosad ehitatud on; et see woolus tõeste olemas on, seda wõib järgmisel näitlikul wiisil tõendada. Lõikame remmelga oksa ja paneme alumist otsa pidi wette. Mõne päewa ehk nädala pärast läheb alumise otsa ümber koor paksemaks ja sellest hakkawad juured wälja tulema. Kuna oks maa seest mingisugust toitu ei saanud, siis on selge, et juurekesed nendest ollustest peawad kasvama, mis ülevalt poolt tulewad. Katsume aga nüüd kätte saada, missugust teed kaudu toiduwedelik uute juurte juure rändab. Selleks wõtame jälle niisamasuguse pajuoksa, aga tõmbame alumise otsa ligidalt tema ümberringi umbes sõrmelaiuselt koore maha, kuna allpool kooritud kohta 2—3 sõrme laiuselt koor terweks jääb. Kui meie nüüd selle oksakese otsapidi wette paneme, siis näeme, et juured mitte enam tema alumise otsa juures ei teki, waid ülewel pool kooritud kohta (pilt nr. 18). Sellest on näha, et meie koore ärawõtmisega tee kinni panime, mida kaudu toiduwedelik oksapidi alla woolab.

Nõnda siis, koorerõnga ärawõtmine puu üm-
 bert, mis ülestulewa wedeliku käiku sugugi ei ta-
 kista, paneb wedeliku allatuleku- tee täieste kinni.
 Sellest järgneb, et juurtest tulew wedelik puu sü-
 dame kaudu, lehtedest tulew wedelik aga koort



Pilt nr. 18.

kaudu rändab. Et see arwamine tõsi on, näitab ka
 weel järgmine katse: wõtame ühe õunapuu, mille
 peal õunad parajaste kaswama hakkawad, walime
 sündsa oksa wälja ja koorime ta rõnga wiisil õunte
 ja ligemate lehtede wahelt ära, siis näeme, et õunte
 kaswamine seisma jääb. Nõnda näeme, et koore-
 rõnga ärawõtmine lahutatud puuosa, olgu see juur

wõi wili, kaswamises seisma panéb. Selle järele ei ole mingisugust kahtlust, et toiduollused, millest taime osad kaswawad, koort kaudu rändawad. Aga koor on, nagu nägime, mitmest korrast kokku pandud. Selsamal kombel, nagu ülemal kirjeldatud, katseid edasi tehes leiame, et wedelik koore kõige seesmist korda, nõndanimetatud wõrgukude kaudu rändab.

On meil nüüd tee teada, mida mööda toidu, mahl lehtedest alla woolab, siis tuleb meil weel ennast nende põhjustega tutvustada, mis wedeliku liikuma panewad. Ka siin on diffusion, segandamisestung, nähtuse seletuseks. Sulatatud ollus tungib diffusioni- seaduste põhjal sinna, kus ta sulamata olluseks ümber muutub, ja saab seal tulewaseks toidutagawaraks wõi saab jälle kohe kõwade taimeosade loomise peale ära tarwitatud. Toidutagawara koguneb taimes igal pool: kõigel soonekim-pude teel on soonte ümber olewad rakukesed väga rikkad tärklise, mõnikord ka kristallide ja muude olluste poolest, toiduollused on rohkestes seemne munawalges tagawaral ja weel rohkemal mõõdul puusüdames, südame kiirtes ja üleüldse taime tüwis. Sagopalmide südames on puudade wiisi tärklist; palju tärklist on ka kartulites, kuna naeristes rohkestes suhkrut koguneb; peakapsas ja naeris on mitmesuguseid muid toiduaineid jne. — nõnda et peaaegu seda taime liiget ei olegi, mis mitte toiduainete tagawaraaidaks ei wõiks saada. Neid tagawarasid tarwitab taim kas teisel aastal pärast nende paigalepanemist nagu kapsaste ja naeriste juures, kes neid tagawaraks pandud toiduollused omal teisel eluaastal kaswude ja õite kaswamiseks tarwitab, wõi jälle nad kogunewad kümnete aastate jooksul, nagu suhkur agawa lehtedes, ja lähewad pärast suurte õite ja wiljade loomiseks. Aga olgu kudas

on, toiduolluste tagawaraks jäämine on ainult ajutine, möödaminew nähtus, kuna nende lõpu-eesmärk see on, et nad uute rakukeste sündimiseks, uute taimeosade loomiseks, see on, taime kasvatamiseks lähewad.

III. Päikese tähendus taimede kaswamise kohta.

I. Päikese kumardamine.

Päikene on meie maakera peal elu hoidja. Ilma walguset ja soojuset ei oleks taimesi, ilma taimedeta ei oleks elajate ega inimeste elu võimalik. Kõik inimesed ja loomad elawad rohelise leherakukese kulul, sest üksinda see oskab päikese kiiri kinni püüda ja nende abil weest, õhust ja maa-mullast wõetud mineralidest organlisi ollusid wälja töötada, mida inimese ja looma keha oma toiduseks tarwitab. Nagu kuulsime, wõiwad taime juured toidusoolasid ainult sulas olekus enesesse imeda, soolad sulawad ainult wee abil, aga mis paneks wett looduses ringi käima, kui päikese soojust ei oleks? „Igas rohelises taime rakukeses,“ ütleb Cohn, „leiame meie weepiisa, kes, wõib olla, wahest eila weel merepinnal lainetas, seal muutus ta päikesekiirte mõjul auruks ja tõusis ülesse õhusse; tuul, mis jälle päikese kiirede tegewuse tagajärjel tõuseb, ajas tema kuiwamaa kohale, wihm wiskas ta maa peale ja sealt imesiwad taime juured tema enesesse. Wees sulab kali terakene ära, mis mägestikus tuulte käes pehastanud kaljust maha on pudenenud; tema kandis mäest orgu ja wiis jõkke seesama wihm, mis taimede juuri kastab. Temaga ühendab ennast tilgake ammoniaki, mis ligidal lamawa loomasurnukeha mädanemisel tekkinud; wiimaks heitsiwad nende seltsi ka weewli ehk weewlihappe auru osakesed, mis wahest praegu ülestõmmatud tuletiku põlemisel on sündinud.“ Aga meie wõime mõtteid weel edasi arendada ja ene-

sele ette kujutada, et söehape, mida roheline taime-
rakuke ära seedib ja ümber töötab, pikas wabriku-
korstnas suitsu sees sündis, süsi aga, millest suits
tõusis, ei ole midagi muud, kui „kiwistanud päi-
kese walgus“, mis endise ilma taimed, kellest kiwi-
söed on saadud, enesesse imesiwad, niisama nagu
praeguse ilma taimed meie ajalgi teewad *).

Ja isegi meie maakera ei ole midagi muud
kui päikese laps, kes oma ema järel suures ilma-
ruumis ringi käib, ja meie, inimesed, oleme nagu
päikese tolm ning meie mõtted on muutunud päi-
kesejõud. Sellepärast pidasiwad ka wana aja rah-
wad päikest elu allikaks ja selle jõu keskkohaks,
mis kõige ilma üle walitseb, kõik ülewal peab.
„Hami sugu rahwad, kes Niiluse jõe orus elasiwad,
pidasiwad walgust kõikide jumalate isaks, kelle esi-
mene poeg suur Amun-Ra oli, kes päikese peal
kui aujärje peal istus; tema auks oli wana Joo-
sepi ja Moosese linn Heliopolis (päikeselinn) pü-
hitsetud ja teda kumardati wanas pühas Memfises.

Semi sugu rahwaste usu järele oli taewa
walitseja päikesejumal Baal, kes maa peale wal-
gust saatis ja wilja kaswada laskis; tema eluase
oli Babiloni templi kõrgel harjal, tema kiitust kuu-
lutasiwad Baalbeki ja Palmira sammastemplid, tema
auks pandi Karmeli ja Liibanoni mäel tuled põ-
lema. Kui aga päikene maa peale kõrwetawat
kuuma saatis ja taewa wesiwärawad kinni pani, kui
inimesi katk ja näljahäda maha murdis — siis ku-
mardasiwad nad wärisedes hirmsa Moloki ees, kelle
wiha ohwritallede ja -wasikate weri kustutada ei
jõudnud, waid kellele lepituseks rahwa poegade ja
tütarde werd toodi.“ (Cohn).

*) Waata G. E. Luiga „Maakera elulugu“ (Tallinnas,
G. Pihlaka kirjastus) ja Dr. B. Lindemanni „Maa,“ kus maa-
kera endiste ajajärkude üle pikemat seletust antakse.

Peaaegu kõik wanaaegsed rahwad kumardawad päikest, walgust ja kuud kui wägewaid jumalusi; isegi praeguse aja haritud rahwaste kombetes ja usus leiame weel palju jälgi wanaaegsest päikese ja tulukese kumardamisest.

Ka taimed kumardawad walgust ja sirutawad oma lehed ja õied heledate päikese kiirede poole; suurem osa õisi läheb ainult päikese paistel lahti ja palju lillesid hoiawad oma silmi alati päikese poole ning pöörawad pead päikese järele hommikust õhtu poole. Aga ka warred ja oksad kaswawad walguse poole nagu toalilled juures näha wõime. Ilmaaegu seote taimekese kepi külge ja keerate potti — tema sirutab ikka oma käekesed päikese poole wälja. Sagedaste näeme, kuidas toalilled kõige hoolitsemise, kastmise ja rammutamise peale waatamata põdema ja närtsima hakkawad nagu linnuke puuris ehk wabadusewõitleja wangikoja müüride wahel — ja wüimaks sureb, sest et — walgus puudub, walgusepuudus — see on see häda, mille all meie toataimed ja klaashoone kaswud kannatawad. „Kes waatab wiljapuudest istutatud elawaid aedu, mille üle uuema aja aednikukunst nii uhke on, sel ei tule wahest mõttessegi, et tema ees terve rida sunnitöölisi on, kes sadade silmadega sammaste külge on seotud ja siiski järelejätmata wabaduse ja päikesewalguse poole püüawad. Sedasama wõib ka lehtedest ütelda, mis alati niisugust seisukohta püüawad wõtta, et päikese kiired wõimalikult otsemalt nende peale langeksiwad ja nad sel kombel wõimalikult rohkem seda kallist taewa kingitust enesesse wõiksiwad imeda. Ainult Uue-Hollandis, seal imede maal, mis papagoid walged ja luiged mustad on, kus imetajatel pardi nökk, mändadel laiad lehed ja mimosadel lehtede asemel nõelad on, ainult seal hoiawad puude oksad ja

põõsaste noasarnased lehed terawat otsa päikese poole ja keeravad laia pinna tema kiirte eest ära. Seda teewad nad sellepärast, et nad kuiwas kõrbes võimalikult vähe põua läbi kannataks, võimalikult vähe wett wälja auraksid; sellepärast ei anna ka niisugused puud mitte mingisugust warju.“ (Cohn).

Tähendame siin kohal, et paljud taimed, kes põuastes kohtades kaswawad, üleüldse wäga wähe lehti kaswatawad, teistel jälle, nagu kaktustel, kaswawad lehtede asemel suured terawad nõelad, kellel muud ülesannet ei ole, kui taime pealetungijate eest kaitseda.

II. Taimede liigutused.

Harilikult üteldakse looma- ja taimeriigi wahel see wahe olewat, et loomad ennast ise liigutawad, kuna taimed seda mitte ei tee. Kuid see paistab ainult pealiskaudsel waatamisel nii olewat, kuna tööpoolest ka taimed oma liikmeid wõiwad liigutada. Kudas protoplasma rakukeses liigub, seda oleme juba waremalt seletanud. Niisama liigub paljas protoplasma, ilma rakukestata, nagu seda limaseente juures wõime tähele panna. Mädanevate puude ja lehtede peale ilmuwad niiske ajaga sagedaste iseäralised tati-wõi süldisarnased limakogud pruunikas-halli wõi hele kollast karwa wõi ka üsna ilma wärwita. See ei ole muud kui protoplasma, aga ilma ühegi korralduseta, ilma rakukestadeta. Kui niisugust organismust ligemalt silmitseme, siis näeme, kudas ta ennast mitmet moodi muudab, ümarguseks ja haraliseks; wahest sirutab ta narmakesed nagu jalad ühele poole wälja ja tõmbab warsti terve keha sinna järele; nõnda wõib ta ühest kohast teise, maast madalast ülesse kõrgesse rännata.

Kõrgemate taimede juures ei liigu mitte terve taim, waid tema üksikud liikmed. Sün tuleb kõige pealt taimede magamist tähele panna, see tähendab taime lehtede ja õite seisukorra muutmist päewa aja järele, mis peaaegu kõikide taimede juures näha on, aga mõnede juures iseäraliselt silma paistab. Waadake ristikheina-põldu päewa ajal ja



Pilt nr. 19. Jäneskapsas.
Pahemat kätt olewad kolm lehte uneseisukorras.

õhtu widewikus, siis näete, kudas ta ennast muudab: päewa ajal näitab tema pind nagu ühetasane olewat, sest tema kolmeharulised lehed on oma laia külje täieste päikese poole pööranud, et võimalikult rohkem tema kiiresid kinni püüda, aga õhtul on terve wäli nagu ära sasiatud, lehed ei hoia taewa

poole mitte enam oma laia külge, waid serwasid, kusjuures kaks kõrwuolewat lehte ennast teine teise wastu ligistikku hoiawad, kuna kolmas nagu katuseks nende serwade üle langeb. — Meie tuttav jäneskapsas on nii tundlik, et ta ka päise päewa ajal, kui aga paksud pilwed päikest katawad (nagu



Pilt nr. 20. *Demodyum dyrans*.

Pahemat kätt ärkwel, paremat kätt une- seisukorras.

Keskel üksik leht.

piksewihma ajal) sedamaid une seisukorda jääb, kusjuures tema lehed nõrgalt maha ripuwad nagu pilt nr 19. peal pahemat kätt näha. Aga ka liiga ägedas palawuses langewad jäneskapsa lehed magamise-seisukorda, sest et ta muidu liiga tugewat päikese paistet ei jõua ära kannatada.

Weel suuremal mōõdul tuleb sarnane liikumine paljude õite juures nähtawale. Nõnda ei näe meie wara hommikul ega õhtu eel wõilillesid, mis päewa ajal meie murusid kollaseks wärwiwad. See tuleb sellest, et wõilill oma nupu ainult päewa



Pilt nr. 21.
Mimosa (*Mimosa pudica*)
ärkwel.

Pilt nr. 22. Mimosa
une-seisukorras. (Noo-
lekesed näitawad leh-
tede esialgset seisu).

paistel lahti ajab; wäga pilwisel, tumedal ja udusel ilmal jääwad nad ka päewa ajal kinni. Mõned teised õied aga awanewad ainult wara hommiku ja

lähewad päewa ajal jälle kinni, nõnda et wanast taimeteadlased koguni lilledekella kokku seadsiwad ja lilleõite kinniminemise järele õpetasiwad päewa-aega arwama. Katsed on näidanud, et niisugused nähtused soojuse ja walguse mõjul tekiwad.

Iseäranis õrnad selle poolest on kaunawiljaseeltsi kaswud, nendest on nimelt kaks soojamaa taime kuulsaks sanud, *desmodium* ehk *hedisarum* (*Desmodium gyrans*) ja häbelik mimosa, „ära puutu“ (*Mimosa pudica*). *Desmodium* kaswab sirgeste, nagu meie liht uba, saab ligi 3 jalga pikaks ja tal on kolmeharulised lehed, kusjuures keskmine palju suurem on kui kaks äärmist (waata pilt nr. 20, keskel). Kuna päewa-ajal suured lehed umbes lapiti wastu päikest seisawad, ripnewad nad õhtul oma warre otsas nõrgalt maha, misläbi nad teine teisele ligemale tulewad, nagu tahaksiwad nad teine teist soendada. Wahe nende päewase ja öösise seisukorra wahel on nii suur, et prof. Dodel õigusega wõis ütelda, et magawat *desmodiumi* waadates enesele kä uni peale kipub ja silmalaod tahtmata kinni püüawad wajuda (waata pilt nr. 20).

Mimosa, mida meie juures triiphoonetes ja taimeaedades kaswatakse, on 3—4 jala kõrgune põõsastaim, tema lehed on kokkupandud, nagu pilt nr. 21 näitab: ühise leherootsu otsas kaswab neli haru, iga haru küljes on paarikaupa mõlemil pool suur hulk lehtesid. Kui nüüd niisuguse lehe külge puudutatakse wõi taime kudagi muidu äritatakse, siis hakkab ta sedamaid liikuma: lehekesed tõusewad paarikaupa püsti ja jääwad kõrwuti üles, nagu paigal istuwa libliku tiiwad, neli laiali olewat leherootsu-haru tulewad ligistikku kokku ja wiimaks langeb lehe pearoots nagu murtult maha; leht wõtab omale niisuguse kuju nagu pildi peal (nr. 22)

näha. Ja mida soem ümbruse õhk, seda kiirem
sünnib see liikumine. On äritus mööda, siis lähe-
wad lehed pikkamisi endisesse seisukorda, et uue
puudutamise wõi ärituse juures selsamal kombel
kokku langeda.

Need liigutamised kaitsewad mimosat suure
wihma ja tormi ajal wigastamise eest, nõnda et ka
rahe talle haiget teha ei saa, sest nii pea kui esi-
mesed wihmatilgad wõi raheterad lehtede peale
kukuwad, siis tõmbawad need ennast kokku ja jää-
wad ripakile, mille tagajärjel raheterad temast ker-
geste üle libisewad, kuna nad teiste taimede laiali
ülewal olewad lehed ära purustawad.

Ülemaal kirjeldatud liikumine sünnib leherootsu
sõlmedes, s. o. nendes kohtades, kus, esiteks, lehe-
kesed paari wiisi haru küljes kaswawad, teiseks, kus
need harud neljakesi ühe pearootsu küljes ja, wiimaks,
kus pearoots warre küljes kaswab. Igasühes niisugu-
ses liikmekohas on rootsu ots sõlmesarnaselt jämedam
ja täis wedelikku, mispärast ta nagu täis põne-
wil on ja leherootsu ülewal hoiab; aga puuduta-
mise ehk ärituse korral wirtsu sõlme teiselt poolt
küljest natuke wedelikku wälja, mille tagajärjel see
kõlg oma põnewuse kaotab ning teisel küljel olew
põnewus wajutab lehe sinna poole, olgu üles wõi
alla, kuni sõlm uueste wedelikku täis läheb ja lehe
endisesse seisukorda paneb. — Nii on siis nähtuse
ligem põhjus wedeliku wälja tungimine lehe ärituse
korral. Aga mispärast puudutamise ehk ärituse
korral wedelik wälja wirtsu ja mis wägi rakukesi
sünnib jälle endid weega täitma, see on senini weel
seletamata. Mõned teadusemehed arwawad, et meil
siin elektrijõu ilmutustega tegemist on.

III. Päike ja sarnandamine (Assimilation).

Kui meie roheliste lehtedega taime pimedasse kohta paneme, siis kaotab ta lühikese aja jooksul oma rõõmsa, rohelise näo, närtsib ja sureb viimaks täieste ära. Tõsi küll, palju taimi — peale parasitide ja sakrofitide, kellest esimesed endid elusate, teised surnud taimede kehadest toidavad — võivad kuude kaupa pimedas olla, aga nende kehakogu ei suurene mitte selle aja sees. Juured, sibulad ja seemned hakkavad küll täies pimeduses kasvama, aga, nagu teada, ei kasva nad mitte loomulikult, korralikult, ei lähe mitte roheliseks, vaid elavad ainult niikaua, kuni nende eneste sees toidu tagawara on. Hoolsate järelkaalumiste waral on selgeks tehtud, et pimedas kaswanud taime sees vähem organlist ollust on kui seda juurika ehk seemne sees oli. See tuleb sellest, et teataw osa taime ollust hingamise teel kaduma läheb, ära põleb, sest taimed hingavad just niisamuti nagu inimesed ja elajad; nad neelavad enesesse hapnikku ja ajavad söehapet ning weeauru wälja; hingamine sünnib ka kõige suuremas pimeduses, aga kaswamine ainult walgusekiirte mõjul. Kaswamine sünnib selle läbi, et taim õhust söehapet enesesse wõtab ja seda hapnikuks ning süsinikuks ära lahutab; süsinik saab siis taime kehaollusteks ümber muudetud, hapnik aga jälle wälja hingatud. Seda söehappe äralahutamist ja süsiniku muutumist taimekeha ollusteks nimetatakse söehappe sarnandamiseks ehk lühidelt sarnandamiseks (*Assimilation*). See tegewus sünnib ainult rohelise taime sees ja ei ole ilma leheroheliseta taimedes (nagu seentes) ega ka loomades võimalik. Kõik organlised kehad, mis ju suurelt osalt süsinikust on, olgu need taimed ehk loomad, on esialgu taime roheliste

osade läbi mineralollustest üles ehitatud. Leheroheline on siis see nõid, kes eluta mineralollused elusateks organisteks ollusteks ümber loob, ja inimese keha, nagu ta elab ja on, niisamuti nagu terve suur elajateriik, on taime roheliste lehtede läbi mineralollustest üles ehitatud. Aga selle ümberloomise, selle sarnandamisetöö juures on leherohelisele walgust waja, ehk küll kõigile taimedele mitte ühesugusel määral. Maisi, oa ja mõne teise taime idud hakkawad ka elutoa pimedama seina ääres haljendama ja okkaspuude idud sünnitawad kõige sügawamas pimeduses chlorofilli, kuid kumbagil puhul ei ole toiduainete ümbermuutmist taimekehaks ehk sarnandamist; kuigi oataimed mõnikord pimedas üsna kiireste kaswawad, siis sünnib see taime enese sees olewa toidutagawara kulul ja niipea kui see otsas on, närtsib ja sureb taim. Eranditena on aga ka niisuguseid taimi olemas, kes otseteel nende peale langewaid päikese kiiresid wälja ei kannata, waid sellepärast ainult warjulistes kohtades paksu metsa all, kuristikudes, koobastes ja merepõhjas kaswawad. Nendel taimetel on iseäraline sisseseade, mille waral nad nõrku walgusekiiresid wõiwad kinni püüda ja koondada. On üks selts sammalt, mis iseäranis raudkiwi ja tahwlikiwi mägestikkudes koobastes kaswab, sel samblal on nagu päewaklaasid küljes ja chlorofilli terad on ikka nõnda paigutatud, et kogutud walgusekiired otse nende peale paistawad. Sellepärast sätendawad need rakukesed pimedas nagu hiilgawad pärlid; kui neid aga kätte wõtame ja wälja päikesepaistele toome, siis on korraga kõik hiilgus kadunud ja meie käes ei ole muud kui niisked kiwikesed ja röske muld, mille peal sinakas-rohelised sambla taimed nagu niidikesed näha on. See hiilgaw sammal wõis küll muisajuttudele põhjust anda wallatutest mäewaimu-

dest, kes ahnele inimesele oma maaaluses riigis kulda kinkisivad, aga kui ta warandusega päewalgele jõudis, siis muutus see mullaks ja kiwikildudeks.

Wäga huwitaw on ka, kudas sügawas merepõhjas kaswawad weekaswud sinaka walguse selle läbi punakaks ehk kollaseks ümber muudawad, et nad iseäralisi wärwiollusid walmistawad, mis nende naha pealmisesse korrasse kaswawad, kust walgus nagu wärwilisest klaasist sisse paistab. Walguse kiired, mis läbi paksu weekogu paistawad, on enamaste sinakad, aga sinises walguses toiduolluste sarnandamist ei ole, waid selleks on kas punast, punakas-kollast wõi kollast walgust waja. Nagu teada, on päikese walgus seitsmetsugu kiiredest kokku pandud, need on punane, punakas-kollane, kollane, roheline, helesinine, tumesinine ja lilla. Rohked ja hoolsad katsed on kindlaks teinud, et taime toiduolluste sarnandamises peajasjalikult punakaskollased ja kollased kiired tähtsad on.

Meie ruum ei luba siin kõiki katseid kirjeldada, mille waral ülemal ettetoodud õpetused kindlaks on tehtud, aga üht lihtsat katset wõib igaüks kergeste toime panna. Kui mõne weetaime wõtame, mis weepinna all kaswab, ja weeklaasi paneme, siis näeme, kudas walge käes taime küljest, iseäranis aga lõikeotsadest, wahetpidamata wäikesi mullikesi üles weepinnale tõuseb. Kui nende mullikeste sisu kokku kogume ja õõguwa tiku wõi piirusõe sinna ligidale pistame, siis lööb see kohe lõkkele, mis näitab, et mullikestes hapnik on. Kuna wee sees harilikult ikka rohkeste õhku on, siis selgub, et taim walge käes õhust süsinikku ära lahutab, enesesse wõtab ja hapnikku wälja hingab. Kui aga wee ära keedame, nii et õhk ja sellega ühes sõehape sellest wälja lahkub, siis ei

sünnita taim ka mullikesi, sest et söehappe puudusel sarnandamist ei ole. Niisama jääb mullikeste tekkimine kohe seisma, kui taime pimedasse paneme. Laseme aga walgust wärwiliste klaaside läbi tema peale paista, siis wõime näha, kudas mullikesed kõige elawamalt punakaskollase ja kollase walguse all tõusewad, sinises ja lilla walguses aga wäga nõrgalt. Ka hele elektriwalgus wõib sarnandamist korda saata.

Nagu iga liialdus kahjulik on, nii wõib ka liig äge walgus taimedele kahju teha, leherohelise terakesed ära rikkuda, ja niisamasugust mõju awal dada, nagu pikaline pimedus. Aga ka selle poolst ei ole kõik taimed ühtwiisi tundelikud, waid tamm, mänd ehk palmipuu wõiwad kergeste seda walgust wälja kannatada, mis weekaswudele, sammaldele jne. surma toob. Mõnedel taimedel, mis kaswu ajal liiga palju päikest saawad, on iseäralised soomused ehk suled päikese warjuks peal, mõnedel jälle on ülemise naha sees iseäralised sinised ehk lilla wärwiterad, mis walguse mõju nõrgendawad, ehk nende lehed ripuwad loodis alla, et päikese kiired nendele mitte otse peale ei saa paista, nagu paljude Uue-Hollandi puudega lugu on. Sedasama otstarbet täidab ka paljude taimede „lõunauinak,“ millest ülemal oleme rääkinud.

Wahemere kaljulistel kallastel, kus päike hommikust õhtuni ägedaste kõrwetab, on taimeriiik tuhakarwa kätte alla peidetud ja otsekuu willa ehk siidiga kaetud. Lehed ja oksad ei ole mitte rohelisted, waid hallid, walge pehme willaga kaetud nagu oleks sinna tuhka wõi paks kord tolmu peale riputatud. Nõnda oskab taim ennast olude järele seada: kuristikudes ja koobastes, kus walgust wähe on, walmistab ta omale pisikesed päikese-klaasid külge (mis muidugi nü wäikesed on, et paljas silm neid

ei seleta), need koondawad walgusekiiresid ja teewad neid tugewamaks; merepõhjas, kus walgus sinine on, kaswatab ta omale punaka ehk kollaka akna ümber, palawatel kõrgustikkudel aga peidab ta ennast pehme päewawarju alla.

Peale walgusekiirede saadab päike ka soojusekiiresid wälja, mida taimedel söehappe sarnandamiseks niisama waja on nagu walgusekiiresid. Soojusekiired edendawad taime hingamist ja wee wälja auramist, mille läbi toiduwedelik kärmemine liikuma hakkab. Ilma soojuseta ei ole kaswamist! Iga aednik, iga põllumees teab, kui kiireste kewadisel ajal idanemine ja kaswamine soojaga edeneb, kuna külm ilm seda kinni peab ehk ka koguni häwitab. „Kaswamine on waba soojuse äratarvitamine.“ Kui meie puu ehk kiwisõe põlema paneme, siis wabastame sellega päikese soojuse, mis puu kaswamise juures enese sisse on wõtnud, nõnda et päikese soojus see on, millega perenaised meile rooga keedawad ja küpsetawad; päikese soojus on see, mis talwel ahjust meie tuba nii armsaste soendab; päikese wabaks saanud soojus on see, mis aurumasinaid käima paneb ja meid üle mägede ning orgude, üle jõgede ja merede kannab.

Muinasjutt räägib inimesest, kes päikese kiirt tahtis kinni püüda. See ei ole hõlpus töö, sest päikese kiir on kõige nobedam jooksik ilmas ja wõib ühes ainses sekundis kaheksa korda ümber maakera lipata, aga siiski on kunstnikka, kes selle raske ülesandega ometi toime saawad: nad püüawad päikese kiire kinni, panewad ta wäiksesse kambrikesesse luku taha ja seal ta peab orja wiisi tööd tegema: jahu, sukrut, leiba, wiina, piima ja liha walmistama, puid kandma, linu ketrama — ühe sõnaga, kõike muretsema, mis inimeste ja elajate

ülespidamiseks tarwis on. Need kunstnikud, kes päikese kiiresid kinni püüawad ja töösse panewad, on leherohelised rakukesed. Sest ainult need rakukesed, milles leherohelist — chlorofilli — on, wõiwad söehapet ära lahutada ja selle süsinikust ning weollustest organlisi ühendusi luua; ükski lahutusteadlane ei ole senini seda kunstlikult suutnud järele teha. See imeks-panemise wääriline tegewus, mille peal kõigi elawate olewuste alalhoidmine seisab, sünnib leherohelise terakeses: nemad ongi päriselt sarnandamiseriistad.

Paljude üherakuliste weetaimede juures on terve keha peale pealmise kaswukorra roheline; teiste taimede sees on leheroheline pisikeste terakeste, liblekeste, spiraliliste (kruwi moodi) lindikeste, tähtede jne. kujul, mõnedes sammaldes aga on nad kui õõnsad kuulikesed rakusüdame ümber. Paljudes rakukeses on üksainus leherohelise terakene, teistes on neid 2, 4, 8 ehk, nagu suures hulgas lilletaimedes — 10 — 100 ja isegi 200. Leherohelise terakesed on ikka protoplasma sees ja mitte ialgi wabalt rakuwedelikus; nad on wärwita plasmalisest ollusest, mis ainult wähe harilikust rakuplastmast lahku läheb. Seestpidi on ta aukline, nagu pesukäsn (schwamm), täis õlisarnast wedelikku, milles rohelist wärwi sulas olekus leidub. Seda wärwi on terve terakese koguga wõrreldes wäga pisikene osa, ta sulab kergeste alkoholis, eeteris (liikwas) ja chloroformis (unerohus); nende wedelikkude abil wõib teda taime seest wälja tõmmata, kusjuures wedelik siis tore roheline ehk weripunane paistab (selle järele, kudas walgusekiiresid temast läbi laseme); leherohelise terakesed aga jääwad selle järele nagu wärwita plasmalised munakesed maha ja rohelist taimelhed lähewad walgeks.

Kudawiisi sarnandamine raku sees sünnib, sellest ei tea meie praegu veel mitte midagi, niisama on meil sarnandamise esimesed saadused teadmata. Esimene nähtaw aine, mis raku sees sarnandamise teel tekib, on tärklist. See aine, mis süsiweest ja weeollustest kokku on pandud, on tähtsam osa jahus, leiwas jne. Enam vähem puhtal kujul walmistatakse tärklist mitmesugusteks tehnikalisteks otstarbeteks kartulist, nisust, riisist, kukurusist jne.

Walge käes näeme juba lühikese aja jooksul leherohelise terades pisikesi tärkliste terakesi tekkiwat, mis päewa jooksul õige suureks kaswawad, aga öösel kas täieste ehk osalt jälle ära kaowad, muist wiidakse nad kas sulatatud wõi sulamata olekus taime teistesse jagudesse. Mõned taimed ei sünnita sarnandamises mitte tärklist, waid mingisuguseid muid ained, mida suurendusklaasi all mitte wõimalik ei ole waadelda.

Alamate taimede keskel on iseäralisi liikisid, kes süsinikku ilma leheroheliseta wõiwad õhust wastu wõtta ja oma keha ehitamiseks tarwitada, need on mõndapidi tähelepanemise wäärilised lämmastikubakteriad, nagu nad ristikheina ja kaunawilja juure ligidal käsnakestes asuwad (mügara bakteriad). Kudawiisi nad seda tööd toimetawad, on meil senini tundmata.

Lugeja saab ehk tusaseks, et ta kõige huwitawamate, kõige põnewamate küsimuste peale wastust ei saa. Aga nii see on. Kui meie praeguse aja loodusteadust sellega wõrdleme, mis 100 aastat tagasi taimede elust teati, siis peame imestama suure edu üle, mis inimese uuriw waim wõrdlemisi lühikese aja jooksul on kätte saanud; aga kui meie seda, mis meie teame, sellega wõrdleme,

mis meie mitte ei tea, siis peame tunnistama, et inimese uuriwale waimule weel aastasadadeks ja -tuhandateks tööd on, enne kui ta looduse saladuste sügawama südame ligi jõuab tungida. Praegu on meil weel kõik elu algus- ja põhjusküsimused tumedad; teadus ei suuda nende peale selget ja kindlat wastust anda, waid meie peame sagedaste arwamiste ja aimamistega leppima.

VI. Taimede hingamine.

Tärklis, mis walguse mõjul leherohelise terades tekib, saab, nagu ülemal nimetasime, sedamaid mitmeti ümber muudetud: ta muutub wedelaks ja rändab rakust rakku edasi kuni kõige ülemiste urbadeni ja pungadeni ehk kõige sügawamate juurte harudeni; wõi ta muutub suhkrulisteks ollusteks, nagu magusate puuwiljade, porgandi, peedi jne. sees, ehk raswaõlideks, nagu pähklates, päewalille ja mooni seemnetes, kaalikas jne.

Niikaua kui taim kaswab, walmistab rakukeste protoplasma alati uut rakukudet, puusüüd ja korgikudet, uusi munawalge-ühendusi, leherohelise terakesi, happeid, waiku, meemahla, wärwiollusid, õlisisid ja lugemata hulk teisi ollusid, kelle tekkimisest, otstarbest ja tähendusest meie senini weel wäga wähe teame. Wahetpidamata kestab niihästi mahakiskuw kui ülesehitaw tegewus edasi; seda tegewust nimetatakse lühidalt olluste wahetuseks.

Ka niisugustes taime osades, mis pealtnäha täieste rahulikult puhkawad, nagu juurikates, sibulates, talweund magawates pungades jne., on alati liikumist ja muutumist. Kartul läheb külmas keldris magusamaks, sest et tärklis suhkruks muutub; kui teda sooja tuppä wäia, siis kaotab ta oma wastik-magusa mao; sukkur muutub jälle tärkliseks.

Meie näeme asjata waewa, kui tahaksime kartulit sügisel idanema ajada, kewadel ajab ta aga iseene- sest ka kõige halwemate kaswutingimiste juures, nagu külm ja kuiw õhk, idud wälja. Niisama on lugu talweund magawate puuseemnetega. Kui meie weepähkla — *trapa natans* — mis Aasia ja Europa wetes paiguti kaswab ja augusti lõpul ehk septembri hakul walmis saab, sügisel weeklaasi paneme ja tuppä toome, siis ei hakka ta sügisel ega kewadel idanema, kuigi wee soojus 15—20 kraadi on; märtsikuul aga ajab ta idu wälja, olgugi wee soojus ainult 8—10 graadi.

Need nähtused näitawad, et uinuwates taime- osades teatawad keemialised muutused sünniwad ja teatawaid ollusteühendusi sünnitawad, mis taime tagawara-toidullusid wedelasse olekusse saadawad ja neid kaswamise nõudmiste kohaselt walmis tee- wad.

Mõnikord on wõimalik sarnaseid keemialisi muudatusi ka otseteel tähele panna. Nõnda on nähtud, et juurwiljad talwel keldris söehapet wälja hingawad. Hunikusse pandud suhkrunaerid kaota- siwad kahe kuu jooksul 1% suhkrut ja nende söe- happe wäljahingamine jäi sedawõrt vähemaks. Aga et söehappe wäljahingamine olluste wahetusega kõige ligemas ühenduses sünnib, siis on seda ka kõige parem kaswawate taimede juures tähele panna. Nõnda leidis taimeteadlane Garreau, et 12 sirinapunga, mis kuiwatatult ainult 2 grammi kaalu- siwad, 24 tunni jooksul 70 kantsentimeetrit söeha- pet wälja hingasid, kusjuures pungad katse tege- mise ajal puhkesiwad. Niisamasugused tagajärjed oliwad ka teiste pungade kui ka idanewate seem- nete mõõtmisel.

Meie teame, et hingamine organilise olluse põlemisest tekib; põlemiseks läheb aga hapnikku

tarwis. Sellest järgneb, et ilma hapnikuta hingamine, igasugune olluste wahetus, igasugune kaswamine ja ülepea elu wõimata on. Ja taimed hingawad enestesse ka tõeste, nagu loomadki, alatasa hapnikku. Juba 19. aastasaja algul leidis Genfi looduseteadlane Théodore de Saussure, et walge liilia õied 24 tunni sees oma kehakogu suuruse kohta wiis korda rohkem hapnikku sisse hingawad. Hiljemate katsete waral jõuti selgusele, et taimed, just nagu loomadki, ilma hapnikuta ära surewad. Wälise õhu ja taimede wahel ei tohi olluste wahetus katkeda; taimed peawad õhu hapnikku saama — muidu kustub nende elu. Keemialised tegewused ja kehamaimukeste liikumised, mis niihästi taimede kui ka loomade kehas eluawaldusteks arenewad, wõiwad ainult niikaua takistamata edeneda, kui õhu hapnik wabalt ligi wõib pääseda.

Kui selle gaasi ligipääsmist takistatakse, siis jääwad kaswamist edendawad liikumised seisma, niisama lõpeb ka kõige otsekohesem eluawaldus — protoplasma liikumine; lehtede ja õite liikumised, mis harilikkudel kaswutingimistel järgu kaupa nähtawale tulewad, ei ilmu enam, tundlikud kaswuosad kaotawad senise tundluse. Kui taim lühikeks ajaks ilma hapnikuta-jätakse, kõik teised kaswutingimised aga head on, siis ei kaota taim oma eluwõimu, waid ajutiselt seisma jäänud sise- ja wälised liikumised algawad jällegi, niipea, kui taim hapnikku saab. Kui aga elulised liikumised hapniku puudusel kauaks ajaks seisma jääwad, siis tulewad rakukestes häwitawad tegewused ilmsiks; warem wõi hiljem kaob siis eluwõim ja liig hiline hapniku andmine ei suuda taime enam elule äratada. Sel põhjusel on ka arusaadaw, miks mannermaa taimed suurelt jaolt ainult kobeda maa peal wõiwad kaswada: ka juured tarwitawad hap-

nikku, ka nemad hingawad; kobeda mulla kaudu toob tuuleõhk neile hingamiseks tarwilist ollust. Kui õhku enam juurde ligi ei lasta pääseda, siis surewad juured ära, ja selle tagajärjel on kogu taim häwinenud.

Nagu olluste wahetus ja kaswamine, nii on ka hingamine pimedaski wõimalik. See ütetus maksab kõigi taimede kohta.

Wäljahingataw söehape tekib organilise olluse põlemisel; sellest järgneb, et hingamine taimeollusid wähendab. See ollustekaotus on seda suurem, mida jõudsamine taim kaswab, ja seemned, mis pimedas kohas idanewad, kaotawad hingamise läbi mõnikord isegi poole osa oma kuiwast ollusest. Pealiskaudsel waatlemisel paistab kahtlemata õige iseäralik see olewat, et taimed, mille rohelistes rakterad eluta ollusid lihtsalt söehappe lahutamise teel organilisteks ühendusteks wõiwad ümber töötada, ühe osa neist ühendustest sedamaid jälle söehappeks ja weeks põletawad ja sel kombel „ise oma kogutud kapitali kaotamiseks kaasa aitawad.“ Kuid asjalugu lähemalt waadeldes näeme, et see korraldus taime elus täieste tarwilik on. Hingamise läbi wabanewad need jõud, mida taimel ehitusmaterjali wäljatöötamiseks ja kaswamiseks tarwis läheb; hingamisel ehk organiliste olluste põlemisel on elawas taimekoos peaaegu seesama tähendus, mis süte põlemisel aurumasina ahjus, nimelt, olluste põlemise waral sünnitatakse waba tööjõudu. Ollused, mida rohelistes rakud eluta toidust walmistawad, ei ole taime sees iseenesest muud midagi, kui surnud kapital; ainult tarwituseloleku läbi tõusewad need ollused wäärtusesse. Seepärast tulewad ollused taime sees tegewusele seada, ümber töötada, ära jaotada; kõigeks selleks läheb jõudu tarwis; see jõud kogub niisuguse tegewuse teel, mis roheliste

rakkude ümbertöötatud ollustest ühe osa nendesa-
made olluste tekkimise tegewuse teed mööda tagasi
sunnib sammuma: organliste olluste kujunemisel
tekkis söehappes keemialine lahutus, mis soojuse
tarvitamisega käsikäes käis, välja eraldas end hap-
nik, lahutuse saadus oli söewesi; siin aga tekib
lahutus nüüd söewetes, lahutuseks läheb hapnikku
tarwis, välja eraldab end söehape ja järele jääb
soojus. Mõlemad tegewused täiendawad wastamisi
teineteist; ehk nad küll wastamisi teineteise wastu
töötawad, siiski on nad mõlemad taimetele ühtewiisi
tähtsad, niisama nagu loomale toitmine ja hinga-
mine.

Nagu juba eelpool tähendatud, põhjened taimete
hingamine põlemistegewuse peal, kusjuures
soojus tekib. Soojuse tekkimist võib ka tõendada.
Kui odraterad idanewad s. o. õige rohkeste hinga-
wad, siis annawad nad isegi lähemasse ümbrusesse
soojust; nii tõuseb odraterade soojus näituseks lin-
naste walmistamise puhul 5—10 kraadi õhusooju-
sest kõrgemale. Rohkeste huwitust pakuwad selles
tüki seened; nende juures on hingamine ja ühtlasi
ka soojus just nimelt idutera-kihis tähelepanemise-
väärt. Nii näituseks oli purawiku warre sees
14,2—15,6 kraadi sooja, seenekaabu lehtedes 15,2—
16,8 kraadi, idutera-kihis 16,7—18,1 kraadi; ümbrit-
sewa õhu soojus oli aga paljalt 13 kraadi. Sarna-
seid nähtusi pandi ka teiste seente soojuse mõõtmise-
sel tähele.

Õige hästi võib hingamist ja selle kannul käi-
wat soojuse tekkimist ka lillede pungades ja õites
tähele panna. Nagu taimeteadlane Sachs teatab, on
üks ainus kõrwitsa-õie tolmupea kaunis suure soo-
jamõõtja 0,8 kraadi wõrra (Celsiuse järele), mere-
nupu (*nymphaea stellata*) õietolmukas aga 0,6 kraadi
wõrra soojendanud; keelikurohu (*carlina acualis*)

kinnise pea seest leiti ligemale 7 kraadi rohkem soojust kui ümbritsevast õhust.

Kõige huwitavamaid enesesoendamise näitused pakuvad n. n. aaronikaswud, mis suurelt jaolt soojail mail kaswawad. Nendel põõsas-kaswudel on õied kõik üheks nuiataoliseks peaks ühinenud, mis torusarnase lehe süles asub; see torumoodi leht ei lase õisi kiireste ära jahtuda. Niisuguste kaswude õiepead on õhust 10, 15 ja koguni rohkem kraadid soemad, nii et seda isegi ilma kraadiklaasita, ainult käega katsudes võib tunda. Italia aaroni (*arum italicum*) õienui oli 15-kraadilise õhusoojuse käes koguni 40 kraadi soe. Nii siis sünnitab see taim nõnda soojust, mis inimese kehasoojusest suurem on.

Kuid need nähtused on kõik, muidugi mõista, erandid; üleüldiselt aga seisab soojus suuremal hulgal hingawatel taimedel kraadide poolest ikka madalamal kui õhus. Selle nähtuse põhjust pole mitte raske leida: peaaegu kõigil taimedel on võrdlemisi suur kehapiind ja sellepärast on soojusel õige hõlbus taimekehast lahkuda. Peale selle kulub taimel õige palju soojust lehtedes toiduwendeliku auruks muutmise peale ära, sest igasugune auruksmuutmine tarwitab teatawaste soojust. Niisama läheb ka sarnandamisetegewuse peale rakkudes rohkeste soojust tarwis, ja sellepärast tunduwadki rohelised lehed ikka külmad, selle peale waatamata, et nad hingawad. Mõöda minnes olgu tähendatud, et ka suuremal hulgal loomadel „külm“ weri on, s. o. nende keha ei ole kas sugugi wõi on õige wähe soojem kui ümbritsew õhk. See tuleb sellest, et nad liig aeglaselt hingawad ja nii siis enese soojust korrallikult ei saa sigitada, nagu seda imetajad ja linnud teewad . . .

Paljud kaswud suudawad enesesoojuse waral isegi jääsest lumekattest läbi tungida, jääd wõi lund

eneste ümber sulatades. Iseäranis huwitaw on seda nähtust kõrgete mägede latwadel waadelda, kus lumelagendikkude äärtel sagedaste sajanded Alpi kellukesed (*soldanella alpina* ja *pusilla*) silmi wan-
gistawad; nad raiuwad ise enestele teed läbi lume.

Hingamisega ühenduses seisab teatud taimede hiilgamine ehk kiirgamine, mis kahtlemata rohkeste ebausklikka arwamisi on sünnitanud. Argadele ja ebausklikkudele äratub tohletanud puu kiirgamine, mida tihtigi tähele wõib panna, kõiksugu wastikuid tundeid.

Kiirgamist sünnitawad kõdunewa puu peal kaswawa kaapseenekese (*agaricus melleus*) niidisarnased koed. Seeneke kiirgab ainult siis, kui ta elus ja ta hingamisetegewus õige suur on. Kui hapnik seenekese juurest ära hoitakse, kaob kiirgamine sedamaid, ja algab õhu käes uueste. Peale eelnimetatud seenekese kiirgawad ka weel mõned teised lehtseened (*agaricini*). Ka teatud bakteriad ilmutawad tähelepanemisewäärilist kiirgamist; näituseks olgu tulitanud liha kiirgamine nimetatud.

