DR. PHIL. NAT. J. PORT

PRAKTILINE TAIMEANATOOMIA JA -FÜSIOLOOGIA

ÕPPE- JA TÖÖRAAMAT PROGÜMNAASIUMI V JA REAALKOOLI III KLASSILE

III TRÜKK

ENSV Hariduse Rahvakomissariaadi poolt koolidele tarvitamiseks lubatud.

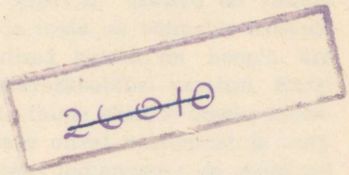
KIRJASTUS OSAÜHING »LOODUS«
TARTU 1940 TALLINN

DR. PHIL. NAT. J. PORT

PRAKTILINE
TAIMEANATOOMIA JA -FÜSIOLOOGIA

ÕPPE- JA TÖÖRAAMAT PROGÜMNAASIUMI
V JA REAALKOOLI III KLASSILE

III TRÜKK



Haridusministeeriumi poolt koolidele tarvitamiseks lubatud.

KIRJASTUS OSAÜHING »LOODUS«
TARTU 1940 TALLINN

Bibliotheca
Universitatis
Tartuensis
(1940:01234)
2-63518
A-11793

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

O./ü. „Ilutrükk“, Tartu, 1940.

I trüki eessõna.

Meil puudus ajakohane ja keskkooli õppekavadele vastav taimeanatoomia ja -füsioloogia õpperaamat. Seni koolides kasutatav Polovtsov'i „Taime ehitus ja elu" on toitefüsioloogilises osas tublisti vananenud ega vasta tänapäeva nõuetele. Ka puudub selles raamatus ülevaade orgaanilise keemia algmõisteist, mis HM-i vastavates õppekavades ette nähtud.

Käesolev „Praktiline taimeanatoomia ja -füsioloogia õppe- ja tööraamat" tahab kõrvaldada mainitud puudusi. Ta on koostatud HM-i õppekavade kohaselt puhtpraktilise õppe- ja tööraamatuna. Taimeanatoomia ja -füsioloogia õpetamine ja õppimine ilma vastavate vaatluste ja katseteta ei suuda kunagi huvitada õpilasi ega pakkuda neile elus vajalikke teadmisi taime ehitusest ja elust. Seepärast ongi käesolevas raamatus töö aluseks võetud praktiline õppeviis. Katsed on valitud sellised, mis paratamatult tarvilikud ja mida on võimalik teostada kõige lihtsamate vahenditega; keerulised katsed on hoopis ära jäetud. Kaunis rohkesti on toodud mikroskoobilisi vaatlusi. Kuigi autor ei eita tabelite väärtust, peab ta taime ehituse õigeks mõistmiseks tarvilikuks vastavate taimeosade otsest vaatlemist ja uurimist mikroskoobiga. Õpilaste praktiliseks töötamiseks on seepärast igal keskkoolil tarvis mitu mikroskoopi, mis ei tarvitse aga sugugi olla eriti keerulised ning kallid, vaid üsna lihtsad töömikroskoobid, kuni 500-kordse suurendusega. Üks objektiiv kooli kohta võiks olla suurema suurendusega — pisikute vaatlemiseks. Katsed tuleks enamasti korraldada koolis — looduslooklassis või -kabinetis, kuid üksikuid lihtsaid katseid võivad õpilased sooritada ka kodus.

Õpperaamatu koostamisel on arvestatud uusimaid taimeanatoomilisi ja -füsioloogilisi uurimusi, muidugi sel määral, kui neid oli võimalik kasutada õpperaamatus. Erilist mainimist väärivad ses mõttes USA teadusmeeste viimaseaegsed uurimised taime toitefüsioloogia alal. Keerulisemad küsimused ja katsed (mis tarbe

korral keskkoolikursusest võivad väljagi jääda) on toodud peene kirjaga.

Pean oma meeldivaks kohuseks avaldada südamlikku tänu prof. dr. P. Kogerman'ile, kes lahkesti läbi vaatas ja oluliste näpunäidetega täiendas keemilise (süsinikuühendite) osa.

Tartu, 30. juulil 1936.

II trüki eessõna.

Teises trükis on parandatud mõningaid ebatäpsusi ning toodud täiendavaid katseid ning vaatlusi, millele mitmed raamatu kasutajad ja arvustajad on juhtinud lahkesti autori tähelepanu. Erilist tänu võlgnen V. Peet'ile raamatu esimese trüki üksikasjalise arvustuse eest.

Tartu, 15. mail 1937.

III trüki eessõna.

Kolmas trükk on kohastatud uute õppekavade, s. o. progümnaasiumi V kl. ja reaalkooli III kl. kursusega. Kava kohaselt on välja jäetud laiem peatükk „Orgaanilised ained"; viimasest on säilitatud vaid taimelehtedes valmistatavad süsivesikud ja valgud.

Tartu, 22. aprillil 1940.

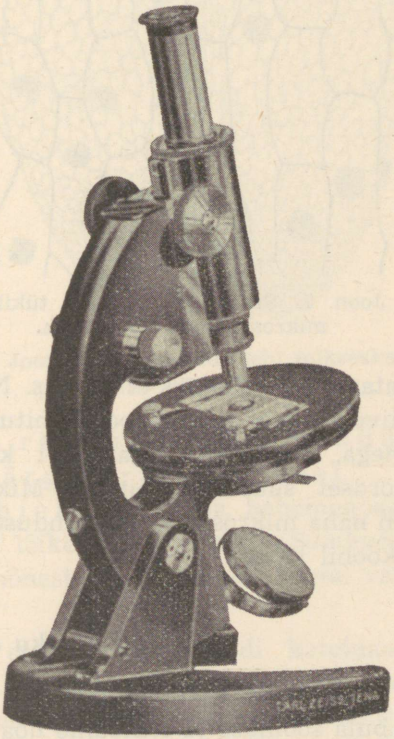
Autor.

1. Taimerakk.

Mikroskoop.

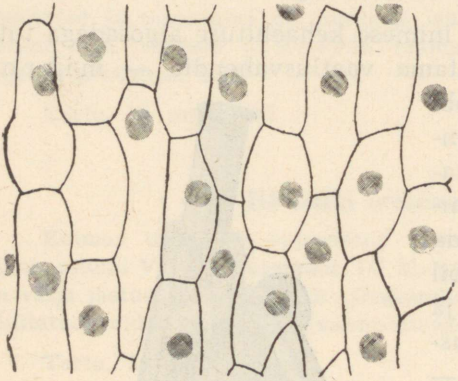
Taime, looma või inimese kehaehituse algosadega tutvumisel peame kasutama vaatlusvahendit — mikroskoopi. Mikroskoobi peaosiseks on suurendusklaasidega varustatud toru, mis on kinnitatud jala külge ja mida vastavate kruvide abil võib liigutada üles ja alla. Toru all on vaatluslaud, mille keskel — toru otsa vastas — asetseb pisike ava. Mikroskoobiga vaatlemisel tuleb vaadeldav ese ehk objekt paigutada vaatluslaua ava kohale.

Mikroskoobiga vaadeldavad esemed peavad olema hästi õhukesed ning läbipaistvad ja asetatud läbipaistvasse vedelikku, näit. puhtasse vette, piiritusse või õlisse. Selleks



Joon. 1. Mikroskoop.

paigutatakse nad vaatlusklaasile (objektiklaasile) vastavasse vedelikku ja kaetakse õhukese kateklaasiga. Nii saadakse preparaat, mida vaadeldakse mikroskoobiga läbipaistvas valguses. Võime näha preparaadi üksikosiseid seda paremini ja selgemini, mida tugevamini nad on valgustatud ja mida soodsam on suurendus. Preparaadi valgustamiseks kasutame vaatluslaua alla kinnitatud pööratavat peeglit, mille abil juhime tugeva valguskiirtekimbu läbi vaatluslaua ava vaadeldavale esemele. Vastava suurenduse saamiseks kasutame mitmesuguse suurendustugevusega läätsede süsteeme, mida asetame vaatlustoru otste külge. Toru ülemise otsa külge kinnitatavaid läätsi nimetatakse okulaariks, alumise otsa külge kinnitatavaid — objektiiviks. Nii okulaare kui ka objektiive on igal mikroskoobil mitu — erineva suurendusvõimega. Tavalistel vaatlustel kasutatakse 50- kuni 1000-kordset suurendusvõimet. Mikroskoobi suurendusvõime on näha mikroskoobi suurendustabelist, mis on igal mikroskoobil kaasas.

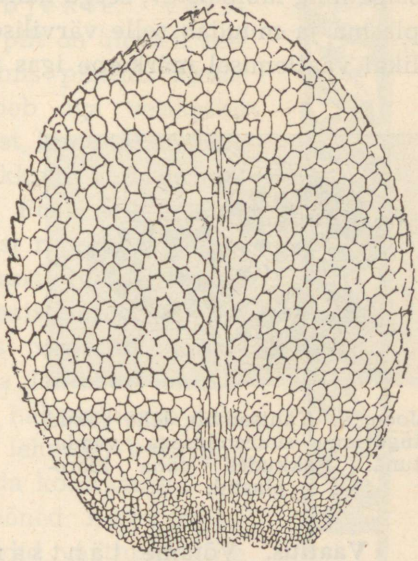


Joon. 2. Sibula soomusnaha tükike mikroskoobiga vaadatuna.

Taimeraku osised.

Vaatlus. Lõikame kööginsibula pooleks. Võtame sibula soomuse ja tõmbame noa või näpitsa abil selle pinnalt tükikese õhukest kilet (nahka); asetame selle vaatlus-

klaasile veetilgasse ning katame kateklaasiga. Vaadeldes seda soomusnaha tükikest mikroskoobiga, umbes 100-kordse suurendusega, näeme, et ta koosneb pisikestest piklikest ebaühtlase suurusega osistest. Neid osiseid nimetatakse rakkudeks. Iga taimerakk on piiratud kestaga. Mikroskoobi vaatepildis eraldatavad jooned ongi rakukestad, mis moodustavad nagu mingi võrgu või koe. Rakk on ruumiline mõiste — kolme mõõtmega (pikkus, laius ja paksus või sügavus). Õhukesed rakukestad on läbipaistvad ja meie näeme ainult serviti asetsevaid rakkude kesti, kuna risti asetsevad kestad on läbipaistvad ning nähtamatud.



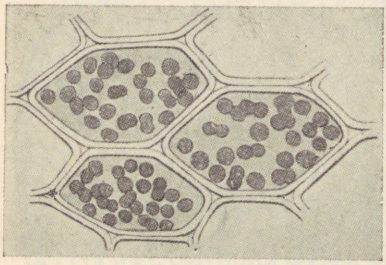
Joon. 3. Tähtsambla leht mikroskoobiga vaadatuna.

Vaatluse tulemus: sibula soomuse kile koosneb rakkudest nagu müür kividest või meekärg kärjetoopidest.

Teisi vaatlusobjekte: terava habemenoaga võime valmistada õhukesi lõike — leedripuu (*Sambucus nigra*) säsist, kaalikast, mõnest toorest rohtse taime varrest jne.

Vaatlus. Lisandame esimese preparaadi kateklaasi serva alla tilgakese nõrka joodilahust piirituses, ning asetame kateklaasi vastasserva ligi ribakese kuivatuspaberit: nii tõmbame joodilahuse kergesti kateklaasi alla. Sibula

kesta rakke kogu aeg mikroskoobiga silmitsedes näeme, kuidas jood värvib raku sisaldise kollakaks. Meie märkame nüüd rakkudes peenesõmeralist ainet — raku alglima ehk protoplasmat, mida uuemal ajal nimetatakse lihtsalt plasmaks. Elusrakus on plasma täiesti selge ning läbipaistev, seega nähtamatu. Jood aga surmab plasma ja muudab selle värviliseks ning sõmerjaks. Hoolikal vaatlemisel märkame igas rakus veel suuremat ümmargust, pruunikaks värvunud kehakest. See on rakutuum. Mõnes rakus pole märgata ei alglima ega tuuma; need on kesta eraldamisel lõhki kistud rakud, milledest plasma ühes tuumaga on välja joosnud.



Joon. 4. Tähtsambla lehe rakud tugevama suurendusega vaadatuna. Rakkudes näha kloroplastid.

Vaatluse tulemus: taimerakk koosneb kestast, plasmast ja tuumast.

Vaatlus. Võtame tähtsambla (*Mnium*) rohelise lehekese ja valmistame sellest preparaadi. Juba 50-kordse suurendusega näeme, et see koosneb rohelisist rakkudest. Umbes 200- kuni 300-kordse suurendusega neid rakke vaadeldes võime eraldada selgesti rakukesta ja väikesi rohelisi kehakesi — kloroplaste[1]. Läbipaistvat plasmat kui ka tuuma on elusas rakus raske näha. Hoolikalt kloroplaste silmitsedes võime märgata, et mõned nende hulgas on keskelt nagu kokku pigistatud: need on pooldu vad kloroplastid. Kloroplastid tekivad üksteisest pooldumise teel.

[1] „Kloroplast" on kreekakeelne sõna ja tähendab „roheline kehake".

Vaatluse tulemus: Rohelise tähtsambla lehe rakuplasmas asetsevad rohelised värvikehakesed ehk kloroplastid; nendest oleneb tähtsambla roheline värvus. Kloroplastid tekivad üksteisest pooldumise teel.

Teisi vaatlusobjekte: vesikatku (*Helodea*) lehed; pilt on üldiselt eelmisega üsna sarnane, — mis puutub kloroplastidesse; muidu koosneb aga vesikatku leht mitmest rakkude kihist, kuna tähtsambla leht on ühekihine. Ka rakkude kuju on mõlemal samblalehel erinev. Peale selle leiame rohelisi värvikehakesi igast rohelisest taimeosisest, eriti lehtedest. Suurte taimede lehed on aga paksud ning läbipaistmatud, ja kui tahame nende rakkudes vaadelda kloroplaste, siis peame tegema lehtedest õhukesed ristilõigud. Neid on habemenoaga kergem lõigata, kui asetame lehetüki leedripuu säsi vahele ja lõikame teda koos säsiga.

Vaatlus. Asetame mõned keermikvetika (*Spirogyra*) niidid vaatlusklaasile veetilka ning katame kateklaasiga. Mikroskoobiga vaadeldes näeme, et taimeniit koosneb siin üksteise otsa asetunud pikkadest rakkudest. Rakkudes leiame kruvitaoliselt keerdunud rohelise lindi, mis on selle taimeraku kloroplast. Peale selle leiame rakus veel läbipaistva mitmekiirelise rakutuuma.

Joon. 5. Keermikvetika rakud (1—3), milledes näha tähekujulised tuumad ja keerdunud lindi kujulised kromoplastid.

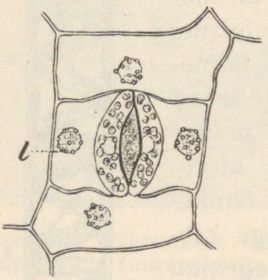
Vaatluse tulemus: Keermikvetikal on kloroplastid keerdunud lindi kujulised.

Vaatlus. Teeme värskest porgandijuurest preparaadi ja vaatleme seda mikroskoobiga 300- kuni 500-

kordsel suurendusel. Siin leiame rakkudes pisikesi, oranže, muutliku kujuga kehakesi, milledest olenebki porgandi punane värvus. Neid kehakesi nimetatakse kromoplastideks[1].

Vaatluse tulemus: Porgandi punane värvus oleneb tema rakkudes asetsevaist oranžikaist värvikehakestest — kromoplastidest.

Teisi vaatlusobjekte: punakaid kromoplaste leiame valminud tomati vilja rakkudes, roosi viljades, kollaseid — võilille, kullerkupu jt. taimede õite kroonleherakkudes. Kromoplastidest oleneb taime juurte, õite ja viljade punane, oranž ja kollane värvus.



Joon. 6. Seebralille marrasknaha rakud: näha rakutuumad ja nende ümber pärjana leukoplastid (*l*). Keskel — õhulõhe.

Vaatlus. Lõikame toas kasvatatava taime seebralille (*Zebrina pendula*) lehe alumiselt (lillalt) küljelt habemenoaga õhukese pinnalõigu ja vaatleme seda umbes 300- kuni 500-kordse suurendusega. Leiame rakkudes kaunis suure tuuma ja selle ümber pärjana hulga väikesi värvuseta kehakesi. Neid kehakesi nimetatakse leukoplastideks[2].

Vaatluse tulemus: seebralille rakkude plasmas leidub pisikesi värvuseta kehakesi — leukoplaste.

Teisi vaatlusobjekte: leukoplaste võime leida kõikides noortes taimerakkudes, näit. idandite, kasvu-

[1] Kreekakeelne sõna, mis tähendab „värvikehake".
[2] Kreekakeelne sõna, mis tähendab „valge kehake".

pungade jt. rakkudes, aga ka seemnekudede rakkudes, näit. maisi seemnetes.

Kõiki viimaste vaatlusobjektide rakkudes leitud kehakesi nimetatakse ühe sõnaga plastiididekseks[1]. Värvuseta plastiidid on leukoplastid, rohelised — kloroplastid, punakad ja kollased — kromoplastid. Noortes rakkudes on plastiidid värvuseta; nad võivad muutuda valguse käes rohelisteks kloroplastideks või punakaskollasteks kromoplastideks. Mõnel juhul võivad kloroplastid muutuda kromoplastideks, näit. tomati ja roosi viljades. Seega värvikehakesed arenevad leukoplastidest ning paljunevad pooldumise teel.

Vaatlus. Teeme punase kapsa lehepinnast habemenoaga õhukese lõigu ja vaatleme seda mikroskoobiga. Näeme, et rakud on siin peaaegu üleni lillad. Lilla värvus oleneb rakkudes leiduvast värvilisest rakumahlast. Rakumahl asetseb rakuõõnes ehk vakuoolis. Punasel kapsal võtab rakuõõs enda alla suurema osa rakust; rakuplasma asetseb õhukese, vaevaltnähtava kihina rakukesta all.

Vaatluse tulemus: taimerakkudel on õõned, milledes asetseb rakumahl. Punase kapsa leherakkudes on rakumahl lilla.

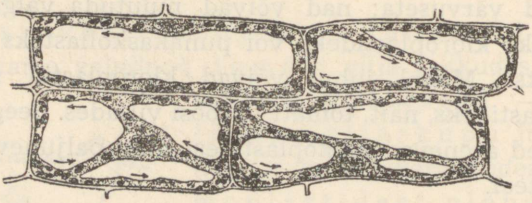
Teisi vaatlusobjekte: lillat, sinist ja punakat rakumahla leidub paljude taimede õite kroonlehtede rakkudes, näit. tulbil, võõrasemal, lõvilõual jt., aga ka punaste lehtede marrasknaha rakkudes, näit. toalilledest seebralillel, koleusel, iresiinel, sügisel punaseks värvunud lehtedes (vahtral, viirpuul jt.).

---

[1] Kreekakeelne sõna, mis tähendab „kehake".

Vaatluste kokkuvõte:

Taimerakk
- 1) plasma
  - a) rakuplasma
  - b) rakutuum
  - c) plastiidid
    - leukoplastid
    - kloroplastid
    - kromoplastid
- 2) rakukest
- 3) rakuõõs ehk vakuool
  - rakumahl



Joon. 7. Plasma liikumine vesikatku lehe rakkudes. Liikumise suund on näidatud nooltega.

Rakuplasma on olulisim rakuosis, sest temas toimuvad kõik raku eluavaldused: toitumine ühes ainetevahetusega, kasvamine, paljunemine (sigimine), erutuste ja ärrituste vastuvõtmine ja edasijuhtimine ning liikumine. Pole ühtegi elusat rakku taimes, milles puudub plasma. Ja kui plasma sureb rakus mingil põhjusel, siis sureb ühes sellega ka rakk.

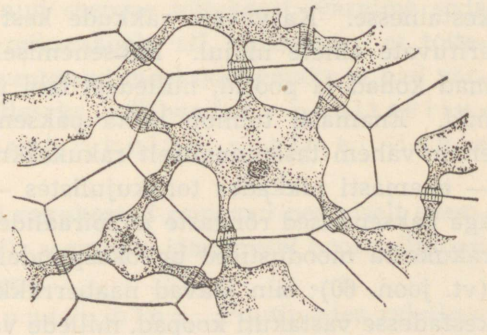
Keemiliselt koostiselt on plasma muutliku ning väga keerulise ehitusega. Peamiselt esinevad siin valk- ja rasvained ühes anorgaaniliste ja orgaaniliste sooladega. Peale selle sisaldab plasma veel rohkesti vett. Õieti on kõik plasmaained vees hajunud: ühed molekulidena, teised suuremate osakestena (kolloidid) [1]. Värvuselt on plasma, nagu eespool mainitud, selge

[1] Ained võivad vees lahustuda kuni aine pisemate algosakesteni — molekulideni, näit. vees lahustuvad soolad, või veidi suuremate molekulide ühikuteni. Viimast hajumisviisi nimetatakse ka kolloidseks hajundiks. Molekulidena hajunud ained on täiesti selged, kolloidselt hajunud ained aga paksemas kihis tuhmjad.

ja läbipaistev (värvuseta), tiheduselt — vedel või sülditaoline, mis sõltub ainete kolloidsest olekust. Kuumuses, aga ka soolade ja kangete hapete lisandamisel plasma t a r d u b, samuti kui kanamuna valk keetmisel.

Elusplasma on rakkudes alatises liikumises; ühtedes rakkudes on see liikumine väga aeglane ning tavaliste vaatlusvahenditega mitte märgatav, teistes rakkudes on ta aga üsna kiire ning mikroskoobilisel vaatlusel hästi nähtav, näit. v e s i k a t k u (*Helodea*) lehe kesksoone rakkudes (liikumine algab mõne minuti pärast peale lehe äratõmbamist või lõikamist varre küljest), *Tradescantia virginica* lehe karvakestes, selle ja seebralille tolmukate karvakestes (viimased on eriti soodsad vaatlusteks, sest nad koosnevad ühest rakkude reast; rakumahl sisaldab siin lillat värvainet, mispärast värvuseta plasma ja tema liikumine on hästi selgesti näha), veetaime k i l b u k a (*Hydrocharis*) juurekarvakestes jm. Rakuplasma p i n d k i h t on märksa tihedam muust plasmast ning on suure tähtsusega ainete pääsemisel plasmasse ja vakuooli; siin toimubki teataval viisil ainete valik: ühed pääsevad rakku, teised aga mitte (näit. mullast juurekarvakestesse).

Joon. 8. Plasma liikumine seebralille tolmukakarvakeste rakkudes; *l* — leukoplastid, *m* — plasmasõmerad.



Joon. 9. Plasmodesmid datlipalmi vilja rakkude kestades.

Lõpuks tuleb

mainida, et elusplasma on naaberrakkude plasmaga pidevas seoses peente niiditaoliste plasmajuhtmete ehk plasmodesmide kaudu: seega elusplasma moodustab taimekehas enam-vähem ühtlase terviku ning see, mis toimub ühes taimekeha osas, tuleb plasma kaudu kasuks või kahjuks kogu taimele. Plasmodesmid ulatuvad ühest rakust teise läbi peente rakukestades asetsevate avade (pooride). Plasma moodustistena leiame leuko-, kloro- ja kromoplaste.

Lisanditena rakuplasmas esinevad: tärklisterad, valgu- ja soolade kristallid, parkaine ja ensüümid. Ensüümide mõjul tärklis, valgud ja rasvained muutuvad vees lahustuvaiks.

Rakutuum on plasmast tihedam (veevaesem) ja sisaldab fosforit. Ta juhib plasma tegevust: ilma tuumata plasma sureb kiiresti. Eriti tähtis ülesanne on tuumal raku pooldumisel. Uurimised on näidanud, et rakutuum on päritavate omaduste kandja. Raku pooldumisel jaguneb kõige enne rakutuum ja siis alles plasma (vt. edasi „Rakkude paljunemine", lk. 20). Ka tuum on kaetud tihedama pindkihiga, samuti kui rakuplasma. Tuumaainetes toimuvad rakkude pooldumisel järsud muutused.

Rakukest. Noore raku kest on õhuke ja tihedas ühenduses plasmaga: plasmakiukesed ulatuvad siin sügavale kestainesse. Kasvavate rakkude kest pakseneb plasmast erituvate ainete mõjul. Paksenemisel jäävad kesta õhemad kohad ja poorid, milledest läbi ulatuvad plasmodesmid. Enamasti toimub kesta paksenemine ühtlaselt ja enam-vähem tasapinnaliselt rakukeskme suunas. Mõnedes — enamasti pikkades torukujulistes — rakkudes tekivad aga paksendused rõngaste ja spiraalide kujul. Omapärased rakukesta moodustised on okaspuudel koobaspoorid (vt. joon. 60): siin jäävad naaberrakkude paksenevatesse kestadesse vastakuti koopad, millede vahel on õhuke keskkile (esmane rakukest). Väga paksuks muutuvad kestad

luuviljades, näit. kirsi ja ploomi kivides, palmiseemnete ja pähklite kestades (vt. joon. 9).

Noore raku kest koosneb puhtast kiudainest ehk tselluloosist. Mõnel taimel jääb tselluloosist kest püsima ka vanadel rakkudel, näit. puuvillakiududes, linakiududes jm. Puhas tselluloos lahustub koondatud väävelhappes.

Katse. Asetame katseklaasi pisut puuvilla, valame sinna juurde koondatud väävelhapet (H_2SO_4) ja loksutame veidi: vähese seismise järel lahustuvad puuvillakiud väävelhappes täielikult. Kloor-tsink-joodi mõjul värvub puhas tselluloos lillaks.

Katse. Teeme leotatud mungalille (*Tropaeolum majus*) seemnest terava habemenoaga õhukese lõigu, asetame sellele tilga joodilahust ja vaatame seda mikroskoobi all: näeme, et mungalille seemne toitekoe rakkude seinad värvuvad joodi mõjul siniseks. Puhas tselluloos (näit. puuvillakiud) aga värvub joodi mõjul kollaseks. Seega mungalille seemne toitekoe rakukest pole päris tselluloos, vaid sarnaneb teataval määral tärklisega, mis ka värvub joodi mõjul siniseks; seda ainet nimetatakse pooltselluloosiks. Ta lahustub märksa kergemini kui tselluloos.

Katse. Paneme mungalille seemned idanema, teeme õhukese lõigu idanenud seemne toitekoest, värvime seda joodiga ja vaatame mikroskoobi all. Märkame, et toitekoe rakukestad on muutunud märksa õhemaks ja nad värvuvad joodiga kollaseks. Tähendab, pooltselluloosne rakukest kulub taime idule toiduks.

Pooltselluloossed rakukestad esinevad peamiselt seemnetes (palmiseemned); seemnete idanemisel pooltselluloosi kasutatakse toiteainena.

Rakukesta puitumine. Puutüvedes rakukestad puituvad ja muutuvad ühes paksenemisega vastu-

pidavamaks ning tugevamaks. Puitumist põhjustab isesugune aine — ligniin, mis koos tselluloosiga moodustavad puitunud rakukesta. Puitunud rakukest on veele ja vees lahustuvatele ainetele läbipääsematu: need pääsevad kestast läbi ainult pooride kaudu.

Puitunud rakukesta ehk nn. ligno-tselluloosi võime puitumatust eraldada järgmiselt.

Katse. Võtame mõne puulaastu, teeme selle koondatud soolhappega (HCl) märjaks ja tõmbame üle floroglutsiinilahusega: puulaast värvub karmiinpunaseks. Samade vahenditega võime värvida mikroskoobilisi preparaate ning eraldada seega puitunud kestadega rakke tselluloosist kestadega rakkudest; viimased värvuvad kloor-tsink-joodiga lillaks.

Rakukesta korgistumine toimub korkaine ehk suberiini mõjul. Korkaine on rasvataoline aine, mis vett ega õhku läbi ei lase. Korgistunud kestadega rakud surevad üsna pea. Miks? Korktamme koores on korgistunud kestadega rakkude kiht üsna paks (korgikiht) ja sellest valmistatakse pudelikorke. Meie puude koores (kasel, tammel) on korgikiht õhem; kuid ka õhuke korgikiht suudab hästi takistada vee aurumist (näit. kartulimugula koor).

Katse. Asetame tükikese pudelikorki katseklaasi, valame sinna juurde koondatud leelist (KOH) ja soojendame piirituslambil: varsti lahustub kork.

Korkaine lahustub kuumas leelises.

Miks leelise- ja joodipudelit ei või sulgeda korgiga?

Kloor-tsink-jood värvib korgi kollakaks või pruuniks.

Rakukesta kutiinistumine. Lehtede pinda katva marrasknaha rakkude välisseinad kattuvad paljudel taimedel veekindla ainega — kutiiniga, mis on oma koostiselt kaunis ligidane korkainele. Ka ta värvireaktsioonid on peaaegu sarnased korkaine omadega. Kutiinikiht

lehepinnal takistab vee aurumist lehest ja on seal suure tähtsusega.

Vaatlus. Teeme mõnest kuival kohal kasvava taime lehest (kukehari, nelk, palukas) õhukese lõigu ja vaatame seda mikroskoobiga; siin võime selgesti eraldada välimisi pakse kutiiniga kaetud rakukesti samade rakkude seesmistest ja õhematest kestadest.

Puitumine ja korgistumine on kaks tähtsamat taimeraku kesta muutumisviisi. Peale selle koguneb rakukestadele mõnikord veel kutiini ja kestadesse räni (SiO_2 — kõrrelistel), lubjasooli, värvaineid jt.

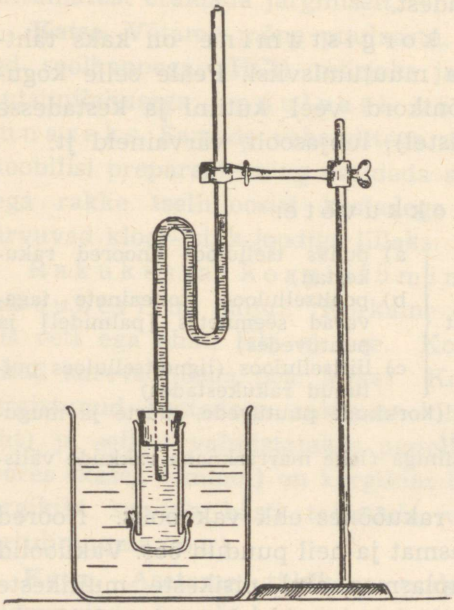
Kokkuvõte:

Rakukest
- 1) tselluloosist
  - a) puhas tselluloos (noored rakukestad)
  - b) pooltselluloos (toiteainete tagavarad seemnetes [palmidel] ja puutüvedes)
  - c) liittselluloos (ligno-tselluloos puitunud rakukestades)
- 2) suberiinist (korkkude puutüvede, juurte ja mugulate koores)
- 3) kaetud kutiiniga (lehe marrasknaha rakkude väliskestad).

Rakumahl asetseb rakuõõnes ehk vakuoolis. Noored rakud on tulvil täis plasmat ja neil puudub õõs. Vakuoolid tekivad hiljemini rakuplasmas, alul pisikeste mullikeste või põiekestena, mis vanemates rakkudes sulavad lõpuks kokku üheksainsaks õõneks. Rakumahla koostis pole keemiliselt püsiv; see muutub mitmesugustel põhjustel, olenedes taimest, selle osadest, taime kasvukohast ja kasvutingimustest, aastaajast, taime vanusest jne. Rakumahl sisaldab: 1) vett, 2) anorgaanilisi ja orgaanilisi toitesooli, 3) suhkrut, 4) happeid, 5) värvaineid jm. Esijoones ta on toiteainete varaait, mis varustab plasmat ning selle osiseid veega, toitesooladega ja suhkruga. Peale selle heidetakse rakumahla aga ka kõik ainetevahetusel tekkinud kõrvalproduktid, nagu

süsihappegaas (CO_2), orgaanilised happed, lahustumatud soolad jne. Mõned rakumahla eritunud ained võivad olla taimele kaudselt tulusad, näit. värvained kroonlehtede ja viljade rakumahlas.

Rakkude siserõhk (turgor).



Joon. 10. Katseseadis vee liikumise tõestamiseks osmootsete jõudude mõjul suhkrulahustes.

Vees lahustuvatel sooladel ja suhkrul on rakumahlas peale toiteülesannete veel teissugune tähtsus: nad põhjustavad vee liikumist ühest rakust ja ühest taimeosast teise, näit. mullast juurtesse ja sealt edasi läbi varre lehtedesse.

Katse. Võtame lahtise otsaga klaastoru (silindri) või ilma põhjata pudeli, köidame sellel ühe otsa leotatud põiega tugevasti kinni, teise aga suleme paraja korgiga, millesse teeme augu, ning pistame sealt läbi klaastoru. Valame silindrisse või pudelisse 10%-st suhkrulahust ja paigutame selle siis klaasanumasse puhtasse vette ning kinnitame hoidja külge (vt. joon. 10). Märgime lahuse seisu peenes torus ning vaatame seda mõne tunni pärast uuesti. Selgub, et lahus klaastorus on tõusnud. See tõusmine on võimalik ainult sel teel, kui vesi väljast anumast tungib silindrisse läbi põie (klaassilindri seinad ei lase vett läbi).

Katse näitab: vesi tungib läbi põie silindrisse suhkrulahusesse.

Katse. Korraldame katse vastupidi: täidame silindri ja osa klaastorust puhta veega, asetame ta siis anumasse, kus on 10%-ne suhkrulahus, ja märgime vee seisu peenes torus. Vaadeldes katseseadist mõne tunni pärast, näeme, et vesi klaastorus on langenud.

Katse näitab: vesi on tunginud silindrist läbi põie välja suhkrulahusesse.

Katse. Täidame silindri ja osa klaastorust 20%-se suhkrulahusega ja asetame selle anumasse, milles on 10%-ne suhkrulahus. 4—5 tunni järel katseseadist jälgides näeme, et lahus klaastorus on tõusnud.

Katse näitab: vesi tungib läbi põie nõrgema koondisega suhkrulahusest tugevama koondisega lahusesse.

Katse. Valame nii silindrisse kui ka anumasse ühesuguse koondisega (näit. 10%-st) suhkrulahust. Mõne tunni pärast näeme, et lahus klaastorus pole tõusnud ega langenud.

Katse näitab: kui suhkru koondis mõlemal pool põit on ühesugune, siis vee liikumist läbi põie pole märgata.

Järeldus: vee liikumist läbi põie põhjustab suhkru koondise vahe: vesi liigub läbi põie alati suurema koondisega suhkrulahuse suunas.

Samu katseid võib korraldada ka sooladega; kuid põis ei pea vees lahustunud sooli kinni, seepärast tasandub soola koondise vahe üsna ruttu ja katse ei anna selgeid tulemusi. Kui aga leotame põit enne katsetamist vasevitrioli- ($CuSO_4$) ja ferrotsüaankaaliumi- [$K_4Fe(CN)_6$] lahuses, siis muutub see sooladele läbipääsematuks ja katsed soolalahustega annavad samu tulemusi, mis suhkrulahustega.

Vee liikumist läbi kile (ehk membraani) suhkru- ja soolalahuste mõjul nimetatakse osmootseks liikumiseks ehk osmoosiks. Seda põhjustab soola- või suhkrulahuste erinev koondis. Osmootne vee liikumine toimub samuti kõikjal taimerakkudes ning alati väiksema (lahjema) koondisega rakumahlast tugevama koondisega rakumahla, kusjuures kilena esineb plasma pindkiht. Vee juurdevool rakuõõnde kutsub esile teatava surve, pinge. Pinge tugevus oleneb rakumahlas peituvate suhkru ja soolade koondisest: mida suurem on see koondis, seda tugevam on vee juurdevool ja ühes sellega rakus tekkiv pinge, mis surub plasma vastu rakukesta ning venitab (tõmbab) pingule ka rakukesta. Seda osmootse vee liikumisega põhjustatud pinget rakukestades nimetatakse turgoriks. Turgori mõjul on ka pehmed taimeosad (näit. lehed) pinguli ja seisavad püsti. Langeb aga rakkudes turgor (näit. kui rakkudest vett aurub rohkem kui juurde tuleb), siis langevad pehmed koed (lehed) longu: taimed närtsivad.

Rakkude paljunemine.

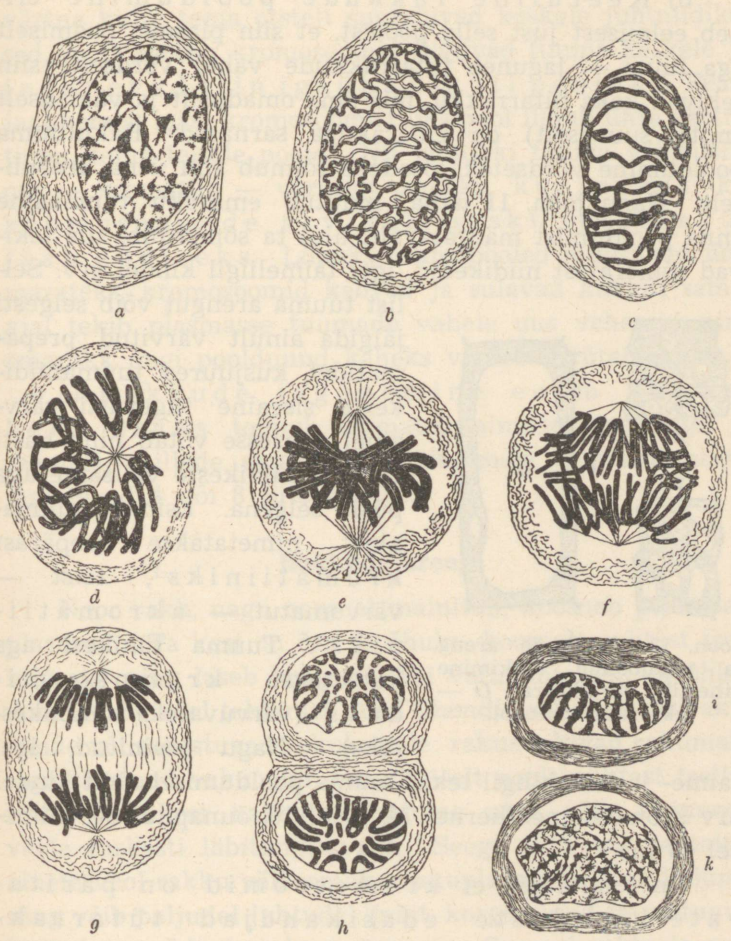
Iga rakk tekib enesega sarnasest, s. o. samasugusest rakust. Selle tõeni on jõutud pikkade uurimiste kaudu ja ta on kehtiv tänapäevaste elutingimuste kohaselt maakeral.

Rakud paljunevad tavaliselt pooldumise teel, mispuhul emarakk jaguneb kaheks tütarrakuks. Seda pooldumist on kaunis raske jälgida lihtsate vahenditega mikroskoobi abil. Uurimisega on kindlaks tehtud, et rakud võivad poolduda kahel viisil: a) lihtsalt ja b) keeruliselt.

a) Rakkude lihtpooldumine esineb alamatel taimedel, harvemini kõrgematel taimedel[1]. Siin alul rakutuum soonistub keskelt, muutub keskelt järk-järgult

[1] Uuemal ajal on teadlased hakanud kahtlema, kas lihtpooldumist üldse esineb.

peenemaks ning jaguneb kaheks osaks. Samal ajal tekib rakku uus vahesein, mis jaotab plasma pooleks, aga nii, et

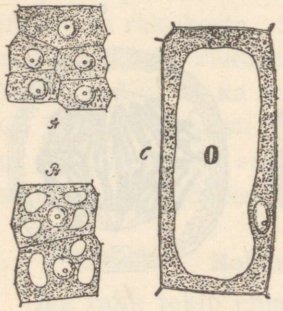


Joon. 11. Rakutuuma keeruline pooldumine; kulg — tähtede järjekorras.

kumbagi ossa jääb oma tuumaosa. Tekib kaks uut rakku, mis ei tarvitse aga olla ei tuuma- ega plasmaosade

poolest sarnased ja võrdse suurusega. Sellisel pooldumisel võivad tütarrakud erineda emarakust.

b) Keeruline rakkude pooldumine erineb eelmisest just selle poolest, et siin plasma, peamiselt aga tuum — jaguneb tütarrakkude vahel võrdselt; siin tekivad kaks tütarrakku, mis oma omadusilt ja väärtuselt (mitte suuruselt) on emarakuga sarnased. Rakutuuma pooldumine võrdseteks osadeks toimub siin üsna keeruliselt. Nagu joon. 11 näha, muutub emaraku tuumaaine enne pooldumist märgatavalt: alul ta sõmerdub, siis tekivad sõmeratest niidikesed, igal taimeliigil kindel arv. Sellist tuuma arengut võib selgesti jälgida ainult värvitud preparaatidel, kusjuures tuumaniidikeste siseaine tugevasti värvainet enesesse võtab ning hästi värvub, niidikeste välisaine aga püsib selgena. Esimest tuumaainet nimetatakse seepärast kromatiiniks[1], teist — värvumatut — akromatiiniks[2]. Tuuma tükikesi aga kutsutakse kromosoomideks (värvuvateks tombukesteks). Nagu mainitud, igal taime- ja loomaliigil tekib tuuma pooldumisel alati kindel arv kromosoome (hernel 14, nisul 16, õunapuul 34, inimesel 48 jne.).



Joon. 12. Rakkude areng ja vakuoolide tekkimine tähestiku järjekorras. *O* — üks suur vakuool.

On selgitatud, et kromosoomid on päritavate omaduste edasikandjad tütarrakkudele ja järglastele. Seepärast on väga tähtis, et need päritavad omadused jaotuksid tütarrakkude vahel võrdselt ja ühesuguselt, sest ainult siis võivad järeletule-

[1] Kromatiin tähendab kreeka keeles „värviahne".
[2] Akromatiin tähendab „mitte-värviahne", s. o. värvitu.

vad rakud kujuneda emarakuga täiesti sarnaseiks. Järgnevad tuuma pooldumise astmed näitavad meile, mis viisil saavutatakse võrdne tuumaaine jaotus: alul tuum omandab värtna kuju; tema otstelt suunduvad keskele juhtniidikesed, mida mööda kromosoomid liiguvad tuuma keskele ja jagunevad siin igaüks pikuti pooleks. Peale jagunemist igast kromosoomist üks pool liigub ühte värtna tippu, teine teisele poole. Nii jaotubki tuuma väärtuslik osa — kromatiin — võrdselt pooleks, kusjuures ka kromosoomide arv kummaski tütarrakus jääb endiseks. Lõpuks tuumapooled muutuvad ümmarateks, kromosoomid kaovad ja sulavad kokku; samal ajal tekib plasmasse tuumade vahele uus vahesein ning emarakk ongi pooldunud kaheks võrdseks tütarrakuks.

c) Rakkude jagunemine enam kui kaheks osaks toimub alamatel taimedel (vetikatel ja seentel), millede emarakud (näit. eoste moodustumisel) jagunevad 4 või 8 tütarrakuks.

Rakkude areng.

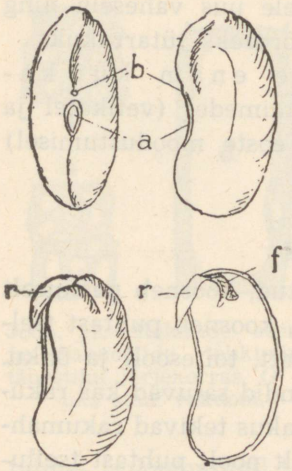
Noor rakk, nagu eespool mainitud, koosneb peamiselt plasmast. Ta kest on õrn ja õhuke, koosneb puhtast tselluloosist ning laseb kergesti läbi vett, toitesooli ja õhku. Ainetevahetusel tekkinud uued ühendid satuvad kas rakuõõnde või sadestuvad rakukestale: rakus tekivad rakumahlaga täitunud vakuoolid, kuna teiselt poolt puhtast tselluloosist rakukest hakkab muutuma ning võib kujuneda veele raskesti läbitungitavaks. Seega jääb vee ja toiteainete vool rakku väiksemaks, rakuplasma hakkab kiduma ning võib paljudel juhtudel (näit. korgistunud ja puitunud kestadega rakkudes) koguni surra. Surnud rakkude puitunud ja korgistunud kestad aga jäävad oma tugeva vastupidavuse tõttu püsima — puutüvesse ja kooresse — ning täidavad siin mõnikord väga kaua pärast rakkude surma taimeelus tähtsaid ülesandeid.

2. Seeme ja tema idanemine.

Taimeriik jaguneb kahte suurde eriossa: õistaimedeks ja eostaimedeks. Õistaimed paljunevad seemnetega, eostaimed eostega. Seeme on paljurakuline, eos enamasti üherakuline taimeosis.

Seemnete ehitus.

Vaatlus. Paneme aedoa seemne 6—12 tunniks vette likku. Ligunedes seeme muutub pehmeks; teda on nüüd võimalik kergesti lõigata ja jaotada osadeks.



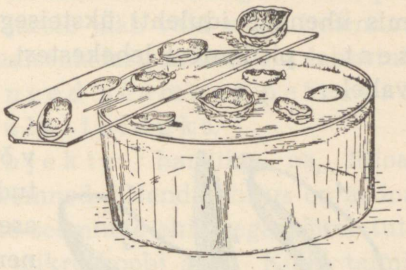
Joon. 13. Aedoa seemne ehitus: *a* — seemnevarre jälg, *b* — seemnepilu, *r* — idujuureke, *f* — idupungake.

Aedoa seeme on kaetud paksu ja sileda kestaga. Ühel serval asetseb seemnevarre jälg, milles on näha täppidena soonte asemeid: siitkaudu liikusid seemne kasvamisel toiteained seemnesse. Seemnevarre ligidal seemne serval märkame tursunud kohta; kui seemet külgedelt pigistada, tuleb siit välja vett. See on ainus ava aedoa seemne kestas ja teda nimetatakse seemnepiluks.

Katse. On tarvilik teada, kas seemnekest ka mujalt (peale seemnepilu) vett läbi laseb. Seda võime järele proovida mitmel viisil.

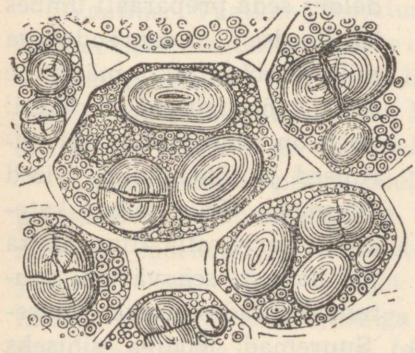
a) Kleebime seemnepilu mõnel seemnel vahaga kinni ja asetame seemned ühes kontrollseemnetega (millel seemnepilud pole kinni kleebitud) vette. Võrdleme, kummad seemned enne läbi ligunevad ja paisuvad.

b) Lõikame ligunenud aedoa seemne pooleks ja võtame kummaltki poolelt kesta tervelt ning ilma vigastamata maha. Kuivatame seemnekesta seest hoolikalt kuivatuspaberiga, asetame kestasse pisut peent suhkrut ning paneme siis seemnekestad veepinnale ujuma. Määrame kindlaks, kui palju kulub aega, kuni suhkur seemnekestas hakkab lahustuma, s. o. millal vesi on tunginud läbi seemnekesta.



Joon. 14. Katse vee peal ujuvate oaseemne kestadega, millesse paigutatud suhkrut; ülal vasem. — kontrollkatse.

c) Kordame eelmist katset nii, et osa seemnekesti valime sellised, mille põhjas asetseb seemnepilu, ning võrdleme suhkru lahustumise kiirust.

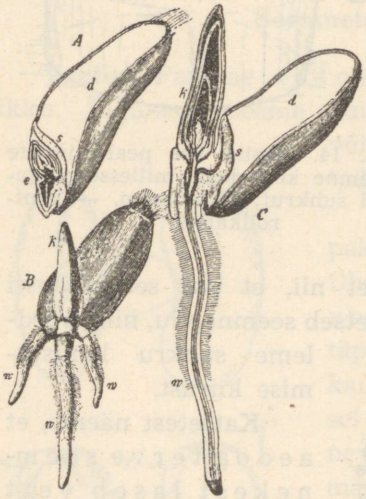


Joon. 15. Rakud aedoa idulehest. Suuremad viirulised terad rakkudes on tärklisterad, pisemad — valgu- (proteiini-) terakesed.

Katsetest näeme, et aedoa terve seemnekest laseb vett väga aeglaselt läbi ja et vesi pääseb seemnesse läbi seemnepilu.

Vaatlus. Võtame ligunenud ja kooritud aedoa seemne; see laguneb kergesti kaheks pooleks. Seemne idanemisel tõusevad need seemnepooled mullapinnale ja moodustavad kaks esimest noore taime lehte. Seepärast nimetatakse neid seemnepooli

idulehtedeks. Idulehtede vahel asetseb taime idu. See koosneb kolmest osakesest: idujuurekesest, mis ulatub idulehtede vahelt välja, iduvarrekesest, mis ühendab idulehti üksteisega, ning idupungakesest — pisikestest lehekestest, mis keerdunud idulehtede vahele.



Joon. 16. Nisuterise idanemine. *A* — teris pikilõikes: *d* — toitekude (endosperm), *s* — kilp ehk vahenahk, *e* — idu; *B* — idanev nisuteris: *w* — juured, *k* — iduvars; *C* — idanev teris pikilõikes.

Vaatluste kokkuvõte. Aedoa seeme on kaetud paksu kestaga, mille all asetsevad kaks idulehte ning nende vahele peidetud idu. Idu koosneb juurekesest, varrekesest ja pungakesest.

Vaatlus. Kaabime noa- või nõelaotsaga aedoa idulehtedest pisut ainet, asetame selle vaatlusklaasile veetilka ja katame kateklaasiga. Vaadeldes seda preparaati umbes 300-kordse suurendusega mikroskoobi all, märkame seal kahesuguseid terakesi: ühed on suuremad, veidi viirulised ja lõhestunud, teised pisemad. Paigutame kateklaasi serva alla tilga nõrka joodilahust: see värvib suuremad terad siniseks, väiksemad aga kollakaspruuniks. Suuremad, joodiga siniseks värvuvad kehakesed on tärklisterad, pisemad — pruuniks värvunud — valkained. Seega — aedoa idulehtede rakkudes on tärklist ja valku; need ained on kasvavale idule toiduks. Peale mullapinnale kerkimist idanemisel kuivavad idulehed (esimesed lehed) aedoal varsti ning langevad „tühjadena“ maha. Miks?

Katse. Lõikame aedoa seemne tükkideks; asetame need tükid kaanega varustatud portselankausikesse (tiiglisse) või plekkpannile ja kuumutame neid gaasi- või piiritustulel seni, kuni neist järele jääb vaid valge helendav tuhk. See koosneb mineraalsooladest, millest osa lahustub vees, osa aga mitte. Ka need seemnes peituvad soolad on taimeidule toiduks.

Teisi vaatlusobjekte: hariliku oa, lilloa, herne, kõrvitsa ja kurgi seemned. Nende ehitus on aedoa omaga sarnane. Väiksemate seemnete ehitusega võime tutvuda suurendusklaasi või mikroskoobi abil. Kõiki taimi, millede seemned koosnevad kahest poolest ehk idulehest ja millede idanemisel mullapinnale kerkivad kaks lehekest, nimetatakse kaheidulehelisteks.

Nisu seeme. See, mida harilikult nimetatakse nisu seemneks ehk nisuteraks, pole seeme (seeme areneb seemnepungast), vaid vili, teris, mis on arenenud tervest taimeõie sigimikust.

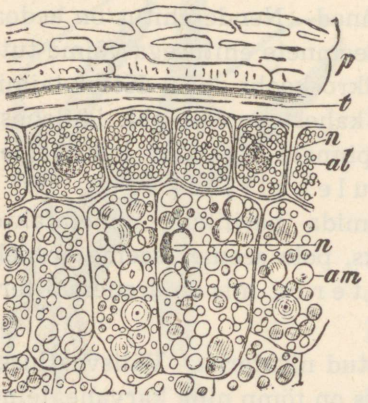
Vaatlus. Vaatleme leotatud nisuterist. Välisvaatlusel märkame, et nisuterise üks ots on tömp ning karvane, teine — terav ning sile. Piki seemet läheb vagu. Terava otsa küljes märkame väikest puhetist. Kesta pole võimalik teriselt ära võtta, sest see on seemnekudedega kokku kasvanud.

Lõikame terise pikuti pooleks, nii et lõik läheks läbi puhetise. Suurendusklaasiga lõhkilõigatud nisuvilja silmitsedes märkame, et enamik selle koest on valge ning jahukas. Selle koe kaabet mikroskoobiga vaadeldes näeme, et see sisaldab joodiga siniseks värvuvaid tärklisteri. See on toitekude (ehk endosperm).

Terise peenema otsa küljes asetsev puhetis on idu; see koosneb juurekesest ja pungakesest; viimane on kaetud ülestikku asetsevate tupekujuliste kestadega; nende vahel asetseb lühike iduvarreke. Toitekoe ja idu vahel märkame kumerat nahka, mis nagu kilp kaitseb idu; see on vahenahk ehk kilp, mille rak-

kudes peitub tärklist, valke ja rasva lahustavaid ensüüme. Nende ensüümide mõjul toitekoe lahustumatud toiteained muudetakse vees lahustuvaiks ning võivad pääseda toiduna idurakkudesse.

Katse. Niisutame või leotame mõni tund odrateriseid ning paneme nad siis sooja kohta idanema. 2—3 päeva pärast, mil teriste idud on umbes 1 cm pikkused, kuivatame idanenud odraterised (ehk linnased) ning jahvatame nad kohviveskiga peeneks. Saadud linnasejahu paneme puhtasse purki, valame sinna destilleeritud vett peale ning laseme seista mõni tund. Loksutame leotist ning kurname ta läbi filterpaberi puhtasse klaasi; saime linnaste ekstrakti, mis on täiesti selge, magusa maitsega, kollakas ning sisaldab ensüüme, mis võivad muuta tärklise suhkruks.



Joon. 17. Nisuterise ristilõik: *p* — viljakestad, *t* — seemnekest; *al* — valkainete- (aleurooni-) rikaste rakkude kiht; *n* — rakutuumad; *am* — tärklisterad.

Nüüd paneme katseklaasi pisut puhast tärklist (kas nisuvõi kartulitärklist — ükskõik), valame peale puhast vett, loksutame tärklise veega segi ning soojendame piirituslambil, kuni tärklis muutub kliistriks. Laseme sellel klaasis pisut jahtuda ning lisandame siis tilga joodilahust: kliister muutub siniseks, mis näitab, et ta on ikkagi tärklis (tärklisterad on kliistris vaid paisunud ning osalt lõhestunud).

Valame nüüd katseklaasi kliistrile peale varem valmistatud linnaseekstrakti: lühikese aja järel märkame, et kliister muutub vedelaks, läbipaistvaks ning kaotab samal ajal sinise värvuse. Mikroskoobiga lahust vaadeldes selgub, et tärklis on lisandatud ensüümi mõjul muutunud vees lahustunud suhkruks.

Teisi vaatlusobjekte: nisuterise ehitusega sarnanevad kõrreliste — rukki, kaera, odra, maisi, hirsi jt. terised ja tulbi, võhumõõga, liilia jt. seemned. Idanemisel nendel taimedel kerkib mullapinnale üksainus kokkukeerdunud leht, mispärast neid taimi kutsutakse üheidulehelisteks. Teine iduleht on muutunud siin vahenahaks ehk kilbiks.

Vaatlus. Teeme õhukese lõigu leotatud nisuterisest risti läbi kesta ja selle all asetseva toitekoe. Mikroskoobiga seda lõiku vaadeldes leiame järgmist: terise kest on 3-kihine, millest kõige alumine on seemnekest, ülemised aga viljakestad. Kõikide kestade rakud on väga kidunud ning halvasti näha. Seemnekesta all on üks kiht peeneteralisi toitekoe rakke, mida jood värvib kollaseks. Need rakud sisaldavad valke. Järgmised sügavamad toitekoe rakud on tulvil täis tärklisteri, mis värvuvad joodiga siniseks. Siit selgub, et nisuterise toitekude sisaldab tärklist ja valke. Muu seas valkained — peale toiteväärtuse — teevad jahutaigna sitkeks ning on tarvilikud leivaküpsetamisel.

Katse. Võtame veidi puhast võid või rasva, asetame selle puhtale klaastaldrikule ja tilgutame sinna peale eetrit; näeme, et rasv lahustub eetris. Kuid kui eeter ära aurub, jääb rasv taldrikule järele.

Proovime, kas ka nisujahus on rasva. Selleks võtame klaaslehtri, asetame sellesse kokkumurtud kurnamispaberi, raputame sellele nisujahu ja valame peale eetrit, mille jahust läbivalgunult laseme tilkuda puhtale klaastaldrikule. Kui eeter ära aurub, jääb taldrikule valget ainet, mis lõhnab värske võina. Tulemus: nisujahu sisaldab rasva. Samasuguse katse abil võime leida rasva ka teiste taimede toitekudedest. Peale selle leidub nisuterise toitekoes veel mineraalaineid (sooli), mida võime määrata teriste põletamise abil samuti, nagu aedoa seemnete puhul näidatud.

Vaatlustest ja katsetest selgub, et nisuterise toitekoes on tärklist ja valke ning vähesel määral rasva, peale selle aga ka sooli, mis ained kõik kuluvad nisuidandile toiduks. Neid aineid tarvitab oma toiduks aga ka inimene (leib, sai).

Seemnete idanemine.

Kuivas seemnes taime idu on puhkeolekus. Idu ärkab ellu ja seeme hakkab idanema, kui sinna tungib vett ühes toiteainetega ning hapnikku.

Seesmised idanemistingimused. Idanemisvõime. Ainult need seemned võivad hakata idanema, mis on korralikult valminud ja millel on täiesti terve idu. Poolvalminud seemnetel pole idanemisvõimet. Paljude taimede seemned pole viljade valmimise ajal (näit. kui viljad lõhkevad ja seemned välja kukuvad) veel päris idanemisküpsed ning vajavad teatud aega järelvalmimiseks. Järelvalmimine kestab näit. sinilillel 2 kuud, saarel 7 kuud, lõokannusel 10 kuud. Ka rikutud ja vigastatud iduga seemned ei idane. Teiselt poolt võib aja jooksul kaduda ka täiesti tervete ning küpsede seemnete idanemisvõime. Nii kaob idanemisvõime kohvioal kuivas kohas seistes 3—5 päeva jooksul, pajudel, paplitel ja jalakatel paari nädala pärast, aedpriimulail 1 aasta vältel, linaseemnetel 3—5 a., teraviljal (nisu, rukis jt.) 50 a. jooksul jne. Heades tingimustes püsib seemnete idanemisvõime kauem, halbades aga kaob kiiremini. Tähtsamaks idanemisvõime kadumise põhjuseks on ülemäärane veekaotus seemnetest, peamiselt idurakkudest: aja jooksul seemned kuivavad sel määral ja idurakud kaotavad niipalju vett, et nende rakkude plasmakolloidid tarduvad. Kõige kauemini hoidub seemnetes alal idanemisvõime jahedas ja paraskuivas kohas. Külvi eel on tarvis teada, kui suur on idanevate seemnete %. Selleks pannakse 25, 50 või 100 seemet sooja kohta niiskesse saepurusse idanema ning arvutatakse idanema hakanud seemnete järgi idanemisvõimeliste seemnete %.

Välised idanemistingimused. a) Vesi (niiskus). Puhkeolekus seemne idurakud on veevaesed. Niipea kui

seemned satuvad niiskesse mulda ja nendesse imbub vett, hakkavad nad paisuma ning idanema. Seemnesse pääsenud vesi äratab ellu kõigepealt ensüümid, mis muudavad toitekoes säilitatud lahustumatud toiteained (tärklis, valgud, rasvained ja õlid) vees lahustuvaiks. Lahustunud toiteained imbuvad ühes veega idurakkudesse, kus algab ainetevahetus, rakkude pooldumine ning idu kasvamine.

Nagu eespool nägime, pääseb vesi paksukestalistest seemnekestadest väga aeglaselt läbi, eriti juhtudel, kui seemnepilu on suletud. Sellised seemned peavad seisma mullas mõnikord 2—3 aastat, enne kui nende kest osaliselt kõduneb ning vesi sellest läbi pääseb (näit. kuivanud pojengi, akaatsia, läätspuu, palmide jt. seemned). Niisugused seemned idanevad kiiremini, kui nende kesta enne idanema panemist vigastada (kriimustada, viilida). Ka seemnete kihitamine, s. o. sügisel kihtide viisi mõnesse nõusse niiskesse liivasse asetamine — kohe peale seemnete valmimist — takistab seemnekestade läbikuivamist ning soodustab — eriti paksukestaliste ja marjade — seemnete idanemist: kihitatult ületalve hoitud seemned hakkavad järgmisel kevadel mahakülvatult kiiresti idanema.

Seemnesse imbunud vee mõjul seemned paisuvad. Seemnekesta surnud rakud paisuvad vähem kui sisekudede rakud, mispärast idanemisel seemnete kestad lõhkevad.

Kui suur on idanevate seemnete paisumisjõud, näeme järgmistest katsetest.

Katse. Täidame kitsa kaelaga klaaspudeli herneseemnetega kuni kaelani ja asetame pudeli küljeli vette, nii et vesi pääseb pudelisse. Mõne aja pärast pudel lõhkeb. Miks?

Katse. Võtame tugeva klaaspurgi või — veel parem — metallist silindri, täidame selle poolest saadik hernestega ning valame vett peale. Nüüd asetame silindrisse paraja kergestiliikuva kolvi ning selle varrele mingi raskuse

(näit. 5- või 10-kilogrammise kaaluvihi). Nii võime määrata, kui suure raskuse paisuvad herned võivad üles tõsta, s. o. seemnete paisumisel tekkivat energia hulka.

b) **Soojus.** Iga taimeliigi seemned vajavad idanemiseks vastavat soojust: lõunamaiste taimede omad kõrgemat, põhjamaiste omad madalamat. Idanemisel tuleb eristada kolme soojusastet: a) alamat astet (miinimum), millest peale idanemine võib alata, b) parimat astet (optimum), kus idanemine toimub kõige paremini, ja c) ülimat astet (maksimum), millest kõrgemal taime seeme enam ei idane. Järgmises tabelis näeme neid temperatuuriastmeid.

	Alama a. t° C°	Parima a. t° C°	Ülima a. t° C°
Kõrsviljad (nisu, rukis jt.) .	0— 5	25—31	31—37
Kanep, lina, peakapsas . .	0— 5	25—31	31—37
Kurk	15—19	31—37	44—50
Kõrvits	10—16	37—44	44—50

Katse. Asetame kurgi seemned idanema külma keldrisse, külma ja sooja lavasse või kööki sooja kohta, kus t° ei lange alla 15° C, ning jälgime idanemist, kontrollides kogu aeg temperatuuri. Näeme, et seemned hakkavad idanema ainult soojas lavas või soojas köögis.

Põhjamaa taimede seemnetele, mis talvel külma käes, on läbikülmumine tarvilik: ilma selleta need seemned ei hakka idanema.

c) **Hapnik.** Idurakkude elustumiseks ja nendes ainetevahetuse võimaldamiseks on peale vee ja soojuse tarvilik veel hapnik. Idandid hingavad energiliselt: neelavad hapnikku ja eritavad süsihappegaasi.

Seda võime tõestada järgmiste katsetega.

Katse. Asetame oa või herne seemned pudelisse, valame pudeli keedetud, kuid jälle jahutatud vett täis ja korgime õhukindlalt kinni. Asetame pudeli parajasse sooja kohta (20—25° C). Seemned ei hakka idanema. Miks?

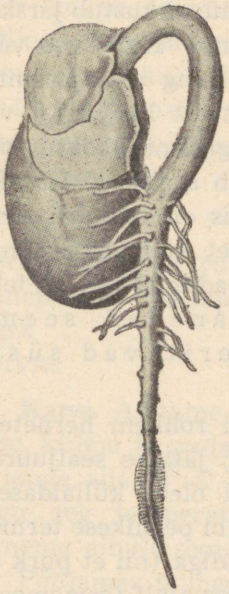
Katse. Paneme kahte ühesugusesse purki idanenud herneid, valame neile pisut vett juurde, korgime õhukindlalt kinni ja asetame purgid sooja kohta. Kolmanda tühja purgi korgime samuti kinni. 24—48 tunni pärast näeme, et idandid purkides on märgatavalt kasvanud. Avame ühe seemnetega purgi korgi ettevaatlikult ning viime sinna traadi otsa kinnitatud põleva küünla: küünal kustub järsku, millest näeme, et purgis puudub hapnik. Kuhu see võis jääda? Avame teise seemnetega purgi ning valame sinna selget baariumi leeliselahust [barüütvett $Ba(OH)_2$] või lubjavett [$Ca(OH)_2$], suleme purgi korgiga ning loksutame teda veidi: barüüt- või lubjavesi läheb sogaseks. Katsest näeme, et idanevate seemnetega purgis on rohkesti süsihappegaasi. Kordame mõlemat katset kolmanda, tühja purgiga; leiame, et sealt pole hapnik kadunud ega ka tekkinud süsihappegaasi. Järelikult: idanevad seemned neelavad hapnikku ja eritavad süsihappegaasi.

Katse. Paneme suuremasse purki rohkem herneteri idanema ja valame purki pisut vett; jätame sealjuures $^1/_2$—$^2/_3$ purgist tühjaks, et idanditel oleks küllaldaselt õhku; suleme purgi ja laseme korgist läbi peenikese termomeetri; katame purgi ümbert paksu vildiga (nii et purk ei jahtuks) ning asetame sooja kohta. Aeg-ajalt termomeetrit 48 tunni vältel kontrollides märkame, et purgis olev termomeeter näitab kõik aeg mõne pügala võrra rohkem kui on toatemperatuur samal kohal. Siit näeme, seemnete idanemisel (hingamisel) tekib soojust.

Et seemned vajavad idanemisel hapnikku hingamiseks, nagu loomad ja inimesedki, siis ei või neid paigutada idanema liiga sügavale mulda, kuhu õhku küllaldaselt ei pääse. Eriti rasketes (savikates) ja niisketes muldades on õhku vähe. Seemneid kaetakse seepärast harilikult niisama paksu mullakihiga, kui suur on nende läbimõõt; suuremad seemned võivad (eriti kerges mullas) idaneda

märksa sügavamal (uba, hernes), üsna väikesi seemneid seevastu ei kaeta aga üldse mullaga, vaid surutakse mullapinnale kinni (näit. lobeelia, begoonia, gloksiinia jt. seemned).

Vesi, soojus ja hapnik on tähtsamaid välistegureid seemnete idanemisel. Peale nende võivad idanemist mõjustada veel mitmed muud tegurid.



Joon. 18. Aedoa idanemine.

d) **Valgus.** Enamik seemneid on ükskõiksed valguse suhtes ja võivad idaneda nii valguse käes kui ka pimedas. Leidub aga ka selliseid taimi, millede seemned kardavad valgust ja selle käes ei idane, näit. mustköömne, okasõuna, maltsa ja rebaseheinaliste seemned. Teiselt poolt leidub jälle taimi, mille seemned ei idane pimedas ning vajavad enne mullasse külvamist lühema- või pikemaajalist valgustamist, näit. võipätaka, kukesaba, tubaka, mürktulika jt. seemned.

e) **Muld.** Tavaliselt seemned külvatakse mulda, milles leidub niiskust, õhku ja soojust, s. o. kõiki esijoones tarvilikke idanemistegureid. Toiteainete tagavarad on säilitatud seemnete toitekudedesse, seepärast idandid mullast toiteaineid ei vaja: seemneid võib idandada niiskes saepurus ja liivas, niiskete riidelappide vahel jne. Kuid mullas leidub peale selle veel rida muid tegureid, mis võivad mõnikord mõjustada ka seemnete idanemist. Nii näiteks on seemnete idanemisel suure tähtsusega m u l l a r e a k t s i o o n. Ühed mullad (soo-, raba-, savi- ja puhtliivamullad) on h a p u d: nende muldade vesi värvib sinise lakmuspaberi punaseks; teised — lubjarikkad mullad — on l e e l i s e s e d: värvivad punase lakmuspaberi siniseks. Hapudel muldadel kasvavate taimede seemned võivad idaneda ainult hapus mullas (kanarbik, mustikas, kuremari jt.), leelisestel muldadel kasvavate taimede seemned jälle leeliseses mullas (koldrohi, läätspuu, ristikheinad jt.). Ka m õ n i n g a d s o o l a d, milledel ei tarvitse ollagi toiteväärtust (näit. mangaani-, joodi- ja booriisoolad), vaid mis õige nõrkades koondistes mõjuvad plasma pindkihisse nii, et see vett rohkem läbi laseb (suuremas koondises need soolad on plasmale mürgised), võivad soodustada seemnete idanemist, teised soolad seevastu jälle seda takistada.

Mullas elutsevad hulgaliselt b a k t e r i d ja s e e n e d; nagu eespool mainitud, paksud seemnekestad kõdunevad (mädanevad)

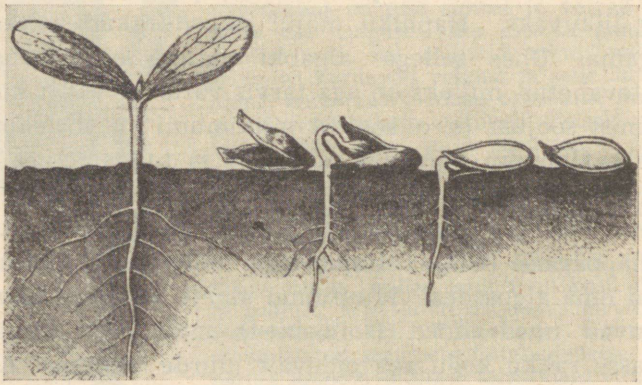
kohati ega takista siis vee läbipääsu. Seemnekestade mädanemist põhjustavad aga mulla bakterid ja seened. Kuid mõningad mullas elutsevad seened ja bakterid põhjustavad ka taimehaigusi ning võivad hävitada taime idandeid, näit. tõusmepõletik, mille ohvriks langeb väga palju idandeid ja noori taimi.

Eelmistest vaatlustest ja katsetest selgub, et seemnete idanemise all tuleb mõista seemne idu elluärkamist ühes kõikide teiste sinna juurde kuuluvate nähtustega. Idanemiseks on tarvis, et vesi ja hapnik soodsas soojuses pääseksid seemnesse ja idurakkudesse. Idurakkudes vesi muudab pooltardunud ja veevaese plasma vedelamaks ning liikuvaks. Hapniku mõjul samad rakud hakkavad hingama. Ühes sellega algabki plasma elutegevus ja ainetevahetus, milleks on aga tarvis vastavat välist kui ka seesmist soojust (s. o. soojust miinimumi ja maksimumi vahel). Hapniku ühinedes plasmaga ja toiteainetega, mis sisaldavad süsinikku, toimub nende ainete hapendumine ehk põlemine, kusjuures vabanevad soojus ja süsihappegaas (CO_2). Hapnikuga ühinemisel muutuvad ained oma algosades. Muutunud ainete algosade asemele asetuvad uued ained (toiteained), mida peab seepärast elusasse rakku kogu aeg pidevalt juurde voolama. Algab alatine ainete ehitamine ja ümberehitamine plasmas, alatine ainete muutumine ja vahetus. Uusi toiteaineid saavad idurakud seemne toitekudedest. Ensüümide mõjul muudetakse siin säilitatud lahustumatud ained vees lahustuvaiks, mis kujul nad võivad pääseda idurakkudesse. Rohke toiteainete juurdevoolu puhul rakuplasma idurakkudes suureneb ning rakud hakkavad poolduma. Ühes sellega suureneb idurakkude arv ning idu hakkab kasvama.

Idandi arenemine.

Idaneva seemne kest lõhkeb enamasti idujuurekese kohalt. Tekkinud lõhe kaudu tungib kasvama hakanud idujuureke seemnekestast läbi ning suundub raskustungi mõjul otse alla, sügavamasse mullasse. Ka iduvarreke hakkab pikenema; kaheidulehelistel taimedel ta keerdub ena-

masti kõveraks ning kõverdunud osa ette surudes tungib läbi seemet katvast mullakihist — üles valguse poole. Jõudnud mullapinnale, ajab iduvarreke end sirgu ning tõstab idulehed ja idupungakese üles valguse kätte. Üheidulehelistel tungib mullast läbi lehekesi kattev teravatipuline tupp või kokkukeerdunud iduleht. Kuni selle momendini taime i d u on kasvanud seemne toitekudedes peituvate toiteainete arvel. Jõudnud valguse kätte, muu-



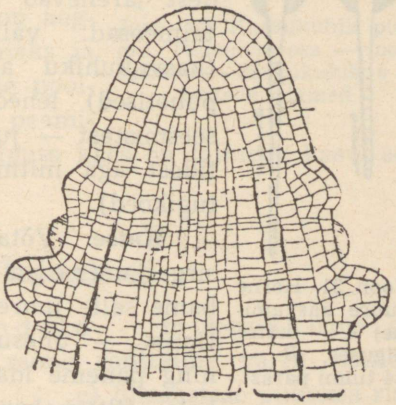
Joon. 19. Kõrvitsa idandi areng.

tuvad idulehed ja idupungakesest tekkinud pärislehed kiiresti roheliseks: idust on saanud i d a n d. Rohelised idandi rakud hakkavad endid toitma iseseisvalt ning valmistama päikesevalguse kaasabil vajalikke toiteaineid (suhkrut, tärklist, valke, õlisid, rasvaineid). Nende ainete kõrval järjest hoogsamini kasvama hakanud idand nõuab aga veel pidevalt vett ja mõningaid anorgaanilisi toitesooli. Nende ainetega varustavad idandit juured, mis selleks ajaks on tublisti pikenenud, hargnenud ja kattunud juurekarvakestega. Nii on idand varustatud kõige eluks vajalikuga ja muutunud n o o r e k s t a i m e k s. Selleks ajaks on aga ka seemnes peituvad toiteained jõudnud lõpule: ema-

taimelt kaasaantud toetus on läbi, ja noor taim peab alustama täiesti iseseisvat elu.

Taimede arenemine ja kasvamine.

Enamikul taimedest arenevad nii maa-alused (juurestik) kui ka maapealsed osad (vars, lehed, viljad) enamvähem tasakaalus, kusjuures suuremale maapealsele osale vastab ka tugevam juurestik. Kuid esinevad ka erandjuhud, kus näit. juurestik on hiiglapikk, maapealsed osad aga sellega võrreldes üsna väikesed (kõrvetaimed), või vastupidi — taim on kaunis lopsakas, aga juured on hoopis väikesed (näit. parasiittaimedel — soomukas, käopäkk jt.).



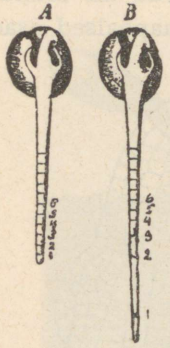
Joon. 20. Pikilõik kasvukuhikust. Puhetised külgedel on lehtede ja okste algmed.

Suuruselt on taimed väga erinevad: ühelt poolt paljale silmale nähtamatud pisikud ja teiselt poolt hiiglapuud, kuni 100 ja rohkem meetrit kõrged. Ka elualt erinevad taimed: ühtedel kestab see ühe suve (aedmagun, põldsinep, saialill), teistel kaks aastat (kapsas, kaalikas, porgand, võõrasema, lõosilm), kolmandatel aga palju aastaid (mõningatel puudel mitu tuhat aastat).

Kõrgemate taimede keha ei koosne mitte ühesugustest rakkudest, vaid nii kujult kui toimelt erinevatest rakkude rühmadest ehk k u d e d e s t. Osas taimekudedes on rakud surnud ja ainult mõningad taimeosad koosnevad elusaraku-

listest kudedest. Taime keha kasvab ainult elusatest ja pooldumisvõimelistest rakkudest koosnevates osades.

Tähtsamad kasvukohad asetsevad taimedel pungades. Joon. 20 näeme läbilõiku puutaime pungas peituvast kasvukuhikust. On väga iseloomulik, et kasvukuhiku rakud pole täitsa ühesugused; meie võime tähele panna siin kaunis selgesti erinevust kihtide kaupa: seesmised rakud on hoopis isesuunalised, aga ka kujult teissugused kui välimised. Eri asetusega ja kujuga rakkudest arenevad ka isesugused koed ja taimeosad: välimistest pinnarakkudest (kasvukuhiku alusel on näha väikesed puhetised) lehed ja varreharud, kõige seesmistest — juhtkoed, vahemistest kihtidest aga mitmed teised osad (kate- ja tugikoed).



Joon. 21. Herne juure kasvamine; *A* — katse alguses, *B* — 24 tunni pärast.

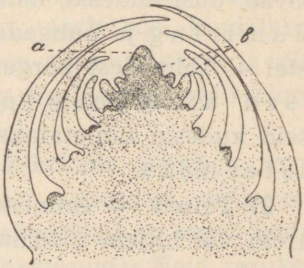
Katse. Võtame mõne päeva vanuse, sirge juurega oa või herne idandi; tõmbame selle juurele tušiga — alates juure tipust — ühesuuruste vahedega märgid ning paneme idandi klaaskausikesse niiskele filterpaberile (märkidega ülemisel küljel). 24 tunni pärast juurt silmitsedes märkame, et tipu ligidal tehtud märkide vahed on tunduvalt suuremad kui kaugemate märkide vahed. Katsest näeme, et juur kasvab tipu ligidalt. Seal asetseb juure loovkude.

Õistaimede lehed kasvavad alusest, sõnajalaliste lehed tipust. Kergesti võime kõrreliste lehtede kasvu nende alusest määrata sel teel, kui lehtede ladvad maha lõikame (näit. rohu ja muru niitmisel): taimelehed kasvavad varsti endise pikkuseni.

Kõrreliste vartel asetsevad loovkude ja kasvuvöötmed sõlmevahede alumistes osades, mis on kaetud

lehetuppedega. Puutüved kasvavad jämedamaks kambiumiringi abil, jne.

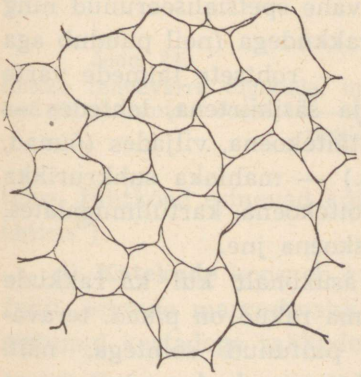
Tuleb silmas pidada, et loovkoe rakud ei pooldu mitte terve kasvuaja vältel, vaid ainult lühema aja jooksul: rohttaimedel on see aeg kevadel ja suve alguses, puudel ja põõsastel aga enamasti kahel perioodil: üks kord kevadel, teine kord suve lõpul. Taime kasv on kurvi laadi: alul rakkude pooldumine ja taime kasv on aeglane, muutub siis kiiremaks ja vaibub lõpuks. Rakkude pooldumine ise toimub aga peamiselt öösiti, mispärast valguse käes on taimede kasv aeglasem.



Joon. 22. Kasvukuhik pungas. Tumedam osa — loovkude; *a* — kasvukuhik, *b* — lehtede algmed.

3. Taimekoed.

Vaatlusülesandeid mikroskoobiga: a) keermikvetikas, b) mõne rohttaime varre ristilõik, c) üheaastase puuoksa ristilõik. Vaatlustest näeme, et keermikvetika keha koosneb enam-vähem ühesugustest rakkudest, mis ühteviisi täidavad kõiki taimeelu ülesandeid. Rohttaime vars ja puuoks aga koosnevad erineva kujuga rakkude rühmadest ehk kudedest, milledel igaühel on eri ülesanded.


Joon. 23. Parenhüümkude.

1) Tuleb eristada kahe-

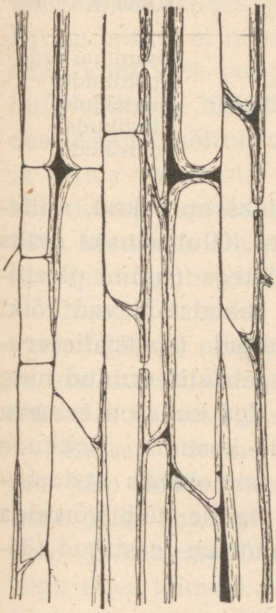
suguseid kudesid: ühed koosnevad plasmarikastest, õhukesekestalistest ja pooldumisvõimelistest rakkudest: taime kasvu ajal nende kudede rakud poolduvad pidevalt ning loovad uusi kudesid, näit. puudel ja põõsastel — kambiumiring ja pungades — kasvukuhikud, kõrrelistel — sõlmedest kõrgemal asetsevad kasvuvõimelised alad, juurte tippude kasvupunktid jt. Selliseid kudesid nimetatakse loovkudedeks ehk meristeemiks.

2) Teised — eelmistest tekkinud koed — muutuvad varem või hiljem plasmavaesemaks; nende rakkude kestad paksenevad ja muutuvad toiteainetele raskemini läbipääsetavaiks, rakud kaotavad ühes sellega pooldumisvõime ning muutuvad püsikoeks. Püsikudede rakud on spetsialiseerunud eri ülesannete kohaselt ning omandanud sellekohase kuju. Neid on seepärast otstarbekohane vaadelda ja liigitada nende ülesannete ja toimete järgi. Tähtsamad püsikoed on järgmised.

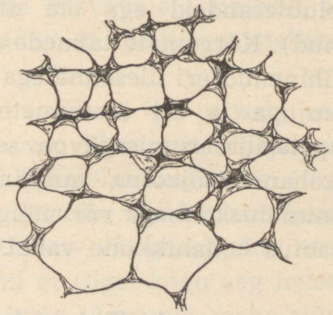
a) **Põhikude** ehk **parenhüümkude.** Selle koe rakud on enamasti elusad, plasmarikkad ja õhukesekestalised; rakud on enamasti ümmarad; nad ei asu päris tihedasti üksteise küljes ning nende vahele jäävad rakkudevahelised ruumid. Põhikoe rakud on vähe spetsialiseerunud ning on kaunis sarnased loovkoe rakkudega (neil puudub aga pooldumisvõime). Ta esineb — rohtsete taimede varte keskosades, puutüves säsina ja säsikiirtena, lehtedes — sammaskoe rakkude vahel — täitekoena, viljades (õunad, pirnid, ploomid, maasikad jt.) — mahlaka suhkrurikka magusa koena, seemnetes — toitekoena, kartulimugalates, kaalikates, porgandites säilituskoena jne.

b) **Tugikude** erineb nii asukohalt kui ka rakkude kujult eelmisest tunduvalt; tema rakud on pikad, teravaotsaliste kiudude sarnased, puitunud seintega, näit. puutüvedes (vt. lk. 101 jj.) ning omavad tugevat paindekindlust. Plasma on nendest enamasti kadunud.

Erijuhu tugikoest moodustab l u u k u d e (luuviljades, palmi viljades ja pähkli koores), mille rakud on väga paksu ja puitunud kestaga (vt. joon. 9). Rohtsetes taimevartes on tugikoe rakkude kestad osaliselt paksenenud ja puitunud, osalt aga kiudainest. Rakud on plasmarikkad ja elusad ning sisaldavad sageli kloroplaste.



c) **Juhtkude** koosneb torukujulistest rakkudest, mille otsmised vaheseinad on sageli kadunud (lahustunud). Neid torukesi mööda liiguvad vesi, soolad ja muud toiteained ühest taimeosast



Joon. 24. Joon. 25.

Rohtse taimevarre tugikude, mille rakukestad osaliselt paksenenud ja puitunud. Joon. 24 — pikilõik. Joon. 25 — samad rakud ristilõigus.

teise. Juhtkoed esinevad kõikides taimeosades (vt. „Varre ehitus").

d) **Katekude** koosneb kas kutiiniga kaetud rakkudest (näit. lehtede marrasknahk ehk epidermis) või siis korgistunud kestadega rakkudest (korkkude, korp).

e) **Sammaskude** esineb lehtedes enamasti marrasknaha all ning koosneb elavatest, kloroplastiderikastest ning õhu-

kesekestalistest pikliku kujuga rakkudest (vt. „Lehe ehitus ja tegevus", lk. 65).

Koed
- a) rakud plasmarikkad, pooldumisvõimelised → loovkude
  - kambium
  - kasvukuhikud
  - kasvuvöötmed
  - juurte tipud
- b) rakud plasmarikkad või plasmavaesed, pooldumisvõimetud → püsikude
  - sammaskude
  - põhikude
  - katekude
  - tugikude
  - juhtkude

K o k k u v õ t e. Taimede algosadeks on rakud, milledes toimuvad kõik taime eluavaldused. Olulisemaks osaks rakus on plasma ühes oma moodustistega (tuum, plastiidid) ja lisanditega. Alamate taimede rakud täidavad kõiki eluülesandeid ega ole diferentseerunud (spetsialiseerunud). Kõrgemate taimede rakud on spetsialiseerunud ning ühinenud eri ülesannetega kudedeks. Iga kude on erineva kujuga ja eri ülesannetega rakkude koondis. Rakkude spetsialiseerumisega on saavutatud taimekehas otstarbekohane tööjaotus, mispärast tervet taime võib võrrelda inimühiskonnaga või riigiga, kus samuti on teostatud tööjaotus kodanikkude vahel.

4. Taime keemiline koostis.

Katse. Võtame mõnelt kasvavalt taimelt lehti, tüki vart, juurt või ükskõik millist osa, lõikame selle — kui tarvis — pisemateks tükkideks ja kaalume täpselt keemilistel kaaludel. Kuivatame neid taimeosi umbes 100° C kuumuses, näit. plekkpannil nii, et nad kõrbema ei hakkaks, kuni kõik vesi on välja aurunud[1]. Kaalume siis

[1] Teaduslikel katsetel toimetatakse taimeosade kuivatamist eriliselt ehitatud k u i v a t u s k a p p i d e s, kus temperatuur hoitakse kogu aeg 105—110° C vahel; taimeosi kuivatatakse seal 1—2 tundi, kuni püsiva (konstantse) kaaluni, mil kogu vaba vesi taimekudedest ja -rakkudest on ära aurunud.

kuivatatud taimeosad. Kaalude vahest näeme, kui palju sisaldas võetud taimeosa vett. Veehulka võime arvutada protsentides taime toorkaalust.

Sellised katsed on näidanud, et veehulk mitmesugustes taimerakkudes ja rakkude plasmas on väga kõikuv. Nii on leitud, et noore loovkoe rakkude plasma võib sisaldada kuni 93% vett; vanemate rakkude plasmas on veehulk väiksem. Mitut liiki taimedes, taimeosades ja -kudedes veehulk sõltub taime kasvukohast, kasvutingimustest ja taime vanusest. Lehtedes on harilikult rohkem vett kui tüves; kapsalehtedes keskmiselt 86%, tomatilehtedes 84%, kõrreliste lehtedes 77%, õunapuu lehtedes 60%. Puutüvedes kõigub vee-% 40—60 vahel, seemnetes 10—20 vahel.

Noorte taimede koed on veerikkamad kui vanadel; varjulistes ja niisketes kohtades kasvavatel taimedel on veesisaldus suurem kui kuivades ja päikesepaistelistes kohtades kasvavatel.

Katse. Võtame taime k u i v a i n e t (s. o. seda osa, mis jääb järele taimest pärast vee väljaaurutamist), asetame selle kaanega varustatud portselankausikesse (tiiglisse) ja kaalume ühes sellega. Paneme nüüd kaanestatud tiigli ühes taime kuivainega piiritus- või gaasitulele ning kuumutame teda $^1/_2$—1 tund, nii et tiigel kogu aeg helendaks. Jahutame tiigli ning kaalume. Arvanud maha tiigli raskuse kaalutistest enne ja pärast kuumutamist, leiame taime kuivaine kaalu enne ja pärast kuumutamist.

Kuumutamisel põlesid kuivainest ära need osad, mis sisaldasid süsinikku (s. o. orgaanilised ained, nagu valk ja rasvained, õli, tärklis, suhkur, tselluloos, korkaine jt.). Järele on tiigli põhja jäänud m i n e r a a l a i n e d (soolad) valkja tuhana. Kaalutistest leiame, kui palju on taimeosas põlevaid süsinikuühendeid ehk orgaanilisi aineid ja kui palju mineraalaineid.

Sellistest katsetest on selgunud, et puhast süsinikku on taime kuivaines 40—50%.

Katse. Võtame taimeosa kuumutamisel järelejäänud mineraalainet ja kaalume selle. Paneme ta kas tiiglisse või vastavasse klaasi ning valame peale destilleeritud vett, segame klaaspulgaga ning jätame natukeseks ajaks seisma. Edasi kurname need ained ühes veega läbi filtri: vees lahustunud soolad lähevad filtrist läbi, lahustumatud aga jäävad filtrile. Võtame viimased ettevaatlikult ühes filtriga ja kuivatame, kaalume siis (koos filtriga) ning arvame maha filtri kaalu: nii leiame, kui palju on taimes vees lahustuvaid ja lahustumatuid sooli.

Analüüsides vastavate vahenditega edasi nii vees lahustuvaid kui lahustumatuid sooli, leiame lõpuks kõik algained ehk elemendid, milledest taimed koosnevad[1]. Niisuguste analüüside kaudu on leitud taimedest kuni 40 algainet. Ühed nendest esinevad seal suuremal, teised väiksemal määral. Ühe sellise täpse analüüsi tulemused on koondatud järgmisse tabelisse.

Maisitaime kuivaine analüüs.

Juurte, varte, lehtede, viljade jne. kuivkaal 835,9 g	Keemiline märk	Kaal g	% kuivkaalust	% iga algaine üldhulgast				
				lehtedes	varres	teradres	juurtes	viljas
Hapnik	O	371,4	44,431	27,7	23,7	31,8	7,1	9,7
Süsinik	C	364,2	43,569	26,6	24,5	32,0	7,0	9,8
Vesinik	H	52,2	6,244	26,3	22,7	34,8	9,5	6,6
Lämmastik	N	12,2	1,459	25,0	13,8	46,0	6,3	8,9
Siliitsium	Si	9,8	1,172	62,3	8,6	0,4	27,6	1,1
Kaalium	K	7,7	0,921	45,2	32,2	14,2	3,6	4,7
Kaltsium	Ca	1,9	0,227	58,2	18,0	3,4	19,5	0,9
Fosfor	P	1,7	0,203	28,6	10,5	52,3	4,2	4,4
Magneesium	Mg	1,5	0,179	32,3	21,0	34,2	6,8	5,6
Väävel	S	1,4	0,167	39,8	22,7	25,8	10,7	1,1
Kloor	Cl	1,2	0,143	42,8	36,9	7,1	5,4	7,8
Alumiinium	Al	0,9	0,107	19,5	2,9	6,7	66,3	4,6
Raud	Fe	0,7	0,083	23,0	14,6	15,7	44,1	2,7
Mangaan	Mn	0,3	0,035	27,9	12,6	35,7	14,9	8,0
Määramata elemendid		7,8	0,933					

[1] Teadusliku täpsusega selliseid analüüse toimetatakse vastavalt sisustatud laboratooriumides.

Tabelist näeme, et süsinik, hapnik ja vesinik (C, O, H) moodustavad 94,2% maisitaime kuivainest. Samad algained esinevad kõikides taimeosades aga ka enam-vähem ühtlases vahekorras. Seevastu väiksemal määral esinevad elemendid, nagu raud, alumiinum, siliitsium jt., on kuhjunud rohkem ühte või teise taimeossa. Nii on lämmastikku, fosforit ja mangaani rohkesti terades, rauda ja alumiiniumi juurtes, kaltsiumi ja siliitsiumi lehtedes, kaaliumi ja kloori lehtedes ja vartes.

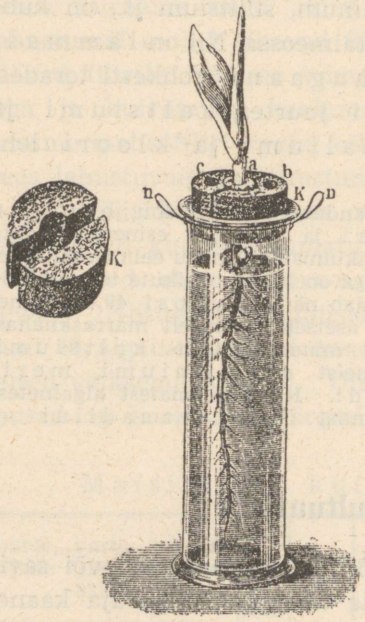
Teiste taimede analüüsid on andnud süsiniku, hapniku ja vesiniku, aga ka fosfori ja väävli esinemise kohta umbes samu andmeid (väheste kõikumistega) nagu eelmiseski tabelis, teiste elementide esinemises aga on leitud üksikute taimeliikide juures suuri kõikuvusi. Nii sisaldab näit. raudosi 49,4% mineraalaineist siliitsiumi, mis asetseb peamiselt marrasknahas, madal mandlipuu 44,1% mineraalaineist kaltsiumi kollad kuni 39% mineraalaineist alumiiniumi, merivetikad kõikuval arvul joodi. Haruldasematest algainetest võib mainida titaani esinemist õuntes, vanadiini — suhkrupeetides.

5. Vesikultuurid.

Katse. Võtame 2- kuni 3-liitrise klaaspurgi või savipoti ning valmistame sellele tsinkplekist paraja kaane, millesse teeme 3 auku: ühe suurema keskele (taime jaoks) ja kaks väiksemat (nendest ühe tugikepi ja teise lahuse õhustamise tarvis). Täidame anuma destilleeritud veega [1] ja kaalume iga liitri vee kohta järgmisi puhtaid soolasid: fosforhappe-kaaliumi (KH_2PO_4) 0,25 g, lubisalpeetrit ehk kaltsiumnitraati [$Ca(NO_3)_2$] 1,00 g, magneesiumsulfaati ehk mõrusoola ($MgSO_4$) 0,25 g. Need soolad raputame purki, kus nad vees üsna kiiresti lahustuvad. Lisandame siis lahusele veel kolm-neli tilka fosforhappe-raualahust [$Fe_3(PO_4)_2$].

[1] Lihtsamal juhul võib vesikultuurilahuse valmistamiseks kasutada destilleeritud vee asemel puhast vihma- või lume sulatamisest saadud vett, isegi kaevuvett.

Sellisesse soolalahusesse asetame mõne idandi või väikese noore taime, näit. tomati juured ja kinnitame taime kaane keskmisse (suuremasse) auku puuvilla või puhta ligniini abil. Suleme kaane teised augud samuti puuvillaga (et õhust tolmu ja pisikuid lahusesse ei pääseks) ja jätame seemne sel viisil kasvama. Et lahusesse ei ulatuks valgust ja et seal ei saaks hakata kasvama vetikad, selleks katame klaaspurgi ümberringi tumeda valgustpidava paberiga või kartongiga. Aeg-ajalt (kui taim on kasvanud suuremaks, siis vähemalt ülepäeviti) õhutame lahust purgis, pumbates sinna (näit. jalgrattapumba abil) puhta klaastoru kaudu läbi kaane ava õhku.



Joon. 26. Vesikultuuri anum; *a* — auk taime jaoks, *b* ja *c* — õhutamise ja tugikepi augud, *k* — kork, *n* — traat purgi tõstmiseks.

Sellise hoole juures sirgub soolade lahusesse paigutatud taimeidand suureks taimeks, võib hakata õitsema ning kanda vilja. Kirjeldatud taimekasvatusviisi vees (õigemini nõrgas soolade lahuses) nimetatakse v e s i k u l t u u r i k s.

Vesikultuuri-katsest näeme: 1) kui taimele anda tarvilikke vees lahustuvaid toitesooli, mis sisaldavad 7 algainet: lämmastikku (N), fosforit (P), väävlit (S), kaaliumi (K), kaltsiumi (Ca), magneesiumi (Mg) ja rauda (Fe), siis taim võib kasvada nende soolade lahustes ega vaja

kasvamiseks mulda; 2) taim ei vaja vesilahuses süsinikku (C) ega võta seda juurte abil.

Vesikultuurid on väärtuslikuks vahendiks taime toitumisküsimuste uurimisel, sest lisandades lahusele üht või teist algainet soolana meie võime jälgida, millist mõju see avaldab taime kasvule; jättes aga lahusest välja valiku järgi mõne elemendi, võime määrata kindlaks, kas see element on taimele tarvilik ja milliseid muutusi tema puudumine kutsub esile taime kasvus.

Joon. 27. Väetuskatsed liivkultuuridega.

Täpsete teaduslikkude katsete puhul kasutatakse vesikultuuride asemel veel järgmisi kunstlikke taimekasvatusviise:

a) Jooksva toitelahuse kultuurid — erinevad vesikultuuridest seepoolest, et siin kasvatatakse taim mitte püsivas toitelahuses, vaid viimast uuendatakse järjekindlalt, näit. 1—2 korda päevas, või lastakse seda pidevalt anumast läbi voolata. Sel taimekasvatusviisil on, eelmisega võrreldes, mitmeid paremusi: a) lahust pole siin tarvis õhutada ja seetõttu ta püsib palju puhtamana, kuna õhutamisel satub lahusesse rohkesti pisikuid; b) lahuse koostis püsib kogu aeg muutumatuna, sest juurte tegevus ja toitesoolade ammutamine juurte kaudu ei avalda sellele mingit mõju. Kuid jooksva toitelahuse kul-

tuurid nõuavad pikema katse puhul palju puhast vett ja sooli ning on seetõttu kallid.

b) Liivkultuurid. Eelmistes kultuuriseadistes võidakse kasvatada ainult üksikuid taimi. Tavaliselt valitakse selleks hästi tugevad ja elujõulised idandid. See kõik aga mõjustab katsete tulemusi, sest võrdlusvõimalused on väikesed. Mainitud puudust on võimalik kõrvaldada sel teel, kui istutame taimi suuremal arvul puhta liivaga täidetud emailitud metallpottidesse ja kastame neid vastavate soolade lahustega. Taimed kasvavad siin loomulikumates tingimustes kui vees ja hoiduvad juurte abil ise püsti. Taimi on siit kaunis kerge analüüsimiseks terve juurestikuga kätte saada. Puhta räniliiva kultuure kasutatakse tänapäev taimede väetusküsimuste uurimisel igal pool põllumajanduse ja aianduse katseasutistes.

Milliseid algaineid vajab taim? Nagu nägime vesikultuurikatsest, taimed võivad kasvada soolalahustes, mis koosnevad veest (H_2O) ja 7 algainest: N, P, S, K, Ca, Mg, Fe. Neile tuleb aga juurde arvata veel kümnes element — süsinik (C), mida taimed võtavad õhust. Nii arvatigi kuni viimase ajani, et taimedele on elamiseks ja kasvamiseks paratamatult tarvilikud eelmainitud 10 algainet. Kõige uuemaaegsed ja eelmistest märksa täpsemad analüüsid, kus on kasutatud mikrokeemilisi ja spektraalanalüütilisi [1] ainete määramise viise, on näidanud, et siin asi siiski pole nii lihtne ja et taimed vajavad algaineid märksa suuremal arvul. Kõigepealt nende analüüside kaudu avastati, et vesikultuurides — peale sooladena sinna viidud algelementide — leidub alati vähesel määral veel mangaani (Mn), boori (B), joodi (J), siliitsiumi (Si).

Tekkis küsimus: kust need algained võisid sattuda lahustesse? Uurimistel selgus, et ühed nendest on pääse-

[1] Spektraalanalüüsiga määratakse aineid valguse spektri muutmise (kiirte neelumise) kaudu. Selle menetlusega võib määrata kõige väiksemaid algaine hulki.

nud sinna koos toitesooladega, sest tavaliselt ei leidu (isegi nn. „keemiliselt puhaste“ soolade hulgas) kunagi päris puhtaid sooli, vaid nad sisaldavad (kuigi väga vähesel määral) mangaani ja joodi.

Teiseks lisaainete allikaks on taime seemned, mis, nagu analüüsi andmeist näha(vt. tabel lk. 44), sisaldavad mangaani, kloori, alumiiniumi jt. Kolmandaks lahustub vees vähesel määral ka anuma klaas, millest pääseb lahusesse boori, siliitsiumi jt. aineid.

Kui vesikultuurid valmistati eriviisil puhastatud sooladest ja vees lahustumatust plaatinast anumais, siis selgus, et taimed 9 algelemendist koosnevas lahuses ei kasvanud. Lisandati aga sinna eelnimetatud mangaani, boori, joodi ja siliitsiumi väga vähesel määral, siis muutus taimede kasv priskemaks; kuid õitsemiseks ja viljade valmimiseks vajasid paljud nendest veel teisi algaineid.

Nagu eespool (lk. 45) mainitud, vajavad mõned taimed kasvamiseks koguni haruldasi elemente, nagu titaani (Ti) (õunapuud), vanadiini (V) (suhkrupeedid), tsinki (Zn) (seened) jt. algaineid. Seega tõuseb taimedele tarvilikkude algelementide arv juba 20-ni.

Milleks vajavad taimed mitmesuguseid algaineid? Kunstlikkude kultuuride ja taimeanalüüside kaudu on enam-vähem õnnestunud selgitada ka seda küsimust.

Süsinik (C) on olulisim algaine taimes; ta esineb rakuplasmas, kõikides plasma kaudu moodustatud orgaanilistes ainetes ja rakukestas. Kõik süsinikuühendid põlevad, mispärast kuivanud taimeosi kasutatakse põletus- ja kütteainena samuti kui rasvaineid ja õlisid.

Hapnik (O) ja **vesinik (H)** — esinevad esmajoones keemilise ühendina, v e e n a (H_2O), ning on sellena taimeelus asendamatud. Hapnik puhtal kujul on elusaile taimerakkudele tarvilik hingamisel ning teda leidub paljudes keemilistes — nii orgaanilistes kui ka anorgaanilistes — ühendites.

Lämmastik (N) on valkaine (proteiinide ja proteiidide) algosis ning vajalik kõikides elusrakkudes. Eriti rohkesti vajavad lämmastikku kiirestikasvavad taimed.

Fosfor (P) on raku tuumaine algosis, seega tarvilik kõikides elusrakkudes ja eriti loovkudedes. Teda leidub võrdlemisi suurel hulgal seemnetes ja viljades, mispärast fosforväetised on tarvi-

likud taimedele eriti õitsemise ja viljade valmimise ajal. Ta etendab veel tähtsat osa tärklise tekkimisel ning selle muutumisel teisteks aineteks.

Väävel (S) on valkainete algosis (valkude lagumise lõpp-produkt on sageli halvalõhnaline väävelvesinik — H_2S) ning esineb ühes sellega rakuplasmas. Ta soodustab juurekarvakeste arengut, liblikõielistel taimedel juuremügarate tekkimist ja mügarbakterite kasvu; on tarvilik leherohelise ehk klorofülli tekkimisel.

Kaaliumi (K) leidub kõikides loovkudedes, kus ta soodustab plasma paisumist ja rakkude pooldumist. Lehtedes — sammaskoe-rakkudes — ta kiirustab süsiniku sarnastamiskäiku kui ka teisi biokeemilisi protsesse rakuplasmas, mispärast ta on eriti vajalik kiirestikasvavatel taimedel.

Kaltsium (Ca) on tarvilik rohelistel taimedel, mille lehtedes teda leidub alati suuremal määral; ta etendab tähtsat osa süsihüdraatide (tärklis, suhkur) moodustamisel ja nende kasutamisel, neutraliseerib taimedes tekkivaid mürgiseid happeid (näit. oblikahapet) ja muid mürkaineid, vähendab ning tasakaalustab teiste soolade mõju jne.

Magneesiumi (Mg) leidub suuremal hulgal lehtedes ja seemnetes; ta on leherohelise algosis ja tarvilik selle moodustamisel; tarvilik ka õlide tekkimisel; esineb kõikides loovkudedes.

Naatrium (Na) esineb suuremal määral mereäärsetes ja meretaimedes, väiksemal määral aga ka maismaataimedes; ta sarnaneb oma toimelt mitmeti kaaliumiga; neutraliseerib mürkaineid ja happeid.

Raud (Fe) on vajalik klorofülli moodustamisel, kuigi ta ei kuulu selle aine keemilisse koostisse; raua puudumisel tekib taimedes kloroos, s. o. lehtede kolletumine leherohelise puudumisel; tal on katalüütiline ehk keemilisi reaktsioone kiirendav mõju.

Siliitsiumi (Si) leidub taimedes ebaühtlaselt: ühtedes on teda rohkesti, teistes üsna vähe; esinedes peamiselt lehtedes, harvemini vartes, ta muudab rakukestad tugevaks ja annab neile ühes sellega suuremat vastupidavust kahjuritele ning taimehaigustele; peale selle siliitsium soodustab fosfori toimet.

Boor (B). Vähesel määral esineb ta kõikides taimedes, suuremas ulatuses aga liblikõielistes ja paksulehelistes (sukulentides); ilma boorita taime rakud ja koed arenevad ebanormaalselt; ta mõjub väga nõrgas koondises (1 : 12 000 000—1 : 25 000); suure katalüütilise toimega; soodustab liblikõielistel juuremügarate tekkimist ning mügarbakterite tegevust.

Mangaan (Mn) on tarvilik seemnete tekkimisel ja viljade valmimisel; mõjub katalüütiliselt ning soodustab ainetevahetust rakkudes väga nõrgas koondises (1 : 50 000 000—1 : 100 000).

Kloori (Cl) leidub suuremal määral okaspuudes, peale selle kõikide taimede seemnetes ja rakumahlas; ta tõstab taime üldist arenemist ja tüsedust; soodustab suhkru tekkimist. Lõplikult pole tema tähtsust suudetud veel selgitada.

Alumiinium (Al) esineb taimedes ebaühtlaselt: ühtedes rohkem (karukollad, tubakas), teistes vähem; ta soodustab juurekar-

vakeste kasvu; suurendab rakukesta ja rakuplasma läbilaskevõimet veele ja teistele toitesooladele, tõstab ensüümide tegevust ja assimilatsiooni.

Teised algelemendid. Taimedes esineb veel palju algaineid, näit. baariumi (Ba), strontsiumi (Sr), arseeni (As), tsinki (Zn), vaske (Cu) jt.; kuivõrra nende tähtsus on üldine ning kehtiv kõigi taimede kohta või kuivõrra see on juhuslikku laadi ning tähtis ainult üksikute taimeliikide juures, need küsimused pole veel lõplikult selgitatud.

6. Kultuurtaimed ja maa väetamine.

Looduses vabalt omaette kasvades (näit. metsas) taimede osad (lehed, oksad) langevad igal aastal maapinnale, surevad, mädanevad ja mineraalistuvad, mispuhul suur hulk mullast võetud sooli satub mulda tagasi. Sel viisil toimub looduslik mulla väetamine, mispärast muld ei muutu lahjaks ja taimed (näit. metsapuud) võivad samal kohal jõudsasti kasvada sadu aastaid.

Kultuurtaimedega on asi teisiti. Siin kasvatatakse iga aasta samal kohal uusi, enamasti kiirestikasvavaid ja rohkesti toitesooli nõudvaid taimi. Nende taimede osi kasutatakse mitmeks otstarbeks ning kõrvaldatakse kasvukohalt. Ühes taimedega viiakse põllu- ja aiamullast minema suurel hulgal mullast võetud toitesooli, mispärast need mullad iga aastaga jäävad toitesoolade poolest kehvemaks. Kui tahame, et taimed sellistes tingimustes võiksid kasvada korralikult ja koguni tugevasti ning anda kõrget saaki, siis peame mulda varustama taimele vajalikkude toitesooladega, s. o. peame mulda *väetama*.

Et kõik taimeliigid ei vaja mullast mitmesuguseid toitesooli võrdsel arvul, vaid mõningaid suuremal, teisi väiksemal määral, siis võime ajutiselt maa väetamise vajadust vältida või teda mõneks aastaks edasi lükata sel teel, kui kasvatame antud maa-alal mitte üht ja sama taime mitu aastat järgemööda, vaid *vahetame külvi*. Moodsas põllu- ja aiapidamises on külvikorrad valitud nii, et üks teatav taimeliik (olgu see näit. rukis või kap-

Exlibr. ülik. Tart.

sas) jõuab samale maa-alale tagasi alles 4, 7 või koguni 10 aasta pärast; sealjuures taimede järjekord on valitud nii, et järgnevad taimed vajaksid peamiselt selliseid toitesooli, mida eelmised kasutasid vähem. Muidugi tuleb ka külvikorra vahetamise puhul maad aeg-ajalt väetada, kuid ikkagi ainult osaliselt (mõnd üksikut põldu), mullas peituvad toitesoolad leiavad aga sel puhul taimede poolt palju otstarbekohasemat kasutamist.

S e g a k ü l v. Katsed põldviljadega on näidanud, et segavili kasvab põldudel paremini kui üht liiki puhasvili. Paremateks segaviljapõllu taimedeks on kaer, oder ja hernes. Ka siinne nähtus põhineb asjaolul, et sobivalt valitud segudes taimed kasutavad mullast eri aineid otstarbekohasemalt ning võivad koguni anda kaaslastele lisaaineid, nagu antud juhul hernes, mis rikastab mulda lämmastikusooladega.

M a a v ä s i m u s. Kui kasvatame pikemat aega mõnd taime ühel ja samal kohal (näit. viljapuid 40—60 aastat), siis isegi korralikule väetamisele vaatamata tekib nende taimede suhtes m a a v ä s i m u s ja uued taimed vanade asemele istutatult ei arene korralikult. Maaväsimust põhjustavad: a) ühtede toitesoolade ülemäärane vähenemine mullast; b) juurte eritised, mis on samale taimeliigile kahjulikud ja takistavad tema kasvu.

Maa väetamine ja väetised.

Maa väetamiseks kasutatakse l o o m u l i k k e (looduspäraseid) ja k u n s t l i k k e a i n e i d; esimeste hulka kuuluvad laudasõnnik, virts, kompostmuld, kunstväetiste hulka aga mitmesugused soolad, mis sageli kunstlikult valmistatud.

Laudasõnnikut saadakse põhust ja loomade väljaheiteist; ta sisaldab hulgaliselt pisikuid, millede mõjul toimub sõnnikus orgaaniliste ainete mädanemine ja mineraalistumine. Laudasõnnik sisaldab mitmesuguseid tai-

medele vajalikke toitesooli, sest ta on tekkinud taimedest enestest, lisaks sellele aga rohkesti lämmastikuühendeid looma väljaheidete näol. Laudasõnnik sobib igasuguste kultuurtaimede väetamiseks. Raskemate savikate maade väetamiseks on kasulikum tarvitada kergemat ja kiiremini kõdunevat hobusesõnnikut, kergetele liivastele maadele aga veisesõnnikut.

Virts koosneb peamiselt loomade vedel-väljaheiteist; ta sisaldab rikkalikult lämmastikku, kuid liiga vähe mineraalsooli, mispärast ta sobib pealisväetisena rammusamatele aiamuldadele kiirestikasvavate aedviljade puhul, mis vajavad palju lämmastikku. Lämmastikusooli uhetakse vihmaveega kõige rohkem mullast välja, seepärast nendest tulebki mullas kõige sagedamini puudus.

Kompostmuld moodustatakse aia puhastamisel saadavatest taimejäätmeist, millistele lisandatakse veel sõnnikut. Ta on seetõttu toiteaineterikas muld, mis kõlbab igasuguste taimeliikide kasvatamiseks.

Kunstväetised sisaldavad peamiselt 5 algainet: lämmastikku, fosforit, väävlit, kaaliumi ja lupja (kaltsiumi).

Lämmastikväetised on vees kergesti lahustuvad salpeeterhappe ja ammooniumi soolad, milledest tähtsamad on: kaaliumsalpeeter (KNO_3), naatrium- ehk tšiilisalpeeter ($NaNO_3$), lubisalpeeter [$Ca(NO_3)_2$]; väävelhappeammoonium [$(NH_4)_2SO_4$], karbamiid ehk kusinik [$(NH_2)_2CO$]. Et lämmastikusoolad — eriti salpeeterhappe soolad — kergesti mullast välja uhetakse, kiiresti kasvavad kultuurtaimed neid aga palju vajavad, siis on just lämmastikusoolade kasutamine põlluja aiamajanduses kõige suurem.

Fosforväetised. Nendest on vees hästi lahustuv superfosfaat [$Ca(H_2PO_4)_2$], peale selle ka toomasjahu; fosforiit [$Ca_3(PO_4)_2$] seevastu lahustub vees väga vähe. Et taimed vajavad fosforit rohkemal määral

õitsemisel ja viljade moodustamisel, siis fosforväetised tõstavad just viljasaaki.

Väävliühendid. Väävelhappeammoonium [$(NH_4)_2SO_4$] lahustub vees hästi, seevastu kips ($CaSO_4$) aga halvasti. Et mullas väävlit leidub enamasti külluses ja tema sooli nii kergesti sealt välja ei uheta, siis ülalmainitud väävliühendeid kasutatakse mitte niipalju väävelväetisena kui just lämmastik- ja lubiväetistena.

Kaaliumväetised lahustuvad vees hästi. Nendest on tähtsamad: kaalisool ehk kaaliumkloriid (KCl), kaaliumsalpeeter (KNO_3), fosforhappekaalium (KH_2PO_4) ja kainiit ($KCl \cdot MgSO_4$). Kaaliumi on kiiresti kasvavatele kultuurtaimedele alati tarvis.

Lubiväetised: lubisalpeeter [$Ca(NO_3)_2$], harilik lubi ($CaCO_3$), põletatud, kuid kustutamata lubi (CaO) ja kustutatud lubi [$Ca(OH)_2$], peale selle ka kips ($CaSO_4$). Lubiväetisi kasutatakse hapudel ja rasketel savikatel maadel; harilik lubi vähendab mulla happesust ja muudab rasked mullad õhurikkamaks.

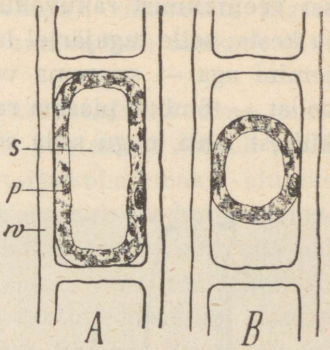
Nitrofoska on kunstväetis, mis sisaldab lämmastikku, fosforit ja kaaliumi; ta on mõjuvamaid kunstväetisi tänapäeval.

Kunstväetiste valikul ja nende otstarbekohasel kasutamisel meie peame teadma kolme asja: a) mida sisaldab antud kunstväetis ja milleks on ta tarvilik; b) milliseid sooli on antud mullas vähe ja c) milliseid sooli vajab kasvatatav taim rohkemal määral. Ülaltoodud kunstväetised sisaldavadki peamiselt neid algaineid, mida kultuurtaimed vajavad suuremal määral ning millistest võib kiiremini tekkida puudus. Kuid taimele on tähtsad ka need algained, mida ta vajab üsna vähe, nagu boor, jood, mangaan jt. Kui need ained mullas puuduvad, siis taimed — vaatamata teiste toitesoolade küllusele mullas — ei saa korralikult kasvada ning hakkavad kiratsema. Viimasel ajal on hakatud pöörama põllumajanduses ja aianduses (eriti

Ameerikas) tähelepanu ka nendele vähe tarvisminevatele toitesooladele. Mõningaid nendest leidub tavaliselt kunstväetiste hulgas, nagu joodi tšiili salpeetris.

Toitesoolade miinimumi seadus.

Taimele tingimata tarvilikud algelemendid toitesooladena mullas on asendamatud; puudub üks nendest, siis ei pääse mõjule ka teised algelemendid ning taim hakkab kiratsema või ei arene üldse. Seega mõjustavad taime kasvu just need tarvilikud algained kõige tunduvamalt, milliseid antud puhul on mullas kas liiga vähe (minimaalsel hulgal) või mis seal puuduvad. Seda toitesoolade vahekorda nimetataksegi miinimumseaduseks.

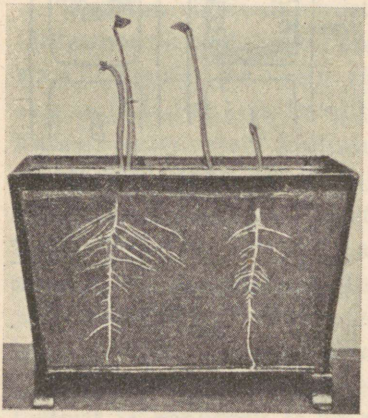


Joon. 28. Raku plasmolüüs. *A* — plasmolüüsi algus, kus plasma (*p*) on rakunurkades rakukestast (*w*) veidi eemaldunud; *s* — vakuool. *B* — plasmolüüsunud rakk: plasma on kokku tõmbunud raku keskele.

Plasmolüüs.

Katse. Valmistame 5-, 10-, 15- ja 20-% suhkru- või $CaCl_2$ lahused. Lõikame seebralille (*Zebrina pendula*) alumiselt lillalt lehepinnalt väikeste tükikestena marraskнahka ning asetame igasse lahusesse mõned lõigud. Umbes 10 min. seismise järel võtame järjekorras — alates nõrgema koondisega lahustest — marraskitükikesed ning vaatleme neid mikroskoobi all, igaühte tema lahuse tilgas. Näeme, et lilla rakumahl koos plasmaga täidab elusrakke 5- ja 10-% lahuses täielikult, 15-% ja 20-% lahuses on aga plasma tõmbunud rakukestade küljest lahti —

raku keskele või ühte otsa. Nähtus põhineb sellel, et suurema koondisega suhkru- või soolalahus põhjustab osmootset veeliikumist rakuvakuoolist välja — läbi rakuplasma ja kesta; selle tagajärjel langeb alul turgor rakkudes, hiljemini aga — suurema veehulga kaotamisega rakuvakuoolist — tõmbub plasma rakus koomale ning lõpuks seinte küljest lahti, nagu seda selgesti näeme 20-% suhkrulahuses. Sellist plasma kokkutõmbumist veekaotuse tagajärjel nimetataksegi plasmolüüsiks. Plasmolüüs toimub, kui elusrakud satuvad suurema koondisega soola- või suhkrulahustesse, kui see on nende enda vakuoolis. Kaotanud suurema hulga vett, rakkude eluavaldused jäävad seisma ning rakud surevad lühema või pikema aja vältel.



Joon. 29. Juurte kasvu uurimisel kasutatav klaasseintega kast.

Samane nähtus võib toimuda ka juurekarvakestega mullas, kui taimi kasta liiga tugeva koondisega soolalahustega. Sel puhul ei liigu vesi ja toitesoolad mullast mitte juurekarvakestesse ja taimesse, vaid vastupidi — juurekarvakestest välja ning taimed kuivavad.

Siit selgub, et mulda ei või väetada liiga ohtrasti. Väetusnormiks peetakse: 1—2 g soola 1 liitri kastmisvee kohta või 25—30 g 1 m^2 mullapinna kohta.

Mulla omaduste parandamine.

Põllu väetamine ei seisa ainult selles, et lisandada mullale tarvilikke toitesooli, vaid ka selles, et parandada mulla omadusi: neutraliseerida hapusid muldi (lubjaga),

õhustada raskeid muldi (liivaga, lubjaga ja kerge sõnnikuga), rikastada mulla huumuse ja ühes sellega mulla pisikute hulka (hariliku laudasõnnikuga), vähendada liigset niiskust (maa kuivendamisega), suurendada niiskust (niisutamisega ja valamisega) jne.

Mulla tähtsus. Taimi võib kasvatada ka ilma mullata, nagu nägime eespool; sellele vaatamata osutub muld siiski kõige sobivamaks ja otstarbekohasemaks aluseks taimede kasvatamisel, sest a) ta sisaldab ise hulga taimedele vajalikke toitesooli, b) ta hoiab hästi kinni niiskust ja väetamisel mullasse viidud sooli, c) oma huumusesisalduse poolest ta võimaldab loendamatuile pisikuile elamist ja olemist, millistest osa soodustab taimede kasvu, d) tumeda värvuse tõttu ta soojeneb hästi ning säilitab soojust.

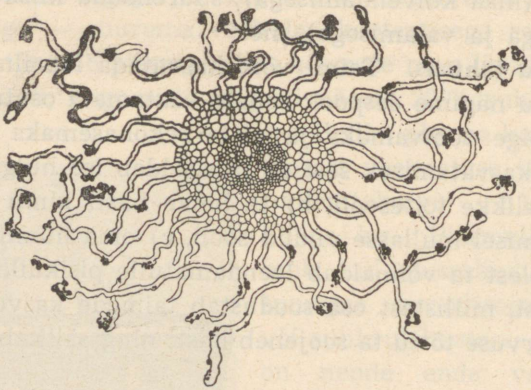
7. Juurte ehitus ja tegevus.

Juurte ehitus.

Vaatluskatse. Võtame klaasseintega kasti, mille põhi on kitsam kui pealmine osa ja mille otsmistes seintes on peenikesed õhuaugud. Täidame kasti niiske mullaga, jättes üles kaane alla 3—5 cm võrra ruumi, ning asetame mullapinnale vastu klaasi idanema mõned oa, herne või nisu seemned. Katame kasti kaanega, et muld liigselt ei kuivaks, ja asetame sooja kohta, kus jälgime idanemiskäiku läbi klaasi. Näeme: juured suunduvad peale seemnekestast väljumist otsejoones alla mullasse (raskustungi mõjul); et klaas on sissepoole viltu, siis suruvad juured endid selle vastu ja meie võime nende arengut hästi näha. Hernel ja oal tekib idujuurekesest p e a j u u r, mis pikemaks kasvades moodustab k ü l g j u u r i; viimased harunevad omakorda edasi peenemateks juureharudeks. Nisul tekib alul kolm enam-vähem ühesugust, võrdse jämedusega juurt, millele hiljemini lisandub teisi samasuguseid peeni juuri; need kõik on n a r m a s j u u r e d. Nisul ja

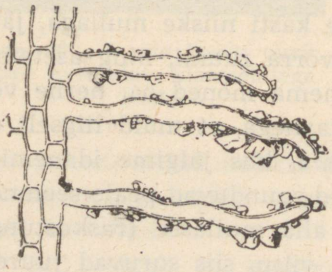
üheiduleheliste taimedel ei teki jämedamat peajuurt. Nii on ühe- ja kaheiduleheliste taimede juurte kuju erinev.

Vaatluskatse. Paigutame mõned nisuterised idanema



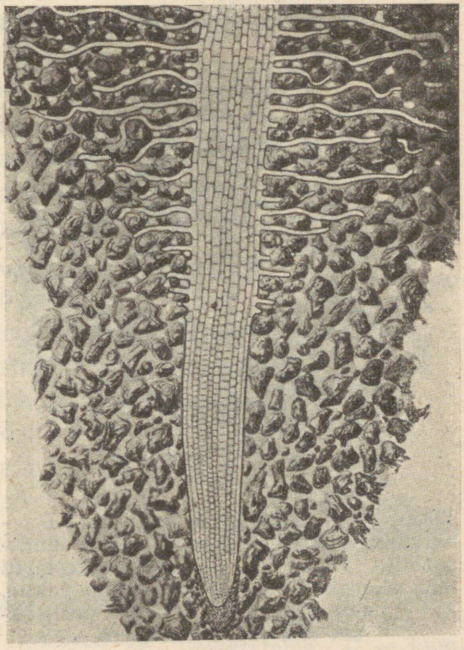
Joon. 30. Juure ristilõik.

niiskele filterpaberile ning asetame nad ühes sellega (et niiskus nii kiiresti ei auruks) mõnda kaanega klaasnõusse. Kolmandal-neljandal päeval märkame, et nisujuured on tihedalt kattunud peente juurekarvakestega. Mikroskoobiga neid vaadeldes näeme, et iga juurekarvake on üks rakk (õigemini rakuharu). Juurekarvakesed tekivad õrnakestalistest juure pindnaha (epibleemi) rakkudest — veidi tahapoole juuretipu kasvuvöödet, seega ainult peentel juurtel. Juure jämedamaks kasvamisega ning selle pindnaha paksenemisega surevad (kuivavad) juurekarvakesed. Mõnedel veetaimedel (vesiroos, vesikuusk jt.) puuduvad juurekarvakesed.



Joon. 31. Juurekarvakesed.

Vaatlus. Vaatleme mõnda tervet juuretippu mikroskoobiga. Näeme, et nad on kaetud *juurekübaraga*, mis kaitseb õrnu rakke juure mullas edasitungimisel kõvade mullasõmerate kriimustuste vastu. Juurekübar aga kulub väljast alatasa; kulunud rakkude asemele tekivad seestpoolt uued rakud; nii püsib juurekübar enam-vähem ühesuurusena.



Joon. 32. Juure ots mullas (pikilõik). Näha juurekübar ja juurekarvakesed.

Juurte tegevus.

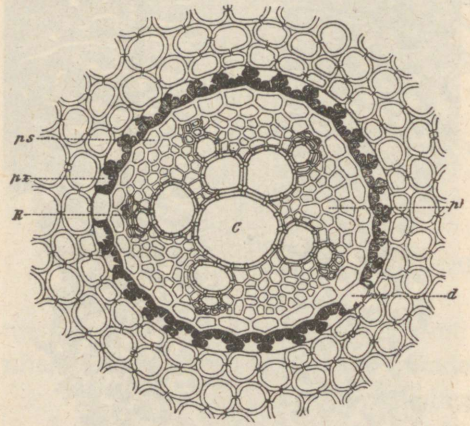
Jämedamad juured hoiavad taimi mullas püsti, peened juurte ladvad aga, mis on kaetud juurekarvakestega, võtavad mullast vett ja toitesooli.

Suurtel puudel on tüve *püstihoidmiseks* tugevad juured. Mõnel puuliigil tungivad juured sügavale mulda (tammel, pärnal, männil), teistel aga arenevad nad maapinna ligidal (kuusel ja kasel). Viimaseid murrab tuul sageli ühes juurtega mullast välja, esimesi aga mitte. Ka madalate rohtsete taimede juured on arenenud sõltuvuses mullastiku iseärasustest väga erinevalt. Ujuvatel veetaimedel, nagu vetikad, kilbukas, vesihernes jt., aga puuduvad juured üldse.

Vee ja toitesoolade vastuvõtmist toi-

metavad peamiselt juurekarvakesed. Need on elusrakud, millede rakumahlas leidub alati suhkrut. Viimane põhjustabki vee liikumist juurekarvakese vakuooli läbi rakukesta ja plasma. Vesi ühes lahustunud sooladega tungib osmootsel teel juurekarvakestesse, just samuti, nagu seda eespool tõestasime katsega.

Uurimised on näidanud, et suhkru (ja soolade) koondis juurekarvakeste rakumahlas on nõrgem kui kuski mujal taimeosades ja et see koondis tõuseb lehtede suunas. Sel põhjusel vesi ei või jääda peatuma juurekarvakestesse, vaid ta liigub siit edasi suurema koondisega suhkru- ja soolalahustega rakkudesse, kuni jõuab lõpuks lehtedesse, kus ta auruks muutudes taimest lahkub.

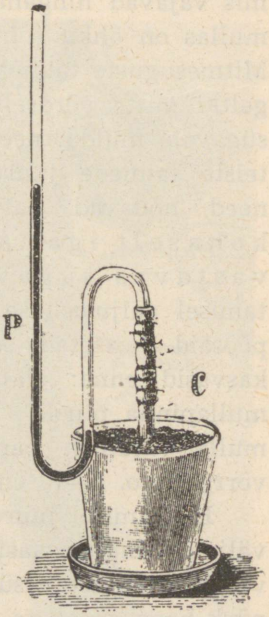


Joon. 33. Sibula juure ristilõik. *C* — kesksoon, *px* — paksukestased endodermise rakud, *d* — õhukesekestased läbilaskerakud, *ph* — juureniine rakud, *R* — juure torusooned; *ps* — peritsükkel ehk juure kambium.

Vaatlus. Teeme õhukese ristilõigu läbi sibula või võhumõõga juure (mitte juurika!) keskosa ja vaatleme seda mikroskoobiga, et võida heita pilku juure siseehitusele. (Rakukesta koostise mõistmiseks on soovitatav preparaati värvida kloortsink-joodiga või floroglutsiini ja soolhappega.)

Näeme: juure marrasknaha (epidermise) all asetseb parenhüümkude (juure koor), mis koosneb elusrakkudest. Juure siseosa on piiratud paksukestaste rakkudega, mida floroglutsiin värvib lillakas-punaseks (järelikult rakukes-

tad on puitunud või koguni korgistunud). Need paksukestased rakud moodustavad juure sisemarraski (sisenaha ehk endodermise), mille rakkude kestad on kolmest küljest puitunud ega lase seepärast vett läbi. Juure keskel näeme jämedamaid valendikke: need on puitunud seintega soonED, mida mööda liiguvad vesi ja toitesoolad juurest üles varresse. Soonte vahel asetseb saartena väiksematest rakkudest kude — juureniin; selle kaudu suhkur ja orgaanilised ained valguvad taime lehtedest alla juurtesse.



Joon. 34. Elavhõbemanomeetriga juurerõhu määramine. *C* — kummitoruga ühendatakse taime vars kõvera klaastoruga, kuhu on valatud elavhõbe (*P*). Juurerõhk surub elavhõbeda klaastorus üles.

Silmitsedes seda pilti tekib küsimus: kuidas pääsevad vesi ja mineraalsoolad juure koorerakkudest (parenhüümkoest) läbi puitunud kestaga endodermise rakkude juure keskel asetsevatesse soontesse? Mikroskoobiga täpsemalt endodermist uurides võime leida selles kohti (nagu auke), kus endodermise rakud on õhukesekestased: need on läbilaskerakud, millede kaudu pääsebki vesi ühes sooladega juure koorest juure keskossa — soontesse. Uurimised on näidanud, et läbilaskerakud võimaldavad veel liikuda ainult ühes suunas, s. o. väljast sissepoole. Need rakud töötavad seega nagu suruv pump, mispärast tekib juure soontes alatine rõhk, mis surub vett edasi. Kui lõikame kevadel puul tüve maha, siis kännud „nutavad": juurte rõhu mõjul suru-

takse sealt vett välja. Seda juurte rõhku võib mõõta elavhõbemanomeetriga, nagu näha joon. 34.

Juurte hingamine. Nagu nägime eespool, juurte peenemad osad ja juurekarvakesed koosnevad elusrakkudest, mis vajavad hingamiseks hapnikku. Kuivas ja kohedas mullas on õhku rohkesti, märjas mullas aga üsna vähe. Mitmesuguste taimeliikide juured vajavad hapnikku kaugeltki mitte võrdselt. Ühtede taimede juured tungivad sügavale mulda: need lepivad väiksema hapnikuhulgaga; teiste taimede juured aga arenevad mullapinna ligidal: need nõuavad palju hapnikku. Hapnikunõuete kohaselt iga taimejuurestik areneb talle vastavas sügavuses. Seepärast ei või ümberistutamisel paljuaastase elukestusega taimi — eriti puid ja põõsaid — asetada kunagi sügavamalt mullasse, kui nad kasvasid enne: alati jäägu istutatud puudel juurekael mullapinna piirile. Sealjuures tuleb aga veel arvestada mulla vajumist pärast istutamist ning istuda puud seevõrra (s. o. 5—10 cm) mullapinnast kõrgemale.

Hingamisel juured neelavad hapnikku ning hingavad välja süsihappegaasi (CO_2). Viimane, ühinedes mullas veega, moodustab süsihappe (H_2CO_3). Kuigi see on väga nõrk hape, omab ta siiski võimet lahustada vees lahustumatuid sooli: näiteks lupja ($CaCO_3$), fosforiiti [$Ca_3(PO_4)_2$] jt. Niiviisi pääsevad ka vees lahustumatud soolad taimedesse.

Juurekarvakeste tähtsus, peale vee imemise, seisab veel selles, et nad suurendavad paljukordselt juurte tegevuspinda. Et nad püsivad vaid peente juurte tippude piirkonnas ja kaugemal, jämedamaks kasvanud juurteosadel ära kaovad, nihkuvad nad juurte kasvades kogu aeg mullas edasi ning puutuvad sel viisil kokku peaaegu iga pisemagi mullaraasukesega juurestiku piirkonnas.

Juure teisi ülesandeid. Paljude taimede juurtesse säilitatakse talveks toiteainete (tärklise, suhkru, val-

kude jt.) tagavarasid; sellised juured muutuvad jämedamaks, näit. porgandil, kaalikal, peedil, naeril, siguril, mädarõikal jt., ning inimesed kasutavad neid toiduks juurviljana. Mullas elutsevate loomade ja röövikute vastu on need toidutagavarad kaitstud mürk- ja mõruainetega, mis asetsevad enamasti juurte koores.

Mõningaid taimi võib paljundada juuremugulatega (pojeng, daalia).

Joon. 35. Mükoriisa lepa juurtel.

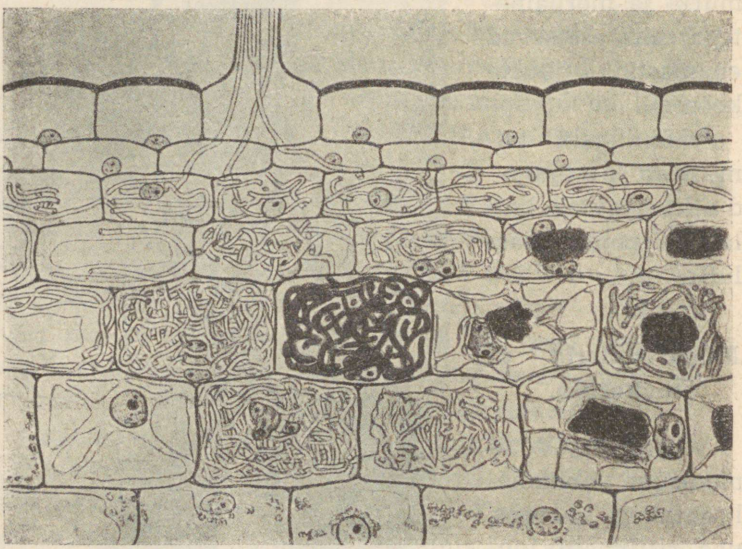
Mügarbakterid ja mükoriisa.

Vaatlus. Võtame mõne liblikõielise taime (hernes, uba, ristikhein) juuremügara, teeme sellest hästi õhukese lõigu ja vaatame seda võimalikult suure suurendusega (1000×, kui selline objektiiv olemas). Näeme, et mügara rakud on tulvil täis pisikesi täpikesi — bakterеid.

Liblikõieliste taimede juurtel asetsevates mügarates elutsevad mügarbakterid omavad võimet valmistada õhulämmastikust lämmastikku sisaldavaid toiteaineid. Nende bakterite kaasabil liblikõielised võivad elutseda kehvemates muldades kui teised taimed. Liblikõieliste taimede juured suudavad koguni muldagi rikastada

lämmastikusooladega pärast juurte mädanemist (näit. ümberküntud ristikheinasöödis). Mügarbakterid arenevad paremini leelisestes muldades, seepärast ka liblikõielised taimed kasvavad hästi lubjarikastel maadel.

Paljud metsapuud elavad sümbioosis (kooselus) seentega, mis elutsevad nende juurtel või juure kudedes. Neid



Joon. 36. Mükoriisa käpalise käokeele juurtes.

seeni nimetatakse mükoriisaks[1] ja nad aitavad juurtel vastu võtta vett ja toitesooli. Puhastes kultuurides, ilma vastavate seenteta, pole neid taimi sageli üldse võimalik kasvatada. Mükoriisaga taimed on: lepad, pöökpuud, kuused, kanarbikulised, käpalised jt.

Parasiit- ja poolparasiittaimed.

Mõned taimed tungivad kas juurtega või erisuguste imikutega teistesse elustaimedesse ning imevad sealt

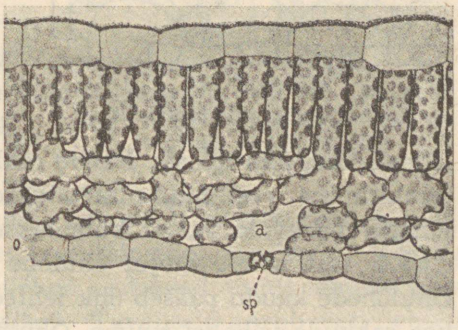
[1] Mükoriisa — juureseen.

endile vajalikke toiteaineid. Need on kas parasiit- või poolparasiittaimed. Esimestel puuduvad enamasti tavalised juured ja nad on varustatud ainult lühikeste imikutega, näit. võrm, soomukas, käopäkk, teistel on peale imikute ka tavalised juured. Parasiittaimed on sageli ilma lehtedeta ega oma üldse leherohelist; poolparasiittaimed, nagu silmarohud, robihein, härgheinad jt., on rohelised taimed, mis võivad toituda ka iseseisvalt.

8. Lehe ehitus ja tegevus.

Lehe ehitus.

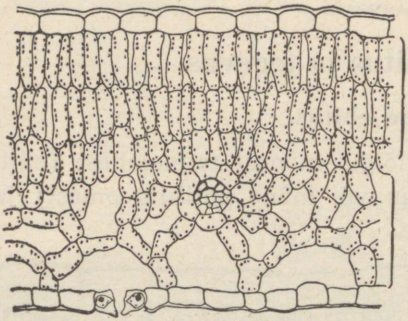
Vaatlus. Teeme ristilõigu mõnest taimelehest (näit. mungalille, kapsa, õunapuu või mõne potilille omast) ja vaatleme seda mikroskoobiga. Näeme: lehe pealmine ja alumine pind on kaetud lamedarakulise marrasknahaga. Pealmise marrasknaha rakkude välisseinad on enamasti tugevasti paksenenud ning kaetud kutiiniga, alumise marrasknaha omad aga vähem. Lehe ülemisel küljel marrasknaha all leiame ühe või rohkem kihte (vt. mungalille ja õunapuu lehel) piklikke rakke, mis on tihedasti surutud üksteise vastu ja milles leidub rohkesti kloroplaste. See on sammaskude. Sammaskoe all on kohedam kude, mille rakkude vahel leidub suuremaid ja väiksemaid õhuga täidetud vahe-



Joon. 37. Mungalille leht — ristilõik; *a* — õhuruumid rakkude vahel; *sp* — õhulõhe.

ruume. See on lehe kobekude. Ka kobekoe rakkudes näeme kloroplaste, kuid väiksemal arvul kui sammaskoe rakkudes. Sammas- ja kobekoe piirdel leiame lehtedes veel ringikujuliselt rakkudega piiratud juhtkoe soonkimbuna. Sellise ehitusega on suures enamikus ka teiste taimede lehed.

Vaatlus. Lõikame mõne taime lehe alumiselt pinnalt habemenoaga tükikese marrasknahka ja vaatleme seda mikroskoobiga. Näeme: marrasknaha rakkude piirded on lainjad (üheidulehelistel — ka sirgjoonelised); rakud on läbipaistvad ja nendes puuduvad kloroplastid. Kuid selliste tavaliste marrasknaharakkude vahel märkame paarikaupa pisemaid ja kõvera kujuga rakke, milledes leidub kloroplaste. Nende rakkude vahele jääb pisike pilukujuline ava, mida nimetatakse õhulõheks; õhulõhesid piiravaid rakke kutsutakse aga sulgrakkudeks, sest nende mõjul õhulõhe suletakse ja avatakse. Õhulõhede kaudu pääseb õhk lehtedesse ning täidab kobekoe rakkude vahelisi ruume. Õhulõhede kaudu aurub aga ka taimelehtedest vett.



Joon. 38. Ristilõik õunapuu lehest; sammaskude on kolmekihine.

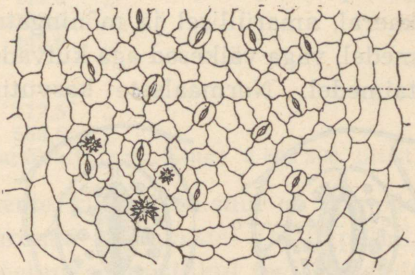
Vee aurumine lehtedest.

Vett aurub lehtedest kahel teel: a) läbi õhulõhede ja b) läbi marrasknaha rakkude. Katsetega on selgitatud, et suurem osa vett aurub lehtedest õhulõhede kaudu ning üsna väike osa (keskmiselt $^1/_{20}$—$^1/_{40}$) läbi marrasknaha. Vee aurumist läbi marrasknaha rakkude takistavad ku-

tiinistunud rakkude kestad, mis on sageli veel kaetud vahaainega ja tiheda karvkattega.

Läbi õhulõhede auruv veehulk oleneb: a) õhulõhede asetusest, b) nende arvust ja c) avade suurusest. Kaudselt mõjustavad aga vee aurumist lehtedest veel — taime kõrgus, tuule tugevus, õhu soojus ja õhu niiskus.

Õhulõhede asetus on taimedel mitmesugune: ühtedel taimedel õhulõhed asetsevad lehe mõlemal küljel kaunis võrdsel arvul, näit. kõrsviljadel, tomatil jt., teistel taimeliikidel (enamik taimedest) on pealmisel lehepinnal õhulõhesid vähem kui alumisel, näit. kapsal, kaalikal, kartulil, kurgil jt.; kolmandatel puuduvad õhulõhed ülemisel lehepinnal ja esinevad ainult alumisel, näit. õunapuul, kirsipuul, persikupuul jt.; lõppeks ujuvate lehtedega veetaimedel (vesiroos, jõekupp, ujuv penikeel jt.) õhulõhed asetsevad ainult lehtede ülemisel pinnal. Miks? Tavaliselt aurub vett lehtede ülemiselt pinnalt rohkem kui alumiselt. Kuivadel ja päikesepaistestel kohtadel kasvavatel taimedel on õhulõhed alumisel lehepinnal ja puuduvad ülemisel, kuna niisketes ja varjulistes kohtades kasvavatel taimedel see on vastupidi.



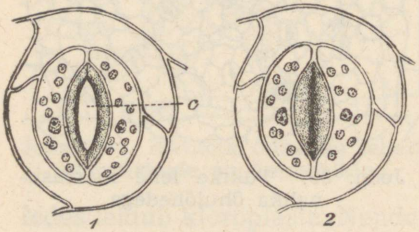
Joon. 39. Tükike lehe marrasknahka õhulõhedega.

Õhulõhede arv võib olla mitmesugustel taimeliikidel, aga ka ühel ja samal taimeliigil, olenedes kasvukohast, väga erinev. Tabelis lk. 68 on toodud keskmine õhulõhede arv 1 cm^2 lehepinnal meie tuntumatel taimedel.

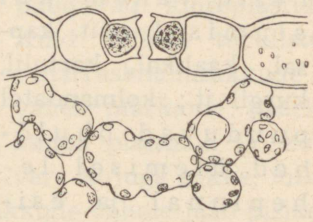
Taime nimi	1 cm^2 ülem. lehepind	1 cm^2 alum. lehepind
Nisu	6 200	4 400
Oder	5 400	5 400
Kaer	4 000	4 400
Kartul	5 200	16 300
Kapsas	5 200	23 000
Õunapuu	0	31 200

On arusaadav, et lehtedest, mille marraskis on rohkem õhulõhesid, vee aurumine on suurem.

Õhulõhede avade suurus oleneb taimeliigist, päevaajast ja ilmastikust. Suuremad õhulõhed on kaeral, amarüllisel ja mõningatel vee- ja niiske maa taimedel, väga väikesed aga kuivade kinkude, stepi- ja kõrvetaimedel. Normaalsete kasvutingimuste puhul on ena-



Joon. 40. Õhulõhed: *1* — avatud (*c* — ava), *2* — suletud. (Pealtvaade.)



Joon. 41. Õhulõhe ehitus (külgvaade).

mikul taimedest õhulõhed avatud ainult päeval (valguse käes) ning suletud öösi, kuid esinevad ka erandjuhud, kus taimedel õhulõhed sulguvad palavaga keskpäeval või kus nad jäävad avatuks öösi (näit. öösi õitsevatel taimedel). Mõningatel taimeliikidel õhulõhed sulguvad vihmaga, teistel jälle kuivaga.

Kui palju aurub vett taimedest? — Katse. Lõikame mõne elava ja lehistunud taimeoksa, asetame selle veega täidetud klaasi ja kallame vee peale kihi õli. Õli ei auru ja takistab ka vee aurumist klaasis. Asetame veeklaasi ühes oksaga tundlikule kaalule ning tasakaalustame. Nüüd

võime jälgida, kui palju aurub võetud taimeoksast vett — näit. 1 tunni, 6 tunni, 12 tunni, 24 tunni vältel jne.

Selliseid katseid terve taimega nende loomulikes kasvukohtades on raskem teostada ja nad nõuavad keerulisemaid vahendeid. Sellekohased katsed on aga näidanud, et suve jooksul taimedest auruv veehulk on mõnikord väga suur. Järgmised andmed on võetud Ameerika (USA) vastavast uuemast kirjandusest ning näitavad auruva vee hulka taimedest suvise kasvuaja vältel:

1 hernetaimest	58,5	liitrit	
1 kartulitaimest	112,5	„	
1 tomatitaimest	153,0	„	
1 maisitaimest	243,0	„	
1 talinisutaimest (15-harul. juurdunud põõsas)	112,5	„	
1 päevalilletaimest	553,5	„	
1 hektaarilt kõrsviljapõllult	(arvutatud)	3 602 300	liitrit.

Nendest andmetest näeme, kui ääretu suur on taimede veenõue suve jooksul suuremal kultuuralal (näit. põllul, aias), kui raske on seda veehulka kunstlikul teel (valamisega) soetada ja milline suur tähtsus on vihmal kui looduslikul maa niisutajal.

Kuidas avanevad ja sulguvad õhulõhed? Enamikul taimedest on õhulõhed avatud päeval ja suletud öösi. On tähelepandav, et päevaajal, millal õhulõhed on avatud, sisaldavad sulgrakud rohkesti suhkrut, kuna öösi, millal nad on suletud, on samades rakkudes suhkru asemel tärklis. Seega rööbiti õhulõhede avanemise ja sulgumisega käib tärklise muutumine suhkruks ja suhkru muutumine tärkliseks. Selle muutumise põhjuseks arvatakse olevat ensüüm diastaas, valgus ja K- ja Ca-soolad. Ka nendel taimedel, millede õhulõhed sulguvad päeval või püsivad avatuina öösiti, on avatud õhulõhede puhul leitud nende sulgrakkudest suhkrut, suletud õhulõhede puhul aga tärklist. Veel on kindlaks tehtud, et suhkru- ja tärklisehulk sulgrakkudes on tunduvalt suurem kui marrasknaha rakkudes,

mis asjaolu põhjustavad sulgrakkudes peituvad kloroplastid.

Tekib küsimus: miks õhulõhed on avatud, kui sulgrakkudes on suhkur, ja miks nad on suletud, kui seal suhkur on muutunud tärkliseks?

Katse. Lõikame kaalika või porgandi pooleks ja puurime mõlemasse poolde ühesuurused augud. Kuivatame augud kuivatuspaberiga ning täidame ühe augu suhkruga, teise tärklisega. Asetame katseobjektid kuhugi rahulikku kohta ning jälgime katset 2—3 päeva jooksul. Märkame: suhkruga täidetud auku koguneb vett kaalika või porgandi kudedest; suhkur lahustub ja pikema seismise järel suhkrulahus hakkab voolama üle augu ääre; kaalika koed augu ümber aga tohletuvad vee kaotuse mõjul ning muutuvad pehmeks. Tärklisega täidetud auk jääb aga kogu aeg kuivaks ja sinna ei imbu üldse vett. Katsest näeme, et suhkur seob endaga vett, tärklis aga mitte.

Nii on lugu ka õhulõhede sulgrakkudes: kui nendes on suhkrut ja selle koondis on suurem kui naaberrakkudes, siis liigub vesi naaberrakkudest sulgrakkudesse ja siin tekib vee juurdevoolu mõjul rõhk (turgor), mis rakuseinad välja venitab. Et aga sulgrakkude seinad on ebaühtlase paksusega, siis õhemad (sulgrakkude väljaspoolsed seinad) venivad rohkem välja kui paksud, õhuava ümbritsevad seinad; nii tõmbuvad sulgrakud õhupilu ümber kõveraks: õhulõhed avanevad. Muutub aga suhkur tärkliseks, siis kaob sulgrakkudes sisemine pinge; vesi tungib nüüd sulgrakkudest välja marrasknaha rakkudesse, kus on suhkrut. Sulgrakkude seinad lähevad lõdvaks ning sirgeks; õhupilu seinad langevad vastamisi: õhulõhed sulguvad.

Mis tähtsus on vee aurumisel lehtedest? Lehtedest vee aurumine on seoses taimejuurte tegevusega: taimejuu-

red võivad alati mullast vastu võtta ainult niipalju vett (ühes veega ka toitesooli), kui palju seda aurub lehtedest. Aurub aga lehtedest rohkem vett, kui juured suudavad mullast saada (näit. liiga kuivas mullas), siis närtsivad taimed ja surevad. Seepärast vee aurumine lehtedest peab olema tasakaalus juurestiku kaudu saadava vee hulgaga.

Peale selle vee aurumine lehtedest on väga s u u r e k s j õ u k s, mis tõstab vett üles kõrgete puude latva ja paneb selle liikuma kogu taimekehas.

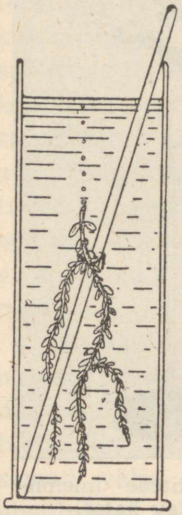
Joon. 42. Lehtede imemisjõudu näitav katse.

Katse. Lõikame toore lehtedega puu oksa ja ühendame selle kummitoru abil 30—40 cm pikkuse klaastoruga. Köidame kummitoru oksa kui ka klaastoru ümber kõvasti kinni, nii et õhku selle vahelt läbi ei pääseks, ning täidame klaastoru veega. (Katse õnnestub hästi siis, kui puu oksa lõikame vee all ja kui torru puuoksa otsa juurde ei jää ühtki õhumullikest). Kattes veega täidetud toru otsa näpuga, asetame toru otsa elavhõbedaga täidetud klaasi. (Et elavhõbe ei auruks ega levitaks inimorganismile kahjulikke gaase, tuleb valada elavhõbedale nõusse vett peale.) Kinnitame oksa koos toruga hoidja külge ning jälgime katset. Juba 15—20 min. järel märkame, et elavhõbe hakkab klaastorus tõusma: lehtede kaudu oksast äraaurunud vee asemele tungib vesi torust ning vee asemele jälle elavhõbe. Vee aurumine taimede lehtedest mõjub seega imevalt ja vett tõstvalt nagu pump.

Lehtedest aurub ära ainult vesi, kuna selles lahustunud soolad jäävad kõik leherakkudesse. Siin osa neid sooli, mida vesi on üles tõstnud, kasutatakse toiteainete valmistamiseks ning viiakse ainetevahetuse ringkäiku, osa aga jääb püsima rakumahlasse.

Süsiniku sarnastamine ehk assimilatsioon.

Tähtsaim lehtede ülesanne on süsiniku sarnastamine, s. o. süsihappegaasist, veest ja mineraalsooladest süsinikuühendite ehk orgaaniliste ainete valmistamine. Kuidas ja missugustes tingimustes see toimub, seda näeme järgnevatest katsetest.



Joon. 43. Katse vesikatku oksaga.

Katsed [1]. Võtame vesikatku oksi, lõikame nende varreotsad terava noaga läbi, et nende õõned ei ummistuks, köidame nad kaunis õrnalt puhta klaaspulga külge, lõigatud (tüvepoolsed) varreotsad ülespidi, ja asetame nad ajutiselt puhtasse vette. Nüüd võtame kaks klaasanumat: ühe täidame keedetud ja ilma liigutamata jahtuda lastud õhuvaba destilleeritud veega (häda korral võib kasutada ka harilikku keedetud ning jahutatud vett), teise sama veega, millele lisandame aga natuke selterssi või söögisoodat, s. o. varustame süsihappegaasiga.

a) Asetame nüüd vesikatku oksad ühes klaaspulgaga süsihappegaasiga varustatud veeanumasse ning tõstame selle päikesevalgusse: kohe hakkab varreotsast erituma gaasimullikesi. Varjutame katseanumat päikese eest papitükiga: mullikeste eritumine jääb taimevarte otstest har-

[1] Nende katsete korraldamiseks vajame päikesepaistest ilma.

vemaks ning lõpuks seisma. Kõrvaldame papitüki ja laseme päikesel paista uuesti vesikatku vartele: mullikeste eritumine algab uue jõuga.

b) Teeme sama katset samade vesikatku okstega õhuvabas destilleeritud vees, s. o. tõstame need oksad esimesse veeanumasse ning asetame päikesevalgusse: siin gaasimullikeste eritumine ei toimu ei päikesevalguses ega pimedas.

c) Viime vesikatku oksad uuesti süsihappegaasiga varustatud vette päikese kätte ning kogume erituvat gaasi veega täidetud ja kummuli keeratud katseklaasi; selleks katame vesikatku varreotsad klaaslehtriga ning asetame gaasikogumise katseklaasi vee all selle toru kohale. Kui gaasi on $^1/_3$—$^1/_2$ klaasi, suleme katseklaasi vee all sõrmega õhukindlalt ning pöörame ümber. Viime katseklaasi kogutud gaasisse traadi otsas tükikese hõõguvat sütt: süsi hakkab katseklaasis põlema heleda leegiga. Siit näeme, et gaas, mida eritasid päikesevalgusel rohelised vesikatku oksad (õieti küll selle rohelised lehed[1]), on h a p n i k.

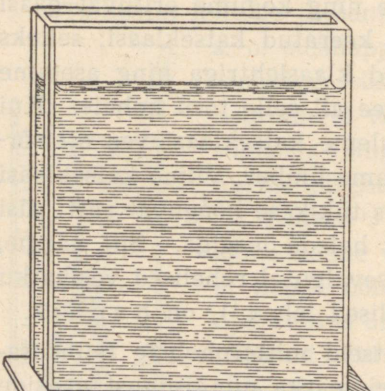
d) Kordame eelmisi katseid mitteroheliste taimeosadega, näit. juurtega: meie ei märka mingisugust gaaside eritumist ei päikesevalguses ega pimedas.

Eelmistest katsetest näeme: 1) rohelised taimelehed eritavad päikesevalguses hapnikku; 2) hapniku eritamiseks nad vajavad süsihappegaasi; 3) mitterohelistel taimedel puudub võime eritada hapnikku päikesevalguses.

Analüüsidest on selgunud, et taime kuivaines on kuni 50% süsinikku. Taimede toitluskatsed aga näitavad, et süsinik puudub mineraalsoolade ja väetiste hulgas ja et taimed teda juurte abil mullast ei võta. Kust saavad siis taimed süsinikku, mida neile nii suurel hulgal tarvis? — Nad võtavad seda õhust (veealused taimed muidugi veest) s ü s i h a p p e g a a s i n a. Õhus on süsihappegaasi kau-

[1] Veealused taimed ei erita hapnikku mitte otse vette, vaid lehe rakuvahelistesse ruumidesse, mis on ühenduses varreõõnega.

nis vähe, mahu järgi 0,03%, linnade kohal veidi rohkem, metsade ja merede kohal vähem. Süsihappegaasi satub õhku järgmistest allikatest: inimeste ja loomade hingamisel, majade ja vabrikute, vedurite, aurikute jt. korstnaist, tulepurskemägedest, mädanevatest taime- ja loomajäätmeist jne. Maakera õhkkonnas arvatakse süsihappegaasi leiduvat üldse 2 100 000 000 000 000 kg. See hulk on püsiv, sest taimede poolt assimilatsioonil tarvitatav ja teistest allikatest õhku juurde tulev CO_2 hulk on enamvähem võrdne. Süsihappegaas pääseb taimelehtedesse õhulõhede kaudu. Päikesevalguse kaasabil rohelised kloroplastidega varustatud taimerakud (mida on kõige rohkem lehtede sammaskoes) valmistavad süsihappegaasist ja veest süsiniku ja vee ühendeid, süsivesikuid, mispuhul vabaneb hapnik. Seda toimet nimetatakse süsiniku sarnastamiseks ehk assimilatsiooniks. Selles ülitähtsas toimes on peategureiks taimeraku kloroplastides peituv roheline värvaine — klorofüll — ja päikesevalgus.



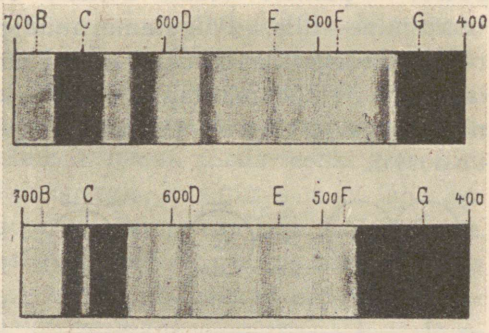
Joon. 44. Klaasnõu klorofülli valguskiirte neelamise määramiseks.

Klorofüll.

Katse. Hõõrume portselanuhmris peeneks rohelisi taimelehti (näit. nõgeselehti), valame piiritust peale ja segame: piiritus omandab tumerohelise vär-

vuse, sest kloroplastide värvaine — klorofüll — lahustub piirituses. Kurname klorofülli-piirituslahuse hästisuletavasse klaasnõusse või katseklaasi; ta on läbipaistvas valguses tumeroheline, põrkvalguses aga punaka helgiga.

Katse. Valame klorofülli-piirituslahust katseklaasi ja lisandame sinna niisama palju bensiini; loksutame mõlemad hästi segi. Bensiin ei segune piiritusega, vaid koguneb varsti selle pinnale, sest ta on piiritusest kergem. Sealjuures bensiinikiht on tumeroheline, piiritusekiht — rohekaskollane. Nii võime lahutada klorofülli kaheks värvaineks ehk pigmendiks: tumeroheliseks ja kollaseks.



Joon. 45. Klorofülli valguskiirte neelamine: ülal a-klorofüllist, all b-klorofüllist läbi lastud päikesevalguse spektrid; mustad vöötmed on neelumiskohad, kust kiired kadunud.

Erimenetlustega on kumbagi värvainet võimalik jagada veel kaheks algosaks, nii et lõplikult klorofüll koosneb neljast pigmendist:

a-klorofüll [1] } tumerohelise
b-klorofüll } värvusega

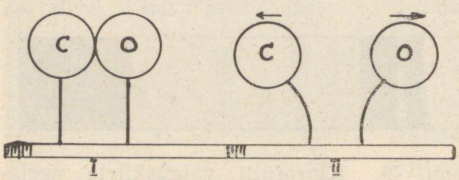
ksantofüll [2] } kollase
karotiin [3] } värvusega

a- ja b-klorofüllist oleneb taimelehtede roheline vär-

[1] Klorofüll tähendab — leheroheline.
[2] Ksantofüll — lehekollane.
[3] Karotiin — porgandi värvaine (sest ta esineb ka porgandis — *Daucus carota*).

vus, ksantofüllist ja karotiinist lehtede sügisene kollane värvus.

Klorofülli tähtsus. — Katse. Teeme toa pimedaks ja laseme läbi peene aknakatte augu kimbu päikesekiiri tuppa. Asetame valguskiirtekimbu ette klaasprisma; kiirtekimp jaguneb 7 värvivöötmeks ehk spektriks: punane—oranž—kollane—roheline—helesinine—tumesinine—lilla. Paigutame nüüd prisma ette õhukeste rööpkülgedega klaasnõu (10×5×1 cm) klorofülli piirituslahusega. Nüüd märkame, et spektrist on kadunud osa punast ja kõik sinised ja lillad toonid.



Joon. 46. Katseseadise skeem, mis näitab CO_2 molekuli lahutamist.

Katsest näeme, et klorofüll neelab päikesevalgust; selles seisabki ta määratu suur ja ainulaadne tähtsus looduses: ta vangistab päikesevalgust, päikeseenergiat ja rakendab selle tegevusse süsinikuühendite moodustamisel. Milleks ja mis määral seda energiat tarvis on, see selgub järgmisest näitest: 180 g[1] suhkru ($C_6H_{12}O_6$) moodustamiseks on tarvis 264 g süsihappegaasi (CO_2), 108 g vett (H_2O) ja 674 000 kal. energiat, ehk valemi järgi: $6CO_2+6H_2O+674\,000$ kal. → $C_6H_{12}O_6+6O_2$. Suhkru moodustamisel vabaneb hapnik.

Katse. Võtame kaks metallist kuuli, mis on kinnitatud terasvedrude otsa; asetame nad paku külge nii, et kuulid oleksid surutud tugevasti teineteise vastu. Tõmbame kätega kuulid teineteisest eemale; et hoida neid teineteisest lahus, selleks peame kulutama käte jõudu. Niipea kui laseme käed kuulide küljest lahti, langevad kuulid teine-

[1] Üks nn. gramm-molekul suhkrut on 180 g, sest suhkru molekulkaal on 180.

teise vastu. Teineteise vastu põrgates kuulid lähevad soojaks. Kust tuli see soojus? See moodustus sellest energiast, millega hoidsime kuule lahus. Meie käte energia ei läinud seega kaduma, vaid muutus soojuseks.

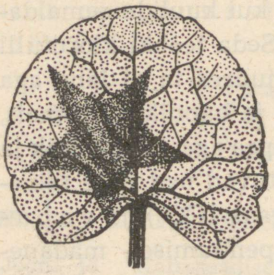
Umbes samane lugu on ka päikeseenergiaga taimelehes. Et moodustada suhkrut süsihappegaasist ja veest, tuleb eraldada hapnik süsihappegaasist ehk — teiste sõnadega — lõhkuda CO_2 molekul süsinikuks ja hapnikuks (s. o. C ja O_2). C ja O_2 on aga CO_2 molekulis omavahel väga tugevas seoses. See seos tuleb katkestada ning selleks kulutada energiat umbes samuti kui kuulide eemaldamiseks teineteisest eelmises katses. Seda teebki klorofülli abil vangistatud päikeseenergia, kusjuures ta ei lähe aga kaotsi, vaid säilib lahutatud süsiniku ja hapniku aatomeis, kuni nad on teineteisest eraldatud. Niipea aga, kui süsinik ja hapnik teineteist uuesti kohtavad, liituvad nad jälle teineteisega, mille puhul tekib süsihappegaas (CO_2) ja vabaneb soojus (näit. põlemisel, hapendumisel, mädanemisel, hingamisel). Seega soojus, mida saame ahjudes puude, hagude, turba või kivisöe põletamisel, mootorites bensiini põletamisel jne., on päikeseenergia, mis mõnel juhul võib olla säilitatud sadade (puudes), tuhandete (turbas) ja miljonite aastate eest (kivisöes, põlevkivis). Ka elektrijõud ja valgus on seesama päikeseenergia, mis on masinate abil ümber muudetud elektriks, samuti kui seegi soojus, mis tekib meie kehas (veres) toiteainete hapendumisel — hingamise tagajärjel. Seega päike on kogu energia allikaks elusloodus es ning ilma päikeseta kaoks elu maakeralt.

Missuguseid süsinikuühendeid valmistavad taimelehed?

Katse [1]. Katame õhtul valguskindla tinapaberiga (stanniooliga) toapriimula või mungalille lehe kinni ning lõikame katepaberisse enne mõne märgi või

[1] Katse tuleb teha selge, päikesepaistese ilmaga.

tähe. Järgmisel päeval pärast lõunat võtame katselehe ja ühe hariliku lehe selle kõrvalt ning asetame nad mõlemad paariks minutiks keeva vette, kuni nende rakud ära surevad. Siis paigutame lehed umbes 10 minutiks piiritusse. Klorofüll lahustub piirituses ja lehed kaotavad oma rohelise värvuse. Asetame nad nüüd pärast puhta veega loputamist taldrikule vähesesse vette ning tilgutame sinna veidi jood-joodkaaliumi lahust. Näeme: katseleht jääb muidu valgeks (värvituks), ainult katepaberi lõike kohale ilmub nähtavale sinine märk — seesama, mille lõikasime katepaberisse. Teine katmatult seisnud leht värvub aga üleni siniseks. Sinise värvuse joodiga annab tärklis. Katsest näeme: valguse käes tekib rohelises lehes tärklis, kuid ainult otseselt päikesekiirtest mõjustatud leheosades.



Joon. 47. Tärklis tekib valgustatud leheosas, mis joodiga värvub siniseks.

Öösi pimedas tärklis muutub ensüümi mõjul suhkruks ja valgub sellena lehtedest välja. Kui korrata joodiproovi hommikul vara taimelt murtud lehega, siis jääb see joodi juurdelisamisel valgeks ega anna sinist värvust, sest temas pole tärklist.

Uurimised on näidanud, et esimeseks süsiniku sarnastamisel tekkivaks aineks pole ei suhkur ega tärklis, vaid palju lihtsama ehitusega aine — sipelgahappe-aldehüüd — CH_2O. Selle aine üldtekkekäik veest ja süsihappegaasist on järgmine:

$$2CO_2 + 2H_2O \rightarrow 2CH_2O + O_2.$$

Siit näeme, et sipelgahappe-aldehüüd tekib süsihappegaasist ja veest, kusjuures eraldub hapnik.

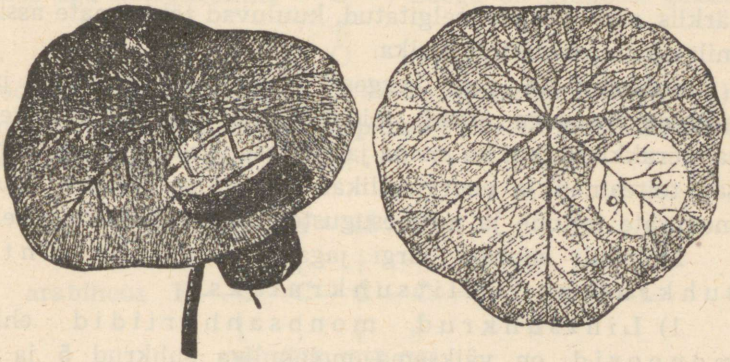
Sipelgahappe-aldehüüdist võib saada tema molekulide liitumisel suhkru:

$6CH_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6$ (viinamarja- ehk kobarsuhkur, glükoos). Viinamarjasuhkrust saame samuti liitumise teel harilikku ehk naerisuhkrut ja tärklist:

$2C_6H_{12}O_6 - H_2O \rightarrow C_{12}H_{22}O_{11}$ (harilik suhkur);

$nC_6H_{12}O_6 - nH_2O \rightleftarrows [C_6H_{10}O_5]n$ (tärklis).

Tärklis võib muutuda ensüümide kaasabil vastassuunas tagasi suhkruteks.



Joon. 48. Tärklis ei teki pimedas: korgiga kaetud osa klorofüllist vabastatud lehest jääb valgeks joodi lisandamise puhul, sest seal puudub tärklis.

Peale suhkrute ja tärklise valmistavad taimed süsihappegaasist ja veest veel tselluloosi. Suhkrud, tärklis ja tselluloos on nn. süsivesikud (süsiniku ja vee ühendid), sest nendes on hapniku- ja vesinikuaatomid samas vahekorras nagu vees (H_2O).

Süsivesikutest moodustatakse edasi hapniku ja mineraalsoolade liitumise teel lõpmata read mitmesuguseid süsinikuühendeid ehk orgaanilisi aineid.

Süsivesikud.

Varemini nimetati süsivesikuiks kõiki süsinikuühendeid, milledes vesiniku ja hapniku vahekord molekulis on selline nagu vees, s. o. vesinikku kaks korda rohkem kui

hapnikku, ja kus igale süsinikuaatomile vastas üks vee molekul. Seega paistis, nagu koosneksid süsivesikud ehk süsihüdraadid süsinikust ja veest, mispärast tekkiski selline nimetus. Nii kuulusid siia ka äädikhape $C_2H_4O_2$, piimahape $C_3H_6O_3$ jt.

Tänapäev aga peetakse süsivesikuteks ainult osa sellistest süsinikuühendeist ja nimelt suhkruid, tärklist ja tselluloosi. Nendest ainetest suhkur ja tärklis, nagu eespool selgitatud, kuuluvad tähtsamate assimilatsiooniproduktide hulka.

Suhkrud on vees kergesti lahustuvad kristalsed ja magusa maiguga ained, mida leidub kõikides elusates taimerakkudes kui ka looma ja inimese veres. Nad on tähtsad toiteained ja energiaallikad. Inimene kasutab neid magusate toitude ja mitmesuguste jookide valmistamisel.

Molekuli suuruse järgi jagatakse suhkruid lihtsuhkruteks ja liitsuhkruteks.

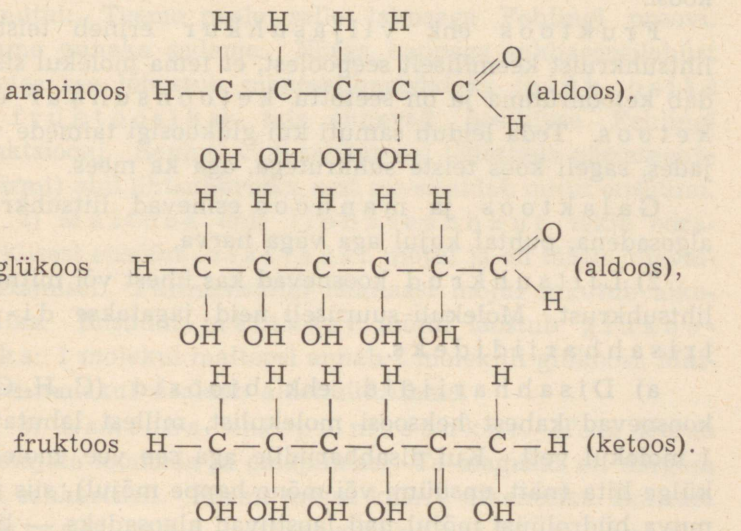
1) Lihtsuhkrud, monosahhariidid ehk monoosid on väiksema molekuliga suhkrud 5 ja 6 süsinikuaatomiga, s. o. $C_5H_{10}O_5$ ja $C_6H_{12}O_6$. Väikese molekuli tõttu need suhkrud pääsevad läbi rakuplasmast ja rakukestast ning võivad liikuda ühest rakust teise. Seedimisel kõik suurema molekuliga suhkrud ja süsivesikud muudetakse ensüümide kaasabil lihtsuhkruiks, sest ainult niisugusel kujul nad võivad pääseda verre.

Süsinikuaatomite arvu järgi lihtsuhkrud jagunevad kahte alarühma — pentoosideks ja heksoosideks.

a) Pentoosid on 5 C-aatomiga suhkrud — $C_5H_{10}O_5$. Nendest on tähtsamad arabinoos ja ksüloos. Neid leidub peetides, mungalilles, päevalilles, porgandis, kartulilehtedes, kirsivaigus jm. Pärmi mõjul nad ei kääri alkoholiks.

b) Heksoosid on 6 C-aatomiga suhkrud — $C_6H_{12}O_6$, millest tähtsamad: glükoos, fruktoos, galaktoos ja mannoos. Heksoosidest glükoos ja fruktoos esinevad

kõige sagedamini; ka suurema molekuliga suhkrud laostuvad ensüümide mõjul enamasti glükoosiks ja fruktoosiks. Mainitud heksoosid käärivad pärmseente mõjul kergesti alkoholiks, galaktoos ja mannoos aga raskemini. Enamik lihtsuhkruist omab üht aldehüüdrühma $-C\overset{O}{\diagdown\!\!\diagup}H$, fruktoos aga ketoonrühma $-C(=O)-$. Seega on glükoos, galaktoos ja mannoos aldoheksoosid (aldehüüdsuhkrud), arabinoos ja ksüloos aldopentoosid, kuna fruktoos on ketoheksoos. Näit.



Lihtsuhkrud, mis sisaldavad aldehüüd- või ketoonrühma, ühinevad kergesti hapnikuga lahustes ning mõjuvad taandavalt (hapnikku äravõtvalt) lahuse kaasainetesse. Selle omaduse tõttu on kaunis kerge lihtsuhkruid (aldoose ja ketoose) eraldada liitsuhkruist, millel vastavad rühmad puuduvad.

Katse. Võtame glükoosilahust ja lisandame sellele katseklaasi võrdsel määral Fehlingi I[1] ja II lahust (umbes 2 cm^3 kumbagi) ning soojendame piirituslambil: varsti tekib katseklaasis punakaspruun sade (Cu_2O). Siin vasehüdroksüüd [$2Cu(OH)_2$] — O annab = $Cu_2O + 2H_2O$. Sama reaktsiooni saame ka kõikide suhkru lahustega (õunamahl, marjamahl), mis sisaldavad monosahhariide.

Glükoos ehk viinamarjasuhkur esineb paljude taimede viljades (marjamahlades) rikkalikult, nii et need tunduvad magusatena ning on söödavad. Eriti rohkesti on teda viinamarjades, kust ta on saanud oma rahvapärase nimetuse. Teda leidub veel mees, inimeste ja loomade veres ning tegelikult igas elusas rakus. Ka enamik kõrgemaid suhkruid, tärklis ja tselluloos annavad hüdrolüüsimisel, s. o. ensüümide või hapete mõjul veega ühtimisel, mille tagajärjel nad laostuvad algosadeks, glükoosi.

Fruktoos ehk viljasuhkur erineb teistest lihtsuhkruist keemiliselt seepoolest, et tema molekul sisaldab ketoonrühma ja on seetõttu ketoonsuhkur ehk ketoos. Teda leidub samuti kui glükoosigi taimede viljades, sageli koos teiste suhkrutega, aga ka mees.

Galaktoos ja mannoos esinevad liitsuhkrute algosadena, puhtal kujul aga väga harva.

2) Liitsuhkrud koosnevad kas ühest või mitmest lihtsuhkrust. Molekuli suuruselt neid jagatakse di- ja trisahhariididideks.

a) Disahhariidid ehk bioosid ($C_{12}H_{22}O_{11}$) koosnevad kahest heksoosi molekulist, millest lahutatud 1 molekul vett. Kui disahhariidile aga see vee molekul külge liita (näit. ensüümi või mõne happe mõjul), siis toimuva hüdrolüüsi mõjul nad laostuvad algosadeks — lihtsuhkruiks. Tähtsamad disahhariidid on:

---

[1] Fehlingi lahused valmistatakse värskelt enne tarvitamist järgmiselt: Fehlingi lahus I: 7 g puhast vasevitrioli ($CuSO_4$) 100 cm^3 vee kohta; Fehlingi lahus II: 52 g NaOH ja 35 g Seignette'i soola (K- ja Na-tartraat) 100 cm^3 vee kohta.

1) Sahharoos ehk harilik suhkur. Teda leidub suhkruroos, suhkrupeetides ja mitmesuguste teiste taimede viljades. Suhkruroost ja -peetidest pressitud mahl sisaldab 12—20% sahharoosi, mispärast neid taimi kasvatataksegi suhkru tootmiseks. Sahharoos on glükoosist 1,5 korda magusam. Pärmiensüüm tsümaasi mõjul ta ei kääri. Ta ei sisalda ka aldehüüd- ega ketoonrühma.

Katse. Võtame katseklaasi veidi sahharoosilahust ja teeme sellega Fehlingi proovi: punakat sadet ei teki, millest näeme, et sahharoosil puuduvad aldehüüdi- ja ketoonirühmad.

Katse. Valame katseklaasi sahharoosilahust, lisandame sinna mõne tilga lahjendatud väävel- või soolhapet ning keedame lahust piirituslambil nõrgal tulel mõned minutid. Teeme peale selle lahusega Fehlingi proovi: saame punaka sademe. Nõrga happega sahharoosilahust keetes see lõhestub monosahhariididideks (glükoosiks ja fruktoosiks), mis annavad positiivse Fehlingi reaktsiooni. Samuti võib sahharoosi lõhestada pärmseente (pärmi) abil lihtsuhkruiks, sest see sisaldab mitut ensüümi.

2) Maltoos ehk linnasesuhkur tekib odratärklisest ensüüm diastaasi mõjul ja on tähtis õllevalmistamisel. Pärmiensüüm tsümaasi mõjul muutub alkoholiks. Ensüüm maltaasi mõjul laostub glükoosiks: 1 molekul maltoosi annab 2 molekuli glükoosi. Maltoosi molekul sisaldab aldehüüdrühma.

3) Laktoos ehk piimasuhkur. Teda leidub imetajate loomade ja emapiimas. Ta magusus on nõrgem kui sahharoosil. Pärmi mõjul käärib alkoholiks. Ensüüm laktaasi mõjul laostub glükoosiks ja galaktoosiks.

b) Trisahhariidid ehk trioosid ($C_{18}H_{32}O_{16}$) koosnevad kolmest lihtsuhkrust. Neid leidub taimemahlades kõrvuti disahhariididega. Tähtsam trioos on rafinoos, mis esineb suhkrupeedi mahlas. Hüdrolüüsil laos-

tub glükoosiks, fruktoosiks ja galaktoosiks.

c) Polüsahhariidid $(C_6H_{10}O_5)n$ koosnevad lihtsuhkruist, kuid nende molekuli suurust ja ehitust pole seni suudetud kindlaks teha.

Tärklis $[(C_6H_{10}O_5)n]$. Tärklis on suhkrutele väga ligidane, sest hüdrolüüsimisel ta laostub lihtsuhkruks — glükoosiks — ning assimilatsioonil tekib nähtavasti samuti lihtsuhkruist. Esineb peamiselt kõikides rohelistes taimedes (välja arvatud liilialiste sugukond ja mõned teised taimeliigid). Ta on terakujuline ja kristallilise ehitusega aine, vees lahustumatu. Igal taimeliigil on isesuguse suuruse ja kujuga tärklisterad.

Joodi mõjul tärklis värvub siniseks; soojuse mõjul vees ta paisub ning muutub kliistriks. Ensüüm diastaasi ja ptüaliini mõjul ja ka hapetega soojendamisel toimub tärklise hüdrolüüs, s. o. liitumine veega ning laostumine maltoosini; edasi ensüüm maltaasi mõjul laostumine jätkub glükoosini. Hüdrolüüsi üldskeem on seega: $(C_6H_{10}O_5)n + nH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6$. Tärklis $\xrightarrow{\text{diastaas}}$ maltoos $\xrightarrow{\text{maltaas}}$ glükoos. Selles suunas toimubki tärklise seedimine inimese- ja loomakehas.

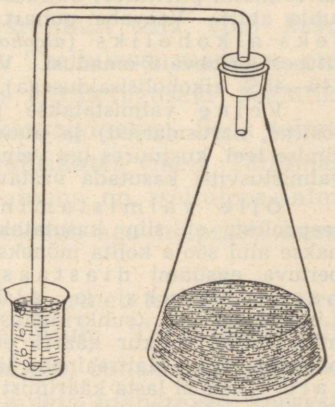
Katse. Valame katseklaasi nõrka (1—2%) tärkliselahust ja soojendame seda piirituslambi tulel, kuni tärklis muutub kliistriks. Asetame katseklaasi ühes kliistriga külma vette jahtuma ning valame siis tardunud kliistrile paar tilka joodilahust: tärkliskliister värvub joodi mõjul siniseks. Valame nüüd katseklaasi kliistrile peale värsket linnaseekstrakti (või puhast sülge) ja jätame katseklaasi alusele rahulikult mõneks ajaks seisma: märkame, et tärkliskliister katseklaasis kaotab sinise värvuse ning muutub linnaseekstrakti (või sülje) mõjul vedelaks ja läbipaistvaks. Valame vedelaks muutunud kliistri teise katseklaasi ja teeme sellega Fehlingi proovi: tekib punakas

sade, mis näitab, et tärklis on linnaseekstrakti (või sülje) ensüümide mõjul muutunud lihtsuhkruiks.

Kartulitärklist kasutatakse piirituse valmistamiseks, mispuhul teda enne hüdrolüüsitakse glükoosiks. Puhtal kujul kasutatakse tärklist (kartuli- ja nisutärklist) toitude ja ravimite valmistamisel, pesutriikimisel, puudrite valmistamisel jne.

Etüülalkohol ehk **harilik piiritus** (CH_3CH_2OH) on värvitu viinalõhnaga vedelik, mis tekib taimedes suhkrut sisaldavate mahlade käärimisel. Tavaliselt teda valmistatakse tärklisest. Etüülalkoholi kasutatakse maitseainena, ravimina ja puhastusvahendina, keemiatööstuses lakkide valmistamisel, põletamiseks jne. Inimorganismile mürgine.

Käärimine. — Katse. Valame kummikorgiga varustatud klaasi umb. 50 cm^3 10% suhkrulahust, lisandame sellele tükikese värsket pärmi, loksutame segi ja suleme klaasi korgiga, millest kõver klaastoru läbi pistetud (vt. joon. 49). Asetame klaastoru otsa teise veeklaasi ning paigutame mõlemad klaasid sooja kohta (25—35° C). Varsti märkame, kuidas suhkrulahusele tekib vahtu ning klaastoru kaudu hakkab eralduma gaasi. Asetame toru otsa puhta lubjaveega varustatud klaasi: märkame, kuidas iga gaasimullikese eraldumisega lubjavesi muutub sogasemaks. Erituv gaas on süsihappegaas.



Joon. 49. Käärimiskatse.

Käärimine toimub pärmseente mõjul, kusjuures suhkur pärmseenes peituva ensüümi tsümaasi mõjul muutub piirituseks ja süsihappegaasiks:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3CH_2OH + 2CO_2.$$
suhkur piiritus süsihappegaas

Käärimisvõimelised on peamiselt 6 süsinikuaatomiga suhkrud ehk heksoosid (monosahhariidid), kuna tärklis ja kõrgema C-aatomite hulgaga suhkrud enne käärimist tuleb muuta heksoosideks.

Piirituse valmistamine. Eestis valmistatakse piiritust kartulitärklisest. Sel puhul kartulid muudetakse palavas aurus pudruks, millele lisatakse peale jahtumist juurde linnaseid. Linnastes peituv ensüüm — diastaas — muudab kartulitärklise linnasesuhkruks ehk maltoosiks ($C_{12}H_{22}O_{11}$) ja osaliselt glükoosiks ($C_6H_{12}O_6$), mis mõlemad pärmi mõjul muutuvad alkoholiks (käärimisvõimelised). Suhkrustunud meskile lisandatakse pärmi; parajas temperatuuris (30—35° C) suhkur muutub pärmis peituva ensüümi tsümaasi mõjul aegamööda piirituseks ja süsihappegaasiks. Nende peaainete kõrval tekib aga ka veel kõrvalaineid, peamiselt glütseriini ja kõrgema süsinikuaatomite hulgaga alkohole. Viimased on paha lõhna ja maitsega (puskarõlid). Nendest kõrvalainetest eraldatakse puhas piiritus destilleerimisega. Saadakse sel viisil 95%-ne piiritus, milles on 5% vett. Seda vett on võimalik piiritusest mitmel viisil kõrvaldada (näit. kustutamata lubja abil). Veevaba puhast alkoholi kutsutakse absoluutseks alkoholiks (*alcohol absolutus*), millel on mitmeid piiritusest erinevaid omadusi. Viin on veega lahjendatud piiritus (40—45% alkoholisisaldusega).

Veine valmistatakse mitmesuguste marjade (viinamari, sõstrad, karusmarjad) ja puuvilja (õuna) mahladest samuti käärimise teel, kusjuures iga veinisordi saamiseks tuleb peale erineva valmistusviisi kasutada vastavat kultuurpärmi.

Õlle valmistamine erineb piirituse valmistamisest seepoolest, et siin kasutatakse odratärklist. Odraterised pannakse alul sooja kohta mõneks päevaks idanema; terise vahenahas peituva ensüümi diastaasi mõjul odratärklis muutub linnasesuhkruks ja glükoosiks (viinamarjasuhkruks). Linnasevirdele (suhkrulahusele) lisandatakse õllepärmi, mille mõjul suhkur käärib etüülalkoholiks (piirituseks) ja süsihappegaasiks. Maitseainena lisandatakse õllevirdele veel humalaid. Õlles ei lasta käärimist minna lõpuni, kuni kõik suhkur ära kääriks, vaid osa suhkrut jäetakse käärimata, kuna kääriv õlu viiakse keldrisse madalamasse temperatuuri. Alkoholi-% õlles on mitmesugune, olenedes õllesordist, ning kõigub 0,5—4% vahel.

Looduses toimub käärimine suhkrut sisaldavates taimemahlades üsna laialdaselt, näit. vigastatud puuviljades, marjades jne., kuhu lahtiste haavade kaudu tuul kannab metsikute pärmseente eoseid. Metsikuid pärmseeni leidub peaaegu kõikjal.

Inuliin on tärklisega sarnanev aine, kerakujulistes kristallides; esineb reservainena juurikates ja juuremugu-

lates, näit. daaliail. Ta lahustub kuumas vees. Hüdrolüüsimisel laostub fruktoosiks.

Glükogeen on nn. „loomatärklis", sest ta esineb loomade ja inimeste maksas ja lihastes (varuainena). Rohke toitumise puhul glükogeeni hulk maksas suureneb, nälgimise puhul aga väheneb. Hüdrolüüsil laostub glükoosiks.

Tselluloos $(C_6H_{10}O_5)n$. Tselluloosist ehk kiudainest koosnevad taimerakkude kestad. Puhtal kujul teda leidub aga ainult noorte rakkude kestades ja mõningates karvakestades (puuvill) ning kiududes. Vanemate rakkude kestadesse sadestub mitmesuguseid kõrvalaineid (ligniini, suberiini, pektiini jt.). Tselluloosi* kasutatakse väga mitmesuguseks otstarbeks, nagu paberi, tsellofaani, tselluloidi, kolloodiumi, kunstsiidi, aga ka lõhkeainete (nagu püroksüliini, nitrotselluloosi) valmistamiseks. Hüdrolüüsil tselluloos laostub glükoosiks, järelikult teda võib kasutada ka suhkru valmistamiseks. Tselluloosi saadakse puidust — puumassist. Kasutades mitmesuguseid keemilisi aineid vabastatakse tselluloos kõrvalainetest. Seda toimetatakse tselluloosi- ja puupapivabrikutes (meil Tallinnas, Kehras, Jägalas, Türil). Toiteainena on tselluloos inimorganismis raskesti, veise organismis aga hõlpsasti kasutatav.

Hemitselluloos (pooltselluloos) erineb tselluloosist seepoolest, et ta kergemini hüdrolüüsub. Teda leidub taimede viljades (liblikõielised, palmid, õunaseemned, pähklid) reservainena ja ta on seemnete idanemisel kergesti kasutatav. Hüdrolüüsil muutub galaktoosiks, mannoosiks ja pentoosideks.

Tselluloosile ligidased ained on: ligniin (puitunud rakukestades), suberiin ja kutiin (korgistunud ja kutiinistunud rakukestades).

Kokkuvõte.

- Süsivesikud
  - suhkrud
    - lihtsuhkrud
      - monosahhariidid
        - pentoosid $C_5H_{10}O_5$: arabinoos, ksüloos
        - heksoosid $C_6H_{12}O_6$: glükoos, fruktoos, galaktoos, mannoos
    - liitsuhkrud
      - disahhariidid $(C_{12}H_{22}O_{11})$: sahharoos, maltoos, laktoos
      - trisahhariidid $(C_{18}H_{32}O_{16})$: rafinoos
  - mittesuhkrud
    - polüsahhariidid $(C_6H_{10}O_5)n$: tärklis, inuliin, glükogeen, tselluloos, hemitselluloos

Valgud.

Süsivesikud, rasvad ja valgud on meie tähtsamad igapäevased toiteained. Süsivesikud ja rasvad koosnevad ainult kolmest algainest — süsinikust, vesinikust ja hapnikust. Valgud sisaldavad aga peale selle veel lämmastikku ja väävlit (rakutuuma valgud ka fosforit). Ühes algainete arvu suurenemisega valkude molekulis muutub suuremaks ja oma ehituselt keerulisemaks ka nende molekul. Eespool nägime, et seni pole veel suudetud kindlaks määrata võrdlemisi lihtsa koostisega ainete, nagu tärklise ja tselluloosi molekulide suurust ja ehitust. Valkainete molekulide suurust on, nende keerukusele vaatamata, läinud siiski korda mitmel juhul kindlaks teha. Olgu siin toodud paar näidet: hemoglobiin (punaste vereliblede värvaine) — $C_{758}H_{1203}N_{195}S_3FeO_{218}$, gliadiin — $C_{685}H_{1068}N_{196}O_{211}S_5$. Nendest näidetest selgub, kui hiiglasuured võivad olla molekulid. Muidugi on väga raske kujutella, milline on sellise suure ja keerulise koostisega molekuli siseehitus ehk struktuur.

Katse. Valame puhtasse klaasi värsket kanamuna valku, lisandame sinna 2 korda niisama palju destilleeritud vett ning segame klaaspulga abil valku, kuni tekib ühtlane selge lahus. Valame seda pisut katseklaasi ja soojendame piirituslambi tulel: juba enne keemahakkamist valgulahus tardub (tõmbub kokku) soojuse mõjul.

Katse. Valame valgulahust katseklaasi ja tilgutame sinna vasevitrioli ($CuSO_4$) või mõnda teist raskemetallisoola lahust (raua-, elavhõbeda-, tinasoola): valk tardub ka raskemetallisoolade mõjul.

Katse. Valame katseklaasi valgulahust, lisandame sinna veidi kanget salpeeterhapet (HNO_3) ning soojendame tulel: valk tardub, kuid värvub salpeeterhappe mõjul kollaseks.

Toodud katsetest selguvad mitmed valgu omadused kui ka viisid, mille abil on võimalik eraldada valke teistest ainetest.

Valkude jaotus. Valke jaotatakse kahte suurde rühma:
a) lihtvalgud ehk proteiinid ja b) liitvalgud ehk proteiidid.

a) Lihtvalgud. Siia kuuluvad:
- a) albumiinid, vees lahustuvad valkained, nagu vereseerumi albumiin, piimaalbumiin ema- ja lehmapiimas;
- b) globuliinid, ei lahustu vees, küll aga neutraalsoolade lahustes, nagu vereseerumi globuliin, fibrinogeen;
- c) lihasproteiinid — sarnanevad globuliinidega, nagu müosiin ja müogeen, esinevad lihastes;
- d) tugiproteiinid — tarduvad kõvaks, nagu kollageen — sidekoes, glutiin (želatiin), keratiin ehk sarvaine jt.;
- e) protamiinid, esinevad verelibledes ja sugurakkudes.

b) Liitvalgud on eelmistest keerulisema ehitusega:
- a) fosforproteiidid — sisaldavad fosforit, esinevad piimas, nagu kaseiin;
- b) glükoproteiidid, mille tähtsamaks esindajaks on munavalk, mitmesugused limaained (mutsiinid);
- c) tuumaproteiidid, esinevad rakutuumades, maksas, sugurakkudes jm.;
- d) hemoglobiin — punane värvaine verelibledes jt.

Valkude jaotusest nähtub, et nad on ülitähtsad inimkeha ehitusel; kuid nad ei puudu samuti ka taimekehas. Kuna valgud on rakuplasma algosaks, siis ei saa olla ühtki

elusrakku ilma valkudeta. Nii liht- kui ka liitvalgud koosnevad omakorda lihtsamatest ainetest ning laostuvad ensüümide mõjul lõppeks nn. amiinohapeteks.

Amiinohapped tuletatakse rasvahappeist sel teel, et nende molekulis asendatakse üks või rohkem vesinikuaatomeid nn. amiinorühmaga — NH_2. Selle järgi, millise C-aatomi külge, arvates karboksüülrühmast COOH, amiinorühm liitub, eristatakse α, β, γ jt. amiinohappeid: $CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH$. Valkudes esinevad peamiselt α-amiinohapped. Lihtsamad amiinohapped on:

δ γ β α

glükokoll — $CH_2NH_2 \cdot COOH$ = α-amiinoäädikhape;

alaniin — $CH_3 \cdot CHNH_2 \cdot COOH$ = α-amiinopropioonhape;

leutsiin — $(CH_3)_2 \cdot CH \cdot CH_2 \cdot CHNH_2 \cdot COOH$ = α-amiinokaproonhape;

tsüstiin — $HOOC \cdot CHNH_2 \cdot CH_2 \cdot S \cdot S \cdot H_2C \cdot CHNH_2 \cdot COOH$ = di-α-amiino-di-tio-propioonhape.

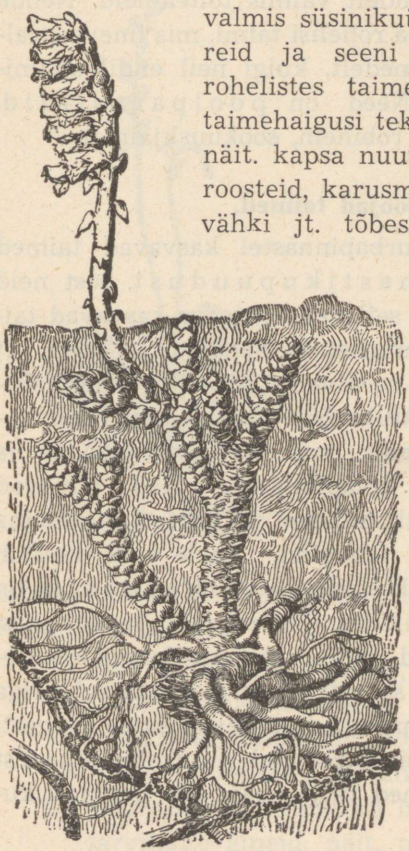
Amiinohapped lahustuvad vees ja sel kujul valkude algosad võivadki pääseda toiteainetena rakkudesse.

Seedimine.

Süsivesikud, rasvad ja valgud tekivad taimedes ja säilitatakse seal harilikult varuainetena vees lahustumatul kujul: viljades, mugulates, juurtes jm. Inimesed kasutavad neid taimeosi toiduks. Kuid — nagu nägime — sellisel vees lahustumatul kujul ei pääse need suurte molekulidega ained läbi sooleseinte verre: neid tuleb enne seedida, s. o. vastavate ensüümide abil purustada väiksemateks algosadeks. See toiteainete laostumine toimub seedeelundites. Seedimisel on kahekülgne toime: a) mehaaniline toidu peenendamine ja leotamine ning b) ainete molekulide keemiline laostamine (lõhkumine). Viimane toimub igal ainel vastavate ensüümide kaasabil.

Taimed, milledel puudub süsiniku sarnastamise võime.

Mitte kõik taimed ei sisalda klorofülli. Klorofüllivabad on esiteks seened ja bakterid, millel puudub seega võime süsinikuühendite moodustamiseks ning päikeseenergiat kasutamiseks. Nad võivad kasutada ainult valmis süsinikuühendeid. Üks osa baktereid ja seeni elab parasiitidena rohelistes taimedes või taimedel, nagu taimehaigusi tekitavad bakterid ja seened, näit. kapsa nuutrit, kartulilehe ja viljade roosteid, karusmarja jahukastet, õunapuuvähki jt. tõbesid põhjustajad bakterid ja seened, teised jälle — mädanevail taimeosadel, sõnnikus ja huumusrikkas mullas saprofüütidena, nagu mitmesugused hallitusseened, mädarikbakterid, söödavad ja mittesöödavad seened. Parasiitseened ja bakterid on peremeestaimele kahjulikud ning koguni hädaohtlikud, sest nad võtavad neilt toiteaineid ja rikuvad nende kudesid (võivad peremeestaimi koguni surmata). Saprofüüt- ehk mädarikseened ja -bakterid seevastu on looduses kasulikud, sest nad muudavad mahalangenud taimeosi, surnud taimi ning loomade laipu mineraalsooladeks,



Joon. 50. Käopäkk — klorofüllita parasiittaim.

veeks ja gaasideks, mis ained võivad selle järel uuesti minna taimede toiteainete ringkäiku.

Kuid ka kõrgemate taimede hulgas leidub klorofüllivabu taimi (käopäkk, võrm, soomukas), millised samuti võivad elutseda ainult parasiitidena rohelistel taimedel, hankides nendelt valmis toiteaineid. Nende kõrval elutseb aga veel rida rohelisi taimi, mis imevad valmis toiteaineid naabertaimedelt, kuigi neil endil assimilatsioonivõime ei puudu. Need on poolparasiidid, nagu silmarohi, härghein, robihein, sookuuskjalg jt.

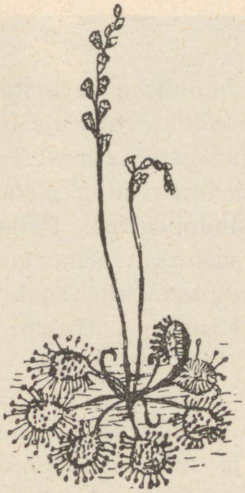
Putukasööjad taimed.

Kehvadel liiva- ja turbapinnastel kasvavad taimed kannatavad sageli lämmastikupuudust, sest neid sooli on seal vähe. Mõned sellistes kohtades kasvavad taimed hangivad endile lämmastikuühendeid sel teel, et püüavad kinni putukaid ja seedivad („söövad") neid. Tähtsamad meil kasvavad putukasööjad taimed on huulheinad ja võipätakas, mis kasvavad soodes ja rabades, aga ka niisketel liivapinnastel. Nad püüavad putukaid kleepainete abil, millega on kaetud huulheina lehekarvad ja võipätaka lehepind. Peale selle kuulub putukasööjate taimede hulka veel vesihernes; ta on veetaim ning kasvab tiikides, järvedes ja veeloikudes. Vees elutsevaid putukaid püüab ta oma lehepõiekestepüünistega, mis töötavad samuti nagu automaatsulguriga kanade munetamiskastid: putukad pääsevad sinna kergesti sisse, kuid mitte enam välja. Surnud putukate laipadest imevad putukasööjad taimed välja peamiselt lämmastikuühendeid.

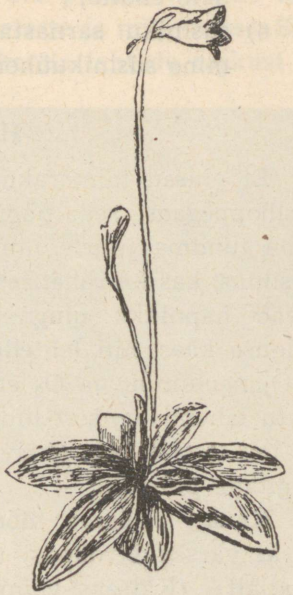
Süsiniku sarnastamise tähtsus.

Ainult rohelised taimerakud omavad võimet moodustada süsihappegaasist ja veest süsivesikuid, neid aineid muuta ja lahustada võivad aga ka mitterohelised taime ja

looma rakud. Süsivesikute moodustamisel on määratu suur tähtsus mitte üksnes taimede elus, kus neid aineid kasu-



Joon. 51. Ümmaralehine huulhein.



Joon. 52. Võipätakas.

tatakse toite- ja ehitusmaterjalina, vaid ka inimeste ja loomade elus, sest

1) neid toiteaineid (tärklis, suhkur, tselluloos) tarvitavad toiduks loomad ja inimesed;
2) tselluloosi kasutavad inimesed katteks, kütteks, ehitus-, kirjutus-, trükimaterjaliks jne.;
3) süsivesikuist valmistab inimene endale hulga teisi tarvilikke aineid, näit. piiritust, kunstsiidi, lõhkeaineid jt.;
4) süsiniku sarnastamisel toimub õhu puhastamine inimestele ja loomadele kahjulikust süsihappegaasist ja

5) selle rikastamine hapnikuga, mis on vajalik hingamiseks nii inimestele ja loomadele kui ka taimedele endile;
6) süsiniku sarnastamine on päikeseenergia säilitamine süsinikuühendeisse.

Hingamine.

Et elusad taimerakud vajavad hapnikku ja eritavad süsihappegaasi, seda nägime seemnete idanemisel ja õppisime tundma juurte ning juurekarvakeste juures. Tekib küsimus, kas ka rohelised leherakud hingavad, s. o. tarvitavad hapnikku ning eritavad süsihappegaasi. Päikesevalguse käes, mil lehtedes toimub süsiniku sarnastamine (CO_2 neelumine ja O_2 eritamine), on seda küsimust võimatu lahendada, sest hingamine ja süsiniku sarnastamine on teineteisele vastukäivad toimed: küll aga võime seda selgitada pimedas.

Katse. Paneme mõnda keskmise suurusega plekkpurki värskeid rohelisi taimelehti ja suleme purgi õhukindlalt. (Katseks võime kasutada väga hästi ka mõnd lihvitud klaaskorgiga klaaspurki — kork tuleb määrida vaseliiniga ning purk asetada katseajaks pimedasse.) 24 või 48 tunni pimedas seismise järel avame purgi kaane või korgi ja viime sinna põleva küünla: see kustub kohe. Sellest näeme, et hapnik on purgist kadunud: taimelehed on selle ära tarvitanud, sisse hinganud. Valame purki selget lubjavett ja loksutame seda veidi: lubjavesi muutub kohe sogaseks. Näeme, et rohelised taimelehed on hinganud välja süsihappegaasi.

9. Varre ehitus ja tegevus.

Varre ülesandeid. Taime vars ühendab juuri lehtedega. Varre kaudu liiguvad juurte abil mullast võetud vesi ja soolad üles lehtedesse; sama vart mööda juhitakse

aga ka lehtedes valmistatud orgaanilised toiteained alla juurtesse. Peale selle harunev vars on soodsaks kinnituskohaks lehtedele; eriti tähtis on see puudel, millede lehtede arv ulatub sadadesse tuhandetesse ja miljoneisse. Selleks vars peab olema tugev, et kanda lehtede raskust ja

Joon. 53. Sooküpressi hiigeltüvi.

mitte murduda tuule käes. Lõppeks säilitatakse varresse sageli toiteainete tagavara.

Varre ulatus. Varte pikkus erineb suuresti. On taimi, milledel lehed algavad otse juurekaelast ning asetsevad kodarikuna maapinnal, näit. nurmenukul, teelehel, liivakannil jt. Neil taimedel tekib ainult õisikuvars. Teistel taimedel varre pikkus ulatub üle 100 m (suurtel puudel, nagu eukalüptus, mammutipuu), kuna väänkasvude (liaanide) varred ületavad pikkuselt mõnikord isegi

200 m. Samuti erinev on varre jämedus. Väikestel rohttaimedel on vars mõnikord vaevalt 1 mm jämedusega, kuna suurtel puudel seevastu ta võib olla läbimõõdus üle 10 m (mammutipuu, sooküpress).

Joon. 54. Koeranaeri köitraag. *A* — toetuspunkt (oks), mille ümber on mässinud end köitrao ots (*w* — *x*); *W* — köitrao keeru vahe; *B* — koeranaeri vars; köitraag asetseb kõrvuti lehega (*b* — lehevars) ja pungaga (*k*); *u* — köitrao keerdumatu osa.

Varre tugevus ja iga. Varre tugevus on sõltuvuses taime eaga: üheaastaste taimede varred on enamasti rohtsed ja nõrgad, paljuaastaste taimede omad aga puitunud ja tugevad, näit. puudel. Puitunud varsi kutsutakse t ü v e d e k s. Tüve iga võib soodsates kasvutingimustes olla mõnikord üsna pikk, pärnadel üle 1000 a., tammel kuni 2000 a.; hiigelmammutipuude vanust hinnatakse isegi kuni 5000 aastale ja draakonipuu iga veelgi pikemaks.

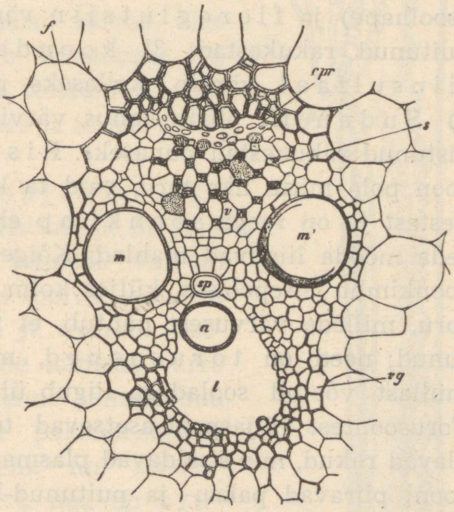
Püstised, lamavad ja ronivad varred. Enamikul taimedest on vars küllalt tugev, seisab püsti ning suudab vastu panna ka tormi murdmisele. Ideaalse ehitusega on selles mõttes kõrreliste kõrre ehitus, näit. rukkil, kus tugevus ja painduvus on saavutatud koos ehitusmaterjali kokkuhoiuga.

Paljudel vee-, aga ka kuivmaataimedel on vars niivõrra nõrk, et ei suuda iseseisvalt püsti seista. Sellised lõdvavarrelised taimed l a m a v a d, u j u v a d vees või r o o m a v a d mööda maapinda, näit. lillakas, maasikas, hanejalg, linnutatar, roomav tulikas, penikeeled, särjesilm jt. Teised lõdva varrega taimed r o n i v a d tugesid või kõrvalkasvavaid taimi mööda üles valguse poole. Ühed r o n i t a i m e d e s t k e e r u t a v a d endid tugede ümber (humal, aeduba, tobiväät), teised jälle k ö i d a v a d endid tugede

külge köitraagude abil (hernes, koeranaeris). Puitunud varrega ronitaimedel ehk liaanidel on kinnitumiseks kas köitraod (pärisviinapuul), haarjuured (luuderohul) või kleepuvate otstega haarväädid (metsviinapuudel).

Varre ehitus.

Varre siseehituse tundmaõppimise ülesanne seisneb selles, et jõuda selgusele: a) missuguseid teid mööda liiguvad mahlad varres üles ja alla, b) milliste vahenditega on saavutatud varre tugevus ja c) kuidas toimub puitunud varre jämedaks kasvamine.



Joon. 55. Maisi soonkimbu ristilõik: *a*, *m*, *m*¹, *sp* — torusooned, *v* — sõeltorud; *s* — saaterakud; *f* — põhikude (parenhüüm), *vg* ja *cpr* — tupp, *l* — rakkudevaheline ruum.

Katse. Pistame tüki rukkikõrt, millel sõlmed ära lõigatud, punase tindi või tuši lahusesse ja jätame ta sinna mõneks minutiks. Lõikame siis terava noaga kõrre risti läbi ja vaatame lõikepinda luubiga. Leiame kõrres ringi (mõnel juhul 2 ringi) punaseks värvunud täppe. Lõikame kõrre pikuti lõhki. Nüüd märkame, et punased jooned (arvult 12—15) jooksevad rööbiti kõrre sisepinnal. Katsest selgub, et tint pääseb rukkikõrres edasi peenikesi torukesi ehk sooni mööda.

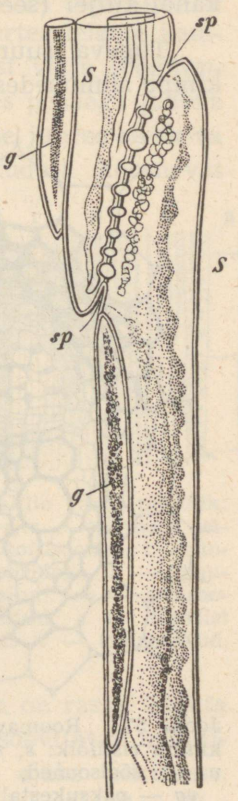
Vaatlus. Võtame mõne pehme üheidulehelise taime varre, mida oleks kergem lõigata habemenoaga, näit. maisi varre. Maisi varre kasutamist põhjustab ka veel see asjaolu, et ta on küllalt jäme, mispärast teda on parem lõigata. Teda on soovitav korjata suvel ja alal hoida piirituses. Teeme maisivarrest kaks lõiku, ühe risti ja teise pikuti, ning värvime nad kudede eraldamiseks ühe järgmise värviga: 1) kloor-tsinkjood — värvib lillaks tselluloosist rakukestad; 2) koondatud HCl (soolhape) ja floroglutsiin värvib karmiinpunaseks puitunud rakukestad; 3) koondatud HCl ja aniliinsulfaat värvib kollaseks puitunud rakukestad; 4) Sudan III piirituslahus värvib soojendamisel korgistunud rakukestad punaseks. Ristilõigus näeme, et soon pole mitte üks toru, vaid ta koosneb hulgast torukestest ja on seega soonkimp ehk juhtkimp, sest seda mööda liiguvad mahlad. Kõigepealt paistavad silma soonkimbu sisepoolses küljes kolm kuni neli jämedamat toru, millede värvusest nähtub, et nende seinad on puitunud; need on torusooned, mida mööda vesi ühes mullast võetud sooladega liigub üles — lehtede suunas. Torusoontest väljaspool asetsevad tselluloosist kestadega elavad rakud, mis sisaldavad plasmat. Seda kudet ja torusooni piiravad paksu- ja puitunud-kestalised rakud, mis moodustavad soonkimbu tupe.

Pikilõigus näeme järgmisi üksikasju: torusoonte seinad omavad rõngakujulisi või spiraalikujulisi seinapaksendusi ja augukesi (poore); nende otsmised vaheseinad on aga kadunud, nii et nad moodustavad tõeliselt pikki torukesi. Seevastu tselluloosiste kestadega rakud, mis on ka pikad ja torukujuliselt üksteise otsas, ei oma külgseinte paksendusi ja nende otsmised vaheseinad on alles; need on aga läbitud peentest augukestest ehk pooridest ning meenutavad seetõttu sõelapõhja, mispärast neid nimetatakse sõelsoonteks. Ka sõelsoonte külgseintes lei-

dub poore; nii on sõelsoonte rakkude plasma plasmajuhtmetega isekeskis ühenduses otsmiste rakuseinte pooride kaudu, külgpooride kaudu aga ka kõrval asetsevate saaterakkude plasmaga. Sõelsooni mööda liiguvad lehtedes valmistatud orgaanilised toiteained (suhkrud, valkained, rasvad ja õlid) alla—juurtesse.

Nii selgub, et maisi varres üles minev veevool toimub torusoonte ja alla liikuv orgaaniliste toiteainete vool — sõelsoonte kaudu ühes ja samas soonkimbus.

Teisi vaatlusobjekte. Maisi varre omaga sarnase ehitusega on kõikide üheiduleheliste taimede varred; lõikude valmistamiseks sobivad nendest liiliate, tulpide, aspari jt. varred. Iseloomulik üheiduleheliste taimede varre ehitusele on see, et nende juhtkimbud on piiratud pidevalt paksukestaliste tugikoe rakkudega ehk nn. soonkimbu tupega, s. t. nad on kinnised; mitteõõnsas varres on soonkimbud laiali pillatud, ilma kindla korrata.

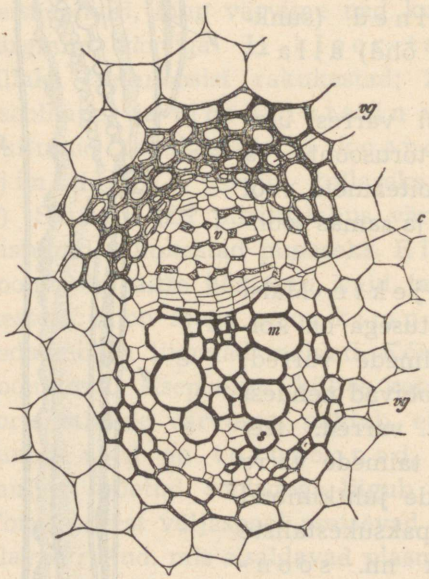


Joon. 56. Sõelsoon pikisuunas (*S*); pooriline vahesein (*sp*); *g* — plasmarikas sõelsoonega kõrvuti asetsev saaterakk.

Vaatlus. Võtame mõne kaheiduleheliste rohtse taime varre. Kergesti kättesaadav ja hõlpsasti lõigatav on roomava tulika vars. Teeme sellest risti- ja pikilõigu ning värvime samuti nagu eelmise preparaadi. Väikese suurendusega mikroskoobiga vaadeldes näeme, et tulika õõnsas varres moodustavad soonkimbud ühe ringi ja asetsevad peaaegu

üksteise kõrval. Paksukestalised tugirakud ei koondu siin soonkimpude ümber tupeks, vaid asetsevad soonkimbu kahel küljel (seesmisel ja välimisel).

Tugeva suurendusega mikroskoobiga üksikut soonkimpu silmitsedes näeme: puitunud seintega torusooni, mis asetsevad kimbu seespoolses osas, on arvult rohkem kui maisi varres. Nendest väljaspool õhukesekestalistest rakkudest õrn loovkude on soonkimbu kambium ja sellest edasi väljapoole kuni tugikoerakkudeni asetsevad sõelsooned. Kambiumi kohal puudub soonkimbul tupp.

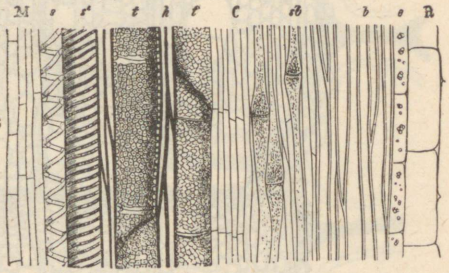


Joon. 57. Roomava tulika soonkimbu ristilõik: *s*, *m* — torusooned, *v* — sõelsooned, *c* — kambium, *vg* — paksukestalised tuperakud.

Seega on vahe üheja kaheiduleheliste taimede varre ehituses järgmine: a) kaheidulehelistel taimedel on soonkimbus toru- ja sõelsoonte vahel kambium, üheidulehelistel kambium soonkimpudes puudub; b) üheiduleheliste soonkimbud on kinnised, s. o. ümbritsetud surnud tugikoe rakkudega, kaheiduleheliste soonkimbud on külgedelt lahtised ehk avatud.

Pikilõigus pole ühe- ja kaheidulehelistel taimedel suurt erinevust toru- ja sõelsoonte ehituses. Kambiumi rakud paistavad siin silma õhukeste ja võrdlemisi järsult ristseinaliste rakukestade poolest.

Teisi vaatlusobjekte. Kaheidulehelistest rohtsetest taimedest kõlbavad vaatluseks igasugused aiataimed, nagu kartul, tomat, daalia, päevalill jt. Soonkimbud on neil taimedel külgedelt lahtised ja vartes leiame kambiumi, mis mõnikord ulatub soonkimbust välja soonkimpude vahele ning moodustab seega varres peaaegu pideva ringi, näit. päevalillel. Peale soonkimpude juures asetseva tugikoe leiame paksukestalistest rakkudest koosnevat kudet rohtsete taimede vartes veel selle pinna ligidal kas pideva ringina või üksikute saarekestena; selle koe rakud on plasmarikkad ja nende kestad on ainult osaliselt paksenenud (kollenhüüm) (vt. lk. 41, joon. 24 ja 25).



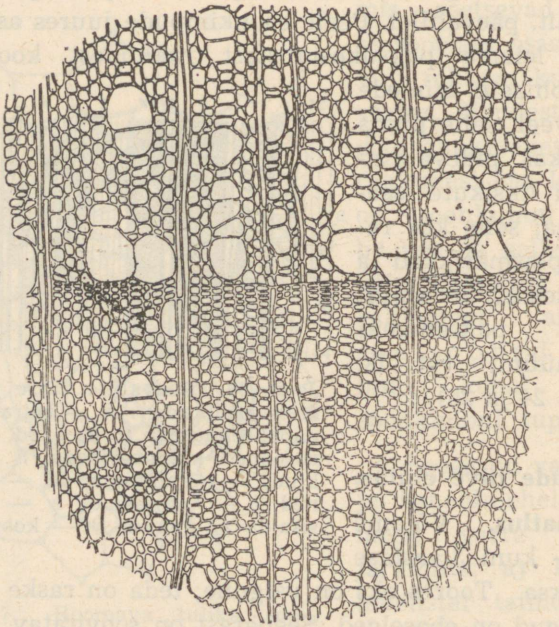
Joon. 58. Päevalille varre pikilõik: *M* — põhikude, *r*, *s* — spiraalse seinapaksendusega torusooned, *t* — torusooned külgpooridega, *h* — puukiud; *c* — kambium, *sb* — sõelsooned, *b* — niinekiud, *e* — tärklist sisaldavad rakud, *R* — koorerakud.

Okaspuude tüve ehitus.

Vaatlus. Võtame noore 2- kuni 3-aastase männioksa. Toores oks on vaigune; teda on raske lõigata ning lõigud on ebaselged. Seepärast on soovitatav männioks asetada enne kasutamist mõneks ajaks piiritusse, milles vaik lahustub. Männioksast teeme 3 lõiku: ühe ristilõigu ja kaks pikilõiku. Üks pikilõik tuleb teha raadiuse suunas, teine aga raadiusega risti (tangentsiaalne lõik). Kõik lõigud värvime nagu eespool.

Vaatleme alul ristilõiku väiksema suurendusega. Näeme: männi oks koosneb a) säsist, hõredast parenhüümkoest, mis asetseb oksa keskel; b) puidust ja c) koorest. Koore ja puidu vahel asetseb kitsa ringina d) kambium. Säsist kuni kooreni ulatuvad kitsad kiire-

kujulised plasmarikaste rakkude read — s ä s i k i i r e d. Siin-seal puidus leidub jämedamaid torukesi — v a i g u k ä i k e. Puidu rakkudel, välja arvatud säsi ja säsikiirte omad, on kestad puitunud. Vaadeldes lõike suurema suurendusega märkame järgmisi üksikasju:

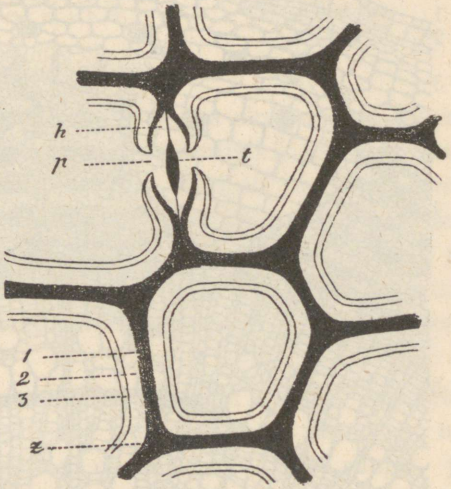


Joon. 59. Männioksa ristilõik: näha kahe aastarõnga vahe.

1) S ä s i ja s ä s i k i i r e d koosnevad õhukesekestalistest rakkudest. Rakukestad pole nendes kudedes puitunud. Pikilõikudel (radiaal- ja tangentsiaallõigul) märkame, et säsikiired koosnevad vähestest rakkude ridadest ja on üsna kitsad.

2) P u i t (= kõva puuosa) koosneb 2—3 aastarõngast (sõltudes oksa vanusest). Iga aastarõngas koosneb kahesugusest koest: hõredamast, s. o. suurema valendusega

rakkudest, ja tihedamast; hõredam — jämedarakuline kude — on tekkinud kevadel, tihedam — sügisel. Kõikide rakkude kestad on siin kaunis paksud ja puitunud. Radiaalsel pikilõigul märkame, et puidu rakud on kõik kujult enam-vähem ühesugused ja teravate otstega, kuna nende külgseintes asetsevad koobaspoorid, mis paistavad mikroskoobi all otseseisangus (radiaallõigus) kahekordsete ringidena. Läbi koobaspooride võivad liikuda mahlad, kuigi rakuseinad on puitunud. Nende teravate otstega ja koobaspooridega varustatud rakkude kaudu liigub vesi ühes sooladega juurtest üles okaste suunas. Need rakud asendavad eespool tundma õpitud torusooni ja nad esinevad ainult okaspuude tüvedes ja okstes; neid nimetatakse trahheiididdeks.



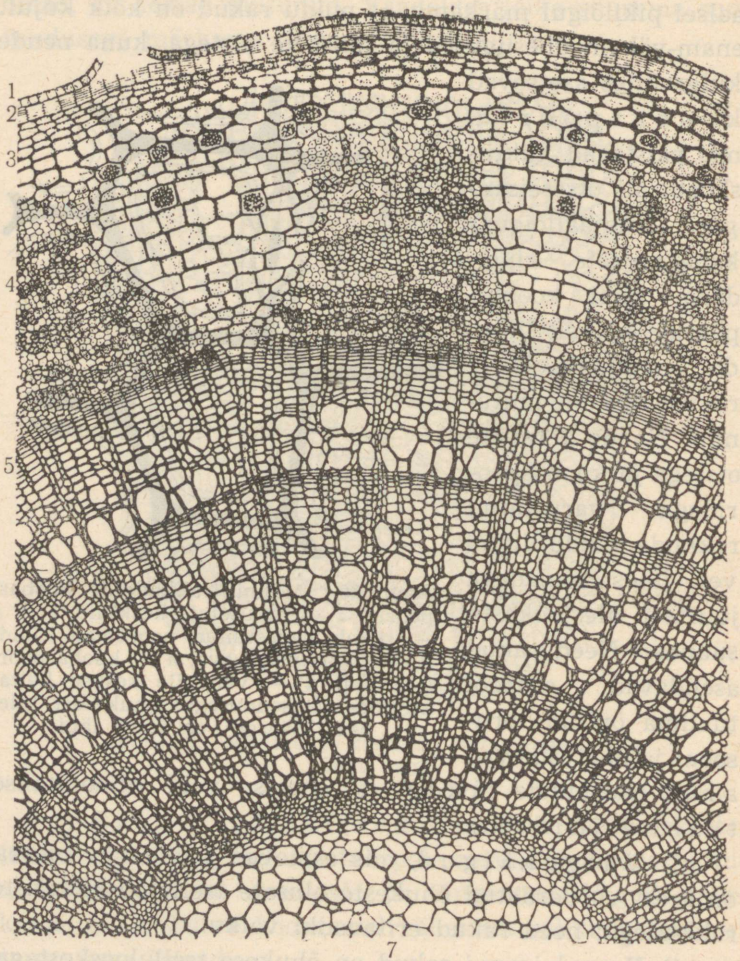
Joon. 60. Männi trahheiidide koobaspoorid: *z* — rakuseinte keskkile, *1*, *2*, *3* — sellele sadestunud nooremad kihid; *p* — koobaspoori ava, *h* — koobaspoori siseruum, *t* — vahekile keskse kettakujulise paksendusega; õhukesest kileosast pääseb vesi hästi läbi.

3) Vaigukäigud, mis esinevad puidus ja koores, on seest vooderdatud õhukeste elusate tsellulooskestaliste rakkudega; need rakud eritavadki vaiku.

4) Kambiumi rakud on õhukese tsellulooskestaga.

5) Koores leiame seesmises osas tsellulooskestadega sõelsooni (mis pikilõikudes kergesti eraldatavad, saaterakud puuduvad), teravaotsalisi niinekiude

ja koore parenhüümrakke, välimises osas õhukese korgikihi, mis välispinnalt on kaetud marrasknahaga.



Joon. 61. Kolmeaastase pärna oksa ristilõik: *1* — marrasknahk, *2* — korgikiht, *3* — koore põhikude, *4* — koore niineosa, *5* — kambium, *6* — puit (3 aastarõngast), *7* — säsi.

Nii selgub, et männi oksas, samuti ka tüves, tõusev vool liigub puidus trahheiide mööda, kuna langev vool

kulgeb koore kaudu sõeltorusid mööda. Tugevust männi tüvele ja okstele annavad paksude puitunud kestadega trahheiidid. Tüve jämedaks kasvamine toimub kambiumi kaudu, mis iga aasta moodustab uue aastarõnga puidus, aga ka uusi sõelsooni, niinekiude ja parenhüümkoe rakke koores.

Lehtpuude tüve ehitus.

Vaatlus. Võtame 2- kuni 3-a. pärna oksa, teeme sellest samasugused kolm lõiku nagu männistki, värvime nad ning uurime neid mikroskoobiga. Üldpilt on siin eelmisega kaunis sarnane; leiame, et ka pärna oks koosneb s ä s i s t, s ä s i k i i r t e s t, p u i d u s t, k a m b i u m i s t ja k o o r e s t. Säsi, säsikiirte ja kambiumi ehitus ei erine palju männi omast. Erinevus on peamiselt puidu ja koore ehituses.

P u i t. Aastarõngad vastavad siin männi omadele. Kuid jämedama valendusega torukesed on siin t o r u s o o n e d, millede seintes näeme pikilõigul rõnga- ja spiraalikujulisi seinapaksendusi. Peale selle leiame puidus veel puitunud paksukestalisi tugirakke — p u u k i u d e, mis annavad puidule ja ühes sellega tüvele tugevust, ning õhukese tsellulooskestaga p u u p a r e n h ü ü m r a k k e.

K o o r. Pärna koores võime eraldada kahte osa: a) seesmist n i i n e o s a, milles leiame s õ e l s o o n i ühes plasmarikaste s a a t e r a k k u d e g a, tselluloosist kestadega pikki teravaotsalisi n i i n e k i u d e ning lühemaid koore p a r e n h ü ü m r a k k e; b) välimist k o r p a, mis koosneb m a r r a s k n a h a s t, selle all asetsevast k o r g i k i h i s t ja k o o r e p a r e n h ü ü m k o e s t. Niinekiud on väga sitked ja vastupidavad, mispärast pärna niint kasutatakse köiteniine valmistamiseks, roguskitööstuses ja viiskude ning mattide punumiseks.

Mahlade liikumine rohtsetes taimevartes toimub soonkimpude kaudu, kusjuures tõusev vool kulgeb torusooni ja langev vool sõelsooni mööda. Üheidulehelistel taimedel on soonkimbud ilma kambiumita ning kinnised (piiratud tupega), kaheidulehelistel aga varustatud kambiumiga ning lahtised. Puitunud vartes ehk tüvedes tõusev vool liigub puitu mööda (okaspuudel trahheiidide kaudu, lehtpuudel torusooni mööda), langev vool aga koore niineosa kaudu sõelsooni mööda.

Tugevust rohtsetele vartele annavad soonkimpude ümber asetsevad paksukestalised tugikoerakud, aga ka varre pinna ligidased tugikoed, mille rakkude kestad on aga ainult osaliselt paksenenud (kollenhüüm). Puutüvede tugevus oleneb puidu ehitusest. Okaspuude puidu moodustavad trahheiidid: need on ka ühtlasi tüve tugikoeks. Lehtpuude tüve tugevus oleneb peamiselt puukiududest: tüved, milles neid on rohkem, on kõvemad ja vastupidavamad (tamm, vaher).

Rohtsete taimede varred on sageli õõnsad ja tugikoed asetsevad siin harilikult pinna piiril, varre kantide nurkades ja soonkimpude ümber. Selline tugikudede paigutus on väga otstarbekohane, sest see teeb varre eriti paindetugevaks. Paljuaastastel puutaimedel, mis iga aasta jämedamaks kasvavad, võib tugikude asetseda tüve keskel, mitte aga selle pinnal. Miks?

Varre jämedaks kasvamine. Rohtsete taimede üheaastase kestusega varred kasvavad ainult üks kord; teiskordne jämedaks kasvamine neil puudub. Paljuaastaste tüvede jämedaks kasvamine toimub kahel viisil: a) okas- ja kaheidulehelistel puudel kambiumiringi abil, mis moodustab iga aasta puidus uue aastarõnga ja koores uusi sõelsooni ja niinekiude; b) üheiduleheliste puitunud tüvede jämedaks kasvamine toimub uute soonkimpude

tekkimise kaudu tüve pinna ligiduses tüve parenhüümkoes, nagu palmidel, draakonipuul ja teistel.

Milliste jõudude mõjul liiguvad mahlad taimede vartes?

Tõusev vool. Eespool tutvusime kahe jõuallikaga, mis põhjustasid vee liikumist taime ladva suunas: need olid juurte rõhk ja lehtede imemisjõud aurumise tagajärjel. Nendele lisandub veel kolmas, s. o. rakumahla suhkru ja soolade koondise tõus taime ladva suunas. On leitud, et suhkru ja soolade koondis rakumahlas on kõige väiksem juurekarvakestes ja kõige suurem lehtedes. See koondiste vahe põhjustab osmootset vee liikumist elavates rakkudes pidevalt lehtede suunas.

Langev vool võib sõelsoontes esile tulla lihtsalt orgaaniliste ainete raskuse mõjul. Et see aga toimub kõik aeg elusrakkude kaudu, siis on voolu suuna näitajaks sageli elus rakuplasma. Nii juhitaksegi orgaanilised toiteained peamiselt kahesugustesse punktidesse: a) loovkudedesse ja kasvupunktidesse ning b) säilituspaikadesse. Nii ei ole siin alati tegemist langeva vooluga.

Miks puud koore rõngastamisel kohe ei kuiva? Katset võib igaüks teha mõne lihtsa ja väheväärtusliku puuga, näit. lepa või pajuga. Võib arvata, et kui puutüvel koore rõngakujuliselt maha võtame, siis puu peaks varsti ära kuivama, sest rõngastamine takistab orgaaniliste toiteainete liikumist alla juurtesse. Tegelikult pole aga asi päris nii, ja kevadel rõngastatud puud elavad enamasti järgmise kevadeni. Selle nähtuse põhjuseks on asjaolu, et langev vool suundub niine sõelsoontest säsikiiri kaudu puitu ning seda mööda pikkamisi ka allapoole kuni juurteni. Juured ei jää seega kohe pärast rõngastamist päriselt nälga ning nad suudavad kuidagi oma ülesandeid täita sügiseni. Järgmisel kevadel aga, mil taimel on lehistumise

momendil tarvis palju vett, ei suuda juured toiteainete puudusel moodustada uusi juurekarvakesi ja puud kuivavad.

Viljapuude rõngastamine. Kui viljapuu oksal kitsa (3—5 mm) ribana koore rõngakujuliselt ära võtame, siis takistab see suuresti assimilatsiooniproduktide oksast äravoolamist; neid kuhjub oksa endisest rohkemal määral, ja et puidu kaudu oks saab endiselt vett ja mineraalsooli, siis on ta kasvutingimused eriti soodsad. Selline rõngastatud oks kasvab jõudsasti, õitseb hästi ning kannab rohkem vilja. Kitsas äravõetud kooreriba kasvab tavaliselt sügiseks kinni ja oks kasvab endiselt edasi. Rõngastamise asemel võib langevat mahlade voolu takistada ka pingevöö või traadi abil, millega koores sõelsooned kinni surutakse.

Varre teisi ülesandeid. Juurikatesse ja tüvedesse koguvad taimed endile talveks toiteainete tagavaru, millede arvel nad kevadel suudavad ehitada kiiresti hulga uusi lehti või õisi (varakevadel õitsevad taimed). Nii on puude säsid mõnikord tulvil täis tärklist, näit. saagopalmil, samuti ka juurikad, varred ja varremugulad on toiteaineterikkad ning söödavad, näit. kartulimugulad, asparivarred, nuikapsavars, mädarõika juurikad jt. Peale selle on vars paljudel taimedel vegetatiivseks paljundusvahendiks, nagu maasikal, hanejalal, lillakal. Inimene kasutab taimevart vegetatiivsel taimede paljundamisel — üsna sageli — pistikutena, pistokstena, võrsikutena, muldokstena ja vaiadena.

Milleks tarvitab inimene taimevart ja taimeriigi tooteid?

Nagu nägime eespool, roheline taimeriik varustab inimesi toiteainetega ja hingamiseks tarviliku hapnikuga. Peale selle kasutab inimene aga taimevart ja temas peituvaid aineid veel paljudeks otstarveteks. Peatume alljärgnevalt mõningate selliste ainete juures.

Hoonete ehitus- ja sisustusmaterjal.

Tähtsaim puuhoonete ehitusmaterjal, nagu palgid, plangud, lauad, sindlid ja laastud, saadakse puude tüvedest. Puumaterjalil on hoonete ehitamisel mitu paremust: puit on halb soojusejuht, mispärast temperatuur on puuhooneis ühtlasem ja õhk üldiselt kuivem kui kivimajades; ka on puumaterjal odavam kui kivi. Puumaterjali puuduseks on tema süttivus ning mädanevus. Mädanemisele peavad kauemini vastu vaigused (okaspuud) ja parkainerikkad puud (tamm). Puust valmistatakse enamasti ka kõik hoonete sisustis: elamute mööbel ja kõrvalhoonete varustis. Mööblitööstuses on eriliselt hinnatav vastupidav tammepuit ja peenema mööbli valmistamisel mitmesugused kaunikirjalised välismaa puidud, mida kasutatakse enamasti õhukese vineerina, näit. pähklipuu ja mahagonipuu vineer.

K ü t t e a i n e d. Tavaliseks meie elukorterite kütteaineks on puud. Puude põletamisel ahjudes vabaneb nendes peituv päikeseenergia soojuse näol. Puude vähenemise ja kallinemise tõttu on viimasel ajal hakatud tarvitama tubade kütmiseks turvast, mis koosneb taimede (turbasambla jt.) jäätmeist. Vabrikute, tehaste, vedurite ja laevade kütteks kasutatakse kivisütt ja põlevkivi, mis on samuti taimelise päritoluga. Ka mootorite küte — bensiin, petrooleum ja õlid, mida saadakse maaõlist, põlevkivist ja kivisöest — on taimeriigist pärinev, samuti kui v a l g u s t a m i s e k s tarvitatav petrooleum, parafiin ja stearin.

R õ i v a d. Loomariigist pärineva villase riide kõrval, mida kasutatakse raskemate pealisrõivaste valmistamiseks, tarvitatakse pesu ja kergemate (naiste) pealisrõivaste valmistamiseks väga laialt p u u v i l l r i i e t. Puuvilla saadakse puuvillapõõsa viljadest. Seda kasvatatakse Ida-Indias, Malai saartel, Aafrikas ja Kesk- ja lõunapoolses Põhja-Ameerikas. Kõrvuti puuvillriidega tarvitatakse pesuriidena l i n a s t r i i e t, mida valmistatakse lina

niinekiududest. Uuemal ajal on hakanud siidriidega tugevasti konkureerima kunstsiid, mida valmistatakse mitmesuguste keemiliste vahenditega sitkeks ning venivaks muudetud tselluloosist.

Paber. Tänapäeva kultuurelu pole mõeldav ilma paberita ja sellele kirjutatud või trükitud sõnata, ilma postita ja telegraafita, ajalehtedeta, ajakirjadeta, igasuguseks otstarbeks trükitud raamatuteta. Paberit valmistatakse puidust, taimevartest ja tema olulisemaks osaks on tselluloos. Parem paber, nagu pärgament, on peaaegu puhas tselluloos. Lihtpaber sisaldab tselluloosi kõrval teisi kõrvalaineid (ligniini), kuna sile kriitpaber, millele trükitakse peamiselt pilte, sisaldab rohkesti lupja.

Värvained. Vanaaegsed värvained olid enamikus pärit taimeriigist, peale idamaise kuulsa purpuri, mida saadi tigudest. Nii kasutasid ka meie esivanemad riiete värvimisel: maranapuna (saadi tedremarana juurtest), naistepuna (naistepuna õienuppudest), kanarbikurohelist, kaselehekollast, kollase karikakra kollast jt. Ülemaailmalise kuulsusega olid omaaegsed indigosinine ja krapp-punane, mida samuti saadi taimedest. Tänapäev on värvained muutunud odavaks ja kõigile kättesaadavaks, sest neid valmistatakse keemilisel teel algelementidest. Üldise lugupidamise on viimasel ajal võitnud tõrvvärvid nii oma toonide puhtuse kui ka valguse- ja pesukindluse poolest. Tõrvvärve saadakse kivisöetõrvast. Neid värve tuntakse tänapäev 2000 ümber ja nende hulgas on suurema väärtusega aniliin- ja indantreenvärvid. Keemiliselt koostiselt kuuluvad nad tsükliliste süsinikuühendite hulka. Odav ning hea värv on tänapäev üheks tähtsamaks puuvillriide edu ning leviku põhjuseks.

Ka toiteainete värvimiseks kasutatakse inimorganismile kahjutuid taimevärve, nagu safrani kollast ja kepproosi punast.

Lõhnaained. Samuti kui värvained on inimesi vanast ajast saadik meelitanud mitmesugused lõhnaained. Ka neid on saadud taimedest, peamiselt õitest, kus nad esinevad eeterõlidena; nii kasutati ammu roosi-, nelgi-, kannikese-, piparmündi- jt. õlisid. Uuemal ajal on hakatud lõhnaaineid valmistama keemilisel teel, mispärast nad on muutunud nii odavaks, et neid lisandatakse isegi üsna odavatele seepidele.

Maitseained. Paljusid taimi või nende osi kasutatakse mitte toiduks, vaid toitudele ja jookidele maitse andmiseks — maitseainetena. Siia kuuluvad: humal, köömen, mädarõigas, pipar, sinep, teekummel, till, vorstirohi (majoraan), aga ka kohv ja tee. Mainitud taimede osad sisaldavad meeldiva maitse või lõhnaga aineid, mis toitude ja jookide juures mõjuvad isuäratavalt ning seedimist soodustavalt, kui nende tarvitamisega ei liialdata.

Ravimid. Vanemal ajal õppis inimene taimi tundma peamiselt sel määral, kuivõrra ta neid suutis kasutada toiduks või ravimite valmistamiseks. Seepärast olid omaaegsed arstid, nõiad ja soolapuhujad esimesteks taimeteadlasteks, kes püüdsid õppida tundma mitmesuguste taimede mõju inimorganismisse haiguste puhul. Ka meie vanad rahvapärased taimede nimed, nagu kopsurohi, kuutõverohi, paiseleht, seljarohi, silmarohi, soolikarohi, verihein, verehurmarohi, voolmerohi, koerapöörirohi, veiste südamerohi, sealõuarohi, üheksavägilane jt. näitavad, et meie esivanemadki on kasutanud taimi mitmesuguste tõbede ravimisel. Mitmed taimedest saadud ravivahendid, mida tänapäevgi kasutatakse, on ülemaailmalise tähtsusega, nagu oopium (magunates), kokaiin (kokaiinipõõsas), kiniin (*Cinchona*'s), hüdrastiin (*Hydrastis canadensis*'es), atropiin (karumustikas), kofeiin (kohviubades) jt. Need on enamasti mürkained, mis aga arsti käes mõjuvad valuvaigistavalt (oopium),

operatsioonide ja haiguste puhul veresooni koondavalt (kokaiin, hüdrastiin), palavikku vähendavalt (kiniin) jne.

Varemini saadi peaaegu kõik ravimid taimedest; nüüd, mil on tundma õpitud vastavate raviainete keemilised koostised, valmistatakse neid ka keemilisel teel algelementidest.

P a r k a i n e d. Paljud taimed sisaldavad parkainet ehk tanniini; see mõjub valkainetesse tihendavalt ja konservivalt. Seepärast kasutatakse parkainet nahkade parkimisel, mis teel toores nahk omandab tiheduse, painduvuse ja vastupidavuse niiskusele ja mädanemisele. Parkaine saamiseks kasutatakse meil peamiselt paju-, tamme- ja kuusekoort, mujal aga ka mitmesuguseid lehtedel tekkivaid „sapiõunu". Tanniini sisaldavad ka teepõõsa lehed ning see põhjustabki tee pruunika värvuse ja kibeda maitse.

V a i k. Okaspuude vaigukäigud sisaldavad vaiku. Vaik kaitseb neid puid pisikute vastu, sest ta hoiab puusse tekkinud haavad puhtad. Peale selle vaik takistab okaspuude puidu mädanemist, mispärast neid puid kasutatakse ka hoonete ehitamiseks, puusildadeks jm. Okaspuude kuivdestillatsioonil muutub vaik kampoliks ja tärpentiiniõliks. Kampolit kasutatakse seebikeetmisel, paberi ja kirjalaki valmistamisel, tärpentiiniõli aga kui head lahustajat lakkide valmistamisel.

10. Taimede tundlikkus ja liikumine.

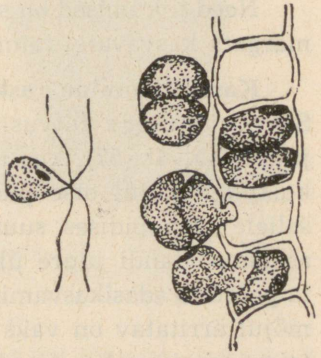
Taimed on enamasti kinnitatud juurtega maa külge ega või vabalt liikuda. See ei tähenda aga sugugi, et taimeriigis liikumisvõimalused üldse puuduvad. Ligemal vaatlusel selgub, et siin võib kindlaks teha väga mitmekesiseid liikumisviise.

Üldiselt võib eristada taimedel järgmisi liikumisvorme.

1. Vabad ehk autonoomsed liikumised.

Need on tingitud mitte välisärritustest, vaid taimede või taimerakkude seesmisest liikumistarbest. Vaba liikumine esineb rakuplasmas, nagu nägime eespool; vees võivad vabalt liikuda bakterid ja paljude veetaimede rändeosed ehk zoospoorid (näit. nuivetikal, ulootriksil jt.), aga ka vetikate, sammalde ja sõnajalaliste isas-sugurakud — gameedid ja spermatozoidid.

2. Välisärritustest tingitud kindlakujulised liigutused.



Joon. 62. Niitvetikas ulootriksi viburitega varustatud rändeos (vasemal).

Neid näeme paljude taimede juures. Kui puudutame häbeliku mimoosi (*Mimosa pudica*) lehte, siis tõmbuvad tema üksiklehekesed üksteise järel kiiresti kokku ja terve liitleht langeb longu. Siin on ükskõik, mis suunas või millise asjaga lehte puudutame: tulemus on ikka üks ja sama ning oleneb vaid puudutuse tugevusest. Pärast ärrituse möödumist leht toibub ja ajab enese jälle sirgu. Samuti reageerivad puutumisele kukerpuu (*Berberis vulgaris*) õie tolmukad, kollase rändrassi (*Nonnea lutea*) emaka suudmelapid, kärbsepüünise (*Dionaea muscipula*) lehehõlmad jt. Ka paljude liblikõieliste ja teiste taimede liitlehtede osakeste nn. „öine seisak", mis avaldub lehekeste lõdvas, peaaegu püstloodses allalangemises õhtul pimeda tulekuga, kuulub sellesse liigutusterühma, samuti kui mitmesuguste taimeliikide õite avanemine ja sulgumine hommikuti ja õhtuti või vihma eel — valgusest ja

niiskusest põhjustatud ärritusil. Toodud juhtudel välisärritused mõjuvad rakuplasmasse lehevarre või õie katelehtede alusosade rakkudes nii, et selle vee läbilaskvus muutub ning ühes sellega väheneb sisemine rakkude pinge — turgor, mille tagajärjel lehed langevadki longu.

3. Kasvuliikumised välisärrituse suunas ehk tropismid.

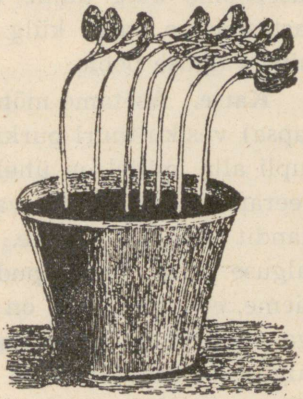
Need liikumised on seoses taime kasvuga ja neid võime märgata kasvavatel taimeosadel.

Kasvuliikumine raskustungi suunas ehk **geotropism.** Selle nähtusega tutvusime ühe eelmise idandamiskatse juures (vt. lk. 57), kus nägime, et idandi juur kasvas raskustungi mõjul otse püstloodis alla mullasse, vars aga sellele vastupidises suunas üles — valguse poole. Kui asetame idandi juure ükskõik missugusesse suunda, alati ta pöördub edasikasvamisel otse alla. Kuid selliselt raskuse mõjul ärritatav on vaid idandi peajuur, mis areneb edasi taime peajuureks: ainult need kasvavad püstloodis otse alla. Nendest tekkinud külgjuured kasvavad aga viltu — ühel taimeliigil suurema, teisel väiksema nurga all (vt. joon. 29). Ka juurekarvakesed pole tundlikud raskustungile ja kasvavad igas suunas juurte ümber.

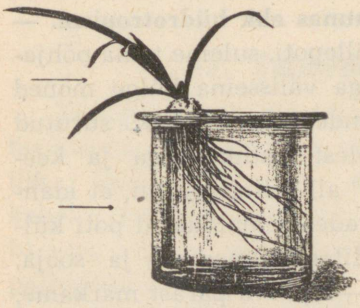
Taime peajuur, mis kasvab raskustungi suunas, reageerib raskustungile positiivselt ehk on positiivselt geotroopilise ärritatavusega. Seevastu peavars, mis kasvab otse vastassuunas, on negatiivselt geotroopilise ärritatavusega. Tüve külgharud samuti kui külgjuured ei allu raskustungi ärritusele. Tähelepandav on ka see, et maa-alused varred ehk juurikad kasvavad ristloodis ja samuti pole geotroopiliselt ärritatavad.

Kasvuliikumine valguse suunas ehk fototropism. — Katse. Külvame potti mingi taime (näit. kapsa, rukki,

kaera) seemneid ja asetame nad ühes potiga idanema kuhugi täiesti pimedasse kohta, kõige parem mõne valguskindla kupli alla või pimedasse kasti. Umbes 3 päeva pärast, mil idandid on 2—3 cm pikkused ja sirgelt püsti üles kasvanud, paigutame poti ühes idanditega avaramasse valguskindlasse kasti, mille ühes küljes on umbes 2,5×2,5 cm ava. Asetame katsekasti avaküljega akna poole (või vastu tugevat elektripirni) vastu valgust. Umbes 24 tunni pärast kasti avades märkame, et kõik idandid on kooldunud oma tippudega kasti ava, s. o. valguse poole. Katsest näeme, et taimevars kasvab valguseärrituse suunas ja on positiivse fototroopilise ärritatavusega.



Joon. 63. Idandite kõveraks kasvamine valguse mõjul.



Joon. 64. Taime vars lehtedega kooldub valguse poole, juured aga valgusest eemale.

Et päike päeva jooksul valgustab taimi mitmest küljest ja peaaegu ümberringi, siis tüved kasvavad üles püstloodis, just nagu paistaks valgus otse ülalt. Nii püstloodis sunnib tüve kasvama aga ka tema negatiivne suhtumine raskustungisse. Kui taimed saavad valgust ainult ühelt küljelt (näit. aknal kasvavad taimed), siis koolduvad nad valguse poole. Seda kooldumist seletatakse järgmiselt: nagu eespool kuulsime,

poolduvad pimedas rakud rohkem ja taimekoed kasvavad kiiremini, kuna valgus kasvu tagasi hoiab. Seega ka valgusepoolne külg taime varrest kasvab aeglasemalt kui vastaspoolne varre külg. Ja nii tekibki varre kõverdumine valguse poole.

Katse. Asetame mõne taime seemiku (näit. sinepi või kapsa) vesikultuuri purki ja paigutame selle valguskindla kupli alla, millel on ühel küljel umbes 1 cm laiune pilu. Keerame kupli piluga valguse poole. 24—48 tunni järel idandit vaadates leiame, et tema varretipp on kooldunud valguse poole, juuretipud aga valgusest eemale. Katsest näeme, et idandi vars on positiivselt, idandi juured aga negatiivselt valgusest ärritatavad. Positiivselt valgusest ärritatavad on ka rootsudega taimelehed, mis pööravad endid nii, et valguskiired satuksid lehelabale võimalikult otse. Erandiks on mõned rootsuta lehed, milledel laba pööramine võimatu, ja mõned nn. kompasstaimed, nagu eukalüptus (*Eucalyptus amygdalina*) ja metsik salat (*Lactuca scariola*), mille lehed asetsevad serviti põhja — lõuna suunas.

Kasvuliikumine niiskuse suunas ehk hüdrotropism. — Katse. Võtame väikese puhta lillepoti, suleme tema põhjaaugu vahaga ja köidame niidiga välisseina külge mõned herne- või oaidandid, nii et nende juured poleks surutud vastu potti. Täidame poti poolest saadik veega ja keerame ta põhjaservale umbes 45° all viltu, aga nii, et idandite juured püstloodis alla kasvades eemalduksid poti küljest. Asetame poti ühes idanditega pimedasse ja sooja, kuid mitte liiga kuiva kohta. 1—2 päeva pärast märkame, et kõik idandite juured on kasvanud kõveraks potiseina poole ja on surunud end selle vastu, mitte aga edasi kasvanud püstloodis alla. Miks? Läbi poorilise potiseina ulatub niiskus poti välisseinani: juured ongi kasvanud niiskuse ärritusel sinnapoole. Seega taimede juured

ärrituvad niiskuse mõjul positiivselt, s. o. kasvavad niiskuse poole. Hüdrotroopilise ärritatavuse mõjul taimede juured suunduvad mullas niiskuse poole ja „otsivad" mullas niiskemaid kohti.

Samasse 3 ärritatavusrühma kuuluvad veel: d) kasvuliikumine keemiliste vahendite ärrituse suunas (+ ja — kemotropism), millele reageerivad juured; e) kasvuliikumine soojuseärrituse suunas (+ ja — termotropism), millele reageerivad juured ja varred; g) kasvuliikumine ehk pöördumine puuteärrituse mõjul (+ ja — tigmotropism), millele alluvad väänkasvude köitraod, näit. hernel, koeranaeril, viinapuul jt. (vt. joon. 54).

Kõik ülaltoodud ärritusliikumised tulevad toime elusplasma kaudu. Peale selle esineb rida mehaanilisi liikumisi surnud kudedes, nagu viljakaunte, kõtrade, kuparde, kukkurviljade jt. lõhkemine, keerdumine ja selle tagajärjel seemnete väljapaiskumine. Siin mitmesuguse ehitusega surnud koed kuivades tõmbuvad ebaühtlaselt kokku või jälle paisuvad niiskuse mõjul.

11. Taimede paljunemine.

Taimed, samuti kui kõik elusorganismid, omavad tungi hoolitseda järglaste eest, et vanemate surmaga ei häviks liik. Nad paljunevad. Taimede paljunemine toimub kahel viisil: a) sugutul ehk vegetatiivsel ja b) sugulisel ehk generatiivsel teel. Sugutul paljunemisel uued taimed arenevad emataime kehaosadest, sugulisel paljunemisel aga sugurakkudest.

Vegetatiivne paljunemine.

a) Lihtsam juht vegetatiivsel paljunemisel on see, kus taimest juhuslikult eraldatud kehaosa

taastekkimise ehk regeneratsiooni mõjul muutub emataimega sarnaseks ja eluvõimeliseks. Nii katkikistud seeneniit või kiudvetikas ei sure, vaid iga osa areneb iseseisva taimena edasi; mahamurtud ja mullasse tallatud elav puuoks areneb mõnel juhul edasi puuks; purukskistud orasheinajuurika tükkidest kasvavad uued orasheinad jne.

Joon. 65. Hammasjuure varre pungad (*br*).

b) Keerulisemal juhul uued taimed võivad areneda ainult emataime eriosadest või elunditest. Alamatel taimedel vegetatiivne paljunemine toimub eostega. Mõningatel vetikatel ja seentel on eosed varustatud viburitega, millede abil nad võivad vabalt liikuda; need on rändeosed ehk zoospoorid — nuivetikal, ulootriksil (vt. joon. 62), vees elutsevail mädarikseentel (*Saprolegnia*) jt. Tavalised eosed on viburiteta ning neid levitab tuul.

Joon. 66. Hallitusseene eosed (*c*).

Kõrgemad taimed paljunevad vegetatiivselt:

1) maapealsete võsunditega (maasikas, hanejalg, lillakas);
2) maa-aluste võsunditega (orashein, osi, liivtarn);

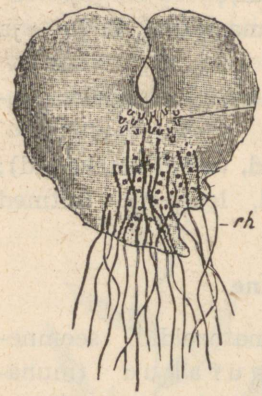
3) juurikate abil (piibeleht, võsaülane, kaisel, pilliroog);
4) varremugulatega (kartul);
5) varrepungadega (hammasjuur, kirju- ja pungliilia);
6) juuremugulatega (daalia, kanakoole, pojeng);
7) sibulatega (laugud, sibulad, tulbid, nartsissid);
8) lehepungadega (jürilill, leesputk, mitmed sõnajalad).

Suguline paljunemine.

Siin on tegevad isas- (spermatozoidid, seemnerakud, tolmuterad) ja emassugurakud (munarakud), mis valmivad vastavates suguelundites. Sugurakud on üksikult pooldumis- ja edasiarenemisvõimetud. Elujõuliseks muutumiseks peab isassugurakk liituma emassugurakuga; viimasel juhul muutub elujõuliseks ja arenemisvõimeliseks ainult emassugurakk, s. o. munarakk. Sugurakkude ühtimist nimetatakse sugutumiseks. Peale sugutumist munarakk hakkab poolduma ja temast areneb uus taim, uus organism, mis on üldjoontes sarnane emataimega.

Sugurakkude valmimine. Eespool raku ehitusega tutvumisel nägime, et raku elutegevust ja pooldumist juhib tuum. Rakutuuma võrkmik koosneb kromatiinist ja akromatiinist. Võrkmik rakutuuma pooldumisel kujuneb niiditaoliseks ning tükeldub igal taime- või loomaliigil alati kindlaks arvuks kromosoomideks. Kromosoomide arv rakutuumas on seega üks tähtsamaid sisemisi liigi tunnuseid. Kromosoomid kannavad peale selle endas iga liigi päritavaid tunnuseid ja omadusi, mistõttu nende tähtsus on eriti suur sugurakkude juures, sest siin oleneb nendest uue kujuneva organismi välimine ja sisemine ilme. Iseloomulikumaks nähtuseks sugurakkude kujunemisel on aga see, et

nendes enne valmimist kromosoomide arv väheneb (taandub) poole võrra. Kui näit. nisutaime hariliku rakutuuma kromosoomide arv on 16, siis sama taime sugurakkude tuumade kromosoomide arv on 8.

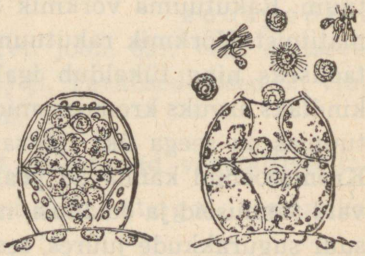


Joon. 67. Maarjasõnajala eelleht arhegooonidega (ülal), anteriididega (all risoidide vahel) ja juuretaoliste risoididega (*rh*).

Sugutumise tähtsus seisab esijoones selles, et siin kahe suguraku ühtimisel munaraku tuum omandab jälle normaalarvu kromosoome: munarakk muutub sugutumisel täisväärtuslikuks, elujõuliseks ning pooldumisvõimeliseks.

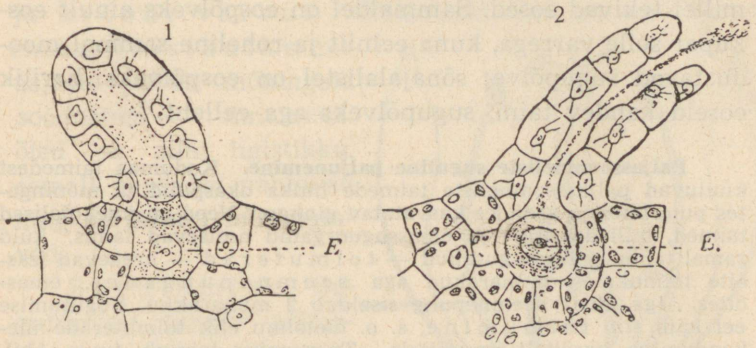
Kui sugurakkude kromosoomide arv oleks enne sugutumist normaalne, siis sugutumisel see peaks muutuma kahekordseks, järgmise põlvkonna sugutumisel 4-kordseks, kolmandal põlvkonnal — 8-kordseks jne. Sellise kromosoomide arvu suurenemisega peaksid tekkima iga sugutumise järel hoopis uued organismid ning järglased ei saaks kunagi olla sarnased vanematega. Liikide püsivusest ei saaks sel juhul taime- ega loomariigis olla juttugi. Sugurakkude tuumade kromosoomide arvu vähenemine osutub seega organismide arengul liikide alalhoiu mõttes väga tarviliseks.

Edasi iga suguraku tuum kannab endas iga liigi omapäraseid päritavaid tunnuseid ja omadusi. Liitumisel isassuguraku tuumaga munaraku tuum saab juurde uusi isasraku omadusi, uut jõudu, värs-



Joon. 68. Maarjasõnajala anteriidid vabalt liikuvate spermatozoididega.

keneb ning uuendub teataval määral. Kui ühel vanemaist on mõningaid organismi elus tähtsaid omadusi või tunnuseid, siis sugutumisel need omadused võivad kanduda edasi järglasile. Looduses selline nii heade kui ka halbade omaduste edasiandmine toimub juhuslikult loodusliku suguvaliku teel ja tulemused võivad olla seetõttu mitmesugused. Inimese tahtel on võimalik heade omadustega sugupoolte kunstliku valikuga toimetada nii taimede kui



Joon. 69. Maarjasõnajala arhegoonid: *1* — kinnine, *2* — lahtise kaelakanaliga, mille põhjas — munarakk (*E*).

loomade sordi- ja tõuparandust, mis ongi tänapäeva kultuurpõllumajanduse üks tähtsamaid ülesandeid.

Eostaimede suguline paljunemine. Eostaimedel on kaks põlve: eospõlv ja sugupõlv. Eospõlv kannab eoseid, mis moodustuvad eospesades; selle põlve rakkudes on täis arv kromosoome rakutuumades. Eostest areneb eelleht (sõnajalalistel, osjadel) või eelniit (sammaldel). Eellehe rakkude tuumad sisaldavad kõigest poole arvu eospõlve rakutuumade kromosoomidest. Eellehel tekivad suguorganid — anteriidid ja arhegoonid, mispärast seda põlve tuleb pidada suguliseks põlveks. Anteriidis valmib hulk viburitega varustatud isassugurakke — spermatozoide, mis võivad vees ja vedelikes vabalt liikuda. Arhegoonis tekib üksainus munarakk.

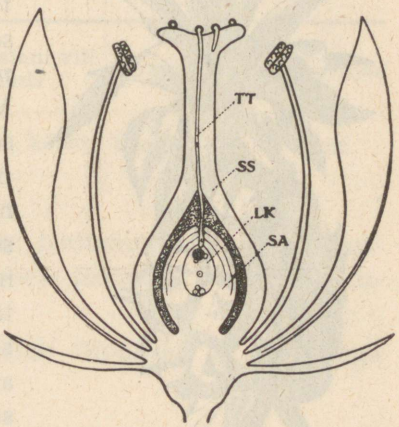
Sugurakkude ühtimine ehk sugutumine toimub eostaimedel veetilgas, kusjuures spermatozoidid tungivad arhegooni avatud kaelakanali kaudu munaraku juurde. Spermatozoidide sellesuunalist liikumist põhjustab keemiline ärritaja — õunahape, mida leidub munaraku ümber. Sugutumisel ühtib üksainus spermatozoid munarakuga, kusjuures nende rakkude tuumad kokku sulavad. Pärast sugutumist areneb munarakust vastav eostaim (eospõlv), millel tekivad eosed. Sammaldel on eospõlveks ainult eoskupar selle varrega, kuna eelniit ja roheline sammal moodustavad sugupõlve; sõnajalalistel on eospõlveks harilik eoseid kandev taim, sugupõlveks aga eelleht.

Paljasseemneliste suguline paljunemine. Kodumaa taimedest kuuluvad paljasseemneliste taimede hulka okaspuud ja mõningates puiestikes ja aedades kasvatatav ginkgo. Need on ühekojalised taimed, milledel isas- ja emassuguorganid asetsevad lahus, kuid samal taimel. Isassugurakud — t o l m u t e r a d — arenevad isasõite tolmukates, munarakud aga s e e m n e p u n g a d e s, emasõites. Iga üksik seemnepung sisaldab 2 munarakku. Sugutumise eel käib siin t o l m u m i n e, s. o. õietolmu ehk tolmuterade ülekandumine isasõitelt emasõitele. Tolmumine toimub tuule abil. Vett vahemehena pole siin enam tarvis, nagu sammaldel ja sõnajalalistel. See on tähtis edusamm okaspuude ja õistaimede arengus. Tolmutera, sattunud emasõie lahtisele seemnepungale, hakkab kasvama: tema kestast väljub peenike rakuplasmast niidike — t o l m u t o r u. Ginkgo tolmutorus on 2 viburitega varustatud ja vabalt liikuvat spermatozoidi, okaspuude tolmutorus aga 2 rakutuuma, millel puudub vaba liikumisvõime. Tolmutoru nii ühel kui teisel juhul tungib läbi seemnepunga koe kuni selles asetseva l o o t e k o t i n i, milles leidub munarakk; siin nii liikuv spermatozoid kui ka tolmutoru tuum ühtivad munaraku tuumaga; seega on toimunud sugutumine. Tähelepandav on paljasseemneliste sugutumisel, et tolmutamise ja sugutamise vahe võib olla kaunis pikk: kulub hulk aega, kuni tolmutera hakkab „kasvama" ja kuni tolmutoru läbib seemnepunga koe ja jõuab lootekotini. Seemnepungast ühes sugutatud munarakuga areneb siin s e e m e, paljurakuline ja kestaga kaetud elund. Et seeme asetseb paljana, katmatult viljasoomuse all, siis nimetataksegi kõiki sellise seemnetekkega taimi p a l j a s s e e m n e l i s t e k s. Seemned asetsevad okaspuudel soomustest koosnevas viljas — k ä b i s.

Õistaimede suguline paljunemine. Õistaimedel on suguelundid peidetud õitesse: isassuguelundid on t o l m u k a d, emassuguelundid — e m a k a d. Tolmukates val-

mivad isassugurakud — tolmuterad, emakates — seemnepungad munarakkudega. Iga tolmuka tolmukotis on hulk õietolmu ehk tolmuteri, emaka sigimikus võib seemnepungi olla üks või rohkem.

Õite tolmumine, s. o. õietolmu ülekandumine tolmukottidest emaka suudmele toimub alamatel õistaimedel tuule abil, kõrgematel aga peamiselt putukate abil. Putukaid meelitavad õitele mesineste, õite lõhn ja krooni värvus. Väiksemad õied on koondunud enamasti õisikuiks, mis asjaolu pakub mõningaid soodustusi tolmumisel: õied on siin ligistikku, eemalt paremini nähtavad ning kergemini tolmutatavad.

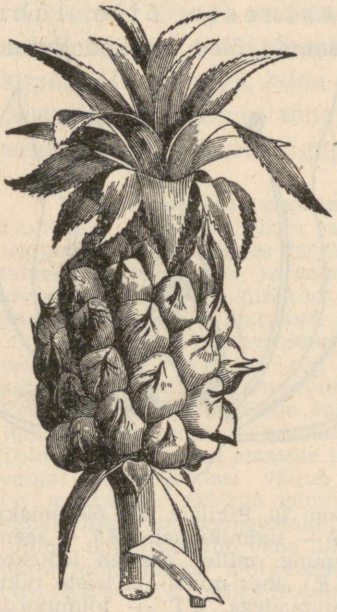


Joon. 70. Pikilõik läbi õie emaka: *SS* — sigimiku sein; *SA* — seemnepung, milles asetseb lootekott (*LK*) ühes muna- ja teiste rakutuumadega; *TT* — tolmutoru.

Sugutumine. Sugutumisel tungib tolmuterast arenev tolmutoru (plasmaniidike) läbi emaka kaela kuni sigimikus asetseva seemnepungani. Seemnepung on kaetud enamasti 2 kestaga ning nendes kestades on pisike ava (mikropüül), mille vastas — seemnepungas asetseb selle olulisem osa — lootekott. Lootekotis on mitu tuuma (sageli 8), mis on tekkinud munaraku kujunemisel ja kromosoomide arvu vähenemisel. Kaks tuuma on lootekoti keskel juba varemini (enne tegelikku sugutumist) liitunud; ülemise lootekoti otsas — mikropüüli vastas — asetseb munaraku tuum kahe kõrvaltuumaga.

Sugutumine toimub järgmiselt: tolmutoru ühes kahe tuumaga (milles kummaski kromosoome on pool normaal-

arvust) tungib läbi seemnepunga kestades leiduva ava[1] lootekotti; siin üks tolmutoru tuum liitub munaraku tuumaga, teine aga lootekoti kesktuumaga. Seega on õistaimede sugutumine kahekordne. Sugutatud munaraku tuumast areneb seemne idu, sugutatud lootekoti tuumast — seemne toitekude (teised lootekoti tuumad kulutatakse kudede kasvamisel toiduks); kogu seemnepungast aga moodustub seeme, kusjuures seemnepunga kestadest arenevad seemnekestad. Mikropüül jääb enamikul seemnetest püsima ka seemnekestades seemnepiluna, näit. aedoal, hernel, ja selle kaudu pääseb vesi idanemisel seemnesse. Paljude taimede seemnetel on aga seemnepilu suletud mõne aine või koega, ning sellised seemned ei hakka enne idanema, kuni nende kestad on mädanemisel rikutud.



Joon. 71. Ananase liitvili.

Vili. Igast sigimiku seemnepungast areneb pärast sugutumist seeme, emaka sigimikust aga vili, kusjuures sigimiku seintest tekivad viljakestad. Sigimiku sein on enamasti kolmekordne, nii võib ka viljakestas eristada kolme kihti. Kui sigimikus on ainult üks seemnepung, siis tekib üheseemnene vili, näit. pähkel, tammetõru, ploomi vili; on aga sigimikus mitu seemnepunga, kujuneb ka vili mitme seemnega, näit. herne kaun, kapsa kõder, maguna kupar, sõstra mari jt. Vilja-

[1] Mõnikord ka läbi seemnepunga kestade.

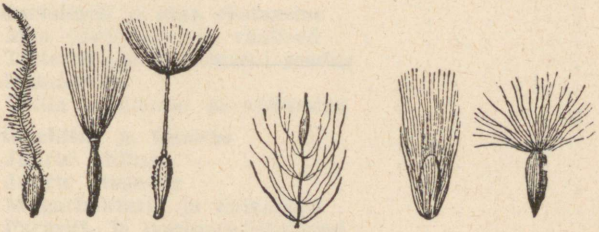
kestad võivad muutuda lihakaks, kuivaks ehk nahkseks või isegi kivistuda. Kui vilja moodustumisest võtab osa peale sigimiku veel õievars (õigemini selle ülemine paisunud osa), siis nimetatakse sellist vilja *ebaviljaks* (maasika ja kibuvitsa vili). Muutub aga terve õisik üheks viljaks, siis on see *liitvili* (näit. ananasel).

Viljade kohta pakub ülevaadet järgmine tabel:

	Kuivad viljad	Lihakad viljad
Üheseemnesed	pähkel, tõru, kastani vili teris, seemnis	kirsi ja ploomi luuviljad
Paljuseemnesed	kukkurvili, kaun, kõder, kupar	marjad, õunad, kurgi vili

Viljade levimine. Viljade levitamine toimub looduslikkude jõudude (tuule ja vee), loomade, lindude, putukate ja inimeste kaasabil.

Tuulega kantakse laiali tiivulised ja karvadega



Joon. 72. Karvakestega varustatud viljad, mida levitab tuul.

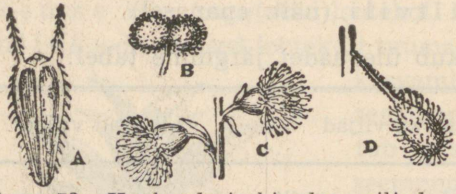
kaetud viljad ja seemned, nagu pajulille, kuuse ja männi seemned, vahtra, saare, võilille jt. viljad.

Vesi levitab ojade, jõgede ja järvede, aga ka merede ääres kui ka vees kasvavate taimede vilju ja seemneid.

Loomade karvade külge jäävad kinni kisude ja

konksudega varustatud viljad ning kantakse edasi, näit. takja, rassi, ruskme jt. viljad.

Linnud levitavad luuviljaliste ja marjade seemneid, mis enamasti seedimatult nende kehast läbi lähevad, aga ka limaseid veetaimede (vesiroosi) seemneid, mis kleepuvad nende keha külge.



Joon. 73. Konksude ja kisudega viljad, mida levitavad loomad.

Inimene levitab teadlikult kultuurtaimede seemneid ja vilju, ühes sellega tahtmatult aga ka umbrohuseemneid. Ka igasugused moodsad veovahendid võivad levitada mitmesuguseid seemneid: laevad, rongid, lennukid, autod ja omnibused kannavad taimevilju ja -seemneid kaugele võõrastesse maadesse. Seepärast leidubki sadamate ja jaamade piirkonnas ning raudteedel sageli kasvamas võõramaa-taimi.

SISUKORD.

Lk.

1. **Taimerakk** 5
   - Mikroskoop 5
   - Taimeraku osised 6
   - Rakkude siserõhk (turgor) 18
   - Rakkude paljunemine 20
   - Rakkude areng 23

2. **Seeme ja tema idanemine** 24
   - Seemne ehitus 24
   - Seemnete idanemine 30
   - Idandi arenemine 35
   - Taimede arenemine ja kasvamine 37

3. **Taimekoed** 39

4. **Taime keemiline koostis** 42

5. **Vesikultuurid** 45

6. **Kultuurtaimed ja maa väetamine** 51
   - Maa väetamine ja väetised 52
   - Toitesoolade miinimumi seadus 55
   - Plasmolüüs 55
   - Mulla omaduste parandamine 56

7. **Juurte ehitus ja tegevus** 57
   - Juurte ehitus 57
   - Juurte tegevus 59
   - Mügarbakterid ja mükoriisa 63
   - Parasiit- ja poolparasiittaimed 64

8. **Lehe ehitus ja tegevus** 65
   - Lehe ehitus 65
   - Vee aurumine lehtedest 66
   - Süsiniku sarnastamine ehk assimilatsioon 72
   - Klorofüll 74
   - Missuguseid süsinikuühendeid valmistavad taimelehed? 77
   - Süsivesikud 79
   - Valgud 88
   - Seedimine 90
   - Taimed, milledel puudub süsiniku sarnastamise võime 91

Putukasööjad taimed 92
Süsiniku sarnastamise tähtsus 92
Hingamine 94

9. Varre ehitus ja tegevus 94
Varre ehitus 97
Okaspuude tüve ehitus 101
Lehtpuude tüve ehitus 105
Kokkuvõte 106
Milliste jõudude mõjul liiguvad mahlad taimede vartes? 107
Milleks tarvitab inimene taimevart ja taimeriigi tooteid? 108

10. Taimede tundlikkus ja liikumine 112
Vabad ehk autonoomsed liikumised 113
Välisärritustest tingitud kindlakujulised liigutused . 113
Kasvuliikumised välisärrituste suunas ehk tropismid . 114

11. Taimede paljunemine 117
Vegetatiivne paljunemine 117
Suguline paljunemine 119