ÜLDINE BOTAANIKA

T. LIPPMAA

ÜLDINE BOTAANIKA

TARTU, 1940
AKADEEMILISE KOOPERATIIVI KIRJASTUS

EESTI TEADUSTE AKADEEMIA JUURES OLEVA ÜLIKOOLIDE
ÕPPERAAMATUTE KOMISJONI VÄLJAANNE NR. 1.

Kirjastatud Haridusministeeriumi toetusel.

A - 11542
2
Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
22 368

E. K.-Ü. „Postimehe" trükk, Tartus 1940.

SISUKORD

Lk.

1. peatükk. — Õistaimede eluiga. Õistaimede põhiorganid . . . 1
2. peatükk. — Lehe arenemine. Lehelaba. Heterofüllia ja anisofüllia. Lehtede roodumine ühe- ja kaheidulehestel. Füllood. Abilehtede tüübid 4
3. peatükk. — Rakukest. Tselluloos, hemitselluloos, pektiin, ligniin, suberiin ja kutiin 17
4. peatükk. — Protoplasma. Valgud, lipoidid jt. plasma komponendid. Plastiidid. Tuum. Vakuool. Rakumahla pigmendid — antotsüaniinid. Kaltsiumoksalaat 20
5. peatükk. — Lehe sisemine ehitus. Epidermis, õhulõhed. Mesofüll (sammas- ja tohlkude). Leherood. Juhtkimpude ehitus. Leherootsu ehitus 30
6. peatükk. — Aurumine e. transpiratsioon. Hüdatoodid. Süsiniku assimilatsioon. Lehe pigmendid — klorofüllid a ja b, ksantofüllid ja karotiinid 45
7. peatükk. — Süsiniku assimilatsioon (järg). Süsivesikud (glükoos, fruktoos, maltoos, sahharoos, tärklis, tselluloos). Assimilatsiooniprotsessi olenevus välisfaktoreist. Fototropism. Hingamine 54
8. peatükk. — Lehe sisemine ehitus eri tingimusis kasvanud taimedel. Leheehitus hüdro-, hügro-, meso- ja kserofüütidel. Karvkate (katekarvad, näärmekarvad ja kõrvekarvad) 64
9. peatükk. — Lihasööjate e. putukasööjate taimede lehed. Rudimentaarsete lehtedega taimed — (a) autotroofsed, (b) heterotroofsed. Saprofüüdid. Parasiidid. Poolparasiidid 75
10. peatükk. — Varre kasvukuhik. Dermatogeen, peribleem ja pleroom. Kromosoomid. Rakujagunemise faasid (profaas, metafaas, anafaas ja telofaas). Pungad. Pungasoomused 82
11. peatükk. — Leheseis. Juhtkimpude kulg ühe- ja kaheiduleheste vartes. Esikoor. Periderm. Lõved 93
12. peatükk. — Kesksilinder. Ataktosteel. Teiskasv üheidulehestel. Juhtkimbu osad (floeem, ksüleem). Eusteel. Kambium. Puu ja niine ehitus männil ja pärnal 106
13. peatükk. — Epigeilised varred. Harunemine (ratsemoosne ja tsümoosne). Monopoodium. Sümpoodium. Lühi- ja pikkvõrsed. Tugikude vartes 121

14. peatükk. — Epigeilised varred (järg). Ronitaimede varred. Horkronijad, köitraagudega ronijad, juurronijad ja vääntaimed. Liaanide varre tõmbetugev ehitus. Assimileerivad varred. Raagtaimed, fülloklaadidega taimed ja tüvisukulendid 126
15. peatükk. — Hüpogeilised varred. Sibul. Mugul. Juurikas (risoom) 133
16. peatükk. — Juur. Juure kasvukuhik. Juurekübar. Geotropism. Juure juhtkimp. Aktinosteel. Juhtkimpude üleminek varrest juurde. Külgjuurte moodustumine. Juure teiskasv 142
17. peatükk. — Juurekarvad. Taimele tarvilikud mineraalained. Veekultuurid. Lämmastiku sarnastamine 152
18. peatükk. — Mineraalainete ja vee tungimine juurtesse. Plasmolüüs ja deplasmolüüs. Osmootne rõhk ja turgoorne rõhk. Tõusev vool ja laskuv vool 158
19. peatükk. — Õhujuured. Seenjuured. Ektotroofne ja endotroofne mükoriisa. Assimileerivad juured 164
20. peatükk. — Parasiitide juured. Juuremugulad. Hingamisjuured. Ronijuured. Asteljuured 170
21. peatükk. — Lihtõisikud (A — kobarõisikud, B — ebasarikõisikud). Liitõisikud. Õis. Perigoon. Tupp. Kroon 178
22. peatükk. — Tolmukkond. Tolmukas. Tolmuterad. Taandusjagunemine. Kromosoomide arv (diploidne ja haploidne) mitmesugustel taimedel 188
23. peatükk. — Emakkond. Emakas. Emakasuue, emakakael ja sigimik. Seemnepung. Embrüokott. Sugutamine. Endosperm. Embrüo arenemine 195
24. peatükk. — Tolmukate ja emakate paigutus taimedel. Ühe-, kahe- ja kolmekojased taimed. Isetolmlemine. Risttolmlemine vee, tuule ja loomade abil 207
25. peatükk. — Seemnete ehitus. Seemnekest. Endosperm. Idu. Seemnete idanemine. Seemnete resistentsus kuivuse ja madala temperatuuri mõjule 216
26. peatükk. — Lihakad viljad. Kuivviljad (ava- ja sulgviljad). Seemnete ja viljade levitamine vee, tuule ja loomade abil . . . 224
27. peatükk. — Süstemaatika põhiühikud. Klass, sugukond, perekond ja liik. Üheiduleheste sugukondi: Liilialised. Kõrrelised. Lõikheinalised. Käpalised 235
28. peatükk. — Kaheiduleheste sugukondi: Tulikõielised. Roosõielised. Liblikõielised. Ristõielised. Nelkõielised. Putkelised. Esikulised. Mugulalised. Korvõielised. Mailaselised. Huulõielised 241
29. peatükk. — Eostaimede elutsükleid: *Nostoc commune. Bacillus subtilis. Navicula viridis* 252
30. peatükk. — Eostaimede elutsükleid (järg): *Spirogyra crassa. Fucus vesiculosus* 260
31. peatükk. — Eostaimede elutsükleid (järg): *Polysiphonia fastigiata. Vaucheria sessilis* 267

32. peatükk. — Eostaimede elutsükleid (järg): *Penicillium crustaceum. Puccinia graminis. Lobaria pulmonaria* 276
33. peatükk. — Eostaimede elutsükleid (järg): *Funaria hygrometrica* 283
34. peatükk. — Eostaimede elutsükleid (järg): *Dryopteris filix mas. Selaginella selaginoides* 291
35. peatükk. — Muutlikkus ja pärilikkus taimedel. Muutlikkus liigi piirides. Puhas liin. Fenotüüp ja genotüüp. Domineerivad ja retsessiivsed tunnused. Mendeli I seadus 302
36. peatükk. — Pärilikkus taimedel (järg). Mendeli II ja III seadus. Di- ja trihübriidid. Kombinatsioonid. Seostunud tunnused. Geenid. Kromomeerid 305
37. peatükk. — Pärilikkus taimedel (järg). Liikidevahelised bastardid. Mutatsioonid. Polüpoidsed ja heteroploidsed taimed . . . 313
38. peatükk. — Taimeriigi evolutsioon. Hõimkonnad. Üheiduleheste sugukondade omavaheline sugulus. Organite homoloogsus eos- ja õistaimedel. Darwin'i ja Lamarck'i õpetused evolutsiooni põhjustest 319
39. peatükk. — Taimeühiskonnad. Ühing. Formatsioon. Külmakõrved. Kõrgmurud. Tundrad. Kuivakõrved ja poolkõrved . . 326
40. peatükk. — Taimeühiskonnad (järg). Stepid. Savannid. Okasmetsad. Suvehaljad leht- ja segametsad. Nõmmed. Kõvalehismetsad. Monsuunmetsad. Troopilised vihmametsad 331

Oskussõnade register 336
Taimenimede register 349
Ladinakeelsete taimenimede register 354

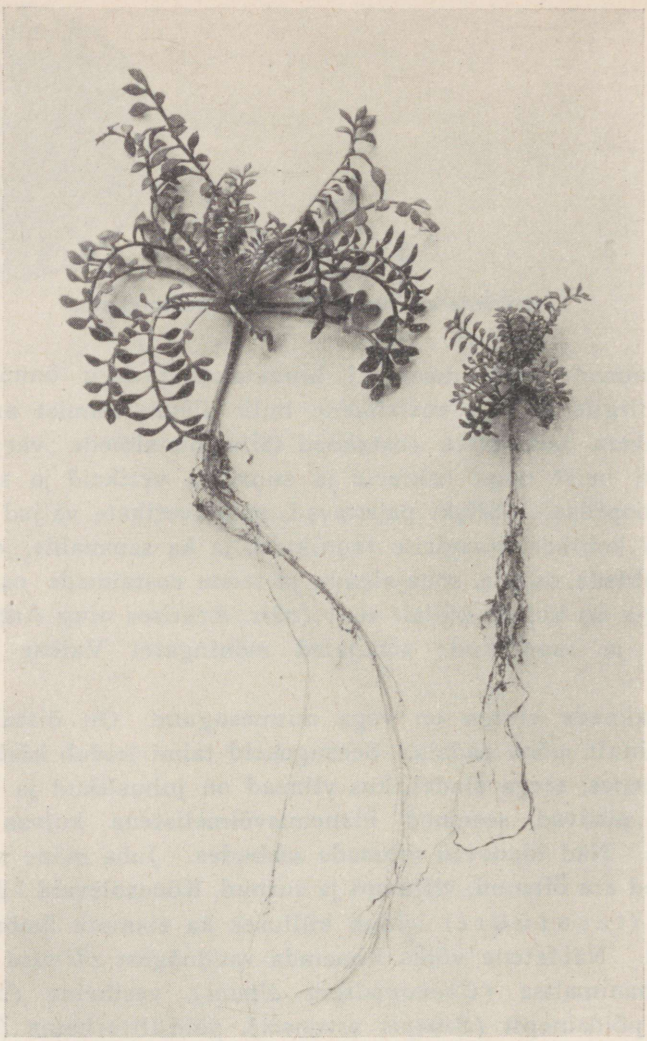
1. peatükk.

Õistaimede eluiga. Õistaimede põhiorganid.

Õistaimede arvu maakeral hinnatakse praegu ümmarguselt 150 000 liigile. Kuigi eostaimede hulk ületab eelmist arvu, jäävad maakera taimkattes eostaimed täitsa õistaimede „varju", sest et paljud neist, nagu bakterid ja suur osa vetikaid ja seeni, on mikroskoopilised. Siiski palistavad pruunvetikate väljad selleks sobivatel kohtadel mandrite rannikuid, ja ka sammalde, samblikkude, koldade, osjade, sõnajalgade ja teiste eostaimede osatähtsus taimkattes on kohati küllalt suur (näit. Arktises ning Antarktises samblad ja samblikud; sõnajalad mõningatel Vaikse ookeani saartel).

Õistaimede eluiga on väga mitmesugune. On õistaimi, mis elavad ainult mõne nädala. Seesuguseid taimi leidub kõrbedes ja poolkõrbedes, seega aladel, kus vihmad on juhuslikud ja kasinad. Aastaid püsivad seemned idanemisvõimelistena kuivas kõrvepinnases. Nad idanevad vihmade saabudes. Juba mõne nädalaga on taimed ära õitsnud, viljunud ja surnud. Kõnesolevaid l ü h i e a t a i m i (t e r o f ü ü t e) leidub külluses ka elamute ümbruses ja põldudel. Näidetena võiks nimetada raudnõgest *(Urtica urens)*, valget hanimaltsa *(Chenopodium album)*, vesiheina *(Stellaria media)*, põldsinepit *(Sinapis arvensis)*, põld-litterheina *(Thlaspi arvense)*.

Mõned terofüüdid idanevad ja kannavad vilja samal aastal (nõges, hanimalts, vesihein) või aga idanevad seemned sügisel, idanditest kasvanud taimed talvituvad rohelistena ning õitsevad alles järgmise aasta kevadel või suvel (näit. põld-litterhein, kaljukress). Terofüütide eluea pikkusele vastavalt võib eritella suve-üheaastasi (☉) ja talvitajaid üheaastasi (☉). On tavaline nähtus, et sama liik (näit. põld-litterhein, kaljukress) võib esineda, olenedes tingimusist, kas suve-üheaastasena või talvitaja üheaastasena.



Joon. 1. Kaljukress *(Hutchinsia petraea)* Hiiumaa loopealselt novembrikuus. Talvitub sellisena lume all. Õitseb ja viljub varakevadel. Orig.

Umbes 13% maakera õistaimedest kuulub terofüütide e. lühieataimede hulka.

Eriti parajas vöötmes on rohkesti mitmeaastasi taimi, millede maapealsed osad hävivad igal aastal ebasoodsa aastaaja (põuase suve resp. külma talve) tulekul. Seega on tegelikult mitmeaastased

ainult nende taimede maa sees asetsevad osad (varred, juured). Nende pungad on kas maapinna läheduses või aga maa sees. Seesuguste taimede hulka (neid nimetatakse hüpogeilisteks taimedeks) kuuluvad näit. metsülane *(Anemone nemorosa)*, kullerkupp *(Trollius europaeus)*, varsakabi *(Caltha palustris)*. Tervelt üks kolmandik (32%) õistaimedest kuulub sellesse rühma, mis on levinud peamiselt maades 2—3 kuud püsiva lumikattega.

Vastandiks hüpogeilistele taimedele on epigeilised taimed, millede pungad püsivad enam-vähem kõrgel üle maapinna ka ebasoodsal aastaajal. Siia kuuluvad jässikpõõsad, poolpõõsad, põõsad ja puud. Mida lähemale ekvaatorile, seda suurem on seda laadi taimede protsent taimestikus. Kogu maakera õistaimedest kuulub sellesse rühma 55%. Epigeiliste taimede rühmas saavutatakse õistaimede maksimaalne kõrgus: 130—140 m mõningatel Kalifornia okaspuudel (neist eriti tuntud on mammutipuu — *Sequoia gigantea*) ning Austraalia eukalüptidel nagu vangaarapuu *(Eucalyptus amygdalina)*. Seesugused võimsad puud on tüve alusel kuni kümme meetrit läbimõõdus ja ka rohkem. Nende eluiga ulatub sageli aastatuhandetesse.

Õistaimede mitmekesisus on seega õige suur. Selle mitmepalgelisuse tõeline ulatus selgub aga alles taimede üksikasjalisel uurimisel. Looduses esinevate vormide rida on näivalt lõpmatu.

Siiski avastab taimede omavaheline võrdlus ka rea ühiseid tunnuseid. Taimedel kui organismidel, milledel puudub aktiivne liikumisvõime (mikroskoopiliste taimede hulgas on siiski ka liikumisvõimelisi vorme), on enamasti olemas organid, millede abil nad kinnituvad maapinnale. Õistaimedel nimetatakse neid organeid juurteks. Maapealses osas võib õistaimedel eritella väikesi või ka väga suuri lamedaid rohelisi organeid — lehti ning lehti kandvat osa, mida nimetatakse varreks.

Joon. 2. Põld-litterhein *(Thlaspi arvense)*. l — leht, v — vars, j — juur, õ — õis, vi — vili. Orig.

Kolme põhiorgani — l e h e *(folium)*, v a r r e *(caulis, truncus)* ja j u u r e *(radix)* — olemasolu on väga iseloomulik õistaimedele ja kõrgematele eostaimedele (osjad, kollad, sõnajalad).

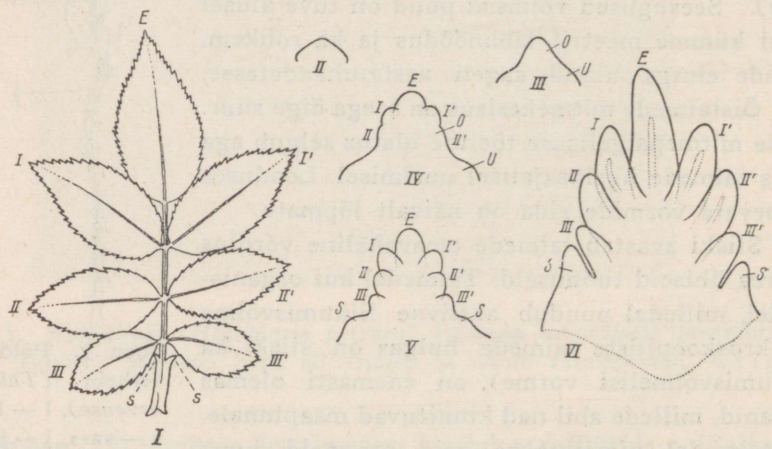
Nagu allpool selgub, esinevad ka mõned erandid sellest reeglist. Leidub õistaimi, milledel puuduvad lehed; on seesuguseid, mis on varretud, ja on ka juurteta liike.

Järgnevates peatükkides tutvume nimetatud organitega üksikasjaliselt.

2. peatükk.

Lehe arenemine. Lehelaba. Heterofüllia ja anisofüllia. Lehtede roodumine ühe- ja kaheidulehestel. Füllood. Abilehtede tüübid.

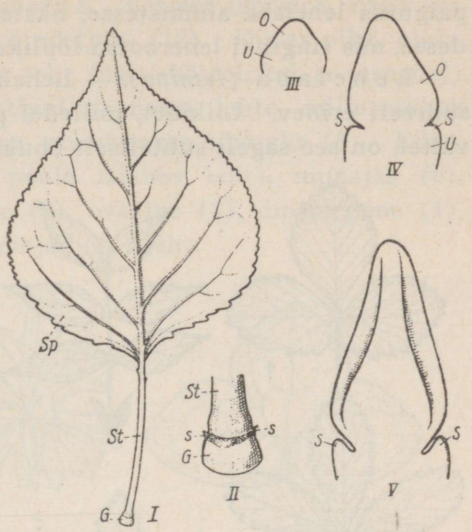
Noorele lehele, nagu igale teiselegi arenevale taimeorganile, on omane kasv. Lehealged erinevad üldiselt tunduvalt täiskasvanud lehtedest. Näiteks kibuvitsal toimub areng, nagu seda võib näha joon. 3. Kibuvitsa leht on liitleht, mis koosneb mitmest (joonisel seitsmest) lehekesest. Kibuvitsa pungas asetsevaid erineva vanusega lehealgeid vaadeldes selgub, et varakult arenevad lehe tipuosa ja alus, kuna vahepealsed osad kujunevad hiljem. Eritella võib selle tõttu l e h e a l u s t (u) ja ü l a l e h t e (o). Lehealuse abil kinnitub leht varrele; lehealusest arenevad ka abilehed (vt.



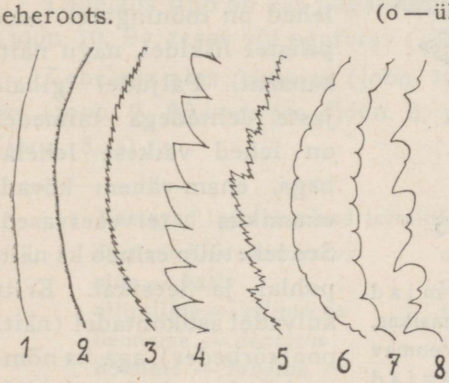
Joon. 3. Lehe arenemine kibuvitsal. I — täiskasvanud liitleht seitsme lehekese ja abilehtedega (s). II kuni VI — liitlehe üksiklehekeste areng alul lihtsast lehealgest (II), millel hiljem võib eritella ülalehte (o) ja lehealust (u). T r o l l'i järgi. Ülalehest arenevad külgmised lehekesed ja otsmine leheke (E), lehealusest — abilehed (s).

lk. 14). Ülalehes diferentseeruvad aegamööda liitlehe üksiklehekesed. Need püsivad kaua ühendatuna; viimasena areneb ülalehest leheroots.

Teise näitena võiks valida *Prunus sibirica* lehe. Ka sellel liigil diferentseerub lehealges varsti lehealus (u) ja ülaleht (o). Esimene osa areneb (nagu väga paljudel teistelgi juhtudel) õige vähe. Leht tekib seega peamiselt ülalehest. Esiteks areneb lehetipp, siis arenevad lehelaba keskmised ja alumised osad. Lõpuks areneb ülalehe basaalsest osast leheroots.



Joon. 4. Lehe arenemine siberi mandlipuul (*Prunus sibirica*'l). I ja II — täiskasvanud leht (sp — lehelaba, st — leheroots, g — lehealus, s — rudimentaarsed abilehed). III kuni V — lehe areng lehealgest (o — ülaleht, u — lehealus). T r o l l'i järgi.

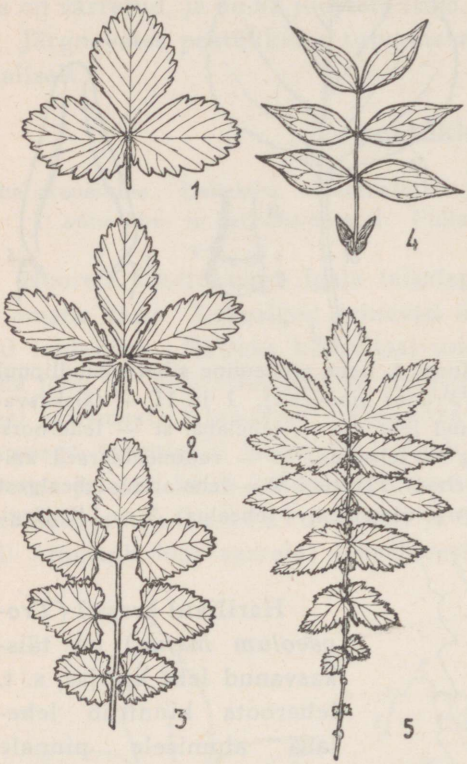


Joon. 5. L e h e s e r v: (1) terve (peetri piibeleht, *Succisa pratensis*), (2) ripsjas (pajuvaak, *Inula salicina*), (3) peensaagjas (toomingas, *Prunus padus*), (4) saagjas (kõrvenõges, *Urtica dioeca*), (5) kahelisaagjas (angervaks, *Filipendula ulmaria*), (6) täkiline (võsakannike, *Viola Riviniana*), (7) hambune (soojumikas, *Saussurea alpina*), (8) kaarhambune (võilill, *Taraxacum officinale*). O r i g.

Harilikul kressil (*Tropaeolum majus*) on täiskasvanud leht kilpjas, s. t. leheroots kinnitub lehelaba alumisele pinnale enam-vähem keskel. Sellele vaatamata on kressi lehealged tavalise ehitusega selgelt eraldatavate lehealuse ja ülalehega. Ainult on ülalehe areng omapärane selle tõttu, et ülalehe nooremad staadiumid on palju sügavamalt jagused, kui need, mis järgnevad. Ka toimub aegamööda kasvutsooni ümber-

paigutus lehelaba alumistesse, üksteisega liitunud lehelaba hõlmadesse, mis tingibki leherootsu lõpliku asendi.

L e h e l a b a *(lamina)*. — Lehelaba on mitmesugustel taimedel suuresti erinev. Liikidel, milledel püsib lehelaba ainult ühe suve vältel, on see sageli suhteliselt õhuke ja õrn (sarapuu, pärn). Seesugustel lehtedel on leheserv harva terve. Ta on kas saagjas, kahelisaagjas, hambune, täkiline, loogeline, kaarhambune (vt. joon. 5). Sageli on õhukese lehelabaga lehed liitlehed, nagu näit. maasikal, roomaval maranal, punanupul, kureläätsel, angervaksal, hobukastanil, või aga enam-vähem sügavalt jagused, nagu tulikatel, kurerehadel jt.

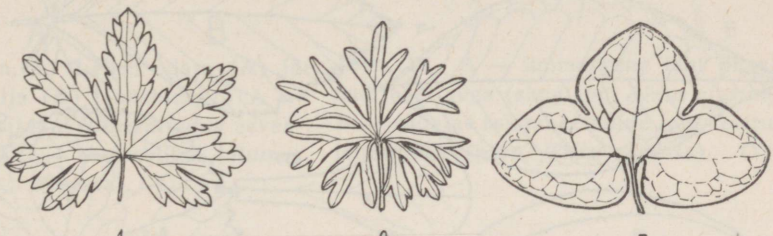


Joon. 6. L i i t l e h e d. A. S õ r m j a d l i i t l e h e d: (1) kolmetine l. (maasikas, *Fragaria vesca)*, (2) viietine l. (roomav maran, *Potentilla reptans)*. B. S u l g j a d l i i t l e h e d: (3) paaritusulgne l. (punanupp, *Sanguisorba officinalis)*, (4) paarisulgne l. (kureläätS, *Orobus vernus)*, (5) katkestunult sulgne l. (angervaks, *Filipendula ulmaria)*. O r i g.

Suured, õrna ehitusega lehed on mõningatel troopilistel liikidel, nagu näit. banaanil. Paljudel igihaljaste lehtedega taimedel on lehed väikese lehelabaga, enam-vähem kõvad, enamikus terveservased. See lehetüüp esineb ka näit. pohlal ja leesikal. Eriti kuivadel asukohtadel (näit. poolkõrbedes), aga ka nõmmedel ja rabadel leidub rohkelt liike väikeste soomusjate lehtedega.

Et taimede eritlemisel ning nende kirjeldamisel on lehed suure tähtsusega, siis on oluline järgmine liigestus, mis arvestab (1) l e h e l a b a k u j u, (2) l e h e l a b a t i p p u, (3) l e h e l a b a a l u s t, (4) l e h e l a b a s o o n e s t u s t.

Lehelaba kujud selguvad joon. 8. Kitsast lehelaba, nagu see omane okaspuudele, nimetatakse nõeljaks (12). Kitsas pikk, oluliselt paralleelsete leheservadega leht (näit. kõrrelistel ja tarnadel) on lineaalne (13). Alusel ja tipul ahenevat lehte, mille pikkus ületab ülimalt 3—4 korda laiuse, nimetatakse süstjaks (5). Edasi järgnevad: mõlajas (9, tipu poole laienev leht), munajas (6), äraspidimunajas (8), elliptiline (3), ovaalne (2), ümmargune (1), neerjas (10), südajas (7) ja rombjas (11) leht.



Joon. 7. Jagused lehed: (1) lõhine l. (mets-kurereha, *Geranium silvaticum*), (2) jagune l. (verev kurereha, *Geranium sanguineum*), (3) hõlmine l. (sinilill, *Hepatica triloba*). Orig.

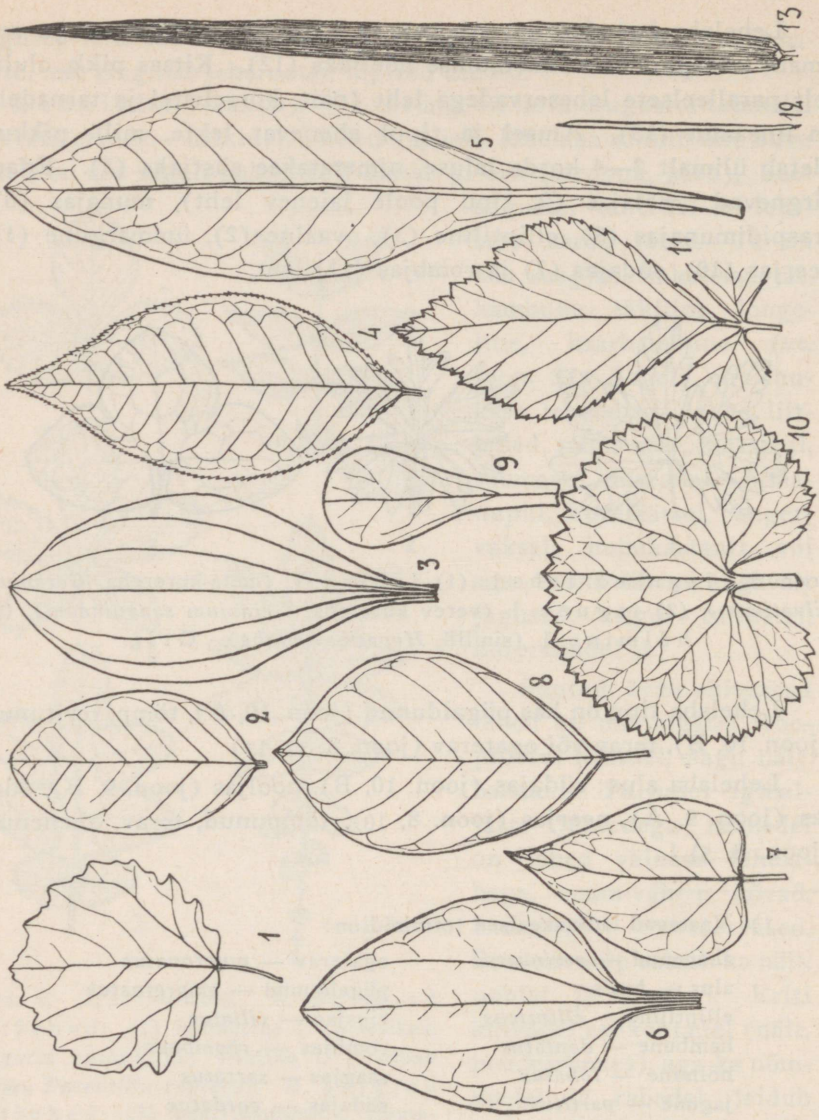
Lehelaba tipp on kas pügaldunud (joon. 10, A), tömp, teritunud (joon. 10, B), terav või ogaterav (joon. 8, 12, 13)

Lehelaba alus: südajas (joon. 10, B), nooljas (joon. 9, B), odajas (joon. 9, A), neerjas (joon. 8, 10), tömpunud, terav, ahenenud (joon. 8, 5) [1].

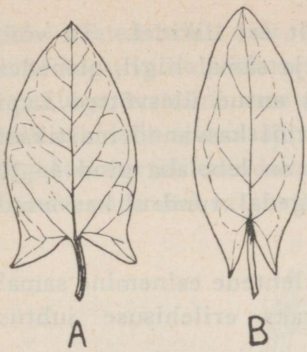
---

1) Vastavad ladinakeelsed terminid on:

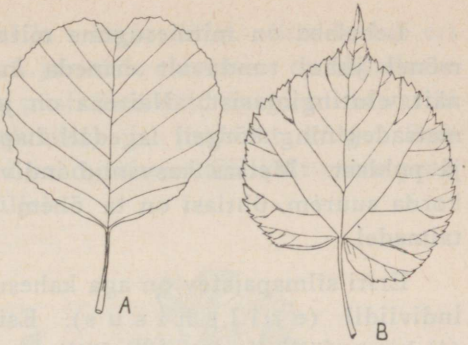
ahenenud — *attenuatus*
alus — *basis*
elliptiline — *ellipticus*
hambune — *dentatus*
hõlmine — *lobatus*
jagune — *partitus*
lineaalne — *linearis*
loogeline — *repandus*
lõhine — *fissus*
munajas — *ovatus*
mõlajas — *spathulatus*
neerjas — *reniformis*
nooljas — *sagittatus*
nõeljas — *acicularis*
odajas — *hastatus*
ogaterav — *mucronatus*
pügaldunud — *emarginatus*
ripsjas — *ciliatus*
rombjas — *rhombeus*
saagjas — *serratus*
südajas — *cordatus*
süstjas — *lanceolatus*
terav — *acutus*
teritunud — *acuminatus*
tipp — *apex*
tömp — *truncatus*
tömpunud — *obtusus*
täkiline — *crenatus*
ümmargune — *rotundus.*



Joon. 8. Lehelaba kuju: (1) ümmargune (haab, *Populus tremula*), (2) ovaalne (tuhkpuu, *Cotoneaster integerrima*), (3) elliptiline (keskmine teeleht, *Plantago media*), (4) munajas-süstjas (toomingas, *Prunus padus*), (5) süstjas (peetri piibeleht, *Succisa pratensis*), (6) munajas (suur teeleht, *Plantago major*), (7) südajas (sirel, *Syringa vulgaris*), (8) äraspidi-munajas (paakspuu, *Frangula alnus*), (9) mõlajas (kassikäpp, *Antennaria dioeca*), (10) neerjas (metstulikas, *Ranunculus cassubicus*), (11) rombjas (lillaka, *Rubus saxatilis*'e otsmine leheke), (12) nõeljas (mänd, *Pinus silvestris*), (13) lineaalne (pilliroog, *Phragmites communis*). Orig.



Joon. 9. Lehed odaja (A) ja noolja (B) lehealusega. A — kassitapp (*Convolvulus arvensis*), B — hapuoblikas (*Rumex acetosa*). Orig.

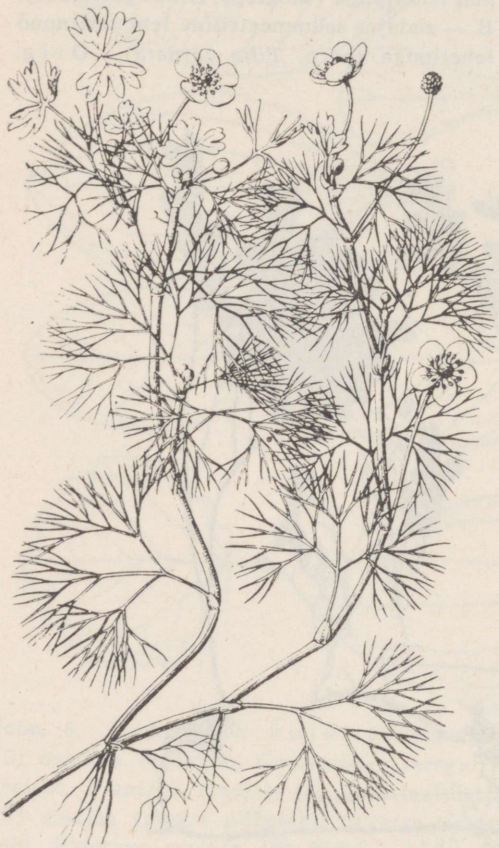


Joon. 10. A — ümmargune leht pügaldunud lehetipuga (sanglepp, *Alnus glutinosa*). B — südajas asümmeetriline leht teritunud lehetipuga (pärn, *Tilia cordata*). Orig.

Joon. 11. Vasemal ja all — pohl *(Vaccinium vitis idaea)*, keskel ja paremal — mustikas *(Vaccinium myrtillus)*. Suured taimed on kasvanud Lapi kasemetsas, väikesed lagedal tundrul. Orig.

Lehelaba on mitmesugune mitte ainult eri liikidel. Ta võib mõnel juhul tunduvalt erineda ka ühel ja samal liigil, olenedes näit. elutingimusist. Näitena on joon. 11 antud ülesvõtted Lapi metsades ning kõrgeil lagedail Lapi tundruil kasvanud mustikast ja pohlast. Metsas kasvanud indiviididel on lehelaba pind 4—10 korda suurem, ühtlasi on ta õhem kui lagedal tundrul kasvanud taimedel.

Eriti silmapaistev on aga kahesuguste lehtede esinemine samal indiviidil (e r i l e h i s u s). Esineb kaks erilehisuse juhtu: (1) heterofüllia ja (2) anisofüllia.

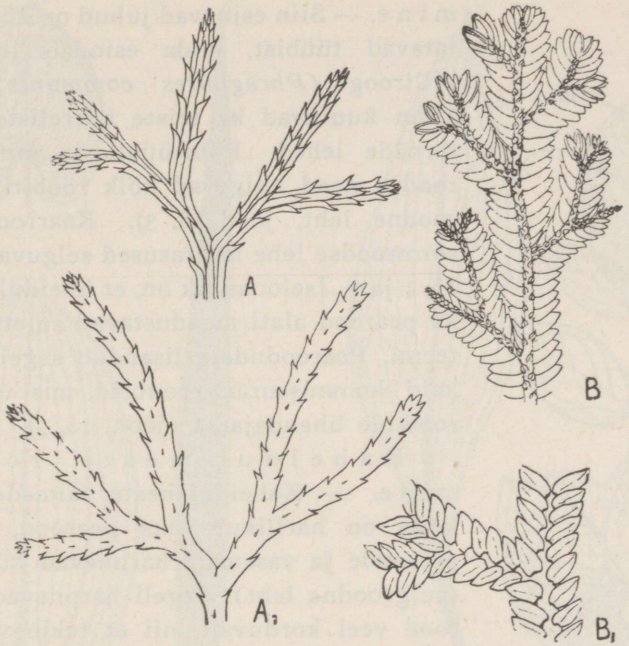


Joon. 12. Meri-särjesilm *(Ranunculus Baudotii)*. Taime ülemises osas viis kolmetist ujulehte, alumises — niitjate lehehõlmadega veesisesed lehed. H e g i järgi.

H e t e r o f ü l l i a on harilik veetaimedel. Heterofülsetel liikidel esinevad kahesugused lehed, vastavalt sellele, kas lehelaba asetseb vees või ujub veepinnal. Veesisesed lehed on õrnad, paindlikud, sageli jagunenud peenteks üksikosadeks, nagu näit. särjesilmadel (joon. 12). Ujulehed sellevastu on laiade hõlmadega või terved, enam-vähem läikiva pealmise pinnaga. Aga ka maismaataimedel esineb heterofüllia, nagu näit. luuderohul *(Hedera helix)*, kus taim, niikaua kui ta varjus kasvab ning pole veel õitsmisvõimeline, kannab kolme- kuni viienurgelisi hõlmiseid lehti, kuna õisi kandvatel okstel on rombjad kuni süstjad lehed.

Teine juht — a n i s o f ü l l i a — esineb õistaimedel suhteliselt harva. Väga harilik on ta mõnin-

gatel eostaimedel, näit. koldadel ja selaginellidel. Siin leidub eri lehti kogu varre pikkuses kõrvuti ja nende esinemine on ühenduses asjaoluga, et taime vars ei kasva püsti üles, vaid nurgi, nii et varrel võib eraldada siis maapoolset (alumist) ja pealmist külge. Seesugustel vartel koonduvad lehed enam-vähem täielikult varre pealmisele, paremini valgustatud küljele.

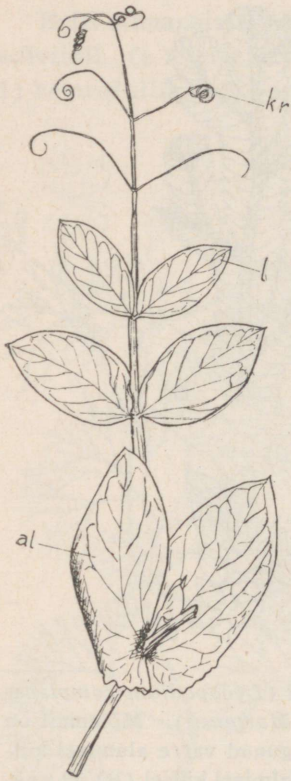


Joon. 13. Anisofüllia. A ja A_1 — ungrukold (*Lycopodium complanatum*), B ja B_1 — troopiline selaginell (*Selaginella Martensii*). Mõlemail on lehed varrel neljas reas. Ungrukollal on lehed kängunud varre alumisel küljel (A_1), selaginellil — kaks lehekeste rida varre pealmisel küljel (B). Orig.

Lõpuks tuleks tähendada, et teatavatel taimedel esinevad väga erinevad lehelabad ühenduses nende taimede kohanemisega putukate püüdmiseks (vt. allpool). Ka on toimunud teisi muudatusi lehelaba ehituses, mis on seoses lehelaba funktsiooni muutustega. Näitena võiks viidata köitraagude tekkele liitlehtede lehekestest paljudel liblikõielistel (joon. 14). Äärmistel juhtudel, nagu näit. *Lathyrus aphaca*'l, on kogu ülalehest tekkiv osa moondunud mitmeharuliseks köitraoks, mistõttu lehelaba puudub täielikult. Ka on

märkimisväärt aeg-ajalt esinev lehtede moondumine torkivateks asteldeks, nagu seda tõendavad näit. üleminekud lehe ja astla vahel kukerpuul *(Berberis vulgaris)*.

Leheroodumine. — Lehelabasid läbiv roodude süsteem on harilikult ka ilma luubi abita selgesti nähtav. Ta on mitmesugune üheidulehestel ja kaheidulehestel õistaimedel.



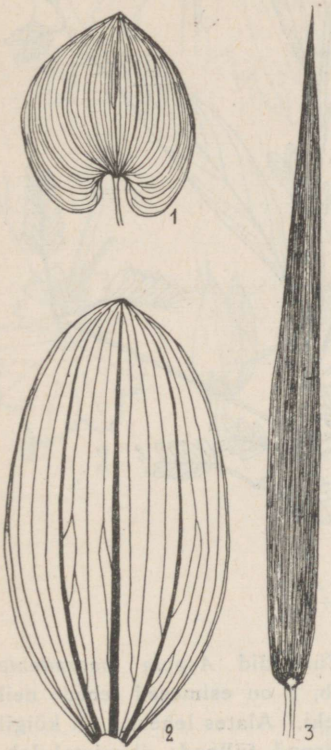
Joon. 14. Köitraod halli herne *(Pisum arvense)* liitlehel. kr — köitraag, l — paarissulgja liitlehe üksikleht, al — abileht. Orig.

Üheiduleheste roodumine. — Siin esinevad juhud on kõik tuletatavad tüübist, mida esindab joon. 15 pilliroog *(Phragmites communis)* ning kuhu kuuluvad ka teiste kõrreliste ja ka tarnade lehed. Põhitüübil on mitu pearoodu; need kulgevad kõik rööbiti (rööproodne leht, joon 15, 3). Kaarroodse ja sõrmroodse lehe iseärasused selguvad joon. 15, 1 ja 2. Iseloomulik on, et üheidulehestel ka pearood alati moodustavad suletud süsteemi. Pearoodudele lisandub sageli arvukaid kommissuraal-roodusid, mis on pearoodude ühendajaiks (joon. 15, 2).

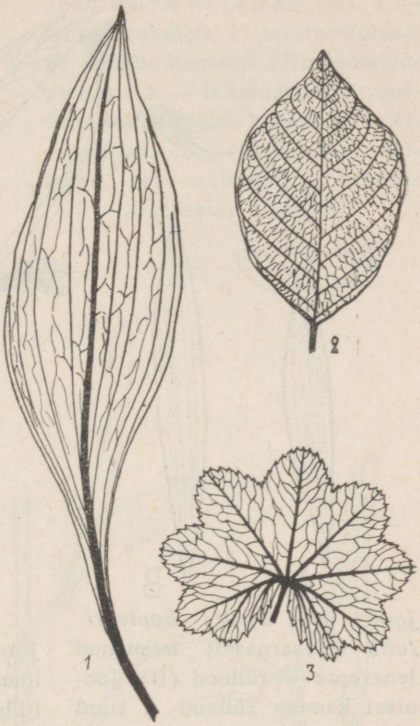
Kaheiduleheste roodumine. — Kaheiduleheste taimede lehelabas on harilikult üks pearood, millest paremale ja vasemale harunevad külgrood (sulgroodne leht). Sageli harunevad külgrood veel korduvalt, nii et tekib võrkjas, suletud roodude süsteem. Õieti eelmise roodumisviisi teisendiks on juht, mis esineb näit. vahtra liikidel ning mida iseloomustab mitme tugeva roo esinemine, kuigi ka siin võib hõlpsasti eraldada pearoodu külgroodudest.

Leheroots *(petiolus)*. — Nagu eespool nägime, areneb leheroots kasvutsoonist, mis tekib ülalehe alusest. Kasvutsoon on seega vahepealne (interkalaarne) lehelaba ja lehealuse vahel, mispärast seesugust kasvu nimetatakse interkalaarseks kasvuks e. vahekasvuks. Kõnesolev kasvutsoon puudub mõningatel liikidel; neil kinnitub lehelaba vahenditult lehealusele. Seesuguseid lehti nime-

tatakse varretuiks. Mõningatel juhtudel kinnitub lehelaba leherootsule liigese abil. Liiges võimaldab taimel muuta lehelaba asendit vastavalt valgustusoludele. Troopilistel liikidel esinevad kõnesolevad liigesed küllalt sageli. Ka türgi oal *(Phaseolus multiflorus)* on neid. Ronitaimedel (näit. *Dioscorea*'del) leidub lehti väänduvate leherootsudega.

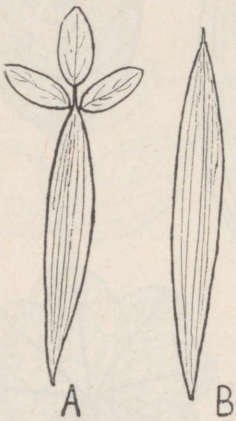


Joon. 15. Üheiduleheste roodumine: sõrmroodne (1) (leseleht, *Majanthemum bifolium*), kaarroodne (2) (käopõll, *Listera ovata*) ja rööproodne (3) (pilliroog, *Phragmites communis*). Orig.

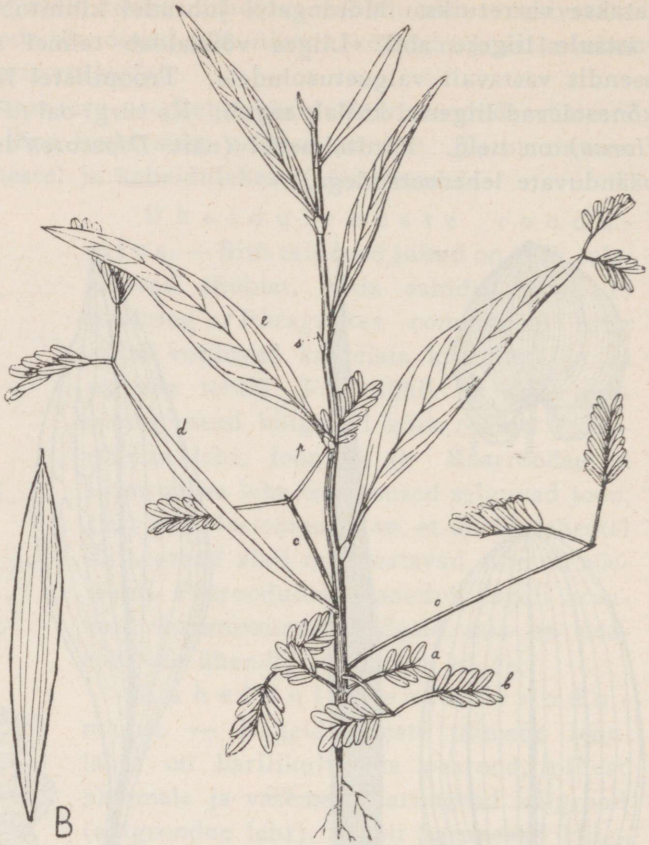


Joon. 16. Kaheiduleheste roodumine. 1 — kaarroodne leht tugeva pearooga (mustjuur, *Scorzonera humilis*), 2 — sulgroodne l. (paakspuu, *Frangula alnus*), 3 — sõrmroodne l. (tömp kortsleht, *Alchemilla obtusa*). Orig.

Mõnel juhul täidab leheroots lehelaba ülesannet. Seesugustel taimedel tõeline lehelaba kängub, leheroots aga laieneb lehesarnaseks moodustiseks, nn. fülloodiks. Fülloode leidub näit. teatavatel *Oxalis*'e ja *Acacia* liikidel (joon. 17 ja 18).

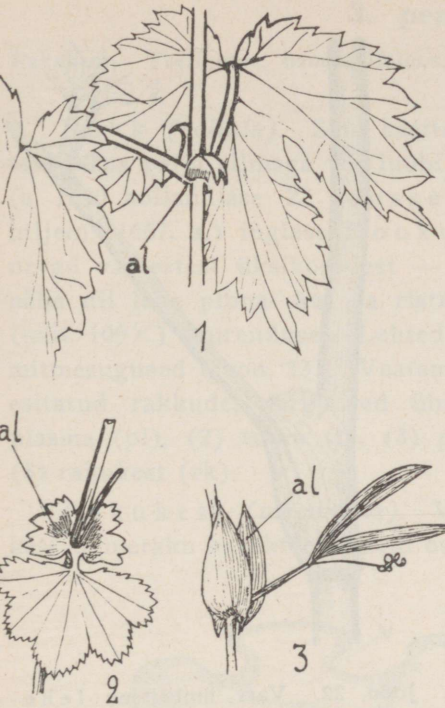


Joon. 17. *Oxalis bupleurifolia* lehesarnaselt laienenud leheroots — füllood (B). Joonisel kannab füllood A tipul kolmetise liitlehe lehekesi, mis fülloodi lõplikul kujunemisel maha varisevad. Orig.

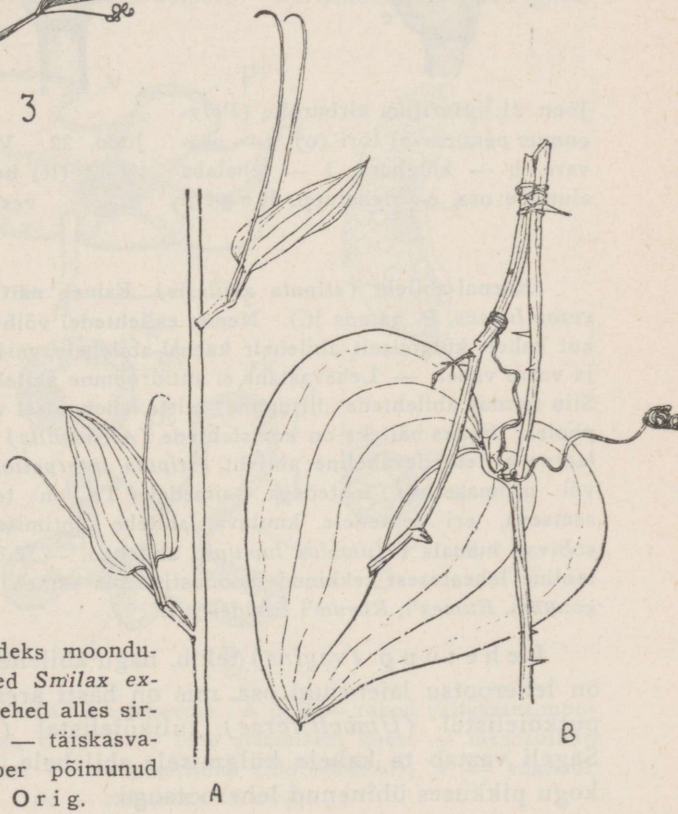


Joon. 18. Fülloodid *Acacia macradenia* idanditel a, b, c on esimesed lehed; neil fülloode ei teki. Alates lehest d on kõigil lehtedel arenenud füllood; ülemistel lehtedel puudub (on kängunud) lehelaba. Velenovsky järgi.

Lehealus *(basis)*. — Paljudel lehtedel on osa, mida nimetame lehealuseks, vähe märgatav. Ta esineb leherootsu laiendusena, mille abil see kinnitub varrele. Märksa ulatuslikum on aga lehealus seal, kus temast on tekkinud abilehed või lehetupp. Abilehed on alati lehealuse väljakasvud. Seaherneil *(Lathyrus)*, samuti paljudel roosõielistel, näit. kibuvitstel *(Rosa)*, esinevad nad kahe külgmise lehekesena lehealusel, kusjuures nad on kas vabad *(stipulae liberae, Lathyrus*'e liikidel, joon. 19, 3) või lehealusega



Joon. 19. Abilehed (al). 1 — lehtedevaheline e. interpetiolaarne abileht humalal (*Humulus lupulus*). 2 — lehevastane e. antidroomne abileht kortslehel (*Alchemilla*). 3 — külgmised abilehed (aas-seahernel, *Lathyrus pratensis*). Orig.



Joon. 20. Köitraagudeks moondunud külgmised abilehed *Smilax excelsa*'l. A — noored lehed alles sirgete köitraagudega, B — täiskasvanud leht varre ümber põimunud köitraagudega. Orig.

ühte kasvanud (*stipulae adnatae*, näit. roosidel). Järgnevad abilehtede tüübid on tuletatavad kirjeldatud põhitüübist, kusjuures igaüks neist vastab kahele abilehele, mis sel või teisel viisil on üksteisega liitunud.

Joon. 21. Hariliku kirburohu (*Polygonum persicaria*) tõri (o). a — peavars, b — külgharu, l — lehelaba alumine osa, e— lehetupp. H e g i j.

Joon. 22. Vart ümbritsev l e h e t u p p (lt) heinputkel (*Angelica silvestris*). O r i g.

Kaenal-abileht *(stipula axillaris)*. Esineb näit. penikeeltel *(Potamogeton lucens, P. natans* jt.). Nende esilehtedel võib sageli jälgida üleminekut kahelt külgmiselt abilehelt kaenal-abilehele, mis asub lehekaenlas lehe ja varre vahel. — Lehevastane e. antidroomne abileht *(stipula antidromia)*. Siin toimub abilehtede „liitumine" mitte lehepoolsel varreküljel, vaid vastaspoolel. Heaks näiteks on kortslehtede *(Alchemilla)* abileht. — Interpetiolaarne e. lehtedevaheline abileht *(stipula interpetiolaris)* esineb vastakute või männaseliste lehtedega taimedel. Ta on tekkinud kahe kõrvuti asetseva, eri lehtedele kuuluva abilehe ühtimise teel. Näidetena on sobivad humala *(Humulus lupulus)* abilehed. — T õ r i *(ochrea)* on tupetaoline lehealusest tekkinud moodustis, mis esineb näit. tatralistel *(Polygonum*'i, *Rumex*'i, *Rheum*'i liikidel jt.).

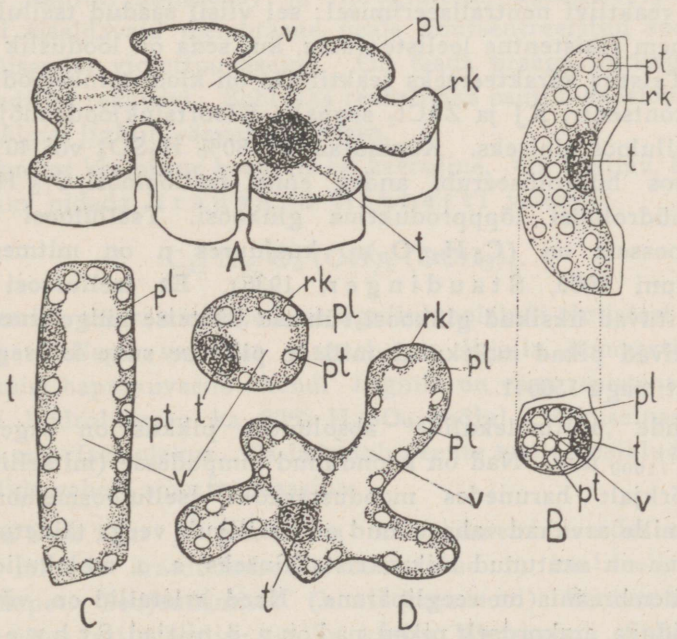
L e h e t u p p *(vagina)* tekib, nagu abilehedki, lehealusest. Ta on leherootsu laienenud osa, mis on hästi arenenud näit. paljudel putkõielistel *(Umbelliferae)*, tulikõielistel *(Ranunculaceae)* jt. Sageli vastab ta kahele külgmisele abilehele, millest mõlemad on kogu pikkuses ühinenud leherootsuga.

3. peatükk.

Rakukest. Tselluloos, hemitselluloos, pektiin, ligniin, suberiin ja kutiin.

R a k k *(cellula)*. Seni käsiteldud lehtede omadused on nähtavad kas palja silmaga või luubi abil. Mikroskoobi leiutamisele (a. 1590 hollandlase Z. J a n s s e n'i poolt) järgnes umbes 80 a. hiljem (1667. a.) inglase H o o k e r'i avastus, et taimeosad koosnevad väikestest üksikosadest — rakkudest. Lehtedes võib neid näha nii lehe pinna- kui ka ristilõikudel juba võrdlemisi nõrgal (näit. 100×) suurendusel. Lehtedes esinevad rakud on kujult õige mitmesugused (joon. 23). Vaatamata väliskuju erinevusile on siin esitatud rakkudel järgmised ühised osised: (1) protoplasma e. plasma (pl), (2) tuum (t), (3) plastiidid (pt), (4) vakuool (v), (5) rakukest (rk).

R a k u k e s t *(membrana)*. Võrreldes loomarakuga on rakukest taimeraku karakteersemaid osiseid. Ta ümbritseb igakülgselt



Joon. 23. L e h e ü k s i k r a k k e (skeem). A ja B — rakud väliskatet moodustavast marrasknahast, C ja D — lehe sisemisest koest — mesofüllist. pl — plasma, t — tuum, pt — plastiidid (kloroplastid), v — vakuool, rk — rakukest. O r i g.

plasmast, tuumast ja plastiididest koosnevat protoplasti. Protoplast on elus. Ta on paljunemisvõimeline. Rakukest, mis teda ümbritseb, on protoplasti eritatud. Rakukesta suurenemine (kasv), samuti mitmesuguste ainete ladestumine sellesse kestab niikaua, kui elab protoplast. Vaatamata sellele võib rakukest paljudel juhtudel püsida pikemat aega taimeorganites ka peale protoplasti surma.

Tähtsamaiks aineiks, mis esinevad rakukestas, on: tselluloos, hemitselluloos, pektiin, ligniin, suberiin, kutiin, ja mõningad anorgaanilised ained, nagu ränihapend (SiO_2) ja kaltsiumkarbonaat ($CaCO_3$).

Tselluloos on värvitu, õhukeses kihis läbipaistev aine, mis ei lahustu lahjendatud hapetes ega leelistes, samuti ka mitte orgaanilistes solventides, nagu alkohol ja eeter. Võrdlemisi kergelt lahustub ta segus, mis koosneb ammoniaagist ja selles lahustatud vaseoksüüdist (nn. Schweizer'i reaktiiv). Selles reaktiivis lahustunud tselluloos sadestub reaktiivi lahjendamisel veega, samuti reaktiivi neutraliseerimisel; sel viisil saadud tselluloos on aga vähem resistentne leeliste vastu, kui seda on looduslik tselluloos. Teiseks karakteerseks reaktiiviks on kloor-tsink-jood (joodi lahus kontsentr. KJ ja $ZnCl_2$ segus). Kloortsinkjoodi mõjul värvub tselluloos siniseks. Kuumutamisel 80% H_2SO_4 või 40% HCl tselluloos hüdrolüseerub, andes enne tsellobioosi $C_{12}H_{22}O_{11}$ ning hüdrolüüsi lõppproduktina glükoosi. Tselluloosi keemiline koosseis on $(C_6H_{10}O_5)n$, kusjuures n on mitmesugune (500 kuni 2000, Staudinger, 1936). Et tselluloosi molekulis liituvad üksikud glükoosi rühmad üksteise külge lineaalselt, siis tekivad pikad molekulid, millede pikkuse suhe laiusega võib olla näit. nagu 1500:1.

Nende „niitmolekulide" absoluutne pikkus on sageli ligi 1 $\mu = {}^1/_{1000}$ mm. Nad on koondunud kimpudesse (mitsellidesse), mis võrkjalt harunedes moodustavadki tselluloosmembraanide massi, mille arvukad vaheruumid on harilikult veega täidetud. See struktuur on osutunud mikrokristalliinseks, s. o. molekulide paigutus membraanis on reeglipärane. Need kristallid on, võrreldes läbimõõduga, erakordselt pikad, nad on n.-ö. niitjad. Schweizer'i reaktiivist kristalliseerub tselluloos sferokristallidena (Gilson).

Hemitselluloos ja pektiin. Need rakumembraanis esinevad ained, õieti aineterühmad, on alles võrdlemisi vähe selgi-

tatud. Esimese rühma ainete valem on sama, mis tselluloosil $(C_6H_{10}O_5)n$. Ka värvuvad üldiselt hemitselluloosid kloortsinkjoodi abil, kuid leidub hemitselluloose, mis kloortsinkjoodi lahusega ei reageeri. Nad hüdrolüseeruvad kergemini kui tselluloos. Hüdrolüüsil nõrkade hapetega (näit. keetmisel 2% HCl) tekivad hemitselluloosidest galaktoos, mannoos, arabinoos või ksüloos. Pektiinid on rakuseintes esinevad kergelt limastuvad ained, mis samuti koosnevad süsinikust, vesinikust ja hapnikust. Reaktiiviks pektiinidele on ruteeniumipunane (ruteeniumoksükloriid-ammoniaak), mis neid intensiivselt värvib. Esimene membraan, mis tekib rakkude jagunemisel kahe tütarraku vahel, koosneb pektiinist. Alles hiljem ladestub sellele õhukesele vaheseinale tselluloosikihte. Ka hemitselluloosi ja pektiini molekulid on pikad, tsükliliste üksikrühmade ahelikud.

Ligniin e. puitaine. Teistest rakumembraani ainetest on ligniin kergesti eriteldav teatavate värvireaktsioonide abil. Reaktiividest on eriti tuntud aniliinsulfaat $(C_6H_5NH_2)_2H_2SO_4$ (värvib ligniini kollaseks) ja floroglutsiin, $C_6H_3(OH)_3$ (värvib ligniini sisaldavaid membraane peale kontsentreeritud soolhappe juurdelisamist violettpunaseks). On teada praegu mitukümmend sellelaadilist reaktiivi. Sobivaks reaktiiviks osutub ka kloor (Cl_2), mille toimel ligniin värvub kollaseks.

Ligniini keemiline koosseis on keeruline. On küsitav, kas võib lõplikuks pidada Brauns ja Hibbert'i valemit:

$$C_{42}H_{32}O_6(OH)_5(OCH_3)_5.$$

Siiski annab see valem kujutluse ligniini molekuli olulistest komponentidest. Nagu valemist järgneb, on ligniin lämmastikuvaba, võrdlemisi hapnikuvaene ühend. Ligniin on väga resistentne aine, mis ei hüdrolüseeru ka 80% H_2SO_4 mõjul. Rakuseinas esineb ligniin amorfses olekus. Ta ladestub peente tselluloosikiudude või -lamellide vahele amorfse massina.

Suberiin ja kutiin on rakumembraanides esinevad ained, millede äratundmiseks kasutatakse 1) kaalileelist ja 2) kroomhapet. Soojendamisel (kuni keemiseni) kontsentreeritud kaalileelises nii suberiin kui ka kutiin lahustuvad. Selle juures toimuvatel protsessidel peatume rasvade puhul (lk. 22). Kontsentreeritud kroomhappes muutuvad läbipaistvaks ja lõpuks lahustuvad kõik rakumembraani eespool-nimetatud ained, välja arvatud suberiin

ja kutiin. Värvireaktsioonid, mida sageli kasutatakse (Sudan III, alkannatinktuur, klorofüllilahus) ning mis põhinevad nimetatud värvainete adsorptsioonil suberiini ja kutiini poolt, on vähem iseloomulikud.

Nii suberiin kui ka kutiin on teatavate hapete (felloonhape, $C_{22}H_{43}O_3$, suberiinhape, $C_{17}H_{30}O_3$ ja teiste hapete) estrid, lähenedes seega rasvadele, milledest nad aga erinevad selle poolest, et nad ei lahustu eetris ega alkoholis. Ka on suberiinide ja kutiinide sulamistemperatuurid palju kõrgemad kui rasvadel. Eriti iseloomulik on felloonhappe esinemine, mis on van Wisselingh'i järgi olemas kõigis korgistunud rakuseintes. Kloortsinkjoodi toimel värvub felloonhape, samuti selle kaaliumisool, violetseks. Kuigi kutiin on suberiinile lähedane, näib temas puuduvat felloonhape, mis siin on asendatud teiste hapetega (näit. oleokutiinhape, stearokutiinhape jt.). Hapetele on kutiin veel resistentsem kui suberiin.

Eespool-käsiteldud ained ei esine kaugeltki iga raku membraanis. Paljudel juhtudel koosneb rakusein peamiselt tselluloosist, kas koos hemitselluloosidega või ilma. Eriti kehtib see lehtedes esinevate rakkude kohta.

4. peatükk.

Protoplasma. Valgud, lipoidid jt. plasma komponendid. Plastiidid. Tuum. Vakuool. Rakumahla pigmendid — antotsüaniinid. Kaltsiumoksalaat.

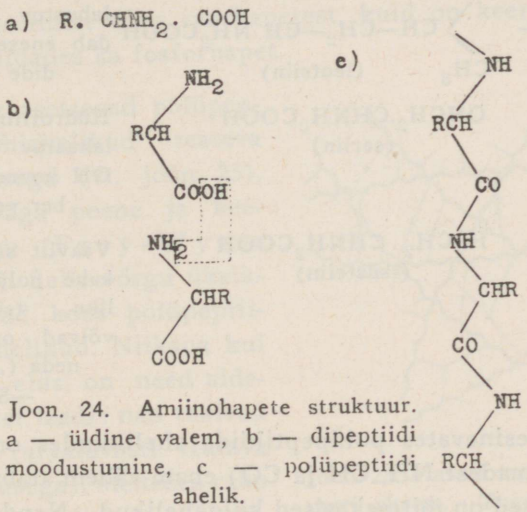
Protoplasma *(protoplasma)* ehk raku plasma on läbipaistev, värvitu, näivalt struktuurita poolvedel aine. Ta on kas täitsa selge hüaliinne ollus (hüaloplasma) või mikroskoobi abil nähtava teralisusega. Selle aine viskoossus on suhteliselt suur. Isoleeritud plasma osad omavad pindpinevuse tõttu vedeliku tilkadele omast kera kuju. Paljudel juhtudel võib rakkudes konstateerida plasma voolusid, mis edasi kannavad plasmas olevaid kehakesi. Siiski pole plasma struktuurita vedelik, mis lihtsalt sisaldab dispergeerunud olekus mitmesuguste ainete osakesi, molekule, ioone. Plasmale on omane väga keeruline struktuur. Vastavalt sellele on plasma teatava määrani elastne. Ta peamisteks komponentideks on (1) valgud, (2) lipoidid, (3) fosfatiidid, (4) vesi ja (5) mineraalsoolad.

Valgud on keerulised ühendid, mis sisaldavad süsinikku (50—55%), lämmastikku (15—18%), hapnikku (21—24%), vesinikku

(4—7%) ja osaliselt ka väävlit (0—2%). Nende molekulaarkaal võib ulatuda 15—20 000. Seega on nende molekulid osalt hiigelsuured võrreldes teiste ainete molekulidega.

Valkude äratundmiseks kasutatakse eriti kahte reaktsiooni: ksantoproteiin-reaktsiooni ja biureet-reaktsiooni. Ksantoproteiin-reaktsiooni esilekutsumiseks lisatakse ainele, milles oletatakse valkude olemasolu, kontsentreeritud lämmastikuhapet. Happe toimel värvub valkusid sisaldav sade intensiivselt kollaseks. Biureet-reaktsiooni esilekutsumiseks lisatakse proovile kaalileelist ning mõni tilk vasevitrioli- ($CuSO_4$) lahust. Valgu, samuti aga ka biureedi — $NH(CONH_2)_2$ — puhul värvub lahus violetseks.

Hüdrolüüsil hapetega lagunevad valgud amiinohapeteks. Amiinohapete koosseis ning struktuur selgub alljärgnevaist valemeist (joon. 24).



Joon. 24. Amiinohapete struktuur. a — üldine valem, b — dipeptiidi moodustumine, c — polüpeptiidi ahelik.

Amiinohapetele on omased aluseline amiinorühm (— NH_2) ja happeline karboksüül- (—COOH) rühm. Kahe amiinohappe ühinemisel d i p e p t i i d i k s reageerivad ühe amiinohappe molekuli amiinorühm teise amiinohappe molekuli karboksüülrühmaga, kusjuures vabaneb vesi (joon. 24, b). Mitme amiinohappe molekuli sellelaadsel liitumisel tekivad pikad polüpeptiidide ahelikud, millede üksikrühmad asetuvad võnkjoonel, nagu näha joon. 24, c. Neis molekulides vahelduvad reeglipäraselt rühmad NH ja CO. Rühm R

on mitmesugustes amiinohapetes küllalt erinev, nagu see selgub alljärgnevaist näiteist:

R rühma koosseis amiinohappes:	Amiinohappe koosseis ja nimetus:	Omadusi plasma komponendina:
$HOOC—CH_2—$	$HOOCCH_2 . CHNH_2COOH$ (asparagiinhape)	Happeline ühend. Karboksüül-rühm koondab enese ümber $K^{\cdot}$, $H^{\cdot}$, $Mg^{\cdot\cdot}$, $Ca^{\cdot\cdot}$ jt. katioone ja vee osakesi.
$NH_2 . (CH)_3 —$	$NH_2.(CH_2)_3 . CHNH_2COOH$ (ornitiin)	Osalt aluseliste omadustega ühend. Amiinorühm (NH_2) koondab enese ümber $Cl^{\prime}$, $HO^{\prime}$, $SO_4^{\prime\prime}$ jt. anioone ja vee osakesi.
$\begin{matrix} CH_3 \\ \diagdown \\ \quad CH—CH_2— \\ \diagup \\ CH_3 \end{matrix}$	$\begin{matrix} CH_3 \\ \diagdown \\ \quad CH—CH_2—CH\ NH_2COOH \\ \diagup \\ CH_3 \end{matrix}$ (leutsiin)	Lipofiilne, s. o. rasvades lahustuv ühend; koondab enese ümber lipoidide molekule.
$OH—CH_2—$	$OHCH_2.CHNH_2COOH$ (seriin)	Hüdrofiilne, s. o. vees lahustuv ühend; rühm OH koondab enese ümber vee osakesi.
$HS—CH_2—$	$HSCH_2 . CHNH_2COOH$ (tsüsteiin)	Väävlit sisaldav ühend; kahe polüpeptiidi aheliku tsüsteiin-rühmad võivad omavahel ühineda („väävelsild" —S—S—).

Plasmas esinevates polüpeptiidide ahelikkudes on põhiahelik (koosneb rühmadest NH, CH ja CO) enam-vähem stabiilne. Reaktsioonivõimelised on mitmekesised külgahelikud. Nende iseloomust olenevad valgu omadused.

L i p o i d i d. Taimedes esineb rida ühendeid, mis on glütseriini ($CH_2OH.CHOH.CH_2OH$) estrid. Hapetena esinevad neis estrites palmitiinhape $CH_3(CH_2)_{14}COOH$, steariinhape $CH_3(CH_2)_{16}COOH$ jt. Nii tekivad ühendid, nagu

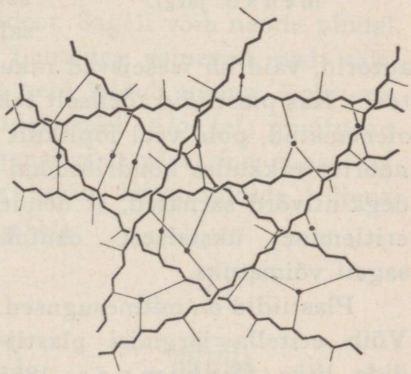
$$\begin{matrix} CH_3(CH_2)_{14}CO—O—CH_2 \\ CH_3(CH_2)_{14}CO—O—CH \\ CH_3(CH_2)_{14}CO—O—CH_2 \end{matrix} \quad \text{(palmitiin)}$$

palmitiin $C_3H_5(OC_{16}H_{31}O)_3$, stearin $C_3H_5(OC_{18}H_{35}O)_3$, oleiin $C_3H_5(O.C_{18}H_{33}O)_3$ jt. Need ühendid on tuntud rasvade nimetuse all. Nad on harilikul temperatuuril kas tahked (palmitiin, näit. palmiõlis) või vedelad (oleiin, näit. oliiviõlis), vees lahustumatud ühendid, mis aga samuti, nagu neile lähedased steriinid ja vahad, hästi lahustuvad eetris, bensiinis jt. orgaanilistes solventides. Leelise toimel rasvad seebistuvad, s. o. tekib stearin- või palmitiinhappe kaaliumi- või naatriumisool ning vabaneb glütseriin.

Kõik nimetatud ühendid (rasvad, steriinid ja vahad) kuuluvad nn. lipoidide rühma (Frey-Wyssling, 1938), s. o. orgaaniliste ainete hulka, mis ei lahustu vees, küll aga rasvasid lahustavates solventides (lahustajates), nagu eeter ja alkohol. Sellega ühenduses on asjaolu, et lipoidide molekulide otsmised lülid on harilikult hapnikuta.

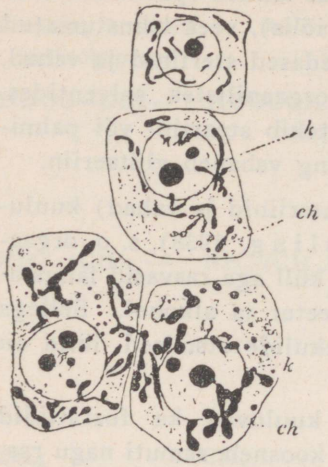
Fosfatiidid. Laiemas mõttes kuuluvad ka fosfatiidid lipoidide hulka. Näit. fosfatiid letsitiin koosneb, samuti nagu rasvadki, glütseriinist ning rasvhapetest, kuid on keerulisema koosseisuga, sisaldades ka fosforhapet.

Plasmas asetsevad polüpeptiidide põhiahelikud teatava korrapärasusega (vt. joon. 25), tekitades väga peene ja keerulise võrgu (Frey-Wyssling, 1935). Selle võrgu üksikniite hoiavad koos polüpeptiidide külgahelikud. Niikaua kui plasma on elus, on need sidekohad ajutist laadi: nad tekivad ja kaovad (arvatavasti teatava reeglipärasusega), olenedes raku vastavas osas valitsevaist tingimusist. Selle imepeene kolmemõõtmelise „võrgu" silmuseid täidavad vesi (plasma sisaldab 70—80 (90)% vett!), lipoidid, fosfatiidid ning mineraalsoolade ioonid ja molekulid. Kõik need ained asetuvad teatava korrapärasusega, asudes kas happeliste või aluseliste rühmade läheduses, või aga vastavalt nende hüdrofiilsusele resp. lipofiilsusele (vt. lk. 22).



Joon. 25. Plasma molekulaarse struktuuri skeem. Tugevad võnkjooned tähistavad polüpeptiidide põhiahelikke. Reaktsioonivõimelised külgahelikud on märgitud sirgete joontena, ajutised sidekohad täppidena. Frey-Wyssling'i järgi.

Kui plasma kalgendub (näit. kuumuse mõjul, piirituse, formaliini või teise sadestava teguri toimel), sureb ta. Samuti järgneb surm siis, kui lahustub seos üksikute polüpeptiid-molekulide vahel plasma muutudes struktuurita vedelikuks [1]).

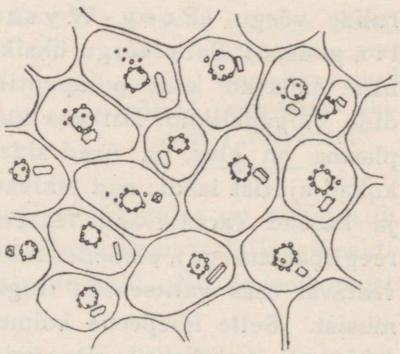


Joon. 26. Kondriosoomid (ch) rakkudes. k — tuum. Lubimenko järgi.

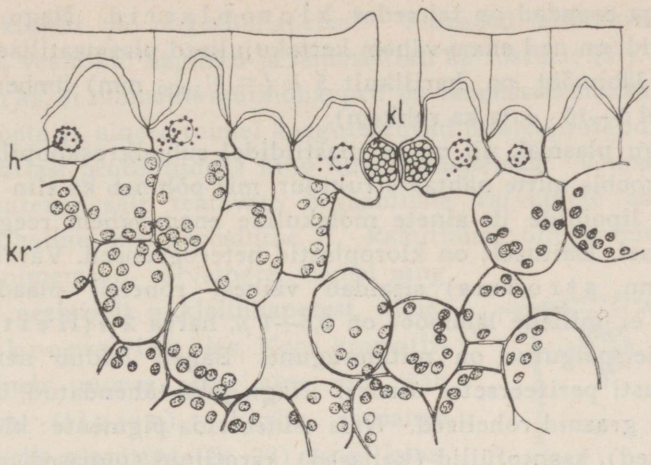
P l a s t i i d i d *(plastides)*. — Väga paljude taimerakkude plasmas esinevad väikesed, selgelt eralduvad plasmaatilised kehad. Nende kuju on mitmesugune (joon. 26). Esinevad terakesed, kepikesed, niidid jne. G u i l l i e r m o n d nimetab neist koosnevat raku komponenti k o n d r i o o m i k s. Kondrioom koosneb kahesugustest kehakestest: (1) nn. k o n d r i o s o o m i d e s t ning (2) kondriosoomidega sarnanevatest noortest p l a s t i i d i d e s t. Nii kondriosoomid kui ka plastiidid ei teki lihtsalt plasmast, nagu oletasid vanemad autorid, vaid on iseseisvad rakuosised, mis paljunevad jagunemise teel. Kas plastiidid tõeliselt tekivad kondriosoomidest või on neist olenematud, pole veel lõplikult selgitatud. Igatahes on plastiidid noortes rakkudes kondriosoomidega niivõrd sarnased, et nende eritlemine üksteisest osutub sageli võimatuks.

Plastiidid on mitmesugused. Võib eritella järgmisi plastiidide liike (S c h i m p e r, 1855 ja L i p p m a a, 1926): leukoplastid, kloroplastid, kromoplastid, ksantoplastid ja hematoplastid.

L e u k o p l a s t i d on värvitud. Nende plasmaatiline keha on hüaliinne. Ta koosneb, nagu

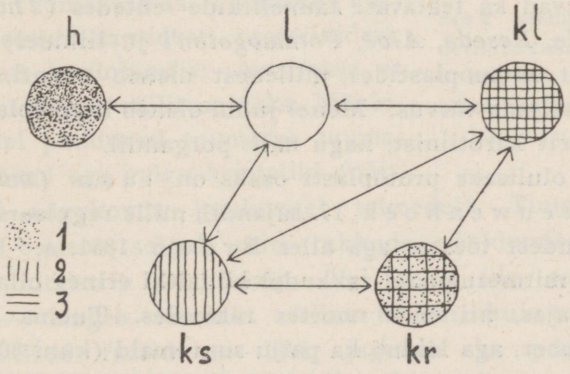

Joon. 27. Leukoplastid tuumaõe ümbruses vanilli (*Vanilla planifolia*) lehe epidermiserakkudes. Igas rakus on üks oblikhapu kaltsiumi kristall. O r i g.

1) Plasma struktuuri küsimus on siiski veel lahtine. Paljude autorite arvates on plasma struktuurita kolloidlahus.



Joon. 28. *Gasteria* liigi lehe-ristilõik. Väga paksude välisseintega epidermiserakkudes on näha tuumade ümbruses karmiinpunaseid hematoplaste (h). Sügavamates kihtides on pruunikaspunased kromoplastid (kr), sulgrakkudes aga rohelised kloroplastid (kl). Orig.

plasmagi, polüpeptiididest ja lipoididest. Sageli võib nende pinnal näha tärklisterade moodustumist. Lehtedes esinevad nad näit. välises rakukihis (epidermises), kus neid leidub tuuma ümbruses või ka mujal. Teatavatel taimeliikidel (näit. *Aloë*'tel) muutuvad leukoplastid tugeva valguse käes intensiivselt värvunud punasteks hematoplastideks, sest neis tekib karotinoidide rühma kuuluv värvaine rodoksantiin ($C_{40}H_{50}O_2$).



Joon. 29. Plastiidide skeem. h — hematoplast, l — leukoplast, kl — kloroplast, ks — ksantoplast, kr — kromoplast. 1 — rodoksantiin, lükopiin jt., 2 — ksantofüll ja karotiin, 3 — klorofüll a ja klorofüll b. Orig.

Väga sagedad on taimedes kloroplastid. Nagu teisedki plastiidid, on nad enam-vähem kettakujulised plasmaatilised kehad. Nende läbimõõt on harilikult 5 μ ($= {}^{5}/_{1000}$ mm) ümber (varjutaimedel 5—10 μ ja ka rohkem).

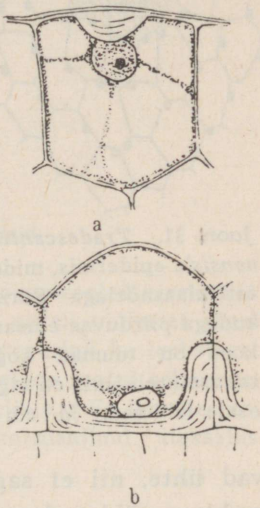
Nagu plasmal, nii on ka plastiididel submikroskoopiline, s. o. mikroskoobis mitte nähtav struktuur, mis põhineb ka siin polüpeptiidide, lipoidide jt. ainete molekulide enam-vähem reeglipärasel paigutusel. Ehituselt on kloroplastid heterogeensed. Värvitu põhimass (nn. strooma) sisaldab väikesi rohelisi plaadikesi — graane, millede läbimõõt on 0,5—1 μ, harva 2 μ (Heitz, 1936). Graanide paigutus on mitmesugune. Sageli leidub neid ainult kloroplasti perifeersetes osades. Nagu juba tähendatud, on kloroplastide graanid rohelised. Neis esineb rida pigmente: klorofüllid (rohelised), ksantofüllid (kollased), karotiinid (punased). Graanid sisaldavad rohkesti lipoide. Ka esineb neis valke.

Taimedes, mis on kasvanud vähese valguse käes või pimedas, on kloroplastide eelkäijateks erilised kollast värvi plastiidid — ksantoplastid. Nad sisaldavad peamiselt karotiine ja ksantofülle. Sügisel, lehtede kolletudes muutuvad kloroplastid paljudel liikidel uuesti ksantoplastideks. Üksikasjalisi andmeid klorofüllide, karotiinide ja ksantofüllide kohta leidub allpool.

Viimane plastiidide ehk kromatofooride liik, millel veel jääb peatuda, on kromoplastid. Nad sisaldavad peale harilikkude lehepigmentide (ksantofüllid, karotiinid, vähe klorofülle) veel erilisi punaseid karotinoide — lükopiini, rodoksantiini jt. Kromoplaste leidub paljude taimede viljades (näit. kibuvitsal, piibelehel). Nad arenevad ka teatavate taimeliikide lehtedes (*Thuja, Taxus*'e, *Juniperus*'e, *Reseda, Aloë, Potamogeton*'i jt. liikidel). Lükopiini leidub näit. kromoplastides, milledest oleneb tomati, piibelehe ja kibuvitsa viljade värvus. Mõnel juhul oleneb kromoplastide värvus ka peamiselt karotiinist, nagu näit. porgandil.

Väga oluliseks protoplasti osaks on tuum *(nucleus)*, mille avastas Leeuwenhoek 17. sajandil, mille regulaarset esinemist taimerakkudest tõestas aga alles Brown 1831. a. Kuigi tuuma kuju võib mitmesugustel rakkudel küllaltki erinev olla, on ta harilikult kerajas, nii eriti noortes rakkudes. Tuuma läbimõõt on 5—10 μ ümber, aga leidub ka palju suuremaid (kuni 80 μ ja enam). Ka tuuma mass koosneb valkudest, lipoididest jt. ühenditest, mis esinevad plasmas. Ent vastandina protoplasmale sisaldab tuum erilisi liitvalkusid — nukleoproteiide. Nukleoproteiidid koosne-

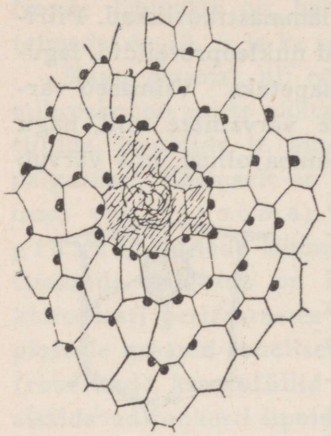
vad valkudest ja nukleiinhapetest. Viimased sisaldavad peale süsiniku, vesiniku, hapniku ja lämmastiku ka fosforit (P). Iseloomulik on ka, et tuumaine amiinohapped on lämmastikurikkad. Piirituse, hapete jt. ainete toimel koaguleeruvad nukleoproteiidid, lagunedes ühtlasi proteiinideks ning nukleiinhapeteks. Viimased värvuvad intensiivselt teatavate orgaaniliste värvainete abil, nagu metüülroheline, metüleensinine jt. Rakutuuma ollust, mis värvub eespool-nimetatud värvainete toimel ning koosneb peamiselt nukleiinhapetest, nimetatakse kromatiiniks. Koos kromatiiniga esineb tuumas teine aine, mis jääb värvituks (liniin). Liniin sarnaneb struktuurilt plasmaga (lk. 23) ning koosneb pikkadest proteiinide molekulidest. See on tuuma „skelettaine". Peale liniini ja kromatiini (nukleiinhapete) on tuumas veel vedelik — tuuma mahl ehk karüolümf. Karüolümf on kolloidne lahus, milles leidub valkusid, mis koosnevad palju lühematest amiinohapete ahelikkudest kui liniin.



Joon. 30. a — *Aloë verrucosa* epidermise rakk, b — *Scopolia atropoides*'e seemnekatte epidermise rakk. Tuum asub kohal, kus toimub rakuseina paksenemine. Haberlandt'i järgi.

Tuumas leidub veel üks või mitu (2—3) kerajat kuni elliptilist moodustist, mis silma paistavad juba võrdlemisi nõrga suurenduse rakendamisel. Neid moodustisi nimetatakse tuumakesteks. Tuumake *(nucleolus)* koosneb samadest proteiinidest, mis esinevad karüolümfis. Arvatakse, et neis esinev valk on säilitusaineks. Mõningatel liikidel puuduvad tuumades tuumakesed, esinevad aga valgu kristallid (näit. mailaseliste sugukonda kuuluvatel taimedel). Tuuma tähtsus protoplasti osisena selgub eriti rakkude pooldumisel, millises protsessis initsiatiiv — niipalju kui selle üle on võimalik otsustada — langeb tuumale. Alles hiljem, kui tuuma jagunemise olulised faasid on läbi, jaguneb ka plasma. Kuid ka rakus, mis pole jagunemas, ilmneb tuuma osavõtt protoplasti elutegevusest mitmeti. Tuum on rakus liikumisvõimeline. Sageli leiame tuuma just selles raku osas, kus toimub mingi

eriline nähtus, nagu raku väljakasvu moodustumine, teatavate ainete eritamine, rakuseina paksendi teke jt.



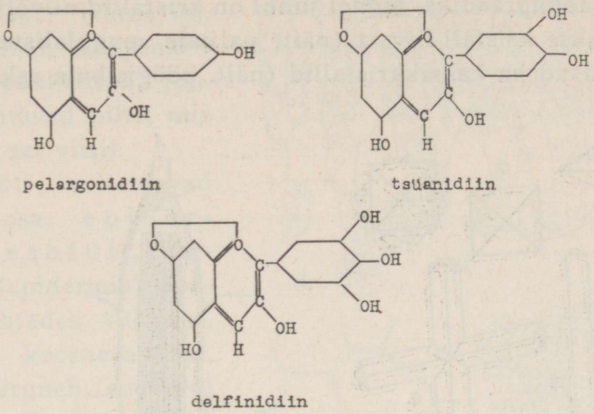
Joon. 31. *Tradescantia fluminensis*'e epidermis, mida vigastati klaasnõelaga. Surnud rakkudega piirduvas elusas taimekoes on tuumad kogunenud rakuseintele, mis on vigastatud osale lähimad. M i e h e järgi.

Taimede iseärasuseks on, et nende protoplastid on igakülgselt ümbritsetud seinaga, mida nimetatakse rakukestaks. Rakukesta olemasoluga ühenduses on teine iseärasus: rakukestast piiratud ruum ületab sageli tunduvalt protoplasma, tuuma ja plastiidide kogumahu. Et ka seesugustes rakkudes katab plasma pidevalt kogu rakuseina sisemist pinda, siis on plasma kiht sageli võrdlemisi õhuke. Suur keskruum, mida paljudel juhtudel läbivad plasmaniidid, moodustab rakumahlaga täidetud ruumi, nn. v a k u o o l i *(vacuola)*. Vakuoole võib ühes rakus ka mitu olla, eriti noortes rakkudes, kus nad on enamvähem kerajad. Aegamööda, raku kasvades suurenevad vakuoolid, sulavad ühte, nii et sageli tekib lõpuks üks suur tsentraalne rakumahlaga täidetud ruum.

Rakumahl on mitmesuguste ainete vesilahus. Rida ühendeid, mis on plasmas tekkinud elutegevuse tagajärjel, satub hiljem vakuooli (suhkrud, orgaanilised happed, antotsüaniinid, parkained jt.). Samuti sisaldavad vakuoolid mitmesuguseid anorgaanilisi soolasid, nagu KCl, NaCl, $MgCl_2$, $MgSO_4$, KNO_3 jne., mis on võetud mullast juurte tegevusel. Harilikult on rakumahl värvitu. Kuid paljude taimede noortes lehtedes, samuti sügislehtedes on rakumahl punane, violetne või koguni sinakas. See värv oleneb rakumahlas lahustunud värvainetest, mis kuuluvad a n t o t s ü a n i i n i d e hulka.

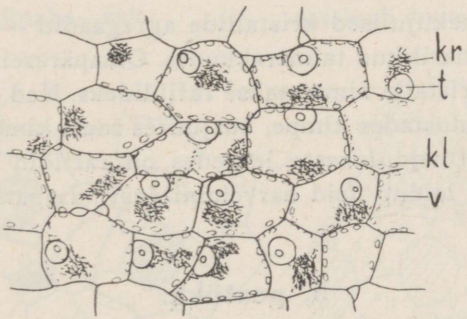
Praegu on teada terve rida antotsüaniine. Tähtsamad on: pelargoniin, tsüaniin, delfiniin. Kõik kolm on diglükosiidid. Nad sisaldavad molekulis kahte viinamarjasuhkru rühma. Viinamarjasuhkru rühmad on liitunud värvaine peakomponentidega, nn. a n t o t s ü a n i d i i n i d e g a. Eespool-nimetatud antotsüaniinides on need vastavalt: pelargonidiin, tsüanidiin ja delfinidiin.

Nende koosseis selgub järgmistest valemitest (joon. 32):



Joon. 32. Antotsüanidiinide valemeid.

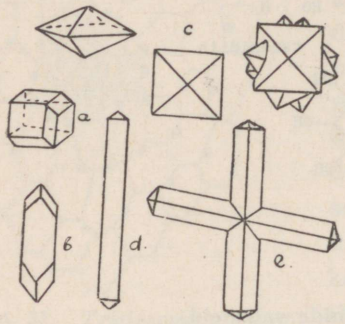
Nagu valemeist näha, on antotsüanidiinid oksooniumisoolad, sisaldades neljavalentset hapnikuaatomit. Nende põhivorm on sageli violetset värvi (näit. tsüanidiinil). Nad annavad ühendeid nii hapetega kui ka leelistega. Hapetega moodustatud ühendid on punast värvi. Leeliste soolad sellevastu on sinised. Täitsa samuti reageerivad ka antotsüaniinid. Et lehtedes on rakumahl harilikult happeline, on neis esinevad antotsüaniinid ülekaalus punast värvi.



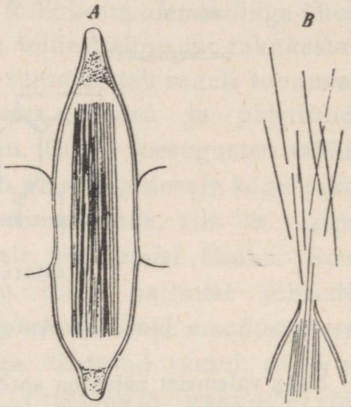
Joon. 33. *Thermopsis fabacea* mesofülli rakud noortest, rohkelt antotsüaniini sisaldavatest lehtedest. Rakkudes näha peale plasma, tuuma (t) ja kloroplastide (kl) veel värvilise (lilla) rakumahlaga täidetud vakuool (v). Osalt esineb antotsüaniin vakuoolis siniste kristallidena (kr.). Orig.

Sageli leherakkude vakuoolides esinevaks aineks on ka kaltsiumoksalaat ehk oblikhapu kaltsium. Vastavalt sellele, kas esineb kaltsiumoksalaadi monohüdraat $Ca(COO)_2\ H_2O$ või trihüd-

raat $Ca(COO)_2$ $3H_2O$, on kristallid kas monokliinsed või tetragonaalsed. Trihüdraat on võrdlemisi ebastabiilne, ta muutub aegamööda monohüdraadiks. Mõnel juhul on kristallid niivõrd väikesed, et kõneldakse kristall-liivast (näit. paljude mugulaliste lehtedes). Sageli tekivad ka kaksikkristallid (näit. köögisibula rakkudes) või



Joon. 34. Kaltsiumoksalaadi kristalle. Monohüdraat *Citrus medica* leherootsust (a), *Ilex aquifolium*'i puukoorest (b). Trihüdraat begoonia leherootsust (c) ja *Allium cepa* sibula soomusest (d ja e). Frey järgi.



Joon. 35. A — vigastamatu rakk *Pistia stratiotes*'e lehest; limaga täidetud vakuoolis rafiidide kimp. B — rafiidide väljumine vigastatud rakust. Haberlandt'i järgi.

aga tekivad tähekujulised kristallide agregaadid — druusid. Viimased on väga harilikud taimerakkudes. Omapäraseid nõeljaid kaltsiumoksalaadikristalle nimetatakse rafiididdeks. Nad esinevad harilikult hulgi, moodustades kimpe, kusjuures sama kimbu kristallid on ühepikkused. Üheiduleheste lehtedes on rafiidid üsna tavalised, kaheidulehestel leidub neid harvemini (näit. *Impatiens*'il).

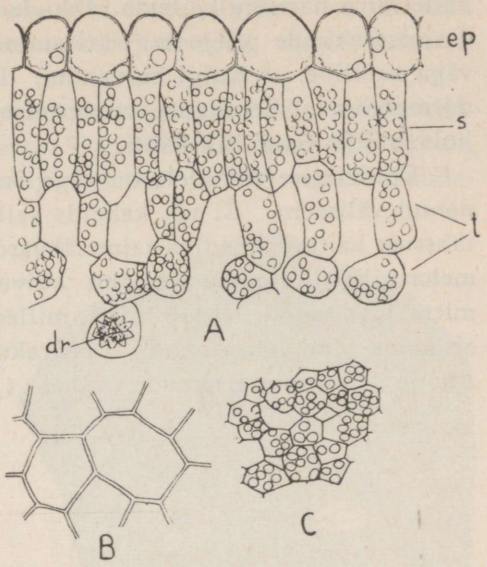
5. peatükk.

Lehe sisemine ehitus. Epidermis, õhulõhed. Mesofüll (sammas- ja tohlkude). Leherood. Juhtkimpude ehitus. Leherootsu ehitus.

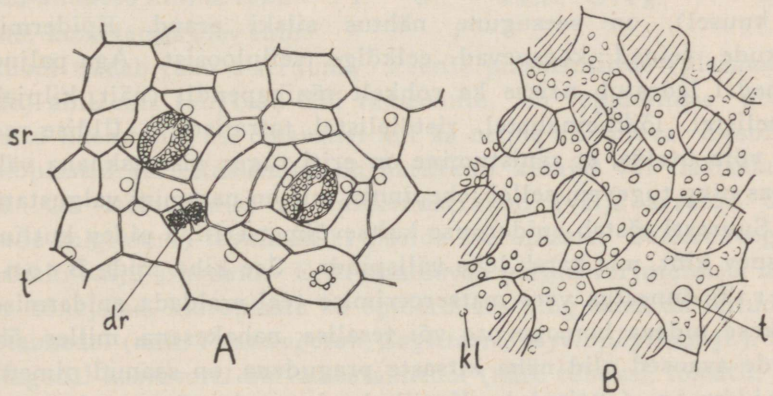
Eespool üksikasjaliselt tutvunud taimerakkudega, võime nüüd asuda lehe mikroskoopilise ehituse selgitamisele. Selleks valmistatakse habemenoa abil rida õhukesi (10—20 μ) lõikusid. Tarvilikud on kaks pinnalõiku — üks pealmise lehepinna vaatlemiseks, teine lehe alumise pinna jaoks — ning rida ristilõikusid, mis läbi-

vad lehte ta välispinnale risti mitmesugustes lehelaba osades: leheserval, keskroo kohal, vahepealses osas. Allpool-antud joonised kujutavad pilte, mis on saadud sel viisil.

Kergesti eriteldavad on kaks osa: epidermis ja mesofüll. Marrasknahk (epidermis) moodustab lehtedes välimise, rakkudest koosneva koe, millele järgneb seespool tunduvalt õrnema ehitusega sisemine lehe osa — mesofüll *(mesophyllum)*. Epidermiserakud on sageli suhteliselt suured. Niidutaimedel on arvud 20—40 μ harilikud. Nagu näha ristilõikudel, on marrasknahk ühekihine, kusjuures marrasknaha rak-



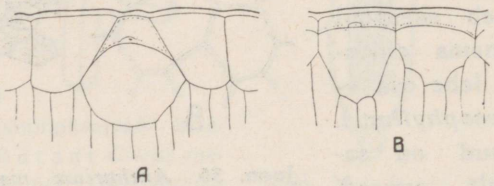
Joon. 36. *Anthurium magnificum*'i lehe anatoomia. A — lehelaba ristilõik. B — pealmise lehepinna epidermis. C — sammaskoe ristilõik. ep — epidermis, s — sammaskude, t — tohlkude. Sammas- ja tohlkoes näha kloroplaste. dr — kaltsiumoksalaadi druus. Orig.



Joon. 37. *Anthurium magnificum*'i lehe anatoomia. A — epidermis lehe alumiselt pinnalt. t — tuum, dr — druus, sr — kloroplaste sisaldav sulgrakk. B — tangentsiaalne lõik läbi tohlkoe. Õhuga täidetud intertsellulaarid on viirutatud. Rakkudes näha kloroplaste (kl) ja tuumasid (t). Orig.

kude laius harilikult ületab rakkude kõrguse. Pealtvaates on epidermiserakkude piirjoon (eriti suurelehistel varjutaimedel) sageli väga sopiline. — Kuigi harvemini, leidub ka epidermist, mis on mitmekihine. Seesuguse epidermise ristilõikudel on näha kaks, kolm või ka enam rakukihti.

Epidermiserakkudele on väga iseloomulik nende sageli paksenenud välissein. Ei või kahelda selles, et seinapaksendid omavad tähtsust kaitsevahendina taime ähvardavate hädaohtude vastu, nagu mehaanilised vigastused, õhu kuivus, intensiivne valgus. Kuigi mitte just sageli, leidub taimi, milledel on epidermises rakuseinte sisemine pind limastunud. Limarakud esinevad kas üksikult harilikude epidermiserakkude vahel (joon. 38, A) või moodusta-



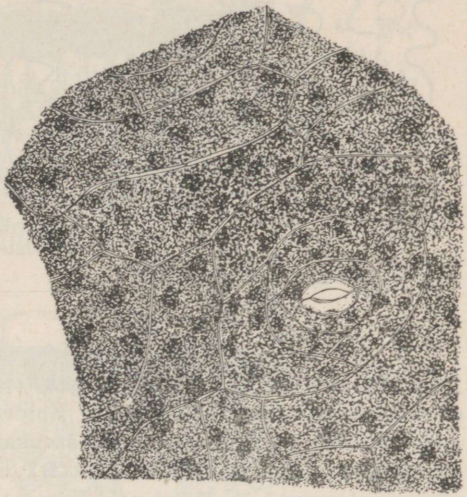
Joon. 38. Epidermise rakkude sisemine tangentsiaalne sein on limastunud, selle tõttu väga paks: (A) kakaopuul *(Theobroma cacao)* ja (B) sookasel (*Betula pubescens*). Haberlandt'i järgi.

vad kogu lehe pealmise epidermise (joon. 38, B). Kahtlemata suurendavad nad taimede resistentsust kuivuse vastu. Kuigi leidub puitunud seinaga epidermiserakke (näit. männil ja kuusel), on seesugune nähtus siiski erand. Epidermiserakkude seinad koosnevad eelkõige tselluloosist. Aga paljudel taimedel ladestub neisse ka rohkelt ränihapendit (näit. kilpjalal, kõrrelistel, lõikheinalistel, ristõielistel, tatralistel). Üldise reeglina võib ütelda, et ränistumine on eriti tugev marrasknaha välisseinas ning tugevam sellel lehepinnal, mis on paremini valgustatud.

Suuresti tõstab epidermise kaitsevõimet eriline pidev kutiinist koosnev kiht, mis katab lehe välispinda. See kiht, mida Brongniart'il õnnestus vees matsereerimise teel eraldada epidermisest õhukese pideva homogeense või teralise nahakesena, milles õhulõhede avaused olid näha kitsaste pragudena, on saanud nimetuse kutiikula *(cuticula)*. Kutiikula koosneb väga resistentsest kutiinist (lk. 19). Pole kahtlust selles, et kutiikulat eritavad välispinnale epidermiserakud. Ta kuulub seega nn. ekskreetide hulka. Nagu varieeruvad teatavates piirides kutiikula keemilised

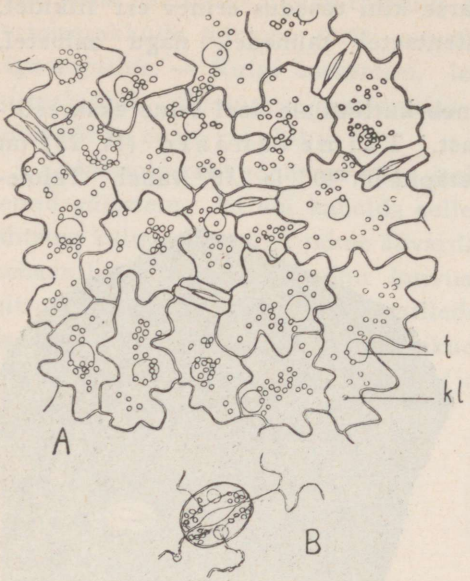
omadused, nii on ka kutikulaarse kihi tüsedus erinev eri liikidel. Eriti tugev on ta kuivusresistentsetel taimedel, nagu aaloetel, eukalüptidel jt.

Mõningatel taimedel järgneb kutiikulale veel teine ekskreedikiht, mis koosneb taimevahast. Taimevahasid (lk. 23) on mitmesuguseid; nende sulamistäpid on 40° ja 110° vahel. Taimevahad katavad taime välispinda kas väikeste terakestena (näit. nelkidel, agaavidel) või pulgakestena (pillirookõrrel, banaanilehtedel jt.). Ka vahakiht vähendab vee kaotust epidermiserakkude välisseinte läbi (nn. kutikulaarset transpiratsiooni) ning esineb selle tõttu taimedel, mis kasvavad kohtadel, kus ajuti võib esineda terav veepuudus.



Joon. 39. Teraline vahakiht *Echeveria gibbiflora* lehe epidermisel. Vahakiht puudub peaaegu täielikult õhulõhede sulgrakkudel. Orig.

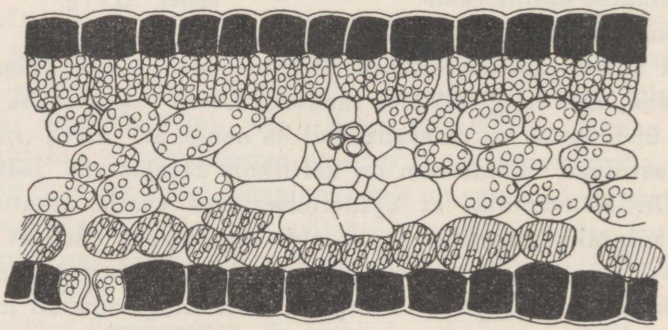
Taimede epidermis koosneb elusatest rakkudest. Ühetuumaline protoplast katab õhukese kihina rakuseinu, kuna temas olev suur vakuool täidab raku siseruumi. Peente plasmaniitide (plasmodesmide) abil, mis tungivad läbi rakuseinte, on epidermise protoplastid ühendatud nii omavahel kui ka nende all oleva mesofülli protoplastidega. Rakutuum on harilikult kerajas või läätsekujuline. On iseloomulik, et epidermiserakud (välja arvatud õhulõhede sulgrakud) tavaliselt ei sisalda kloroplaste. Sellest reeglist on siiski palju erandeid. Eriti sisaldavad paljud varjutaimed, nagu näit. sõnajalad, kloroplaste ka epidermises ning sama on leitud ka veetaimedel (näit. *Potamogeton, Sagittaria, Myriophyllum* jt.). Aga ka lagedal kasvavatel kuivamaataimedel (näit. tubakal, tomatil, võilillel) esineb see nähtus. Täitsa harilik on leukoplastide esinemine epidermises. Ka leidub mõningatel liikidel hematoplaste (*Potamogeton, Selaginella* jt.). On küsitav, kas ongi olemas epidermiserakke, mis oleksid täitsa plastiididideta (Linsbauer).



Joon. 40. Sinilille *(Hepatica triloba)* epidermis lehe alumiselt küljelt (A). Epidermiserakkudes näha tuumasid ja arvukaid kloroplaste. Eraldi joonistatud (B) on sügavamal asuvad õhulõhed neid piiravate, samuti kloroplaste sisaldavate sulgrakkudega. Orig.

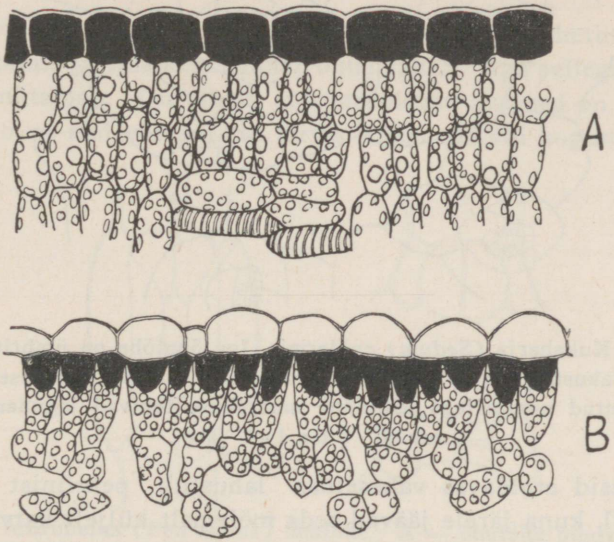
Teatavatel taimeliikidel tekib epidermiserakkudes (eriti kevadel noortes lehtedes, osalt aga ka täiskasvanud lehtedes, näit. mitmeaastastel lehtedel ebasoodsal aastaajal) rohkesti antotsüaniine. Siis muutub muidu värvitu rakumahl punaseks või violetseks. Niisama harilik on parkainete esinemine epidermise vakuoolides. On huvitav, et nii antotsüaniinid kui ka parkained puuduvad sulgrakkudes, mis ka teistes tunnustes tunduvalt erinevad harilikkudest epidermiserakkudest.

Õhulõhe *(stoma)* tekib teatavast epidermiserakust. Õhulõhe teke

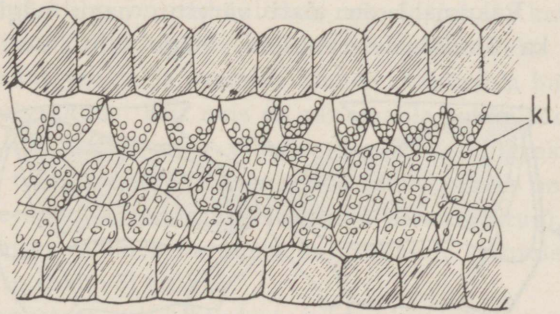


Joon. 41. Leedripuu *(Sambucus racemosa)* noore lehe ristilõik. Antotsüaniini sisaldavad epidermiserakud, välja arvatud õhulõhede sulgrakud. Noorte lehtede vertikaalse asendi tõttu tugevasti valgustatud lehtede alumisel pinnal sisaldab antotsüaniini ka tohlkude (viirutatud rakud). Sammas- ja tohlkoe rakkudes, eriti esimestes, on rohkesti kloroplaste. Lõigu keskosas juhtkimp ristilõigus. Orig.

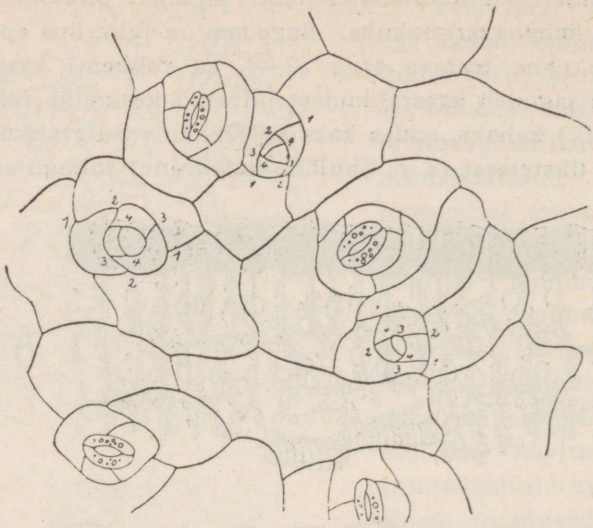
toimub mitmeti. Tulikõielistel näit. jaguneb õhulõhe emarakk ise õhulõhe kaheks sulgrakuks. Sagedam on juht, kus epidermiserakk annab enne teatava arvu (2—4, ka rohkem) kaasrakkusid ja siis alles jaguneb kaasrakkudest piiratud keskmine rakk (õhulõhe emarakk) kaheks, andes kaks sulgrakku. Sulgrakkude lõplik eraldumine üksteisest (s. o. õhulõhe tekkimine) toimub sel teel, et



Joon. 42. A — Violettpunase rakumahlaga täidetud epidermiserakud rabarberi *(Rheum palmatum)* noortes lehtedes. Sammaskoes on näha tuumasid ja kloroplaste. B — Lehelõigu osa kandilise viinalille *(Hypericum perforatum)* noorest lehest. Antotsüaniin on siin sammaskoe rakkude otsmises vakuoolis. Orig.



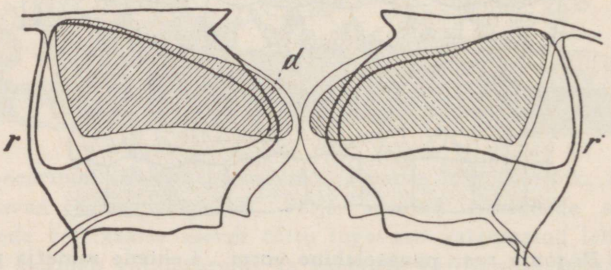
Joon. 43. *Begonia rex;* punaselehine vorm. Lehtede sametja pinna tingivad epidermiserakkude kumerad välisseinad. Punane rakumahl on epidermises ja ka viirutatud mesofüllirakkudes. kl — kloroplastid. Orig.



Joon. 44. Kukeharja *(Sedum)* epidermis. Iga õhulõhe on ümbritsetud kolmest kaasrakust. Epidermiseraku jagunemisel tekkivate vaheseinte järjekord on antud numbritega. Õhulõhe emarakust tekivad jagunemisel sulgrakud. Chodat' järgi.

sulgrakkusid eraldavas vaheseinas lahustub pektiinist koosnev kesklamell, kuna järele jäävad seda mõlemalt küljelt katvad tselluloosist kihid. Need piiravadki avaust, mis ulatub nüüd läbi epidermise, võimaldades otsest gaaside vahetust lehe mesofülli ja väliskeskkonna vahel.

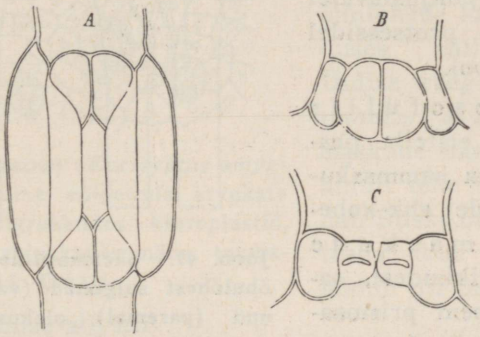
Isoleeritud sulgrakk on enam-vähem poolkuu-kujuline (joon. 23, B). Ta protoplast omab tuuma ja suuremat või vähemat arvu kloroplaste. Rakumahl on alati värvitu, nagu nägime eespool, värvitu on ka õhulõhede rakusein. Väga tähtis on sulgrakkude



Joon. 45. *Helleborus*'e õhulõhe avatud (tugevam joon) ja suletud (nõrgem joon) olekus. Schwendener'i järgi.

tegevuse seisukohalt sulgraku seina ehitus. See on eri liikidel erisugune. Tüüpiline on paljudele ühe- ja kaheidulehestele juht, kus õhulõhedel õhulõhe käigupoolsed seinad on võrdlemisi tugevasti paksenenud, kuigi mitte kogu ulatuses, kuna vastassein on paksenditeta. On huvitav, et mõningatel liikidel on ka kaasrakkudel rakuseinad õhemad seal, kus nad kokku puutuvad õhulõhe õhema rakuseinaga.

Õhulõhe ülesanne seisab kahtlemata gaaside vahetuse võimaldamises taime ja väliskeskkonna (õhu) vahel. Aga sellega ei piirdu nende funktsioon. On tähtis, et kõnesolevad avaused on reguleeritavad, s. o. et nad võivad, kui tarvis, väheneda või koguni sulguda.



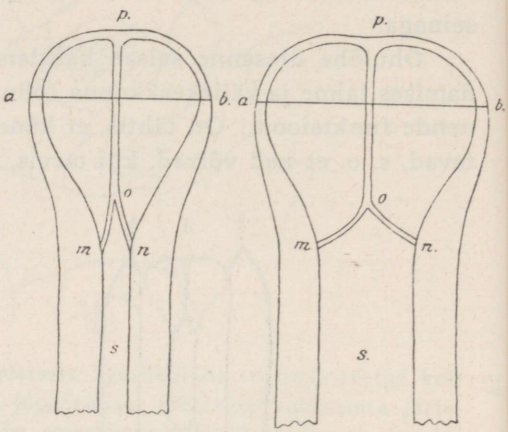
Joon. 46. Muruheina *(Poa annua)* õhulõhe. A — õhulõhe pindvaates, B — ristilõik sulgrakkude laienenud otsmistest osadest, C — ristilõik sulgrakkude keskosast. Schwendener'i järgi.

Soodsatel tingimustel, s. o. küllaldase valgustuse ja veejuurdevoolu puhul, on õhulõhed avatud. Öösi, samuti ebasoodsatel välistingimustel, nagu põud, külm, on nad suletud, mõnel juhul kuude kaupa (näit. igihaljastel liikidel talvekuudel, kõrvetaimedel).

Õhulõhe sulgemine ja avamine oleneb rakumahla hulgast, mida sisaldavad sulgrakud. Kui neis on rakumahla rohkelt, on ka surve sulgraku protoplasmale ning viimase kaudu ka sulgraku seintele tugev, nii et toimub õhulõhe avanemine (selle juures on otsustava tähtsusega eespool-kirjeldatud sulgraku seina ehitus). Väheneb rakumahla hulk, väheneb ka surve sulgrakkude seintele ning õhulõhe avaus kitseneb või sulgub.

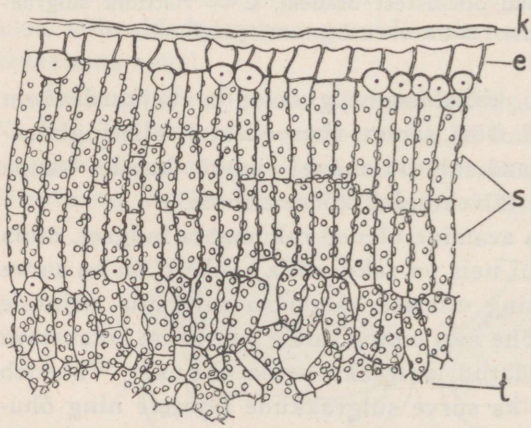
Mitmesugustest eri juhtudest, mis esinevad õistaimedel õhulõhede struktuuris, on oluline peale eespool-kirjeldatud põhitüübi veel õhulõhe tüüp, mis on omane kõrrelistele ja lõikheinalistele. Kõrreliste sulgrakud on väga erinevad neist, mis on antud joon. 45.

Nimelt on siin sulgrakud piklikud, ümmardunud otstega (joon. 46). Keskmine osa rakust on torujas ning koosneb peamiselt tugevasti paksenenud rakuseintest. Otsmised laienenud rakuosad on õhukeste seintega. Nendes osades on näha ka protoplasmas olevaid kloroplaste. Rakumahla hulga suurenemine seesugustes sulgrakkudes kutsub esile sulgrakkude otsmiste laiendite tursumise, mille tagajärjeks ongi õhulõhe avanemine, nagu näha joon. 47. Sulgrakkude rakumahla hulga kõikumisi põhjustavatel keemilistel protsessidel peatume allpool.



Joon. 47. Skemaatiline joonis kõrrelise õhulõhest sulgunud (vasemal) ja avanenud (paremal) olekus. Schwendener'i järgi.

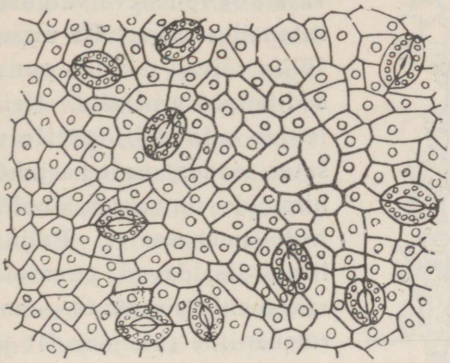
Lehe mesofüllis (lk. 31) võib eritella peamiste osistena sammaskudet ja tohlkudet ehk kobekudet. Sammaskude koosneb piklikkudest, sageli enam-vähem prismaatilistest või silinderjatest rakkudest, mis asetuvad ristiepidermise välispinnaga, seega pealelangeva valguse suunas. Sageli ületab sammaskoe rakkude pikkus 3—4 korda laiuse, kuid leidub ka niisuguseid, kus suhe on 10:1 *(Ricinus communis)* või ka suurem. Nende rakkude protoplastid sisaldavad kloroplaste õhukeses plasmakihis, mis katab rakuseinu. Kloroplastide arv ühes rakus on võrdlemisi suur, näit. kressil



Joon. 48. Õlipuu *(Olea europaea)* lehe ristilõik (osal.). k — kutiikula, e — paksude välisseintega epidermis, selle all paksuseinalised stereiidid; sügavamal järgnevad mitmekihine sammaskude (s) ja tohlkude (t). Kõik mesofüllirakud sisaldavad kloroplaste. Orig.

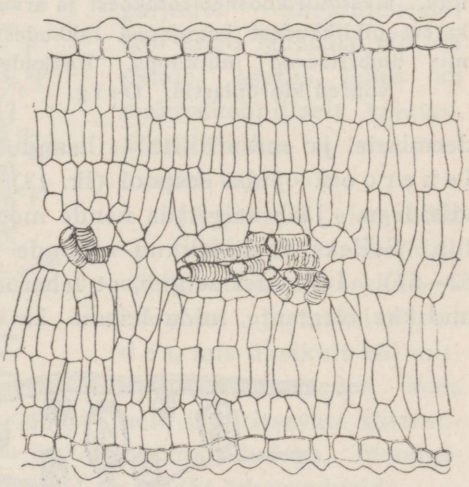
üle 50. Sageli võib sammaskoes näha kloroplastide kuhjumist vähem valgustatud rakuosadesse, seda nimelt tugeva valgustuse puhul.

Kuigi sammaskude on harilikult 1- või 2- kuni 3-kihine, võib ta üksikjuhtudel ka 4- kuni 12-kihine olla (mõningatel pajudel, *Opuntia* liikidel jt.). Sammaskoe rakkude vahele jäävad alati vaheruumid. Need vaheruumid on kõik omavahel ühenduses ning moodustavad keerulise, õhuga täidetud ruumkonna, mis jätkub lehe tohlkoes (seal on vaheruumid eriti suured) ning mis õhulõhede kaudu on ühenduses väliskeskkonnaga. Üldise reeglina on esiletõstetav asjaolu, et sammaskude harilikult esineb ainult lehe pealmisel pinnal. Siiski on küllalt juhte teada, kus sammaskudet leidub nii pealmise kui ka alumise epidermise all, nii näit. jumikal *(Centaurea jacea)*, eukalüptidel.



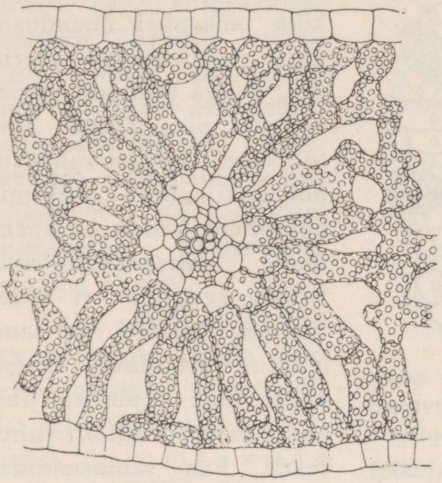
Joon. 49. Vangaarapuu *(Eucalyptus amygdalina)* lehe alumine epidermis arvukate õhulõhedega. Sulgrakkudes kloroplastid. Teistes epidermiserakkudes näha tuumasid. Orig.

Kobekude e. tohlkude on hõre „käsnataoline" taimekude, mis koosneb haralistest, kloroplaste sisaldavatest rakkudest, või aga on kobekoe rakud isodiameetrilised kuni ovaalsed. Osa kobekoe rakkusid on kogujad rakud. Need on enam-vähem koonilised või silinderjad rakud, mis kitsa osa kaudu on ühenduses sisemiste mesofüllirakkudega, laiema pinnaga aga toetuvad 2—3 sammaskoerakule (joon. 50).



Joon. 50. Vangaarapuu *(Eucalyptus amygdalina)* lehe ristilõik. Mitmekihine sammaskude nii lehe pealmisel kui ka alumisel küljel. Lehe keskosas näha juhtkimpe. Orig.

Kobekoe raku-vaheruumid on väga suured. Nad ületavad ulatuselt sageli kaugelt rakkude mahu. Kuigi ka kobekoes leidub kloroplaste, on kobekoe kloroplastide arv siiski kaugelt vähem sammaskoe kloroplastide hulgast. Nagu sammaskoes, võib ka tohlkoes tähele panna kloroplastide rändamist, mis on ühenduses kasvava või väheneva valguseintensiivsusega. Ka mesofüllis võivad tekkida punased taimepigmendid. Neid leidub siin eriti perifeersetes osades, osalt ka juhtkimpude ümbruses, õhulõhede ümbruses jt. Paljud liigid sisaldavad punaseid rakumahla pigmente — antotsüaniine (vt. joon. 41 ja 42), teised aga plastiidide pigmente (näit. rodoksantiini). Nii kromoplastide kui ka antotsüaniinide teke oleneb eriti valgustuse määrast ja veeoludest taime kasvukohal.

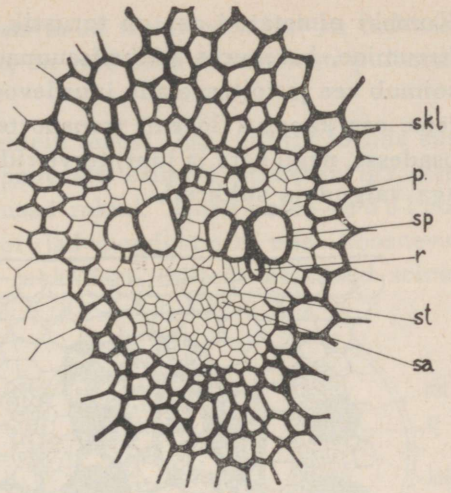


Joon. 51. — Kuldtähe *(Gagea)* lehe ristilõik. Mesofüll koosneb tohlkoest ja arvukatest piklikkudest kogujatest rakkudest, mis ümbritsevad juhtkimpu. Rakkudes suured kloroplastid. Orig.

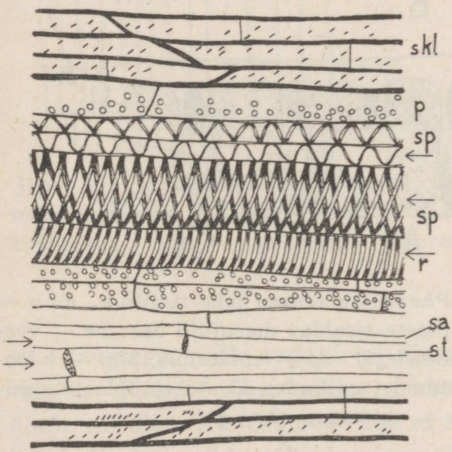
Seni käsiteldud lehelaba komponentidele—epidermisele ja mesofüllile — lisandub veel kolmas komponent — leherood. Juba eespool (lk. 13) tutvusime lehtede roodumisviisidega. Jääb selgitada nende moodustiste mikroskoopiline ehitus. Selleks on vajalikud roodude risti- ja pikilõigud (vt. joon. 52—54). Lõikudel selgub, et leherood sisaldavad rea väga iseloomulikke elemente, mida leiame ka varres. Tähtsamad neist on:

Joon. 52. Lehelaba ristilõik tugeva leheroo kohal „filodendril" *(Monstera deliciosa)*. Juhtkimbud on ümbritsetud sklerenhüümkiududest koosnevast tupest (joonisel must). Puuosas paistavad suhteliselt laiad sooned (trahheed). Niinosa on risti viirutatud. Püsti viirutatud on sammaskude. Orig.

sklerenhüümkiud, trahheed, trahheiidid, sõeltorud, saaterakud. Sklerenhüümkiud koosnevad pikkadest kiukujulistest (nn. prosenhüümsetest) rakkudest tugevasti paksenenud rakuseinaga, mistõttu on rakuvalendus neis vähene. Täiskasvanud olekus puudub sklerenhüümkiududes protoplast; rakukest koosneb tselluloosist ja ligniinist. Sageli on need rakud õige pikad, näit. halfaheina *(Stipa tenacissima)* lehtedes 12—50 mm. Et sklerenhüümkiud asetsevad tihedate kimpudena, mis jätkuvad näit. paljudel üheidulehestel läbi kogu lehelaba, siis on nende asetus lehes ka makroskoopiliselt tajutav. Sklerenhüüm on lehe peamiseks tugikoeks.



Joon. 53. Üksik juhtkimp joon. 52 kujutatud ristilõigust tugevamas suurenduses. skl — sklerenhüümkiud, p — puuparenhüüm, sp — spiraalsoon, r — rõngassoon, st — sõeltoru, sa — saaterakk. Orig.

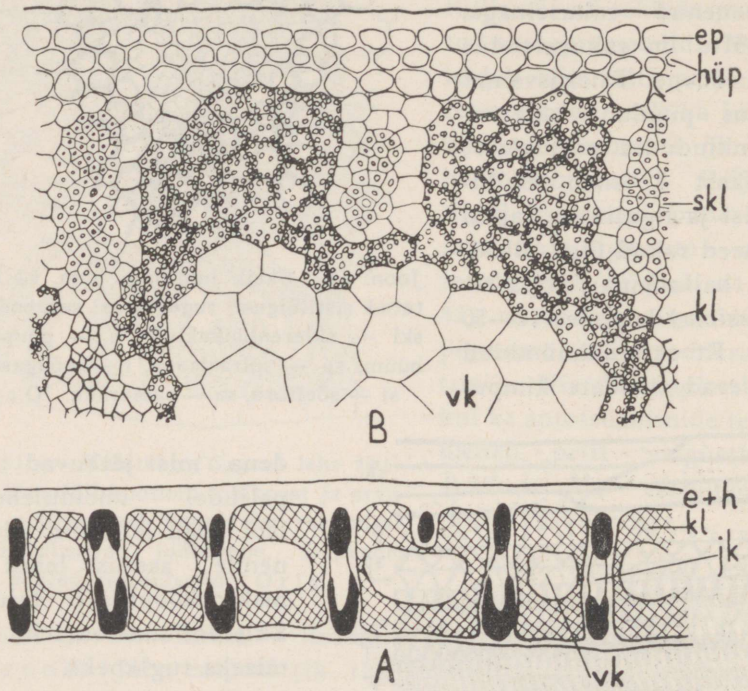


Joon. 54. Pikilõik läbi „filodendri" *(Monstera deliciosa)* leheroo. Juhtkimpu ümbritseb sklerenhüümkiududest (skl) koosnev tupp. Puuosa on ümbritsetud kloroplaste sisaldavatest elusatest rakkudest (p). Neile järgnevad spiraal- (sp) ja rõngassooned (r). Niinosa koosneb sõeltorudest (st) ja saaterakkudest (sa). Orig.

Järgmised elemendid — trahheed, trahheiidid, sõeltorud ja saaterakud — esinevad juhtkimpudes, mis üksikult või mitmekaupa asetsedes, koos neid ümbritsevate sklerenhüümkiududega, moodustavadki leheroodusid.

Juhtkimbus võib eraldada kahte osa — ksüleemi ehk puuosa ja floeemi ehk niinosa.

Kumbki nimetatud osa on torustik, milles toimub teatavate ainete liikumine, kusjuures liikumissuunad on vastupidised: ühe kaudu toimub vee ja toitesoolade juurdevool lehte (see osa ongi ksüleem), teise osa kaudu (floeem) transporteeritakse lehest teistesse taimeosadesse, nagu vars ja juur, terve rida orgaanilisi ühendeid, eelkõige aga valgud ja suhkrud.

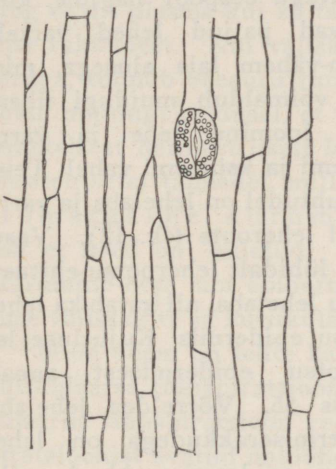


Joon. 55. (A) Uus-meremaa lina *(Phormium tenax)* lehe ristilõik. e+h — epidermis ja hüpoderm; kl — kloroplaste sisaldav mesofülli osa; vk — veekude. (B) — sama tugevama suurendusega. ep — epidermis, hüp — hüpoderm, skl — sklerenhüümkiudude kimbud (tugikude), kl — kloroplaste sisaldav mesofüll, vk — veekude. Orig.

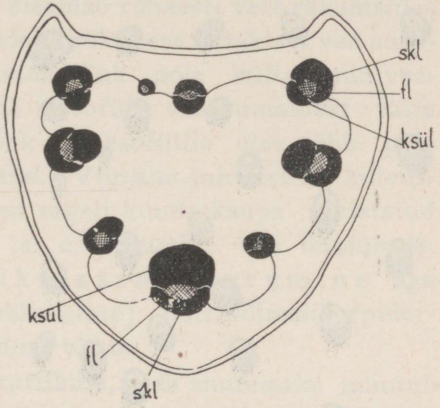
Vett lehte toimetav osa (k s ü l e e m) on varustatud suhteliselt suurt läbimõõtu omavate rakkudega, millede seinad on tugevasti puitunud. Esinevad piklikud üksikrakud, mis omavahel on ühenduses pooride kaudu (t r a h h e i i d i d) või aga on otsmised vaheseinad rakkude vahel lahustunud, mille tagajärjel tekivad pikad torujad moodustised — t r a h h e e d. On ilmne, et trahheede praegunimetatud iseärasus teeb neid eriti soodsaks vee juhtimiseks.

On märkimisväärt, et nii täiskasvanud trahheedes kui ka trahheiidides ei leidu enam protoplaste, on vaid surnud tugevasti puitunud rakuseinad.

F l o e e m — orgaanilisi aineid lehest ära juhtiv torude süsteem — on ksüleemist põhjapanevalt erineva struktuuriga, sest floeemi rakud on eranditult elusad rakud. Ühed neis — s õ e l t o r u d — on suhteliselt laiad torujad moodustised, mis koosnevad paljudest ülekuti asetsevatest rakkudest, millede otsmised seinad

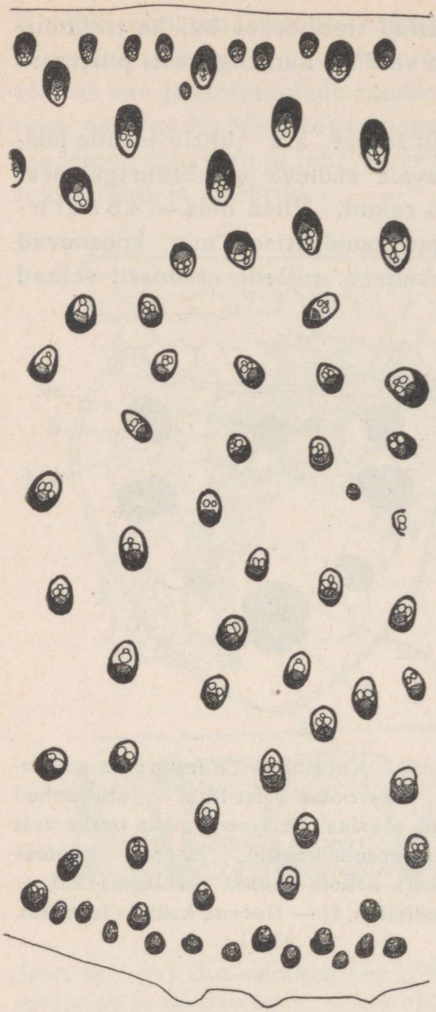


Joon. 56. Kuldtulika *(Ranunculus auricomus)* leherootsu epidermis ühe õhulõhega. Orig.



Joon. 57. Kuldtulika *(Ranunculus auricomus)* leherootsu ristilõik. Juhtkimbud asuvad sõõrina. Perifeersemaks osaks neis on sklerenhüümkiud, järgneb niinosa (floeem), sellele puuosa (ksüleem). skl — sklerenhüüm, fl — floeem, ksül — ksüleem. Orig.

on avaustega, mille tagajärjel nimetatakse neid vaheseinu sõelplaatideks. Kahest sõelplaadist piiratud sõeltoru-lüli vastab seega ühele rakule. Kõnesolevad rakud omavad protoplaste, mille plasma katab õhukese pideva kihina igas sõeltoru-lülis selle seina kogu ulatuses. Sõelplaatide kaudu on naaberlülide protoplastid üksteisega otseses ühenduses. Iga sõeltoru-protoplast on algul varustatud tuumaga, mis asetseb pikiseina läheduses. Täiskasvanud sõeltorudes tuumasid ei leidu. Väga suur tsentraalne vakuool on täidetud rakumahlaga, milles on lahustunud olekus valkusid, suhkruid jt. Sõeltorude lülide kõrval on nende sõsarrakud, nn. s a a t e r a k u d. Mõlemad, s. o. sõeltoru lüli ja saaterakk, on tekkinud ühisest ema-



Joon. 58. „Filodendri“ *(Monstera deliciosa)* leherootsu ristilõik. Leherootsu pealmisel pinnal on niinosa üleval, puuosa all; vastupidine nähtus esineb leherootsu alumises pooles. Mustaga on märgitud sklerenhüüm. Sklerenhüümi osatähtsus on eriti suur perifeersetes juhtkimpudes. Orig.

rakust pikipooldumise teel. Tuumaga varustatud saateraku protoplast ei oma vakuooli, seega ulatub saaterakkudes plasma igas suunas pidevalt läbi ruumi, mida piirab rakukest. Floeemi elementide (sõeltorude, saaterakkude) rakuseinad on õrnad — nad koosnevad tselluloosist.

Nagu eespool nägime, kinnituvad paljud lehed varrele enam-vähem laia alusega, misläbi võimaldub muidugi ühenduse loomine lehe ja varre floeemi ja ksüleemi vahel. Teistel juhtudel on lehelaba ja varre vahel leheroots (lk. 12). Vaatleme lühidalt leherootsu ehitust. Nagu lehelaba, nii katab ka leherootsu epidermis. Kujutluse leherootsu epidermisest annab joonis 56. Võrreldes lehelaba epidermiserakkudega on leherootsu epidermiserakkude pikkuse ja laiuse suhe tublisti erinev; nimelt on rakud siin pikemad, kusjuures nende pikitelg käib rööbiti leherootsu pikiteljega. Ka leherootsu epidermises leidub õhulõhesid. Nagu näitavad ristilõigud, on leherootsus tugevaseinalised mehaanilised elemendid (sklerenhüümkiud) hästi välja kujunenud. Loomulikult ilmnevad siin väga märgatavad vahed üksikute taimeliikde vahel (vt. joon. 57 ja 58). Ka juhtkimbud (nimelt juhtkimbu puitunud osad) kuuluvad kahtlemata elementide hulka, mis suurendavad leherootsu kandevõimet.

6. peatükk.

Aurumine e. transpiratsioon. Hüdatoodid. Süsiniku assimilatsioon. Lehe pigmendid — klorofüllid a ja b, ksantofüllid ja karotiinid.

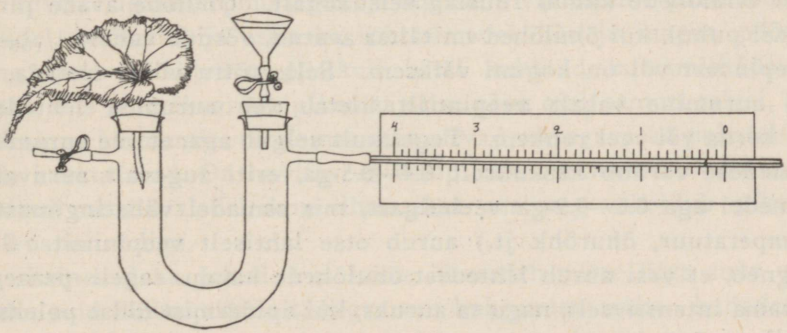
Eelnevas on selgitatud lehe ehituse põhijooni, lähtudes sellekohaseist makro- ning mikroskoopilisist vaatlusist. Edasi jääb vaadelda lehes toimuvat elutegevust.

Aurumine ehk transpiratsioon. Lehe mesofüllis on õhuvaheruumides olev õhk enam-vähem küllastunud veeauruga. See põhineb asjaolul, et iga rakk sisaldab rohkesti vett rakumahlas ning et nii plasma kui ka tselluloosist rakukest ei takista vee aurumist rakkudest. Kui väliskeskkonna õhk pole küllastatud veeauruga, toimub veeauru tungimine mesofülli vaheruumidest välja õhku, muidugi eeldusel, et välisõhk ja mesofüllis olev õhk pole teineteisest hermeetiliselt lahutatud. Viimane juht esineb kuivusresistentsetel taimedel, milledel on sageli kuude kaupa takistatud stomataarne aurumine, s. o. aurumine läbi õhulõhede, sest et need on suletud, kutikulaarne aurumine aga (aurumine otse läbi epidermise välisseinte) pole võimalik epidermise välisseinte ja kutiikula tüseduse tõttu.

Mida õhem on lehte kattev kutiikula, seda suuremaks muutub kutikulaarse transpiratsiooni osatähtsus. Igal juhul jääb aga kutikulaarne transpiratsioon veeauru hulga poolest kaugelt taha transpiratsioonist avatud õhulõhede kaudu.

Vee aurumist lehtedest võib mitmeti tõestada. Harilikult kasutatakse järgmisi meetodeid, mis osalt võimaldavad ka äraaurunud veehulga täpset mõõtmist.

(1) Potetomeetri abil. Potetomeeter koosneb veeanumast, milleks on sobiv kasutada U-toru, nagu see on antud joon. 59. Kogu



Joon. 59. Potetomeeter. Lähem seletus tekstis. Orig.

aparaat, samuti kapillaar on täidetud veega. Äraaurunud vett võib asendada uuega lehtri kaudu. Vee meniski liikumine kalibreeritud kapillaartorus võimaldab määrata transpiratsiooni suurust.

(2) Koobaltpaberi abil. See meetod ei võimalda kvantitatiivseid määramisi, küll aga võib tema abil kindlaks teha suhtelist transpiratsiooni suurust näit. teataval liigil eritingimusil või näit. samades tingimustes,aga eri liikidel. Kõnesolev meetod põhineb asjaolul, et kristallveeta koobaldiskloriid, $CoCl_2$, on sinine, kuna aga niiskuse käes temast tekkiv vettsisaldav ühend, $CoCl_26H_2O$, on punast värvi. Koobaldiskloriidi-lahusega impregneeritud paber kuivatatakse, kuni ta muutub siniseks. Selle paberi vahele asetataksegi leht ning paber kaetakse mõlemalt poolt klaasruutudega. Teatava aja möödudes muutub paber lehe kohal roosaks; eriti tugev on see reaktsioon sellel lehepinnal, mis omab õhulõhesid. Mõõtes täpselt aega, mis on tarvilik sama värvitooni saavutamiseks, on võimalik otsustada transpiratsiooni suhtelise suuruse üle.

(3) Kaalude abil. Tundlikke ja täpseid kaalusid kasutades on võimalik määrata vee auramise suurust otse taime kasvukohal. Selleks lõigatakse vastavalt taimelt leht või väike oks, nii et lõikepind oleks sulatatud parafiinis, ning kaalutakse see täpsusega kuni 0,001 g kohe peale parafiini tardumist. Pärast seda võetakse objekt (leht, oks) kaaludelt, hoitakse 2 minutit kohal, kus ta kasvas, ja kaalutakse uuesti. Kaalu vähenemine võimaldabki määrata vee aurumise suurust. Mõõtes objektil transpireeriva pinna suurust (näit. millimeeterpaberi abil) on võimalik arvutada aurumise suurust lehepinna ühikule (1 m^2) ajaühiku (1 tund) vältel.

Seesugused arvutamised on näidanud, et päeval aurub lehepinna ruutmeetrilt tunni jooksul 15 kuni 250 g ning öösi 1—20 g vett.

Enne kui peatuda öö-päevase vahe põhjusil, vaatleme vee aurumist õhulõhede kaudu füüsika seisukohalt. Õhulõhe avade pind, ka sel puhul, kui õhulõhed on täitsa avatud, võrdub vahest $^1/_{100}$-ga lehepinnast või on koguni väiksem. Selle tõttu võiks oletada, et vee aurumine vabalt veepinnalt ületab vee aurumist lehtedest 100 korda või veel rohkem. Tegelikult selgub aga, et vee aurumine taimedest võrdub keskmiselt 0.4—0.5-ga, eriti tugevalt auruvatel taimedel aga 0.8—0.9-ga veehulgast, mis samadel välistingimustel (temperatuur, õhurõhk jt.) aurub otse lahtiselt veepinnalt. Siit järgneb, et vesi aurub lehtedest õhulõhede kaudu sageli peaaegu niisama intensiivselt, nagu ta auruks, kui epidermist üldse polekski olemas. Sellele näivalt paradoksaalsele tulemusele annavad sele-

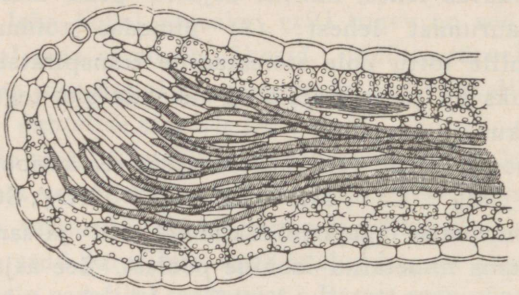
tuse Brown ja Escombe'i leid, et aurumine väikeste avauste kaudu on, võrreldes vee aurumisega suuremalt pinnalt, niivõrd tugev, et ta on ümmarguste pindade puhul proportsionaalne mitte auruvate pindade suurusega, vaid pindade läbimõõtudega. Seda nähtust seletatakse asjaoluga, et aurava pinna äärteosas on vee aurumine intensiivsem kui keskosade kohal, sest diffundeerivad osakesed avaldavad äärtel vähem takistavat mõju üksteisele kui aurusamba keskosas.

Jääb peatuda veel küsimusel, miks on vee aurumine lehtedest päeval sageli 10—15 korda suurem kui öösi. Peamisteks põhjusteks on siin (1) päeval toimuv valguse ja soojuse neelumine leherohelist sisaldavas lehes, milline asjaolu peab muidugi suurendama vee aurumist lehest; (2) pimedas toimuv õhulõhede sulgemine, mille tõttu pole stomataarne transpiratsioon öösi võimalik. Lõpuks on transpiratsiooni vähendavaks teguriks ka suur õine õhuniiskus.

Et maa seest võetud vesi sisaldab terve rea katioone ja anioone, nagu $K^{\cdot}$, $Na^{\cdot}$, $Mg^{\cdot\cdot}$, $Ca^{\cdot\cdot}$, $Mn^{\cdot\cdot}$, $Fe^{\cdot\cdot\cdot}$, Cl', NO_3', SO_4'', PO_4''' jt., siis peab vee aurumise tagajärjel rakumahl tohl- ja sammaskoe rakkudes rikastuma nimetatud ioonide poolest. See asjaolu on suure tähtsusega kogu taimele, sest eelkõige lehtedes toimuvadki need keerulised protsessid, millede tulemusena plasmas ja rakumahlas olevatest anorgaanilistest ainetest ning õhust võetud süsinikdioksüüdist tekib rida orgaanilisi ühendeid, nagu suhkrud, rasvad, valgud jne. Siit järgneb, et intensiivne vee aurumine lehtedest on üldiselt eelduseks taimede heale toitumisele. Siiski on aeg-ajalt taime nälgimine õhulõhede sulgemise tagajärjel teatavatel asukohtadel paratamatu. Näit. pikema põua ajal tähendaksid avatud õhulõhed paljudele taimedele kindlat surma. Sellest seisukohast on huvitav lehtede põuaaegne ja sügisene varisemine parasvöötme puudel, põõsastel ja osalt ka rohttaimedel. On ju raagus põõsad ning puud ja lehtedeta püsikud hästi kaitstud kuivamishädaohu vastu, mis neid ähvardab pikemaajalise põua ajal, samuti talvel, kui maapinna külmumise tõttu maa sees olevad veetagavarad pole taimedele kasutatavad. On huvitav, et troopilises vöötmes esinevad heitlehised metsad aladel, kus vihmarikas aastaaeg vaheldub pikema kuivusperioodiga.

Esinevad ka juhud, kus taime ähvardab mitte liiga suur veekadu, vaid ümberpöördult, liigse vee kuhjumine taime kudedesse. Seesugune võimalus esineb siis, kui juurte tegevus on enam-vähem

normaalne, transpiratsioon aga takistatud selle tõttu, et taime ümbritsev õhk on veeauruga küllastunud. Niisuguses olukorras asuvad paljudel taimedel tegevusse erilised organid, mis suudavad taimest vett eritada vedelas olekus — h ü d a t o o d i d. Hüdatoodi ehitus selgub joonisest 60. Paljude hüdatoodide iseloomulikuks osaks on üks või mitu v e e l õ h e t, mis samuti nagu õhulõhed on kahe sulgrakuga. Ainult pole hüdatoodide sulgrakud võimelised sulgema endi vahel olevat ava. Hüdatoodi pikilõigul selgub, et lehes hüdatoodi kohal olevat õhuruumi piirab õrnaseinaline taimekude, nn. epiteem, mis on tihedas ühenduses juhtkimbu trahheiididega (joonisel viirutatud). Epiteemi rakud on plasmarikkad, suhte-



Joon. 60. *Fuchsia* lehe pikilõik hüdatoodi kohal. P f e f f e r'i järgi.

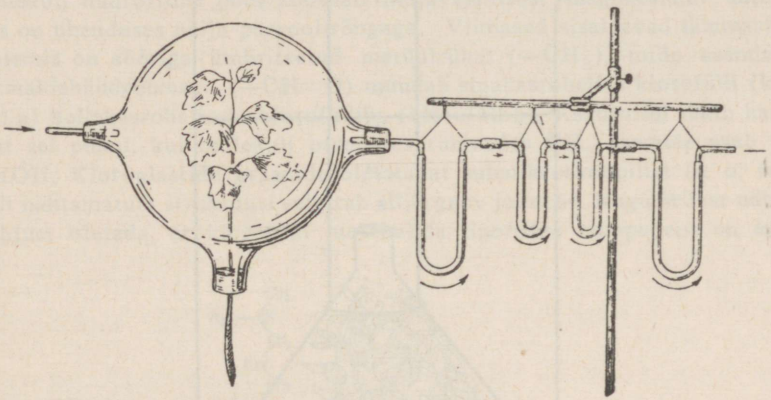
liselt suurte tuumadega ning väheste kloroplastidega (H a b e r l a n d t). Trahheiididest välja tungiv vesi täidab aegamööda epiteemi vaheruumid ning tungib lõpuks välja veelõhede kaudu, kogunedes veelõhede kohale veetilgana. Taimedest hüdatoodide tegevusel välja tungiv vesi sisaldab mõnel juhul kaltsiumkarbonaati, mis siis sadestub lehepinnale väikeste kristallidena (näit. kiviriku liikidel).

Eriti sagedad on hüdatoodid niiskete troopiliste alade taimedel, neid leidub aga ka paljudel parasvöötme liikidel.

S ü s i n i k u s a r n a s t a m i n e ehk s ü s i n i k u a s s i m i l a t s i o o n. — Taime kuivolluses (s. o. taimeosades, mis on kuivatatud 100° temperatuuril) leidub niidutaimedel keskmiselt ligi 5% tuhka. Ülejäänud osa koosneb järgmistest elementidest: C — 45%; O — 42%; H — 6,5%; N — 1.5%. Esimesel kohal seisev element — süsinik — on muidugi igas huumusaineid sisaldavas mullas olemas. Katse tingimusis on võimalik kultiveerida taimi seesuguses mullas

ka nii, et õhk, millega nende lehed kokku puutuvad, on vaba süsinikdioksüüdist. Selliste katsete tulemuseks on alati olnud varsti järgnev katsetaimede kängumine ja surm. Järelikult pole huumusained taimede süsinikuallikaks. Selleks on õhus olev süsinikdioksüüd, CO_2.

Et valgustatud rohelised taimeosad, näit. lehed, suudavad õhust absorbeerida CO_2, seda tõestasid Boussingault' katsed. Imedes õhku vastava seadeldise abil läbi aparaadi, mis on kujutatud joon. 61, võis Boussingault tõestada, et teatava õhuvoolu



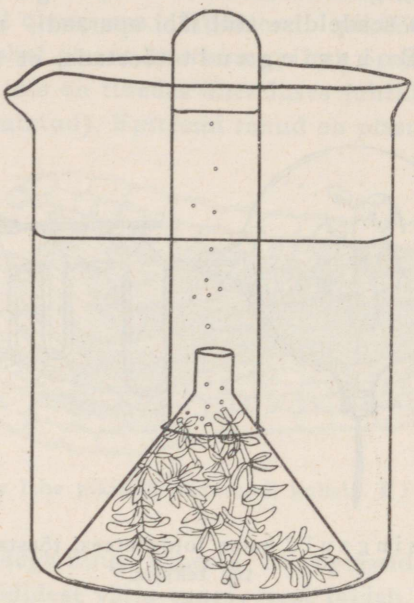
Joon. 61. Boussingault' katse fotosünteesi tõestamiseks. Lähem seletus tekstis.

kiiruse puhul suudab taim absorbeerida peaaegu kogu õhus oleva süsinikdioksüüdi. Nimelt püsis neil tingimusil vähemate U-torude (täidetud CO_2 absorbeeriva leelisega, näit. KOH) [1]) kaal peaaegu konstantsena, kuna ta suurenes vastavalt läbikäinud õhu hulgale sel juhul, kui kerajast anumast oli kõrvaldatud roheline taim või kui taime sisaldav aparaat paigutati pimedasse. — Kaua enne Boussingault' katseid oli tõestatud, et rohelised taimeosad suudavad „puhastada" õhku, mis näit. loomade hingamise tagajärjel sisaldas rohkelt süsinikdioksüüdi (Priestley, 1772). See „puhastamine" ei põhine vaid sellel, et rohelised taimeosad valguses absorbeerivad CO_2. Mitte vähem tähtis pole asjaolu, et nad seejuures eritavad hapnikku.

---

1) Suuremad U-torud on veeaurude absorbeerimiseks, sisaldavad konts. H_2SO_4 või P_2O_5.

Katsed, mis seda tõestavad, on võrdlemisi lihtsad. Aparaadi osad selguvad joon. 62. Sobivaks taimeks on näit. vesikatk *(Helodea canadensis)*. Soodsa valgustuse puhul eralduvad taimelehtedelt ja vartelt gaasimullid, mis tõusevad katseklaasi ning tõrjuvad sellest aegamööda vee. Kogunev gaas on hapnik nagu seda võib tõestada näit. hõõguva peeru abil.



Joon. 62. Hapniku eritumine assimileerivast taimest. Lähem seletus tekstis.

Keemilisi protsesse, mis siinjuures toimuvad lehe sammas- ja tohlkoe kloroplastides, võib kokku võtta järgmiseks valemiks:

$$6CO_2 + 6H_2O + 674.000 \text{ cal.} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

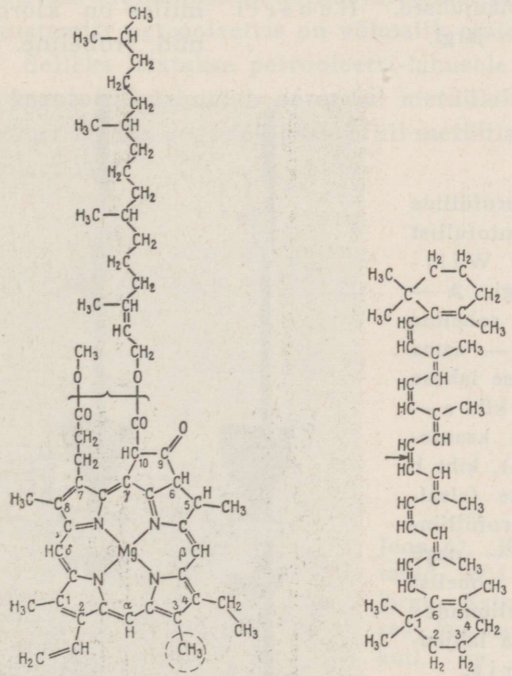
süsinikdioksüüd vesi glükoos hapnik

On selgunud, et see fundamentaalse tähtsusega keemiline protsess, milles lihtsatest anorgaanilistest ühenditest (CO_2, H_2O) tekib orgaaniline ühend (glükoos), mis on lähtematerjaliks mitmesuguste veel palju keerulisemate orgaaniliste ainete sünteesimisel, toimub teatavatel eeldustel. Nendeks eeldusteks on: (1) kloroplastide leidumine vastavas taimeorganis; (2) valgus; (3) sobiv temperatuur; (4) küllaldane vee ning toitesoolade juurdevool ja (5) normaalselt funktsioneeriv ainete äravool.

L e h e r o h e l i n e. — Kloroplastides võib eritleda, nagu nägime eespool, plasmaatilist värvitut stroomat ning selles olevaid rohelisi plaadikesi — graane. Graanid sisaldavad lipoide, valkusid ja teatavaid pigmente (klorofüllid a ja b, ksantofüll ja karotiin), millede keemiline koosseis on järgmine:

klorofüll a: $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$,
klorofüll b: $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$,
karotiin: $C_{40}H_{56}$,
ksantofüll: $C_{40}H_{54}(OH)_2$

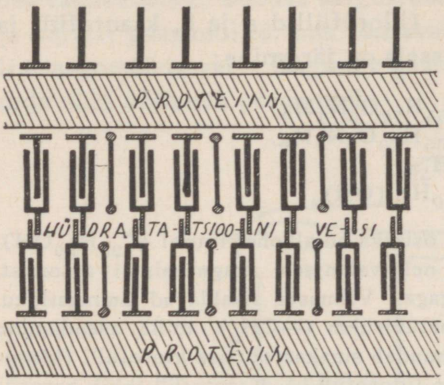
Klorofülli molekuli lipofiilseks osiseks on alkohol fütool ($C_{20}H_{39}OH$). Molekuli hüdrofiilne pool koosneb neljavalentsest magneesiumi aatomist, mis on ühenduses nelja pürroolirõngaga. Viimased sisaldavad lämmastikku. Valemis on sõõriga ümbritsetud metüülrühm (—CH_3), mille asendamine formaldehüüdrühmaga (—CH=O) muudab sinakasrohelise klorofülli (klorofüll a) kollakasroheliseks klorofülliks (klorofüll b). Ksantofüll tekib karotiinist sel puhul, kui molekuli otsmistes rühmades CH_2 asemele asub rühm CHOH. Kloroplastide graanide oletatavat submikroskoopilist (s. o. tegelikult nähtamatut) struktuuri selgitab alljärgnev joon. 64. Nagu sellest näha, on põhjust oletada, et klorofülli molekulide lipofiilne komponent on kaetud



Joon. 63. Klorofüll *a* (vasemal) ja karotiin β (paremal).

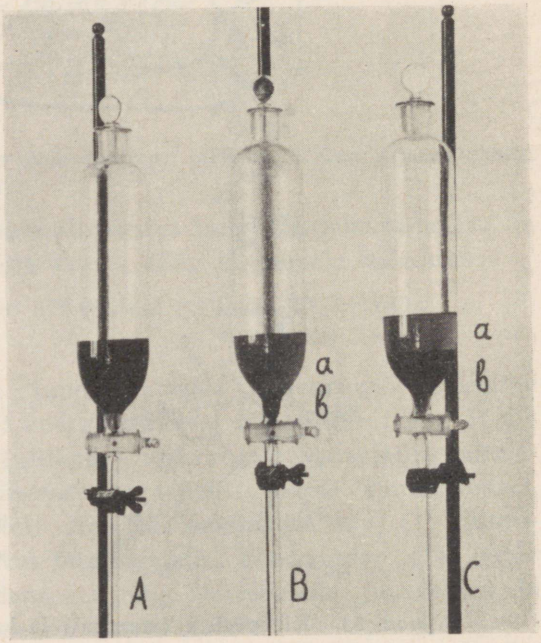
TRÜ Raamatukogu

lipoidi letsitiini kaheharuliste molekulidega, sest klorofülli molekuli hüdrofiilne osis (vt. lk. 51) on pöördud valkude molekulidest koosnevate vahekihtide poole. Siit selgub assimileeriva graani ülikeeruline struktuur.

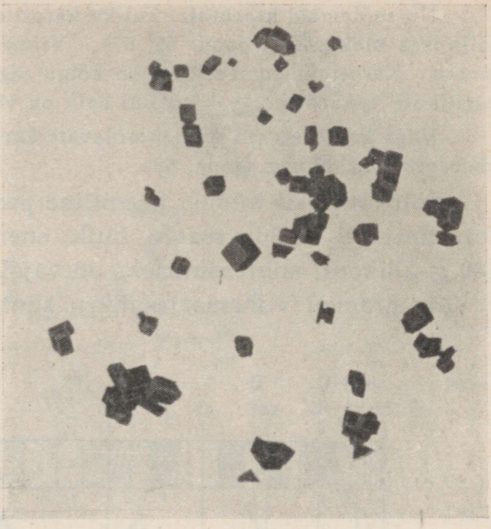


Joon. 64. Skeem kloroplasti sisemisest ehitusest. Hüdrofiilsed rühmad on viirutatud, lipofiilsed mustad. Klorofülli molekulid on skeemil T-kujulised, letsitiini molekulid kahveljad, ksantofülli molekulid kepikujulised. Hubert'i järgi.

Kloroplastides leiduvaid pigmente võib ekstraheerida lehtedest näit. atsetooni, eetri või alkoholi abil. Lehepigmentide eetrilahuse tugeval loksutamisel kontsentreeritud metüülalkoholse kaalileelise (KOH) lahusega tekivad klorofüllidest klorofülliinkaaliumid a ja b. Need on rohelist värvi nagu klorofüllidki ja lahustuvad hõlpsasti metüülalkoholis, alkoholis kui ka vees. Peale vee juurdelisamist on alumine, raskem kiht, milles on klorofülliinkaaliumid, roheline. Eetrisse jää-



Joon. 65. Klorofüllide eraldamine ksantofüllist ja karotiinist Willstätter'i järgi. A — lehepigmentide roheline eetrilahus. B — sama peale kaalileelise lahuse juurdelisamist; kiht a — kollane (selles ksantofüll + karotiin), kiht b — tumeroheline (sisaldab a ja b klorofülliinkaaliumi). C — nagu eelmine, kuid rohelist klorofülliinkaaliumide lahust on veega lahjendatud. Orig.



Joon. 66. Karotiini kristallid Willstätter'i järgi. Nad on punast värvi.

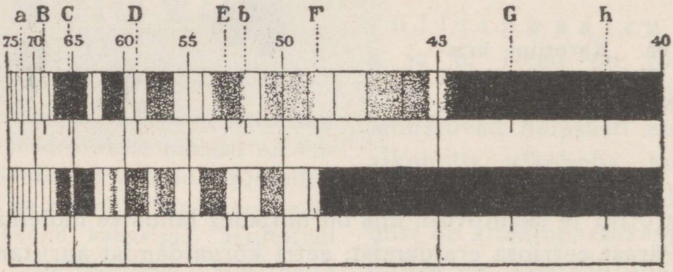
vad karotiin ja ksantofüll, mis on lahjades lahustes mõlemad kollased. Pärast eetriosa eraldamist, eetri kõrvaldamist aurutamise teel ning jäägi lahustamist petrooleetris on võimalik eraldada karotiini ksantofüllist. Selleks lisatakse petrooleetri-lahusele 90% metüülalkoholi. Et ksantofüll lahustub paremini metüülalkoholis, karotiin aga petrooleetris, siis koguneb ksantofüll metüülalkoholi, karotiin aga petrooleetrisse.

Joon. 67. Ksantofülli kristallid Willstätter'i järgi. Kristallid on kollased; kus nad asetuvad ülekuti, on värvus ruuge (oranž).

Nii mõlemaid klorofülle kui ka karotiini ja ksantofülli on saadud kristalliinses olekus (vt. joon. 66, 67). Viimastest esineb taimedes rida isomeere. Karotiini isomeeridest on kõige sagedam β-karotiin, sellega seltsib harilikult α-karotiin. γ-karotiini hulk on vähene.

Väga karakteersed on kõnesolevate karotinoidide, eriti aga klorofüllide absorptsioonspektrid (joon. 68).

Fotosünteesil toimuv keemiline protsess on endotermiline, s. o. fotosünteesil neelub teatav hulk energiat. On selgunud, et iga 180 g glükoosi sünteesimiseks on vajalik 674.000 cal. Siit järgneb, et ühe grammi viinamarjasuhkru sünteesimiseks on vaja peaaegu



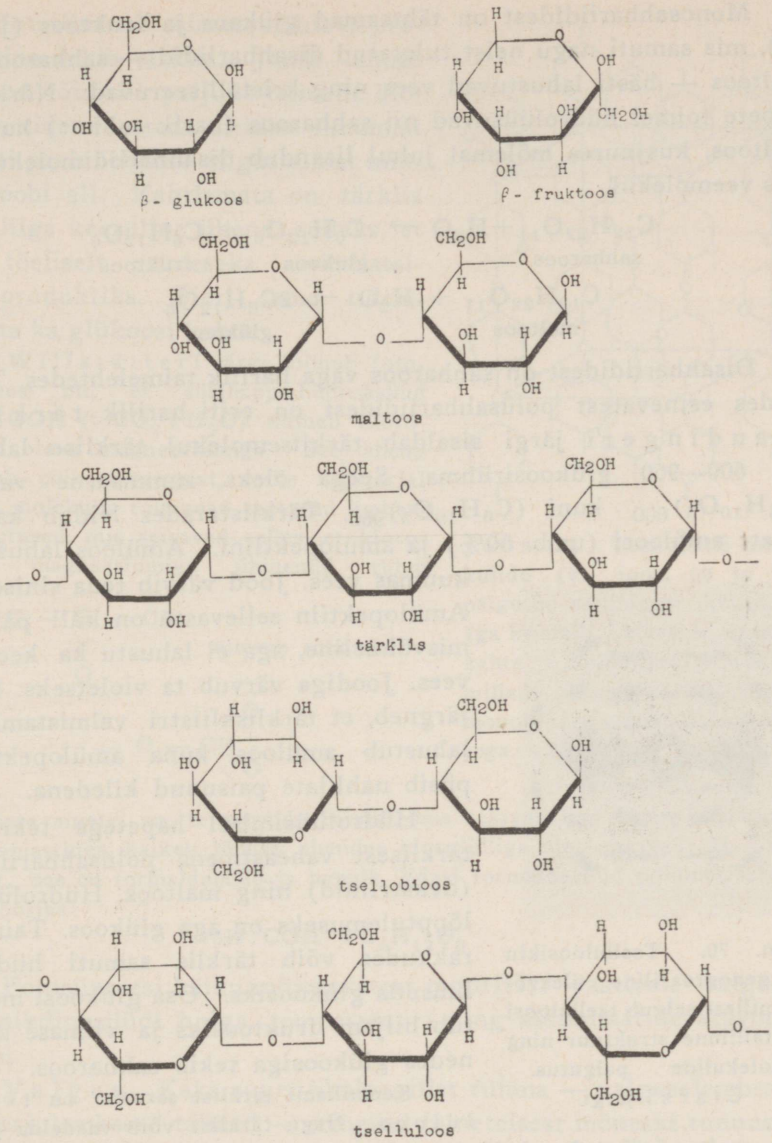
Joon. 68. Klorofüllide absorptsioonspektrid. 1 — a-klorofüllil, 2 — b-klorofüllil. Willstätter'i järgi.

täpselt niisama palju energiat kui 37,5 g vee soojendamiseks 0° kuni keemistemperatuurini. Et kõnesoleva energia allikaks on päike, on väljaspool kahtlust. Seda tõendab asjaolu, et fotosüntees toimub kloroplastides vaid valguse käes. Fotosünteesi esimeseks nähtavaks tulemuseks on paljudel taimedel tärklis. On siiski põhjust arvata, et tõeliselt ka nendel taimedel esimeseks assimilatsioonil tekkivaks süsivesikuks on glükoos.

7. peatükk.

Süsiniku assimilatsioon (järg). Süsivesikud (glükoos, fruktoos, maltoos, sahharoos, tärklis, tselluloos). Assimilatsiooniprotsessi olenevus välisfaktoritest. Fototropism. Hingamine.

Süsivesikud. Süsivesikud on ühendid, mille süsinik on ühenduses vesiniku ja hapnikuga, kusjuures suhe hapniku ja vesiniku hulga vahel on sama, mis vees. Nende valemid on kas $C_6H_{12}O_6$, $C_{12}H_{22}O_{11}$ või $(C_6H_{10}O_5)^n$, vastavalt sellele, kas nad



Joon. 69. Süsivesikute valemeid H a w o r t h'i järgi.

on mono-, di- või polüsahhariidid. Võrdlemisi hiljuti selgus, et süsivesikud kuuluvad tsükliliste ühendite hulka, kusjuures nende rõngastes leidub peale viie süsinikuaatomi [1]) üks hapnikuaatom.

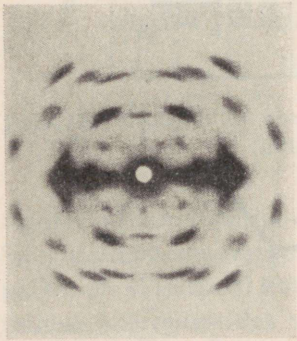
1) Joon. 69 antud valemites on need ära jäetud.

Monosahhariididest on tähtsamad glükoos ja fruktoos (joon. 69), mis samuti nagu neist tuletatud disahhariidid — sahharoos ja maltoos — hästi lahustuvad vees ning kristalliseeruvad. Nõrkade hapete toimel hüdrolüüsuvad nii sahharoos (haril. suhkur) kui ka maltoos, kusjuures mõlemal juhul lisandub disahhariidimolekulile üks veemolekul.

$$\underset{\text{sahharoos}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \rightarrow \underset{\text{glükoos}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{fruktoos}}{C_6H_{12}O_6}$$

$$\underset{\text{maltoos}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \rightarrow \underset{\text{glükoos}}{2C_6H_{12}O_6}$$

Disahhariididest on sahharoos väga harilik taimelehtedes. Taimedes esinevatest polüsahhariididest on eriti harilik t ä r k l i s. S t a u d i n g e r'i järgi sisaldab tärklisemolekul tärklise lahustes 600—960 glükoosirühma. Seega oleks summaarne valem $(C_6H_{10}O_5)_{600}$ kuni $(C_6H_{10}O_5)_{960}$. Tärklisterades leidub kahte ainet: amüloosi (umb. 60%) ja amülopektiini. Amüloos lahustub kuumas vees. Jood värvib teda siniseks. Amülopektiin sellevastu on küll paisumisvõimeline, aga ei lahustu ka keevas vees. Joodiga värvub ta violetseks. Siit järgneb, et tärkliskliistri valmistamisel lahustub amüloos, kuna amülopektiin püsib nahkjate paisunud kiledena.



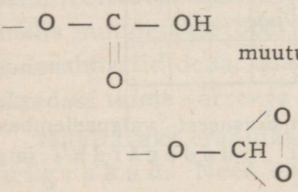
Joon. 70. Tselluloosikiu röntgenograafiline ülesvõte, millest selgub tselluloosi kristalliinne struktuur ning molekulide paigutus. C l a r k'i järgi.

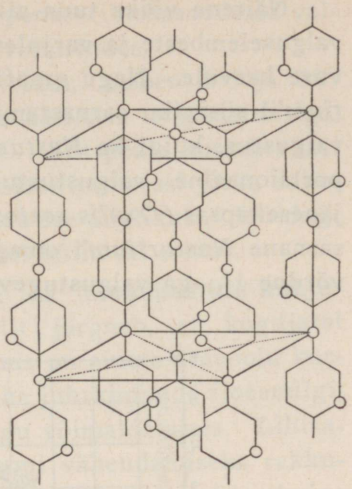
Hüdrolüüsimisel hapetega tekivad tärklisest vaheastmena polüsahhariidid (dekstriinid) ning maltoos. Hüdrolüüsi lõpptulemuseks on aga glükoos. Taimerakkudes võib tärklis samuti hüdrolüüsuda glükoosiks. Osa glükoosi muutub hiljem fruktoosiks ja viimase ühinedes glükoosiga tekib sahharoos.

Keemiliselt tärklise sarnane on t s e l l u l o o s. Nagu tärklist võib vaadelda paljude maltoosirühmade ahelikuna, nii on tselluloosi harukordselt pikad molekulid ehitatud tsellobioosi rühmadest. Ühes molekulis (molekuli pikkus ulatub kuni 1 μ) on umbes 60—100 tsellobioosirühma. Umbes 200—250 kõrvutiasetsevat niitjat molekuli (nende asetus on näha joon. 71) moodustavad ühe submikroskoopilise üksikkiu — mitselli. Mitsellid liituvad üksteisega umbes nagu telliskivid müüris. Mitsellide dimensioonidest annab kujutluse asjaolu, et ühe ainsa taimekiu ristilõigul võib neid leiduda mitusada miljonit.

Fotosünteesi esimese nähtava produktina tekib tärklis. Joodi lahuse abil on võimalik paljude taimede kloroplastides tõestada tärklise ilmumist varsti peale leheosa valgustamist mikroskoobi all. Kahtlemata on tärklis aga liiga keeruline ühend selleks, et olla tõeliselt esimeseks assimilatsiooniproduktiks. Õieti sama tuleks arvata ka glükoosi kohta.

Willstätter'i järgi toimub fotosüntees nii, et süsihappe-hüdroksüüd HOCOOH ($=CO_2+H_2O$) ühineb klorofüllis oleva magneesiumiga. See ühend neelab päikese-energiat, mille tagajärjel tema molekulis toimuvad teatavad ümberpaigutused, mis seisavad selles, et klorofülli magneesiumiga ühinenud rühm





Joon. 71. Tselluloosi molekulide (vt. joon. 69 ja 70) paigutus tselluloosi kristallis. Iga kristalli ühikrakk sisaldab kahte tsellobioosi rühma, millede pikitelg asetub rööbiti monokliinse kristalli pikiteljega. Meyer ja Mark'i järgi.

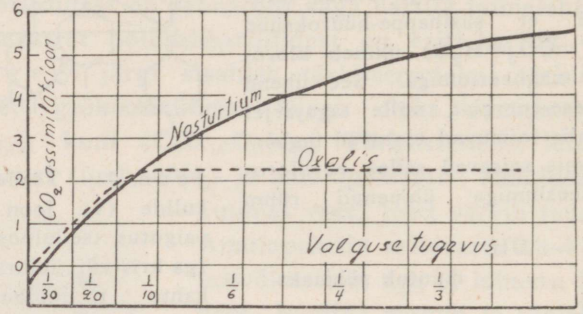
Eriliste ainete, nn. fermentide toimel, mis tekivad kas protoplasmas või kloroplastides, katkeb lõpuks ühendus klorofülliga ning tekivad: H.COH ja O_2, see on formaldehüüd ja hapnik. Edasi formaldehüüd polümeriseerub glükoosiks:

$$6H.COH \rightarrow C_6H_{12}O_6$$

Fotosünteesi käiku mõjutavatest teguritest vaatleme valguse, süsinikdioksüüdi hulga, temperatuuri ning assimilaatide äravoolu mõju.

Valgus. Kaks suurt ökoloogilist rühma — valguselembesed ja varjulembesed taimed — erinevad teineteisest mõneski tunnuses. Esimestel on lehed suhteliselt paksud, sageli mitmekihise sammaskoega ja rohkete õhulõhedega epidermises. Neis on klorofülli vähem kui varjutaimedel. Ka on valgustaimedel kloroplastid väikesemad kui varjutaimedel. Valguse intensiivsuse tõus, samuti valguse tugevuse kahanemine mõjutavad küll alati fotosünteesi käiku. Seejuures on mõju ökoloogiliselt erinevatele liikidele sageli põhiliselt erinev.

Näitena võiks tuua alljärgneva graafiku, millest selgub vahe valguselembeste ja varjulembeste taimede reaktsioonis valgustugevuse kasvule. Nagu graafikust näha, on valguselembesel *Nasturtium*'il süsiniku sarnastamine seda intensiivsem, mida tugevam on valgustus, kuigi ka *Nasturtium*'il pole assimilatsioon otseselt proportsionaalne valgustustugevuse kasvule. Varjutaimel, nagu jänesekapsas *(Oxalis acetosella)*, on kõvera käik esimeses osas väga sarnane *Nasturtium*'i omaga, siis aga, alates valgustusest, mis on võrdne $^1/_{10}$-ga valgustugevusest lagedal, muutub kõver abstsissiga



Joon. 72. Fotosünteesi olenevus valguse intensiivsusest valguselembesel *(Nasturium)* ja varjulembesel *(Oxalis)* taimel. Lundegårdh'i järgi.

enam-vähem paralleelseks, mis näitab, et siit peale on edaspidine valguse intensiivsuse suurenemine mõjuta. Veel rohkem: tugev valguse intensiivsuse kasv kutsub lõpuks esile tagasimineku assimilatsiooni intensiivsuses.

Süsinikdioksüüdi hulk õhus on võrreldes lämmastiku- ja hapnikuhulgaga üsna vähene — 0,03%. See vähene süsinikdioksüüdi sisaldus õhus on üheks põhjuseks, miks assimilatsiooni kasv ei pea täielikult sammu valguse intensiivsuse kasvuga, sest sageli on juba keskmise valgustusega saavutatud maksimaalne tulemus, mis on võimalik õhusoleva süsinikdioksüüdi puhul. Seda tõendab asjaolu, et CO_2 juurdelisamine õhule tõstab väga tundu-valt assimilaatide hulka, kuid ka siin on kõvera iseloom sarnane *Oxalis*'e kõveraga joon. 72, s. o. alates teatavast kontsentratsioonist ei mõjuta CO_2 sisalduse suurenemine enam positiivselt assimilatsiooniprotsessi. CO_2 hulk õhus on kohati (näit. metsades) ka suurem — kuni 0,08% —, mis oleneb sellest, et huumuserikkas mullas on hulk organisme, millede elutegevuse tagajärjel rikastub õhk süsinik-

dioksüüdi poolest. —See tegur osalt kompenseerib ebasoodsaid valgustustingimusi, mis valitsevad metsade rohurindes.

Temperatuur. — Teatavates piirides, umbes 0° ja 35° vahel, kasvab assimilatsiooni intensiivsus käsikäes temperatuuriga, kusjuures tõus on tugev kuni 30°—35° C. Siit peale kutsub edaspidine temperatuuri tõus esile assimilatsiooniprotsessi järsu vähenemise ja 45°—50° C temperatuuril lakkab see täielikult. Muidugi on ka temperatuuri mõju üksikutel liikidel küllaltki erinev.

Pidurdavalt mõjutab assimilatsiooni ka assimilaatide kuhjumine sammas- ja tohlkoe rakkudesse. Siit järgneb, et kogujatel rakkudel ja teistel mesofülli rakkudel, mis on ainete äravoolu korraldamise teenistuses, on, samuti nagu lehe juhtkimpude floeemilgi, suur tähtsus fotosünteesi normaalse käigu võimaldamises. Lihtsamaks teeks assimilaatide kontsentratsiooni vähendamiseks rakkudes on vees lahustuvate suhkrute (nagu glükoos jt.) üleviimine lahustamata olekusse. Sellest seisukohast on mõistetav tärklise teke assimileerivates lehtedes. Päeva jooksul lehtedesse kogunenud tärklis muudetakse öösi ensüüm diastaasi abil glükoosiks [1]). Osalt monosahhariididena, osalt aga ka disahhariididena rändab suhkur lehtedest taime varre- ja juureosadesse.

Huvitavaks erandiks teiste leherakkude seas on õhulõhede sulgrakud. Need on päeval (s. o. avatud olekus) suhkrurikkad ühtlasi tärklisevabad. Öösi sellevastu (s. o. suletud olekus) on sulgrakkudes palju tärklist, ühtlasi on neist kadunud suhkur. Suhkrukontsentratsiooni tõusuga käsikäes käib suurenev vee juurdevool sulgrakkudesse, mis omakord põhjustab protoplasti suurenevat survet sulgraku seintele ning lõpptulemusena kutsub esile õhulõhe avanemise. Et tärklise muutmist suhkruks põhjustab diastaas, siis tegelikult reguleerib õhulõhede avanemist ja sulgemist eespool-nimetatud ensüüm.

Süsivesikud pole ainsaiks aineiks, mida taim sünteesib valguse käes olevas assimileerivas lehes. Protoplasma- ja tuuma-osisena olulised valgud tekivad samuti lehe mesofülli rakkudes. Tundlikkude reaktiivide abil (näit. difenüülamiin + väävelhape) on kerge tõestada, et leheroodude trahheesid ja trahheiide täitev vedelik sisaldab mullalahustest hangitud nitraate. Nitraadid ja

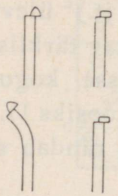
---

1) Ensüümid on erilised organismides tekkivad ollused, mis üksikasjades alles selgitamatul viisil esile kutsuvad orgaaniliste ainete lagunemist lihtsama koosseisuga ühenditeks.

süsivesikud ongi lähtematerjaliks valkude sünteesimisel, mille üksikasjad on alles selgitamisel. Igatahes on kindel, et fotosünteesil käsikäes süsivesikute tekkega käib ka valkude teke, kusjuures sageli kuni 25% assimileeritud süsiniku koguhulgast esineb valkudena.

Tuleb esile tõsta, et valkude sünteesimine võib toimuda ka pimedas, kuid ainult eeldusel, et taimerakud sisaldavad küllaldasel määral nitraate ja süsivesikuid. Siit järgneb, et valguse positiivne mõju valkude sünteesimisel on kaudne.

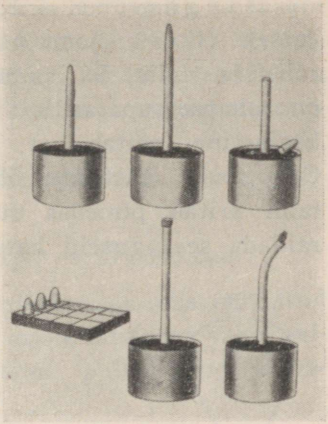
Kui jälgida roheliste taimeosade — varte ja lehtede — ruumilist asetust, selgub kõnesoleva asetuse olenevus taimele langeva valguse intensiivsusest ja ka valguse suunast. Tugev valgustus põhjustab paljudel liikidel püsti üles või nurgi kasvavaid lehti, kuna samad taimed varjus (näit. metsas) omavad enam-vähem vesiloodis laiuvaid lehti. Eespool-esitatud andmed assimilatsiooni olenevuse kohta valguse intensiivsusest aitavad selgitada seesuguseid nähtusi. Ka võib paljudel puudel (näit. pärnal) ja ka teistel taimedel (näit. luuderohul) näha kompaktset lehtede paigutust, mis on niisugune, et ükski leht ei varja teisi, naabruses olevaid lehti. Nii võimaldub igale lehele tõhus fotosüntees.



Joon. 73. Paál'i katse kaera koleoptiiliga. Pärast koleoptiili opereerimist on tipp haavale uuesti tagasi asetatud (vasemal); koleoptiili tipu asemel on haavale paigutatud umbes niisama suur koleoptiili keskosast välja lõigatud tükk (paremal). Üleval katse algus, all katse tulemus. Went'i järgi.

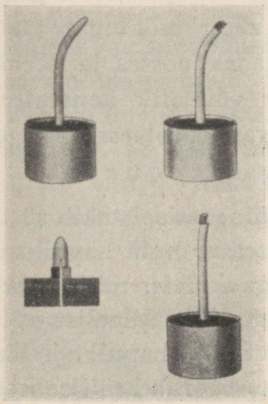
Ühekülgse valgustuse puhul kasvavad valgustundlikud taimed nii, et vars kasvab valguse suunas (positiivne fototropism), kuna juured kasvavad vastupidises suunas (negatiivne fototropism).

Fototropisminähtuste sügavamat analüüsi võimaldasid eriti katsed, mida toimetati kaera *(Avena)* noori, mõne cm pikkusi kasvusid katvate lehetupekeste — koleoptiilidega e. singastega. Viimased on kaitseks noortele lehtedele, mis lõpuks koleoptiili tipul lõhki ajavad ning sellest välja kasvavad. Pimedas kasvatatud koleoptiile ühekülgselt valgustades selgus, et on küllalt lühiajalisest valgustusest, et koleoptiil pimedas edasi kasvades varsti kõverduks valguse suunas. Kui koleoptiilil maha lõigata tipuosa, ei kasva ta



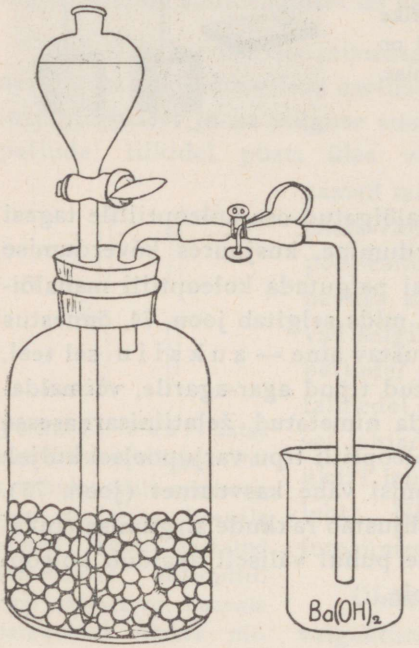
Joon. 74. Ülemises reas kaera idandid. Paremal asetuval katsetaimel lõigati tipp maha siis, kui taim oli nii suur, nagu vasemal kujutatud indiviid. Katse lõpul oli tervete taimede pikkus niisugune, nagu antud keskmisel joonisel. Dekapiteeritud koleoptiil polnud kasvanud. All vasemal kasvuaine kogunemine agar-agarisse. All keskel on kasvuainet sisaldav agar-agaritükike põhjustanud koleoptiili kasvu, paremal on ta esile kutsunud koleoptiili kõverdumise. W e n t'i järgi.

enam. Kui aga habemenoaga mahalõigatud osa koleoptiilile tagasi asetada, toimub kasv ning ka kõverdumine, kusjuures kõverdumise suund oleneb sellest, kuidas tagasi paigutada koleoptiili mahalõigatud osa (vrd. joon. 73). Katses, mida selgitab joon. 74, õnnestus W e n t'il saada kasvunähtusi põhjustav aine — a u k s i i n sel teel, et asetati koleoptiilide mahalõigatud tipud agar-agarile, võimaldades seega auksiinile diffundeeruda nimetatud želatiinisarnasesse ainesse. Auksiini tekib rohkesti koleoptiili tipu varjupoolsel küljel. Valgustatud külg sisaldab võrdlemisi vähe kasvuainet (joon. 75). Koleoptiilis alla valguv auksiin põhjustab rakkude sirgumise (pikenemise), mis ühekülgse valgustuse puhul väliselt avaldub koleoptiili kõverdumises valgusallika poole.



Joon. 75. Fototropism. Valgus langeb paremalt. Ülal vasemal joonistatud idand on positiivse fototropismi tõttu kõverdunud valgusallika suunas. All on ühekülgselt valgustatud koleoptiili tipp asetatud agar-agarile nii, et on võimalik eraldi koguda kasvuainet valguse- ja varjupoolselt küljelt. Nii saadud agar-agari tükikesed on asetatud sirgetele dekapiteeritud koleoptiilidele. Kasvuaine hulgale vastab reaktsiooni tugevus. Lähemalt tekstis. W e n t'i järgi.

H i n g a m i n e. — Kui eespool-kirjeldatud B o u s s i n g a u l t' katset (lk. 49, joon. 61) korraldada pimedas, siis selgub, et roheline taim ka pimedas avaldab mõju CO_2 hulgale, mis on olemas aparaadis. Leelisega täidetud vähemate U-torude kaalumine näitab, et neelunud CO_2 hulk on suurem kui CO_2 hulk vastavas õhumahus, millest järgneb, et roheline taim eritab pimedas süsinikdioksüüdi. Veel hõlpsam on korraldada seesuguseid katseid etioolitud lehtedega, s. o. niisugustega, mis on kasvatatud pimedas ning mis selle tõttu ei sisalda klorofülli, samuti kirjulehiste taimede kollaste klorofüllivabade lehtedega ja ka seemnetes olevate idulehtedega (näit. hernel). Kollase herne seemned, mis oluliselt koosnevad suurtest klorofüllivabadest idulehtedest, on väga sobivad hingamise tõestamise katseteks.



Joon. 76. Aparaat hingamise tõestamiseks. Pudelis on idanevad herneseemned. Aparaadist vee abil välja tõrjutud õhk sisaldab süsinikdioksüüdi, mille tagajärjel tekib valge $BaCO_3$ sade barüütvees.

Hingamine on keeruliste orgaaniliste ühendite oksüdeerimine kuni vee ja süsinikdioksüüdini. See protsess toimub lakkamatult kõigis elusates rakkudes nii valguse käes kui ka pimedas. Ainult seal, kus elusate rakkude elutegevus on väga alla surutud või ajutiselt koguni katkenud, nagu mõningate taimede kuivades eostes ja seemnetes, pole võimalik konstateerida hingamisprotsessi, nagu seda tõestas B e c q u e r e l.

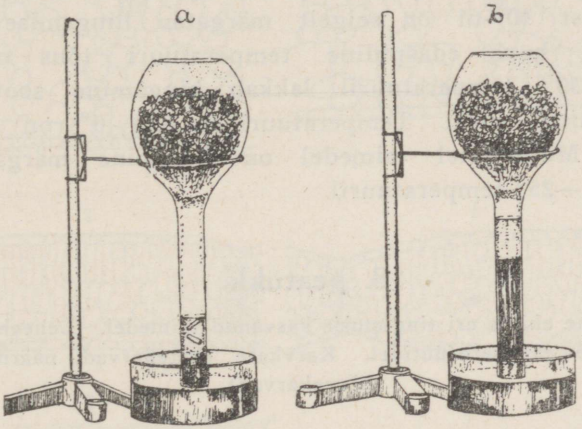
On kerge veenduda selles (joon. 76), et hingamisel tekib süsinikdioksüüd ning et ühtlasi ära tarvitatakse teatav hulk hapnikku. Lihtne katse (joon. 77) idanevate seemnetega kolvis, mille elavhõbedasse ulatuvas kaelaosas on mõni cm^3 kanget kaalileelist, võimaldab ka kvantitatiivseid määramisi. Äratarvitatud hapniku hulka saab mõõta, sest et selle kulul tekkiv CO_2 absorbeerub kaalileelises

ning elavhõbedasammas tõuseb kõrguseni, mis on vajalik tasakaalu loomiseks vähenenud siserõhu ja atmosfäärilise rõhu vahel. Rakendades Gay-Lussac'i ning Boyle-Mariotte'i seadusi on võimalik välja arvutada, kui palju hapnikku on seemned teatava ajavahemiku jooksul ära tarvitanud.

Üldine valem, mis väljendab hingamise puhul toimuvate protsesside käiku, on järgmine:

$$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O + 674.000\ \text{cal.}$$

Võrreldes seda valemit assimilatsioonivalemiga, mis on antud lk. 50, selgub, et vahe hingamise ja CO_2 assimilatsiooni vahel seisab selles, et ained, mis assimilatsiooni puhul olid lähte-



Joon. 77. Aparaat hingamise tõestamiseks. a — katse algul, b — hiljemini. Lähem seletus tekstis. Bower'i järgi.

aineiks, on hingamisel lõpp-produktideks, ja vastupidi. Selle tõttu, vastandiks assimilatsioonile, on hingamine eksotermiline reaktsioon. Ühe grammi glükoosi muutumisel veeks ja süsinikdioksüüdiks vabaneb soojuse hulk, mis on küllaldane selleks, et soojendada 37.5 g vett 0°-st keemistäpini (vrd. lk. 54). Energia hankimises orgaaniliste ainete oksüdeerimise teel seisabki hingamise tõeline tähtsus. Elutegevus on seotud väga mitmesuguste ainete sünteesimisega, nende ainete transportimisega ühest kohast teise, kasvuga ja paljude teiste protsessidega, mis kõik nõuavad teatavat energiakulu. Selle tõttu on kõigiti arusaadav hingamise universaalsus kogu elusas looduses.

Nagu järgneb eespool-toodud valemist, on sel puhul, kui hingamisel oksüdeeritakse glükoos, suhe tekkinud CO_2 mahu ja äratarvitatud O_2 mahu vahel võrdne 1-ga. Seda jagatist CO_2 maht : O_2 maht nimetatakse hingamisarvuks. Juhul, kui oksüdeeritakse hingamisel hapnikuvaesemaid ühendeid, kui seda on suhkrud (näit. steariinhape), on hingamisarv 1-st väiksem.

$$C_{18}H_{36}O_2 + 26O_2 \rightarrow 18CO_2 + 18H_2O$$

Siin on jagatis $CO_2 : O_2 = 18 : 26 = 0.69$.

Vastupidine juht esineb siis, kui oksüdeeritav aine on hapnikurikkam kui glükoos. Näit. oblikhappe puhul on reaktsioon järgmine:

$$2C_2O_4H_2 + O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O$$

Jagatis $CO_2 : O_2 = 4:1 = 4$.

Hingamine plasma elutegevuse avaldusena oleneb, nagu assimilatsioongi, ka välisteguritest, näit. temperatuurist. Temperatuuri tõusul 0°-st 40°-ni on selgelt märgatav hingamise intensiivsuse kasv, kuna edaspidine temperatuuri tõus on ilmselt kahjulik. 50° temperatuuril lakkab hingamine sootuks ning järgneb taime surm. Temperatuuridel alla 0° on hingamine võimalik. Mõningatel taimedel on hingamine märgatav isegi —20° kuni —25° temperatuuril.

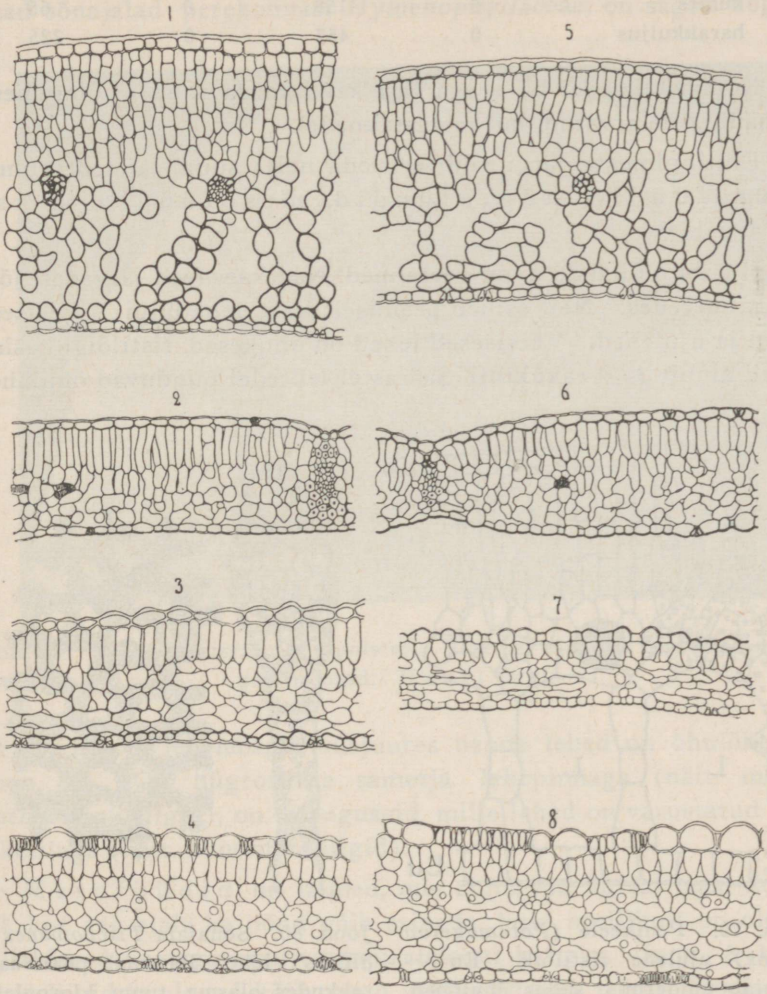
8. peatükk.

Lehe sisemine ehitus eri tingimusis kasvanud taimedel. Leheehitus hüdro-, hügro-, meso- ja kserofüütidel. Karvkate (katekarvad, näärmekarvad ja kõrvekarvad).

Oleme igakülgselt tutvunud lehe ehitusega ning lehes toimuvate eluprotsessidega, nagu transpiratsioon, assimilatsioon, hingamine, ainete transport. Need keerulised protsessid võimaldavadki lehe üksikrakkude paljunemist, kasvu ning ka funktsioneerimist täiskasvanud olekus. Et elutingimused maakeral on väga mitmekesised, taimi aga leidub enam-vähem kõikjal, võib oletada taimelehtede ehituses kaugeleulatuvaid erinevusi eri liikidel.

On taimeliike, mille eluruum on väga piiratud seetõttu, et nad võivad elutseda vaid teatavais tingimusis, näit. teiste liikide (puude ja põõsaste) varjus. Seesuguste liikide leheehituses leidub vähe varieeruvust. Vastandiks neile on liigid, mis suudavad eksisteerida nii varjus kui ka lagedal. Joon. 78 on näitena antud pohla *(Vaccinium vitis idaea)*, mustika *(Vaccinium myrtillus)*, kukitsa *(Cornus suecica)* ja harakkuljuse (*Linnaea borealis*'e) lehtede ristilõigud, kusjuures pahemal on joonistatud nõmmel kasvanud taimede lehed,

paremal aga metsas kasvanute omad. Ilmneb rida karakteerseid iseärasusi. Lehelaba paksus, samuti epidermise välisseinte tüsedus on suurem nõmme- kui metsataimedel. Sammaskude on paremini välja kujunenud nõmmetaimedel. Mõningatel metsataimedel asendavad sammaskoe rakkusid nn. lehterrakud (7, 8). Õhuvaheruumid tohlkoes on suuremad metsataimedel (eriti 7, 8), ka on neil tohlkoe rakkude mitmeharulisus, kus see esineb (4 ja 8), paremini välja



Joon. 78. Lehtede ristilõikusid Lapi tundruil (1—4) ja Lapi kasemetsades (5—8) kasvanud taimil. 1 ja 5 — pohl (*Vaccinium vitis idaea*), 2 ja 6 — mustikas (*Vaccinium myrtillus*), 3 ja 7 — kukits (*Cornus suecica*), 4 ja 8 — harakkuljus (*Linnaea borealis*). Lähem seletus tekstis. Orig.

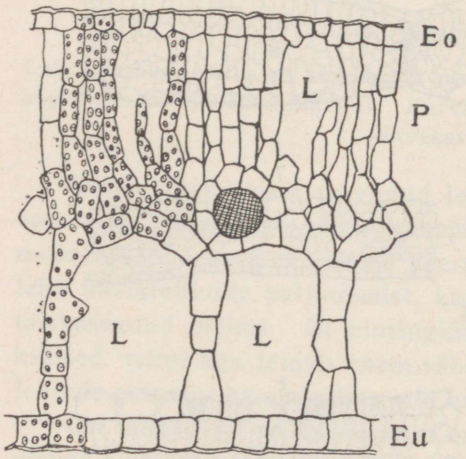
kujunenud kui nõmmetaimedel. Õhulõhede arv (1mm^2) ja paigutus on antud alljärgnevas tabelis:

	Nõmm		Kasemets	
	Lehe pealm. pind	Lehe alum. pind	Lehe pealm. pind	Lehe alum. pind
pohl	0	497	0	280
mustikas . . .	95	190	44	142
kukits	0	158	0	65
harakkuljus . .	0	457	0	225

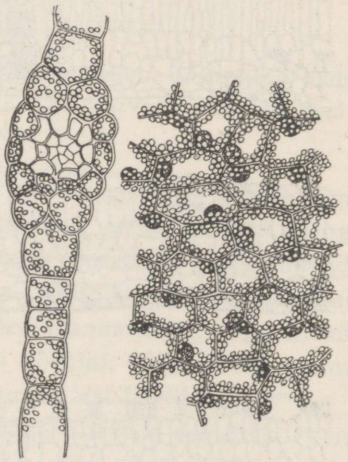
Nõmmetaimedel on seega ligi kaks korda rohkem õhulõhesid, pinnaühikule arvatud, kui metsataimedel.

Elutingimuste järgi võib eritleda nelja suurt taimede rühma: hüdrofüüdid, hügrofüüdid, mesofüüdid ja kserofüüdid.

Hüdrofüüdid on veetaimed. Nad kasvavad järvedes, jõgedes ja meredes. Neil esineb peamiselt kaks lehetüüpi: veesisesed lehed ja ujulehed. Veesisesed lehed on õhukesed, ristilõigul esineb sageli ainult 3—4 rakukihti. Säärastel lehtedel puuduvad õhulõhed;



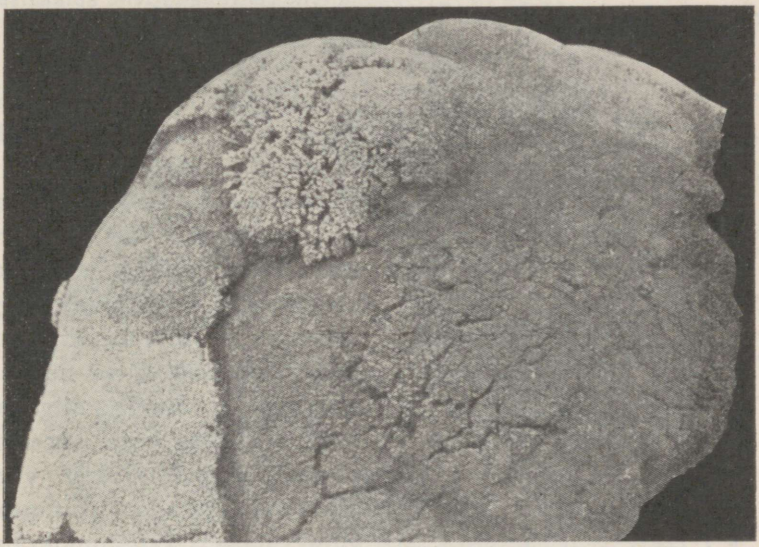
Joon. 79. Penikeele (*Potamogeton natans*) ujulehe ristilõik. Eo — ülemine epidermis, selles õhulõhed. L — suured õhuruumid. P — sammaskude. Eu — alumine epidermis. Epidermis sisaldab kloroplaste. Raunkiaer'i järgi.



Joon. 80. Sõnajala *Trichomanes radicans*'i leht. Paremal pealtvaade; rakkudes plasma, tuum, kloroplastid ja tsentraalne vakuool. Vasemal lehe ristilõik. Leht ühekihine, välja arvatud leherood. Õhulõhesid pole olemas. Orig.

juhtkimbud on neil vähem ainete juhtimiseks kui toeks (tugikude). Ujulehed sellevastu on suurte õhuvaheruumidega. Neis on sammaskude hästi välja arenenud. Õhulõhesid omavad ujulehed pealmisel, õhuga kokkupuutuval lehepinnal (joon. 79).

H ü g r o f ü ü d i d on niiskuselembesed taimed. Ehituselt on nad vahepealsed veetaimede ning allpool-kirjeldatud mesofüütide vahel. Äärmised troopiliste vihmametsade hügrofüüdid, nagu näit. õrnad sõnajalad perekonnast *Hymenophyllaceae*, on sageli koguni



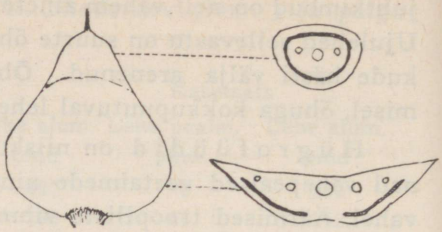
Joon. 81. *Fredolia aretioides*'e polster. Vasemal elus osa, paremal surnud polstri osad. H a u r i järgi.

ü h e k i h i s e lehelabaga, kusjuures nende lehed on õhulõhedeta (joon. 80). On hügrofüüte sametja lehepinnaga (näit. mõned *Anthurium*'i liigid), on niisuguseid, mille lehed on varustatud pika tilketilaga (näit. *Dioscorea* liigid).

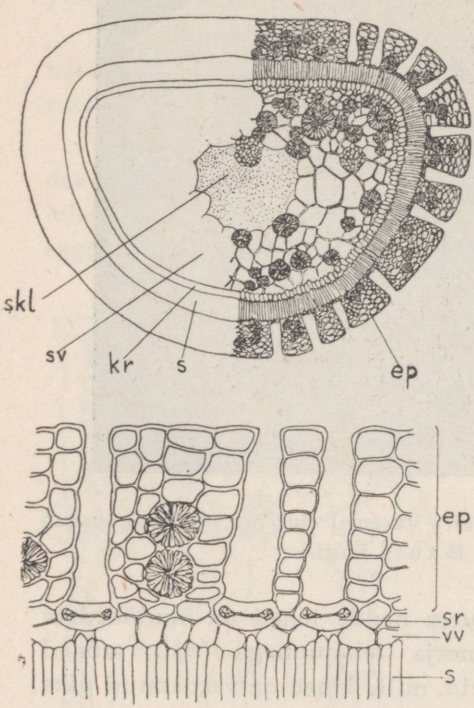
M e s o f ü ü d i d on taimed, mis elutsevad kuival maal kohtadel, kus aeg-ajalt ka põud võib esineda, kuid harilikult on olemas küllaldased veetagavarad transpiratsiooni katteks. Joon. 8 kujutatud liigid kuuluvad kõik, nagu valdav enamik teisigi Eestis kasvavaid taimi, sellesse rühma.

K s e r o f ü ü d i d on taimed, mis on suutelised kasvama kuivadel asukohtadel, s. o. niisugustel, kus aeg-ajalt pikema perioodi

vältel vesi pole taimedel kättesaadav. Ekstreemseid kserofüüte leidub kõrbedes. *Fredolia aretioides*, mille välimus ja lehe anatoomia on antud joon. 81—83, kasvab Põhja-Saharas. Epidermis on *Fredolia*'l mitmekihine, harukordselt paksude välisseintega ning tugeva epidermist katva kutiikulaga. Õhulõhed on peidetud „kaevudesse" (joon. 83). Epidermise all on *Fredolia*'l rida rakkusid, mis moodustavad subepidermaalse, s. o. epidermise all oleva veekoe. Need rakud ei sisalda kloroplaste. Sügavamal järgneb sammaskude, siis üks kiht kogujaid rakkusid. Otse nende all on näha juhtkimpe. Sügavamal järgneb tugevasti arenenud veekude. Paljudes veekoe rakkudes, samuti epidermises võib näha kaltsiumoksalaadi druuse. Lehe keskosas on tugikude, mis koosneb puitunud sklerenhüümikiududest.



Joon. 82. *Fredolia aretioides*'e leht ja lehe ristilõigud lehe apikaalsest ja basaalsest osast. Orig.

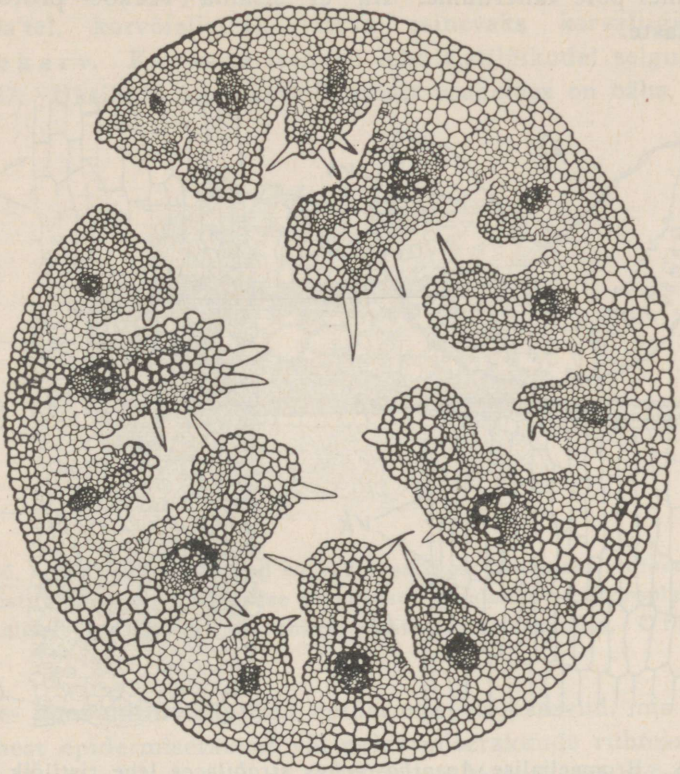


Joon. 83. *Fredolia aretioides*'e lehe ristilõik. ep — mitmekihine epidermis, sr — sulgrakk, vv — väline veekude (hüpoderm), s — sammaskude, kr — kogujad rakud, sv — sisemine veekude (selles rohkelt oblikhapu kaltsiumi druuse), skl — sklerenhüümikiududest koosnev tugikude. Orig.

Vahe seesuguse äärmise kserofüüdi ja mesofüütide vahel on muidugi õige terav. Aga leidub külluses ka vahepealseid vorme, nii et üleminek kserofüütidelt mesofüütidele on üsna pidev.

Kserofiilsete kõrreliste leheehitust illustreerib luitekaer *(Ammophila arenaria)*. Ristilõigul on luitekaera leht

enam-vähem ümmargune. Välisteguritele (valgusele, tuulele jne.) eksponeeritud on lehe alumine pind, mis on siin õhulõhedeta. Silma paistavad ristilõigul kõigepealt sügavad vaod, mis eraldavad üksteisest lehelaba pikiteljega rööbiti kulgevaid kõrgemaid ribasid. Vagude alumises osas, kus asetsevad õhulõhed, on leherakud õhu-

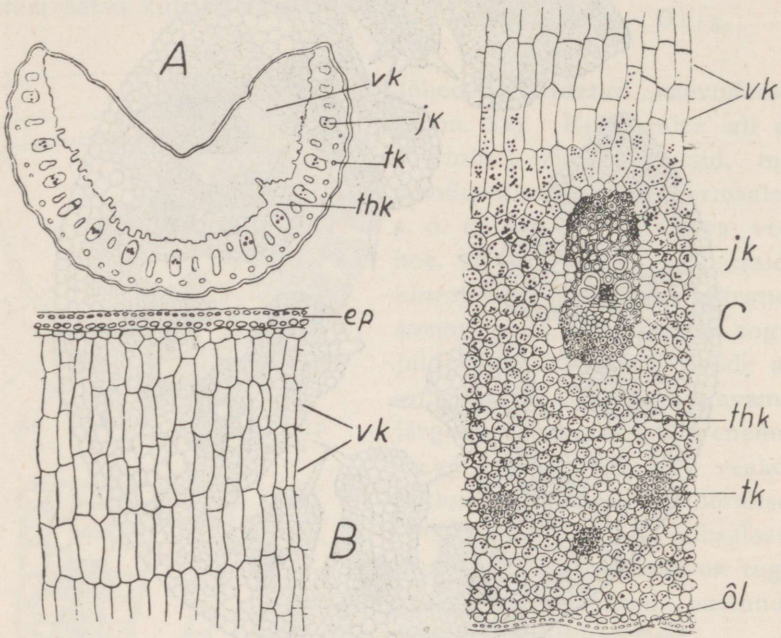


Joon. 84. Luitekaera (*Ammophila arenaria*) lehe ristilõik. Lähem seletus tekstis. Burr ja Turner'i järgi.

keste seintega (liiges-rakud). Iseloomulik on ka tugikoe paigutus. See ulatub juhtkimpude kohal epidermisest epidermiseni. Pideva vööna esineb tugikude lehe alumisel (välisel) pinnal, kohe epidermise all (hüpodermaalne tugikude).

Kserofiilse ehitusega on ka paljude troopiliste epifüütide lehed, nimelt liikidel, mis kasvavad troopilistes vihmametsades puude tüvedel ja okstel, kus puukoor muutub teatavatel tunniaega-

del kuuma troopilise päikese käes täitsa kuivaks. Et epifüütide juured ei tungi neid kandva puu kooresse, vaid kasutavad tüvesid ja oksi ainult alusena, millele kinnituda, siis vajavad epifüüdid teatavat veetagavara, mis võimaldab neil elu kõnesoleval asukohal. Koeks, milles säilitakse vesi, on veekude. See kude koosneb piklikkudest elusatest, rohkelt rakumahla sisaldavatest rakkudest, millede vahel pole vaheruume. Ka ei sisalda veekoe protoplastid kloroplaste.

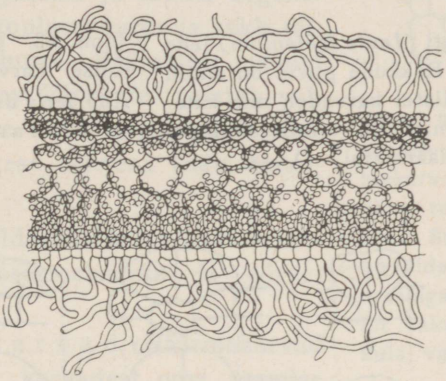


Joon. 85. Bromeelialise *Acanthostachys strobilacea* lehe ristilõik. Lehes järgneb epidermisele (ep) hüpodermaalne veekude (vk), sellele kobekude (thk). Õhulõhesid (õl) leidub ainult lehe alumisel pinnal. jk — juhtkimp, tk — tugikude. A — nõrgalt, B ja C — tugevam. suurend. Orig.

Ka karvkate on paljudel taimedel kaitsevahendiks nii liigse insolatsiooni kui ka liigse transpiratsiooni vastu. Oma iseloomult võib karvkate olla küllalt mitmekesine.

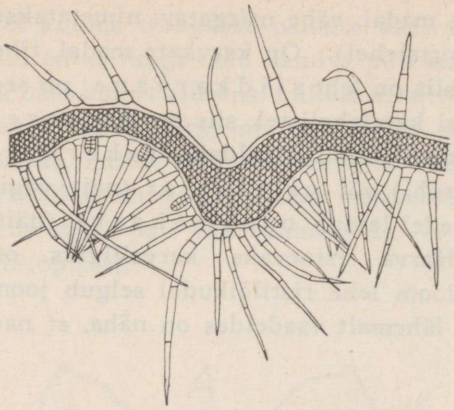
Kattekarvad. Enamikul maismaataimedest on lehed enamvähem karvased, veetaimed sellevastu on paljad. Kuid leidub paljaid lehti ka maismaaliikidel, näit. väga paljudel tarnadel, võhu-

mõõkadel jt. Kui karvkate on madal, vähe märgatav, nimetatakse karvkatet u d e j a k s (näit. kortslehel). On karvkate madal, tihe ja läikiv, nagu näit. hanijalal, siis on leht s i i d k a r v a n e; on see pikem ning kare, nagu paljudel karelehelistel, siis on leht k a r e - k a r v a n e. Eriti tiheda karvkatte puhul kõneldakse t a k e r k a r - v a s t e s t (näit. pihkane põisrohi) või v i l t j a t e s t (näit. vägihein) lehtedest. Paljudel lehtedel leidub n ä ä r m e k a r v u (näit. *Primula*'tel, korvõielistel). Harva esinevaks karvaliigiks on k õ r v e k a r v. Karvkatte iseloom lehe ristilõikudel selgub joon. 86 ja 87. Üksikuid karvakesi lähemalt vaadeldes on näha, et nad

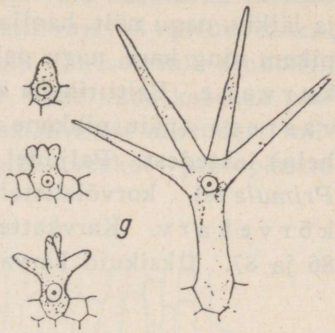


Joon. 86. Üherakulised surnud karvad kassikäpa (*Antennaria dioeca*) lehel. Lehe ristilõigul ilmneb tüüpilise sammaskoe puudumine. Kloroplastid suhteliselt suured; neid on rohkem perifeersetes rakkudes. O r i g.

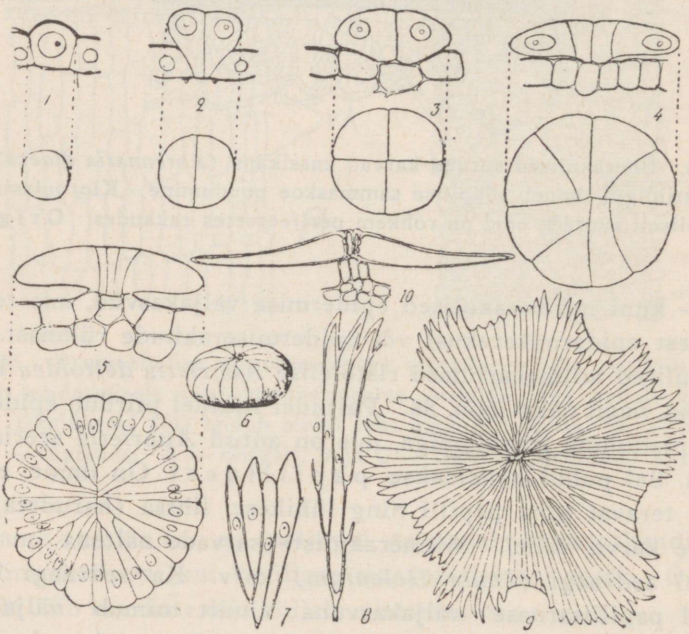
on ühe- kuni mitmerakulised epidermise väljakasvud, mis tekivad kas ühest epidermiserakust või epidermiserakkude rühmast. Näit. üherakulised mitmeharulised ristõielise *Aubrietia deltoidea* karvad arenevad, nagu näha joon. 88. Paljudel liikidel piirdub epidermise väljasopistumine staadiumiga, mis on antud *Aubrietia* seerias esimesena. Sel puhul kõneldakse p a p i l l i d e s t. On ilmne, et pole olemas teravat piiri papilli ning lühikese, lihtsa (harudeta) üherakulise karva vahel. Mitmerakuliste karvade näitena on antud joon. 87 aedvaagi *(Inula Helenium)* karv. Ka aedvaagi karvad tekivad papillisarnase väljakasvuna; ainult toimub väljakasvus protoplasti korduv jagunemine. Veel keerulisem juht esineb näit. okaspajul *(Hippophaë rhamnoides)*, mille lehed on kaetud mitmerakuliste s o o m u s k a r v a d e g a (joon. 89).



Joon. 87. Aedvaagi *(Inula Helenium)* lehe ristilõigu skeem. Rakkude piirid on antud ainult mitmerakulistel karvadel, mis katavad lehe epidermist, ja mitmerakulistel lühikestel näärmetel. Orig.

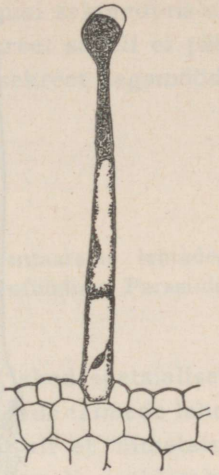


Joon. 88. Üherakse mitmerakulise karva arenemisastmed *Aubrietia deltoidea*'l. Haberlandt'i järgi.



Joon. 89. Soomuskarva arenemiskäik okaspajul *(Hippophaë rhamnoides)* (1—8). Täiskasvanud karv pealtvaates (9) ja pikilõigus (10). Servettaz'i järgi.

Kuni lõpliku väljakujunemiseni on karvade protoplastides märgatavad mitmesugused eluavaldused, nagu väga sageli esinev plasma liikumine (tsirkulatsioon ehk ringlemine, s. o. liikumine eri suundades sama protoplasti eri osades või rotatsioon ehk tiirlemine protoplasti ainsa vakuooli ümber), seinapaksendite teke teatavates karvaosistes jt. Varem või hiljem lakkab plasma liikumine karva rakkudes. See on sageli tunnuseks, et protoplasti surm on lähedal. Järgneb plasma ja tuuma degeneratsioon, siis protoplasti surm ja rakk täitub aegamööda õhuga. Säärastest surnud rakkudest koosnev karvkate paistab valguse peegeldumise tõttu valge, sageli siidjalt läikiva õhukese kattena (näit. kassikäpal).

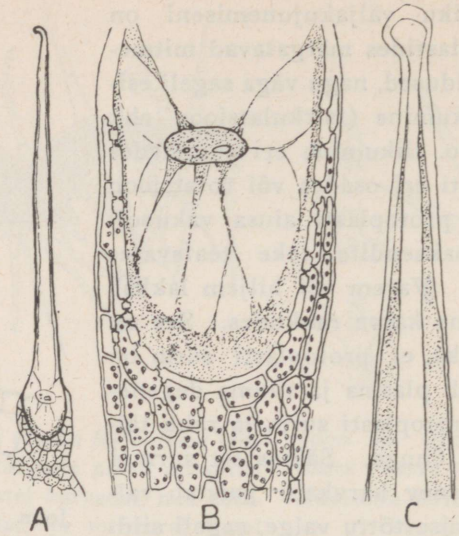


Joon. 90. *Pelargonium zonale* viierakuline näärmekarv. Rakkudes on näha tuumasid ja plasmat. Suured vakuoolid on täidetud värvitu rakumahlaga. Otsmisel rakul on rakuseina ja kutiikula vahel sekreeditilk. Orig.

Eespool-kirjeldatud karvadest erinevad tunduvalt näärmekarvad ja kõrvekarvad.

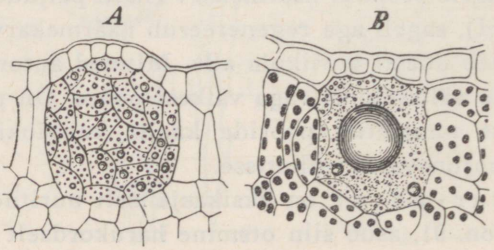
N ä ä r m e k a r v a d. Näärmekarvad erinevad teistest karvadest oma otsmise enam-vähem keraja raku poolest. Nagu teisedki karvamoodustised lehtedel (ja ka vartel), on ka näärmekarvad kogu ulatuses kaetud kutiikulaga. Otsmise raku tselluloosist membraani ja kutiikula vahele koguneb näärmekarvadel sekreeti (eeterlikud õlid, rasvad jt., *Primula*'tel näit. õlis lahustunud flavooni, $C_{15}H_{10}O_2$), mis lõpuks, kutiikula lõhkedes, selle alt välja pääseb. Mõnel juhul hävib seejärel näärmekarv (näit. paljudel korvõielistel ja huulõielistel), sageli aga regenereerub näärmekarva kutiikula ja sekreet koguneb uuesti kutiikula alla. Mitmed autorid kirjeldavad sekreetrakkude välisseintes väga väikesi poore. On põhjust arvata, et sekreet just nimetatud pooride kaudu tungibki protoplastist kutiikula all kujunevasse mahutisse.

K õ r v e k a r v a d e s t on üksikasjaliselt uuritud nõgeste omi. Nagu näha joon. 91, asub siin otsmine harukordselt suur rakk erilises lehepinna väljakasvus (emergentsis), mis on mitmerakuline. Emergentsi rakud ja otsmine rakk on omavahel ühenduses pooride abil. Huvitav on kõrvekarva tipu ehitus. Seal oleval kerajal laien-



Joon. 91. Nõgese kõrvekarva ehitus. A — kõrvekarv pikilõigus, vähe suurend., B ja C — sama tugev. suurend. Karva alumise osa rakud sisaldavad kloroplaste, rakuseintes on poorid. Kõrvekarva rakus on näha plasmat, tuuma ja vakuooli, mida läbivad plasmaniidid. Kõrvekarva ülemises osas on joonisel antud ainult rakusein. Valgeks on jäetud ränistunud osa kergelt murduva keraja peaga; hallina on märgitud see osa rakuseinast, mis sisaldab rohkelt lupja ($CaCO_3$). H a b e r l a n d t'i järgi.

dil on rakusein ränistunud ning seetõttu kergelt murduv (veel kasvaval rakul koosneb rakukest ka selles osas tselluloosist). Nii tekib torkiv, avausega varustatud teravik, mille kaudu rakumahl haava tungib. Mürgine aine, mis esile kutsub paistetusnähte ja valu, kuulub valkude rühma.



Joon. 92. Lüsigeenne (s. o. rakkude lahustumise teel tekkinud) õlimahuti *Dictamnus fraxinella* lehes. A — noor, B — lõplikult väljakujunenud õlimahuti. R a u t e r'i ja R o t h e r t'i järgi.

Paljude taimede lehtedes leidub erilisi sisemisi sekreedimahuteid (joon. 92). Seesugustes mahutites olev sekreet sageli ei pääsegi lehest välja (näit. vaigud) või aga tungib sekreet aegamööda välja gaasilises olekus (näit. huulõielistel).

9. peatükk.

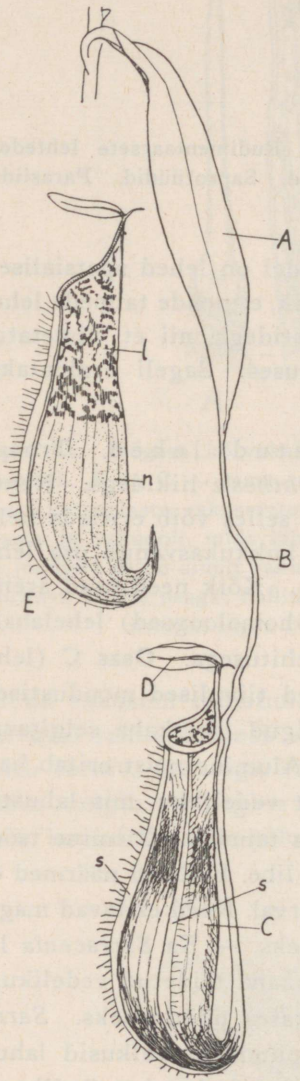
Lihasööjate e. putukasööjate taimede lehed. Rudimentaarsete lehtedega taimed — (a) autotroofsed, (b) heterotroofsed. Saprofüüdid. Parasiidid. Poolparasiidid.

Mitmesugustel kaheidulehestel taimedel on lehed spetsialiseerunud loomade püüdmiseks. On iseloomulik, et nende taimede lehed siiski eranditult on varustatud kloroplastidega, nii et nimetatud lehed on ühtlasi ka fotosünteesi teenistuses. Sageli eraldatakse kolme lihasööja lehe põhitüüpi.

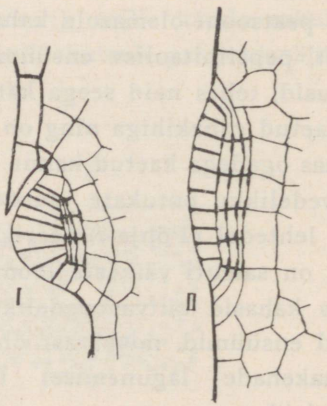
P ü ü d m i s k a h a d e g a v a r u s t a t u d l e h e d. Troopilises Aasias on see tüüp esindatud *Nepenthes*'e liikidega. Nende taimede leht on keerulise ehitusega, sest selles võib eritleda nelja osa: lehelaba (A), väänel (B), kannuks kokkukasvanud osa lehelabast (lehekaha, C) ning kaha kaas (D). Kõik need osad arenevad ülalehest (lk. 4) ning vastavad (on homoloogsed) lehelabale. Alumine lehelaba osa (A) on hariliku ehitusega. Osas C (lehekaha) on lehelaba servadega homoloogsed tiivulised moodustised, mis on joonisel tähistatud s-ga. Pikilõigud läbi kaha selgitavad kahe peatsooni olemasolu kaha seintes. Alumine neist eritab happelist, pepsiinitaolist ensüümi sisaldavat vedelikku, mis lahustab valkusid, tehes neid seega kättesaadavaks taimele. Ülemine tsoon on kaetud vahakihiga ning on selle tõttu libe. Erilised näärmed on olemas ogadega kaetud kannu ülemisel serval. Need eritavad magusat vedelikku putukate juurdemeelitamiseks. — Ka *Sarracenia* liikide lehtedel (Põhja-Ameerikas) on lehekaha täidetud vedelikuga ning on samuti väikeste loomade (putukate) püüdmiseks. *Sarracenia* kahasid täitvas vedelikus näivad puuduvat valkusid lahustavad ensüümid, mispärast oletatakse, et taim absorbeerib lihtsalt loomakehade lagunemisel tekkivaid lämmastikku sisaldavaid ühendeid.

Sama toitumisviis on omane ka vesihernestele *(Utricularia)*, mis on Eestis esindatud kolme liigiga *(U. vulgaris, U. minor, U. inter-*

media). Nimetatud vesiherned on juurteta veetaimed, kollaste õitega. Nad esinevad veekogude kaldaosas, laugastes, linaligudes ja ka soodes. Keskmise vesiherne veesisesed lehed on kahesugused: ühed neist on fotosünteesi organiteks, teised on rudimentaarse lehelabaga ning varustatud põiekestega, mis on tõelised lõksud putukate püüdmiseks. Sarnaseid lõkse leidub ka teistel *Utricularia*'il. Joon. 96 on kujutatud Põhja-Ameerikas esineva punaseõielise *Utricularia purpurea* lõksu suuosa, millest selgub, et käik lõksu on suletud ukse abil, mis ülemise servaga on külge kasvanud, all aga vaba. Lõksu uks sulgub hermeetiliselt. Keskosas on ta varustatud näärmekarvadekimbuga. Lõksu sisemised seinad on kaetud näärmetega (mõned neist näha joonisel), mis imevad vedelikku. See vedelik sisaldab endas ka lämmastiku-ühendeid, mis on tekkinud loomakehade roiskumisel. Vedeliku imemise tagajärjel

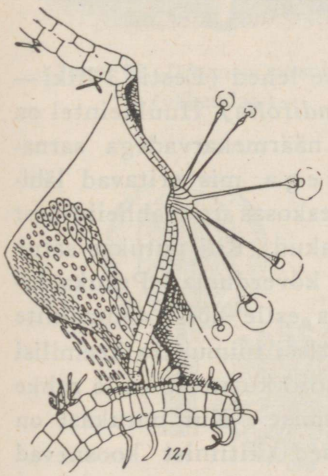


Joon. 93. *Nepenthes*'e leht. A — lehelaba, B — väänel, C — lehekaha, D — kaas, E — lehekaha pikilõigus, l — vahakihiga kaetud libisemistsoon, n — näärmekas osa. Orig.

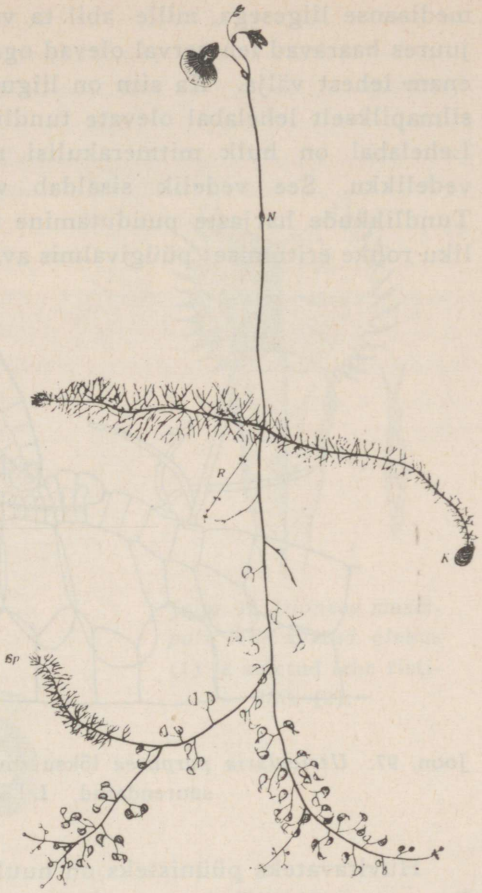


Joon. 94. Näärmed *Nepenthes ventricosa* lehekaha ülemisest (I) ja alumisest (II) osast. Stern'i järgi.

väheneb rõhk põies, mille tõttu muutub lõksu uks konkaavseks. Selles seisundis on küllalt eespool-nimetatud näärmekarvade nõrgastki puudutusest, et esile kutsuda lõksu ukse sissepoole avanemist ning sellega kaasneva küllalt tugeva, lõksu tungiva veevoolu vallandamist. Vool ongi jõuks, mis kisub ohvri lõksu. Juba $^1/_{32}$ sekundi möödudes on lõks uuesti suletud. Umbes ühe tunni pärast on *Utricularia purpurea* lõks jälle endises, püügivalmis olekus. On selgunud, et sageli jätkub püük, kuni lõks on täis väikesi loomi (näit. *Cyclops*'i ja *Daphnia* liigid).



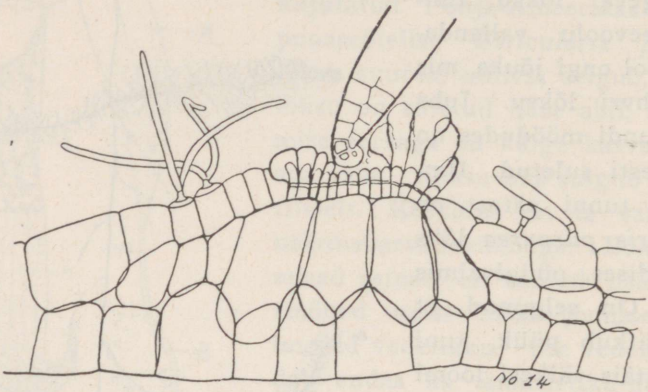
Joon. 96. *Utricularia purpurea* lõksu suu pikilõik. Lähem seletus tekstis. L l o y d'i järgi.



Joon. 95. Keskmine vesihernes *(Utricularia intermedia)*. k — talipung, millest arenes taim. Talipungast kasvanud vars kannab ainult lehti; allakasvaval harul on rohkelt põiekesi. G l ü c k'i järgi.

Maismaataimedest, millede lehed on moondunud lõksudeks putukate püüdmiseks, tuleks nimetada *Dionaea muscipula*'t, väikest Põhja-Ameerika Ühendriikide edelaosa rabataime. *Dionaea* leht koosneb tiivulisest rohelisest leherootsust ning suhteliselt väikesest lehelabast. Lehelaba on

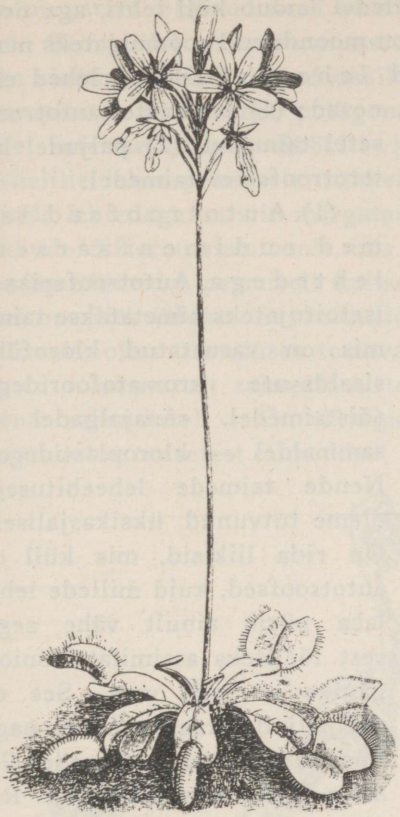
mediaanse liigesega, mille abil ta võib sulguda (joon. 99). Seejuures haaravad leheserval olevad ogad ülekuti, nii et saak ei pääse enam lehest välja. Ka siin on liigutus väga kiire ning vallandub silmapilkselt lehelabal olevate tundlikkude harjaste puudutamisel. Lehelabal on hulk mitmerakulisi näärmeid, mis eritavad limast vedelikku. See vedelik sisaldab valkusid lahustavat ensüümi. Tundlikkude harjaste puudutamine kutsub esile ka seedimisvedeliku rohke eritumise; püügivalmis avatud leht on enam-vähem kuiv.



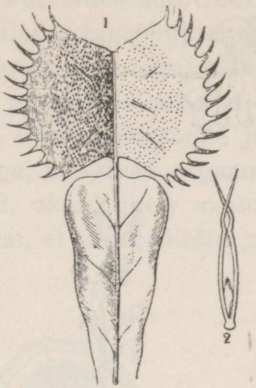
Joon. 97. *Utricularia purpurea* lõksu suu pikilõigu basaalne osa, tugevalt suurendatud. L l o y d'i järgi.

Huvitavateks püünisteks on huulheinte lehed (Eestis 3 liiki — *Drosera anglica, D. intermedia* ja *D. rotundifolia).* Huulheintel on lehepind kaetud pikkade mitmerakuliste näärmekarvadega sarnanevate moodustistega, nn. t e n t a a k l i t e g a, mis eritavad läbipaistvat kleepuvat vedelikku. Tentaakli keskosas on trahheiididest koosnev juhe, mida katavad parenhüümirakud. Kui putukas satub lehele, hakkavad tentaaklid üksteise järel kõverduma. Putuka liigutused, ärritades lehte, kutsuvad lõpuks esile kõigi tentaaklite kõverdumise (joonisel tähend. arv. 3). Ühtlasi toimub ka keemilisi muutusi, sest lahustunud lämmastiku-ühendid kutsuvad esile rohke happelise, ensüümi sisaldava mahla eritumise. Kui putukast on järele jäänud vaid lahustamatud jäänused (kitiinist koosnevad osad), avaneb leht uuesti ning on jälle püügivalmis.

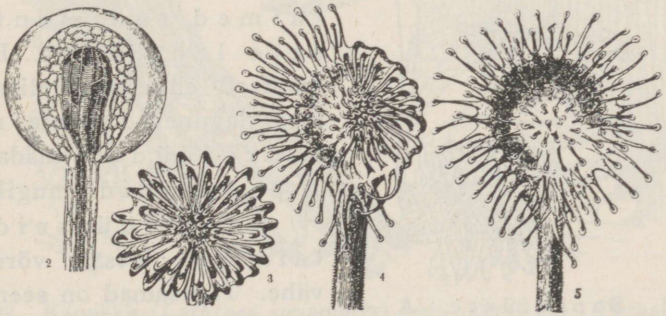
Lihasööjatest taimedest kasvab Eestis veel võipätakaid *(Pinguicula vulgaris, P. alpina).*



Joon. 98. *Dionaea muscipula* (vähendat.).



Joon. 99. *Dionaea muscipula* leht avatud olekus (1) ja suletud lehe ristilõik (2).



Joon. 100. Ümmarlehise huulheina *(Drosera rotundifolia)* lehed enne putuka sattumist lehele (5) ning putuka püüdmisel (4, 3). 2 — üksik tentaakel tugevamalt suurendat.

On mitmesuguseid taimi, milledel leidub küll lehti, aga need kas püsivad ainult vähe aega või on moondunud soomusjateks moodustisteks (r u d i m e n t a a r s e d l e h e d). Säärased lehed esinevad: (1) teatavatel autotroofsetel taimedel, (2) paljudel heterotroofsetel taimedel.

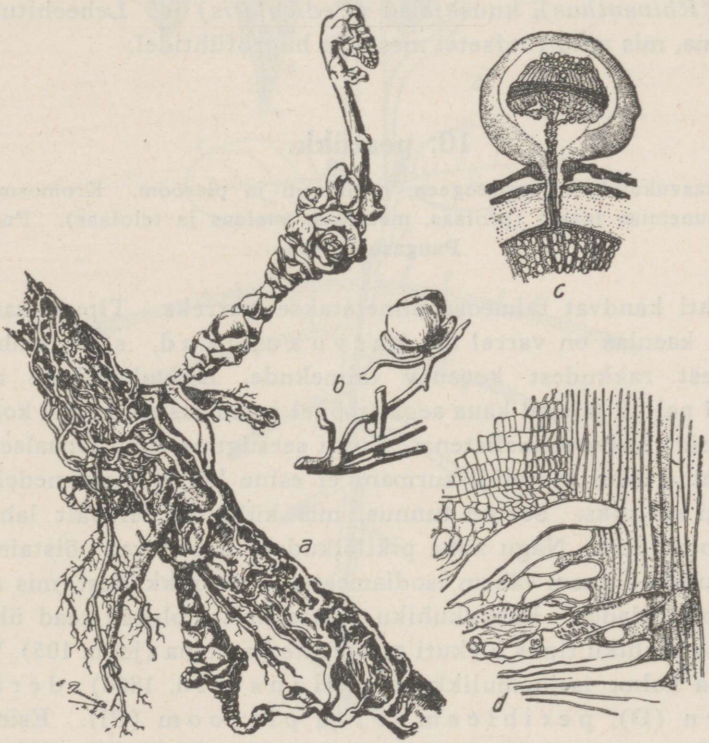
Joon. 101. S a p r o f ü ü t e. A — seenelill (*Monotropa hypopitys*), B — koralljuur (*Corallorrhiza innata*), C — pesajuur (*Neottia nidus avis*).

(1) A u t o t r o o f s e d t a i m e d r u d i m e n t a a r s e t e l e h t e d e g a. Autotroofseiks e. isetoitujateks nimetatakse taimi, mis on varustatud klorofüllle sisaldavate kromatofooridega (õistaimedel, sõnajalgadel ja sammaldel — kloroplastidega). Nende taimede leheehitusega oleme tutvunud üksikasjaliselt. On rida liikisid, mis küll on autotroofsed, kuid millede lehelaba püsib ainult vähe aega, sest tõeliseks assimilatsiooniorganiks on neil vars. See on nii paljudel raagtaimedel, nagu *Spartium junceum,* mõnedel *Genista* ja *Retama* liikidel jt. Rudimentaarsed lehelabad esinevad ka liikidel, mis omavad fülloode (lk. 13) või fülloklaade.

(2) H e t e r o t r o o f s e d t a i m e d r u d i m e n t a a r s e t e l e h t e d e g a. Heterotroofsed ehk eritoitelised taimed jagunevad kahte rühma: s a p r o f ü ü d i d (mädarikud) ja p a r a s i i d i d (nugilised).

S a p r o f ü ü t s e i d õ i s t a i m i on Eestis võrdlemisi vähe. Tähtsamad on seenelilled *(Monotropa),* koralljuur *(Corallorrhiza),* pesajuur *(Neottia).* Kuigi kõigil nimetatud liikidel

leidub varrel lehti, on need soomusjad, värvilt valkjad või pruunikad. Seenelillel on epidermises, mis koosneb väikestest rakkudest, lehe alumisel pinnal mõned üksikud õhulõhed. Mesofüll ei sisalda kloroplaste. Ta koosneb polügonaalsetest rakkudest, millede vahel pole intertsellulaare. Rööbiti kulgevad juhtkimbud koosnevad seenelille lehes peamiselt trahheiididest. Võrreldes autotroofsete liikide lehtedega on siin märgatav kaugeleulatuv tagasiminek leherakkude differentsiatsioonis, mis on ühenduses asjaoluga, et lehed on saprofüütidel peamiselt kaitseorganiks pungadele sel ajal, kui vars on alles lühike. Saprofüütidel langeb toitumisülesanne juurtele, mis, olles ühenduses teatavate seentega, hangivad orgaanilisi aineid roiskuvatest taimejäänustest (lehed, oksad jne.) mainitud seente vahendusel. — On väljaspool kahtlust, et saprofüüdid põlvnevad autotroofsetest taimedest.



Joon. 102. Käopäkk (*Lathraea squamaria*) lepa juurel (a). Parasiidi idand (b). Parasiidi juurest kasvava haustori pikilõik (c). Haustor on tunginud peremeestaime kuni kambiaalse kihini niin- ja puuosa vahel. d — haustori lõpuosa detailsemalt. Hegi, Goebel'i ja Heinricher'i järgi.

P a r a s i i d i d. Eestis leiduvatest õistaimedest kuuluvad parasiitide hulka näit. käopäkk *(Lathraea squamaria)* ja soomukad (*Orobanche* liigid). Need taimed erinevad saprofüütidest selle poolest, et nad hangivad kõiki tarvilikke orgaanilisi ning anorgaanilisi aineid teistest elusatest taimedest. Nii näit. imeb käopäkk toitu mitmesuguste puude ja põõsaste (näit. sarapuu ja lepa) juurtest. Käopäka lehed on lihakad soomused, mis on täitsa kloroplastideta.

Soomukad elutsevad parasiitidena rohttaimedel (putkedel, jumikatel, madaratel jt.). Ka nende lehed on soomusjad, kloroplastideta, sageli leidub lehtedes antotsüaniine.

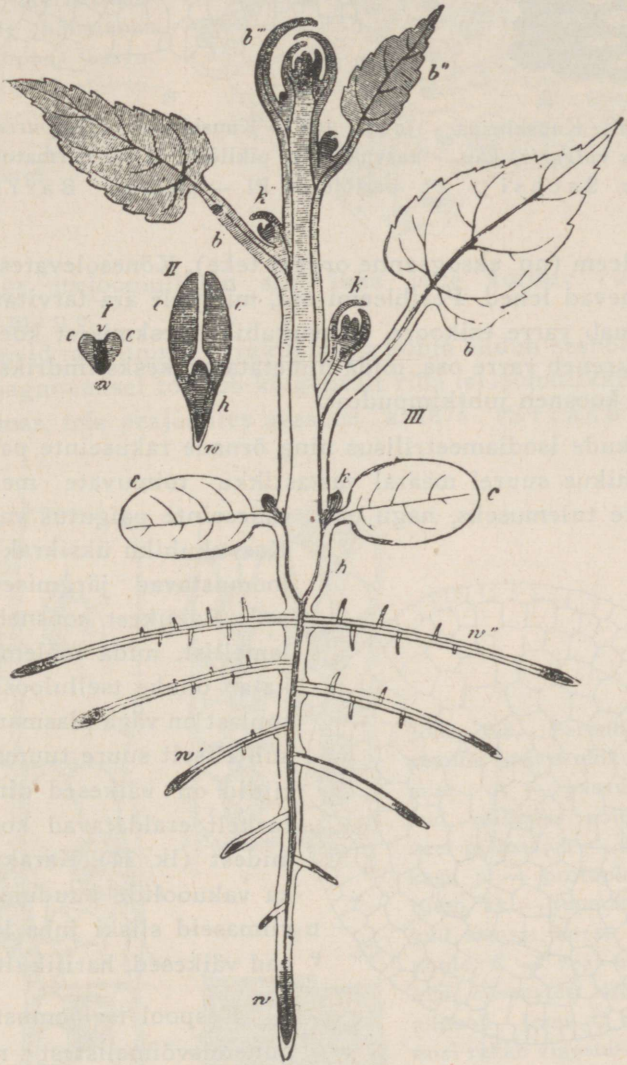
On liikisid, mis on toitumisviisilt vahepealsed parasiitide ja autotroofsete vahel. Neid nimetatakse p o o l p a r a s i i t i d e k s. Siia kuuluvad puuvõõrik *(Viscum)*, silmarohud *(Euphrasia)*, robirohud *(Rhinanthus)*, kuuskjalad *(Pedicularis)* jt. Leheehitus on neil sama, mis autotroofsetel meso- ja hügrofüütidel.

10. peatükk.

Varre kasvukuhik. Dermatogeen, peribleem ja pleroom. Kromosoomid. Rakujagunemise faasid (profaas, metafaas, anafaas ja telofaas). Pungad. Pungasoomused.

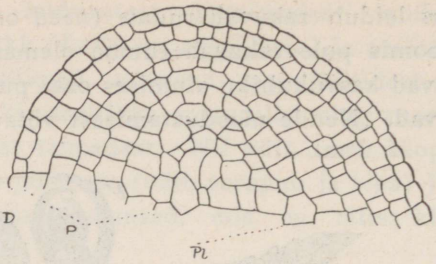
Lehti kandvat taimeosa nimetatakse varreks. Tipus, samuti lehtede kaenlas on varrel nn. k a s v u k u h i k u d, s. o. embrüonaalsetest rakkudest koosnev taimekude. Kasvukuhikute tõttu püsivad paljud taimed kaua aega (mõnel juhul aastasadu või koguni tuhandeid) kasvuvõimelistena. Kuigi seesugune embrüonaalse koe säilitamine kuni indiviidi surmani ei esine kõigil õistaimedel, on ta siiski reegliks. See on tunnus, mis küllaltki teravalt lahutab taimi loomadest. Nagu näha pikilõikudel, koosnevad õistaimede kasvukuhikud enam-vähem isodiameetrilistest rakkudest, mis asetsevad pikiridades. Kasvukuhiku vastaspooltel olevad read ühinevad kasvukuhiku tipus ülekuti asetsevate kaartena (joon. 105). Võib eraldada kolme iseloomulikku osa (H a n s t e i n, 1868): d e r m a t o g e e n (D), p e r i b l e e m (P) ja p l e r o o m (Pl). Esimene neist (dermatogeen) katab pidevalt kasvava tupena kogu kasvukuhikut. Sellest kihist areneb hiljem varre ja ka lehtede epidermis. Eriti ristilõikudel on näha, et dermatogeeni ja pleroomi vahel olev peribleem on küllalt teravalt piiratud ka sissepoole, sest et

temas leidub rakuvaheruume (need on siin alles väikesed!), kuna pleroomis pole rakuvaheruume olemas. Nagu näha joon. 104, ilmuvad kasvukuhiku alumises osas puhetised, mis aegamööda suurenevad. Nende moodustamisest võtavad osa nii dermatogeen kui



Joon. 103. Kaheidulehese taime arengu skeem S a c h s'i järgi. I ja II — embrüonaalsed staadiumid taime seemnes. III — noor taim (idand). c — idulehed, h — hüpokotüül, s. o. esimene varre lüli, k — pungad, b — lehed, w — juured. Meristeemid on märgitud mustaga, osad, milledes toimub alles pikenemine, on viirutatud halliks, täiskasvanud osad on valged.

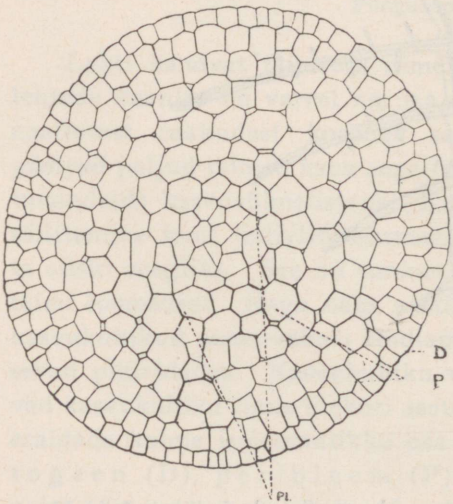
Joon. 104. Kuuskheina *(Hippuris vulgaris)* kasvukuhik. Sachs'i j.



Joon. 105. Kuuskheina *(Hippuris vulgaris)* kasvukuhiku pikilõik. D — dermatogeen, P — peribleem, Pl — pleroom. Barrat' järgi.

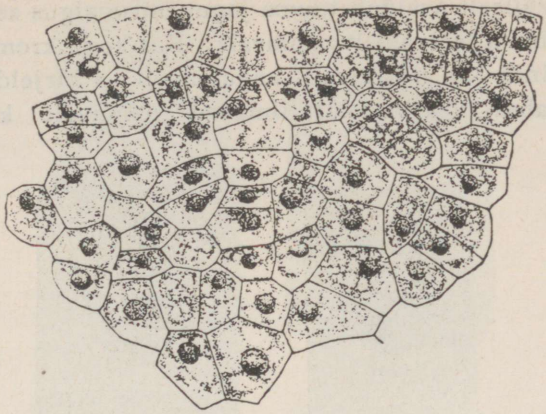
ka peribleem (nn. eksogeenne organi teke). Kõnesolevatest puhetistest arenevad lehed. Peribleemi osa, mis pole ära tarvitatud lehtedeks, annab varre esikoore. Kasvukuhiku keskmisest koest — pleroomist areneb varre osa, mida nimetatakse kesksilindriks ning mis oluliselt koosneb juhtkimpudest.

Rakkude isodiameetrilisus ning õrnade rakuseinte paigutus on kasvukuhikus suurel määral vastastikku toimuvate mehaaniliste mõjutuste tulemuseks, nagu näit. vaheseinte paigutus vahumassis. Kasvukuhiku üksikrakkusid iseloomustavad järgmised tunnused: Rakukest koosneb pektiinlamellist, mida mõlemalt poolt katab õhuke tsellulooskile. Protoplast on väga plasmarikas ning suhteliselt suure tuumaga. Plastiidid on väikesed ning sageli raskelt eraldatavad kondriosoomidest (lk. 24). Karakteerne on ka vakuoolide puudumine. Kus viimaseid siiski juba leidub, on nad väikesed, harilikult kerajad.



Joon. 106. Ristilõik kasvukuhikust, mis kujundatud eelmisel joonisel. D — dermatogeen. P — peribleem, Pl — pleroom. Barrat' järgi.

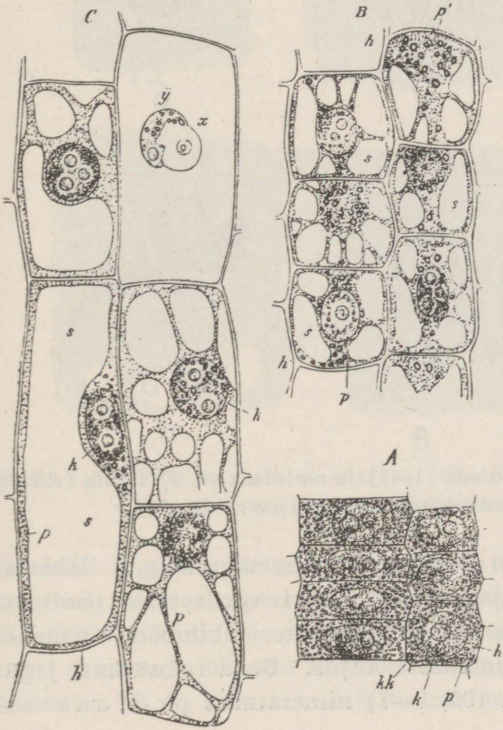
Eespool iseloomustatud jagunemisvõimelistest rakkudest koosnevat kudet nimetatakse meristeemiks e. algkoeks. Meristeemides toimuvatest protsessidest on kahtle-



Joon. 107. Meristemaatiline kude hõlmikpuu *(Ginkgo biloba)* kasvukuhikus. Rakud plasmarikkad, suhteliselt suurte tuumadega. Chodat' järgi.

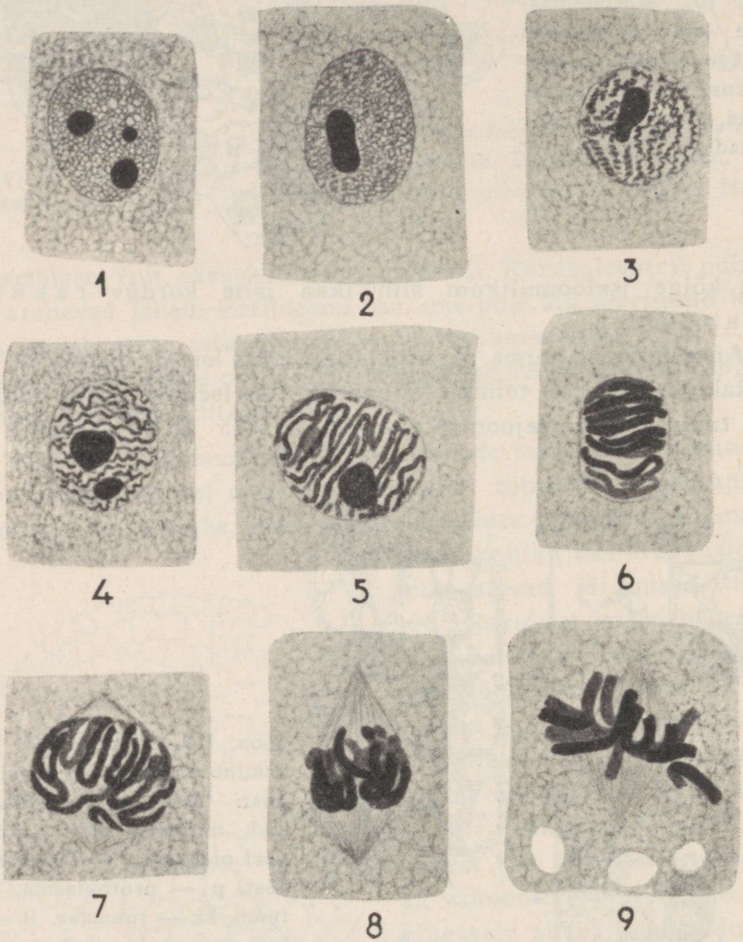
mata kõige iseloomulikum siin ikka jälle korduv rakkude jagunemine.

Andmeid rakutuuma ja rakuplasma kohta leidub eespool lk. 20—28. Rakujagunemisel toimub kõigepealt rida iseloomulikke muutusi raku tuumas, mis peajoontes avastati a. 1875 (Strasburger).



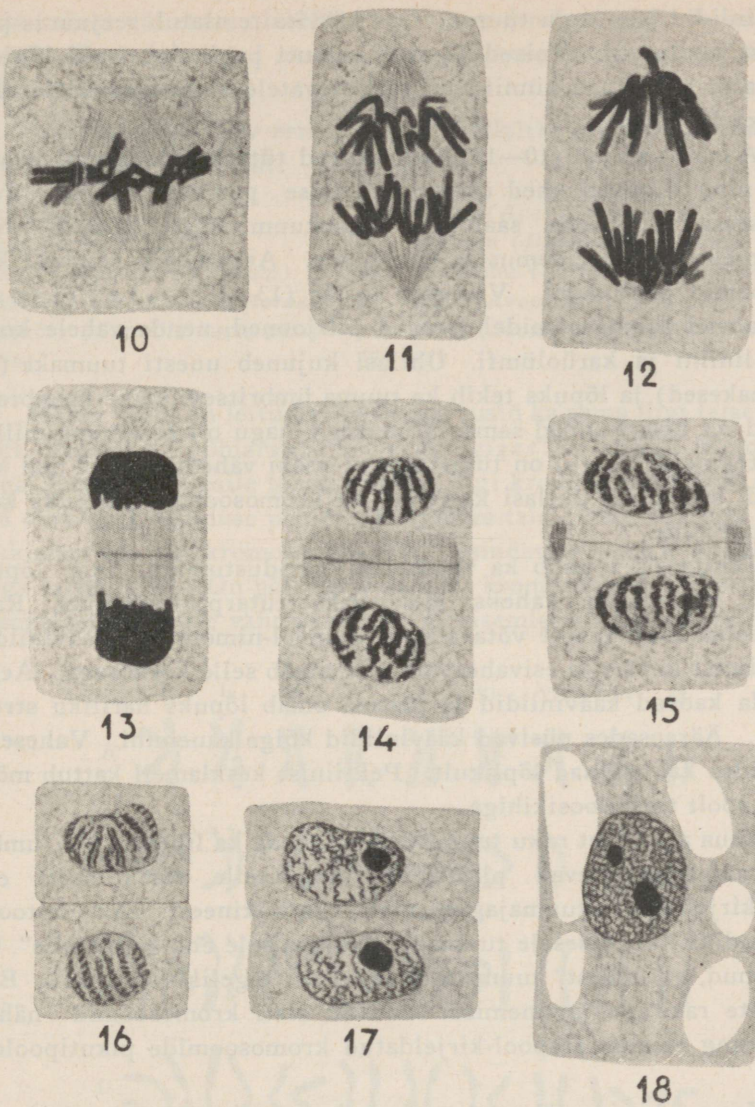
Joon. 108. Parenhüümi arenemine kasvukuhiku meristeemist. A — kasvukuhiku rakud, milledes pole vakuoole veel olemas; h — õhuke rakukest, p — protoplasma, k — tuum, kk — tuumake. B — rakud samast koest 2 mm allapoole. C — veel vanemad rakud, esimestest (A') 7—8 mm allpool. Joon. C on üks ülemisi rakke vigastatud. s — vakuool, k — tuum, kk — tuumake, p — plasma, h — rakukest. Sachs'i järgi.

Väliselt avaldub tuuma jagunemise algus selles, et kromatiini võrk ilmub teravamalt nähtavale. Kas kogu kromatiin moodustab pideva lindi (nn. spireemi), nagu sageli on kirjeldatud, on küsitav. Igatahes juba varakult ilmuvad nähtavale kromatiinist koosnevad



Joon. 109. Rakujagunemise profaas (1—7) ja metafaas (8, 9) sibula (*Allium cepa*) juure kasvukuhikus. B u c h n e r'i järgi.

üksikmoodustised — k r o m o s o o m i d, mis, nagu selgub lähemal vaatlusel, on juba varakult jagunenud pikuti võrdseteks poolteks. Käsikäes nende muutustega käib tuumakeste läbimõõdu vähenemine, samuti muutused tuumakeste kujus. Seda rakutuuma jagunemise esimest astet (joon. 109, 1—7) nimetatakse p r o f a a s i k s.



Joon. 110. Rakujagunemise anafaas (10—12) ja telofaas (13—18) sibula *(Allium cepa)* juure kasvukuhikus. B u c h n e r'i järgi.

Profaasi lõpul on ilmne kahe pooluse differentseerumine rakus: ilmuvad nähtavale peened, tihedalt paigutatud plasmaatilised niidid (kääviniidid), mis asetuvad kahe koonilise kimbuna pooluste ja raku ekvaatoris olevate kromosoomide vahel. Järgnevas m e t a f a a s i s (8, 9) lahustub rakutuuma membraan. Varsti ulatuvad

kääviniidid läbi kogu tuuma. Osa kääviniite ulatub seejuures poolusest pooluseni. Teised algavad samuti poolustes, kuid lõpevad ekvaatoril, kus nad kinnituvad seal olevatele kromosoomidele. Ühtlasi kaob tuumake.

Anafaasis (10—12) eemalduvad tütarkromosoomid üksteisest ning liiguvad ühed ühe, teised teise pooluse suunas. Selle protsessi tulemusena saab iga tütartuum kogu kromosoomide komplekti, mis iseloomustas ematuuma. Aegamööda jõuavad kromosoomid poolusteni. Viimases faasis (13—18) — telofaasis — kaovad kromosoomidel teravad piirjooned, nende vahele koguneb liniini ja karüolümfi. Ühtlasi kujuneb uuesti tuumake (või tuumakesed) ja lõpuks tekib ka tuuma ümbritsev õhuke membraan. Nüüd on tütartuumad sama välimusega, nagu oli ematuum, millest nad tekkisid. Algul on tütartuumad siiski vähemad, kuid nad kasvavad, kusjuures ühtlasi kasvavad ka kromosoomid. Lõpuks kaob suuruse vahe.

Telofaasis toimub ka vaheseina moodustumine, mis lõpuks jagab protoplasti kaheks iseseisvaks tütarprotoplastiks. Raku vaheseina tekkimisest võtavad osa eespool-nimetatud kääviniidid. Pektiinist koosneva esivaheseina teke algab selle keskosaga. Aegamööda kaovad kääviniidid ja plasma omab lõpuks hariliku struktuuri. Ääreosades püsivad kääviniidid kõige kauemini. Vaheseina valmides kaovad nad lõplikult. Pektiinist kesklamell kattub mõlemalt poolt tselluloosikihiga.

Kaua arvati, et raku tuum võib jaguneda ka lihtsalt, s. o. umbes nii, nagu jagunevad plastiidid, ning selle tõttu seati eespool-kirjeldatud tuumajagunemist (karüokineesi ehk mitoosi) vastandiks nn. „otsesele tuumade jagunemisele ehk amitoosile". On selgunud, et „otsest" tuumade jagunemist tegelikult ei leidu. Elujõuliste rakkude jagunemisel ilmuvad alati kromosoomid nähtavale ning toimub eespool-kirjeldatud kromosoomide pikutipoolduminе.

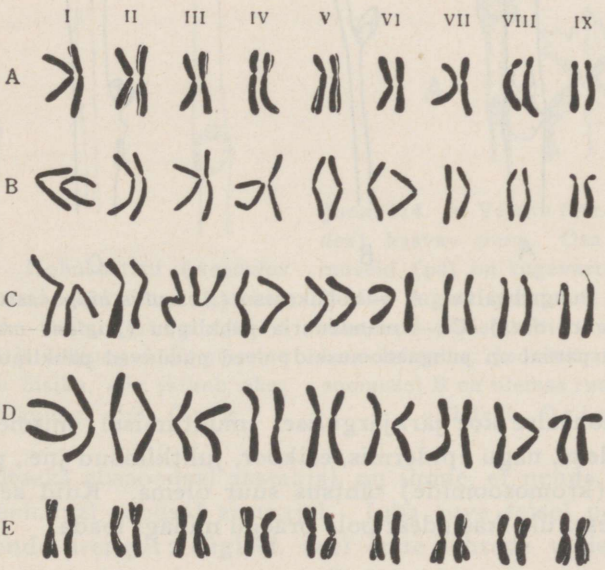
Kromosoomide lähemal uurimisel on ilmsiks tulnud, et iga kromosoom koosneb kahest pealülist (Navašin nimetab neid „õlgadeks"), mis teineteisest harilikult tunduvalt erinevad suuruselt (näit. joon. 111). Äärmisel juhul on üks pealülidest vaid väike kromatiinitera. On huvitav, et kromosoomide pealülisid ühendav aine ei näi koosnevat kromatiinist. Just sellele vaheosale kinnituvadki rakujagunemisel kääviniidid, mis toimetavad kromosoome pooluste poole. Kromosoomide pealülid võivad omakorda koos-

neda kahest või enam alalülist; ka esinevad mõningatel kromosoomidel väikesed kerajad saatjad, mis lühikese niidikese abil kinnituvad kromosoomile.

Kromosoomide arv eriliikidel on küllaltki erinev, nagu selgub allpool-toodud näidetest:

haab *(Populus tremula)* . . .	8	vaher *(Acer platanoides)* . .	22
nõges *(Urtica dioeca)* . . .	32	näsiniin *(Daphne mezereum)* .	18
malts *(Chenopodium album)* .	18	leedripuu *(Sambucus racemosa)*	36
metsülane *(Anemone nemorosa)*	24	kaer *(Avena sativa)*	42
hiirekõrv *(Capsella bursa pastoris)*	32	rukis *(Secale cereale)* . . .	14

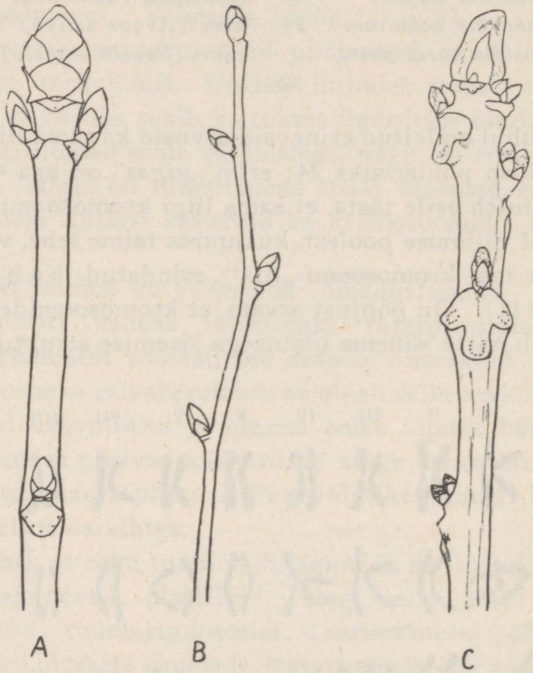
Mõnel juhul on leitud erinevaid arvusid ka sama liigi teisendeil. Näit. tomatil on põhiarvuks 24; erim *„gigas"* on aga 48 kromosoomiga. Edasi tuleb esile tõsta, et sama liigi kromosoomid alati erinevad omavahel välimuse poolest, kusjuures taime lehe, varre ja juure rakkudes on iga kromosoomi-„liik" esindatud k a h e kromosoomiga (joon. 111). On põhjust arvata, et kromosoomide välise erinevusega seltsib mitte vähema ulatusega sisemise struktuuri erinevus.



Joon. 111. Viie krüsanteemi kromosoomid juurte kasvukuhikuist. Kõigil on kromosoomide arv sama (2n = 18). A — *Chrysanthemum Makinoi*, B — *C. lavandulaefolium*, C — *C. nipponicum*, D — *C. lineare*, E — *C. coronarium*. Shimotomai ja Takemoto järgi.

See kromosoomide individuaalsuse tõestus saavutati võrdlemisi hiljuti. Näitena on joon. 111 toodud mitmesuguste krüsanteemide kromosoomid olekus, kus mõned emakromosoomid on jagunemas tütarkromosoomideks, kuid püsivad alles tihedalt koos (A, 1—5; E).

On kogunenud rohkelt tõsiasju, mis kõnelevad selle kasuks, et taimeliigi omapära säilitamisel ning selle edasikandmisel ühelt generatsioonilt teisele on mõõtuandvaks rakuosaks kromosoomid.

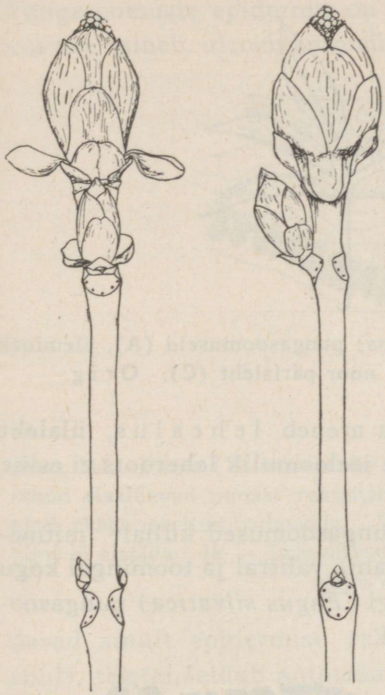


Joon. 112. Pungad talvel. A — hobukastan (*Aesculus hippocastanum*). B — pärn (*Tilia cordata*), C — mandžuuria pähklipuu (*Juglans mandshurica*). Kastanil ja pärnal on pungasoomuseid; need puuduvad pähklipuul. Orig.

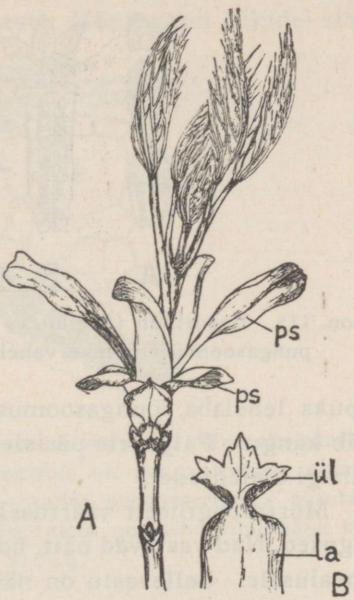
Ka embrüonaalse koe järkjärgulisel muutumisel mitmesugusteks püsikudedeks, nagu epidermis, esikoor, juhtkimbud jne., peab rakutuumade (kromosoomide) tähtsus suur olema. Kuid selle keerulise protsessi üksikasjadest pole praegu midagi teada.

Varre kasvukuhiku ehitust arvestades on ilmne, et see vajab kaitset kahjulikkude välistegurite (kuivus, liiga intensiivne valgus jne.) vastu. Nagu näha joon. 103, katavad kasvukuhikut noored lehed. Sageli leiame mitu ülekuti olevat, üksteist tihedalt katvat

lehte. See kate püsib, sest ikka uued lehed asetuvad vanemate, fotosünteesi teenistusse astuvate lehtede asemele. Siin kirjeldatud juht on väga harilik. Maades selgelt erinevate aastaaegadega, nagu näit. parasvöötmes, samuti subtroopilise ja troopilise vöötme neis osades, kus esineb kuivusperiood, on kasvukuhikute kaitseks kujunenud erilised lehed, nn. p u n g a s o o m u s e d. Et pungasoomu-



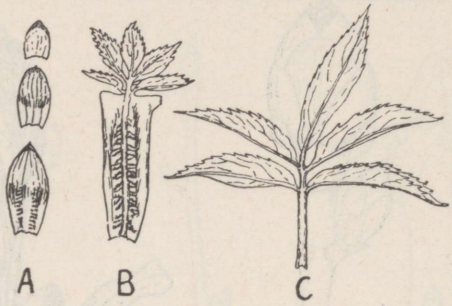
Joon. 113. Hobukastani (*Aesculus hippocastanum*) kevadised puhkevad pungad. Otsmistest pungadest ulatuvad välja õiepungad. Et otsmine pung annab õisiku, siis jätkub oksa kasv külgpunga abil. O r i g.



Joon. 114. A. Vahtra (*Acer platanoides*) kasvav pung. Osa pungasoomuseid (ps) on tugevasti kasvanud. Nende tagant paistavad alles vähe arenenud pärislehed. ül — ülaleht, la — lehealus. Joonisel antud pungasoomusel B on olemas rudimentaarne ülaleht. O r i g.

sed on kaitseks ebasoodsal aastaajal, on ilmne, et nende teke peab toimuma eelneval soodsal aastaajal. Juba suve teisel poolel võib jälgida nende arengut; sügisel, veel enne lehtede varisemist, on pungad lõplikult välja kujunenud. Kuigi juba pungasoomuste tihe asetus on tõhusaks kaitseks kasvukuhikuile, suureneb kaitse veelgi neil juhtudel, mil pungasoomused eritavad vaigutaolisi aineid, nagu näit. hobukastanil, paljudel okaspuudel jt.

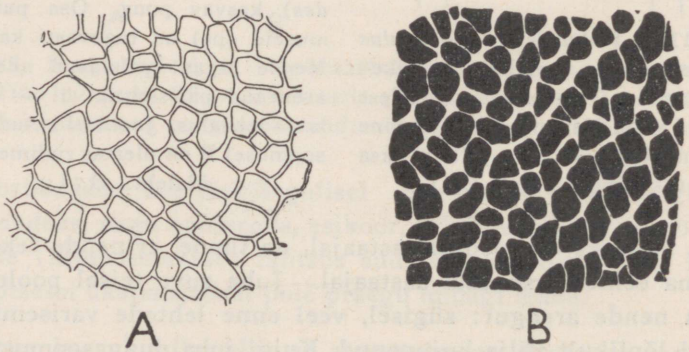
Nagu selgub joon. 114, on pungasoomused kahtlemata lehemoodustised. Nad tekivad samasuguste puhetistena kasvukuhikust allpool olevas varretsoonis nagu pärislehed. Sageli võib ka alalehe alges eraldada kahte osa — ülalehte ning lehealust — nagu pärislehtedegi algetes (lk. 4). Vahe pärislehtede ja pungasoomuste vahel seisab selles, et pärislehtedel areneb eelkõige ülaleht, andes



Joon. 115. Leedripuu (*Sambucus racemosa*) pungasoomuseid (A), üleminek pungasoomuse ja lehe vahel (B) ja noor pärisleht (C). Orig.

lõpuks lehelaba, pungasoomustel aga areneb lehealus, ülaleht jääb kängu. Paljudele pärislehtedele iseloomulik leheroots ei esine kunagi alalehtedel.

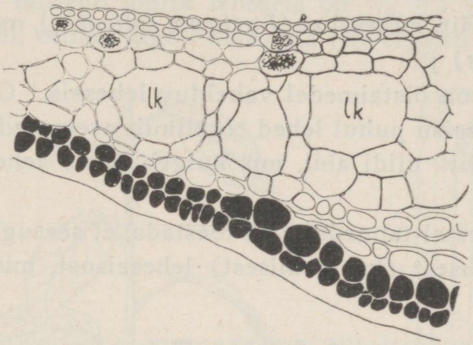
Morfoloogiliselt väärtuselt on pungasoomused küllalt mitmesugused. Nad vastavad näit. hobukastanil, vahtral ja toomingal kogu lehealusele. Sellevastu on näit. pöögi *(Fagus silvatica)* pungasoomused vaid erilise ehitusega abilehed.



Joon. 116. Pärna (*Tilia cordata*) pungasoomuse epidermis. A — pealmisel (sisemisel) soomuse pinnal, B — alumisel küljel (välispinnal). On ilmne vahe rakuseinte paksuses. Mustaks värvitud rakud sisaldavad punast rakumahla. Orig.

Pungasoomused on teatava piirini kasvuvõimelised. Kasvutsoon esineb nende basaalses osas. Kevadisel pungade puhkemise ajal alustab see kasvutsoon tegevust. Näit. vahtral pikenevad pungasoomused õige tunduvalt (joon. 114); vaatamata sellele varisevad nad, nagu teisedki pungasoomused, veel kevade esimesel poolel.

Pungasoomuste mikroskoopiline ehitus selgub joon. 116 ja 117. Pungasoomuste epidermis on üldiselt õhulõhedeta. Punakas värv, kus see esineb, oleneb antotsüaniinidest. Mõningatel liikidel sisal-



Joon. 117. Pärna (*Tilia cordata*) pungasoomuse ristilõik. Mustaks värvitud rakud sisaldavad punast rakumahla. Pungades on pungasoomuse alumine pind eksponeeritud valgusele. Varjatud osades pungasoomused antotsüaniini ei sisalda. lk — limakäigud. Mõnes rakus on näha oblikhapu kaltsiumi druuse. Orig.

davad ainult epidermise rakud antotsüaniini (näit. sajakoorsel puul), teistel leidub antotsüaniini mesofülli perifeersetes kihtides (näit. vahtral) või aga nii epidermises kui ka subepidermaalsetes kihtides (sarapuul, pärnal). Pigmentatsioon on siin alati tugevam pungasoomuse välispinnal (morfoloogiliselt on see lehe alumine pind). Pungasoomuse mesofüllis leidub harilikult ka kloroplaste. Küllalt sageli sureb suur osa pungasoomuse rakkudest juba sügisel või talvel.

11. peatükk.

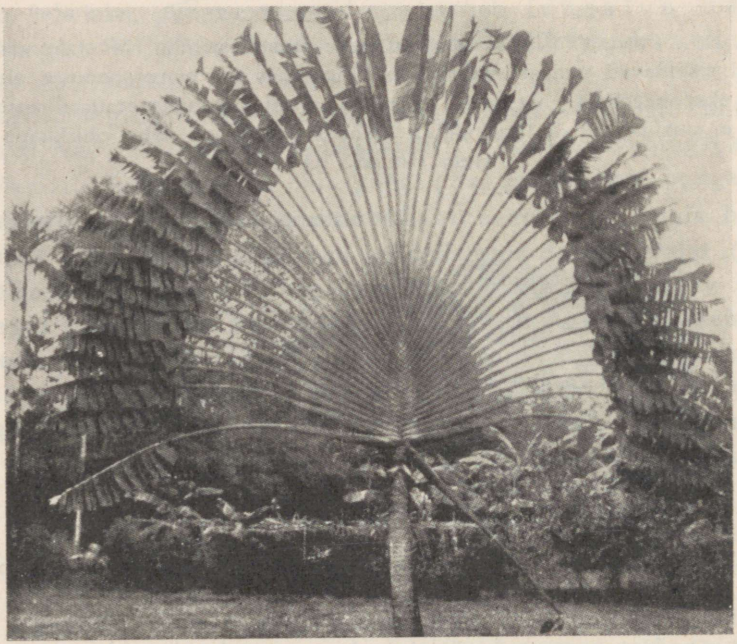
Leheseis. Juhtkimpude kulg ühe- ja kaheiduleheste vartes. Esikoor. Periderm. Lõved.

Pungadest arenevad pärislehed on varrel mitmeti paigutatud. Lehtede paigutus varrel ehk leheseis on kas vastak, männaseline või vahelduv. Igal lehistunud varrel võib eral-

dada sõlmi, s. o. kohti, kus varrele kinnitub üks kuni mitu lehte, ning sõlmevahesid. Selle järgi, kas igale sõlmele kinnitub vaid üks leht või kaks lehte või aga vähemalt kolm, eraldataksegi vahelduvat, vastakut ning männaselist leheseisu. Vastakud lehed on väga harilikud näit. nelkõielistel, huulõielistel, nõgeselistel, uniohakalistel (näit. peetri piibelehel, äiataril, tähtpeadel), emajuurtel jt. Harvemini esinevad männaselised lehed. Neid leidub näit. kadakal *(Juniperus communis)*, ussilakul *(Paris)*, kuuskheintel *(Hippuris)*. Leidub ka varsi osalt vastaku, osalt männaselise leheseisuga, nagu näit. kukesabal *(Lythrum salicaria)*, metsvitsal *(Lysimachia vulgaris)* jt.

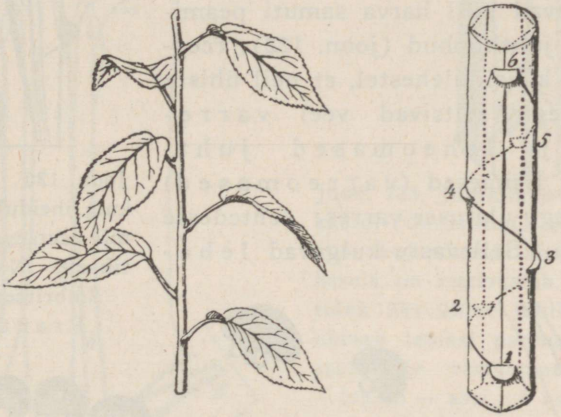
Eriti sage on õistaimedel vahelduv leheseis. On selgunud, et vahelduva leheseisu puhul lehed tegelikult asetsevad spiraalil, mida võib jälgida näit. niidi abil, mis kulgeb ühelt lehealuselt teisele (joon. 119).

Üheidulehestel taimedel võib tõestada, et seesugune leheseis on arenenud distihsest (kaherealisest) leheseisust, mis neil taimedel



Joon. 118. Lätepuu (*Ravenala madagascariensis*). Vahelduvad lehed asetsevad kaherealiselt, s. o. kahes vastakus püstireas. G r a e b n e r'i järgi.

on eriti harilik, sest ta esineb kõrrelistel, võhumõõgalistel, penikeeltel, paljudel liilialistel, orhideedel jt. Selle leheseisu efektseks näiteks on lätepuu — *Ravenala madagascariensis*. Kaherealise leheseisu puhul on kolmas leht ülekuti esimesega, viies ülekuti kolmandaga jne. Siit järgneb, et nurk kahe lehe vahel (nn. divergents) on siin $\frac{1}{3-1} = \frac{1}{2} = 180°$. Paljudel üheidulehestel (näit. *Gasteria* liikidel) võib näha üleminekut leheseisust $\frac{1}{2}$ leheseisudeni nagu $\frac{1}{3}$ (paljudel lõikheinalistel), $\frac{1}{4}$, $\frac{2}{5}$ jt. On huvitav, et üheidulehestel, millede lõplik leheseis on $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{5}$ jne., algul, s. o. noortel taimedel, esineb sageli distihhia (divergents = $\frac{1}{2}$).



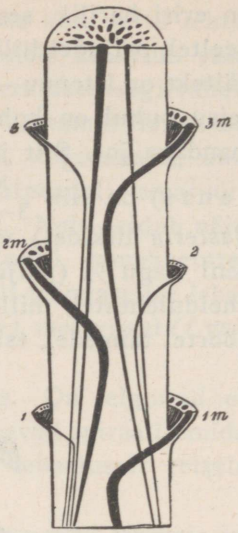
Joon. 119. Taim leheseisuga $\frac{2}{5}$. Wossidlo järgi.

Kuigi osalt ka kaheidulehestel esineb distihhia, nagu näit. türgioal *(Phaseolus multiflorus)*, oal *(Vicia faba)*, *Begonia* liikidel jt., on siin võrratult sagedamad teised leheseisud, nagu $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{8}$ jne. ja ka vastak leheseis.

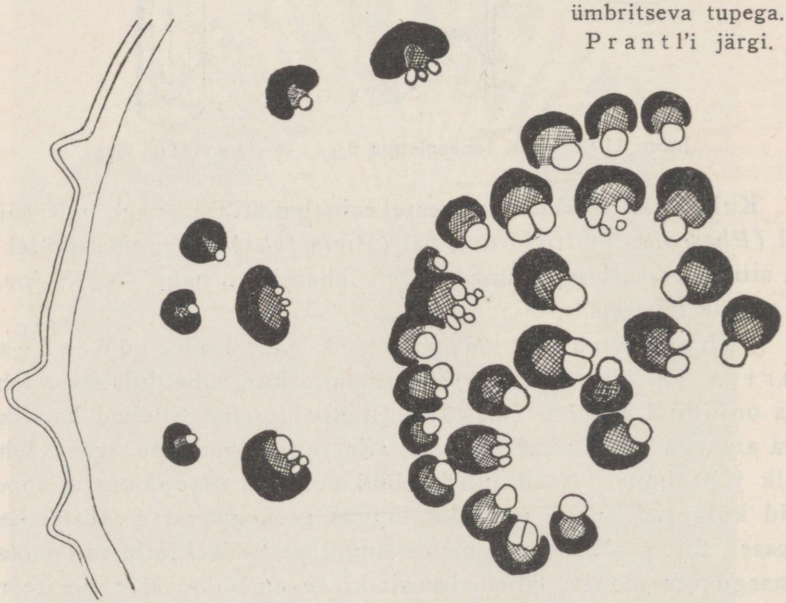
Juhtkimpude kulg ühe- ja kaheiduleheste vartes ja tüvedes. Juhtkimpude kulg üheiduleheste lehtedes on antud eespool (lk. 13). Et üheiduleheste lehed harilikult laia alusega kinnituvad varrele, siis tungib varresse igast lehest hulk juhtkimpe. Need juhtkimbud ei jätku otsejoones allapoole, vaid kulgevad nurgi, ulatudes lõpuks peaaegu varre (tüve) keskosasse. Siit peale muutub nende suund, sest edasi jätkuvad nad alla peaaegu otsejoones, lähenedes siiski aegamööda varre perifeersetele osadele, kus nad lõpuks ühinevad mõne samasuguse juhtkimbuga, mis tuleb mõnest allpool-olevast lehest (joon. 120). Seejuures tungivad lehe keskosast tulevad juhtkimbud märksa sügavamale

varresse kui lehe ääreosade omad. Praegu kirjeldatud juhtkimpude kulg tingibki karakteerse pildi, mida võib näha üheidulehestе varre ristilõikudel, kus juhtkimbud esinevad pillatult kogu ristilõigus (joon. 121).

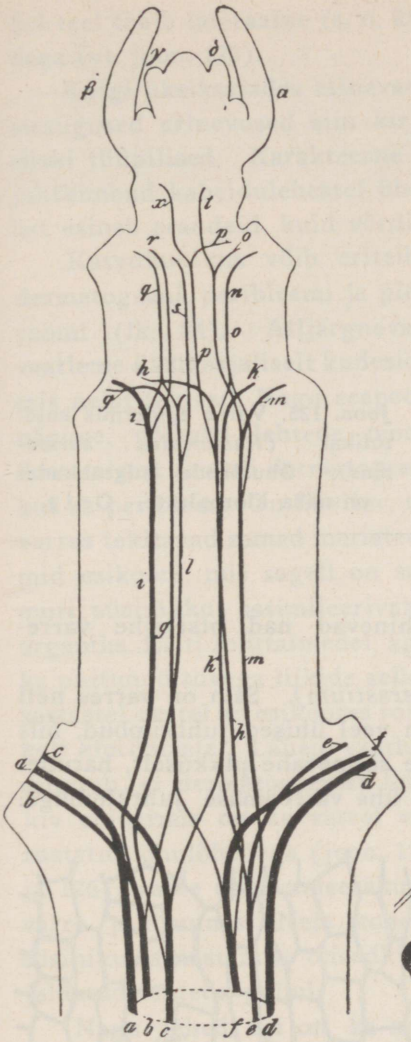
Kaheidulehestel on juhtkimpude kulg varres tublisti erinev. Nagu eespool selgitatud, on üheiduleheste juhtkimbud kõik ühised kimbud, s. o. nad on omased nii lehele kui ka varrele. Kaheidulehestel taimedel esinevad küll harva samuti peamiselt ühised juhtkimbud (joon. 122); reegliks on aga kaheidulehestel, et neil ühiste juhtkimpudega seltsivad veel varreomased ja leheomased juhtkimbud. Esimesed (varreomased) kulgevad kogu ulatuses varres; lehtedesse nad ei ulatu. Sellevastu kulgevad lehe-



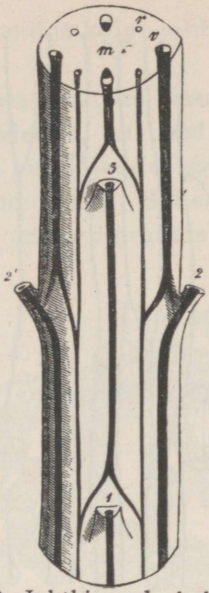
Joon. 120. Juhtkimpude kulg üheidulehesel. Skeemil asetsevad lehed distihselt. Nad on vart ümbritseva tupega. Prantl'i järgi.



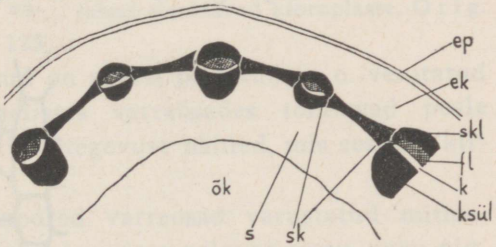
Joon. 121. *Monstera pertusa*. Juhtkimpude paigutus üheidulehese varre ristilõigul. Juhtkimpudes on mustaga märgitud tugikude (sklerenhüüm); niinosa on risti viirutatud; puuosast on joonistatud ainult suuremad sooned. Põhikude, esikoor ja epidermis — valged. Orig.



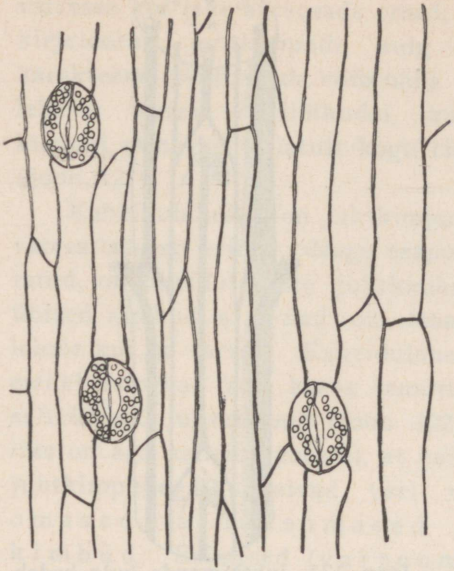
Joon. 122. *Clematis vitalba.* Juhtkimpude kulg kaheidulehesel ühiste juhtkimpudega. Igas lehes on kolm ühist juhtkimpu, mis varres kulgevad otsejoones alla ning allpool ühinevad järgmiste (allpool olevatest lehtedest tulevate) ühiste juhtkimpudega, kusjuures nad osalt jagunevad enne dihhotoomselt, luues seega otsese ühenduse kõrvuti kulgevate juhtkimpude vahel. N a e g e l i järgi.



Joon. 123. Juhtkimpude kulg kadakkaeral *(Cerastium).* Skeemil on esikoor kujundatud läbipaistvana. Leheseis on ristivastak. Igast lehest tuleb üks ühine juhtkimp (v), mis ühineb temast paremal ja vasemal asetsevate varreomaste kimpudega (r). m — säsi. P r a n t l'i järgi.



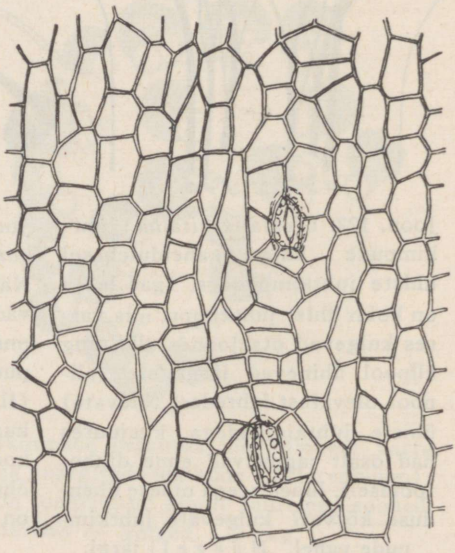
Joon. 124. Kuldtulika *(Ranunculus auricomus)* varre ristilõigu osa (skeem). Näha viis juhtkimpu, mis kõik asetsevad samal sõõril. Igas juhtkimbus on mustaga tähendatud tugikude (skl) ja puuosa (ksül). Nende vahel on niinosa (fl) ja kambium (k). Juhtkimpude tugikude on ühenduses kimbuvahelise tugikoega säsikiirtes (sk). Säsis (s) on suur õhukäik (õk). Juhtkimpudest väljaspool on esikoor (ek), millele järgneb epidermis (ep). O r i g.



Joon. 125. Varre epidermis kuldtulikal *(Ranunculus auricomus)*. Õhulõhede sulgrakkudes on näha kloroplaste. Orig.

omased ainult lehes; varres ühinevad nad otsekohe varreomaste või ühiste juhtkimpudega.

Näiteks on sobiv kadakkaer *(Cerastium)*. Siin on varres neli varreomast kimpu. Peale nende on veel ühised juhtkimbud, mis varres alla ulatuvad umbes poolteise sõlmevahe pikkuselt, harunevad siis kaheks ja iga haru ühineb ühe varreomase juhtkimbuga.

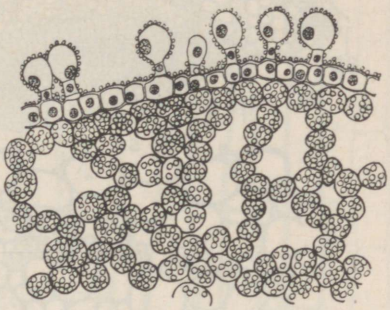


Joon. 126. Varre epidermis suurelehisel tobiväädil *(Aristolochia macrophylla)*. Sulgrakud on osalt kaetud naabruses olevatest rakkudest. Nad sisaldavad kloroplaste. Orig.

Sel teel tekib lateraalne (s. o. külgmine) ühendus kõigi juhtkimpudega (vt. joon. 123).

Kuigi üksikasjades esinevad kaheiduleheste suures klassis mitmesugused erinevused siin kirjeldatud näidetest, on need näited siiski tüüpilised. Karakteerne on, et varre ristilõikudel asetsevad juhtkimbud kaheidulehestel ühes sõõris (joon. 124). Sellest reeglist esineb erandeid, kuid võrdlemisi harva (näit. pipralistel).

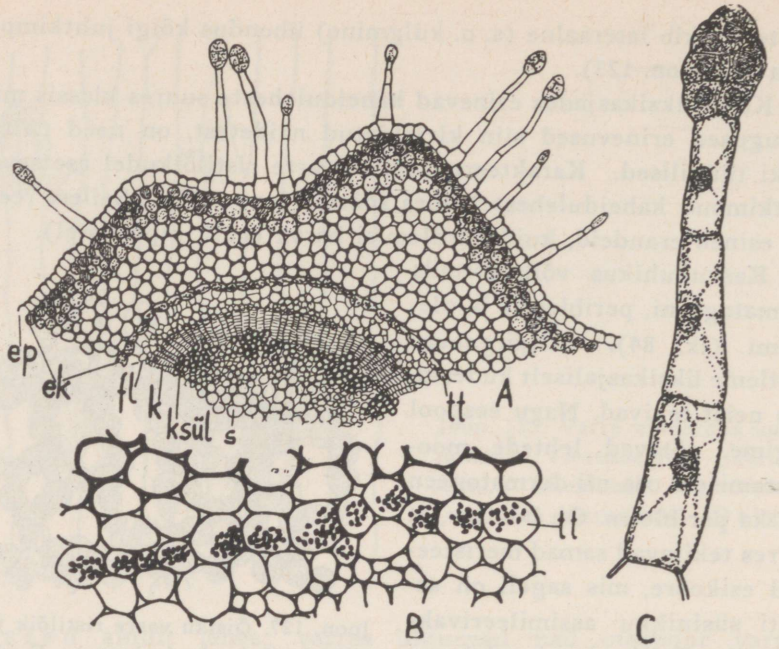
Kasvukuhikus võib eritella dermatogeeni, peribleemi ja pleroomi (lk. 84). Alljärgnevas vaatleme üksikasjaliselt kudesid, mis neist tekivad. Nagu eespool nägime, võtavad lehtede moodustamisest osa nii dermatogeen kui ka peribleem. On huvitav, et varres tekitavad samad meristeemid esikoore, mis sageli on samuti süsinikku assimileerivaks organiks. Eriti rohttaimedel, aga ka puitunud tüvega liikide selleaastastel okstel on esikoores rohkelt kloroplaste. Lähem vaatlus selgitab, et dermatogeenist tekkiv epidermis on ka varrel varustatud õhulõhedega (joon. 125 ja 126); varre epidermiserakud on sageli piklikud, s. o. venitatud varre pikisuunas. Neis rohelistes varreosades toimuvad peale süsiniku sarnastamise teisedki elutegevuse nähted, mis eespool kirjeldatud lehtede puhul.



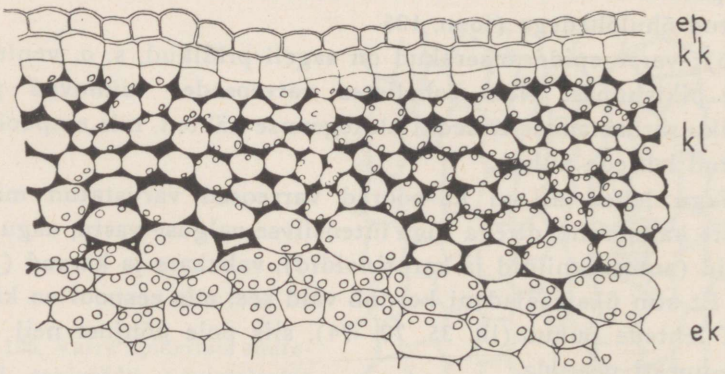
Joon. 127. Õisiku varre ristilõik jaanililel *(Primula farinosa)*. Epidermis on kaetud kaherakuliste, flavooni eritavate näärmekarvadega. Epidermises ja karvades on näha rakutuume. Sügavamal järgnevas esikoores on suured intertsellulaarid; rakud sisaldavad kloroplaste. Orig.

Nagu lehed, nii on ka noored varreosad varustatud mitmesuguste kaitsevahenditega liiga intensiivse valguse vastu, nagu pigmendid (antotsüaniinid ja karotinoidid), vahakate ja karvad (joon. 128). Et siin üksikasjadeni kordub vaid see, mis eespool on kirjeldatud lehtede puhul (lk. 35, 70—74), siis pole põhjust neil küsimusil uuesti peatuda.

Sage on ka kollenhüümi (*collenchyma*, joon. 129 ja 130) esinemine esikoores. Kollenhüüm koosneb elusatest, sageli kloroplaste omavatest rakkudest, mille pikkus ületab mitmekordselt raku laiuse. Rakusein on neil tselluloosist ning on varustatud rakukesta nurkades pikuti käivate seinapaksenditega. Kollenhüümi



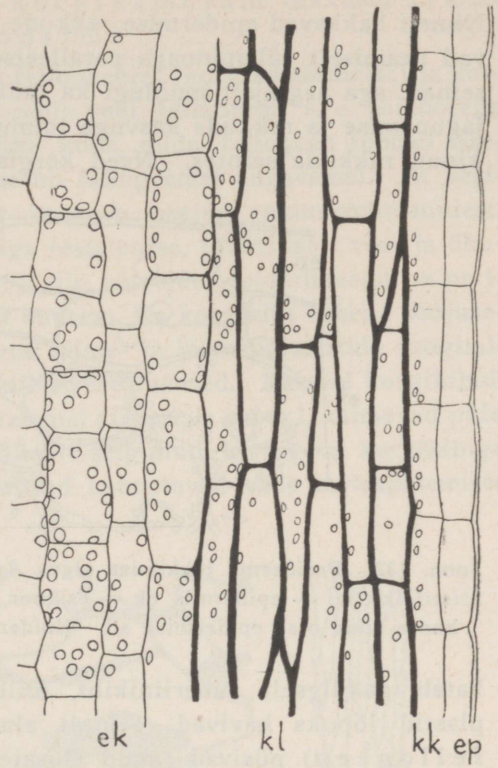
Joon. 128. *Physochlaina orientalis*'e varre ristilõik. Epidermis on kaetud mitmerakuliste näärmekarvadega (c). Viimastes on selgelt nähtavad tuum, plasma ja plasmaniitidest läbistatud vakuool. Epidermis (ep) antotsüaniini ei sisalda, küll aga perifeersed esikoore (ek) rakud; need on viirutatud. Selgelt eraldub esikoore ja kesksilindri piiril tärklistupp (tt). fl — floeem, k — kambium, ksül — ksüleem, s — säsi. Orig.



Joon. 129. Hiina-nõgese (*Boehmeria nivea*) varre perifeerse osa ristilõik. Epidermisele (ep) järgnevas esikoore esimeses kihis on alanud peridermi teke (kk — korgikambium). Sügavamal järgneb esikoore tugikude — kollenhüüm (kl). Kollenhüümi rakud, samuti sügavamal olevad esikoore rakud (ek), milledel puuduvad kollenhüümile omased seinapaksendid, sisaldavad kloroplaste. Orig.

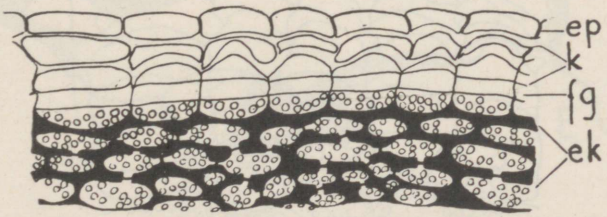
rakud liituvad otstega üksteise külge ning asetsevad harilikult suurte rühmadena otse epidermise all. Kollenhüüm kuulub tugikudede hulka.

Väga iseloomulikud muutused toimuvad varte perifeersetes osades esimese vegetatsiooniperioodi teisel poolel või ka järgnevail aastail. Nende tulemusena muutub varreosade värvus tunduvalt: harilikult asendab esialgset rohelist värvust hall, pruunikas-hall, punakas, valkjas jne. värvus, nagu seda võib näha igal põõsal ja puul. Need muutused olenevad peridermi tekkest.



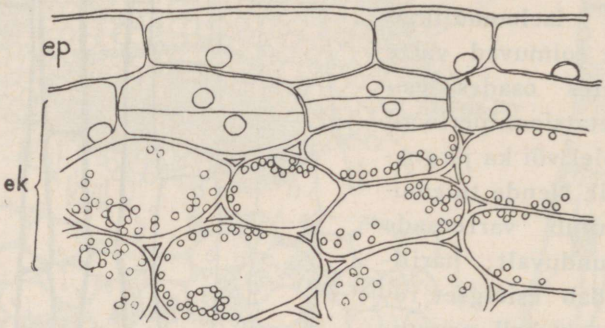
Joon. 130. Hiina-nõgese *(Boehmeria nivea)* varre perifeerse osa pikilõik. Vrd. joon. 129. Orig.

Periderm *(periderma)*. Taimeorganite kasvul suudab epidermis harva püsida pikemat aega kaitsva väliskihina. Harilikult asendab teda võrdlemisi varsti võrratult resistentsem periderm. Peridermi teke toimub mitmeti (vt. joon. 129—133). Mõningatel juhtudel algab peridermi teke epidermise rakkudes (joon. 129—131).



Joon. 131. Ristilõik raudpaju *(Salix pentandra)* kaheaastase oksa peridermist ja esikoore välisest osast. Esikoore rakud (ek) sisaldavad kloroplaste; nad on paksenenud seintega. Fellogeen (fg) on siin tekkinud epidermise (ep) rakkudest. k — korkkoe rakud, fg — fellogeen e. korgikambium. Orig.

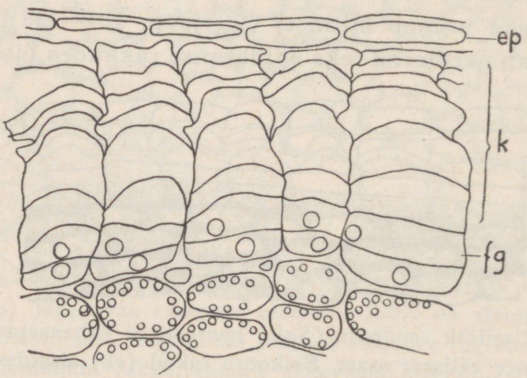
Nimelt hakkavad epidermise rakkude protoplastid jagunema. Tekivad peamiselt välispinnaga paralleelsed nn. tangentsiaalsed vaheseinad, aga aeg-ajalt muidugi ka radiaalsed vaheseinad. Käsikäes jagunemise ja rakkude kasvuga toimuvad ka muutused nõnda tekkinud rakkude seintes. Need korgistuvad, s. o. nende rakuseina



Joon. 132. Peridermi tekkimise algus *Aeonium arboreum*'i noores varres (ristilõik). ep — epidermis, ek — esikoor. Korgikambium tekib välises esikoore-kihis otse epidermise all. Epidermise rakud alles elus. Orig.

katab igakülgselt suberiinikiht, mille tagajärjel korkkoe protoplastid lõpuks hävivad. Ainult alumises korkkoe-kihis (fg — fellogeen) püsivad rakud elusatena; need rakud on plasmarikkad; neist tekivad väljapoole ikka uued korgikihi rakud.

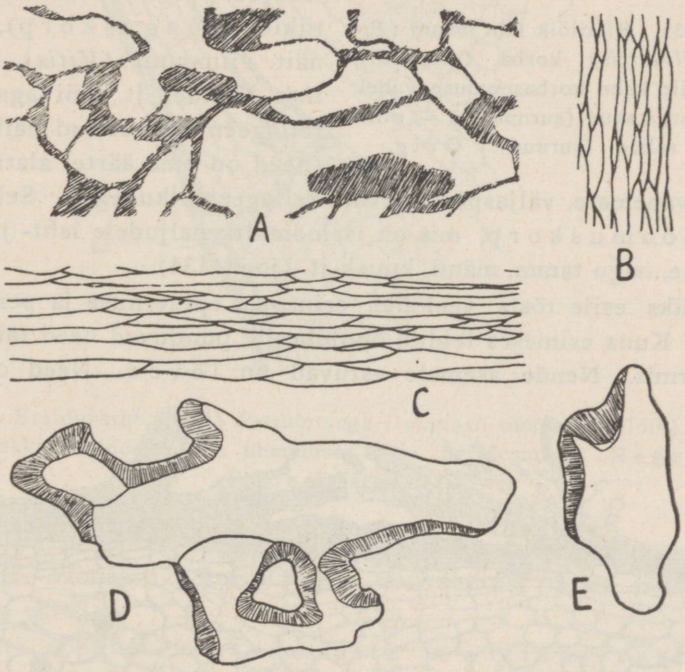
Teistel juhtudel tekib fellogeen epidermise all olevas esikoore-kihis või ka veel sügavamal (joon. 132, 133). Ka sel puhul toimuvad kõik eespool-kirjeldatud jagunemisprotsessi iseärasused. Mõnel



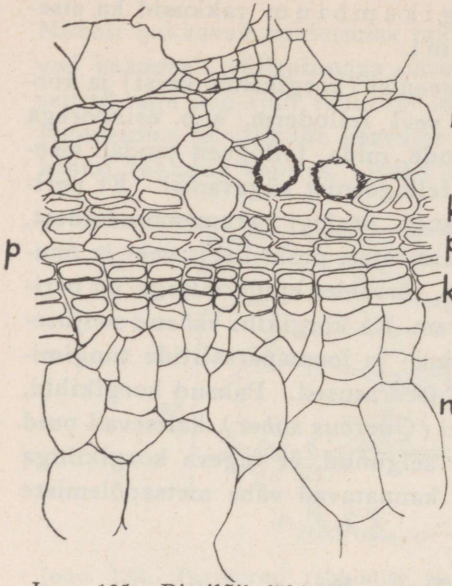
Joon. 133. Väljakujunenud periderm *Aeonium arboreum*'il (ristilõik). ep — surnud epidermis, k — korkkude (surnud), fg — fellogeen. Orig.

juhul toodab fellogeen ehk korgikambium rakkusid ka sisesuunas, tekitades nn. felloderm i.

Seega koosneb periderm fellogeenist (korgikambiumist) ja korgist; mõnel juhul lisandub neile veel felloderm, s. o. esikoorega sarnanev kloroplaste sisaldav kude, mida fellogeen toodab sisesuunas ja mis selle tõttu asetub fellogeenist sügavamal. Et periderm on mitmekihine ning koosneb pealegi rakumembraanidest, mis on seestpoolt kaetud väga resistentse, praktiliselt vee- ja õhukindla suberiinikihiga (lk. 19), siis, võrreldes epidermisega, on periderm kaitsevõime tunduvalt suurem. Ka korgikihi vähene soojusejuhtivus ning ta vastupidavus taime- ja loomaparasiitide tungimisele taime on kahtlemata olulised iseärasused. Paksud korgikihid, nagu neid leidub näit. korktammel *(Quercus suber)*, kaitsevad puid ka tulikahjude puhul; on nimelt selgunud, et tugeva korgikihiga või paksu korbaga kaetud tüved kannatavad vähe metsapõlemiste puhul.



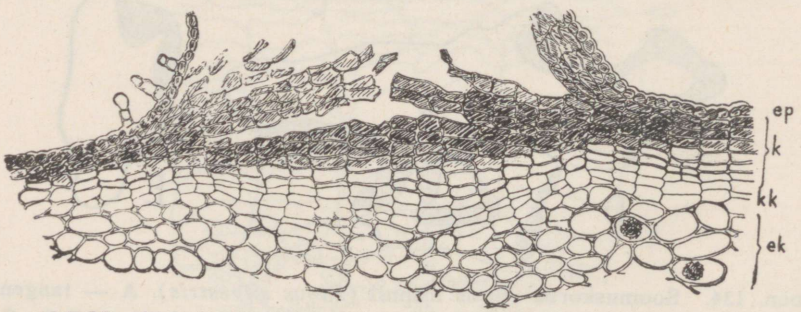
Joon. 134. Soomuskorba ehitus männil *(Pinus silvestris)*. A — tangentsiaalne lõik, B — ristilõik, C — radiaalne pikilõik. Joonistel A, B ja C on märgitud piirid üksikute korbasoomuste vahel. D ja E — eraldunud korbasoomused. Orig.



Joon. 135. Ristilõik läbi männi *(Pinus silvestris)* korba (suurend.). p — piir kahe korbasoomuse vahel, k — korgirakud (surnud), n — niinosa rakud (surnud). Orig.

K o r p *(cortex)*. Korba tekkimine sarnaneb väga korgikihi tekkimisega. Ka siin toodavad korgikambiumi- e. fellogeenikihid korgirakke. Aga et korbas tekib fellogeen sügaval, siis leidub tegevuses olevast fellogeenikihist väljaspool mitte ainult korgirakke, vaid ka mitmesuguseid esikoore või koguni tüve teiskasvul tekkinud niinosa rakke. Fellogeen tekib siin kas silindrilise kihina, mille tõttu siis peale korgirakkudest koosneva kihi tekkimist ja varre paksemaks kasvamist eralduvad torujad, pikuti lõhenenud korbatükid (r õ n g a s k o r p), nagu näit. viinapuul *(Vitis)*, *Clematis*'e liikidel jt., või aga tekib fellogeen isoleeritud laikudena (need on oma äärtel alati ühenduses vanemate, väljaspool olevate fellogeenlaikudega). Sel puhul tekib s o o m u s k o r p, mis on iseloomulik paljudele leht- ja okaspuudele, nagu tamm, mänd, kuusk jt. (joon. 134).

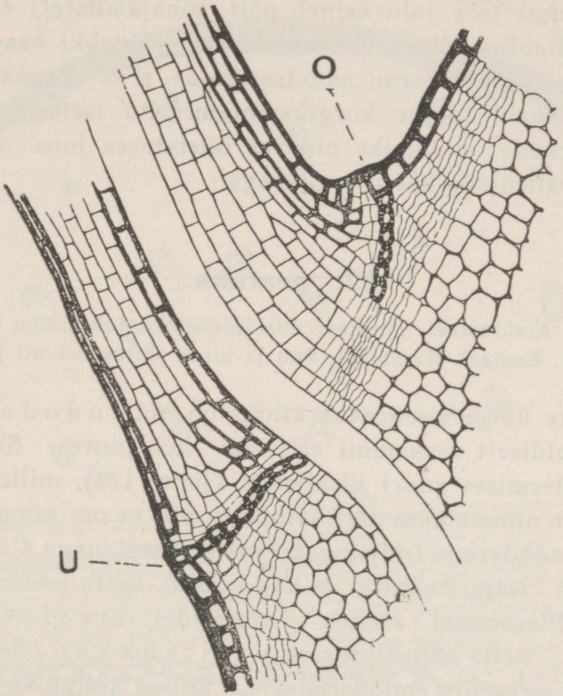
Jääks esile tõsta veel üks erinevus epidermise ja peridermi vahel. Kuna esimeses leidub õhulõhesid, puuduvad need täielikult peridermis. Nende asemele astuvad nn. l õ v e d. Need organid



Joon. 136. Mandžuuria pähklipuu *(Juglans mandshurica)* lõve ristilõik. ep — epidermis, k — korkkude, kk — korgikambium, ek — esikoor (selles $Ca(COO)_2$ druuse). Orig.

tekivad sageli just kohtadel, kus epidermises, mille all tekkis periderm, olid õhulõhed. Nende moodustiste ehitus selgub joon. 136.

Väliselt on lõved väikesed või ka võrdlemisi suured näsad, mis mitmesuguse tihedusega katavad oksi. Horisontaalsetel okstel leidub neid eriti rohkelt okste alumisel küljel. Lõikudel selgub, et lõved erinevad neid ümbritsevast peridermist üsna tunduvalt; nad on peridermi osised, kus fellogeen toodab rakkusid, mis küll samuti



Joon. 137. Eralduskiht (o—u) *Pseudotsuga Douglasii* okkas (pikilõik). On näha, et okka eralduskiht on ühenduses oksa peridermiga. Neger ja Fuchs'i järgi.

asetsevad püstiridades, nagu korgirakud, mille vahel aga on rakuvaheruume; viimased võimaldavadki õhuvahetust taime ja väliskeskkonna vahel.

Samuti põhineb lehtede, õite ja viljade varisemine meristeemi tekkimisel neil kohtadel, kus lõpuks toimub nimetatud organite eraldumine taimest. Lehtedes on see tsoon lehealuses (joon. 137), asudes mitmeti eriliikidel. Teatavas kitsas vöötmes algab püsikoes rakkude jagunemine. Varsti omavad jagune-

mise tagajärjel tekkinud rakud sama iseloomu, mis fellogeeni rakud; nad on plasmarikkad, suhteliselt suurte tuumadega. Paljudel liikidel püsivad nad sellistena kuni vastava organi varisemiseni või neil korgistuvad rakuseinad. Lehtede varisemise tagajärjeks on arvukate väikeste haavade tekkimine varrel. Haavade arv on muidugi seda suurem, mida enam variseb lehti. On ilmne, et taim vajab kiiret haavade katet. Katte tekkimine toimub mitmeti. Kõige lihtsamal juhul (see juht esineb näit. sõnajalalistel) eritab haava pind kummitaolist ollust, mis kuivab ning katabki haava. Harilikult toimub aga peridermi moodustumine, s. o. haavakohale tekib korkkoe-rakkusid tootev korgikambium. On iseloomulik, et nii tekkiv korkkude on lõpuks pidevas ühenduses juba olemasoleva, kogu oksa välispinda katva korkkoega.

12. peatükk.

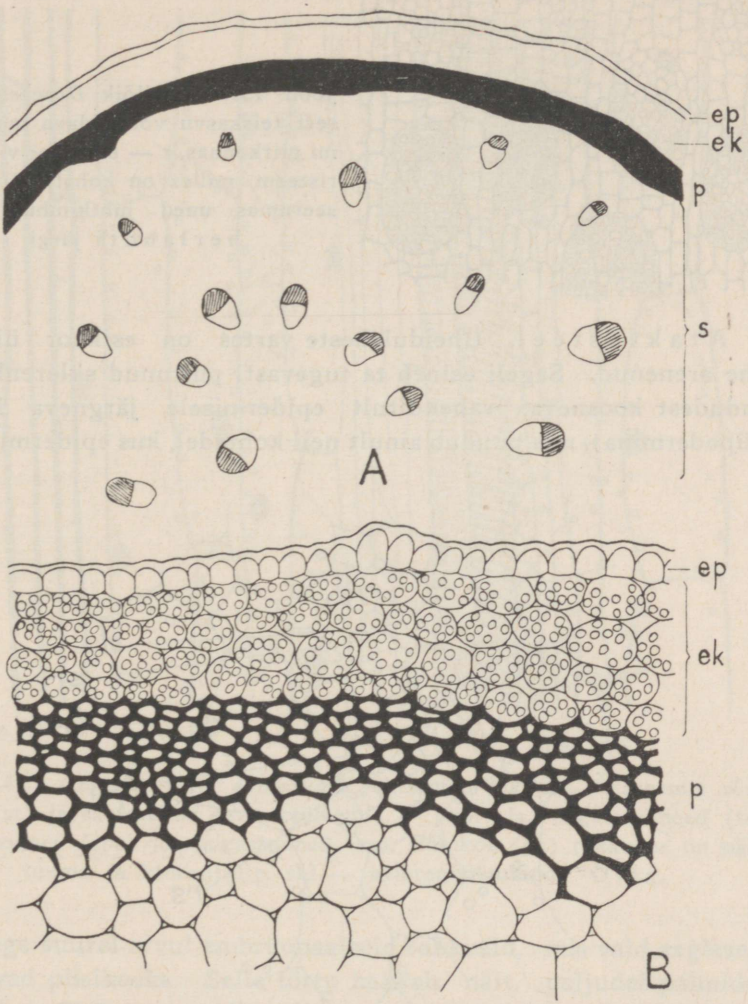
Kesksilinder. Ataktosteel. Teiskasv üheidulehestel. Juhtkimbu osad (floeem, ksüleem). Eusteel. Kambium. Puu ja niine ehitus männil ja pärnal.

Esikoore kõige sisemiseks kihiks on nn. endodermis. Ta on varres üldiselt raskemini eriteldav kui juures. Sageli leidub varte endodermises suuri tärklisteri (joon. 128), mille tõttu siis endodermist nimetatakse tärklistupeks, või ta on sama ehitusega, mis juure endodermis (mõningatel maltsalistel, nagu *Chenopodium, Obione* jt.). Nagu teisedki esikoore osad, tekib endodermis peribleemist. Pleroomist areneb õistaimedel steel ehk kesksilinder. Selle väliskihiks on peritsükkel. Seega järgneb peritsükkel vahetult endodermisele. Mõnel juhul on peritsükkel katkendiline (näit. paljudel üheidulehestel), kuid üldiselt on see pidev silinder. Ta koosneb ühest või mitmest rakukihist, mis tavaliselt kõik sisaldavad protoplaste. Siiski esineb ka juhte, kus peritsüklist kujuneb tugikude (nn. mehaaniline rõngas). Näiteks *Aristolochia sipho*'l muutub enamik peritsükli rakke paksenenud seintega kiududeks (surnud rakud), kuid siin-seal püsivad selles ka elusad rakud. Nende mõjul laguneb hiljemini peritsükli pidev tugikoe-rõngas üksikosadeks, kusjuures vahed sklerenhüümiosade vahel täituvad parenhüümsete paljunemisvõimeliste rakkudega.

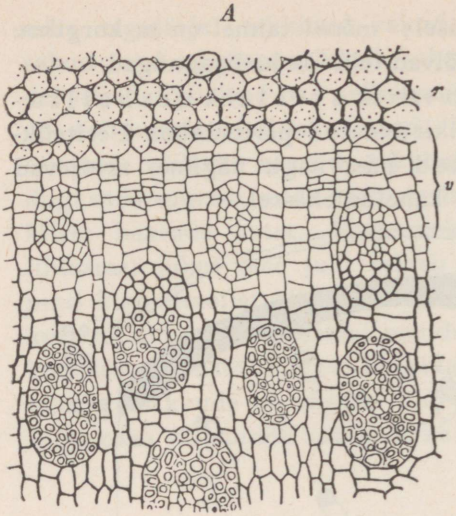
Kuigi peritsükli ülesanne varres on mitmesugune, selle järgi kas ta on puitunud või mitte, on eriti oluline, et ta kujundab endast teatavat elusate rakkude reservi, mis astub tegevusse näit. juurte

(nimelt lisajuurte) moodustamisel; mõnel taimel on ta korgikoe algus- ehk initsiaalkihiks; siin võivad tekkida ka lisapungad.

Endodermisest seespool asub varres steel ehk kesksilinder. Steeli väliskihiks on ülalkirjeldatud peritsükkel. Peritsüklist seespool järgnevad juhtkimbud, mis, nagu nägime, asetsevad mitmesuguselt üheidulehestel ja kaheidulehestel.

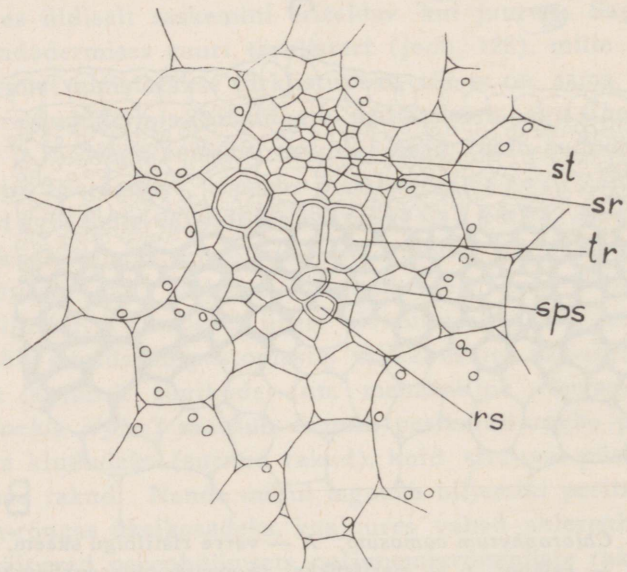


Joon. 138. *Chlorophytum comosum.* A — varre ristilõigu skeem. ep — epidermis, ek — esikoor, p — peritsükkel (koosneb sklerenhüümkiududest), s — ataktosteel. Ataktosteeli (s) põhikoes asetuvad juhtkimbud pillatult, kusjuures juhtkimbu niinosa (viirutatud) on perifeerne. B — eelmisel joonisel antud varre perifeersed kihid detailsemalt. Esikoore rakkudes kloroplastid. Peritsüklis on rakuseinad puitunud. Orig.



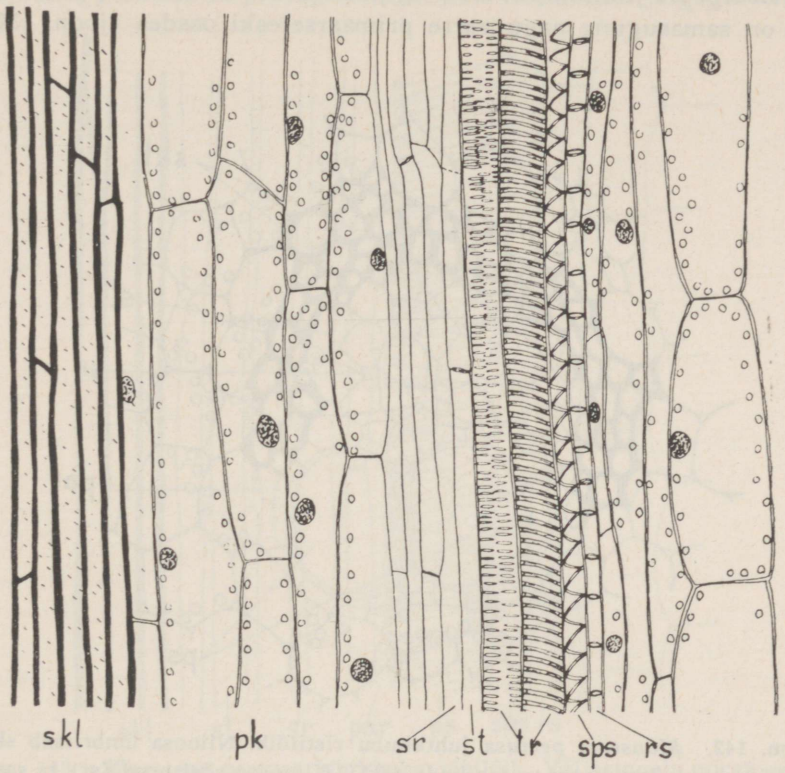
Joon. 139. Ristilõik *Dracaena* varrest teiskasvu võimaldava meristeemi piirkonnas. r — esikoor; v — meristeem, milles on kohati differentseerumas uued juhtkimbud. Haberlandt'i järgi.

Ataktosteel. Üheiduleheste vartes on esikoor üldiselt vähe arenenud. Sageli esineb ta tugevasti puitunud sklerenhüümkiududest koosneva, vahenditult epidermisele järgneva kihina (hüpodermina), mis puudub ainult neil kohtadel, kus epidermises on



Joon. 140. *Chlorophytum comosum*'i juhtkimbu ristilõik. Floeemis sõeltorud (st) ja saaterakud (sr), ksüleemis — poor- ja rõngastrahheed (tr), spiraalsooned (sps) ja rõngassooned (rs). Põhikoe rakud sisaldavad kloroplaste. Orig.

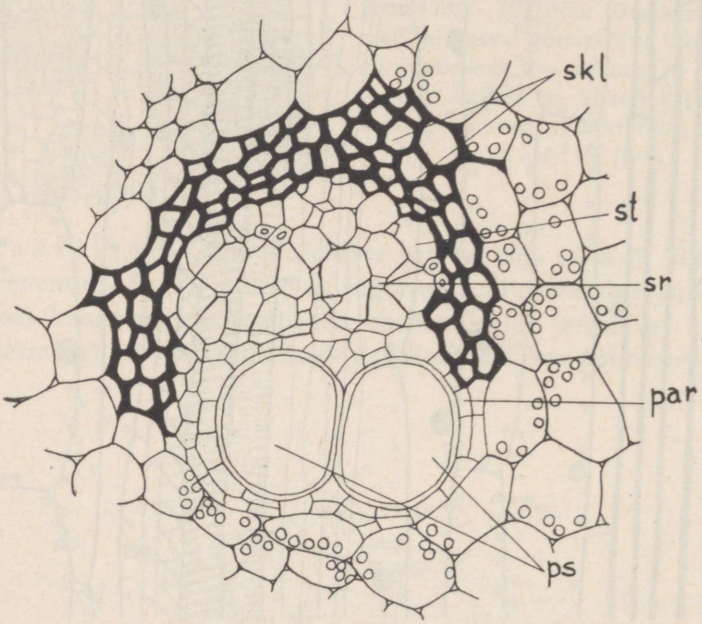
õhulõhed. Siiski eraldub esikoor harilikult enam-vähem selgelt sellele järgnevast steelist, milles on hulk juhtkimpusid, mis steeli ristilõigul esinevad pillatult nii lõigu kesk- kui ka ääreosades. Seesugust steeli nimetatakse a t a k t o s t e e l i k s. On huvitav, et mõningatel ataktosteeli omavatel taimedel toodetakse kasvukuhi-



Joon. 141. *Chlorophytum comosum*'i juhtkimbu pikilõik. Floeemis sõeltorud (st) ja saaterakud (sr), ksüleemis — poor- ja rõngastrahheed (tr), spiraalsooned (sps) ja rõngassooned (rs). Põhikoe (pk) rakkudes on näha tuuma ja kloroplaste. skl — sklerenhüümkiud. O r i g.

kuis väga suurel arvul embrüonaalseid rakkusid, mis vaid aeglaselt muutuvad püsikoeks. Selle tõttu hakkab näit. paljudel palmidel tüvi pikemaks kasvama alles siis, kui tüve läbimõõt on juba lõpliku läbimõõdu piirkonda jõudnud. Aegamööda toimub siis embrüonaalse koe üleminek püsikoeks. Väljakujunenud tüveosad püsivad kuni taime surmani enam-vähem muutumatuina; siiski võib ka püsikoes jätkuda rakkude kasv.

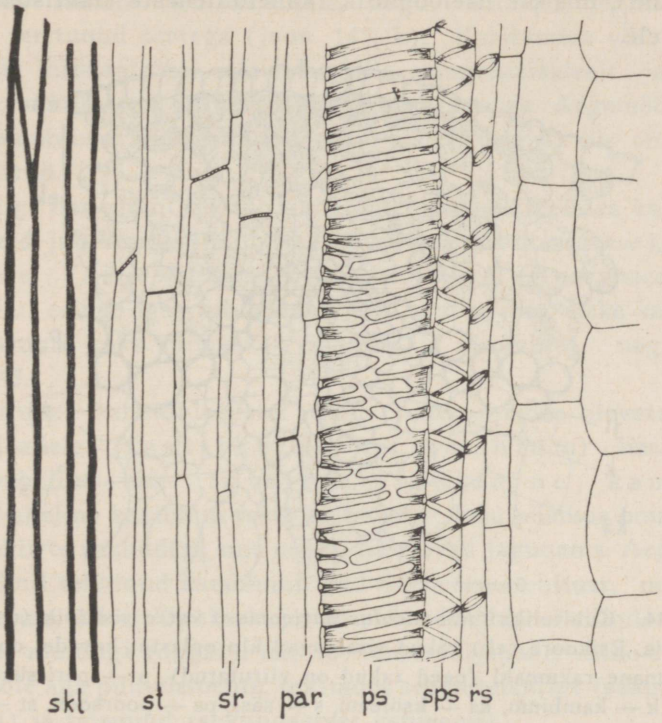
Vähestel ataktosteeliga liikidel on olemas peale eespool-kirjeldatud primaarse kasvu veel sekundaarne kasv ehk teiskasv. See esineb nimelt *Dracaena*'de, *Cordyline*'de ja *Yucca*'de tüvedes. Neil tuttvõra-puudel tekib peritsüklis juba varakult taime surmani paljunemisvõimelisena püsiv meristemaatiline kude, mis aegamööda muutub sissepoole juhtkimpudest ning põhikoest koosnevaks püsikoeks, mis on samasugune nagu varre primaarseteski osades (joon. 139).



Joon. 142. *Monstera pertusa* juhtkimbu ristilõik. Niinosa ümbritseb sklerenhüümkiududest koosnev tugikude (skl). Niinosas sõeltorud (st) ja saaterakud (sr). Puuosas ümbritsevad puuparenhüümi-rakud (par) suuri poorsooni (ps). Orig.

Ataktosteeli juhtkimbud on kinnised (vt. lk. 112). Nad koosnevad kahest osast: niinosast (floeem) ja puuosast (ksüleem). Need osad asetsevad tihedalt teineteise vastas (kollateraalne juhtkimp, joon. 140—144). Seejuures on juhtkimpude puuosad alati suunatud varre keske poole. Juhtkimpe ümbritseb sklerenhüümkiududest koosnev tupp. Eriti tugev on tugikoest tupp niinosa läheduses. Juhtkimbus on mõningatel liikidel näha suurt õhuvaheruumi, mis on tekkinud rebenemisnähete tulemusena. Sellesse õhukäiku ulatuvad juhtkimbu kõige vanemad sooned (pro-

toksüleem): rõngas- (rs) ja spiraaltrahheed (sps). Juhtkimbu järgnevas osas (metaksüleemis) on harilikult kaks kuni mitu suurt soont, mis välispinnal on tihedalt kaetud protoplaste sisaldavate puuparenhüümi-rakkudega. Sooned (trahheed) ise koosnevad vaid rakkude pikiseintest. Nii vaheseintest rakkude vahel kui ka rakkudes kunagi elutsenud protoplastidest pole trahheedes jälgegi. Neid



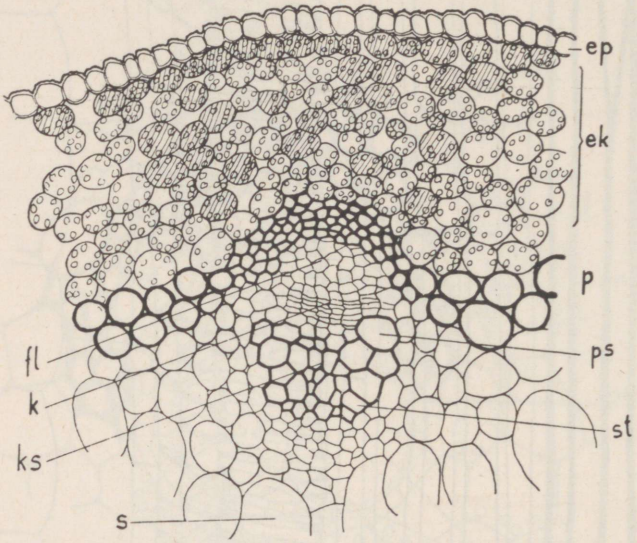
Joon. 143. *Monstera pertusa* juhtkimbu pikilõik. Väljastpoolt piirab niinosa tugikude, mis koosneb sklerenhüümkiududest (skl). Niinosas sõeltorud (st) ja saaterakud (sr); puuosas — poorsooned (ps), spiraalsooned (sps) ja rõngassooned (rs). Joonisel kujutatud laiem soon on osalt poorsoone, osalt rõngassoone iseloomuga. Orig.

pidevalt katvate elusate parenhüümrakkude kohal on sooned varustatud suurte pooridega.

Kõigil siin kirjeldatud puuosa elementidel on rakuseinad enamvähem puitunud. Eriti ligniinirikkad on trahheiidide ja trahheede seinad.

Juhtkimbu niinosa on üheidulehestel lihtsa ehitusega: ta koosneb sõeltorudest (st) ja saaterakkudest (sr). Esimesed on pikad

torujad moodustised, mis on tekkinud ülekuti asetsevatest rakkudest. Nende otsmised vaheseinad on tuntud sõelplaatidena, sest et nad on auklikud. Sõeltorudega vahelduvad saaterakud on sõeltorude lülidest lühemad, tihedalt täidetud plasmaga ning suurte tuumadega. Praegu kirjeldatud juhtkimp on kinnine. Temas puudub floeemi ja ksüleemi vahel olev meristeemi omadustega kude (kambium), mis on iseloomulik kaheiduleheste lahtistele juhtkimpudele.



Joon. 144. Kuldtulika *(Ranunculus auricomus)* varre ristilõik (osa). ep — epidermis. Esikoore (ek) rakud sisaldavad kloroplaste; kevadel on paljudes neist punane rakumahl (need rakud on viirutatud). p — peritsükkel, fl — floeem, k — kambium, ks — ksüleem, s — säsi, ps — poorsoon, st — spiraaltrahheiid. Orig.

Eusteel on niisama iseloomulik kaheidulehestele, nagu ataktosteel üheidulehestele. Ta koosneb peritsüklist ning sellest seespool olevast varre osast, milles võib eritella: juhtkimpusid, säsikiiri ja säsi. Võrreldes ataktosteeliga ilmneb siin põhjapanev vahe juba juhtkimpude paigutuseski: juhtkimbud asetsevad kaheidulehestе varre ristilõigul ühes ringis (joon. 124). Juhtkimpude puuosad on, nagu ataktosteeliski, suunatud sissepoole, niinosad — väljapoole. Eusteelis aga on juhtkimbud harilikult lahtised, see on niine ja puuosa vahel on siin veel eriline meristemaatiline kude — kambium, kuna ataktosteeli juhtkimbud on, nagu nägime, kinnised. Näitena on sobiv tulika varre ristilõik, mida kujutab joon. 144.

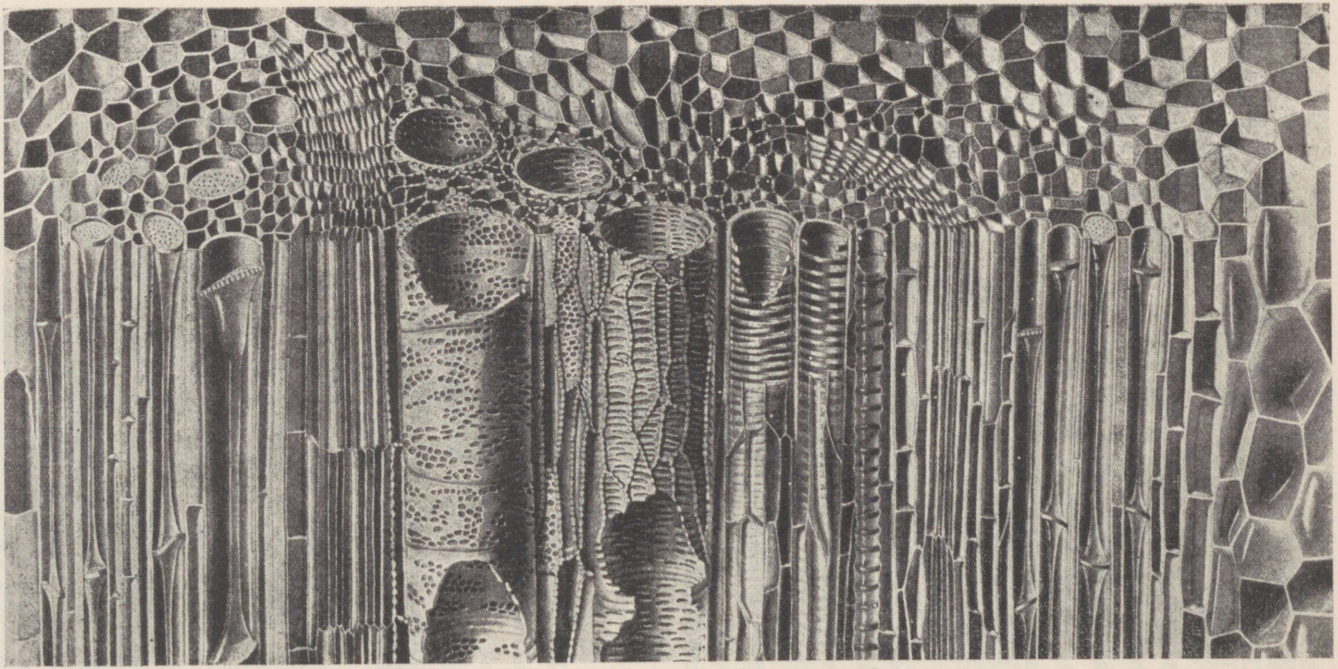
Kuldtulika nagu üheidulehestegi vartes on iga juhtkimp ümbritsetud tugevast sklerenhüümitupest. Puuosas on spiraaltrahheiidid (st), poorsooned (ps) ja puuparenhüüm. Niinosas on täpselt samad elemendid, mis üheidulehestel: sõeltorud ja saaterakud.

Lähemalt peatuda tuleb ksüleemi ja floeemi vahel oleval kambiumil. Kambiumi rakud on väga õhukeste seintega. Neis olev protoplast täidab kogu raku, mis, nagu näitavad pikilõigud, on piklik, teritunud otstega (joon. 145, k). Kambiumis võib eritella keskmist initsiaalkihti, mis ikka jälle tangentsiaalselt jagunedes toodab rakkusid nii niin- kui ka puuosa suunas. Aegamööda muutuvad kambiumirakud niin- ja puu-elementideks, mis on eespool kirjeldatud.

Kuigi harvemini, leidub kaheiduleheste eusteelides ka bikollateraalseid juhtkimpe [näit. emajuurelistel *(Gentianaceae)*, angervarrelistel *(Asclepiadaceae)*, koerakoolulistel *(Apocynaceae)* jt.]. Sel puhul esineb igas juhtkimbus üks puuosa ning kaks kambiumiriba, samuti kaks niinosa (välimine ja sisemine), nagu näha joon. 145.

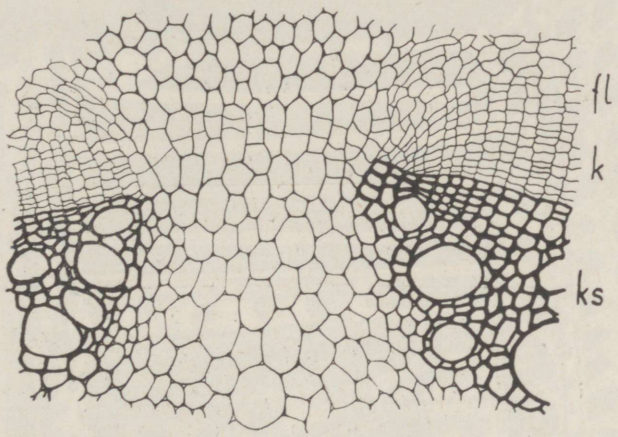
Paljudel kaheidulehestel tekib juhtkimpudes olevatele kambiumiribadele (fastsikulaarne kambium) lisaks veel kimbuvaheline ehk interfastsikulaarne kambium. Kimbuvaheline kambium tekib teatavatest juba püsikoe omadustega esi-säsikiirte rakkudest, mis uuesti hakkavad jagunema. Aegamööda omavad nii tekkinud kambiumiribad täitsa sama ehitust, mida kimbukambium, nii et lõpuks kujuneb pidev kambiumi silinder (ristilõikudel muidugi rõngas), mis toodabki väljapoole niine-elemente, sissepoole aga puu-elemente, tekitades seega teisniint (sekundaarset floeemi) ja teispuud (sekundaarset ksüleemi).

Teispuu ja teisniin okaspuul. — Näiteks valime männi. Tüve keskosas leiame männil säsi ning rea selles algavaid säsikiiri (esi-säsikiiri). Mitmeaastases puus esinevaid säsikiiri lähemalt silmitsedes selgub, et paljud neist (teis-säsikiired) on tekkinud hiljemini (puu teisel, kolmandal jne. aastal), kusjuures leidub säsikiiri kõigis vanuseastmeis kuni niisugusteni, mis on tekkinud alles eelmisel või koguni käesoleval aastal. Säsikiired koosnevad osalt elusatest õhukeseseinalistest rakkudest, osalt vettjuhtivatest elementidest. Viimaste rakusein on tublisti paksenenud ning varustatud pooridega. Neis ei leidu enam protoplaste. Säsikiirte kõrgus, samuti nende laius selgub joon. 147, kus võib näha männipuud kol-



Joon. 145. Kõrvitsa *(Cucurbita pepo)* varre bikollateraalne juhtkimp. Risti- ja pikilõik samal joonisel. st — sõeltorud, sa — saaterakud, p — niineparenhüüm, k — kambium, vs — võrksoon, ps — poorsoon, ss — spiraalsoon, rs — rõngassoon, p' — puuparenhüüm, pk' — säsi. H e g i järgi.

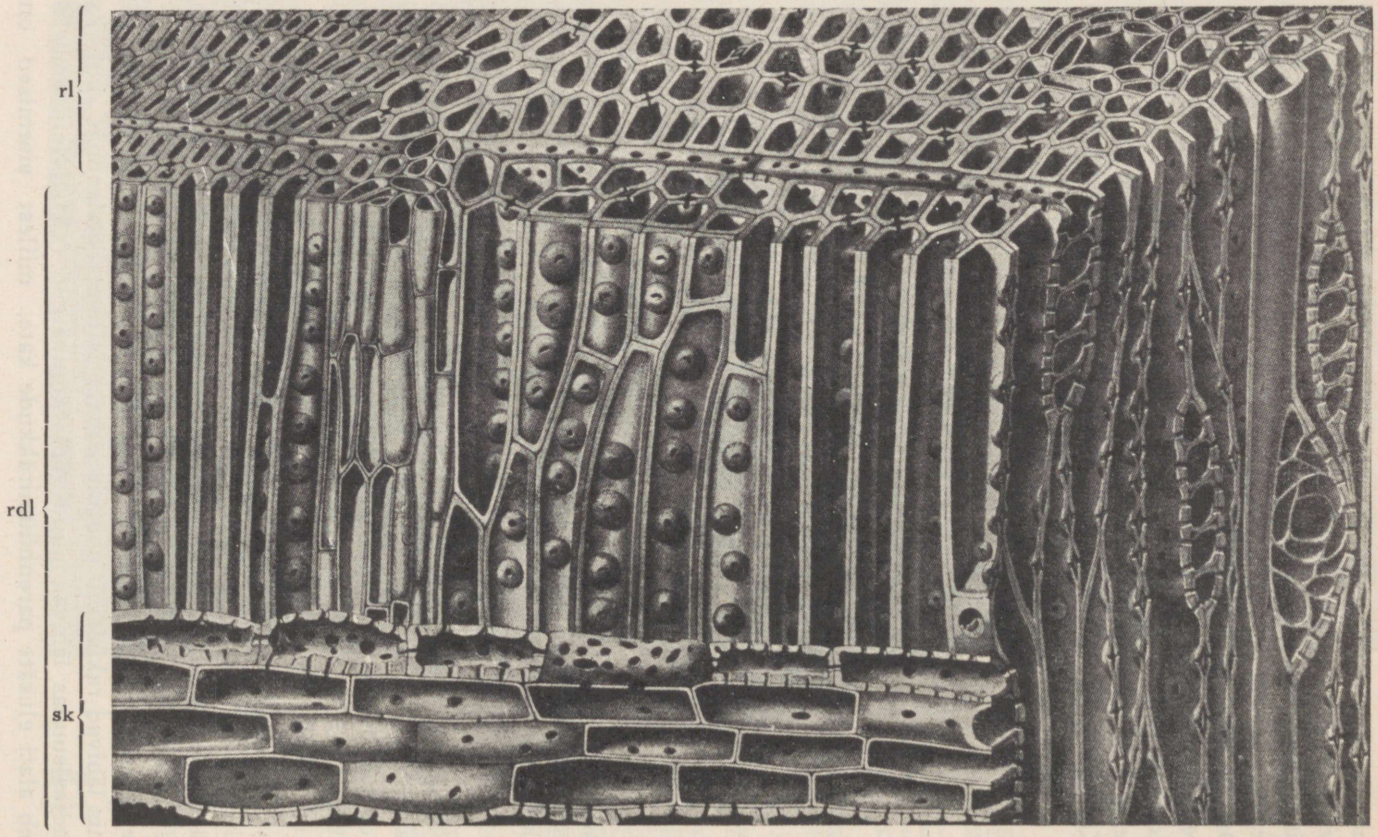
mes iseloomulikus lõigus: ristilõigus (rl), radiaalses pikilõigus (rdl) ja tangentsiaalses pikilõigus (tl). Säsikiiri lõikavad puu ristilõigul aastarõngad. Viimased tekivad selle tõttu, et kambiumi tegevus kestab ainult soodsal aastaajal (kevadel, suvel ja sügisel). On ilmne erinevus puu-elementide vahel, mida kambium toodab kevadel (kp) ja sügisel (sp). Männipuu koosneb peamiselt trahheiididest. Need veejuhtimis-elemendid on surnud. Radiaalsetel seintel on nad varustatud koobaspooridega (joon. 147 ja 148). Kevadpuus on trahheiidid suhteliselt palju laiema läbimõõduga kui



Joon. 146. Suurelehise tobiväädi *(Aristolochia macrophylla)* varre ristilõigu osa kahe juhtkimbu vahel. Juhtkimpudes niin (fl), kambium (k) ja puuosa (ks). Juhtkimpude vahel olev parenhüüm kuulub säsikiirele. Mõningates säsikiire rakkudes on näha kimbuvahelise kambiumi teket. Orig.

sügispuus. Vahe kevad- ja sügispuu vahel on nii suur (joon. 147 kp ja sp), et võiks oletada eri elementide esinemist neis osades. Siiski koosneb männil nii sügis- kui ka kevadpuu samadest trahheiididest, küll aga on sügistrahheiididel rakuvalendus vähene, rakusein tugev ning poorid seinas väiksemad kui kevadpuus.

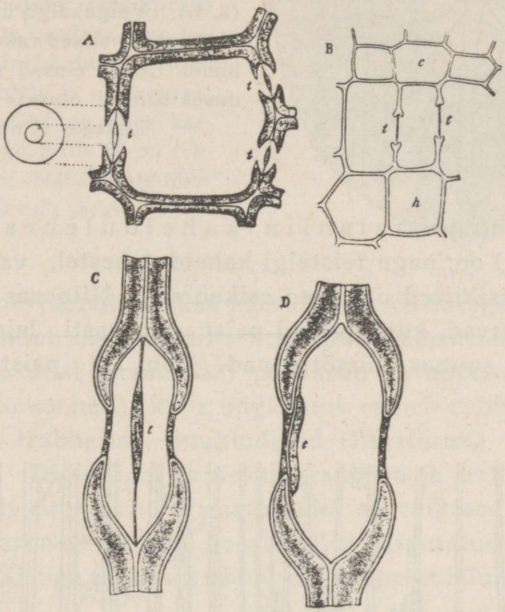
Kohati leidub männipuus veel puuparenhüümi-rakkusid. Need elusad rakud on alati ühenduses säsikiirte vastavate rakkudega. Siit järgneb, et peamiselt surnud trahheiididest koosnevat puukeha läbib pidev keeruline elusate rakkude süsteem. Need rakud on üksteisega ühenduses plasmodesmide, s. o. peente plasmaniitide kaudu, mis läbivad rakuseinu pooride kohal. Nii vertikaalsuunas kui ka radiaalsuunas läbivad puud veel vaigukäigud (vk). Neid ümbritseb alati elusate parenhüümirakkude kate, millest sisemised on



Joon. 147 (seletus lk. 117).

vaigukäigu epiteeliks. Epiteelirakud ongi vaigukäikudesse koguneva vaigu eritajateks.

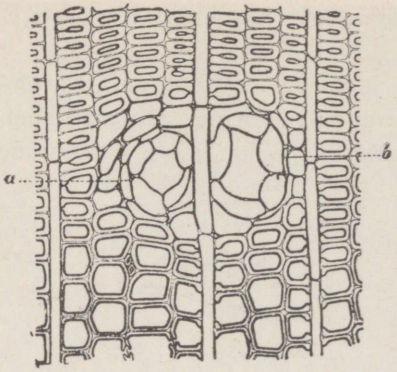
Niinosa ehitus männil selgub joon. 150. Võrreldult varemkäsiteldud juhtudega on niinosa ehitus väga lihtne: esinevad sõeltorud, saaterakke pole aga olemas. Männi ja ka teiste okaspuude



Joon. 148. Mänd. A — ristilõik läbi trahheiidi. Joonisel on pektiinist koosnev kesklamell valge, puitunud rakusein — hall. Lõigul kolm koobaspoori, milledest üks on joonistatud ka pealtvaates. B — trahheiidid aastaringi piiril. t — keskel paksenenud läätskile. C — koobaspoor tasakaaluseisundis oleva läätskilega, D — läätskile on surutud koobaspoori vasemale küljele, sulgedes trahheiidi seinas oleva avause. Russow ja Frank'i järgi.

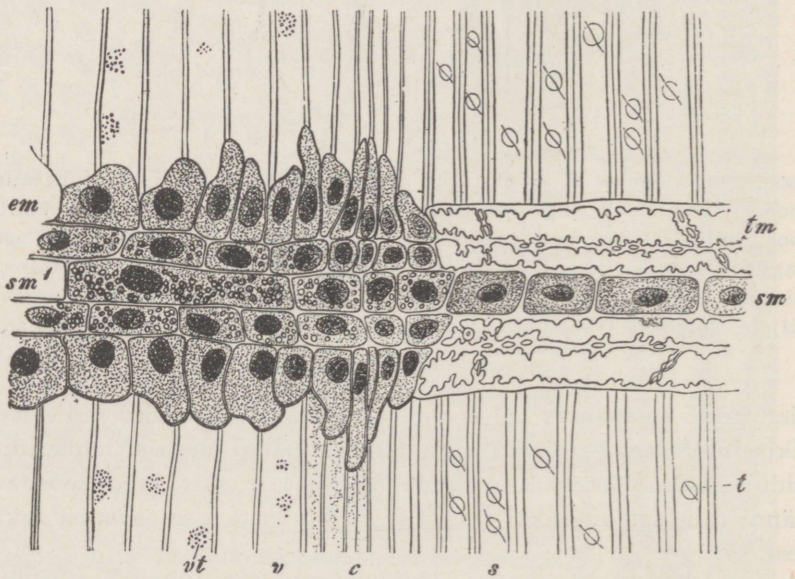
sõeltorude omapäraks on, et neil asetsevad sõelplaadid radiaalsetel pikiseintel, seega samadel kohtadel, kus männi puuosa trahheiididel leidub koobaspoore. Ka selgub joonisest, et säsikiired koosnevad männi niinosas ainuüksi elusatest, protoplaste sisaldavatest rakkudest.

Joon. 147. Männi *(Pinus nigra)* puu ristilõigus (rl) ja kahes pikilõigus: radiaalses (rdl) ja tangentsiaalses (tl). Puu koosneb koobaspooridega varustatud trahheiididest ja parenhüümsetest säsikiirte rakkudest. sk — säsikiir, vk — vaigukäik. p — aastaringi piir (vasemal sügispuu, paremal kevadpuu). Hegi järgi.

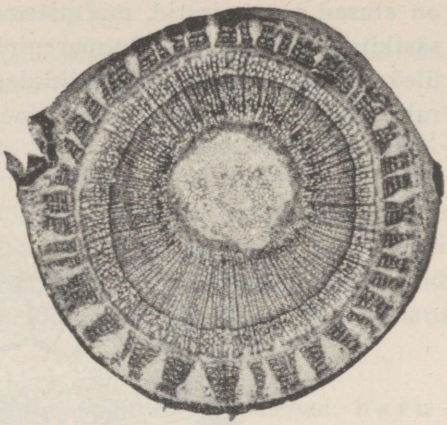


Joon. 149. Kaks vaigukäiku männi puus aastarõngaste piiril (ristilõik). On näha vaigukäigu epiteeli rakke (a, b). Vaigukäigu ümbruses mõned õhukeseseinalised rakud — puuparenhüüm. Need elusad rakud on ühenduses samuti elusate säsikiirte rakkudega. K n y järgi.

T e i s p u u j a t e i s n i i n k a h e i d u l e h e s e l. — Pärnal *(Tilia cordata)* on, nagu teistelgi kaheidulehestel, varre keskosas säsi, millest säsikiired ulatuvad esikooreni. Niinosas on säsikiired väga silmapaistvad, kuna paljud neist tugevasti laienevad varre perifeerse osa suunas, mistõttu nad joon. 151 paistavad valkjate kolmnurkadena.

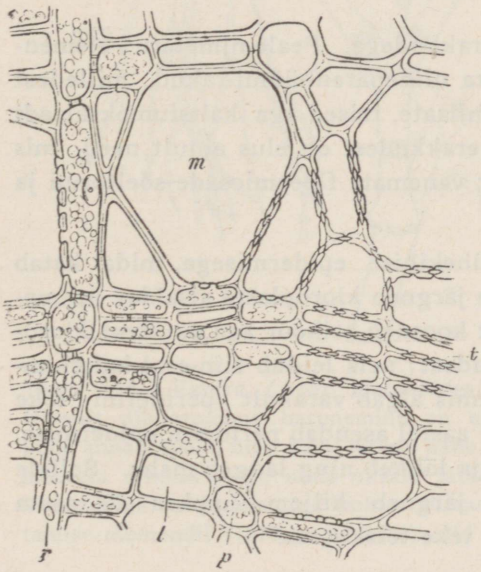


Joon. 150. Männi tüve radiaalne pikilõik. c — kambium, sellest vasemal sõeltorudest (v) koosnev floeem. vt — sõelplaat. Niinosas on kõik säsikiire rakud (em, sm) elusate protoplastidega; puuosas (s) on säsikiire välimised rakud (tm) vett juhtivateks elementideks, mis protoplaste ei sisalda, samuti nagu puuosa trahheiididki (t). S c h e n c k'i järgi.



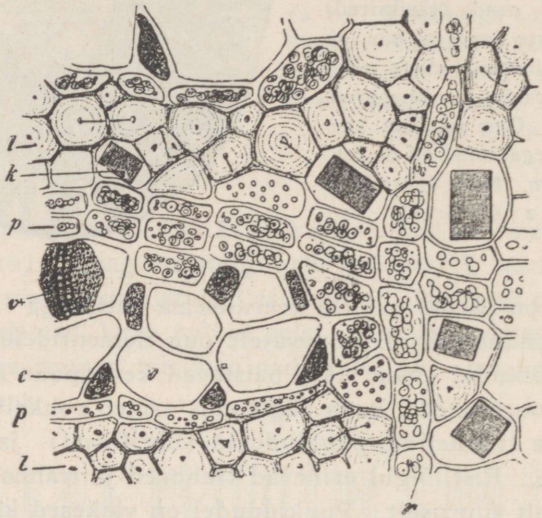
Joon. 151. Pärna (*Tilia cordata*) kaheaastase oksa ristilõik. Keskel säsi; puuosas kaks aastaringi; niinosas vahelduvad kolmenurgelised heledad osad (säsikiired) trapetsikujuliste osadega, kus leidub kõrvu niinekiududega sõeltorusid, saaterakke ja niineparenhüümi-rakke. Oks on alles kaetud epidermisega, mille all on tekkinud periderm. Näha kahte lõve. Jaccard'i järgi.

Puuosa on pärnal märksa keerulisema ehitusega kui männil, sest siin lisandub männil esinevatele puu-elementidele veel mitu uut. Ristilõikudel (joon. 152) paistavad kevadpuus silma suured trahheed (poorsooned), kuna sügispuus esineb rohkelt spiraalsete paksenditega trahheiide, puukiudusid (libriformi) ja puuparenhüümi-rakke. Ristilõigul erinevad trahheed ja trahheiidid üksteisest peamiselt suuruselt. Puukiududel on väikesed kitsad poorid. Külgvaates sarnanevad need poorid viltu paigutatud üsna lühikeste pragudega. Sisuga täidetud rakud on puuparenhüümi-rakud. Neis



Joon. 152. Ristilõik pärna (*Tilia cordata*) puust. m — suure valendusega poorsoon, t — trahheiidid, l — puukiud, p — puuparenhüüm (rakkudes säilitusaineid), r — säsikiir (on ühenduses puuparenhüümiga ning sisaldab samuti säilitusaineid). Strasburger'i järgi.

on elusad protoplastid, mis plasmodesmide kaudu on ühenduses säsikiirte rakkudega. Puuparenhüümi-rakud asetsevad 3—4 kaupa ülekuti, moodustades trahheiididega kujult sarnanevaid süstjaid rakukooslusi. Pärna niinosas (joon. 153) vahelduvad niinekiudude



Joon. 153. Ristilõik läbi pärna *(Tilia cordata)* niinosa. v — sõeltoru, v+ kohal näha sõelplaat, c — saaterakk, p — niineparenhüüm, k — kristalli sisaldav rakk, l — niinekiud, r — säsikiir. Strasburger'i järgi.

kompleksid sõeltorude ja saaterakkudega. Peale nimetatud elementide esinevad pärna niinosas ka niineparenhüümi-rakud, milledest mõned sisaldavad rohkelt assimilaate, teised aga kaltsiumoksalaadi kristalli. Sõeltorudest ja saaterakkudest on elus ainult need, mis asetsevad kambiumi läheduses; vanemate floeemiosade sõeltorud ja saaterakud on surnud.

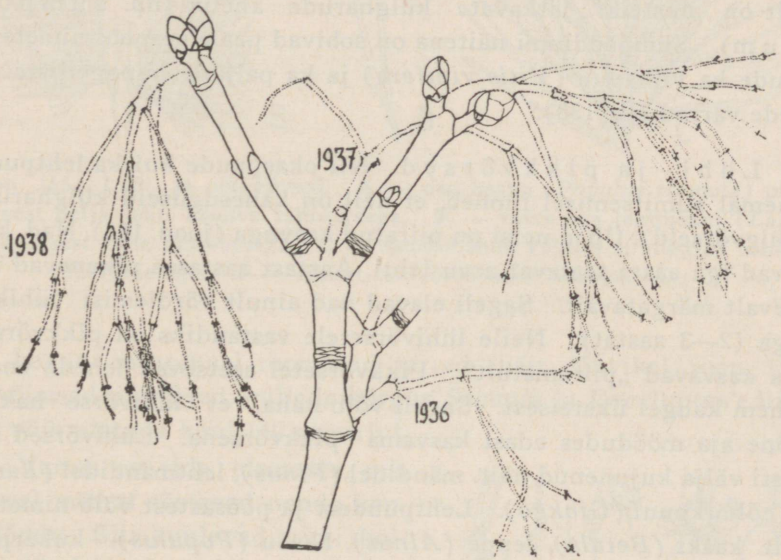
Noored pärna oksad on ühekihise epidermisega, mida katab tugev kutiikula. Epidermisele järgneb kloroplaste sisaldav mitmekihine kollenhüüm. Peamiselt koosneb esikoor aga suurtest klorofüllirikastest parenhüümirakkudest; neis leidub siin-seal kaltsiumoksalaadi druuse. Kollenhüümis algab varakult peridermi teke (joon. 151). Umbes kolmandal aastal asendab periderm epidermise, mis ei suuda enam katta oksi, ja lõhkeb ning langeb maha. Sellele nn. primaarsele peridermile järgneb hiljem (umbes 20 aasta pärast) sekundaarse fellogeeni teke teiskoores.

13. peatükk.

Epigeilised varred. Harunemine (ratsemoosne ja tsümoosne). Monopoodium. Sümpoodium. Lühi- ja pikkvõrsed. Tugikude vartes.

Epigeiliste, s. o. maapealsete varte ehitus oleneb suuresti sellest, kui pikk on vars ja kui kõrgel maapinnast asub lehtede peamass. Üldiselt võib väita, et mida suuremad on lehed, seda vähem haruneb tüvi. See asjaolu ilmneb väga kujukalt näit. palmi või pähklipuu võrdlemisel näit. kasega. Aga mitte ainult palmid, vaid ka rida teisi suurte lehtedega üheiduleheseid on lihtsa harunematu tüvega.

Varre harunemine võib olla mitmesugune. Tähtsamad harunemislaadid on: dihhotoomne, ratsemoosne (kobarjas) ja tsümoosne (ebasarikjas). Dihhotoomiat on lähemalt kirjeldatud allpool. Õistaimedele omased on kobarjas ja ebasarikjas harunemine. Kui peavars areneb külgharudest (okstest) tugevamini või kui ta on niisama tugev kui need, on tegemist



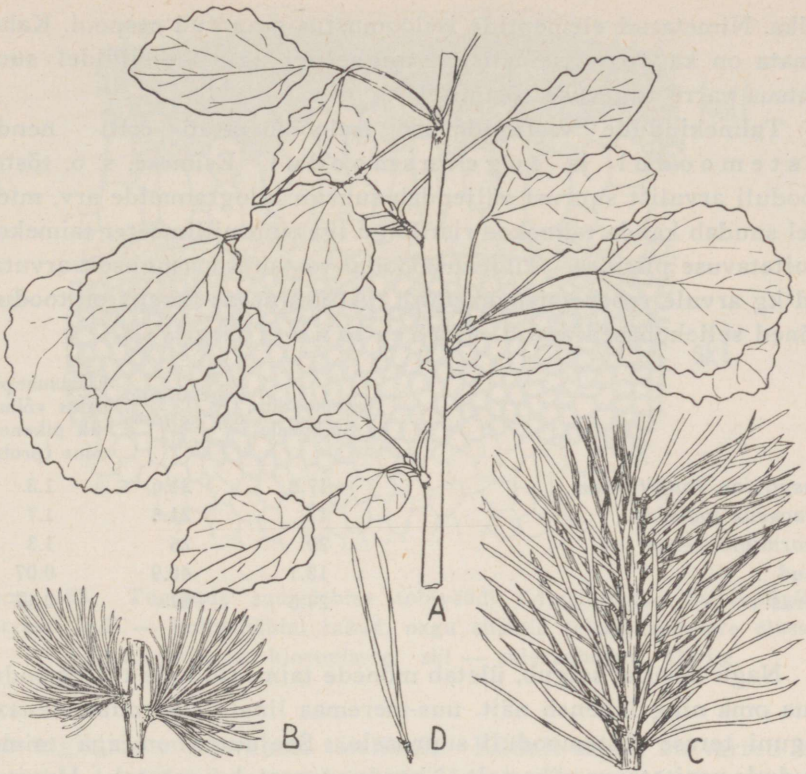
Joon. 154. Vahtra *(Acer platanoides)* oksa sümpodiaalne harunemine. Näivalt dihhotoomne harunemine on siin tingitud asjaolust, et otsmine pung annab õisiku ning kasv jätkub kahe külgpunga abil. Okste vanust võib määrata armide järgi, mida oksale jätavad mahalangenud pungasoomused. Punktiiriga on joonistatud kolme viimase aasta kuivanud õisikud. Joonistamise momendil (1939. a. kevadel) olid nad kõik alles oksa küljes. Orig.

kobarja harunemisega. Sel puhul nimetatakse peavart monopoodiumiks. Näit. kuusel, männil ja paljudel teistel okaspuudel, lehtpuudest näit. haaval ja paplitel *(Populus)*, esineb see juht. Nimetatud puuliikidel harunevad ka teist, kolmandat jne. järku külgharud samuti monopodiaalselt. On iseloomulik, et õistaimede külgharud (oksad) tekivad alati lehtede kaenlas, s. o. vahenditult pealpool lehe kinnitumiskohta. Nende teke toimub kas üheaegselt lehealge tekkimisega, aga ka varem või hiljem. Nagu lehedki, on külgharud eksogeensed moodustised, s. o. nende tekkest võtab osa peale dermatogeeni ainult veel peribleem.

Paljudel lehtpuudel, näit. pärnadel *(Tilia)*, jalakatel *(Ulmus)*, kaskedel *(Betula)*, pajudel *(Salix)*, on harunemine tunduvalt erinev, sest et neil otsmine pung (ka esimese, teise jne. järgu okstel) kängub või aga annab õisiku, mille tagajärjel edasikasv jätkub lähema külgpunga või külgpungade (joon. 154) abil (tsümoosne harunemine). Kus külgpung otsejoones jätkab senist varre kasvu, on tekkiv võsu väliselt sarnane monopoodiumiga, kuigi ta tegelikult on üksteist jätkavate külgharude ahelik (nn. sümpoodium). Sümpoodiumi näitena on sobivad peale eespool-nimetatud puude ka viinapuu *(Vitis vinifera)* ja ka paljude hüpogeiliste taimede varred (lk. 138).

Lühi- ja pikkvõrsed. Nii okaspuude kui ka lehtpuude lähemal silmitsemisel ilmneb, et neil on kahesuguseid külgharusid (külgvõrseid). Ühed neist on piiratud kasvuga (joon. 155). Nad kannavad iga aasta teatavat arvu lehti. Aastast aastasse pikenevad nad vaevalt märgatavalt. Sageli elavad nad ainult võrdlemisi lühikest aega (2—3 aastat). Neile lühivõrsetele vastandiks on pikkvõrsed, mis kasvavad „piiramatult". Pikkvõrsetel asetsevad lehed enamvähem kaugel üksteisest. Sageli võib näha, et lühivõrse hakkab mõne aja möödudes edasi kasvama pikkvõrsena. Lühivõrsed on hästi välja kujunenud näit. mändidel *(Pinus)*, lehtmändidel *(Larix)* ja hõlmikpuul *(Ginkgo)*. Lehtpuudest ja põõsastest võib nimetada näit. kaski *(Betula)*, leppe *(Alnus)*, haabu *(Populus)*, kukerpuid *(Berberis)*, läätspuid *(Caragana)*.

Lehtede mass, mida kannab vars, on mitmesugustel liikidel ja ka sama liigi üksikindiviididel, eriti kui need erinevad vanuselt, vägagi erinev. Vastavalt sellele on varte kandejõud väga mitmesugune, kusjuures ekstreemideks on siin nõrgad, mõningatel liiki-



Joon. 155. Lühi- ja pikkvõrsed. A — osa haava *(Populus tremula)* pikkvõrsest nelja lehti kandva lühivõrsega. B — väike osa lehtmänni *(Larix)* pikkvõrsest kahe lühivõrsega. C — sama männil *(Pinus silvestris)* rohkete lühivõrsetega. D — männi lühivõrse kahe okkaga. Orig.

del koguni maapinnal roomavad varred (näit. jõhvikal, joon. 156) ja võimsad puutüved, millede kõrgus *Sequoia* ja *Eucalyptus*'e liikidel võib ulatuda kuni 140 meetrini.

Vartes on rida elemente, mis suurel määral tõstavad nende kandejõudu. Siia kuuluvad eriti: kollenhüümirakud, sklerenhüümirakud, niinekiud, puukiud. Kõiki neid elemente iseloomustab tugev rakusein, kusjuures sklerenhüümirakud, puukiud ja niinekiud kuuluvad taimekeha surnud osiste

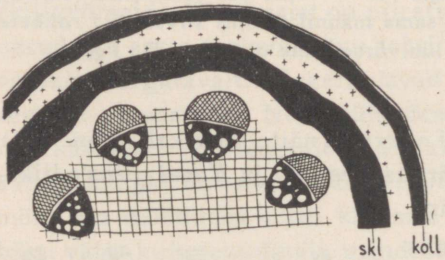
Joon. 156. Jõhvikas *(Oxycoccus palustris)*. Potonié järgi.

hulka. Nimetatud elementide iseloomustus on antud eespool. Kahtlemata on ka tugevaseinalistel trahheedel ja trahheiididel suur tähtsus varre tugevuse tõstmisel.

Taimekiudude vastupidavust iseloomustavad eriti nende tõstemoodul ja tugevusmoodul. Esimese, s. o. tõstemooduli arvulist suurust väljendab suurim kilogrammide arv, mida veel suudab kanda taimekoe ristilõigu iga ruutmillimeeter taimekoe venitatavuse piirides. Tugevusmoodul vastab samasuguselt arvutatud kg arvule rebenemismomendil. Alljärgnevas tabelis on toodud mõned sellekohased arvud Haberlandt'i järgi:

	Tõstemoodul kg mm² peale	Tugevusmoodul kg mm² peale	Elastsuse piirides võimalik pikenemine (prots.)
Dasylirion longifolium	17.8	21.6	1.3
Dracaena indivisa	17	21.8	1.7
Phormium tenax	20	25	1.3
Raud	13.1	40.9	0.07
Teras	24.6	82	0.12

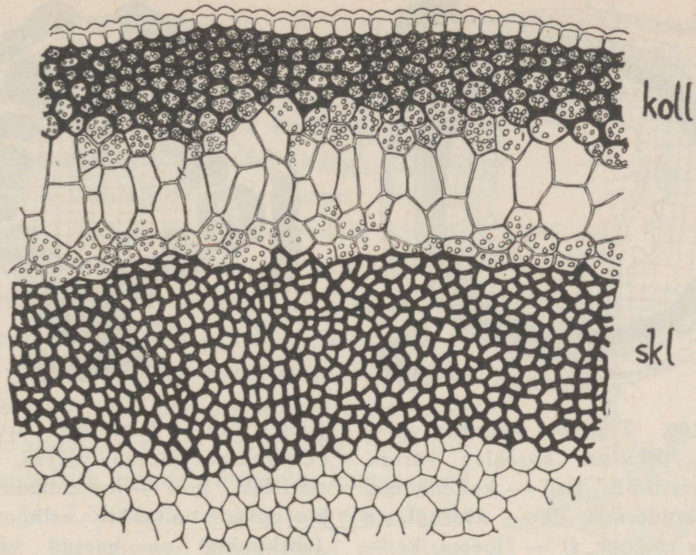
Nagu tabelist selgub, ületab mõnede taimekiudude tõstemoodul raua oma ning läheneb näit. uus-meremaa linal *(Phormium tenax)* koguni terase tõstemooduli suurusele. Seejuures on aga taimekiudude venitatavus vähemalt 10 korda suurem, kui terasel. Huvitav



Joon. 157. Suurelehise tobiväädi *(Aristolochia macrophylla)* varre ristilõik. Tugikoena funktsioneerivad peamiselt kollenhüümi tupp epidermise all (koll) ning puitunud silinder esikoore ja keksilindri vahel, mis koosneb sklerenhüümikiududest (skl.). Orig.

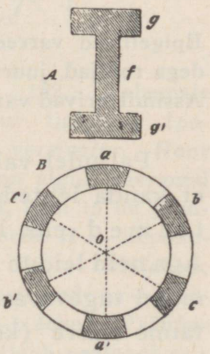
on, et taimekiududel on tõstemoodul võrreldes tugevusmooduliga õige suur, kuna metallidel on tõstemoodul 3—4 korda vähem tugevusmoodulist. Taimeorgani tugevus ei olene aga ainult tugikoe elementide iseloomust ja rohkusest: mõõtuandev on ka nende elementide paigutus.

Püstistes vartes, mis iseenda tugevuse tõttu sellistena püsivad, on tugikude paigutatud perifeerselt. Keskmistes varreosades puu-

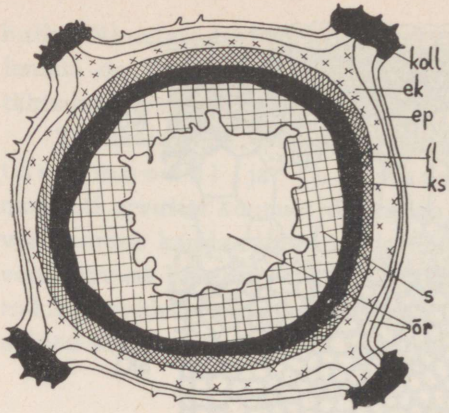


Joon. 158. Tugikude suurelehise tobiväädi *(Aristolochia macrophylla)* varres. koll — kollenhüümi rakud, nagu enamik teisigi esikoore elusaid rakke, sisaldavad kloroplaste. skl — sklerenhüüm. Orig.

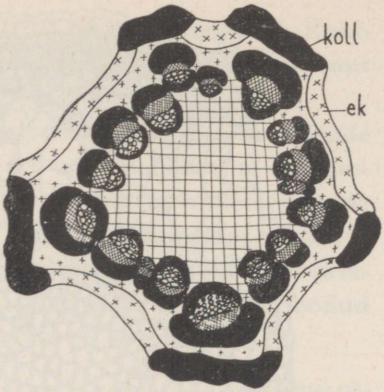
dub tugikude enam-vähem täielikult. Küllalt sageli on varred nii ühe- kui ka kaheidulehestel koguni seest õõnsad. Need iseärasused seletuvad järgmiselt: Vartel tuleb kanda lehti keskkonnas, mis tuulte ja tormide ajal avaldab võimsat survet võradele ja tüvedele. Et püsida neis tingimusis, peab vars olema paindetugev. Paindetugev struktuur saavutatakse näit. raudtalade puhul sel viisil, et neile antakse kuju, mis on ristilõigus kas T või kaksik-T. See struktuur on sobiv ühekülgse surve puhul. Kui surve suund on muutlik, tagab tugevust „talade" kohane kombinatsioon (joon. 159). Talade laienenud osasid ühendav keskosa võib ka puududa (joon. 159), kui talade laiendid on üksteisega tihedalt ühendatud sidematerjali abil, mis neid liidab torusarnaseks moodustiseks. See viimane juht on vartes väga harilik (kõrrelised, putked jt.).



Joon. 159. A — I-kandja e. kaksik-T-tala. B — kolme kaksik-T-tala kombinatsioon.



Joon. 160. Tugikoe paigutus värvmadara *(Galium boreale)* varres. Varre ristilõik. koll — kollenhüüm, ep — epidermis, ek — kloroplaste sisaldav esikoor, fl — floeem, ks — ksüleemi silinder (juht- ja tugikude), s — säsi, õk — õhukäigud säsis ja esikoores. Orig.



Joon. 161. Tugikude arujumika *(Centaurea jacea)* varres. Varre ristilõik. koll — kollenhüüm, ek — kloroplaste sisaldav esikoore osa. Juhtkimbud on kaetud võimsate, sklerenhüümikiududest koosnevate tugedega nii niinosa (eriti!) kui ka puuosa läheduses. Kimbuvahelist kambiumi siin ei teki. Selle tõttu püsivad juhtkimbud lahus ka täiskasvanud vartes. Orig.

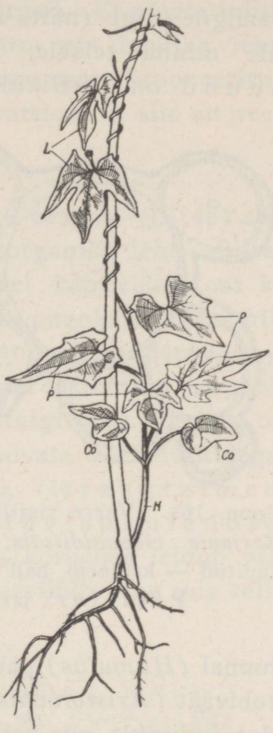
14. peatükk.

Epigeilised varred (järg). Ronitaimede varred. Horkronijad, köitraagudega ronijad, juurronijad ja vääntaimed. Liaanide varre tõmbetugev ehitus. Assimileerivad varred. Raagtaimed, fülloklaadidega taimed ja tüvisukulendid.

Paljudel valguselembestel taimedel on vars liiga nõrk selleks, et kanda lehtede, õite ja viljade raskust. Need taimed — ronitaimed ehk liaanid — on eriti arvukad troopilises vöötmes. Aga neid leidub ka paraja vöötme taimkonnas. Nad kasutavad toena mõnd tugevavarrelist rohttaime, põõsast või puud. Et püsida teise taime varre (kõrre, tüve jne.) küljes, on vajalik kuidagi sellele kinnituda.

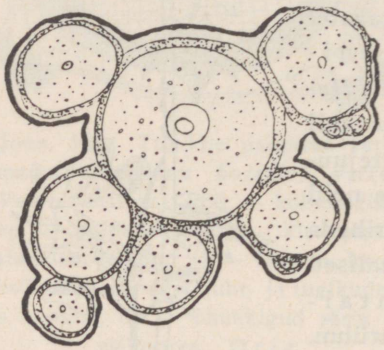
Horkronijad omavad selleks ogasid või astlaid, mis takistavad nende pikkade varte mahalibisemist põõsastelt ning puudelt, milledele nad toetuvad. Horkronijate hulka kuuluvad mitmed *Rubus*'e liigid Euroopas, Ida-Aasias ja Põhja-Ameerikas, siia kuu-

luvad ka mõned *Smilax*'id. Köitraagudega ronijaid leidub ka põhjamaade flooras. Siia kuuluvad näit. seaherne, hiireherne ja herne liigid. Lõunas seltsivad nendega paljud teised, nagu *Vitis*'ed, *Smilax*'id. Nende köitraod on metamorfoseerunud varreosad *(Vitis, Cissus)* või nad vastavad alumises osas varrele, ülemises aga lehele või lehtedele *(Bryonia)*. Küllalt sageli laienevad köitraod harude tipul haardketasteks (näit. teatavatel *Vitis*'e ja *Cissus*'e liikidel). Juurronijate rühma esindab hästi luuderohi *(Hedera helix)*, mis eriliste haardjuurte abil (luuderohul on peale nende ka toitejuured) kinnitub puude tüvedele, kattes neid Kesk- ja Lõuna-Euroopas sageli tiheda kattena. Ka mitmed troopilised võhalised *(Araceae)* on juurronijad. Vääntaimed on kõige suurem liaanide alarühm. Troopilistes maades on vääntaimede hulgas võimsaid liike, mis tugevate trossidena põimuvad ümber puutüvede, ulatudes sageli pikkade kaartena ühelt tüvelt teisele. Aga ka väikesi rohttaimi (näit. võrm, *Cuscuta)* leidub vääntaimede rühmas. Vääntaimede iseärasuseks on, et neil on varre ladvas kasvuvõimeline osa mitmekordselt pikem kui mitteväänduvatel liikidel. Kasvuvõimeline tsoon (mis näit. *Aristolochia sipho*'l on tervelt 40—50 cm pikk) koosneb liaanidel vähestest pikkadest varrelülidest. Kuigi lehealged tekivad vääntaimedel, nagu teistelgi taimedel, kasvukuhiku vanemates osades, on nende edaspidine areng teatava aja vältel pidurdatud, — asjaolu, mis nähtavasti on soodus tuge otsivale varre ladvaosale. Varre kasv toimub vääntaimedel teistest taimedest erinevalt. Kui vääntaimed on leidnud toe (näit. puutüve), kasvavad nad spiraalselt tõustes, kusjuures nende vanemad osad on tihedalt toe vastu surutud. Vääntaimede varre

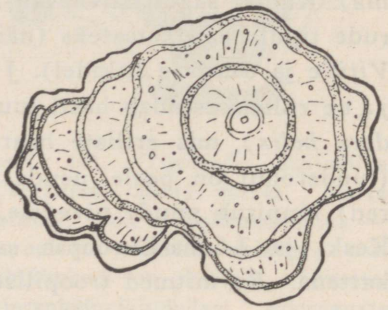


Joon. 162. Pahemale vääntuv liaan — *Ipomoea versicolor*. Noor taim on algul kasvanud sirgelt, kuni ta on jõudnud toeni. H — hüpokotüül; Co — idulehed; P — esilehed; L — teis- (päris-) lehed. Vääntumine algab pealpool esilehti. Scott'i järgi.

üksikosades ja ka varre eri külgedel on kasv ebaühtlane, mille tõttu noored väänkasvu osad seisavad toest eemal ja liiguvad edasikasvul mööda tõusvat spiraali, millel on tunduvalt suurem läbimõõt kui toeks oleval varrel. See iseärasus tuleb neile ka kasuks juhtudel, kus esialgne tugi (näit. madalakasvuline taim) lõpeb ning on tarvis üle minna teisele, kõrgemaleulatuvale toele. V ä ä n d u m i s s u u n d on harilikult iseloomulik antud liigile. Näit. väändub



Joon. 163. Varre ristilõik liaanil *Serjania clematidifolia*. Hõredalt täpitud — ksüleem, hall — floeem. P f e i f f e r'i järgi.



Joon. 164. Varre ristilõik liaanil *Bauhinia angulosa*. Puuosas on märgitud säsikiirte suund ja suuremad sooned. Niinosa on hall. Puu- ja niinosade vahel on kambium. P f e i f f e r'i järgi.

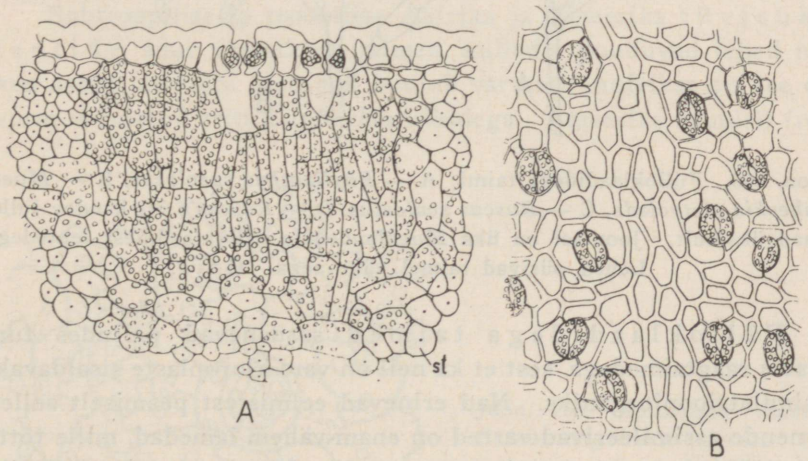
humal *(Humulus)* paremale, s. o. pealt vaadates kellaosuti suunas, tobiväät *(Aristolochia)* aga vasemale. On ka liikisid, milledel leidub indiviide, mis kasvavad teatava aja ühes suunas, siis teises. See juht esineb näit. konnatatral *(Polygonum convolvulus)*. Et liaanid põlvnevad taimedest, mis omasid harilikku, s. o. mitteväänduvat vart, siis pole üllatav, et nende esimesed, s. o. kõige nooremad varrelülid tavaliselt ei väändu.

Eespool-nimetatud erinevustele lisanduvad liaanidel veel mõningad anatoomilised iseärasused. Kuigi leidub liaane hariliku varreehitusega (näit. *Hedera helix*), s. o. normaalse teiskasvuga, on paljudel liikidel varre ristilõik väga erinev eespool (lk. 125) antud varre ehitusest. Nagu joonistest 163 ja 164 näha, on liaanide varred mitte paindetugeva, vaid tõmbetugeva ehitusega, s. o. niisuguse ehitusega, millele on rajatud ka kaabli struktuur. Ühe pideva puukeha asemel leiame neil sageli mitu üksteisest eraldatud puukeha või niinosad tungivad sügavale puuosa „tiibade" vahele. Rebene-

mistugev ehitus on liaanidele vägagi kohane, sest aeg-ajalt tuleb liaanide vartel kanda suuri raskusi näit. tormide tagajärjel neile langenud tüvede või okste tõttu. On huvitav, et liaanide trahheed on sageli eriti avarad, kaetud rohke puuparenhüümiga. Ka on liaanide säsikiired harilikult väga laiad ja kõrged. Et ainete juhtimine siin on raskendatud pika vahemaa tõttu, mis lahutab lehti juurtest, samal ajal aga liaanide lehed on suures osas eksponeeritud otsesele valgusele ja tuultele (tugev transpiratsioon!), siis on need iseärasused mõistetavad.

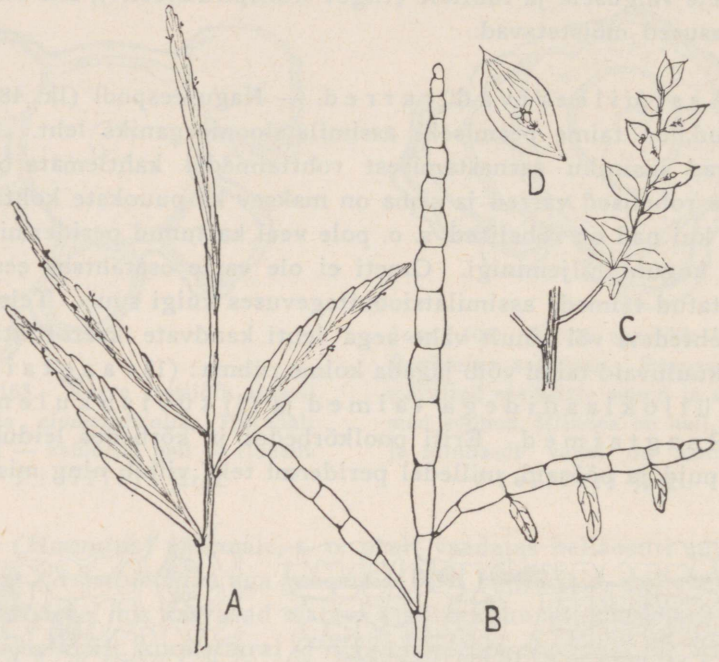
A s s i m i l e e r i v a d v a r r e d. — Nagu eespool (lk. 48) selgitatud, on taime peamiseks assimilatsiooniorganiks leht. Siiski võtavad süsiniku sarnastamisest rohttaimedel kahtlemata osa ka nende rohelised varred ja sama on maksev ka puuokste kohta, niikaua kui nad on rohelised, s. o. pole veel kattunud peridermiga, ja osalt koguni hiljeminigi. Ometi ei ole varte osatähtsus eespool-nimetatud taimede assimilatsioonitegevuses kuigi suur. Teisiti on see lehtedeta või ainult vähe aega lehti kandvate kserofüütidega. Siia kuuluvaid taimi võib jagada kolme rühma: (1) r a a g t a i m e d, (2) f ü l l o k l a a d i d e g a t a i m e d ja (3) t ü v i s u k u l e n d i d.

R a a g t a i m e d. Eriti poolkõrbedes ja kõrbedes leidub väikesi puid ja põõsaid, milledel peridermi teke viibib ning mis selle



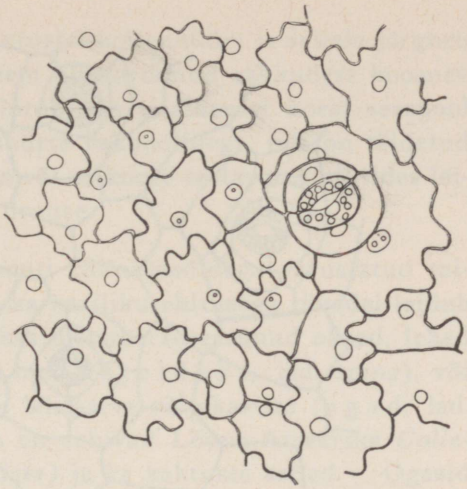
Joon. 165. Raagtaime *Spartium junceum*'i assimileerivate varte ehitus. A — varre ristilõik, B — varre pinnalõik. Väga paksu välisseinaga ja tugeva kutiikulaga kaetud epidermises on rohkelt õhulõhesid. Õhulõhede all olev esikoor omab lehe sammaskoe iseärasusi. st — stereiidid. O r i g.

tõttu püsivad rohelistena ka varre osades, mis on mitu aastat vanad. Nende oksad on ristilõigul enam-vähem ümmargused. Lehed püsivad neil vähe aega (näit. mediterraansel liblikõielisel *Spartium junceum*'il) või lehed puuduvad sootuks, nagu näit. Sahara kõrves esineval retaamal *(Retama retam)*. Varre epidermis on neil taimedel varustatud õhulõhedega. Epidermise all olevas esikoores on sageli hästi väljakujunenud sammaskude (joon. 165).



Joon. 166. Fülloklaadidega taimi: A — *Phyllanthus speciosus*, B — *Muehlenbeckia platyclada*, C — *Ruscus aculeatus*. D — *Ruscus*'e õit kandev fülloklaad üksikult. Joonisel on üks *Muehlenbeckia* fülloklaadidest lehtedega. Lehed püsivad taimel vähe aega. Orig.

Fülloklaadidega taimed sarnanevad paljudes tunnustes raagtaimedega, sest et ka neil on vars kloroplaste sisaldavaks assimilatsiooniorganiks. Nad erinevad eelmistest peamiselt selles, et nende assimileerivad varred on enam-vähem lamedad, mille tõttu on assimileeriv pind neil suurem. Nende taimede näitena võiks nimetada joon. 166 kujutatud *Muehlenbeckia platyclada*'t (Saalomoni saartel), *Phyllanthus speciosus*'t (Jamaika saarel) ja *Ruscus aculeatus*'t (Vahemeremaades). Eriti viimastena nimetatud liikide

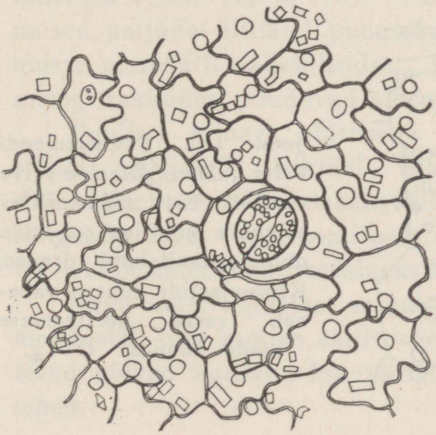


Joon. 167. Noore, alles õrna *Cereus trigonus*'e varre epidermis. Rakud on kloroplastideta (välja arvatud õhulõhede sulgrakud), neis on selgelt näha tuumasid. Õhulõhesid on epidermises suhteliselt vähe. Orig.

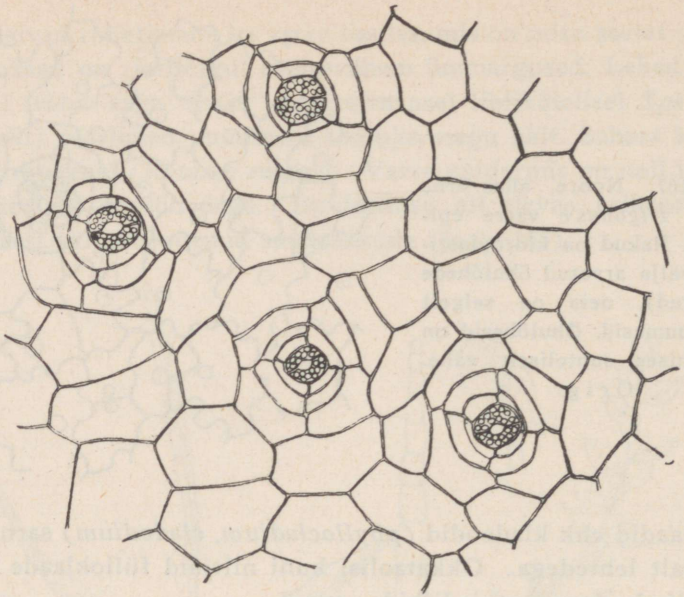
fülloklaadid ehk kladoodid *(phyllocladium, cladodium)* sarnanevad üllatavalt lehtedega. Okkataolisi kuni niitjaid fülloklaade kannavad paljude *Asparagus*'e liikide varred.

Et nimetatud organid on tõeliselt varremoodustised, tõendab nende anatoomiline ehitus kui ka teke (väikeste alalehtede kaenlas), samuti asjaolu, et paljude taimede fülloklaadidel arenevad ka õied (näit. *Muehlenbeckia*'l, *Phyllanthus*'el, *Ruscus*'el, *Carmichaelia*'l, mõningatel *Asparagus*'e liikidel).

Subtroopilise ja troopilise Aafrika ja Ameerika tüvisukulentide suur enamik on taimed, milledel puuduvad lehed ning kus assimilatsiooni ülesanne kuulub vartele. Aafrikas on see eluvorm esindatud eriti *Euphorbia* liikidega. Ameerika mandril (näit.

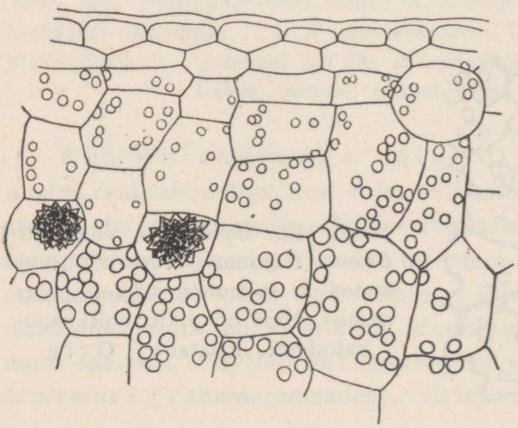


Joon. 168. Epidermis vanemalt *Cereus trigonus*'e varrelt. Rakkudes on toimunud rohkelt jagunemisi. Neis on palju oblikhapukaltsiumi kristalle. Orig.



Joon. 169. Tüvisukulendi *Vitis quadrangularis*'e varre epidermis nelja õhulõhega. Orig.

Mehhikos) asendab neid vormiderohke kaktuste *(Cactaceae)* sugukond. Nende taimede vartel on rida iseloomulikke iseärasusi. Välispinda katab tugev kutiikula. Sellele järgnev epidermis püsib elusana kaktustel, samuti sukulentsetel *Euphorbia*'tel sageli mitukümmend aastat. Vastavalt sellele on epidermiserakud jagunemisvõimelised ka vanemates rohelistes varreosades (joon. 167, 168). Õhulõhede arv on 15—18 õhulõhe varre välispinna mm^2 või ka



Joon. 170. Tüvisukulendi *Vitis quadrangularis*'e varre ristilõik. Eriti sügavamates esikoore kihtides on leida oblikhapukaltsiumi druuse. Kloroplastide suurus väheneb varre perifeersete osade suunas. Orig.

suurem. Epidermise all on kaktustel kollenhüüm ja sellele järgneb kloroplaste sisaldav, enam-vähem ümmardunud rakkudest koosnev kooreparenhüüm (esikoor). Kloroplaste sisaldavast koest seespool on veekude. Selles on rakud suurte vakuoolidega, mis on täidetud vee ja limaga. Kogu kooreosas või esikoore teatavates kihtides leidub rohkelt kaltsiumoksalaadi druuse.

Paljudel raagtaimedel, samuti fülloklaadidega varustatud taimedel ja tüvisukulentidel, aga ka hariliku ehitusega tüvedel leidub torkivaid moodustisi, mis on kas metamorfoseerunud oksad, lehed või abilehed (siis nimetatakse neid a s t e l d e k s, lad. *spina*), või aga tugevad torkivad varre või leheserva väljakasvud (o g a d, lad. *aculeus*). Esimeste näidetena on sobivad Lõuna-Ameerika *Colletia* liikide (näit. *Colletia cruciata)* ja ka kaktuste astlad. Ogasid leidub näiteks kibuvitsa *(Rosa)* liikidel, *Smilax*'itel jt.

15. peatükk.

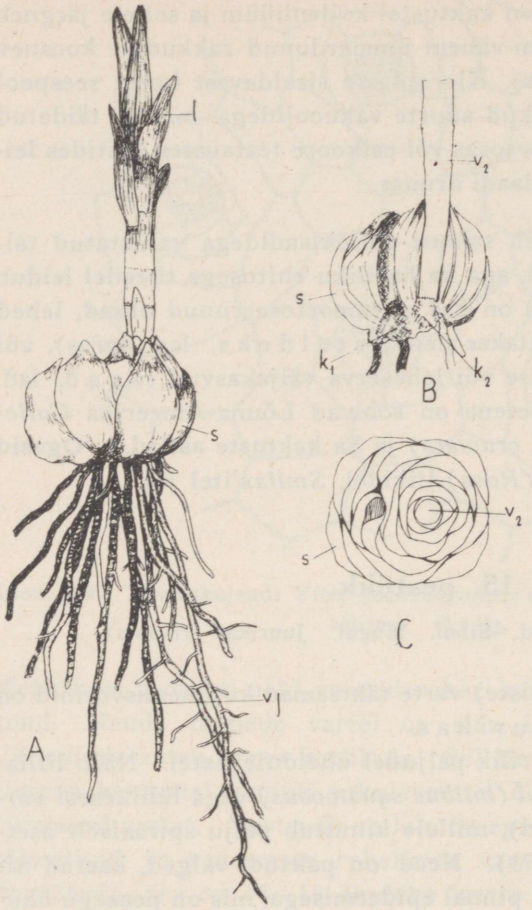
Hüpogeilised varred. Sibul. Mugul. Juurikas (risoom).

Maa-aluste (hüpogeiliste) varte tähtsamad kujunemisvormid on s i b u l, m u g u l ja j u u r i k a s.

Sibul *(bulbus)* on harilik paljudel üheidulehestel. Näit. liiliatel *(Lilium)* koosneb sibul *(bulbus squamosus)* väga lühikesest varrest (nn. s i b u l a k a n d), millele kinnitub palju spiraalselt asetsevaid alalehti (joon. 171). Need on paksud, valged, kaetud nii pealmisel kui ka alumisel pinnal epidermisega, mis on peaaegu õhulõhedeta (joon. 172 ja 173). Valguse mõjul muutuvad sibula soomused paljudel liiliatel punaseks. Antotsüaniin tekib sibula soomuste mesofülli väliskihtides. Mesofülli rakkudes, nagu epidermisegi rakkudes, puuduvad kloroplastid.

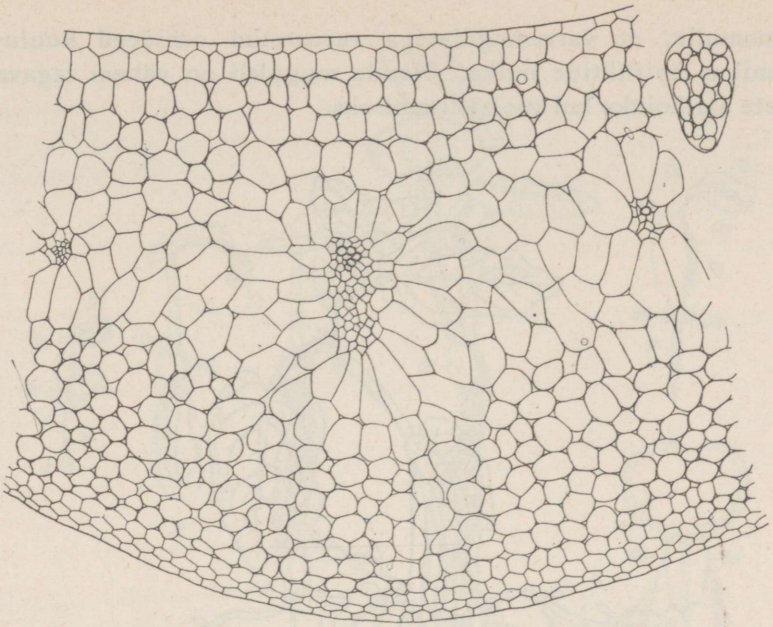
Tublisti erineva ehitusega sibul *(bulbus tunicatus)* esineb sibula (*Allium*'i) liikidel. Sibulat moodustavad alalehed on *Allium*'idel samuti lehelabata säilitusorganid, mis ristilõigul on aga rõngakujulised. Anatoomiliselt sarnanevad nad eelmistega, ainult on neis peamiseks säilitusaineks suhkur.

Nagu neist näidetest selgub, on sibul piiratud kasvuga varremoodustis, mis kannab säilitusorganitena funktsioneerivaid lehti. Need võivad kuuluda kas pärislehtede formatsiooni või olla alalehed.

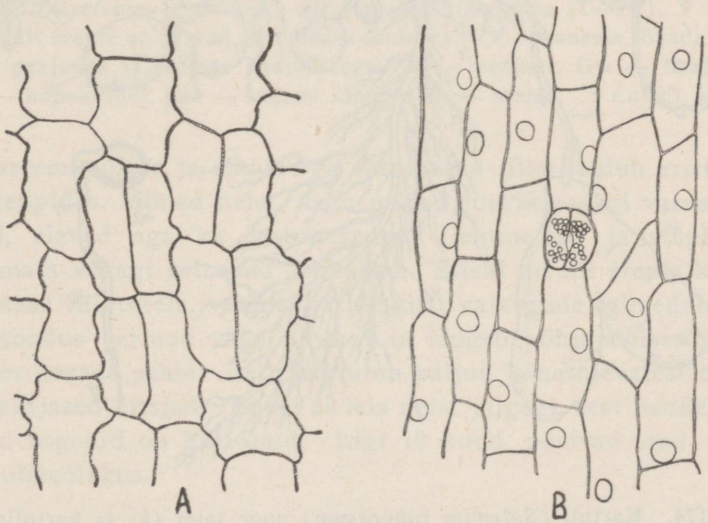


Joon. 171. Liilia *(Lilium tigrinum)*. A — kevadel väljakaevatud taim. Sellel on kahesuguseid juuri: voldilise välispinnaga (vj) ja siledaid (vt. tekstis). s — lihakad valged alalehed (sibula soomused), l — rohelised pärislehed. B — sama sibula pikilõik. Näha eelmise aasta maapealset vart kandnud sibula kanda (k_1). Selleaastane sibula kand (k_2) asetseb eelmisest vähe kõrgemal. C — sama sibula ristilõik: viirutatud kohal kinnitus eelmise aasta vars (v_1). v_1 on kevadel juba täielikult kõdunenud. Orig.

Maa-alused varred, mida nimetatakse mugulateks *(tuber)*, on samuti säilitusorganid. Varremugulate lehed (alalehed) on alati rudimentaarsed. Neid leidub väikeste pungasoomustena (näit. kartuli, *Solanum tuberosum*'i mugulatel, joon. 174); mõnel juhul puuduvad nad täielikult (näit. *Dioscorea* liikide mugulatel). Varremugulad tekivad paljudel juhtudel hüpokotüülist, s. o. esimesest varrelülist, mis on idulehtedest allpool. Alpikannikese (vt. joon. 175) varremugul ulatub üldiselt enam-vähem maa seest välja. Siin esineb seega üleminek hüpogeilise ja epigeilise varre vahel. On huvitav, et varremugulad võivad ka täielikult epigeilised olla, nagu seda võib näha näit. orhideedel (joon. 176 ja 177). Nende varremugulad koosnevad kas ühest varrelülist (heteroblastsed mugulad, näit. *Coelogyne*'l) või mitmest (homoblastsed varremugulad, näit. *Dendrobium*'i liikidel). On

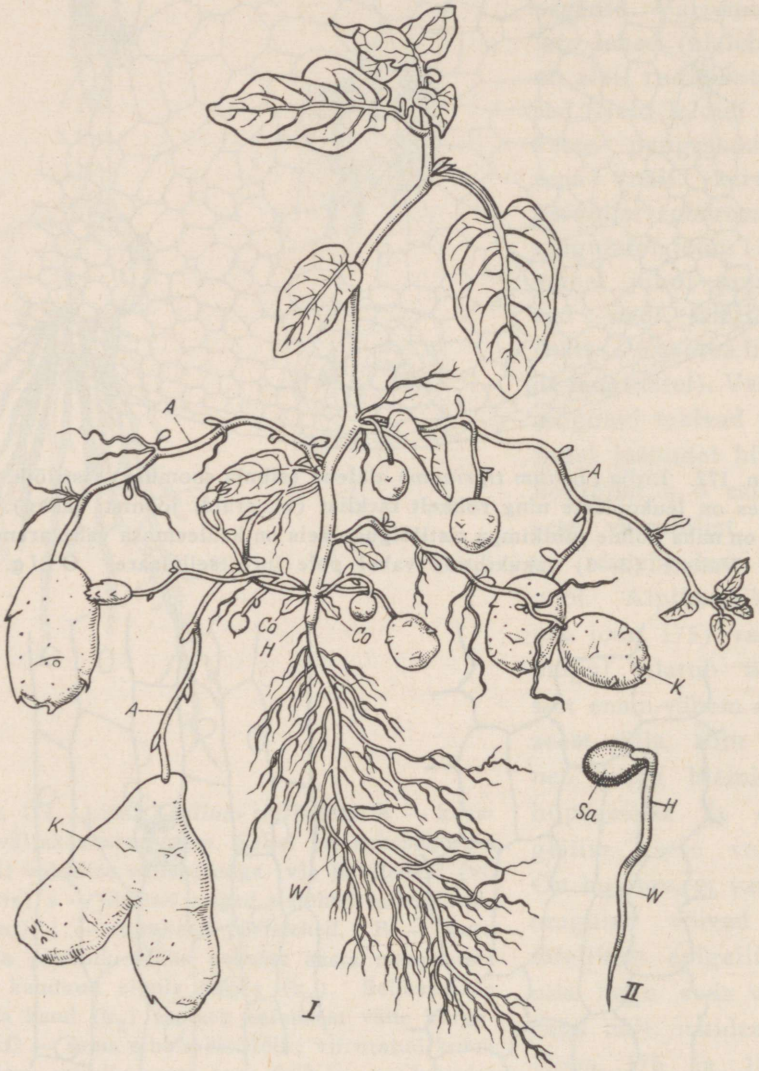


Joon. 172. Liilia *(Lilium tigrinum)* alalehe (sibula soomuse) ristilõik. Rakkudes on leukoplaste ning rohkelt tärklist (vt. eraldi joonist. rakku). Lõigul on näha kolme juhtkimpu ristilõigus. Neis on ksüleemosa vähe arenenud. Väliste (2—3) rakukihtide vahel pole intertsellulaare. Orig.

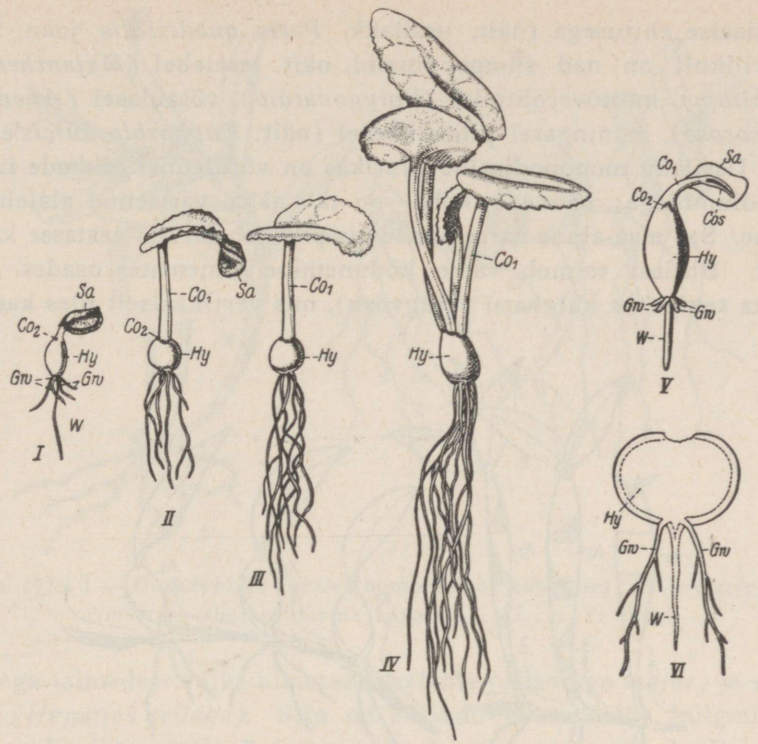


Joon. 173. Liilia *(Lilium tigrinum)* sibula soomuse epidermis. A — pealmiselt (sisemiselt) küljelt; rakutuumad on joonisele märkimata. B — epidermis soomuse alumiselt (väliselt) küljelt. Hajusalt leidub siin õhulõhesid. Orig.

iseloomulik, et varremugulatega varustatud orhideed kuuluvad enamikus epifüütide hulka. Nende mugulad on vähem tagavara-ainete alalhoiuks kui vee säilitamiseks.



Joon. 174. Kartuli *(Solanum tuberosum)* noor taim (I) ja kartuliseemne idanemine (II). Sa — seeme, H — hüpokotüül, W — peajuur, Co — idulehed, A — maa-alused võsundid, K — mugulad (varremugulad). T u r p i n'i järgi.



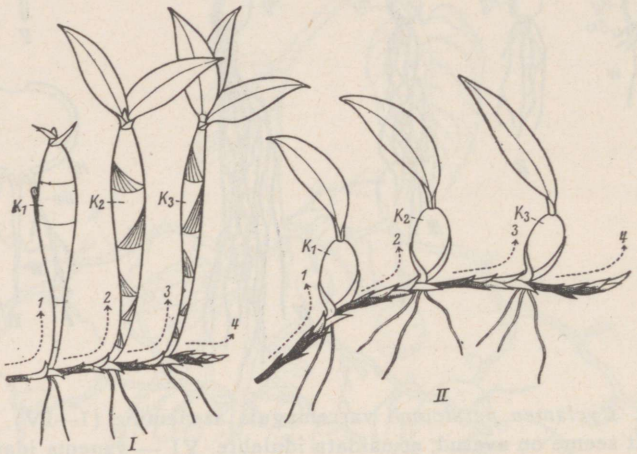
Joon. 175. *Cyclamen persicum*'i varremugula arenemine (I—IV). V vastab I-le, ainult seeme on avatud, et näidata idulehte. VI — vanema idandi mugul surnud peajuure ja elusate lisajuurtega. W — peajuur, Gw — lisajuured, Hy — hüpokotüül, Co1 — arenev iduleht, Sa — seeme. Troll'i järgi.

Varremugulate ja sibulatega varustatud liike leidub eriti rohkelt steppides. Mõned neist, nagu paljud juurikategagi varustatud taimed, elavad aga ka lehtmetsades. Lehtmetsad ja stepid on kahtlemata vägagi erinevad asukohad. Siiski on nii stepis kui ka lehtmetsas väikestele, valgust ja niiskust vajavatele taimedele tõeliselt soodus periood väga lühike: ta langeb põhjapoolses parasvöötmes kevade peale. Selle tõttu on paljud kõnesolevatest taimedest varajased õitsjad. Suvel ei leia neist jälgegi, sest nende maapealsed organid on kuivanud. Ligi 10 kuud püsivad nad mulla sees puhkeolekus.

Kolmas maa-aluse varre vorm — juurikas ehk risoom *(rhizoma)* — esineb eriti soo- ja rabataimedel, samuti liikidel, mis juurduvad kobedas metsahuumuses. Juurikad on harva mono-

podiaalse ehitusega (näit. ussilakk, *Paris quadrifolia,* joon. 178). Harilikult on nad sümpoodiumid, näit. leselehel *(Majanthemum bifolium),* kuutõverohtudel *(Polygonatum),* võsaülasel *(Anemone nemorosa),* mõningatel piimalilledel (näit. *Euphorbia dulcis*'el).

Ussilaku monopodiaalne juurikas on võrdlemisi pikkade internoodiumidega; sõlmede kohal on tal näha varisenud alalehtede arme. See maa-alune varremoodustis pikeneb aastast aastasse kasvu teel. Ühtlasi toimub varre kõdunemine vanemates osades. Iga aasta tekib üks külgharu (külgvõsu), mis vertikaalselt üles kasvab.

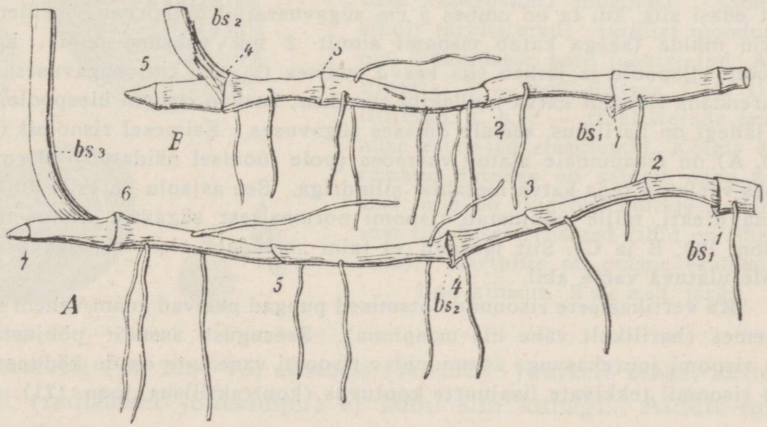


Joon. 176. Varre sümpodiaalse ehituse skeem homoblastsetel (I) ja heteroblastsetel (II) orhideedel. Üksteisele järgnevad sümpoodiumi lülid on märgitud arvudega 1, 2 jne. Kasvu jätkab alati külgpung. Varremugulad koosnevad homoblastsetel liikidel (I) mitmest (joonisel 4—5) sõlmevahest, heteroblastsetel (II) aga ühest. P f i t z e r'i ja T r o l l'i järgi.

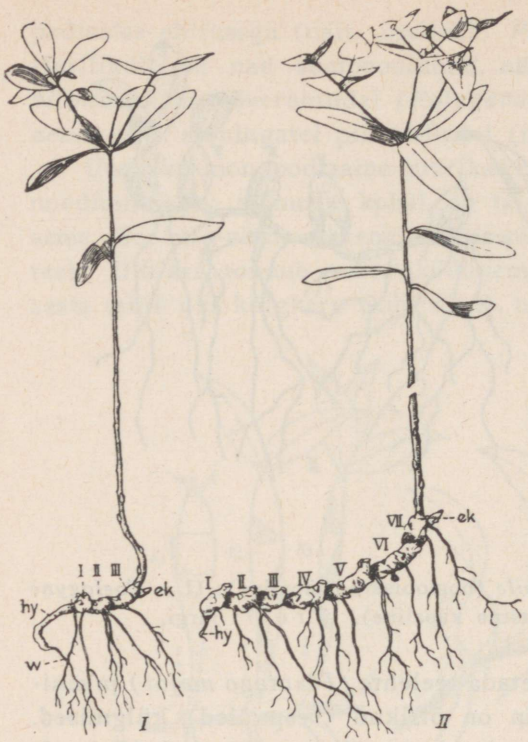
Sellel areneb kas ainult neli lehte või aga tekib peale nende veel õit (hiljemini musta marja) kandev varrelüli. Teisiti kasvab sümpoodium. See maa-alune vars muutub iga aasta osaliselt maapealseks, kannab lehti ja õisi ning hävib sügisel maapealses osas. Kasvu jätkab maa sees külgpung, mis järgmisel kevadel jälle kasvab maapealseks varreks, jne. Siit järgneb, et maa sees olev juurikas on taimedel, nagu *Euphorbia dulcis* (joon. 179), tegelikult lühikeste külgvõsude ahelik, kusjuures kõrvuti asetsevate lülide vanuse vahe võrdub ühe aastaga. Peale horisontaalselt kasvavate risoomide leidub ka niisuguseid, mis asetsevad mullas enam-vähem vertikaalselt. Sellesse rühma kuuluvatest monopodiaalsete risoo-

Joon. 177. I — *Dendrobium nobile* (homoblastne käpaline); II — *Coelogyne fimbriata* (heteroblastne käpaline). Troll'i järgi.

midega taimedest võiks nimetada teelehte *(Plantago major)* ja sinilille *(Hepatica triloba)*. Siin on õisikud (resp. õied) külgmised. Sümpodiaalne püstine risoom esineb näit. nurmenukul *(Primula veris)*. Õisik on nurmenukul otsmine.



Joon. 178. Ussilaku *(Paris quadrifolia)* juurikad (A, B). Maapealsete varte aluseid (bs) on näha eriti joon. A. Risoom on monopodiaalne. Igal aastal kasvab maapinnale üks külgharu (bs). Pärast selle kõdunemist jääb risoomile arm (joon. A bs_1, bs_2). Raunkiaer'i järgi.

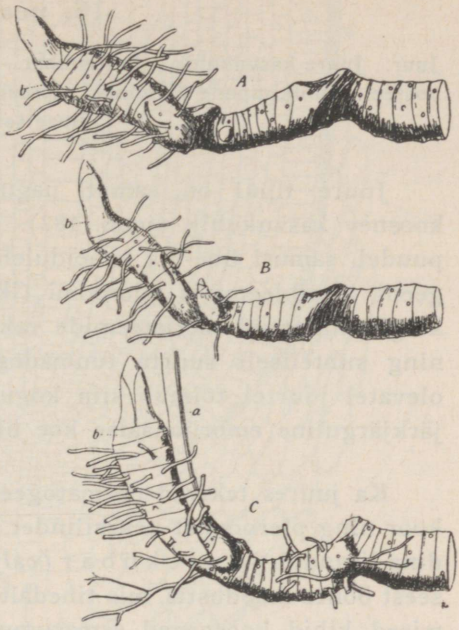


Joon. 179. *Euphorbia dulcis.* I — nelja-aastane, II — kaheksa-aastane taim. w — peajuur; hy — hüpokotüül; ek — uuendumispung. Juurikas on sümpodiaalse ehitusega. Maapealsete (juba kõdunenud) varte alused on märgitud rooma arvudega. R a u h'i järgi.

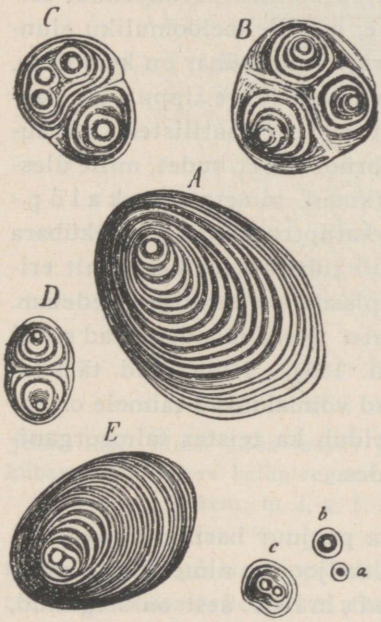
Risoomidele on omane võime püsida teatavas sügavuses. Näit. kasvab mitmeõiese kuutõverohu *(Polygonatum multiflorum)* risoom horisontaalselt edasi siis, kui ta on umbes 5 cm sügavuses. Kui kõrvaldada ülemised 3 cm mulda (seega katab risoomi ainult 2 cm paksune kiht), kasvab risoom allapoole ja jätkab siis kasvu endises (s. o. 5 cm) sügavuses. Kui suurendada risoomi katva mullakihi tüsedust, kasvab risoom ülespoole, kuni ta jällegi on harilikus, temale omases sügavuses. Esimesel risoomil (joon. 180, A) on maapinnale ulatuv varreosa (pole joonisel näidatud) 10 cm ulatuses varjatud teda katva metallist silindriga. See asjaolu on esile kutsunud sama efekti, mille põhjustab risoomi normaalsest sügavam asetus mullas (joon. 180, B ja C). Siit järgneb, et taim „mõõdab" risoomi sügavust maa peale ulatuva varre abil.

Ka vertikaalsete risoomide otsmised pungad püsivad enam-vähem samas tasemes (harilikult vähe üle maapinna). Seesugust asendit põhjustavad: (1) risoomi juurekasvuga sammupidav risoomi vanemate osade kõdunemine; (2) risoomil tekkivate lisajuurte kootuvus (kontraktiilsus, joon. 171).

Risoomid, nagu paljud maapealsedki varred, on taimedele ka säilitusorganiteks. Nad on sageli väga tärklisrikkad (joon. 181). Mikroskoopilises ehituses lähenevad risoomid osalt vartele, osalt juurtele. Siiski on nad ilmselt varremoodustised. Neis leiame kas



Joon. 180. Katse mitmeõiese kuutõverohuga *(Polygonatum multiflorum)*. Risoomid on istutatud vesiloodis, A — 5 cm, B — 15 cm, C — 30 cm sügavuses. A-l on maapealne varreosa (pole joonisel näidatud) valguse eest varjatud 10 cm kõrguse silindriga. Lähem seletus tekstis. R a u n k i a e r'i järgi.



Joon. 181. Säilitustärklis kartuli *(Solanum tuberosum)* mugulast. Joonisel ainult tärklisterad; tärklist moodustanud leukoplaste pole joonistatud. A — lihttera, B — pool-liittera, C ja D — liitterad. a, b, c — tärklisterade tekkimise esimesed staadiumid. Kõigis suuremates terades on selgelt näha kihisust, mis on tingitud kihtide vahelduvast tihedusest (valged kihid on tihedamad). Kartulile on omane ekstsentriline kihisus. S a c h s'i järgi.

ataktosteeli (lk. 108) või eusteeli (lk. 112). Juurtele omast aktinosteeli (radiaalset juhtkimpu) ei leidu siin kunagi. Ainult tugikoe paigutus meenutab juuri, sest tugikude asetseb risoomides harilikult tsentraalselt ning kesksilindrit ümbritsev esikoor on hästi arenenud. Ka endodermis sarnaneb siin ehituselt sageli juure endodermisega.

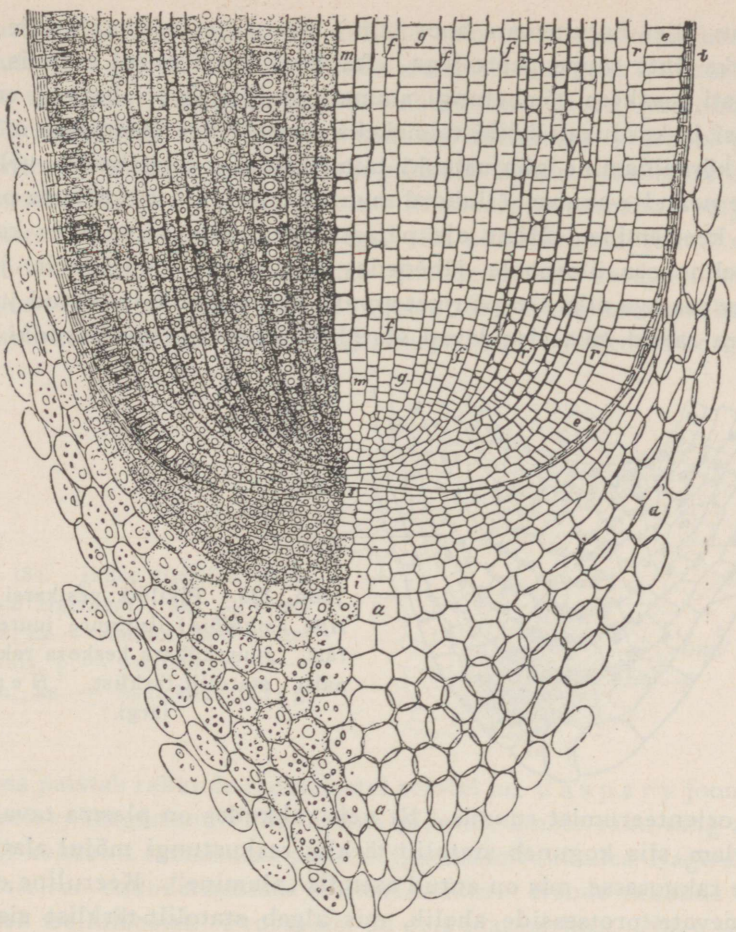
16. peatükk.

Juur. Juure kasvukuhik. Juurekübar. Geotropism. Juure juhtkimp. Aktinosteel. Juhtkimpude üleminek varrest juurde. Külgjuurte moodustumine. Juure teiskasv.

Juure tipul on, samuti nagu varrelgi, embrüonaalsest koest koosnev kasvukuhik (joon. 182). Juure kasvukuhikus võib okaspuudel, samuti ühe- ja kaheidulehestel taimedel eritella dermatogeeni, peribleemi ja pleroomi (lk. 84). Nagu varreski, on siin kõigi nimetatud meristeemide rakud plasmarikkad, vakuoolideta ning suhteliselt suurte tuumadega. Soodsates kasvutingimustes olevatel juurtel toimub siin kogu aeg rakkude jagunemine ning järkjärguline embrüonaalse koe üleminek püsikoeks.

Ka juures tekivad dermatogeenist epidermis, peribleemist esikoor ning pleroomist keksilinder. Uue, juurele iseloomuliku elundina lisandub j u u r e k ü b a r *(calyptra)*. Juurekübar on kooniline, seest õõnes moodustis, mis tihedalt ümbritseb juure tippu. Ta sisemised kihid koosnevad samasugustest meristemaatilistest rakkudest nagu juure kasvukuhik. Seda embrüonaalset kudet, mille ülesandeks on toota uusi juurekübara rakkusid, nimetatakse k a l ü p t r o g e e n i k s. Aegamööda tekivad kalüptrogeenist juurekübara rakud. Kalüptrogeenile järgnevas juurekübara koes harilikult erivad teistest keskmised rakud, millede plasma on tavaliselt vedelam. Neis rakkudes leidub rohkelt leukoplaste. Need moodustavad suuri tärklisteri, nn. statoliit-tärklist (joon. 183). Nimetatud tärklisterade tähtsus näib seisvat selles, et nad võimaldavad taimele orienteerumist ruumis. Statoliit-tärklist leidub ka teistes taimeorganites, näit. vartes (tärklistupes) ja lehtedes.

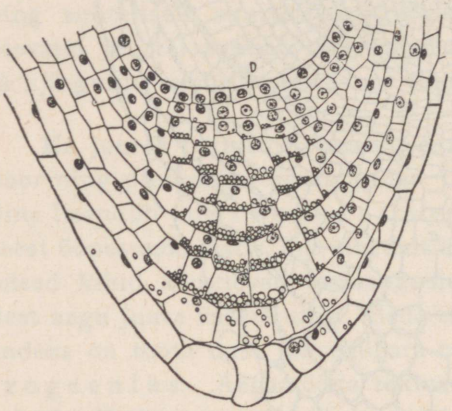
Nagu taime peavars, nii kasvab ka peajuur harilikult loodjoones. Taimeorganite võimet kasvada loodjoones nimetatakse positiivseks resp. negatiivseks g e o t r o p i s m i k s; sest on selgunud, et see võime on seoses maakera tõmbetungi olemasoluga. Selle järgi, kas kasv toimub tõmbetungi suunas, nagu näit. juurel, või vastassuunas (näit. peavarrel), eritellakse positiivset ja negatiivset geotropismi. Et taimede orienteerumine ruumis on tõeliselt seoses maakera tõmbetungiga, selgitasid K n i g h t'i katsed. Selgus, et raskustungi võib asendada tsentrifugaaltungiga, s. o. keskpageva tungiga. Katseks on sobiv vesiloodis küllaldase kiirusega keerlev



Joon. 182. Maisi *(Zea mays)* juure tipu pikilõik. s ja i vahel on juurekübarat (a) tootev kalüptrogeen. e — dermatogeen; r ja x'i vahel — peribleem; m, f, g, f — pleroom. S a c h s'i järgi.

ratas. Ratta pöiale kinnitatud seemnetest kasvavad idandid orienteeruvad kiirelt keerleval rattal selliselt, et nii vars kui ka juur asuvad radiaalsel joonel, mis läbib ratta võlli ja taime. Juured kasvavad seejuures väljapoole (keskpageva tungi suunas), varred aga sissepoole. Siit järgneb, et katsetingimusis võib idandeid, mis tavaliselt kasvavad loodjoones, kasvama panna vesiloodis ja et raskustung on asendatav keskpageva tungiga. On ka teine võimalus selleks, et takistada taimede tavalist orienteerumist ruumis. Horisontaalsele keerlevale võllile kinnitatakse taim (sobiv on mõni potis

kasvav, alles harunemata noor taim) niiviisi, et võlli pikitelje jätk langeks ühte taime peateljega. Aeglasel keerlemisel asendis, mis on risti maakera tõmbetungi suunale, mõjustab tõmbetung vaheldumisi ja korduvalt kõiki taimekeha „pooli". See ühekülgse mõjustuse kõrvaldamine põhjustabki taime pidevat edasikasvu võlli ja taime peatelje suunas. Olukord muutub täielikult, kui seisma panna võlli keerlemine. Mõne aja pärast kasvab siis varre alles kasvuvõimeline osa ülespoole, lähenedes aegamööda loodjoonele, juure vastav osa aga alla. On põhjust arvata, et eespool-kirjeldatud juurekübara rakud, mis sisaldavad statoliit-tärklist, võimaldavadki juu-

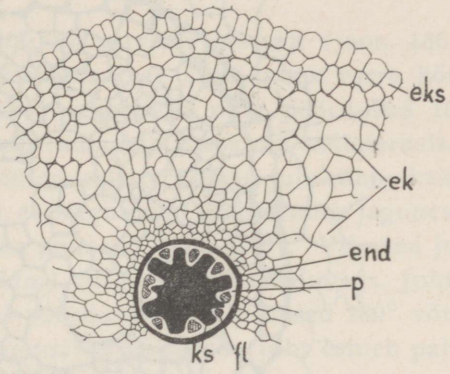


Joon. 183. Pikilõik vesikersi *(Roripa amphibia)* lisajuure juurekübarast. Juurekübara keskosa rakkudes näha statoliit-tärklist. Nemeč'i järgi.

rele orienteerumist ruumis. Et neis rakkudes on plasma tavalisest vedelam, siis koguneb statoliit-tärklis raskustungi mõjul alati sellesse rakuosasse, mis on antud asendis „alumine". Keeruline edasijärgnevate protsesside ahelik, mis algab statoliit-tärklist sisaldavate rakkude plasmas ning lõpeb endist kasvusuunda alalhoidvate või uut suunda põhjustavate kasvunähetega, on üksikasjades alles selgitamata. Ei või kahelda selles, et nende protsesside puhul on olulise tähtsusega eespool-nimetatud plasmodesmid, mis loovad otseühenduse kõigi taimekehas olevate protoplastide vahel.

J u u r e j u h t k i m p. — Osades, kus taimekude on juures omandanud juba püsikoe iseloomu, erineb juure ristilõik tunduvalt varre ristilõigust (joon. 184). Juurel püsib epidermis väga lühikest aega (vt. lk. 153). Vastavalt sellele koosneb juures epidermise all olev esimene rakukiht — e k s o d e r m i s — tihedalt liitunud rakkudest, millede vahel pole kuskil õhuvaheruume. Enamikul eksodermiserakkudest on rakuseinad korgistunud. Nende vahel

leidub aga alati ka rakkusid, millede sein on õhuke ning koosneb tselluloosist (läbilaske-rakud). Eksodermisele järgneb esikoor. Esikoore rakkude vahel on rohkelt vaheruume. Need parenhüümirakud sisaldavad protoplaste; nad on ühenduses seespool oleva kesksilindri osadega nn. läbilaske-rakkude kaudu. Esikoore kõige sisemiseks kihiks on endodermis. Endodermis sarnaneb paljudes olulistes tunnustes eksodermisega. Ka siin liituvad rakud vaheruumideta silindriks, mis katab endodermisest seespool olevat kesksilindrit ehk steeli (joon. 185). Endodermiserakud on osaliselt korgistunud rakuseintega, kusjuures ristilõikudel korgistu-

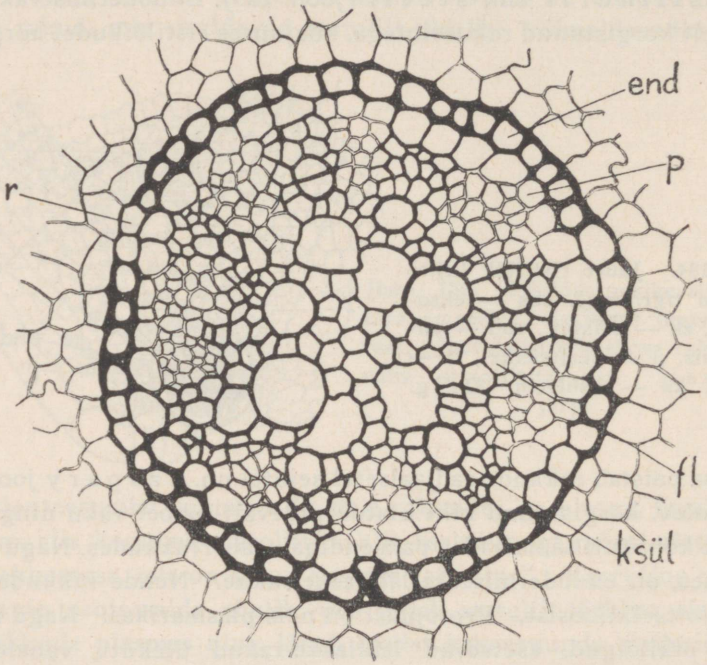


Joon. 184. Juure ristilõik liilial *(Lilium tigrinum)*, eks — eksodermis, ek — esikoor, end — endodermis, p — peritsükkel, fl — floeem, ks — ksüleem. Orig.

nud osa paistab rakkude radiaalsetel seintel nn. Caspary joonena. Kõnesolev, korgistunud kiht ulatub pidevalt ümber raku ning asub täpselt kohakuti samalaadse paksendiga naaberrakkudes. Nagu eksodermises, on endodermiseski läbilaske-rakke. Nende rakkude sein koosneb tselluloosist. Protoplast on neis plasmarikas. Nagu selgitavad pikilõigud, asetsevad läbilaske-rakud ülekuti, vaheldudes kogu aeg harilikkude endodermiserakkudega. Läbilaske-rakkusid omavate pikiridade arv vastab täpselt puuosa tiibade („kiirte") arvule. Vastavalt sellele on ristilõikudel läbilaske-rakud alati kohakuti puuosa kiirtega.

Juure kesksilindri (aktinosteeli) väliskihiks on peritsükkel. Selle kihi elusad protoplastid sarnanevad meristeemide protoplastidega. On oluline, et nii külgjuurte teke kui ka juurte teiskasv (kus viimane esineb) algab peritsüklis. Juhtkimbus on puuosa (ksüleemi) ja niinosa (floeemi) paigutus väga karakteerne. Puuosa on tiivuline. Ristilõigul esinevad need tiivad kiirtena. Tiibade arv on eri liikidel, osalt aga ka sama liigi eri

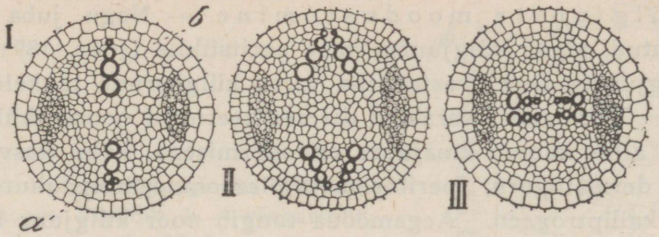
indiviididel või koguni sama indiviidi üksikutes juurtes, erinev. Vähimaks arvuks on kaks kiirt (näit. jugapuul). Eriti rohkelt puukiiri leidub palmide juurtes. Puuosa üksikuid kiiri lähemalt vaadeldes selgub, et perifeerses osas on vanemad elemendid (rõngas- ja spiraaltrahheiidid), kuna sissepoole järgnevad tunduvalt laiemad poorsooned. Puuosa kiiri ümbritseb parenhüümsete rakkude kiht, millele järgneb iga kahe puuosa tiiva vahel sõeltorudest ja saaterakkudest koosnev niinosa (radiaalne juhtkimp).



Joon. 185. Liilia *(Lilium tigrinum)* juure ristilõik, end — endodermis, p — peritsükkel, fl — floeem, ksül — ksüleem, r — läbilaske-rakk endodermises. Puitunud rakuseinad on joonistatud mustana. Orig.

Nagu neist andmeist selgub, on varre ja juure ristilõik erinevad eriti puuosas. Varres on kõige vanemad puuosa elemendid varre keskosas, kuna juures on nad väljas. See nähtus on seletatav asjaoluga, et üleminekul juurest varresse iga juhtkimbu puuosa käändub 180° võrra, mille tagajärjel need puuosa elemendid, mis juures asetsevad tsentraalselt, varres satuvad perifeersesse asendisse.

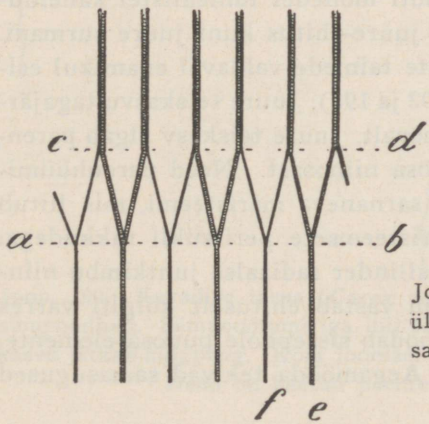
Juhtkimpude üleminekut juurest varresse selgitavad ka alljärgnevad joonised. Lihtsamal juhul toimub üleminek nii, et juht-

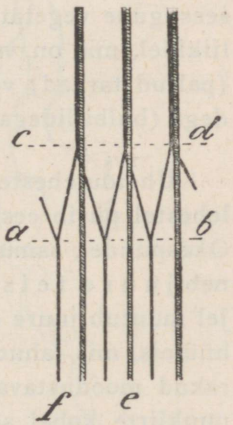


Joon. 186. Ristilõikude seeria läbi kesksilindri. I — juur, II ja III — hüpokotüül. I a — endodermis, b — peritsükkel; niinosad hallid, puuosad mustad. II — puuosade lõhenemine. III — mediaansest joonest paremal resp. vasemal olevate puuosade liitumine (vrd. joon. 187 ja 188). Chodat' järgi.

kimpude niinosad jätkuvad juurest varresse otseselt (joon. 186 ja 187), puuosad aga üleminekutsoonis (see asub taime varre kõige alumises lülis — hüpokotüülis) jagunevad ning pöörduvad 180° võrra. Selle tagajärjel muutub radiaalne juhtkimp kollateraalsete juhtkimpude koguks (joon. 186 on kollateraalseid juhtkimpe kaks). Üleminek võib toimuda ka nii, et paigutuvad ümber ning jagunevad (juurest tulles) nii niin- kui ka puuosad (joon. 188). Viimane juht esineb näit. kressil *(Tropaeolum)*, türgi-oal *(Phaseolus)* jt. Juhtub ka, et kõnesoleval üleminekul pöörduvad küll puuosad 180° võrra, kuid ei jagune. Sel puhul jagunevad niinosad (juht esineb paljudel liblikõielistel).

Joon. 187. Skeem juhtkimpude üleminekust juurest varresse. Üleminek toimub hüpokotüüliosas, mida piiravad jooned ab ja cd. cd-st kõrgemal on varrele omane ehitus, ab-st madalamal — juurele omane. Must — puuosa, hall — niinosa. Chodat' järgi.





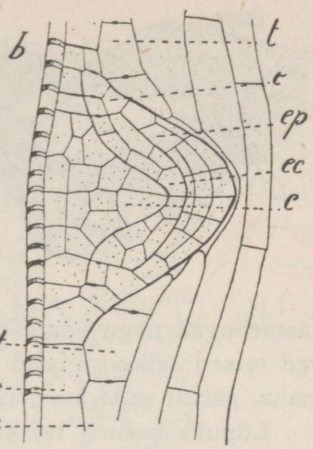
Joon. 188. Teine skeem juhtkimpude ülemineku illustreerimiseks. Tähtedel sama tähendus, mis eelmisel joonisel. Chodat' järgi.

K ü l g j u u r t e m o o d u s t u m i n e. — Nagu juba eespool tähendatud, algab külgjuurte kasv peritsüklis (joon. 189). Seega on külgjuurte teke (vastandina varre külgharude tekkele) endogeenne. Võrdlemisi varakult diferentseeruvad noores külgjuures, mis on alles kaetud emajuure endodermisega, kolm kasvukuhiku kihti: dermatogeen, peribleem ja pleroom, samuti juurekübarat tootev kalüptrogeen. Aegamööda tungib noor külgjuur läbi peajuure esikoore.

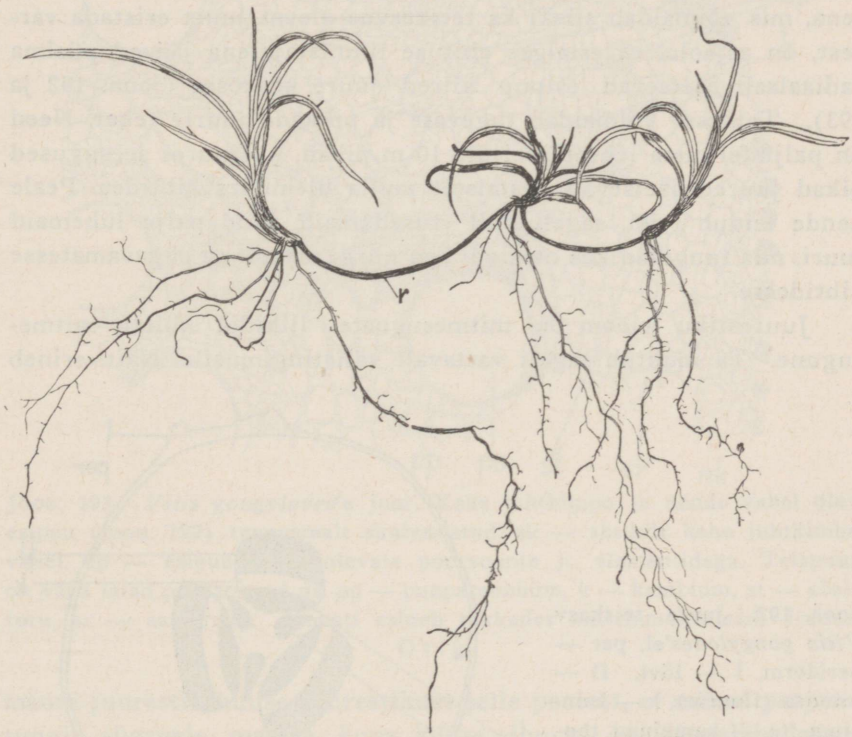
Külgjuured on diageotroopilised, s. o. nad kasvavad nii, et moodustavad loodjoonega nurga, mis enam-vähem läheneb täisnurgale. Üldiselt on juurte kasv mõjustatud vähem geotropismist kui vee ja toitesoolade paigutusest mullas (hüdrotropism, kemotropism).

Paljudel taimedel (näit. üheidulehestel, kaheidulehestest tulikõielistel) on kõik taimel esinevad juured nn. l i s a j u u r e d, sest peajuur hävib neil varakult (joon. 190). Ka lisajuured, nagu peajuurgi, võivad kanda esimest, teist, kolmat jne. järku külgjuuri. Lisajuured tekivad kas vartel või lehtedel. Üheidulehestel näit. tekivad nad hüpokotüülil ja sageli ka alumistel varrelülidel, mis järgnevad hüpokotüülile. Ehituselt vastavad lisajuured täielikult primaarsetele juurtele. Nad tekivad endogeenselt varre peritsüklist. Taimede paljundamine leht- ja varspistikute abil põhineb eelkõige teatavate liikide võimel moodustada lisajuuri. Mõnel juhul toimub seesugune vegetatiivne paljunemine normaalse nähtusena, nii näit. liikidel, mis on varustatud maapealsete (maasikas) või maa-aluste (paljud tarnad) võsunditega, s. o. stoloonidega või aga sigipungadega (bulbillidega) jne. (joon. 191).

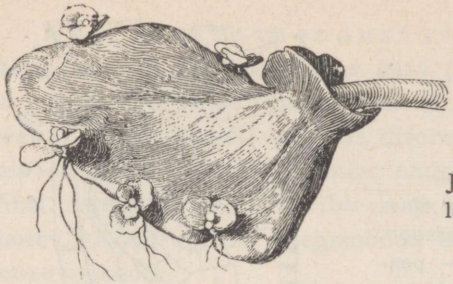
Üheidulehestel taimedel, samuti mõnedel lühiealistel kaheidulehestel püsib eespool selgitatud juure-ehitus kuni juure surmani. Okaspuudel, samuti kaheiduleheste taimede valdaval enamikul esineb j u u r e t e i s k a s v (joon. 192 ja 193). Juure teiskasvu tagajärjel muutub juure ehitus põhjapanevalt. Juure teiskasv algab parenhüümis, mis lahutab juurtes puuosa niinosast. Need parenhüümirakud moodustavad kambiumiga sarnaneva meristeemi, mis liitub puukiirte kohal samasuguste meristeemsete peritsükli rakkudega. Nii tekib pidev meristemaatiline silinder radiaalse juhtkimbu niin- ja puuosa vahele. See meristeem vastab ehituselt kõigiti varres olevale kambiumi silindrile. Ta toodab sissepoole puuosa elemente, väljapoole aga niinosa elemente. Aegamööda tekivad samasugused



Joon. 189. Külgjuure tungimine läbi emajuure esikoore. Pikilõik. b — rõngassoon, pe — peajuure peritsükkel, en — peajuure endodermis, e — külgjuure endodermis, ec — külgjuure esikoor, c — külgjuure kesksilinder, ep — juurekübar. Van Tieghem'i järgi.



Joon. 190. Kevadise tarna *(Carex verna)* lisajuured. Risoom (r) on siin sümpoodium. Sümpoodiumi iga lüli lõpeb maapealse, lehti kandva varrega; kasvu jätkab külgpung. Kõik joonisel näha olevad juured on lisajuured. Need on kaetud peente külgjuurtega. Orig.

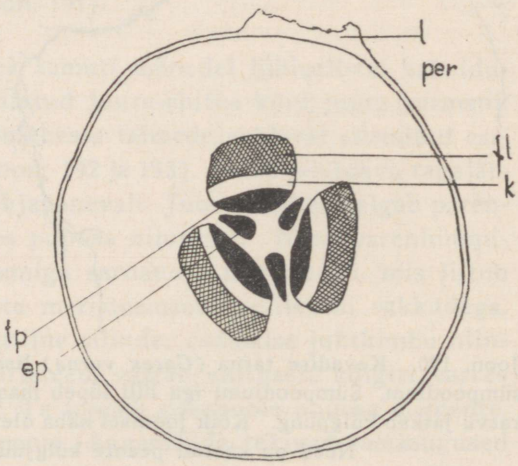


Joon. 191. *Bryophyllum calycinum*'i leht lisajuuri omavate sigipungadega. Hegi järgi.

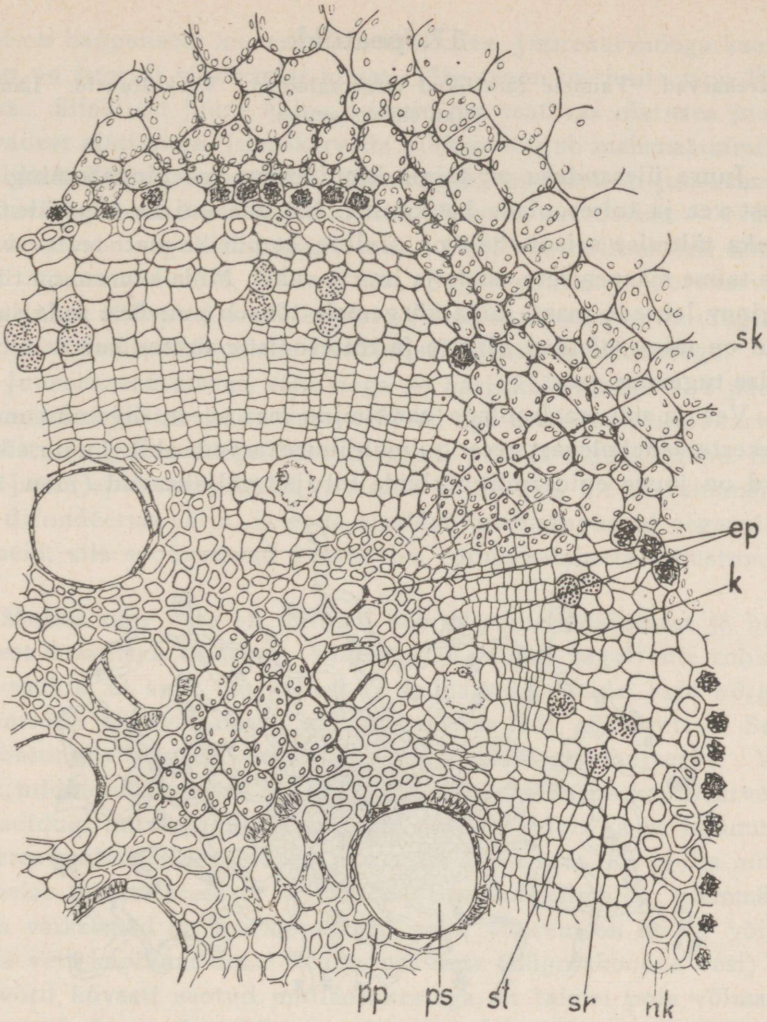
aastarõngad nagu varreski. Et endodermis ja sellest väljapool olevad teised esikoore osad ei võta osa teiskasvust, siis langevad nad maha, pärast seda kui kasvav kesksilinder nad on lõhki ajanud.

Lõpuks areneb teiskasvus olevatel juurtel periderm. Tekib fellogeen, mis hakkab tootma korgirakke. Aegamööda kattub juur korbaga, mille teke on sama, kui varres (lk. 104). Peamise tunnusena, mis võimaldab siiski ka teiskasvus olevat juurt eristada varrest, on asjaolu, et esialgse ehituse tunnistajatena jäävad püsima radiaalselt asetsevad esipuu kiired juure keskosas (joon. 192 ja 193). Teiskasv võimaldab tugevate ja pikkade juurte teket. Need on paljudel meie lehtpuudel üle 10 m pikad, kusjuures seesugused pikad juured asetsevad peamiselt mulla ülemistes kihtides. Peale nende leidub teisi, sageli küll tüsedamaid, kuid palju lühemaid juuri, mis tungivad kas otse või aga nurgi maapinna sügavamatesse kihtidesse.

Juurestiku isloom on mitmesugustel liikidel küllalt mitmesugune. Ta muutub sageli vastavalt välistingimusile. Näit. erineb



Joon. 192. Juure teiskasv *Vitis gongylodes*'el. per — periderm, l — lõvi, fl — niinosa (floeem), k — kambium, tp — kambiumi toodetud teispuu, ep — esipuu. Orig.



Joon. 193. *Vitis gongylodes*'e juur. Kaks juhtkimpu ja nende vahel olev esipuu (joon. 192) tugevamalt suurendatud. sk — säsikiir kahe juhtkimbu vahel. ep — esipuu selles olevate poorsoonte jt. elementidega. Teispuus on väga laiad poorsooned ps. pp — puuparenhüüm, k — kambium, st — sõeltoru, sr — saaterakk. Kohati esineb rakkudes kaltsiumoksalaadi druuse. Orig.

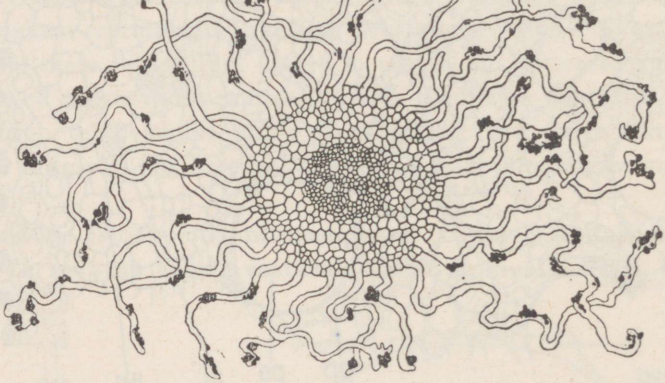
männi juurestik kuuse juurestikust selle poolest, et männi peajuur tungib sügavale maasse, kuna kuuse juured on pinnalähedased. Ent kohtadel, kus mullakiht on õhuke kas selle tõttu, et all on kalju (loomännikutes) või aga külmunud maapind (subarktilised männimetsad), kängub ka männil peajuur.

17. peatükk.

Juurekarvad. Taimele tarvilikud mineraalained. Veekultuurid. Lämmastiku sarnastamine.

Juure ülesandeks on taime kinnitamine maapinnale ning maa seest vee ja toitesoolade hankimine. Nii ühe kui ka teise ülesande eduka täitmise seisukohalt on oluline, et püsiks alati teatav vastavus taime maapealsete osade ja juurte vahel. Mida suurem on tüvele tuginev lehtede mass, mida kõrgemale tõuseb puuvõra, seda suuremad on taime nõuded nii vee ja toitesoolade suhtes kui ka mehaanilise tugevuse osas.

Vee ja mineraalsoolade hankimine maa seest, õigemini mullaosakeste vahel olevast veest, toimub juurekarvade abil. J u u r e k a r v a d on juure epidermiserakkude torujad väljakasvud (joon. 194).



Joon. 194. Ristilõik läbi juurekarvadega kaetud juure. Juurekarvadele kinnituvad mitmel pool mullaosakesed, mis püsivad küljes ka peale juure pesemist. F r a n k'i järgi.

Juure epidermiserakud erinevad tunduvalt varre vastavatest rakkudest. Nad on kuuenurgelised kuni piklikud rakud, millede rakusein koosneb tselluloosist ning on väga õhuke (0.3—1(4) μ). Kunagi ei esine juure epidermiserakkudel kutikulaarset katet. Neis olev protoplast on suure vakuooliga ning tuumaga, mis võib asetseda kas juurekarvas või epidermiseraku basaalses, laiemas osas. Sageli võib näha plasma tiirlemist (rotatsiooni) vakuooli ümber. Raku-

mahl on happelisem kui esikoore rakkudes. Juurekarvadega kaetud tsoon on juurtel võrdlemisi kitsas. See tsoon on juure tipu läheduses. Siiski on juure kõige noorem osa teatavas ulatuses juurekarvadest alati vaba. Juurekarvade pikkus kõigub maismaataimedel harilikult 0.5 ja 1 mm vahel. Mõningatel taimedel on juurekarvad tunduvalt pikemad (näit. vesikatkul, *Helodea canadensis* — 4 mm). Nende arv on sageli üllatavalt suur. Ühel ruutmillimeetril leidub neid näit. maisil 425, hernel 232. Sageli suureneb juurekarvade tõttu juure välispind 5—20 korda. Viimane asjaolu on muidugi nii vee kui ka mineraalsoolade hankimisel otsustava tähtsusega.

Juurekarvad elavad vähe aega — harilikult ainult 4—5 päeva. Niikaua kui kestab juure kasv, tekivad aga ikka uued juurekarvad, mistõttu juurekarvadega kaetud tsooni pikkus muutub vähe. Surnud juure epidermiserakud ei suuda hoida neis olevat rakumahla. See difundeerub välja, ja et ta sisaldab mitmesuguseid orgaanilisi happeid, siis soodustavad juured ise mineraalainete lahustumist.

Mullas olev vesi on mitmeti seotud mineraalainetest ja huumusest koosneva osisega. Vihma ajal valgub sageli nii rohkelt vett mulda, et suur osa sellest ei suuda seal püsida, vaid nõrgub aegamööda sügavamatesse mullakihtidesse või põhjavette. Seda raskustungile alluvat vett nimetatakse gravitatsiooniveeks. Vee hulk, mida muld suudab hoida oma kapillaarides (nn. kapillaarvesi) on muidugi mitmesugune erinevatel mullaliikidel. Ta on huumuserikastes mullaliikides suurem kui huumusevaestes. Ka mulla mineraalosise tera suurusest oleneb kapillaarvee võimalik ülemmäär. Mida väiksemad on mullaosakesed, seda suurem on mulla võime hoida vett kapillaarides. Teatav osa vett (hügroskoopne vesi) on sedavõrd kõvasti seotud mullaosakestega, et taimel pole võimalik üldse seda kasutada. Sõmeras liivas on hügroskoopse vee % 0.5, savides aga võib see arv tõusta kuni 14% ja ka veel kõrgemale.

Siit järgneb, et mitte kogu mullaosakeste vahel olev vesi pole taimedele kättesaadav. Nimetatud veeliikidest on taimedele eriti oluline teine, s. o. kapillaarvesi. Kapillaarvees lahustub aegamööda mitmesuguste mineraalide murenemisel tekkivaid aineid, mille tagajärjel leidub temas katioone, nagu $K^{\cdot}$, $Na^{\cdot}$, $Ca^{\cdot\cdot}$, $Mg^{\cdot\cdot}$, $Mn^{\cdot\cdot}$, $Fe^{\cdot\cdot}$, $Fe^{\cdot\cdot\cdot}$, $Al^{\cdot\cdot\cdot}$ jt., ja anioone Cl', NO_3', SO_4'', SiO_3'', H_2PO_4', PO_4''' jt. Nimetatud katioonide ja anioonide vesilahus mullas on harilikult nõrk. Ainult aladel ariidse kliimaga, samuti kohati mererannikuil võib mullas olev lahus olla õige sooladerikas. Neil

kohtadel on ainult vähesed taimeliigid (nn. halofüüdid ehk soolakutaimed) eluvõimelised. Suurele enamikule ühe- ja kaheidulehestest ning okaspuudele eranditult on seesugused toitesoolade-rikkad kohad vastuvõtmatud. Kui praegu nimetatud taimede seemned juhuslikult peaksidki neis tingimusis idanema, siis hävivad idandid ikkagi, sest nad ei suuda hankida endile vett ning tarvilikke mineraalsoolasid sooladerikkast lahusest.

Küsimuse vastamisel, missuguseid mineraalaineid vajab roheline taim selleks, et elada, on olnud olulise tähtsusega veekultuurid, s. o. taimede kasvatamine katsetingimusis, kusjuures mulla asemel tarvitatakse vett, milles on lahustatud teatavaid soolasid. Sageli kasutatud Knop'i lahus on järgmise koosseisuga:

$MgSO_4$	0.25 g
$Ca(NO_3)_2$	1.00 g
KH_2PO_4	0.25 g
KCl	0.12 g
$FeCl_3$	jäljed
H_2O	1000.00 g

Seesugustes lahustes õnnestus kasvatada mitmesuguseid taimi. Katsetaimede kuivaines suurenes tunduvalt, tõustes näit. tatral võrreldes seemne kuivainese kaaluga nelja kuni viie tuhande kordseks. Katsete õnnestumise eelduseks on lahuse sobiv kontsentratsioon. See ei tohi nimelt sisaldada soolasid üle 0.1—0.5%. Ka õnnestuvad katsed hästi sel puhul, kui nõud, milledes kasvatatakse taimi, on suured (kuni 25 l). Oluline on veel, (1) et lahus oleks kaitstud valguse ja (2) liigse soojenemise vastu; (3) et oleks hoolitsetud juurte hingamiseks tarviliku hapniku eest ning (4) hoitud lahus kogu aeg nõrgalt happelisena.

Endastmõistetavalt on ka kõigi nimetatud tingimuste täitmisel veel küllalt raskusi veekultuuridega, sest katseteks tarvitatud kuivamaataimedele on veekultuuri tingimused liiga võõrad. Rida liikisid ei moodusta neil tingimusil üldse juurekarvu [näit. päevalill *(Helianthus annuus)*, lupiin *(Lupinus albus)*, türgi-uba *(Phaseolus multiflorus)*, hernes *(Pisum sativum)*, mais *(Zea mays)* jt.]. Sellevastu arenevad juurekarvad normaalselt ka veekultuurides näit. kaeral *(Avena sativa)*, tatral *(Fagopyrum esculentum)*, kaalikal *(Brassica napus)*.

Veekultuurid on tõestanud, et vesilahus peab sisaldama rea elemente selleks, et võimaldada elu leherohelist sisaldavatele tai-

medele. Need elemendid on: K, Mg, Ca, Fe, N, S, P. Veekultuurid, mis korraldati viimase võimaluseni puhastatud ning spektroskoopiliselt kontrollitud mineraalsooladega nõudes, mis olid seest kaetud parafiiniga, et takistada klaasis esinevate ühendite lahustumist vees, on tõendanud, et tingimata vajalikkude elementide hulka kuuluvad ka Mn (mangan) ja B (boor). Harilikult vajavad aga taimed neid elemente minimaalsel hulgal. Siiski on teatavate liikide nõuded suuremad (joon. 196). Näit. vajavad peet, lina ja tubakas booriühendite (boorhape) juurdelisamist toitelahusele. Kahtlemata kuulub ka Si elementide hulka, mis on paljude liikide normaalseks arenguks tarvilik.

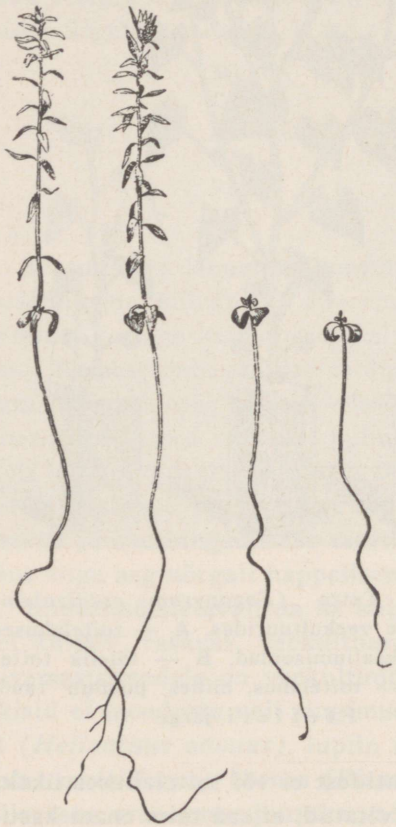
Joon. 195. Tatra *(Fagopyrum esculentum)* kasvatamine veekultuurides. A — toitelahuses puuduvad kaaliumisoolad, B — täielik toitelahus, C — toitelahus, milles puudub raud. Pfeffer'i järgi.

Tingimata vajalikkudest elementidest ei või toitelahuses ükski puududa. Kui üks neist on ära tarvitatud, ei saa taim enam kasutada ka teisi (nn. miinimumiseadus).

Huvitav on, et ka lämmastik (N) kuulub elementide hulka, mida taim hangib mullast. See Boussingault' katsete tulemus on üllatav; sisaldab ju õhk tervelt 78% N_2. Boussingault

kasvatas *Helianthus argophyllus*'t puhtas kvartsliivas (1), kvartsliivas, millele oli juurde lisatud tuhka ja KNO_3(2), ja kvartsliivas, mis sisaldas peale sama tuhahulga, mis teises katses, veel K_2CO_3 (3). Katsete tulemusena selgus, et nii esimeses katses (1) kui ka viimases katses (3) jäid taimed kiduraks. Pärast 86 päeva kestnud kasvu oli vahe nende taimede ja eksemplaride vahel, milledel oli võimalus kasutada liivale juurdelisatud KNO_3, väga ilmne (joon. 197). Esimesed olid 11—14 cm küündivad kääbused, viimased aga tugevad, 64—67 cm kõrgused taimed.

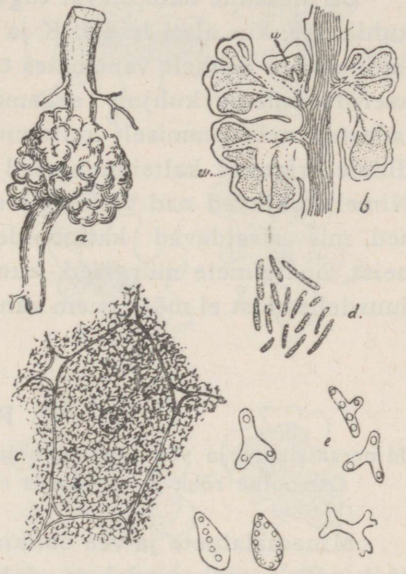
On siiski ka erandeid reeglist, et rohelised taimed ei suuda kasvada, kui muld on vaba lämmastikuühendeist. Nimelt on liblik-



Joon. 196. Veekultuuris kasvatatud lina: paremal ilma boorita, vasemal 0,05% boorhappe juurdelisamisel. Maksimov'i järgi.

Joon. 197. *Helianthus argophyllus*. 1 — kasvanud salpeetrit sisaldavas liivas, 2 — samadel tingimustel, kuid ilma salpeetrita. Boussingault' järgi.

õieliste (hernes, uba, ristikhein, lupiin jne.) juurtel erilisi mügaraid, milledes elutsevad üheraksed organismid — mügarbakterid *(Bacillus radicicola)*. Need bakterid (joon. 198) toituvad osalt taime kulul, võttes peremeestaimest süsivesikuid ja mineraalsoolasid, aga neile tarviliku lämmastiku võtavad nad õhust. Taime tungivad *Bacillus radicicola* indiviidid mullast juurekarvade kaudu. Hiljem siirduvad nad teatavatesse juure esikoore kihtidesse ning kutsuvad neis esile rakkude jagunemise ja ka rakkude haiglase liig-



Joon. 198. Liblikõieliste juuremügarate bakter. a — lupiini juur juuremügaraga, b — sama pikilõigus, w — baktereid sisaldav kude, c — nimetatud koe üksikrakk (600× suur.). d — lupiini juurebaktereid, e — bakteroidid *Vicia villosa* ja *Lupinus albus*'e juurest. Fischer'i järgi.

kasvamise e. hüpertroofia, mis ilmneb nii protoplasti kui ka seda ümbritseva rakukesta tunduvas suurenemises. Mõne aja pärast muutuvad bakterid mitmeharulisteks bakteroididekis. On tõestatud, et peremeestaime plasma hiljem seedib neid, kasutades nii bakterite elutegevusel seotud lämmastikku.

Milleks vajab taim eespool-nimetatud elemente? Taime orgaanilises aineses on tähtsal kohal plasma ja tuuma komponendid — proteiinid, proteiidid, lipoidid ja fosfatiidid. Et neis ühendeis peale C, H ja O sisaldub osalt ka N, S, ja P, siis on nimetatud metalloidide vajadus selge. Sama võib ütelda Mg kohta, sest Mg esineb nii a kui ka b klorofüllis. Kaua aega oletati raua olemasolu klorofüllis, sest katsed kasvatada taimi toitelahustes, mis ei sisalda rauda, olid näidanud, et raua puudumine kutsub esile nn. kloroosi, s. o. klorofüllivabade kollakate või valkjate lehtede tekke (joon. 195, c).

Muidugi hävib taim kloroosi tagajärjel, sest et tal puudub fotosünteesivõime. On märkimisväärt, et ka täitsa rauavabas toitelahuses kasvanud taimedel on esimesed lehed siiski rohelised; nad kasutavad rauaühendeid, mis, kuigi vähesel määral, on olemas igas seemnes. Et klorofüll rauda ei sisalda, siis on raua mõju kloroosi kõrvaldamisel nähtavasti kaudne. K ja Mg leidub plasmas arvatavasti alati. Vähe on teada aga selle kohta, missuguste ühenditena nad plasmas esinevad.

Ca ülesanne näib olevat tugevasti erinev. On huvitav, et kasvukuhikutes, kus alati leidub K ja Mg, puuduvad kaltsiumisoolad. Ca leidub väga rohkelt vanemates taimeorganites, näit. lehtedes. Eriti kserofüütidesse kuhjub aegamööda rohkelt kaltsiumi. Kaltsium ladestub neis peamiselt kaltsiumoksalaadina. Oma toimelt kolloididele erinevad kaltsiumisoolad tunduvalt Mg, K ja Na sooladest. Nimelt mõjuvad nad valkudele sadestavalt. On selgunud, et lahused, mis sisaldavad katioonidena K, Na ja Mg või ainult mõnda neist, on taimele mürgised, kuna samad lahused peale Ca-soolade juurdelisamist ei mõju enam kahjulikult.

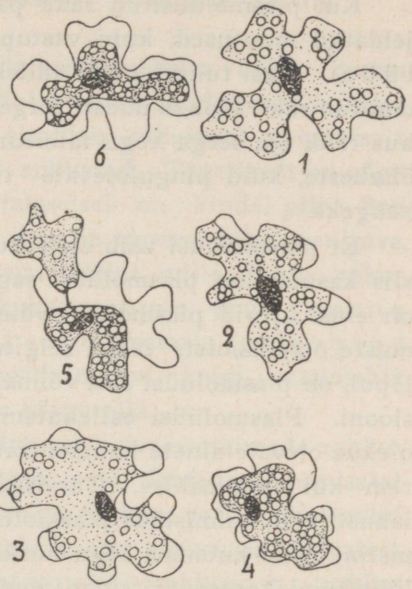
18. peatükk.

Mineraalainete ja vee tungimine juurtesse. Plasmolüüs ja deplasmolüüs. Osmootne rõhk ja turgoorne rõhk. Tõusev vool ja laskuv vool.

Mineraalainete ja vee hankimine toimub taimedel juurekarvade abil. Et juurekarvadel puudub kutiikula ning rakusein on väga õhuke, siis ainete tungimine läbi rakuseina on hõlpus. Selleks, et pääseda juurekarva vakuooli, peavad aga nii vesi kui ka mineraalained tungima ka läbi plasmakihi, mis katab seestpoolt iga elusat juurekarva. Ainete tungimine läbi rakuseina põhineb osmoosil, s. o. ainete tungimisel läbi urbse vaheseina. Rakuseinale järgnev plasma, selle vastu, funktsioneerib nagu nn. pool-läbilaskvad (semipermeaablid) kiled, s. o. plasmast pääsevad läbi vaid teatavate ainete lahused. Looduslikel kasvukohtadel esinevaist ioonidest tungivad juurekarvadesse $K^{\cdot}$, $Na^{\cdot}$, $Ca^{\cdot\cdot}$, $Mg^{\cdot\cdot}$, $Mn^{\cdot\cdot}$, $Al^{\cdot\cdot\cdot}$, $Fe^{\cdot\cdot\cdot}$ jt. katioonid ja anioonidest Cl', NO_3', SO_4'', H_2PO_4', PO_4''' jt. Muidugi ei pääse nad taimedesse kõik ühesuguse kergusega. Üldiselt võib ütelda, et kahe- ja kolmevalentsed ioonid tungivad raskemini kui ühevalentsed. See reegel on maksev nii anioonide kui katioonide kohta.

Vastupidi, rakust ei tungi välja rakumahlas lahustunud ained, nagu valgud, suhkrud, parkained, soolad jt., niikaua kui plasma on elus. Eriti plasmolüüsil ja deplasmolüüsil ilmneb selgelt vahe rakukesta ja plasma omadustes kui aineid läbilaskvate (või nende läbitungimist takistavate) membraanide vahel.

P l a s m o l ü ü s i (joon. 199) on kerge esile kutsuda näit. küllalt kange suhkru või ka mõne kahjutu soola (näit. kaalisalpeetri,



Joon. 199. Sinilille *(Hepatica triloba)* lehe marrasknaha rakud sahharoosilahuses (0,15 mol.). 1 — plasmolüseerimata rakk. 2—4 — järkjärgulise plasmolüüsi staadiumid. 5 ja 6 — lõppstaadiumid. Joonistel on märgitud plasma, tuuma ja kloroplastide asetus.

KNO_3) lahuse abil. Selleks asetatakse taimekude, näit. lehepinnalt maharebitud marrasknahk, vastavad lõigud või terved taimeorganid, nagu karvad jne., mõne eespool-nimetatud aine lahusesse. Kui lahuses oleva aine kontsentratsioon (mis on võrdeline molekulite ja ioonide koguhulgale lahuse mahtühikus) on plasmolüüsi esilekutsumiseks tarvitatud vedelikus (nn. plasmolüütikumis) suurem kui rakumahlas, siis algab vee valgumine rakumahlast plasmolüütikumi. Mikroskoobi all ilmneb see järgmistes üksteisele järgnevates muutustes: Kõigepealt väheneb plasmolüüsitava raku maht. See ilmneb nii raku pikkuse kui ka läbimõõdu vähenemises. Siit järgneb, et rakusein oli enne plasmolüüsi venitatud olekus sisemise surve tõttu, mida nimetatakse turgoorseks rõhuks. Kui vee liikumine vakuoolist plasmolüütikumi edasi kestab, võib tähele panna plasma eemaldumist rakuseinast. Algul on see eemaldumine lokaalne, ainult mõnes rakunurgas märgatav, suureneb siis ja lõpuks

tõmbub protoplast kokku üheks või mitmeks keraks. Viimasena nimetatud juhul jaguneb vakuool mitmeks vähemaks vakuooliks. Ruum rakuseina ja plasma vahel täitub siinjuures plasmolüütikumiga. Kirjeldatud nähe põhineb plasma semipermeaablusel. Plasmolüütikumina tarvitatud vedelik ei tungi (märgatavalt) rakku, küll aga vakuoolis olev vesi plasmolüütikumi. Ühtlasi selgub, et rakusein ei oma semipermeaabli membraani tunnuseid.

Kui plasmolüüsitud rakk paigutada vette, korduvad juba kirjeldatud muutused, kuid vastupidises järjekorras (deplasmolüüs). Vesi tungib nüüd väliskeskkonnast rakku. Selle tagajärjel muutub rakk lõpuks uuesti turgestsentseks. Taas saavutatakse olek, kus rakk (ja seega kogu taimeorgan, mis neist rakkudest koosneb) õhukeste, kuid pingulolevate rakuseinte tõttu osutub küllaltki kangeks.

Et plasmolüüsi võib esile kutsuda vaid elusatel protoplastidel, siis kasutatakse plasmolüüsi sageli selleks, et veenduda, kas rakk on elus. Kuid plasmolüüs võimaldab ka mõningate teiste küsimuste otsustamist. Nagu selgitas De Vries möödunud sajandi lõpul, on plasmolüüsi abil võimalik määrata rakumahla kontsentratsiooni. Plasmolüüsi esilekutsumiseks on tarvilik, et lahustunud olekus olevate ainete kontsentratsioon plasmolüütikumis oleks suurem kui rakumahlas. Tarvitades plasmolüüsiks ikka nõrgemat lahust, võib valmistada plasmolüütikumi, mis parajasti on veel võimeline esile kutsuma väga nõrka plasmolüüsi. Seesuguse plasmolüütikumi kontsentratsioon võrdubki, õigemini on natuke suurem, rakumahla kontsentratsioonist. Rakumahla osmootset väärtust väljendatakse harilikult atmosfäärides. Lähteks on, et lahuse osmootne väärtus võrdub 22.4 atm. siis, kui selle liiter sisaldab ühe gramm-molekuli ainet lahustunud olekus.[1]) Kui „piirkontsentratsiooni lahus", s. o. nõrgim lahus, mis veel esile kutsub plasmolüüsi, sisaldas näit. 100 g pilliroosuhkrut liitris, võrdub rakumahla osmootne väärtus

$$\frac{22.4 \cdot 100}{342} = 6.5 \text{ atm.}^{2})$$

---

1) Siin pole võimalik tuua lähemat põhjendust. Olgu siiski märgitud, et gaasi surve 0° C temperatuuril juhul, kui liitriline maht sisaldab ühte gramm-molekulit (s. o. 32 g O_2 või 24 g N_2 jne.), on samuti 22,4 atm.

2) Pilliroosuhkru koosseis on $C_{12}H_{22}O_{11}$, gramm-molekul kaalub seega 342 g.

Osmootne väärtus on eri taimedel mitmesugune. Kõige madalamad arvud (1—3 atm.) on leitud veetaimede kudedes. Maismaa mesofüütidel on 5—10 atm. harilikud. Eriti suur on osmootne väärtus kõrbede kserofüütidel ja halofüütidel, kus on leitud 60—100 atm. ja ka enam. Sageli esinevad suured osmootse väärtuse vahed ka sama taimindiviidi üksikutes organites ja ka sama organi eri kudedes. Näit. mesofüütide suhkrurikastes osades, nagu marjades ja mujal, on 20—40 atm. osmootne väärtus võrdlemisi harilik.

Võiks arvata, et vee tungimine taimerakkudesse (näit. juurekarvadesse) oleneb ainuüksi rakumahlas lahustunud ainete hulgast ja on seda tugevam, mida rohkem sisaldab rakumahl osmootselt tegevaid aineid, nagu sooli, happeid, suhkruid. Tegelikult on väga tähtis ka asjaolu, et rakukesta venitatavusel on kindel piir. See saabub muidugi kiiremini rakkudel, mis on tugeva, vähe venituva kestaga. Kui rakk on täitunud veega piirini, mille tingib rakukesta olemasolu ning ehitus, on rakukesta surve (turgoorne rõhk) niisama suur kui rakumahla surve plasmale (osmootne rõhk). Vesi ei saa siis enam tungida rakku, kuigi rakumahla kontsentratsioon võib sel puhul õige kõrge olla.

Seesugune veega küllastatud olek on kuivamaataimede rakkudes harva olemas, sest harilikult aurub vesi lehtedest päevaajal enam-vähem vahetpidamatult, ning mida rohkem vett on kaotanud üks või teine rakk, seda rohkem imeb ta vett naabruses olevatest rakkudest. Nagu nägime eespool, on puuosas trahheed ja trahheiidid alati kaetud elusate rakkudega. Need imevad vett soontest ning on vee allikaks järgnevatele elusatele rakkudele, mis ju kõik on üksteisega pidevas ühenduses.

Mineraalainete tungimine juurekarvadesse on üksikasjades alles selgitamata. Siin esinevate protsesside keerulisusest annab teatava kujutluse juba seegi, et igal liigil on spetsiifiline keemiline koosseis. See on maksev ka üsna kõrvu, näit. samas veekogus kasvavate taimeliikide kohta. Siit järgneb, et üksikute liikide välisele morfoloogilisele erinevusele vastab ka füsioloogiline erinevus.

Mullaosakeste vahel olev lahus on kahtlemata väga nõrk. Koos veega tungivad ka eespool-nimetatud mullalahuses esinevad katioonid ja anioonid juurekarvadesse. Võiks arvata, et ainult siis, kui juurekarvaga piirduvas rakus on vastava aine ioonide kontsentratsioon väiksem kui juurekarvas, tungib kõnesolev aine sellesse

rakku. Seega hoiaks alt üles suunatud ainete voolu alal nende pidev äratarvitamine lehtedes mitmesuguste orgaaniliste ühendite sünteesimisel (valgud, fosfatiidid, taimepigmendid jne.). Mineraalainete lakkamatu tungimine taimesse põhineks seega kontsentratsiooni vahedel, mis pidevalt alanedes ulatuksid juurest leheni.

Tegelikult on mineraalainete tungimine taimesse kahtlemata võrratult keerulisem, kui see näib eespool-antud skeemi põhjal. Selle skeemi abil oleks seletatav ainete tungimine taimerakkudesse vahest siis, kui vastavate ainete kontsentratsioon rakumahlas oleks alati vähem kui mullalahuses. Tegelikult võib sageli konstateerida vastupidist. Näit. kuhjub paljudesse umbrohtudesse (näit. *Urtica* liikidesse) rohkelt KNO_3 ka siis, kui nad kasvavad nitraatidevaesel pinnasel. Ka leidis Hoagland vetika *Nitella* rakumahla analüüsimisel, et rakumahlas oli Cl' ioonide kontsentratsioon 100 korda suurem kui taime ümbritsevas vees, Na· — 66 korda rohkem, K· koguni 1160 korda rohkem. Seejuures esinesid K·, Na·, Cl' samasuguste vabade ioonidena nii taime rakus kui ka taime ümbritsevas vees. Võiks tuua ka teisi sellelaadilisi näiteid. Et katioonide ja anioonide tungimine elavasse taimerakku on keeruline eluprotsess, seda tõendavad ka Hoagland'i tulemused odrataimedega *(Hordeum vulgare)* veekultuurides. Selgus, et juurtesse koguneva K· ja Br' ioonide hulk oleneb sellest, kas läbi toitelahuse käib lakkamatu õhuvool või aga lämmastikuvool, mis sisaldab ainult vähesel määral hapnikku, või lõpuks täielikult hapnikuvaba lämmastik. Taimedesse koguneva KBr hulga suhe nimetatud katsete puhul oli nagu 56:2—9:0. Seega oleneb ainete tungimine rakku plasma elutegevusest. Samuti põhineb plasma elutegevusel ainete püsimine vakuoolis. Mehaaniliselt tervest, kuid surnud plasmakotist algab eksosmoos otsekohe pärast raku surma, nagu seda võib hästi näha näit. värvilist rakumahla sisalduvatel rakkudel.

Tõusev vool ja laskuv vool. — On võrdlemisi kerge kindlaks teha, et vesi ja mineraalsoolad tõusevad taimedes puuosa kaudu. Seda tõestavad näit. rõngastamiskatsed. Puukoore (seega kogu floeemi) kõrvaldamine ümber tüve ulatuva rõngana näitab, et seesugused vigastused ei takista kuidagi vee liikumist ladva suunas: lehed püsivad turgestsentsetena kuni nende varisemiseni suve lõpul. Õite areng seesugustel okstel on normaalne. Viljad ja seemned aga arenevad sageli esimestel aastatel koguni paremini,

sest niinosa kõrvaldamine takistab laskuvat voolu (see toimub sõeltorude kaudu), mistõttu lehtede valmistatud assimilaadid kuhjuvad viljadesse ja ka lehtedesse endisse. Paljudel juhtudel värvuvad lehed rõngastamiskatsete puhul punaseks, sest tekivad kas antotsüaniinid (näit. paljudel roosõielistel) või plastiidides esinevad pigmendid (näit. rodoksantiin *Reseda* liikidel). Lõpuks paisub sageli tüvi väljalõigust pealpool orgaaniliste ainete ülirohke juurdevoolu tõttu.

Vesi, mis täidab trahheesid ning trahheiide, on teise koosseisuga kui juurekarvade ja esikoore rakkude vakuoole täitev vedelik. Ta sisaldab märksa vähem lahustunud aineid kui nimetatud rakkude rakumahl. Siit järgneb, et juurekarvad ja ka esikoore rakud (vähemalt mõned neist) on võimelised mitte ainult võtma vett, vaid ka eritama seda soontesse. Vee filtratsioon rakkudest soontesse on kahtlemata olemas ka siis, kui on kõrvaldatud maapealsete osade imemisjõud, mis oleneb lehtede ja varte kaudu toimuvast transpiratsioonist. Maapinna läheduses mahalõigatud varrest (tüvest) tungib puuosa soonte kaudu välja sooni täitev vedelik. Väljatungiva vedeliku hulk on mitmesugune eri liikidel. Ta varieerub ka samal liigil aastaaegadega. Eriti suur on mahla hulk kevadel näit. kaskedel *(Betula)*, vahtra liikidel *(Acer)* ja viinapuul *(Vitis)*. Kuigi on mitmeti püütud seletada juurerõhu põhjusi, on need seni üksikasjus jäänud teadmatuks. Pole kahtlust, et ka siin on mängus plasmas toimuvad protsessid ning plasma eri struktuur eri liikidel. Igatahes on kindel, et suvel on juurerõhk vett tõstva jõuna tunduvalt vähema tähtsusega, kui lehtede imemisjõud. Teisiti on see aga paljudel puuliikidel kevadel.

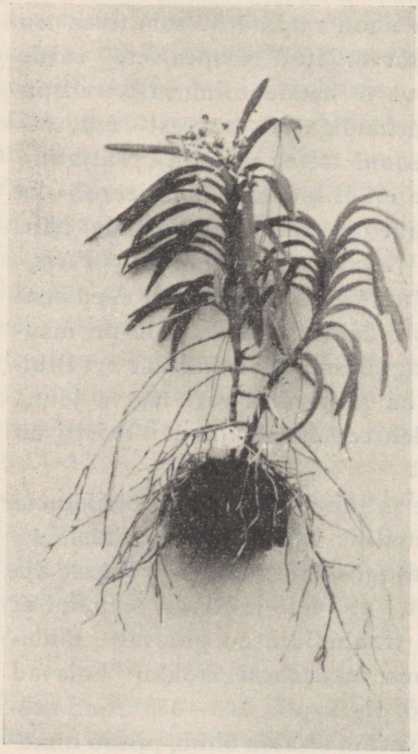
Et mõningatel taimedel lehtede ja juure vahel on mitmekümne (mõnel juhul koguni üle 100) meetriline vahemaa, tekib küsimus, mis jõud võimaldavad tõsta vett seesuguse kõrguseni. Viimase aja uurimused on selgitanud kõigepealt, et vett juhtivad puuosad ei sisalda õhku. Nii trahheed kui ka trahheiidid on pidevalt täidetud veega. Molekulaarsed jõud, mis veeosakesi kokku hoiavad (kohesioonitungid), on õige suured, ligikaudu 300—350 atm., seepärast on arusaadav, et niikaua, kui vesi ei sisalda õhku, piisab nimetatud jõududest selleks, et seletada ka pikkade pidevate veesammaste olemasolu trahheedest ja trahheiididest koosnevas puus. Missugune on trahheesid ja trahheiide katvate elusate elementide (puuparenhüümirakkude ja säsikiirterakkude) osatähtsus vee tõstmisel, pole lõplikult selgunud. On tõenäone, et nende ülesanne

seisab ka selles, et nad takistavad gaasimullide tekkimist soontes. On andmeid, mis kõnelevad selle kasuks, et nad suudavad neid sealt koguni kõrvaldada, kui õhk on vigastuste tõttu tunginud vettjuhtivatesse elementidesse.

19. peatükk.

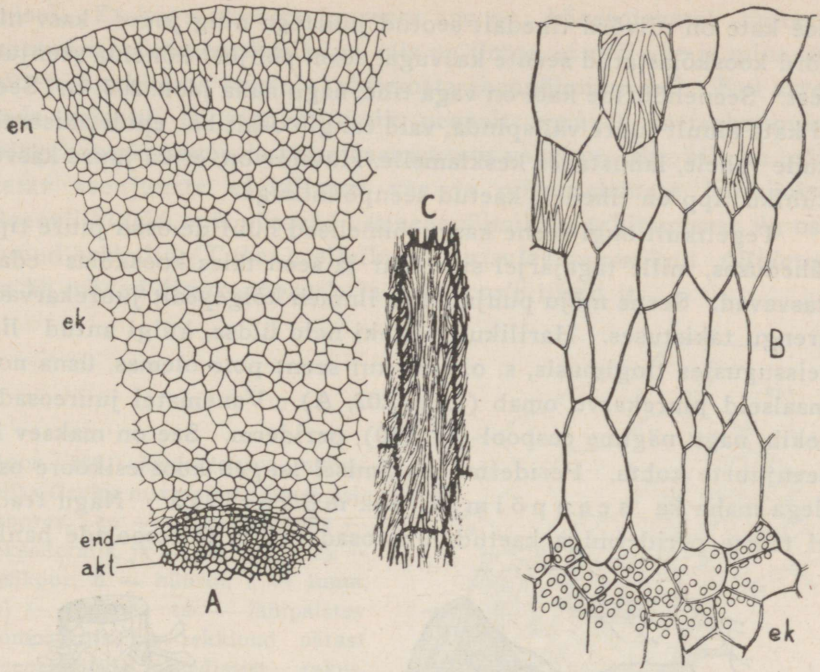
Õhujuured. Seenjuured. Ektotroofne ja endotroofne mükoriisa. Assimileerivad juured.

Juure peaülesanne on eespool selgitatud. See seisab vee ja toitesoolade hankimises ning taime kinnitamises maapinnale. Nagu teistelgi taimede põhiorganitel, leidub ka juurel siiski erilisi kujunemislaade. Tähtsamad neist on (1) õhujuured, (2) seenjuured, (3) assimileerivad juured, (4) säilitusjuured, (5) hingamisjuured, (6) tugi- ja plankjuured, (7) asteljuured, (8) ronijuured.



Joon. 200. Käpaline *Vanda tricolor*. Näha õhujuuri.

Õhujuured. — Paljudel epifüütsetel käpalistel ja võhalistel *(Araceae)* esinevad lisajuured, mis on võimelised kiirelt absorbeerima neile uduna või vihmana langevat vett. Vee absorbeerimine toimub nn. juurenaha (*velamen*'i) abil, mis tekib dermatogeenist ning on seega epidermaalne moodustis. Juurenahk koosneb mitmest tihedalt liituvast rakukihist, nii et ses juureosas täielikult puuduvad intertsellulaarid. Rakukestad on enam-vähem puitunud, sageli spiraalsete või võrkjate seinapaksenditega. Väljakujunenud olekus neis rakkudes protoplaste ei leidu. On iseloomu-



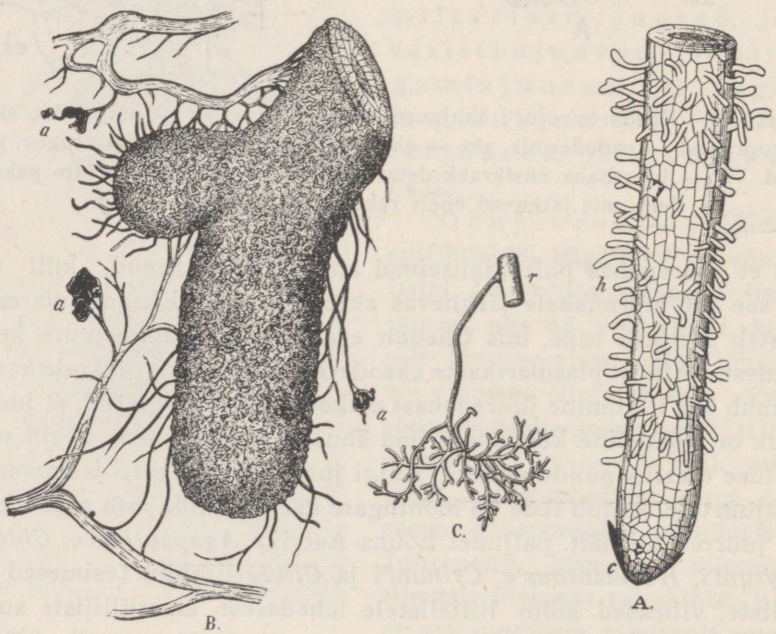
Joon. 201. *Vanda tricolor*'i õhujuure ristilõik (A). en — juurenahk, ek — esikoor, end — endodermis, akt — aktinosteel. B — juurenahk tugev. suurend. C — juurenaha üksikrakk detailselt; näha kiulisi rakuseinte paksendeid, mis jätkuvad ühelt rakukestalt teisele. Orig.

lik, et juurenahas pole rakuseinad kunagi korgistunud, küll aga on see nii juurenahale järgnevas eksodermises. Eksodermis moodustab seetõttu tupe, mis tihedalt eraldab juurenahka juure keskosadest. Ainult plasmarikaste eksodermise läbilaske-rakkude kaudu toimub vee liikumine juurenahast esikoorde. On oletatud, et juurenahk on võimeline kondenseerima õhus olevat veeauru. Kuid selle oletuse tõestus puudub alles. Kuigi juurenahk on eriti iseloomulik õhujuurtele, leidub teda ka mõningate kserofüütide maa sees olevatel juurtel, nii näit. paljudel Lõuna-Aafrika *Agapanthus*'e, *Chlorophytum*'i, *Haemanthus*'e, *Crinum*'i ja *Clivia* liikidel (esimesed liilialiste, viimased kolm liilialistele lähedasest amarülliliste sugukonnast).

Seenjuured. — Okaspuudel (*Picea, Pinus, Taxus, Juniperus* jt.), samuti mitmesugustel lehtpuudel (*Fagus, Carpinus, Quercus, Alnus, Betula* jt., ja ka mõningatel rohttaimedel) on noored juureosad tihedalt kaetud seenehüüfidega (seeneniitidega).

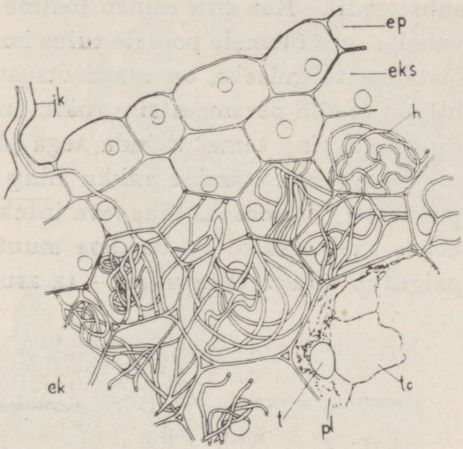
See kate on niivõrd tihedalt seotud juurtega ning juure kasv niivõrd kooskõlastatud seente kasvuga, et on põhjust kõnelda seenjuurest. Seenehüüfide kate on väga tihe, nagu näha joon. 202, B. Seen ei kata ainult juure välispinda, vaid tungib osalt ka epidermiserakkude vahele, lahustades kesklamelle. Huvitav on, et ka juure kasvukuhiku tipp on tihedalt kaetud seenpõimikuga.

Tegelikult ongi seene kasvuvõimelised hüüfide osad juure tipu läheduses, mille tagajärjel siin juur ja seen täies kooskõlas edasi kasvavad. Seene mõju puujuurtele ilmneb kõigepealt juurekarvade arengu takistuses. Harilikult ei teki neid üldse, kuigi antud liik teissugustes tingimusis, s. o. siis, kui seent pole olemas, üsna normaalseid juurekarvu omab (joon. 202, A). Vanematel juureosadel tekib, nagu nägime eespool (lk. 150), periderm. See on maksev ka seenjuurte kohta. Peridermi tekkimisel langeb koos esikoore osadega maha ka seenpõimik ehk mükoriisa. Nagu teada, ei teotse peridermiga kaetud juureosad vee ja toitesoolade hanki-



Joon. 202. A — steriliseeritud metsahuumuses kasvanud pöögi *(Fagus silvatica)* juur. h — juurekarvad, c — juurekübar, B — sama liigi juur seenpõimikuga (kasvanud steriliseerimata mullas). Seenehüüfid on mitmel pool (a) ühenduses huumuse osakestega. C — valgepöögi *(Carpinus betulus)* juur mükoriisaga. Frank'i järgi.

misel. Et kogu noorem juureosa aga on kõnesolevatel taimedel kaetud tiheda seenpõimikuga, siis on ilmne, et neil vee ja mineraalainete hankimine toimub kahtlemata seenpõimiku abil. Kui arvestada asjaolu, et seeneniidistik peenelt haruneb metsahuumuses ning kontakt seene ja huumuseosakeste vahel on tihe, siis on mõistetav seenjuurte efektiivsus vee ja mineraalainete hankimisel. Seeneliikideks, mis võtavad osa seenpõimikute tekitamisest, on osutunud trühvlid *(Tuber)*, pilvikud *(Russula)*, puravikud *(Boletus)* ja ka mõned *Hygrophorus*'e ja *Agaricus*'e liigid jt.



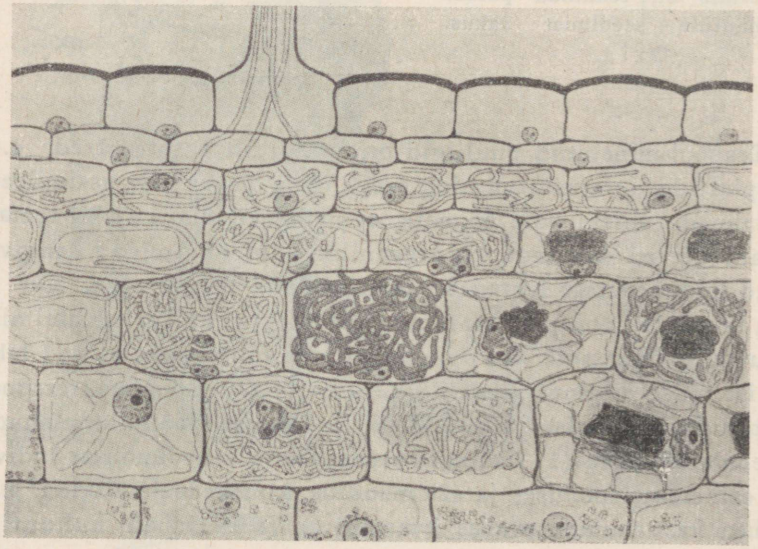
Joon. 203. Endotroofne mükoriisa *Orchis maculatus*'e juure esikoores. ep — epidermis, eks — eksodermis, jk — juurekarv, ek — esikoor, h — hüüfid, t — tuum, pl — plasma, to — läbipaistev tomp, mis on tekkinud pärast seenehüüfide seedimist rakus. Orig.

Eespool-nimetatud puuliigid on eranditult autotroofsed, s. o. kloroplastidega varustatud ning seega õhus olevat CO_2 assimileerivad taimed. Siiski pole võimatu, et nad seenpõimiku abil teatava määrani võivad kasutada ka orgaanilisi aineid, mida hangivad seened kõdunevatest lehtedest, puutüvedest, okstest jne. On ju teada taimi, mis toituvad tervenisti ektotroofse mükoriisa abil ning kuuluvad obligaatsete saprofüütide hulka, sest et nad leherohelist üldse ei oma (seenelill, *Monotropa*). Et mõned eespool-nimetatud autotroofsed liigid siiski ka ilma seenpõimikuta suudavad elada, tõendab (1) üksikute seenevabade, eluvõimeliste indiviidide esinemine looduses ja (2) mändide, kuuskede jt. liikide küllalt hea kasv huumusevabas kvartsliivas (seenevabad kultuurid). Ometi on ka andmeid, mis tõendavad, et teatavad liigid, nagu pöök *(Fagus)* jt., ainult siis on kasvuvõimelised, kui nende juured on varustatud mükoriisaga.

Vastandiks seni käsitletud ektotroofsele mükoriisale on endotroofne mükoriisa (sisene seenpõimik).

See mükoriisa vorm on leitud kanarbikulistel *(Ericaceae)*, kukemarjal *(Empetrum)*, väga paljudel käpalistel *(Orchidaceae)* jt. Seos seene ja õistaime vahel ulatub siin nii kaugele, et enamik kõnesolevaid taimi ei saa üldse kasvada ilma seeneta. Sageli (näit. orhideedel) on juba seemnete idaneminegi võimatu, kui pole toimunud nende infektsioon seenega. On märkimisväärt, et seened (B e r n a r d'i järgi mitmesugused *Rhizoctonia* liigid) on kasvuvõimelised ka väljaspool taime (näit. saalepit sisaldaval želatiinil), nii et osutus võimalikuks orhideede paljundamine seemnete abil kunstlikul substraadil. Kas siin esineb tõeline sümbioos seene ja õistaime vahel, s. o. mõlemale poolele tulus kooselu, või aga seene kasutamine õistaime toitmiseks, on raske otsustada. Kindel on, et varem või hiljem seedib peremeestaim (näit. orhidee) ära temasse väljast sisse tunginud ning temas mõnda aega jõudsasti kasvanud seenehüüfid.

Seene meelitamine rakku ning selle seedimise käik on näha joon. 204. Esimeseks läheneva infektsiooni tunnuseks on juure esikoore rakkudes oleva tärklise muutumine suhkruks. Samal ajal paigutub ümber rakutuum — ta asub raku keskossa (joon. 204, 3).

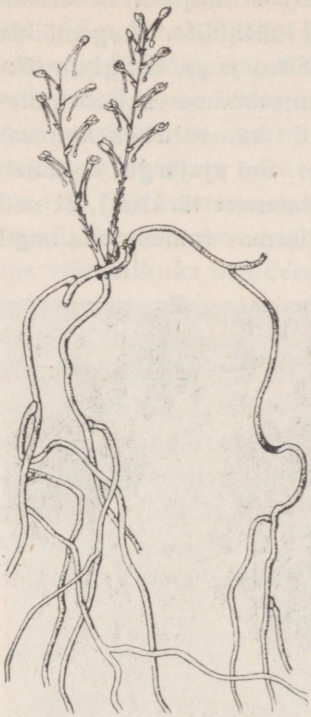


Joon. 204. Endotroofne mükoriisa käokeele *(Platanthera chlorantha)* juures. Pikilõik. 1 — epidermis juurekarvaga; 2 — eksodermis; 3—6 esikoor; 7 — endodermis. Kihis 3 seen alles elus; seene seedimist pole siin märgata. Sügavamates kihtides (4, 5, 6) toimub seene seedimine. Esinevad kõik tekstis kirjeldatud staadiumid. B u r g e f f'i järgi.

Seenele avaldab nähtavasti suhkur kemotaktilist mõju. Seen kasvab rakku ning hakkab kasvatama karakteerseid lühihüüfe. Aegamööda täidavad seenehüüfid raku keskosa (joon. 204, 5 ja 6). Kuigi on tõenäone, et nad kasvuks kasutavad osalt peremeestaime rakkudes olevaid aineid, valgub hüüfidesse toitaineid ka väliskeskkonnast (N sisaldavaid ühendeid, mineraalsoolasid). Sel ajajärgul koguneb seenehüüfidesse nii rohkelt glükogeeni (loomset tärklist), et nad värvimisel (hematoksüliini abil) näivad niisama tumedatena nagu tuumakesed. Nagu varajasematelgi staadiumidel, on seenehüüfid rakkudes pidevalt kaetud rakuplasmaga. Rakutuum näib sageli olevat mitmeks osaks nöördunud (teine rakk 5. kihis). Järgneb tuuma vabanemine seenehüüfide vahelt ja aeglane tuuma ränne rakuseina poole (keskmine rakk 5. kihis). Samal ajal toimuvad rakus suured muutused, sest seenehüüfe kattev plasmamass hakkab seedima seent, mis on vahepeal surmatud. Aegamööda jääb seenest järele läbipaistev tomp. Taim on seedinud glükogeeni, valgud ja nähtavasti ka seenehüüfide seintes oleva lämmastiku. Mõne aja pärast on rakk jälle valmis uueks „söömaks". Nii koguneb üksteise kõrvale seedimatuid tompe, kuni lõpuks on rakk nendega täidetud sel määral, et eespool-kirjeldatud protsess enam ei saa korduda. See staadium saavutatakse kõigepealt juure esikoore sisemistes kihtides.

Joon. 205. Kultuuris kasvav mükoriisaseen *(Mycelium radicis tortilis)* troopilisest orhideest *Trichopilia*. Burgeff'i järgi.

Seene tungimine juure rakkudesse ning seene seedimine toimub paljudel käpa *(Orchis)* liikidel alates oktoobrist kuni kevadeni. Sellevastu süsiniku assimilatsioon (ja sellega ühenduses olev vee ja toitesoolade muretsemine juurte abil) toimub kogu suvel ja sügise esimesel poolel. See kahe tähtsa toitumisprotsessi ajaline lahushoid (küll mitte alati teravalt läbi viidud) on mõistetav, kui



Joon. 206. Troopilise vihmametsa orhidee *Angraecum micropetalum* roheliste assimileerivate juurtega. Joonisel on näha kaks õisikut. Nende alusel alalehti. Pärislehti *A. micropetalum*'il pole. Schlechter'i järgi.

arvestada asjaolu, et seenehüüfide rohke esinemine juurekarvades ja esikoores loomulikult takistab juurte kui vee ja toitesoolade hankijate tegevust.

Assimileerivad juured. — Paljudel epifüütidel on vars (lk. 139) väga lühike. Varre ja lehtede reduktsioon jõuavad äärmuseni liikidel, nagu *Angraecum micropetalum* — Kameruni vihmametsades epifüüdina kasvaval orhideel (joon. 206), mis koosneb ainult õisikust, õisiku alusel olevatest soomusjatest lehtedest ning tugevasti arenenud juurtest. Sellel taimel on juured süsiniku sarnastamise organiteks. Need on *Angraecum*'il juurtele omase aktinosteeli ja (õhukese) juurenahaga; juurenaha all olev esikoor sisaldab aga rohkelt kloroplaste.

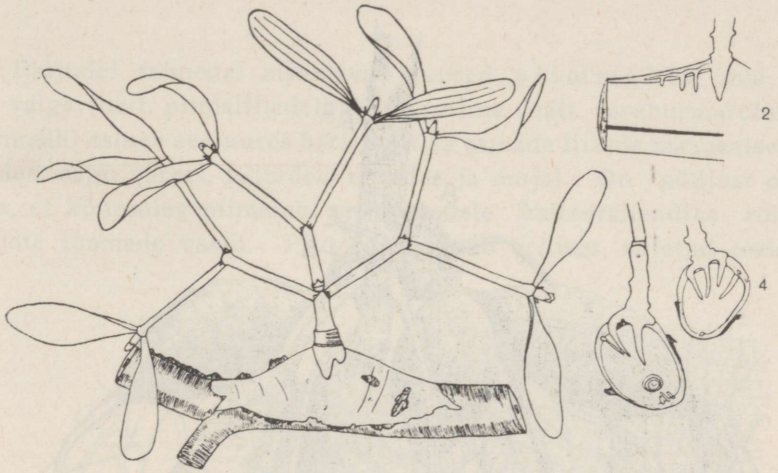
Ka mitmed teised orhideed omavad assimileerivaid juuri (näit. *Taeniophyllum, Aeranthus*'e liigid). Mõnedel neist (näit. *Aeranthus funalis*'el, Vahe-Ameerikas) on juured dorsiventraalse ehitusega. See asjaolu, samuti juurenaha puudumine *Aeranthus funalis*'e juurte rohelisel pealmisel pinnal suurendavad nende juurte sarnasust lehtedega. Kõnesolevad juured on seega lehtedele analoogsed organid.

20. peatükk.

Parasiitide juured. Juuremugulad. Hingamisjuured. Ronijuured. Asteljuured.

Terava kontrasti autotroofsete kloroplaste sisaldavate juurtega moodustavad parasiitide juured. Need koosnevad sageli plastilisest rakkude massist, milles on raske leida tunnuseid, mis

muidu iseloomustavad juuri. Näit. puuduvad puuvõõrikul *(Viscum album)* nii peajuurel kui ka peremeestaime koores kasvavatel juurtel (joon. 207, 2) ning neist puusse tungivail imikuil juurekübarad. Ka tekivad siin kõik juure harunemised eksogeenselt. Need omapärased juured koosnevad peamiselt parenhüümirakkudest; siiski diferentseerub lõpuks kesksilinder trahheede ja trahheiididega (mitte aga sõeltorud; ka saaterakud puuduvad). Parasiidi trahheede lõpplülid asuvad peremeestaime ksüleemiga tihedas kontaktis.

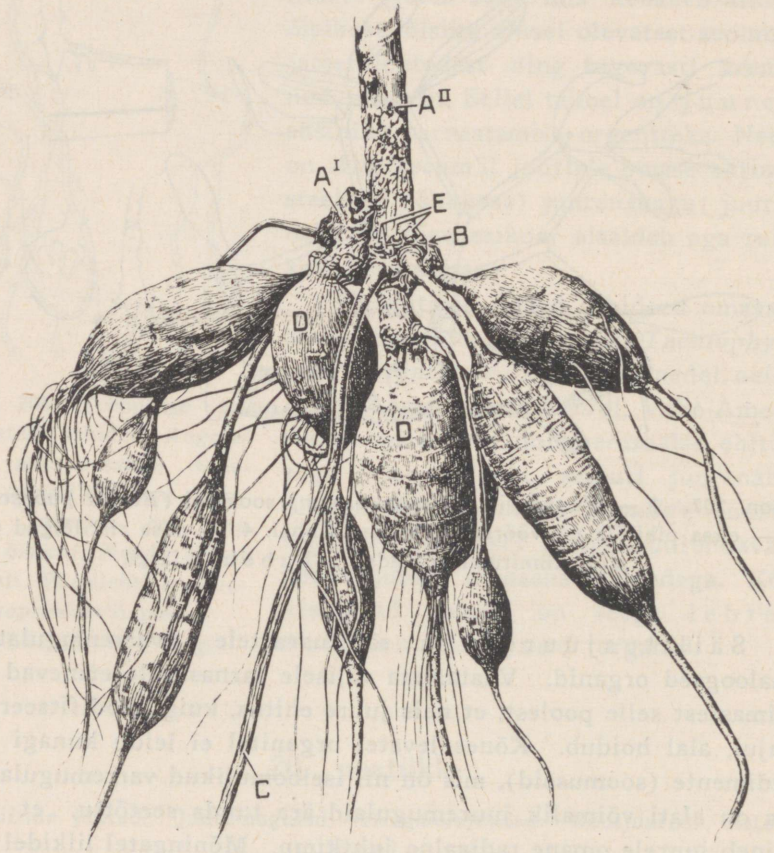


Joon. 207. 1 — Puuvõõrik *(Viscum album)* sookasel *(Betula pubescens)*. 2 — oksa pikilõik puuvõõriku kinnitumiskohal. 4. — oksa ristilõigud parasiidi kinnitumiskohtadelt. T u b e u f'i järgi.

S ä i l i t u s j u u r e d on säilitusvartele (varremugulatele) analoogsed organid. Vaatamata välisele sarnasusele erinevad nad viimastest selle poolest, et neis juure ehitus, kuigi modifitseeritud kujul, alal hoidub. Kõnesolevatel organitel ei leidu kunagi lehe rudimente (soomuseid), mis on nii iseloomulikud varremugulatele. Ka on alati võimalik juuremugulaid ära tunda seetõttu, et neil esineb juurele omane radiaalne juhtkimp. Mõningatel liikidel võivad juuremugulad tublisti kasvada laiusesse, nii näit. paljudel putkedel *(Umbelliferae)*, peedil *(Beta vulgaris)* jt.

Putkedel, näit. porgandil *(Daucus carota)*, toimub juure paksenemine teiskoore abil. Siin on kesksilinder ümbritsetud võimsast

kooreosast, mille rakud sisaldavad rohkelt säilitusaineid (tärklis, suhkur, karotiin jt.). Palju keerulisem juht esineb peedil. Nagu teada, on siin ristilõigul rida kontsentrilisi kiudseid sõõre, mis kõik asuvad pehmes parenhüümses koes. Keskmisele sõõrile, mis on kõige vanem ja koosneb puu- ning niinosast, järgneb noores juures esikoor. See langeb aga teiskasvu algul maha. Kesksilindri niinosas tekib varsti perifeerses niineparenhüümis uus, väljaspool asuv kambiumikiht, mis oma soodu hakkab tootma parenhüümirakke, niint ning puuosa. Veel enne kui see niine-puuosa sõõr jõuab lõplikult välja kujuneda, diferentseerub sõõri niinosa parenhüümis uus,



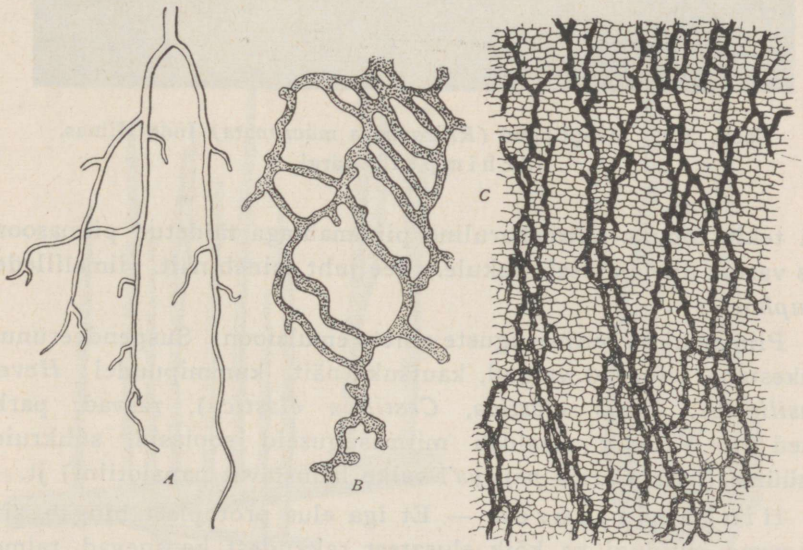
Joon. 208. Jorjeni *(Dahlia variabilis)* muguljuured. A II — selleaastane vars, A I — eelmise aasta varre alus, mis kannab muguljuuri (lisajuured). Vanad, eelmise aasta mugulad on märgitud D-ga. E — pungad. Krijthe järgi.

väljaspool asuv kambiumiring, mis tekib täpselt samuti nagu eelminegi. Et iga säärane kambiumiring toodab suhteliselt rohkelt parenhüümirakke ning vähe sõeltorusid, saaterakke ja puuelemente, siis tekibki eespool-kirjeldatud kontsentriliselt asetsevate sõõride järjestus.

Välispinnal on säilitusjuured kaetud peridermiga.

Eespool-toodud näidetes olid säilitusjuured taime peajuureks. Leidub mudugi ka säilitusjuuri (muguljuuri), mis on lisajuured, üheidulehestest näit. käpa *(Orchis)* liikidel, kaheidulehestest näit. kanakoolmel *(Ficaria verna)*, jorjenil *(Dahlia variabilis)* jt.

Paljudel taimedel sisaldavad juured p i i m m a h l a, mis on kas valge (näit. piimalilledel) või värviline (näit. verehurmarohul). Piimmahl esineb seejuures harilikult ka samade liikide maapealsetes osades, nagu varres, lehtedes, viljades ja mujal. On põhjust oletada, et kõnesolev piimmahl on taimedele kaitsevahendiks rohusööjate loomade vastu. Piimmahl esineb erilises suletud torude



Joon. 209. A — lülitu piimasoone osa piimalille *Euphorbia myrsinites*'e lehest. B — osa lülilisest piimasoonest mustjuure *(Scorzonera hispanica)* juurest. C — nagu eelmine, aga joonisel on näha ka parenhüümne juurekude, milles asetsevad piimasooned. A ja B U n g e r'i järgi, C — S a c h s'i järgi.

süsteemis, nn. piimasoontes, mis on kas (1) lülilised või (2) lülitud (joon. 209). Lülilised piimasooned esinevad näit. magunalistel, samuti korvõielistel. Nende tekkel rakkudevahelised vaheseinad teatavatel rakkudel lahustuvad, kusjuures nimetatud rakkudes ühtlasi toimuvad olulised muutused protoplastides, millede lõppedes rakud on täidetud piimmahlaga. Lülitud piimasooned sellevastu tekivad sel teel, et üks ainus rakk juba varakult hakkab kasvama mitmeharulisena, tungides läbi teda ümbritsevate kudede.

Joon. 210. Manglipuud *(Rhizophora mucronata)* Indo-Hiinas. Schimper'i järgi.

Nii tekib lõpuks mitmeharuline piimmahlaga täidetud piimasoon, mis vastab ühele ainsale rakule. See juht esineb näit. piimalilledel *(Euphorbia)*.

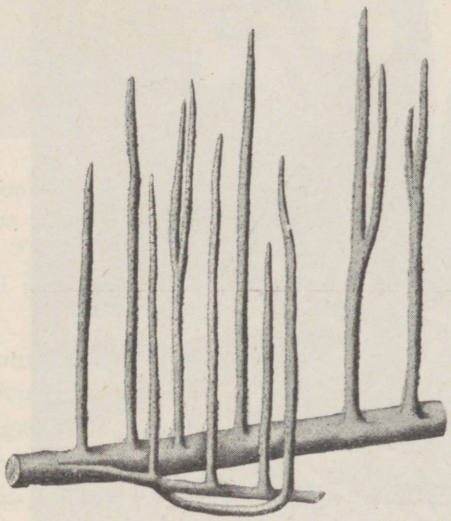
Piimmahl on mitmesuguste ainete emulsioon. Suspendeerunud osakestena esinevad vaigud, kautšuk (näit. kummipuudel: *Hevea brasiliensis, Ficus elastica, Castilloa elastica*), rasvad, parkained jt. Vedelik sisaldab mitmesuguseid soolasid, suhkruid, ensüüme (näit. *Carica papaya*'l valke lahustavat papaiotiini) jt.

Hingamisjuured. — Et iga elus protoplast hingab, siis hingavad muidugi ka kõik elusatest rakkudest koosnevad taimeorganid, seega ka juured. Hingamisjuurte püstitamine omaette tüübina on siiski põhjendatud. Nimelt on teatavatel taimedel, mis juurduvad hapnikuvaeses või koguni hapnikuvabas mudas, juured kujunenud hapnikuhankijaiks. Selle kõrval täidavad nad aga sageli

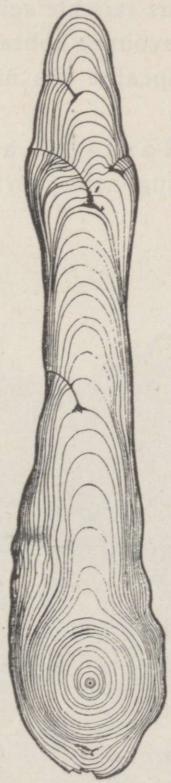
ka teisi juure funktsioone, nagu taime varustamist vee ja toitesooladega ja taime kinnitamist maapinnale. Väga karakteerseid kaares allapoole kasvavaid juuri — nn. kurgjuuri — leidub manglipuudel (*Rhizophora* liikidel). Mõõna ajal, seega kaks korda iga 24 tunni jooksul, on troopika rannikute mangroovsoodes manglipuude juured kuival (joon. 210). Tõusu ajal on puud kuni võrani soolases merevees. Ikka uued õhujuured tekivad okstest; varem või hiljem muutuvad nad kurgjuurteks. Juurte välispinda katvas peridermis on tihedalt lõvesid. Nende kaudu tungibki õhk juure perifeersetesse osadesse, kus on rohkelt õhukäike.

Veel imelikumad on negatiivselt geotroopsed hingamisjuured (näit. *Sonneratia acida*'l, *Avicennia officinalis*'el jt. mangroovsoode taimedel). Ülespoole kasvavad juured (joon. 211) ulatuvad näit. *Avicennia*'l 20—30 cm üle maapinna ning asuvad võrdlemisi tihedalt. Neid juuri katab tugev korkkude, milles on rohkelt lõvesid. Sügavamal järgneb suurte õhukäikudega varustatud esikoor.

T u g i - j a p l a n k j u u r e d. — Eespool-kirjeldatud *Rhizophora* liikide



Joon. 211. *Avicennia tomentosa* juur negatiivselt geotroopsete külgjuurtega. Hingamisjuurte välispind on kaetud lõvedega. S c h i m p e r'i järgi.



Joon. 212. *Parkia africana* plankjuure ristilõik. Umbes 1/12 loom. suur. H a b e r l a n d t'i järgi.

kurgjuuri võib vaadelda ka tugijuurtena. Mudane mererannik koos sealse mõõna ja tõusu, lainetuse ja tormidega loob erilise asukoha, millel kord ankruna, kord toena funktsioneerivad kurgjuured on taimele suure tähtsusega. Aga ka kuivas ranniku osas ja ka metsades leidub taimi tugijuurtega (näit. *Pandanus*'e liigid). Omapäraseid juuri omavad paljud troopiliste vihmametsade puud. Need on suhteliselt õhukesed plangusarnased, radiaalselt asetsevad võimsad juured, mis sageli ulatuvad maapinnalt kuni mitme meetri kõrguseni, nagu näha joon. 213. Nende omapäraste juurte ristilõigu ehitus selgub joon. 212. Nagu ristilõigust näha, on näit. *Parkia africana* plankjuure teiskasv juure eri külgedel väga erinev: maapoolse küljega võrreldes võib vastaspoole juurdekasv olla näit. ligikaudu seitse korda suurem. Planktoestiku tähtsus taimele seisab selles, et kõnesolev toestik suurendab juurte kandevõimet kohtadel, kus juurestik on pinnalähedane, osalt koguni pinnapealne kas mullakihi vähese sügavuse või põhjavee läheduse tõttu.

Roni- ja asteljuured. — Paljudel ronitaimedel on kahesuguseid juuri: toitejuuri ja ronijuuri, s. o. juuri, millede abil

Joon. 213. Tseilonil kasvava kummipuu *(Ficus elastica)* plankjuured. Neger'i järgi.

nad kinnituvad toeksolevatele taimedele. Näit. luuderohul *(Hedera helix)* harunevad esimesed maa sees ning on geotroopsed. Luuderohu ronijuured sellevastu tekivad vartel lühikeste harunemata lisajuurtena, mis gravitatsiooni mõjule on indiferentsed ja funkt-

Joon. 214. „Puukägistaja" *Ficus ligustrina* palmil *Sabal mexicana*. Joonisel on *Ficus*'e valkjad juured tihedalt ümber *Sabal*'i tüve. T r e l e a s e'i järgi.

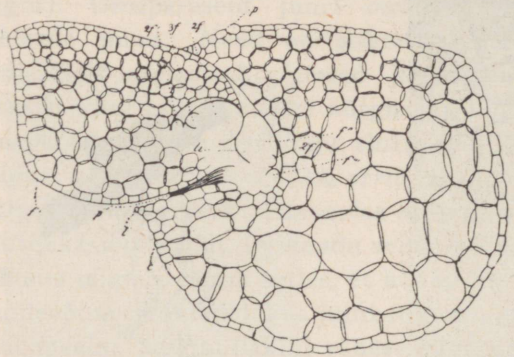
Joon. 215. Samblikuga sarnanev juurteta õistaim — *Tillandsia usneoides*. N e g e r'i järgi.

sioneerivad haardorganitena. Mõningatel troopilistel liikidel (näit. *Ficus*'tel) on ronijuured nii võimsad, et epifüüt (*Ficus*'e liik) aegamööda kägistab peremeestaime, millel ta idanes (joon. 214). Peale peremeestaime surma moodustab ta lõpuks tüve ja juurdub siis juba otse mullas.

A s t e l j u u r e d esinevad nii ühe- kui kaheidulehestel taimedel. Eriti tuntud on nad mõningatel palmidel (*Acanthorrhiza*, *Iriartea* jt.). Näit. *Acanthorrhiza*'l katavad kuni 20 cm pikkused, sageli harulised juured tüve alumist osa. Neil juurtel kängub

juurekübar, rakuseinad puituvad ja tekib organ, mis väliselt vaevalt erineb varre- või leheastlast.

Nagu teatavatel õistaimedel võivad puududa lehed (lk. 129) või vars (näit. mõningatel *Streptocarpus*'e liikidel), nii leidub ka õistaimi, mis on j u u r t e t a. Siia kuulub näit. huvitav Ameerikas kas-



Joon. 216. Juurteta ja lehtedeta õistaim *Wolffia arrhiza* pikilõigus. Näha taskuid, milles tekivad emavõsul tütarvõsud f' — f'''. H e g e l m a i e r'i järgi.

vav epifüüt *Tillandsia usneoides* (joon. 215), mis on üllatavalt sarnane samblikkudega perekonnast *Usnea*. Juurteta veetaime näitena sobib *Wolffia arrhiza* — väike läätsekujuline taim (läbimõõt 1—2 mm), mis esineb Lääne-Euroopa ja ka teiste maailmaosade seisvates vetes. Ta roheliste, pealmisel pinnal õhulõhedega varustatud võsulülide mikroskoopiline ehitus selgub joon. 216.

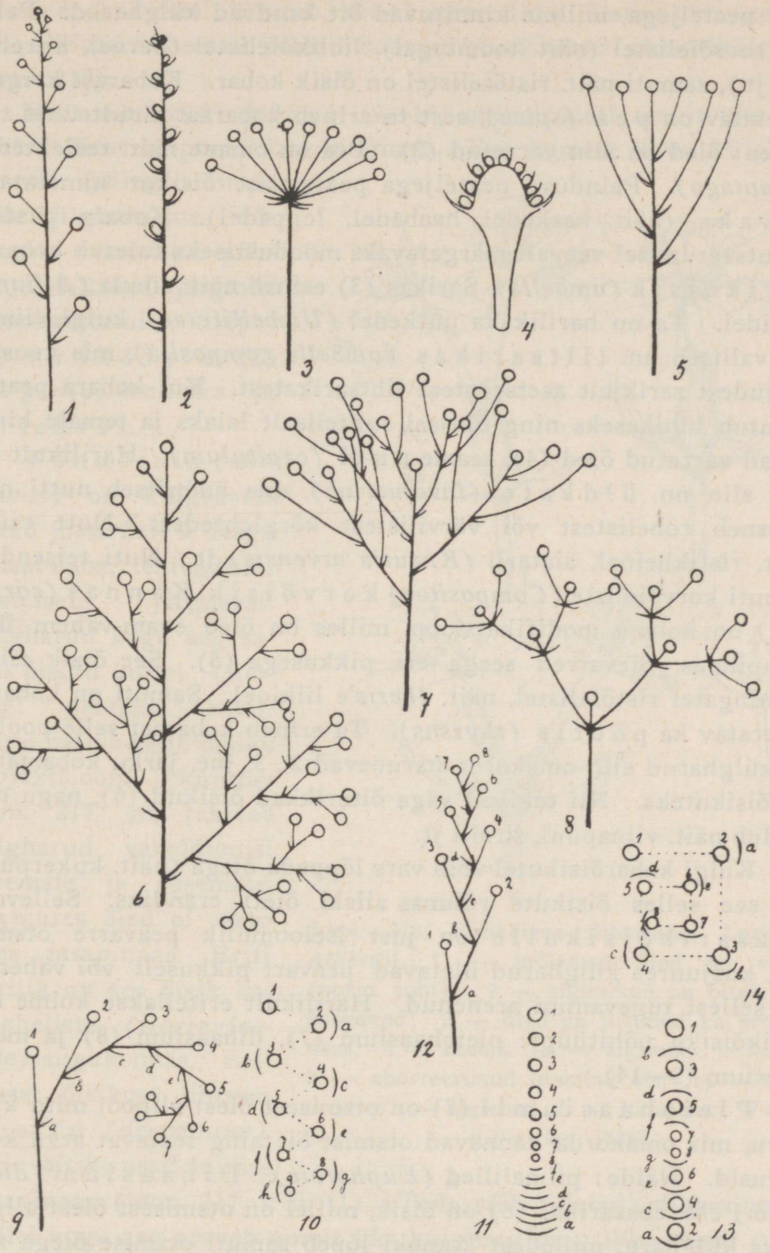
21. peatükk.

Lihtõisikud (A — kobarõisikud, B — ebasarikõisikud). Liitõisikud. Õis. Perigoon. Tupp. Kroon.

Seni käsitletud taimeorganid — leht, vars ja juur — on indiviidi elu-alalhoiu teenistuses. Neile nn. vegetatiivseile organeile on vastandiks suguorganid ehk generatiivsed organid, mis okaspuudel, samuti ühe- ja kaheidulehestel taimedel, asetsevad õites. Kuigi õied esinevad taimedel ka üksikult (näit. vesiroosidel, kullerkuppudel), on tavalisem õite koondumine nn. õisikutesse.

Õ i s i k u d *(inflorescentia)* on õite kogud. Vastavalt sellele, kas õisikus esineb kobarjas (ratsemoosne) või ebasarikjas (tsümoosne) harunemine, võib eritella kahte suurt õisikute rühma.

A. K o b a r õ i s i k u d (joon. 217, 1 kuni 6). Kobarõisikute põhitüübiks on k o b a r *(racemus)*. See õisik (1) on hästi arene-



Joon. 217. Õisikud. 1 — kobar, 2 — pea, 3 — sarikas, 4 — nutt, 5 — kännas, 6 — pööris, 7 — pleiohaasium, 8 — dihaasium, 9 ja 10 — võnkõisik, 9 ja 11 — sirp, 12 ja 13 — lehvik, 12 ja 14 — keeris. Velenovsky järgi.

nud peateljega, millele kinnituvad õit kandvad külgharud. Paljudel roosõielistel (näit. toomingal), liblikõielistel (hernel, hiirehernel jt.), samuti näit. ristõielistel on õisik kobar. Kobarast kergesti tuletatav on pea *(spica)*, sest ta erineb kobarast ainult ühes tunnuses: õied on siin varretud (2). Pea on omane näit. teelehtedele *(Plantago)*. Painduva peateljega peasarnast õisikut nimetatakse urvaks (näit. kaskedel, haabadel, leppadel). Kobara peatelje redutseerumisel vaevalt märgatavaks moodustiseks tuletub kobarast sarikõisik *(umbella)*. Sarikas (3) esineb näit. sibula *(Allium'i)* liikidel. Ta on harilik ka putkedel *(Umbelliferae)*, kuigi viimastel valitseb nn. liitsarikas *(umbella composita)*, mis koosneb paljudest sarikjalt asetsevatest lihtsarikatest. Kui kobara peatelg muutub lühikeseks ning ühtlasi suhteliselt laiaks ja temale kinnituvad varretud õied (4), saame nuti *(capitulum)*. Harilikult esineb siin nn. üldkate *(involucrum)*, mis ümbritseb nutti ning koosneb rohelistest või värvilistest kõrglehtedest. Nutt esineb näit. ristikheinal, äiataril *(Knautia arvensis)* jt. Nuti teisend on samuti korvõieliste *(Compositae)* korvõisik. Kännas *(corymbus)* on kobara modifikatsioon, milles on õied enam-vähem ühes tasapinnas, õievarred seega eri pikkusega (5). See õisik esineb mõningatel ristõielistel, näit. *Iberis*'e liikidel. Samuti on kobarast tuletatav ka pööris *(thyrsus)*. Ta erineb kobarast selle poolest, et külgharud siin omakorda harunevad 2., 3. jne. järku kobarjateks osaõisikuteks. Nii tekivad väga õiterikkad õisikud (6), nagu neid leidub näit. viinapuul, sirelil jt.

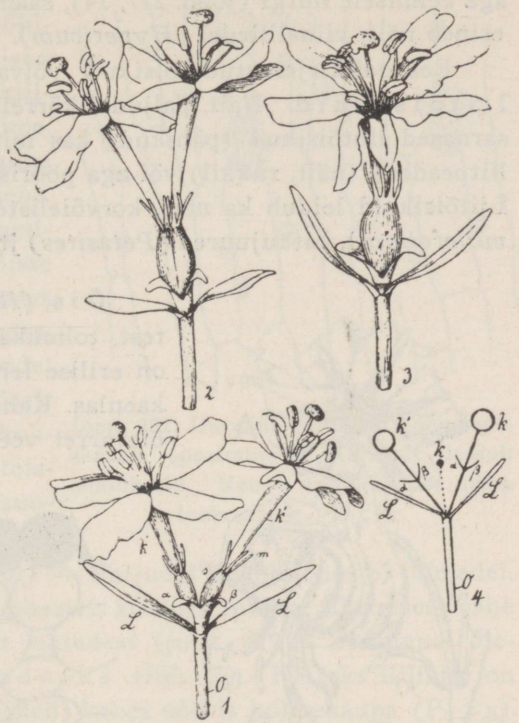
Kuigi kobarõisikutel võib vars lõppeda õiega (näit. kukerpuul), on see selles õisikute rühmas siiski õieti erandiks. Sellevastu ebasarikõisikuile on just iseloomulik peavarre otsmine õis, kusjuures külgharud ületavad peavart pikkuselt või vähemalt on sellest tugevamini arenenud. Harilikult eritellakse kolme ebasarikõisiku põhitüüpi: pleiohaasium (7), dihaasium (8) ja monohaasium (9—14).

Pleiohaasiumil (7) on otsmisest õiest allpool mitu külgharu, mis omakorda kannavad otsmist õit ning teatavat arvu külgharusid. Näide: piimalilled *(Euphorbia)*. Dihaasium *(dichasium)* ehk ebasarikas (8) on õisik, millel on otsmisest õiest allpool kaks külgharu, milledest kumbki lõpeb samuti otsmise õiega ning kahe külgharuga igast õiest allpool. Sama harunemisviis järgneb ka edasi juhul, kui on olemas 3., 4. jne. järku külgharusid. Eriti nelkõielistel on ebasarikas harilik. Mõnel juhul, näit. kuslapuu

(Lonicera) liikidel, kängub, või ei arene üldse, õisiku otsmine õis. Siis tekivad vähestest õitest koosnevad väikesed ebasarikõisikud (joon. 218).

Monohaasiumidel (9—14) areneb alati ainult üks otsmisest õiest allpool olev külgharu. See esimest järku külgharu kannab jällegi ainult ühte külgharu jne. Mõningate erinevuste põhjal eritellakse järgmisi monohaasiumi tüüpe: (1) võnkõisik, (2) sirp, (3) keeris ja (4) lehvik.

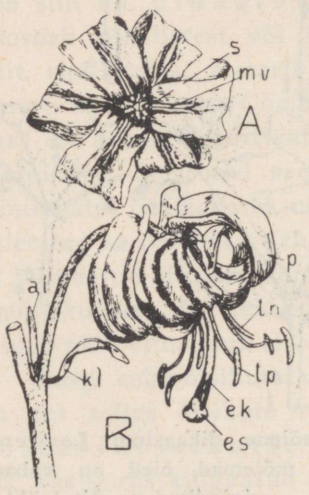
Võnkõisik *(cincinnus)* on külgvaates antud joon. 217, 9. Nagu sellest näha, tekivad siin üksteisele järgnevad külgharud kogu aeg samal õisiku küljel (joonisel paremat kätt). Nagu näitab selle õisiku projektsiooni kujutav joon. 217, 10, tekivad külgharud vaheldumisi paremale ja vasemale, kusjuures õied ei asetu ühes tasapinnas. Eriti harilik on see õisik karedeheliste *(Borraginaceae)* sugukonnas. Eelmisest õisikust lihtsam on sirp *(drepanium)*. Selle õisiku osad on ühes tasapinnas (joon. 217, 9 ja 11). Teda võib tuletada dihaasiumist, millel kogu aeg areneb ainult üks külgharu ning ikka samal (näit. paremal) küljel. See on haruldane õisik, mis esineb näit. loalistel *(Juncaceae)*. Lehvik *(rhipidium)* on samuti tuletatav dihaasiumist sel teel, et areneb alati ainult üks külgharu. Eelmisest õisi-



Joon. 218. Kaheõiene dihaasium *Lonicera Albert*'il. 1 — mõlemad õied on vabad (norm. juht); 2 — sigimikud on õitel ühte kasvanud; 3 — õied on liitunud ka krooniosas. 4 — skeem. s — sigimik, k' — õis, k — aborteerunud otsmine õis, m — tupp, α ja β — alglehed, L — kateleht. Velenovsky järgi.

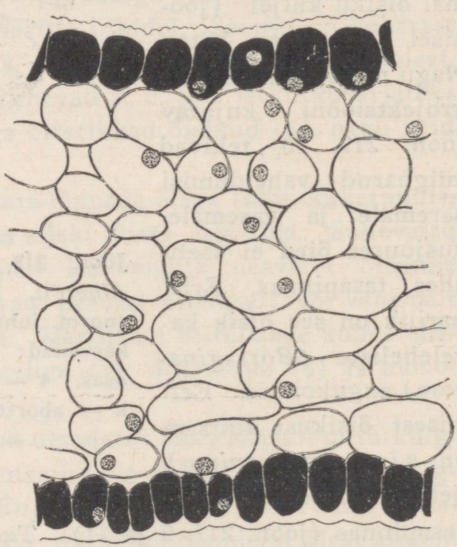
kust (sirbist) erineb ta selle poolest, et lehvikus tekivad harud kord paremale, kord vasemale (joon. 217, 12). Ka siin on kõik õisiku harud ühes tasapinnas (joon. 217, 13). Lehvik esineb näit. võhumõõgaliste sugukonnas (*Iris*'e liikidel jt.). Kui külgharude tekkimise järjekord on sama, mis sirbil, iga järgmine külgharu tekib aga eelmisele nurgi (joon. 217, 14), saame k e e r i s e *(bostryx)*, mis esineb näit. viinalilledel *(Hypericum)*.

Eespool-kirjeldatud õisikud võivad mitmeti liituda, andes l i i t õ i s i k u i d. Näit. paljudel kõrrelistel esinevad väikesed peasarnased lihtõisikud (pähikud) kas mitmest pähikust koosnevate liitpeadena (näit. rukkil) või aga pöörisõisikutes (näit. väriheinal). Liitõisikuid leidub ka näit. korvõielistel, nagu raudrohi *(Achillea millefolium)*, katkujuured *(Petasites)* jt.



Joon. 219. Liilia *(Lilium martagon)*. A — õis pealt peale tolmukate ja emakakaela eemaldamist; B — õis küljelt. p — perigooni leht, tn — tolmukaniit, tp — tolmukapea, mv — meevagu e. nektarivagu, ek — emakakael, es — emakasuue, s — sigimik, kl — kateleht, al — algleht. O r i g.

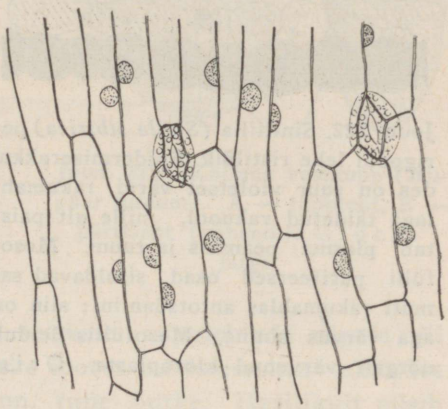
Õ i s *(flos)*. — Õis koosneb õiekattest, tolmukaist ning viljalehtedest. Õis on erilise lehe — k a t e l e h e *(bractea)* kaenlas. Kaheidulehestel (joon. 218) on õievarrel veel kaks väikest lehekest —



Joon. 220. Darwin'i tulbi perigooni ristilõik. Nii pealmine kui ka alumine epidermis sisaldab antotsüaniini. Perigooni mesofüll on värvitu. O r i g.

a l g l e h t e *(prophyllum)*, mis üheidulehestel on liitunud selgmiseks mediaanseks algleheks (joon. 219).

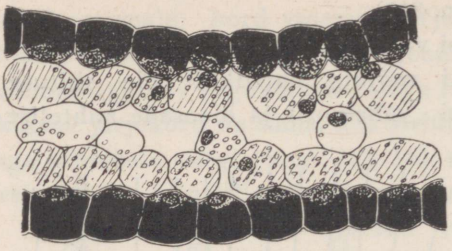
Õie ehituse ja tolmlemisviisi vahel on ilmne seos, nagu selgub allpool. Kuid tolmlemisviis ei mõjuta harilikult õie ehituse põhijooni, s. o. õieosade arvulisi vahekordi ja õieosade suhtelist paigutust. Veel vähem mõjutavad õie ehituse põhijooni väliskeskkonna teised tegurid, nagu mullastik, kliima jne., mis, nagu nägime, on otsustava mõjuga taime vegetatiivsete organite — lehe, varre ja juure — kujundamisel. Näit. püsib ristiõieliste õis kõige mitmekesisemates tingimustes, nagu kõrbedes, metsades, alpiinsetel niitudel ja arktilistes maades, oluliselt samana, kuigi nendel asukohtadel kasvavad ristõielised teistes tunnustes üksteisest suuresti erinevad.



Joon. 221. Darwin'i tulbi perigooni epidermis (pealmine). Hajusalt leidub õhulõhesid. Nende sulgrakkudes näha leukoplaste. O r i g.

Õ i e k a t e *(perigonium)*. — Paljudel üheidulehestel taimedel, samuti mõningatel kaheidulehestel, koosneb õiekate üksteisest vähe või üldse mitte erinevatest lehtedest (joon. 219). Seesugust õiekatet nimetatakse p e r i g o o n i k s (lüh. P). Näiteks liiliatel on õiekatte lehed (perigooni lehed) kahes sõõris kolmekaupa (P_{3+3}). Perigooni lehed on sageli värvilised (näit. liilialistel). Harilikult oleneb värv rakumahlas lahustunud antotsüaniinist, mis esineb kas ainult epidermises (joon. 220 ja 221) või aga epidermises ja mesofülli perifeersetes kihtides (joon. 222). Mõnel juhul, näit. aaloetel (joon. 223), oleneb perigooni värv hematoplastidest või kromoplastidest. Teistel üheidulehestel on perigoon enam-vähem roheline, vähe silmapaistev (näit. kõrrelistel) või aga puudub õiekate sootuks, näit. tarnadel *(Carex)*.

Kaheidulehestel taimedel, osalt aga ka üheidulehestel, esineb kahesuguseks eristunud õiekate. Välist õiekatte lehtede sõõri nimetatakse t u p e k s, sisemist k r o o n i k s. Tupp (lüh. K, *calyx*) koosneb tupplehtedest *(sepala)*. Kuigi tupplehed erinevad taime päris- ja kõrglehtedest harilikult nii kujult kui ka suuruse poolest,

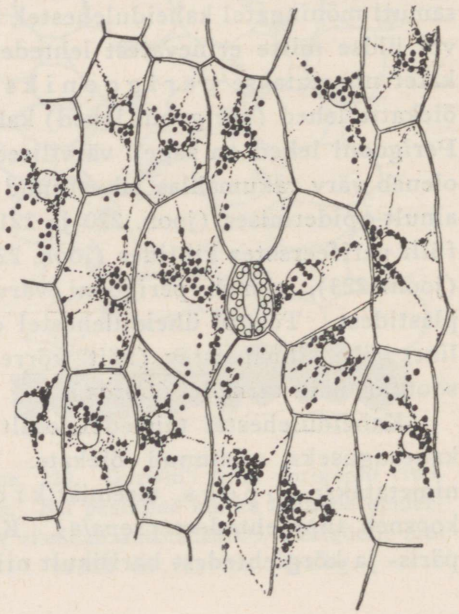


Joon. 222. Siniliilia *(Scilla sibirica)* perigooni lehe ristilõik. Epidermiserakkudes on suur violetset värvi rakumahlaga täidetud vakuool, mille alt paistab plasma peamass ja tuum. Mesofülli perifeersed osad sisaldavad samuti rakumahlas antotsüaniini; siin on aga värvus sinine. Mesofüllis leidub nõrgalt värvunud kloroplaste. Orig.

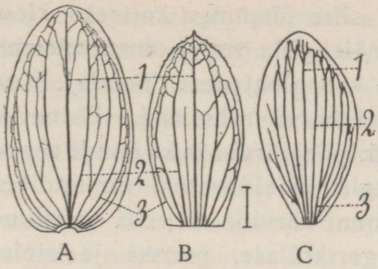
on selgunud, et nad on modifitseerunud lehed, mis arenevad samasuguseist lehealgeist kui päris- ja kõrglehed. Selle tõttu leidub õites aeg-ajalt abnormseid tupplehti, mis on taasmoondunud rohelisteks pärislehtedeks. Mõnel juhul vastavad tupplehed tervele lehele (näit. *Calluna'l, Hypericum*'i liikidel jt., joon. 224) või lehelaba alumisele osale (*Nuphar*, joon 225) või aga lehealusele (paljudel roosõielistel).

Kuigi tupplehed harilikult asuvad nii tihedalt, et neid võiks pidada samale sõõrile kuuluvaiks, on nad tegelikult paigutatud kahe ristvastaku lehepaarina ($K_2 + 2$, näit. ristiõielistel) või tupplehed asetsevad spiraalil, kusjuures nende divergents on $^2/_5$ (viietine tupp). Seega on tupe teke seotud ühe, kahe või enam internoodiumi kadumise ning vastavate noodiumide ühtesulamisega.

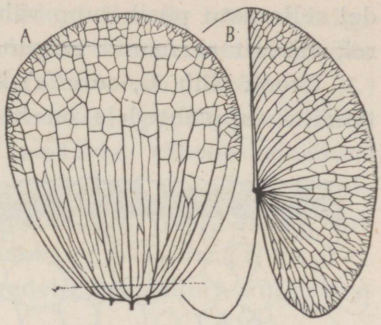
Tupplehed on paljudel taimedel vabad (näit. tulikail); ent sage on ka juht, kus nad on enam-vähem üksteisega „kokku kasvanud". See juht esineb näit. huulõielistel *(Labiatae)* ja paljudel nelkõielistel *(Caryophyllaceae)*. Seesuguste liitlehiste tuppede teke toimub



Joon. 223. *Aloë striata* perigooni pealmine epidermis. Rakkudes näha plasmat, tuuma ning eriti tuuma ümbruses rohkelt karmiinpunaseid hematoplaste. Õhulõhe sulgrakkudes on kloroplastid. Orig.

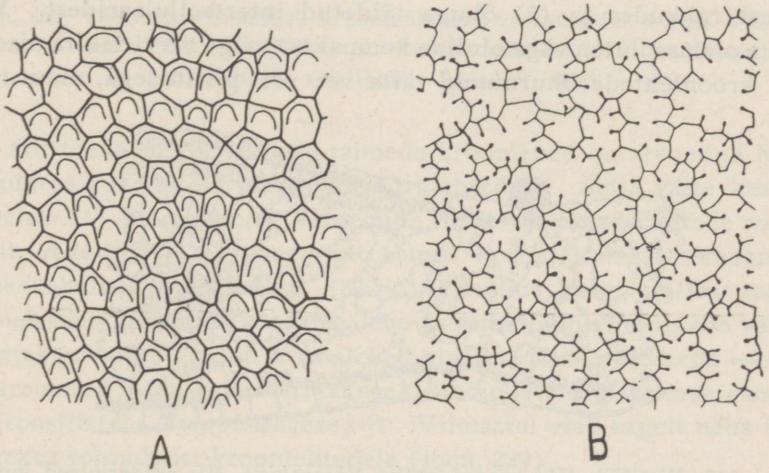


Joon. 224. Kandiline viinalill *(Hypericum quadrangulum)*. A — pärisleht, B — tuppleht, C — kroonleht. Üksteisele vastavad rood on märgitud sama arvuga. G l ü c k'i järgi.



Joon. 225. Kollane vesikupp *(Nuphar luteum)*. A — tuppleht, B — pärisleht (vähend.). G l ü c k'i järgi.

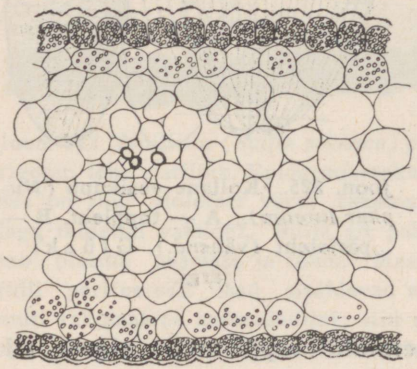
nii, et algul üksteisest eraldi seisvate tupplehtede algete all olev tsoon hakkab kasvama rakke tootva meristeemina, tekitades aegamööda tupe liitunud osa, nn. tupe putke. Harilikult püsib tupp kuni vilja valmimiseni; mõnel juhul suureneb tupp koguni tublisti, nagu näit. juudikirsil *(Physalis alkekengi)*, kus tupp pealegi punaseks muutub, kloroplastide moondudes karotinoidi füsalieeni ($C_{72}H_{116}O_4$) sisaldavateks kromoplastideks. Teistel juhtu-



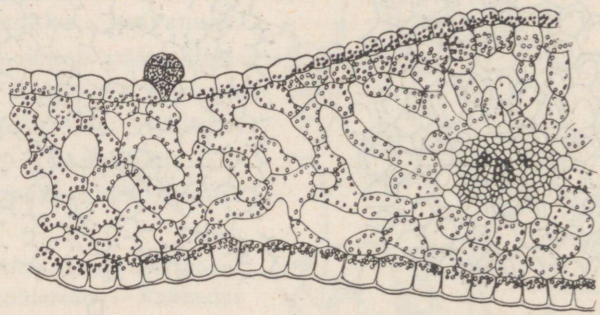
Joon. 226. Mägimarana *(Potentilla Crantzii)* kroonlehe pealmine (A) ja alumine (B) epidermis. Pealmise epidermise rakud on papillidega. Neist on tingitud kroonlehe peensametjas pind. Õhulõhed puuduvad. O r i g.

del sellevastu püsib tupp vähe aega, olles õiepunga kaitseks. Noorel, vaevalt avanenud maguna õiel näit. pole tuppe enam olemas.

Kroon (lüh. C, *corolla*) koosneb kroonlehtedest *(petala)*. Vastandina tupplehtedele on kroonlehed harva rohelised. Esinevad kõik põhivärvid ja ka nende segud kõigis mõeldavates varjundites. Krooni värvina on eriti harilikud valge, kollase, punase ja sinise mitmesugused toonid. Krooni värvi põhjustavad sageli rakumahla pigmendid — antotsüaniinid (näit. valdaval enamikul taimedest, mis on siniste ja punaste õitega) ja antoksantiinid (näit. nurmenuku kollastes õites). Aga ka kollased või punased kromoplastid võivad tingida krooni värvi, näit. varsakabjal *(Caltha palustris)*, aaloetel *(Aloë)* jt. Mõnel juhul leidub nii kromoplaste kui ka värvilist rakumahla (näit. võhumõõkadel). Huvitavad on valged kroonlehed. Nende värv oleneb (1) täielikust pigmentide puudumisest rakkudes ja (2) õhuga täidetud intertsellulaaridest. Viimaste olemasolu on väga oluline kompaktse valge värvi tekitamiseks. Kui kroonlehtede õhuruumid täita vee või piiritusega, muutuvad

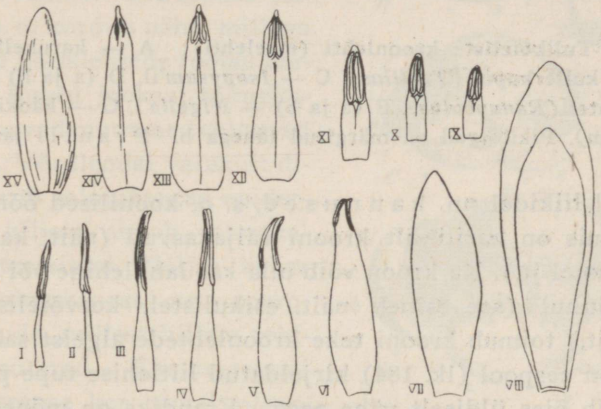


Joon. 227. Ristilõik läbi *Adonis vernalis*'e kroonlehe. Eriti epidermised, osalt ka subepidermaalne mesofüllikiht sisaldavad kollaseid ksantoplaste. Orig.



Joon. 228. Ristilõik läbi krooni putke *Forsythia*'l. Nii epidermised kui ka mesofüll sisaldavad kollaseid ksantoplaste. Kohtadel, kus krooni putk on seest oranži värvi joontega, on pealmises epidermises oranži värvi kromoplastid. Rakumahl rakkudes on värvitu. Orig.

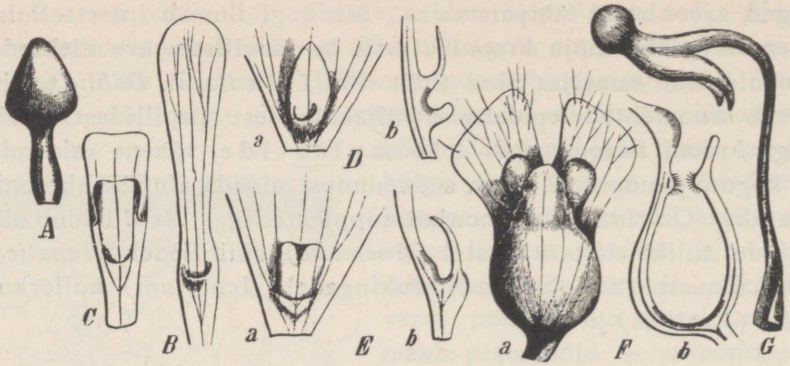
valged kroonlehed läbipaistvaiks. Muidugi ilmneb intertsellulaarides oleva õhu mõju krooni värvile ka värvilistes kroonlehtedes. Kroonlehtede sametjas pind (näit. *Viola tricolor*'il, *Dahlia*'tel jt.) oleneb kroonlehtede epidermise väljakasvudest (papillidest). Kuigi seega krooni iseloomustab k l o r o p l a s t i d e vähene esinemine või koguni puudumine, ei saa seda tunnust pidada ainuüksi kroonile omaseks. On rida liike kroonjate tupplehtedega. Neid leidub näit. paljudel tulikõielistel: ülastel *(Anemone)*, sinililledel *(Hepatica)*, kukekannustel *(Delphinium)*, käokingadel *(Aconitum)*, kullerkuppudel *(Trollius)* jt.



Joon. 229. Tolmukate üleminek kroonlehtedeks vesiroosidel. I kuni VIII — *Nymphaea alba*. IX kuni XV — *N. dentata hybrida*. VIII ja XV puudub tolmukapea täielikult. T r o l l'i järgi.

On tõenäone, et paljude taimede kroonlehed on arenenud harilikkudest rohelistest päris- või kõrglehtedest. Selle väite kasuks kõneleb (1) üleminekute esinemine tupp- ja kroonlehtede vahel (näit. *Adonis*'el); (2) aeg-ajalt esinev kroonlehtede taasmoondumine rohelisteks lehtedeks, (3) juhtkimpude kulg, milles sageli ilmneb kaugeleulatuv kooskõla lehe ja sama taime kroonlehe vahel. Teistel juhtudel aga on kroonlehed staminodiaalse tekkega — nad on arenenud tolmukaist. Nii on see tulikõieliste sugukonnas, samuti vesiroosilistel *(Nymphaeaceae)* jt. Viimastel võib sageli näha üleminekut tolmukaist kroonlehtedele (joon. 229).

Paljudel taimedel eritavad kroonlehed nektarit, s. o. magusat, suhkrut sisaldavat õiemahla. Eriti mitmekesised (joon. 230) on tulikõieliste meelehed (kroonlehed). Nektari mahutamiseks on



Joon. 230. Tulikõieliste kroonlehti (meelehti): A — karukellal *(Pulsatilla)*, B — kullerkupul *(Trollius)*, C — *Isopyrum*'il, D (a ja b) ja E (a ja b) — tulikatel *(Ranunculus)*, F (a ja b) — *Nigella*'l, G — käokingal *(Aconitum)*. Pikilõigud on märgitud tähega b. P r a n t l'i järgi.

mõningatel liikidel nn. k a n n u s e d, s. o. koonilised õõnsad moodustised, mis on harilikult krooni väljakasvud (näit. kannikestel, kukekannustel jt.). Ka kroon võib olla kas lahklehine või liitlehine. Viimasel juhul (see esineb näit. esikulistel, korvõielistel, karelehelistel jt.) toimub krooni teke kroonlehtede algeist samal viisil, nagu see on eespool (lk. 184) kirjeldatud liitlehise tupe puhul. Õie kroon püsib õies üldiselt vähe aega. Erandiks on mõnede liikide nahkjad, kaua püsivad kroonid (näit. kanarbikul).

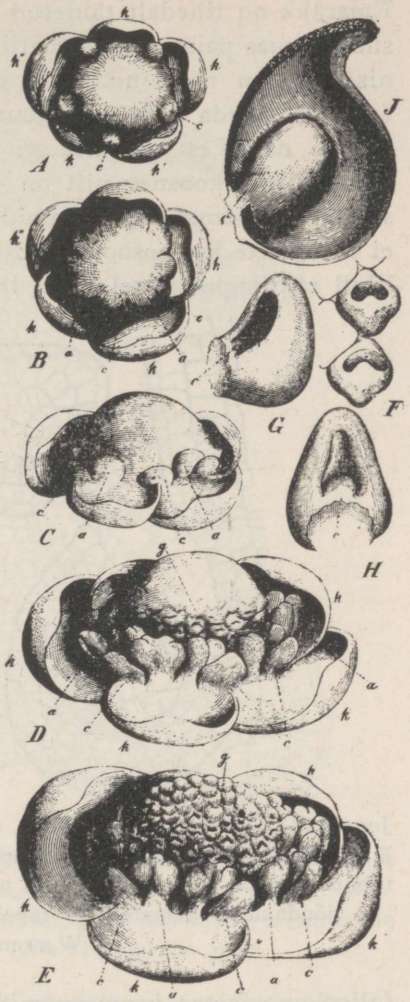
22. peatükk.

Tolmukkond. Tolmukas. Tolmuterad. Taandusjagunemine. Kromosoomide arv (diploidne ja haploidne) mitmesugustel taimedel.

T o l m u k k o n d. — Tolmukkonna (*androeceum*, lüh. A) moodustavad kõik õies esinevad tolmukad. Nende arv õies kõigub ühe (näit. kuuskheinal, *Hippuris vulgaris)* ja mitmesaja vahel (näit. riitsinusel), on aga ühe ja sama liigi indiviididel tavaliselt sama. Tolmukad asuvad paljudel liikidel kahes sõõris (A_{3+3}; A_{5+5} jne.), aga esineb ka tolmukate spiraalne paigutus (näit. tulikõielistel).

T o l m u k a s *(staminum)* koosneb t o l m u k a p e a s t *(anthera)* ja t o l m u k a n i i d i s t *(filamentum)*. Sageli on tolmukapea tolmukaniidi otseseks jätkuks. Aga tolmukaniit võib kinnituda ka tolmukapea keskosale, nagu näit. liiliatel. Nagu teisedki

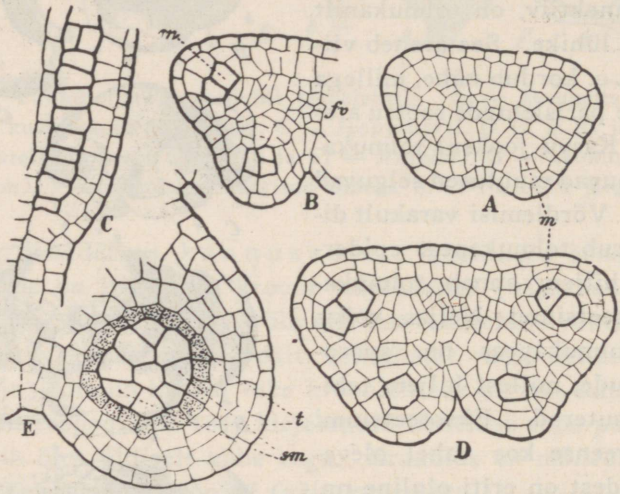
õieosad, tekivad tolmukad õie kasvukuhiku koest eksogeenselt, väikeste puhetistena (joon. 231). Need väljakasvud jõuavad mõne aja pärast oma arengus kroonlehtedest ette. Ka siis, kui on kujunenud juba kõik tolmukapea olulised osad, s. o. tolmukotid ja tolmukapea keskmine steriilne osa — konnektiiv, on tolmukaniit ikka alles lühike. See areneb viimasena, s. o. kordub nähe, millega tutvusime pärislehtede rootsu arenemisel. Kasvu jooksul tolmukapeas toimuvad muutused selguvad joon. 232. Võrdlemisi varakult diferentseerub tolmukapeas epidermis, mis hiljem annab tolmukapea eksoteetsiumi. Neljas kohas eristub tolmukapeas nn. sporogeenne kude, millest hiljem tekivad tolmuterad. Eksoteetsiumi ja sporogeense koe vahel olevatest kihtidest on eriti oluline nn. tapetkiht. Tapetkiht koosneb plasmarikastest rakkudest. Harilikult lahustuvad selle kihi rakuseinad, tekib nn. periplasmoodium — paljutuumaline plasmamass, mis võtab osa tolmuterade toitmisest ning nende lõplikust kujunemisest. Sporogeense koe rakud muutuvad mõne aja pärast (vahepeal võib toimuda rakujagunemisi) nn. tolmuterade emarakkudeks. Igast tolmutera emarakust tekib neli tolmutera rakku kahe, üksteisele järgneva jagunemise tulemusena (joon. 233). Siin toimuv rakutuuma jagunemine erineb põhiliselt harilikust tuuma jagunemisest.



Joon. 231. Õie arenemine *Ranunculus trilobus*'el (A — E). Viljalehe areng emakaks (F — J). k — tupplehed, c — kroonlehed, a — tolmukad, g — emakad, c — seemnepung. P a y e r'i järgi.

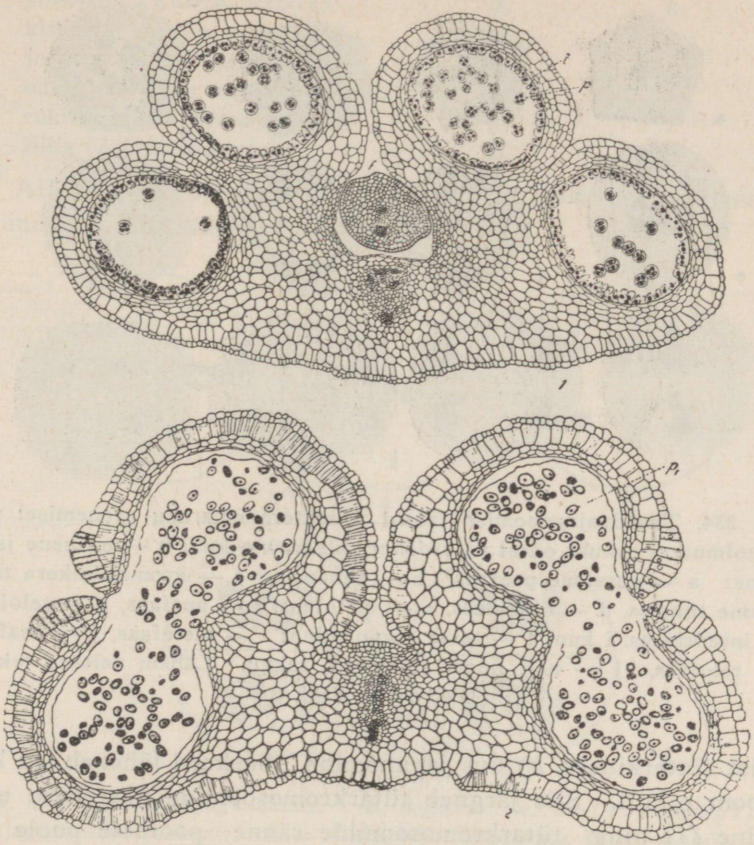
Joon. 234 on *a* odra *(Hordeum vulgare)* tolmutera emarakk.

Emarakk on tihedalt täidetud plasmaga. Rakutuum on suhteliselt suur; temas paistavad kromatiin-niidid ja tuumake. Järgmises joonises *(b)* on näha nn. sünapsisstaadium. Siin on kromatiin-niit (niidid) tiheda kerana tõmbunud tuuma soppi. Järgnevas pildis *(c)* on näha, et see niit on kahekordne. On põhjust arvata, et kromatiinist koosnev niit on kahekordne ka sünapsise järgus ja samuti varasemates staadiumides. Need niidi kõrvutiasetsevad osad ei teki mitte kromosoomide pikilõhenemisel, nagu see toimub harilikul rakujagunemisel (vrd. lk. 85), vaid on üksteisele vastavate



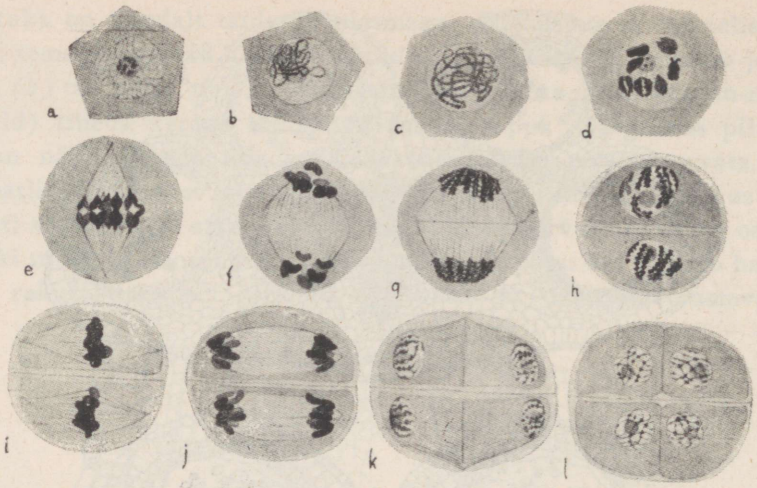
Joon. 232. Tolmuka arenemine *Doronicum macrophyllum*'il (A — D), E — *Menyanthes trifoliata* tolmupesa. C on pikilõik, teised ristilõigud läbi tolmukapea. A, B ja D-l on näha nelja tolmupesa kujunemist. E-s on areng jõudnud kaugemale. t — tapetkiht, sm — tolmuterade emarakud. Warming'i järgi.

(alleelomorfsete) kromosoomide konjugatsiooni tulemus. Eriti sünapsise järgus on kromosoomide kontakt tihe. On alust väita, et siin võib toimuda kromatiinaine vahetus alleelomorfsete kromosoomide vahel. Kromosoomid, mis seni olid enam-vähem lineaarsed, tõmbuvad nüüd kokku (diakinees-staadium). Nad asuvad kahekaupa *(d)*, s. o. igas kaksikkromosoomis on koos kaks teineteisele kujult ning suuruselt vastavat kromosoomi. Seni kirjeldatud muutused kuuluvad kõik profaasi. Edasi järgneb metafaas *(e)*. Ekvaatoril on siin 7 kromosoomide paari. Terved kromosoomid eralduvad nüüd üksteisest; ühed liiguvad kääviniitide tõmbel ühe, teised teise rakupooluse poole *(f)*. Oluline vahe võrreldes hariliku



Joon. 233. Ristilõigud läbi liilia *(Lilium)* tolmukapea e. anteeri. 1 — alles noor tolmukas, 2 — valminud tolmukas, mille avanemine toimub pikipragude abil. f — tolmukaniit, t — tapetkiht, p — jagunenud tolmuterade emarakud, p_1 — tolmuterad. Wettstein'i järgi.

rakutuuma-jagunemisega on selles, et edasi järgnevas anafaasis *(f)* ei liigu pooluste poole mitte kromosoomide piki-jagunemisel tekkinud tütarkromosoomid, vaid terved kromosoomid. Et odra tuum sisaldab 14 kromosoomi, siis harilikul jagunemisel liigub odral nii ühe kui ka teise pooluse poole 14 tütarkromosoomi. Siin aga saavad tütarrakud igaüks vaid 7 kromosoomi. Seega redutseerub kromosoomide arv poole peale, mistõttu praegu kirjeldatud jagunemist nimetatakse reduktsioonjagunemiseks ehk taandusjagunemiseks. Telofaasis *(g)* muutuvad kromosoomide piirjooned ebaselgeks; siiski ei järgne edasi tavalisele puhkevale rakule omase tuuma teket, vaid algab otsekohe peale tuumade kuju-



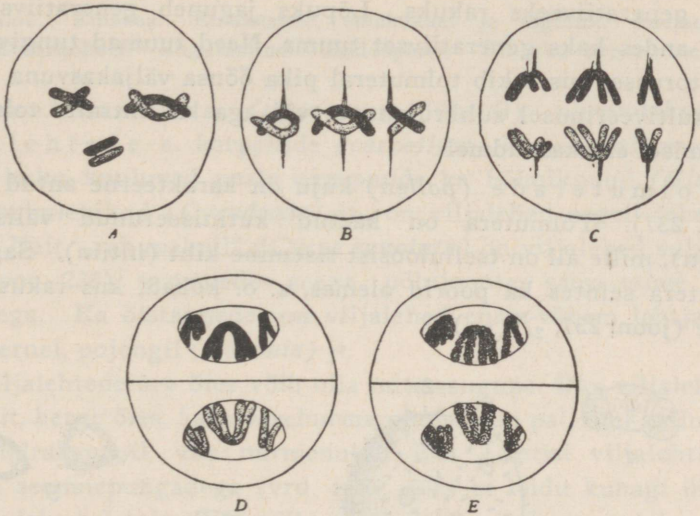
Joon. 234. Taandusjagunemise faasid tolmutera emaraku arenemisel neljaks tolmutera rakuks odral *(Hordeum vulgare)*. a kuni h — esimene jagunemine: a — varajane profaas, b — sünapsis, c — kromatiinikera taaslaiumine tuumas, d — diakinees, e — metafaas, f — anafaas, g — telofaas, h — interkinees. i kuni l — teine jagunemine: i — metafaas, j — anafaas, k — telofaas, l — neli noort tolmutera rakku. Lähem seletus tekstis. Delone järgi.

nemist (interkinees, *h*) uus jagunemine. Seekord lõheneb iga kromosoom pikuti. Siis järgneb tütarkromosoomide üksteisest eraldumine *(i)* ning tütarkromosoomide ränne pooluste poole *(j)*. Varsti tekib ka vahesein *(k)* ja lõpuks on näha neli noort tolmutera-rakku *(l)*, milledest igaüks sisaldab ühe tuuma. Antud juhul on igas tuumas 7 kromosoomi, s. o. pool esialgsest arvust, mille tõttu neid tuumasid nimetatakse haploidseteks. Kõik teised taimerakud (välja arvatud teatavad rakud seemnepungades) sisaldavad odral 14 kromosoomi (diploidsed tuumad).

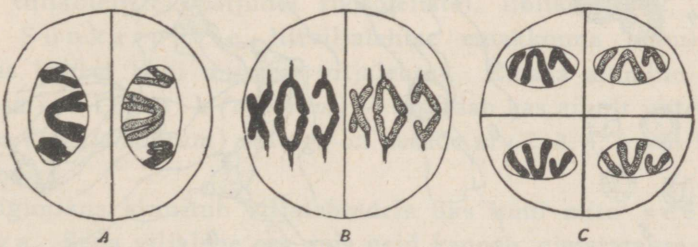
	Kromosoomide arv	
	diploidses (2 n) tuumas:	haploidses (n) tuumas:
kuusk *(Picea excelsa)*	24	12
mänd *(Pinus silvestris)*	24	12
kõrvenõges *(Urtica dioeca)*	32	16
hapuoblikas *(Rumex acetosa)* . . .	16	8
hanimalts *(Chenopodium album)* . .	18	9
võsaüiane *(Anemone nemorosa)* . .	24	12
suur teeleht *(Plantago major)* . . .	12	6

kohvipuu *(Coffea arabica)*	16	8
kirikakar *(Bellis perennis)*	18	9
jorjen *(Dahlia variabilis)*	64	32
oder *(Hordeum vulgare)*	14	7
rukis *(Secale cereale)*	14	7
liilia *(Lilium martagon)*	24	12

Alljärgnevad skeemid (joon. 235 ja 236) illustreerivad taandusjagunemise iseärasusi.



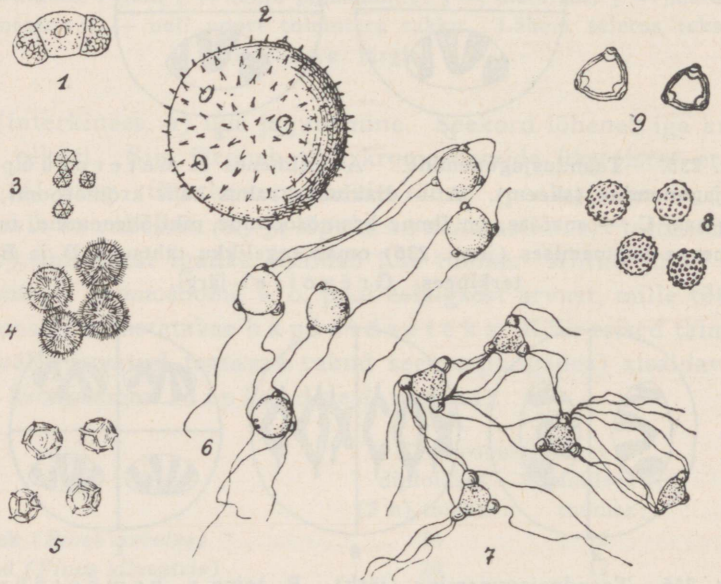
Joon. 235. Taandusjagunemine. A esimene e. heterotüüpiline rakujagunemine (skeem). A — diakinees, rakus kuus kromosoomi; B — metafaas, C — anafaas, on ilmne kromosoomide pikilõhenemine, mis alles järgnevas jagunemises (joon. 236) omab tegelikku tähtsust. D ja E — interkinees. Grégoire'i järgi.



Joon. 236. Taandusjagunemine (jätk). B. teine e. homöotüüpiline rakujagunemine (skeem). A — profaas, kromosoomide lõhenemine tütarkromosoomideks on ilmne. B — metafaas. C — tolmuterade tetraad. Iga rakk on siin haploidse tuumaga võrreldes tuumaga A joon. 235. Grégoire'i järgi.

Noor tolmutera on ühe (haploidse) tuumaga. Mõne aja pärast (sageli on siis tolmutera tolmukast juba välja pääsenud) jaguneb tolmutera protoplast. See jagunemine erineb harilikust jagunemisest peamiselt selle poolest, et siin ei teki protoplaste lahutavat vaheseina. Jagunemisel tekkinud tuumadest jääb üks tuum endiselt tolmutera tuumaks (teda nimetatakse tolmutoru tuumaks, sest ta võtab osa tolmutoru moodustamisest); teise tuuma ümber koguneb tihedamat plasmat. Nii tekib paljas protoplast, mida nimetatakse generatiivseks rakuks. Lõpuks jaguneb generatiivse raku tuum, andes kaks generatiivset tuuma. Need tuumad tungivad nn. tolmutorusse, mis tekib tolmuteral pika õõnsa väljakasvuna tolmutera kultiveerimisel suhkrulahuses või aga ka lihtsalt tolmutera idanemisel emakasuudmel.

T o l m u t e r a d e *(pollen)* kuju on karakteerne antud liigile (joon. 237). Tolmutera on kaetud kutiniseerunud väliskihiga (eksiin), mille all on tselluloosist sisemine kiht (intiin). Sageli on tolmutera seintes ka poorid olemas, s. o. kohad, kus rakusein on õhuke (joon. 237, 2, 6, 7, 9).



Joon. 237. Tolmuterad: 1 — männil *(Pinus)*, 2 — kõrvitsal *(Cucurbita)*, 3 — võilillel *(Taraxacum)*, 4 — kassinaeril *(Malva)*, 5 — nelgil *(Dianthus)*, 6 — pajulillel *(Epilobium)*, 7 — kuningakepil *(Oenothera)*, 8 — metspipral *(Asarum)*, 9 — sarapuul *(Corylus)*. M i g u l a järgi.

T o l m u k a t e avanemine toimub mitmeti. Paljudel liikidel tekivad pikipraod, mis võimaldavad tolmuterade väljalangemist (näit. liiliatel). On olemas liike, mis avanevad klappide abil (näit. kukerpuu). On ka niisuguseid, milledel tekivad selleks avaused (alpikannikestel, paljudel kanarbikulistel jt.).

23. peatükk.

Emakkond. Emakas. Emakasuue, emakakael ja sigimik. Seemnepung. Embrüokott. Sugutamine. Endosperm. Embrüo arenemine.

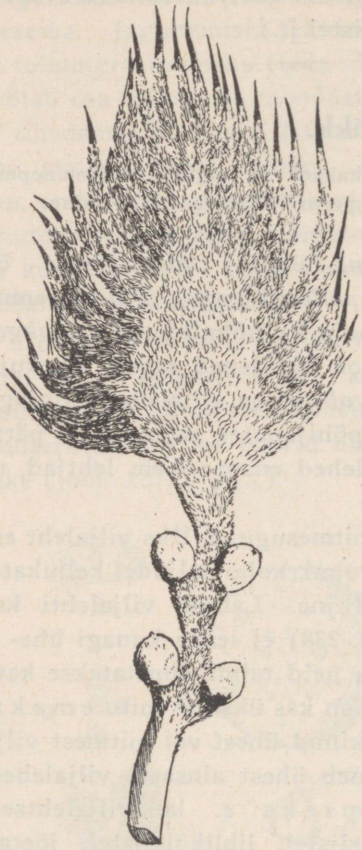
E m a k k o n n a k s *(gynaeceum,* lüh. G) nimetatakse õie v i l j a l e h t e d e e. karpellide *(carpellum)* kogu. Paljasseemnelistel, kuhu kuuluvad peale okaspuude ka hõlmikpuud *(Ginkgoinae)*, palmlehikud *(Cycadinae)* jt., on viljalehed sageli lehekujulised. Näit. „rahupalmil" *(Cycas revoluta)* on viljalehed sulgjagused (joon. 238), sarnanedes seega põhijoontes sama taime pärislehtedega. Ka õistaimedel on viljalehed enam-vähem lehtjad, nii näit. hernel, pojengil *(Paeonia)* jt.

Viljalehtede arv õies võib olla mitmesugune. Üks viljaleht esineb näit. herne õies, kaks verehurmarohul, kolm paljudel kellukatel, neli põdrakanepil, viis nurmenukul jne. Lahtisi viljalehti katmatute seemnepungadega (vrd. joon. 238) ei leidu kunagi ühe- ja kaheidulehestel taimedel, mille tõttu neid taimi nimetatakse kateseemnelisteks. Kateseemneliste õies on kas üks või mitu e m a k a t *(pistillum)*, milledest igaüks on tekkinud ühest või mitmest viljalehest. Kui õies iga emakas koosneb ühest ainsast viljalehest, nimetatakse emakkonda a p o k a r p s e k s e. lahkviljalehtseks (näit. tulikõielistel, paljudel roosõielistel, liblikõielistel, jõetakjail). S ü n k a r p s e e. liitviljalehtse emakkonna puhul tekib emakas kahest kuni mitmest viljalehest. Emaka alumine laienenud osa — s i g i m i k *(ovarium)* — sisaldab kas ainult ühte ruumi e. pesa *(loculamentum)* või aga on pesade arv 2, 3, 4, 5 või ka veel suurem.

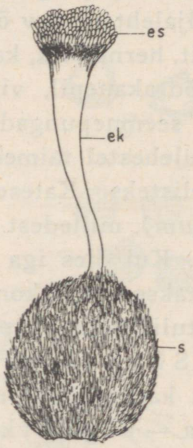
Sigimikus kinnitub viljalehtedele üks kuni mitu s e e m n e p u n g a. Seda viljalehe osa, mis neid kannab, nimetatakse p l a t s e n t a k s (joon. 240). Platsenta asub kas leheserval (marginaalne platsentatsioon) või lehepinnal (laminaalne platsentatsioon). Mõnel juhul on platsenta paigutatud nii, et ta näib õie peatelje jätkuna (aksillarne platsentatsioon).

Peale sigimiku on igal emakal veel e m a k a s u u e *(stigma)*. Emakasuue (joon. 240 ja 241) on organiks, mille ülesandeks on tolmuterade kinnipidamine, kui neid sinna on toimetanud tuul, vesi või loomad, ning tingimuste loomine, mis on soodsad tolmuterade idanemisele, s. o. tolmutoru moodustamisele. Sageli on emakasuue kaetud papillidega või karvadega.

Lõpuks tuleks nimetada veel e m a k a k a e l a *(stylus)*, emakasuudme ja sigmiku vahelist enamvähem pikka vahelüli (joon. 240), mis võib ka puududa. Et emakakael koosneb harilikult pidevast taimekoest, siis peab tolmutoru sellest läbi kasvama, teel olevaid rakkusid lahustades või nende vahelt läbi tungides (joon. 242, 243).

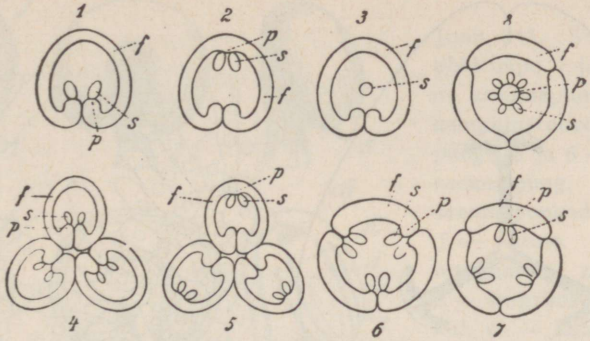


Joon. 238. Rahupalm *(Cycas revoluta)*. Viljaleht e. makrosporofüll. Viljalehe ülemine osa on sulgjas, steriilne, kaetud, nagu viljalehe teisedki osad, oranži värvi karvadega. Lehe alumine osa kannab lahtiselt lateraalseid, s. o. külgmisi seemnepungasid. C h o d a t' järgi.



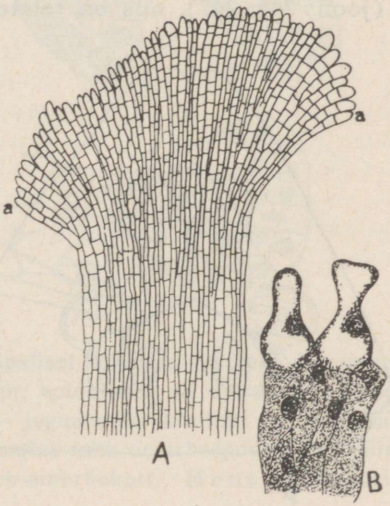
Joon. 239. Kuldkanni *(Helianthemum nummularium)* liitviljalehtne emakas. es — emakasuue; ek — emakakael, s — sigimik. O r i g.

S e e m n e p u n g *(ovulum)*. — Seemnepunga ehitus selgub joon. 244 ja 245. Väljast katavad seemnepunga katted (integumendid). Neid on tavaliselt kaks, aga leidub seemnepungi ka ühe kat-

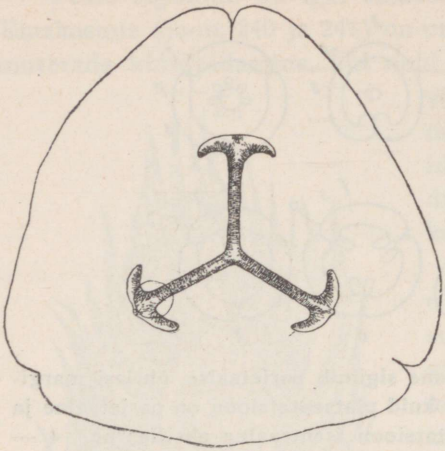


Joon. 240. 1 — monomeerne, ühepesane sigimik parietaalse, ühtlasi marginaalse platsentatsiooniga. 2 — sama, kuid platsentatsioon on parietaalne ja laminaalne. 3 — sama, kuid platsentatsioon tsentraalne aksillaarne. 4 — trimeerne, kolmepesane sigimik; platsentatsioon tsentraalne marginaalne, 5 — nagu eelmine, kuid parietaalne laminaalne platsentatsioon. 6, 7, 8 — trimeersed ühepesased sigimikud marginaalse (6), laminaalse (7) ja aksillaarse (8) platsentatsiooniga. f — viljaleht, p — platsenta, s — seemnepung. Wettstein'i järgi.

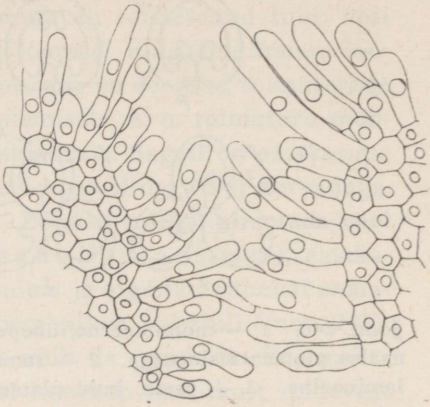
tega (kaskedel, pajudel jt.) ja ka niisuguseid, milledel puuduvad integumendid sootuks (näit. amarülliliste perek. *Crinum*'i liikidel). Platsenta külge kinnitub seemnepung lühikese jala, nn. funiikuli *(funiculus)* abil, mida läbib seemnepunga toitev juhtkimp. Seemnepunga osa, milles lõpeb nimetatud juhtkimp, nimetatakse kalatsaks *(chalaza)*. Seemnepunga suu (mikropüül) on kalatsa vastas.



Joon. 241. *Physochlaina orientalis.* Emakasuudme ja emakakaela pikilõik (A). B — kaks emakasuudme papillirakku suurendatult. Nende all olevad rakud on, nagu papillidki, suurte tuumadega. Nad on tihedalt täidetud protoplasmaga. a — a piir emakasuudme ja emakakaela vahel. Orig.



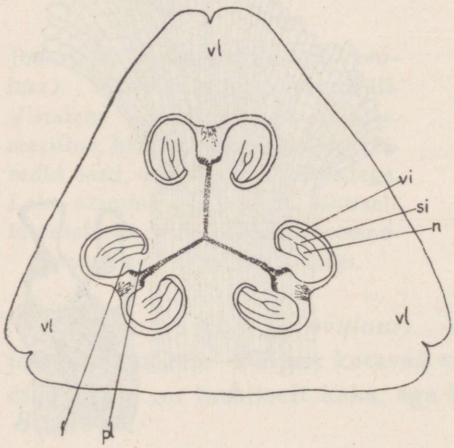
Joon. 242. Tulbi *(Tulipa)* emakakaela ristilõik. Näha karvataoliste rakkudega vooderdatud kolmeharuline (viljalehti on kolm) käik, mille kaudu tungivad tolmutorud sigimikku. Orig.



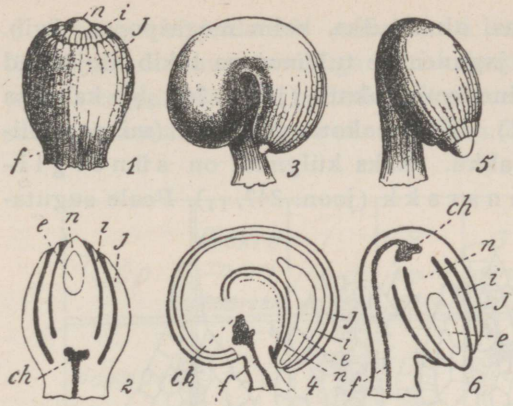
Joon. 243. Eelmisel joonisel sõõriga märgitud osa on tugevamini suurendatud. Näha plasmarikkaid piklikke juhtkoe rakke. Orig.

Integumentidest seespool on seemnepunga sisemine osa, nn. nutsell *(nucellus)*. Seemnepunga seni kirjeldatud osad koosnevad rakkudest, mis sisaldavad diploidseid tuumasid. Edasi järgneb nutsellis olev lootekott (embrüokott). Embrüokoti tuumad on haploidsed.

Embrüokott tekib nutsellis järgmiselt: Nutselli epidermise all olevas kihis eristub varakult üks või rohkem rakkusid (joon. 246, 247), mis on teistest nutselli rakkudest harilikult suu-

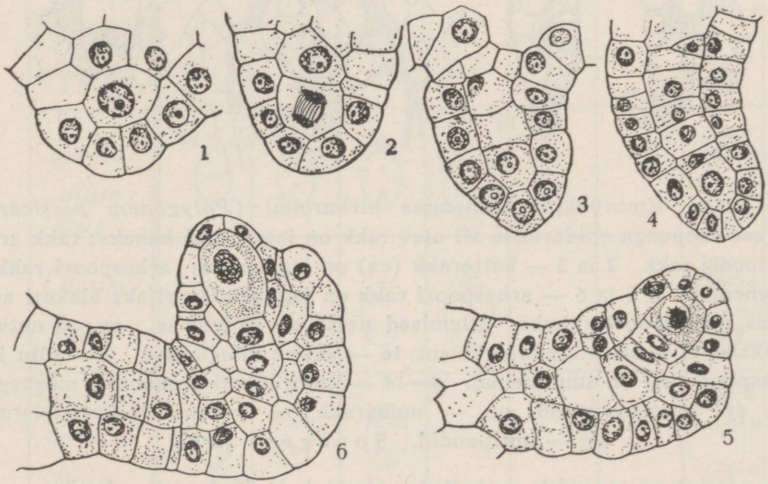


Joon. 244. Tulbi *(Tulipa)* sigimiku ristilõik. Sigimik on kolmepesane. Igas pesas asetsevad seemnepungad kahes reas. vl — viljaleht, vi — väline integument, si — sisemine integument, n — nutsell, f — funiikul, pl — platsenta. Orig.



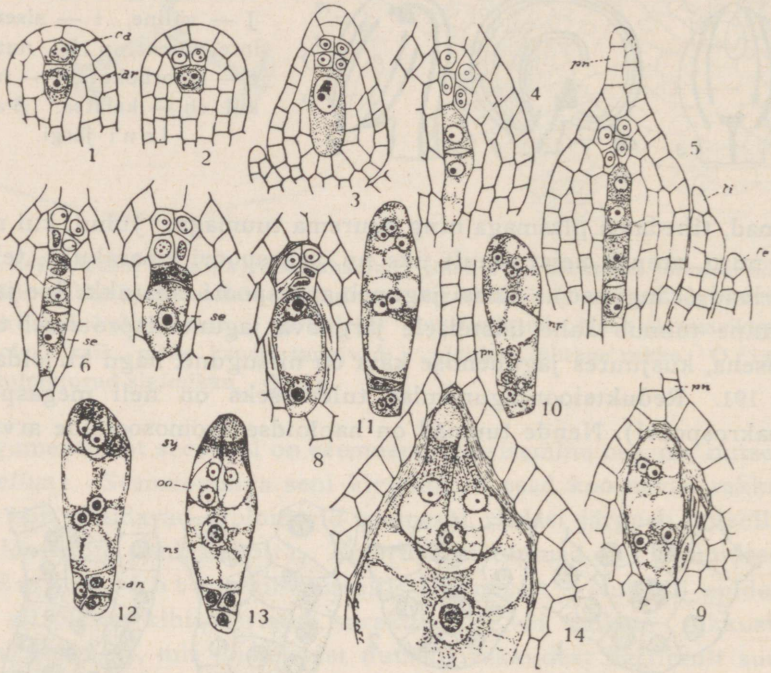
Joon. 245. Seemnepungade põhitüüpe. 1 ja 2 — atroopne seemnepung. 3 ja 4 — kampülotroopne seemnepung. 5 ja 6 — anatroopne seemnepung. 2, 4 ja 6 on seemnepungade pikilõigud. J — väline, i — sisemine integument, n — nutsell, e — embrüokott, f — funiikul, ch — kalatsa. Baillon'i järgi.

remad, tihedama plasmaga ning suurema tuumaga. Juhul, kui neid on mitu, areneb neist ainult üks nn. arhespoori emarakuks, teised hävivad (känguvad). Edasi jaguneb arhespoori emarakk. See jagunemine toimub kahe üksteisele järgneva jagunemisprotsessi tulemusena, kusjuures jagunemise käik on niisugune, nagu kirjeldatud lk. 191. Reduktsioonjagunemise tulemuseks on neli megaspoori (makrospoori). Nende tuumad on haploidse kromosoomide arvuga.



Joon. 246. Seemnepunga arenemine käpalisel *Himantoglossum hircinum*. Arhespoori teke. 1 — väga noor staadium; epidermise all üks suurem rakk. 2 — nimetatud rakk jaguneb. 3 ja 4 — jagunemine kordub; on tekkinud rakkude keskmine rida. 5 ja 6 — Rea otsmine rakk on arhespoori rakk (siin ühtlasi megaspoor). Megaspoorist areneb embrüokott. Heusser'i järgi.

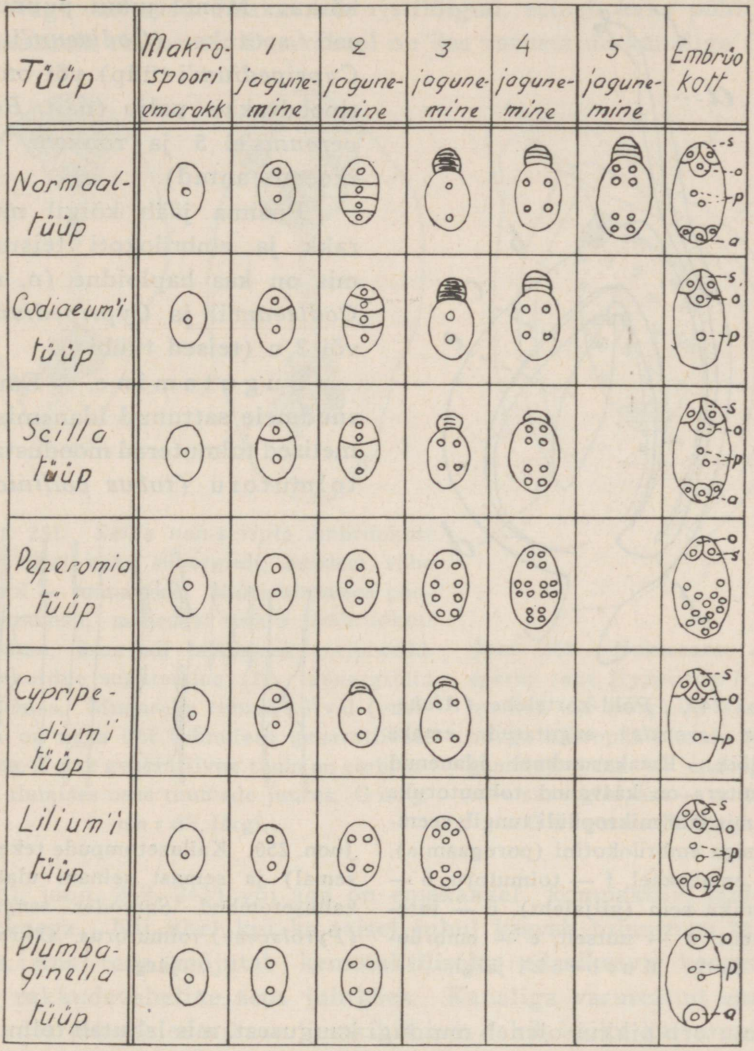
Megaspooridest areneb edasi ainult üks, kolm megaspoori hävib. Kolme üksteisele järgneva jagunemise tulemusena tekib ülejäänud megaspoorist seitsmerakuline embrüokott (joon. 247, $_{12}$) kaheksa tuumaga (kõik haploidsed). Embrüokoti ülemises (mikropüüli-poolses) osas tekib kolm rakku. Kaks külgmist on s ü n e r g i i d i d. Nende vahel on m u n a r a k k (joon. 247, $_{14}$). Peale suguta-



Joon. 247. Embrüokoti arenemine kirburohul *(Polygonum persicaria)*. 1 — seemnepunga epidermise all olev rakk on jagunenud kaheks; rakk ar on arhespoori rakk. 2 ja 3 — katterakk (ca) on jagunenud; arhespoori rakk — suurenenud. 4, 5 ja 6 — arhespoori rakk on jagunenud neljaks ülekuti asetsevaks megaspoori rakuks. Ülemised neist on kängumas. pn — nutselli väljakasv, ti — sisemine integument, te — väline integument. 7 — ellu jääv megaspoor (se) on suurenenud. 8—14 — embrüokoti arenemine megaspoorist. sy — sünergiidid, oo — munarakk, ns — embrüokoti teistuum, an — antipoodid. S o u è g e s'i järgi.

mist areneb munarakk embrüoks (looteks). Kalatsapoolses osas on samuti kolm rakku — antipoodid. Embrüokoti suures keskmises rakus on kaks tuuma (poolustuumad). Need tuumad lähenevad teineteisele ja lõpuks sulavad ühte, andes diploidse embrüokoti teistuuma (joon. 247, $_{13}$ ja $_{14}$).

Praegu kirjeldatud embrüokoti areng kujutab nn. normaaltüüpi, mis on suure levikuga eriti kaheidulehestel. Peale selle tüübi on aga teada rida teisi embrüokoti arenemise tüüpe. Ülevaate tähtsamatest annab alljärgnev skeem (joon. 248).

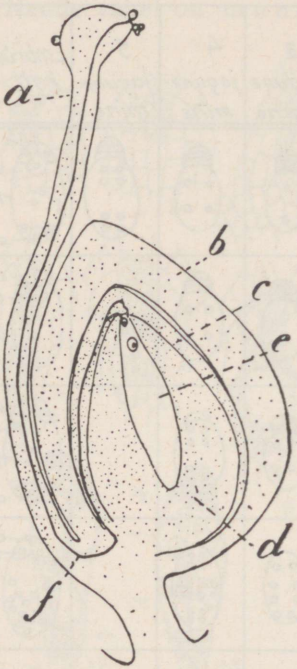


Joon. 248. Embrüokoti arenemine makrospoori (megaspoori) emarakust mitmesugustel õistaimedel Palm'i ja Wettstein'i järgi. o — munarakk, s — sünergiid, p — poolustuum, a — antipood.

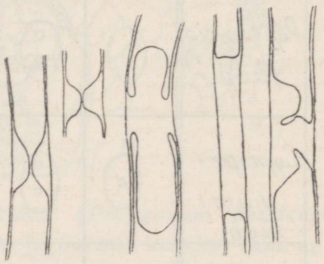
Nagu skeemist näha, võivad sarnased embrüokotid (normaaltüüp, *Scilla*-tüüp ja *Lilium*'i-tüüp) tekkida mitmel teel. Kuigi harilikult on sünergiide kaks, leidub ka juhte, kus on ainult üks sünergiid (*Peperomia*-tüüp) või pole üldse sünergiide (*Plumbaginella*-tüüp). Ka antipoodide arv on kõikuv. Mõnel juhul puuduvad nad sootuks (*Codiaeum*'i- ja *Cypripedium*'i-tüüp) või on antipoodrakke palju (näit. *Bellis perennis*'el 5 ja rohkem, pole skeemis antud).

Püsima jääb kõigil munarakk ja embrüokoti teistuum, mis on kas haploidne (n, näit. *Codiaeum*'il ja *Cypripedium*'il) või 2 n (teised tüübid).

S u g u t a m i n e. — Emakasuudmele sattunud idanemisvõimelised tolmuterad moodustavad tolmutoru *(tubus pollinicus)*.



Joon. 249. Põld-kortslehe *(Alchemilla arvensis)* sugutatud emaka pikilõik. Emakasuudmel idanenud tolmutera on kasvanud tolmutoruks (f), mis läbi mikropüüli tungib seemnepunga embrüokotini (porogaamia). a — emakakael, f — tolmutoru, b — sigimiku sein (viljaleht), c — integument, d — nutsell, e — embrüokott. M u r b e c k'i järgi.

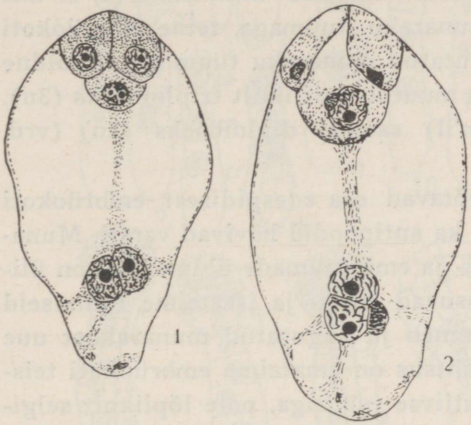


Joon. 250. Kallusetompude teke (vasemal) ja seinast seinani ulatuvad kallusetombud *Sarcodes sanguinea (Pyrolaceae)* tolmutorus. O l i v e r'i järgi.

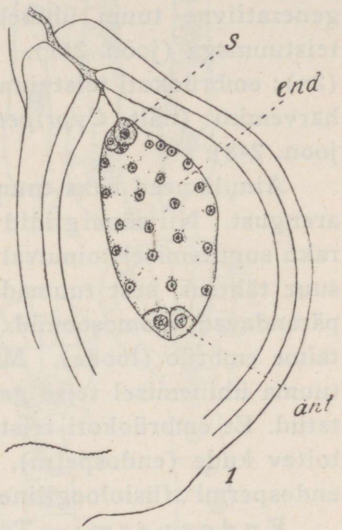
Tolmutoru pikkus oleneb muidugi kaugusest, mis lahutab tolmutera sigimikus olevast seemnepungast. Mõnel juhul (näit. teatavatel *Colchicum*'i liikidel) on see kaugus üle 20 cm. Tolmutoru kasv on omapärane selles, et protoplast tervena koguneb kasvavasse ossa. Kogu vanem tolmutoru osa on plasmavaba. Selles tühjas tolmutoru

osas leidub siin-seal kallusetompe (joon. 250). Neid tompe moodustab vanematest tühjadest tolmutoru osadest tagasitõmbuv protoplast aeg-ajalt. On andmeid, mis kõnelevad selle kasuks, et edasikasvav tolmutoru osa eritab välispinnale ensüüme, mis võivad lahustada rakuseina olluseid.

Nagu näitavad emakakaela ristilõigud, esineb kaks põhitüüpi emakakaela ehituses. Emakakael on kas varustatud kanaliga (näit.



Joon. 251. *Scilla non-scripta* embrüokott (1). Ülal kaks sünergiidi, nendest vähe allpool — munarakk. Raku alumises pooles tuumad, milledest tekib embrüokoti teistuum, üsna all hääbunud antipoodid. Kahekordne sugutamine (2). Sünergiidid hääbumas. Munaraku tuuma kõrval (vasemal) on näha üht tolmutera generatiivset tuuma. Teine generatiivne tuum on embrüokoti alumises osas tuumade juures. Guignard'i järgi.



Joon. 252. Nukleaarse endospermi teke *Hypecoum*'il. Tolmutoru on tunginud seemnepunga mikropüüli kaudu (porogaamia). end — endosperm, s — sünergiid, ant — antipood. Guignard'i järgi.

tulbil, joon. 242, 243) või aga on emakakael kompaktne, täidetud juhtkoega. Nii ühel kui ka teisel juhul kasvab tolmutoru taimekoes, mis teda mõjutab kemotaktiliselt; edasikasvu kergendab lõtv rakkudevaheline seos juhtkoes. Kanaliga varustatud emakakaelades toimub edasikasv limakihis, mis tekib käiku katva epidermise kutiikula all või ka sügavamates limaga täidetud rakuvahedes. Seemnepungasse tungib tolmutoru kas mikropüüli (porogaamia) või kalatsa kaudu (kalatsogaamia). Harilikum neist juhtudest on porogaamia. Kalatsogaamia esineb sugukondades

Betulaceae, *Juglandaceae* ja *Casuarinaceae*. Sissetungiv tolmutoru lahustab sünergiidi seina või tungib teisiti embrüokotti, hoidudes esialgu munarakust. Harilikult valgub tolmutoru sisu sünergiidi. Viimane hävib varsti peale seda. Nüüd tungivad mõlemad generatiivsed tuumad (vrd. lk. 194) läbi sünergiidraku membraani embrüokotti. Varsti asub üks generatiivne tuum munaraku tuuma, teine aga sekundaarse embrüokoti tuuma kõrvale.

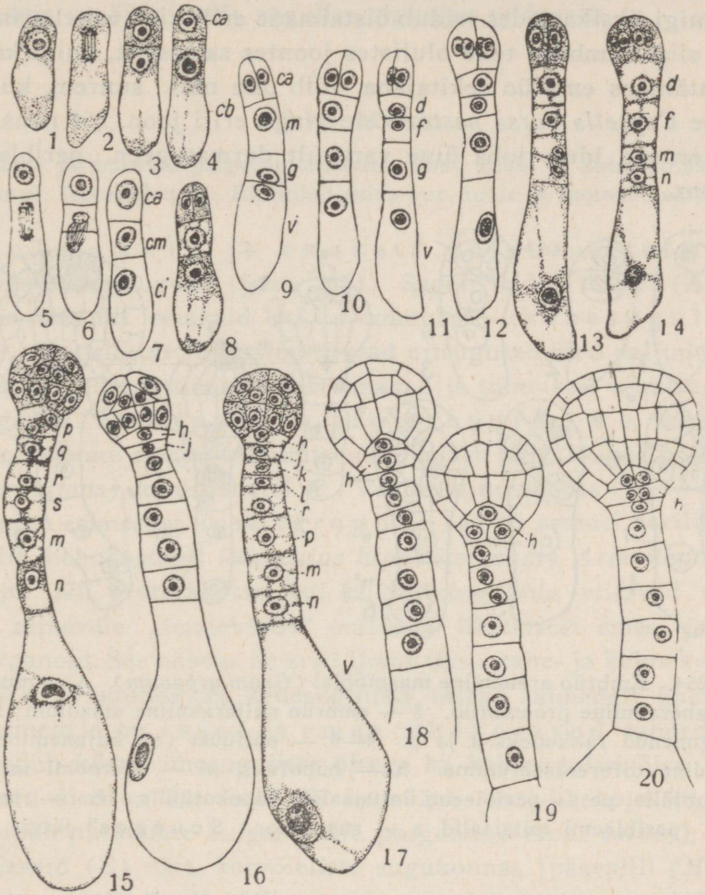
Edasi järgneb kõrvutiolevate tuumade ühinemine, s. o. üks generatiivne tuum ühineb munaraku tuumaga, teine embrüokoti teistuumaga (joon. 251). Sugutatud munaraku tuum on diploidne (2n); embrüokoti teistuum aga muutub harilikult triploidseks (3n), harvemini (näit. *Cypripedium*'il) samuti diploidseks (2n) (vrd. joon. 248).

Ainult need kaks tuuma võtavad osa edaspidisest embrüokoti arengust. Nii sünergiidid kui ka antipoodid hävivad varsti. Munaraku sugutamisel toimuval isas- ja emastuumade ühinemisel on ülisuur tähtsus, sest tuumades asuvad emas- ja isastaime tunnuseid pärandavad kromosoomid. Areneb ju sugutatud munarakust uue taime embrüo (loode). Mis tähtsus on emataime embrüokoti teistuuma ühinemisel teise generatiivse tuumaga, pole lõplikult selgitatud. Et embrüokoti teistuuma sisaldavast rakust areneb embrüot toitev kude (endosperm), siis on oletatud, et sel teel tagatakse endospermi „füsioloogiline sugulus" embrüoga.

E n d o s p e r m. — Triploidne endospermi tuum hakkab varsti korduvalt jagunema; tulemuseks on hulk triploidseid tuumasid, mis asuvad munaraku ja manduvate antipoodide vahele (joon. 252). Alles hiljem tekivad vaheseinad, mis eraldavad üksteisest endospermi protoplaste (n u k l e a a r n e e n d o s p e r m). Teistel juhtudel tekivad endospermis algusest peale rakuseinad (t s e l l u l a a r n e e n d o s p e r m). Nukleaarne endosperm on väga harilik nii ühe- kui ka kaheidulehestel. Tsellulaarne endosperm esineb näit. kanarbikulistel, mailaselistel, paljudel korvõielistel jt. Endosperm on koeks, mis toidab munarakust arenevat idu. Mõningatel liikidel tekivad erilised endospermi väljakasvud — haustorid, mis tungivad näit. kalatsa kaudu emataime viljalehte. Ka need moodustised on idu toitmise teenistuses.

I d u *(embryo)*. — Sugutatud munarakus toimub rida muutusi nii tuumas kui ka plasmas, enne kui rakk alustab jagunemist. Eriti silmapaistev on sel ajal toimuv munaraku kasv. Umbes 3—4 päeva pärast või veel pikema aja möödudes (endospermis on selleks ajaks

toimunud juba hulk üksteisele järgnenud tuumajagunemisi) pooldub sugutatud munarakk esmakordselt. Edaspidine embrüo areng on näha joon. 253. Kõigepealt jaguneb sugutatud munarakk kaheks rakuks: basaalseks (cb) rakuks (mikropüülipoolne) ning apikaal-

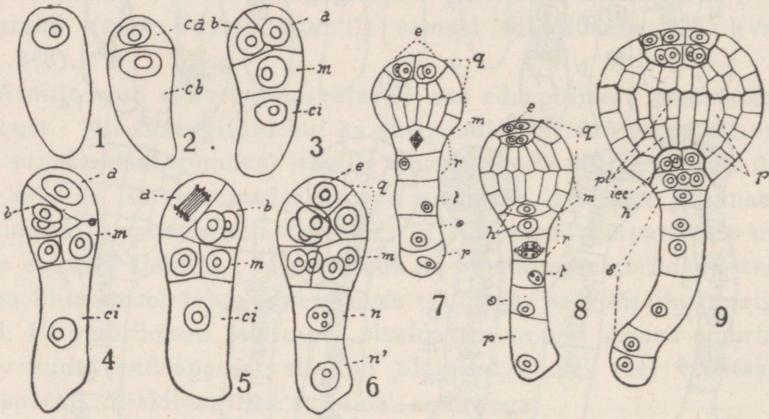


Joon. 253. Embrüo arenemine hiirekõrval *(Capsella bursa pastoris)*. Seletus tekstis. S o u è g e s'i järgi.

seks rakuks (ca). Basaalne rakk jaguneb kaheks (ci ja cm); edasi jagunevad tekkinud rakud veel korra (tekivad rakud d, f, g, v). Rakk v ei jagune enam. Ta suureneb tunduvalt. Ka hüpertrofeerub selle raku (haustoriaalraku) tuum. Ülejäänud rakkudest d, f ja g tekivad rakud, alates rakust n kuni rakuni h. Rakud n—j annavad

nn. suspensori — rakkude rea, mille ülesandeks on idu paigutamine endospermi sügavamatesse kihtidesse. Rakk h (nn. hüpofüüs) ja apikaalne rakk ca moodustavad embrüo idulehed, hüpokotüüli ja juure. Idulehed ja hüpokotüül arenevad rakust ca, juur ja juurekübar aga rakust h (hüpofüüsist).

Kuigi üksikasjades leidub õistaimede eriliikide vahel erinevusi, püsib siiski embrüo teke olulistes joontes samasena, kuigi ka raku cb osatähtsus embrüo tekitajana võib olla näit. suurem, kui seda nägime *Capsella bursa pastoris*'el. Nagu eriti joon. 254 näha, diferentseeruvad idus juba õige varakult dermatogeen, peribleem ja pleroom.



Joon. 254. Embrüo arenemine maamõõlal *(Geum urbanum)*. 1 — munarakk, 2 — kaherakuline proembrüo. 3 — embrüo neljarakuline staadium; rakk ca on jagunenud rakkudeks a ja b. 4—6 — epifüüsi (e) kujunemine. 7—9 edaspidine diferentseerumine. h — hüpofüüs, pl — pleroomi initsiaalid hüpokotüülis, pe — peribleemi initsiaalid hüpokotüülis, iec — juuretipu peribleemi initsiaalid, s — suspensor. Souèges'i järgi.

Suspensor on ajutine moodustis. Sageli piirdub ta ülesanne sellega, et ta viib embrüo sügavamate endospermikihtidega kontakti, milledest embrüo nähtavasti ise tarvilikke toitaineid suudab hankida. Teistel juhtudel (näit. kressil) on suspensor aga ka organiks, mille abil toimub idu toitmine.

Ühtaegu endospermi ja idu kujunemisega toimub seemnepungas rida teisi muutusi. Nutsell kaob aegamööda täielikult. Teistel juhtudel (näit. kannal, *Canna indica)* tekib nutsellist eriline toitekude — perisperm. Leidub ka juhte (näit. liblikõielistel), kus

seemnes areneb ainult idu, s. o. puuduvad nii endosperm kui ka perisperm. Integumentidest tekib seemnekest *(testa)*.

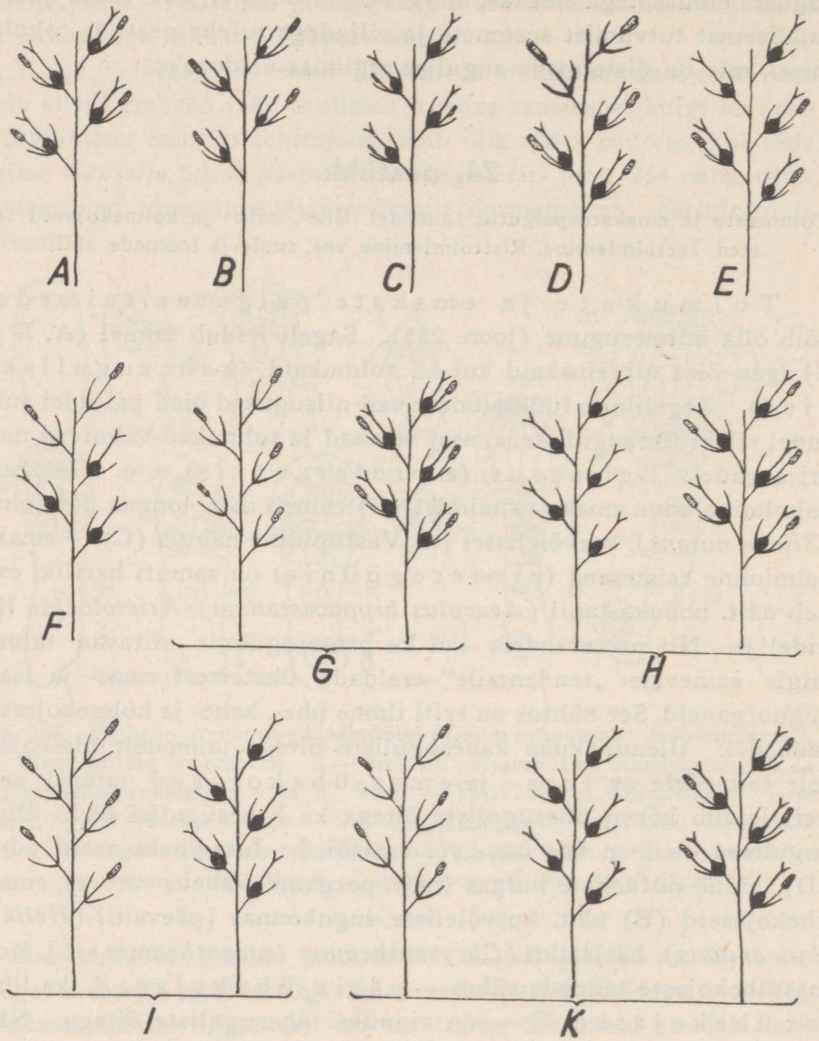
Seemnepungade muutumine seemneiks käib käsikäes ka mitmesuguste muutustega emakas, mis lõpuks areneb viljaks. Enne üksikasjalisemat tutvumist seemnete ja viljadega tuleks peatuda tolmlemisel, mis on õistaimede sugulise sigimise eelduseks.

24. peatükk.

Tolmukate ja emakate paigutus taimedel. Ühe-, kahe- ja kolmekojased taimed. Isetolmlemine. Risttolmlemine vee, tuule ja loomade abil.

Tolmukate ja emakate paigutus taimedel võib olla mitmesugune (joon. 255). Sageli leidub taimel (A, B ja C) igas õies nii emakaid kui ka tolmukaid (kahesugulised õied). Tegelikult funktsioneerivad niisugused õied paljudel juhtudel siiski ühesugulistena, sest emakad ja tolmukad valmivad neis eri aegadel. Eelisasus (e. proterandria), s. o. tolmukate valmimine enne emaka valmimist (B) esineb näit. longus põisrohul *(Silene nutans)*, korvõielistel jt. Vastupidine nähtus (C) — emaka valmimine esimesena (proterogüünia) on samuti harilik, esineb näit. hobukastanil *(Aesculus hippocastanum)*, *Aristolochia* liikidel jt. Nii proterandria kui ka proterogüünia viitavad taimeriigis esinevale „tendentsile" eraldada üksteisest emas- ja isassuguorganeid. See nähtus on eriti ilmne ühe-, kahe- ja kolmekojastel taimedel. Üleminekuks kahesuguliste õitega taimedelt ühekojastele taimedele on isas- ja emas-ühekojased taimed, sest neil leidub kõrvu ühesuguliste õitega ka kahesugulisi õisi. Ühesugulised õied on kas isas- või emasõied. Isas-ühekojaseid taimi (D) leidub putkeliste hulgas (näit. porgand, *Daucus carota)*, emas-ühekojaseid (E) näit. korvõieliste sugukonnas [päevalill *(Helianthus annuus)*, härjasilm *(Chrysanthemum leucanthemum) jt.*]. Kolmas ühekojaste taimede rühm — päris-ühekojased, ka lihtsalt ühekojased, F — on ainuüksi ühesuguliste õitega. Näidetena on sobivad mänd, sarapuu, lepad. Kahekojased taimed (G, H, I) erinevad ühekojastest selle poolest, et neil leidub kahesuguseid indiviide. Õite paigutuse järgi võib siin eristada isas-kahekojaseid (G), emas-kahekojaseid (H) ja päris-kahekojaseid (I). Esimene juht esineb näit. varsakabjal *(Caltha palustris)*, teine — liivateel *(Thymus serpyllum)*, oras-tähtheinal

(Stellaria graminea). Huvitav näide emas-kahekojasest taimest on ka kassikäpp *(Antennaria dioeca)*. Valkjate nuttidega taimed on harilikult kahesuguliste õitega, punaste nuttidega taimed — emas-



Joon. 255. Tolmukate ja emakate paigutus taimedel. A, B ja C — taimed kahesuguliste õitega. A — tolmukad ja emakad valmivad õites ühteaegu, B — eelisasus (proterandria), C — eelemasus (proterogüünia). D — isas-ühekojane taim. E — emas-ühekojane taim. F — päris-ühekojane t. (e. ühekojane t. kitsamas mõttes). G — isas-kahekojane t. H — emas-kahekojane t. J — päris-kahekojane t. (e. kahekojane kitsamas mõttes). K — kolmekojane t. Lähem seletus ja näiteid tekstis. Orig.

õitega. Aga leidub ka vastupidist värvide jaotust ning vahepealseid värve. Päris-kahekojased e. lihtsalt kahekojased on näit. kanep *(Cannabis sativa)*, humal *(Humulus lupulus)* ja seljarohi *(Mercurialis perennis)*.

Lõpuks on teada ka kolmekojaseid taimi (K); näitena on sobiv saar. Saarel *(Fraxinus excelsior)* leidub isas- ja emaspuid ja puid ka kahesuguliste õitega.

Sugutamist esilekutsuv õietolm kuulub kas sama õie tolmukaile (autogaamia), pärineb sama indiviidi teistest õitest (geitonogaamia) või on kandunud või kantud teistelt indiviididelt (ksenogaamia, s. o. võõrtolmlemine). Autogaamiat ja geitonogaamiat nimetatakse ka isetolmlemiseks vastandina risttolmlemisele (ksenogaamia). Paljudel taimedel esineb isetolmlemine regulaarselt. Selle tagajärjel tekkinud seemnetest võivad kasvada kõigiti normaalsed indiviidid. Üldiseks reegliks on siiski isetolmlemise kahjulikkus ning risttolmlemise väga soodus mõju järeltulijatele.

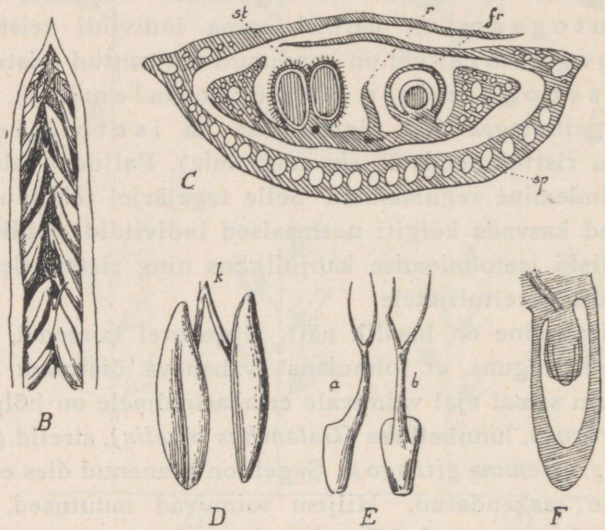
Isetolmlemine on harilik näit. järgmistel taimedel, mille õieehitus on niisugune, et tolmukaist vabaneva õietolmu sattumine enam-vähem samal ajal valmivale emakasuudmele on hõlpus: krookused *(Crocus)*, lumikelluke *(Galanthus nivalis)*, sirelid *(Syringa)*, äiakas *(Agrostemma githago)*. Sageli on avanenud õies esialgu isetolmlemine raskendatud. Hiljem toimuvad muutused, mis seda võimaldavad: tolmukad kõverduvad emaka poole (varakevadik, *Erophila verna*), emakasuudmed kõverduvad nii, et nad tolmukatega kokku puutuvad (paljudel korvõielistel). Mõnel juhul on isetolmlemise esilekutsumisel tegev ka õiekate, näit. emajuurtel *(Gentiana)*.

Risttolmlemine. — Risttolmlemine toimub looduses kas vee, tuule või loomade abil.

Vee abil tolmlemine esineb harva. Heaks näiteks on meres 2—3 meetri sügavuses või ka sügavamal kasvav merihein *(Zostera marina)*. Ilma õiekatteta õied (joon. 256, D ja E) koosnevad meriheinal ühest tolmukast või ühest emakast. Õisik on kattest (nn. spaatast) ümbritsetud pea (joon. 256, B ja C). Esineb eelemasus. Valminud tolmukad avanevad pikiprao abil; enam-vähem ühtaegu vabanev õietolm väljub tolmukast valkja massina. Üksik tolmutera on niitjas, kuni 2 mm pikk, läbimõõdus 8 μ. Tolmuterad (siin küll õieti „tolmuniidid") on usjad, enam-vähem keerdunud; neil puudub eksiin. Veehoovused kannavad neid laiali. Peale seda, kui

spaata on lõhkenud, ulatuvad emasõite emakasuudmed sellest välja. Varsti koguneb neile varem avanenud isas-õitest väljunud õietolm.

Tolmlemine tuule abil on harilik eriti puudel, samuti lagedaid asukohti eelistavatel rohttaimedel. Paljud tuuletolmlejaist, nagu näit. sarapuud, lepad, jalakad, künnapuu jt., õitsevad ajal, mil puud on alles pungades (sarapuu) või vähe arenenud lehtedega. Tuuletolmleja näitena on joon. 257 antud hirsstarn *(Carex panicea)*.



Joon. 256. Meriheina *(Zostera marina)* õisiku ja õie ehitus. B — õisik (pea). C — õisiku ristilõik. sp — spaata, st — tolmukas, fr — emakas. D — ühest tolmukast (k — konnektiiv) koosnev isasõis. E — kaks emasõit (a ja b). F — sigimiku pikilõik: paistab seemnepung; sellel kaks integumenti. Collin'i järgi.

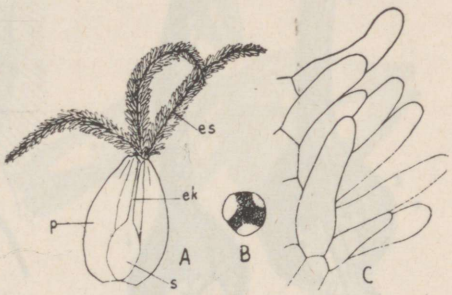
Hirsstarna tolmuterad on kujult vahepealsed tetraeedri ja kera vahel, sileda välispinnaga, 35—40 μ läbimõõdus. Iseloomulik on õiekate ning nektari puudumine nii isas- kui ka emasõites ning karvased emakasuudmed, nagu paljudel teistelgi tuule abil tolmlevatel liikidel (näit. kõrrelistel, teelehtedel jt., leidub siiski ka tuuletolmlejaid, millede emakasuudmed on siledad, karvadeta, näit. sarapuudel ja leppadel). Hirsstarnal ja ka teistel tuule abil tolmlevatel liikidel võib aeg-ajalt näha õitel mardikaid ja teisi õietolmu kogujaid putukaid.

Loomade abil tolmlemisel on õietolmu edasikandjatena tähtsad eriti putukad (mardikalised, liblikalised, mesilased, kimalased, heri-

lased, kärblased jt.). Harvemini on õietolmu edasikandjaiks linnud (koolibrid), nahkhiired ja limused (molluskid).

Suurte värviliste õitega taimedel, mis toodavad rohkelt õietolmu, kuid ei oma nektarit, on õietolmu edasikandjaiks mardikalised ja kärblased (näit. vesikuppudel, magunatel, sinililledel, kibuvitstel, ülastel jt.). Seda laadi õied on püstised, enam-vähem kausjad, tähekujulised. Tolmukaist õietolmu väljalangemisel satub see allolevale õiekattele. Et eespool-nimetatud putukad söövad õietolmu, siis hävib küllalt suur hulk õietolmust oma otsest ülesannet täitmata.

Kärblaste abil tolmlevatest liikidest vaatleme lähemalt tobivääti *(Aristolochia clematitis)*. Tobivääti õis (joon. 258) on proterogüünne. Kärbsed tungivad perigooni putke kaudu putke laienenud ossa, milles on tolmukad ja emakasuue; sageli toovad nad



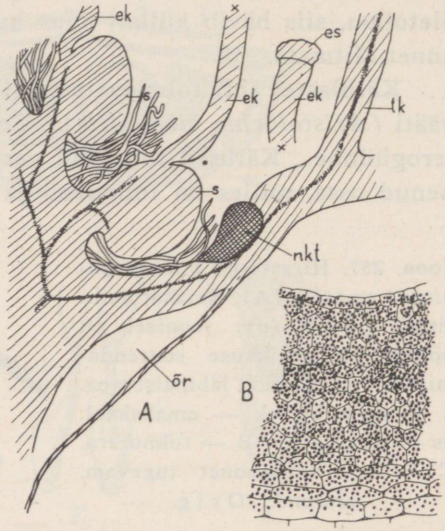
Joon. 257. Hirsstarna *(Carex panicea)* emasõis (A). Emakat ümbritseb põidik (p); joonisel on põidik ülevaatlikkuse suurendamiseks kujutatud läbipaistvana. s — sigimik, ek — emakakael, es — emakasuue. B — tolmutera. C — osa emakasuuet tugevam. suurend. Orig.

kaasa õietolmu mõnest teisest õiest, ning et tobivääti esineb eelemasus, siis toimub nii risttolmlemine. Putkes olevate karvade karakteerse asendi tõttu (joon. 258, A) on sissepääs õitesse kerge. Väljapääs on aga takistatud. Alles peale tolmukate avanemist, kui kärbsed on üleni kaetud õietolmuga, kuivavad õieputkes olevad karvad (joon. 258, B) ja kärbsed pääsevad välja. On iseloomulik, et paljud kärbesõied (nii ka *Aristolochia*'d) omavad raipelõhna, mis on tingitud indooli [$C_6H_4(CH)_2NH$] sisaldusest. Eriti mardikalisi meelitab õitele aminoididest (amiinidest ja amiinide derivaatidest) tingitud lõhn. Trimetüülamiin $(CH_3)_3N$ esineb näit. viirpuudel *(Crataegus)* ja pihlakatel *(Sorbus)*. Aminoide leidub näit. ka hobukastanil *(Aesculus hippocastanum)* ja leedripuul *(Sambucus racemosa)*.

Meeldiva lõhnaga liigid, nagu nelgid, hüatsindid, piibeleht, kannikesed jt., sisaldavad mitmesuguseid bensoloide, nagu eugenooli, salitsüülaldehüüdi [$HO.C_6H_4.CHO$], kumariini jt. Need

ühendid on lämmastikuvabad. Paljud liigid lõhnavad peamiselt öösi. Näidetena olgu nimetatud longus põisrohi *(Silene nutans)*, öökannike *(Hesperis matronalis)*. Nendel liikidel on õietolmu edasikandjaiks ööliblikad. Peale lõhna (1) on ahvatlusvahenditeks veel (2) õite värvus, (3) nektar. Nektari moodustajaiks on kas emakas (näit. putkõielistel), õiepõhi

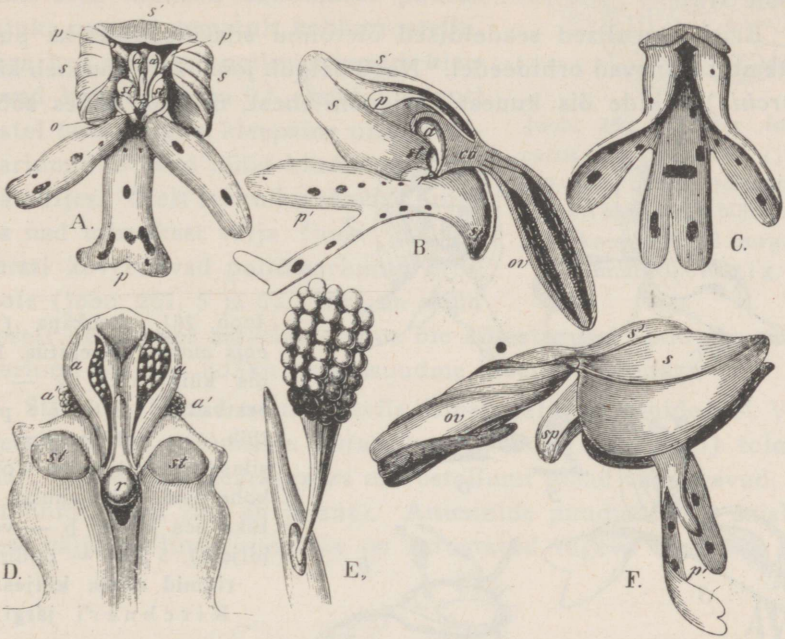
Joon. 258. Tobiväädi *(Aristolochia)* õis enne (A) ja peale (B) tolmlemist. r — perigooni putk; k — putke „katel"; n — emakasuue, a — tolmukad; l — putukas; kf — sigimik. Sachs'i järgi.



Joon. 259. A — Mägimarana *(Potentilla Crantzii)* õie pikilõik. Õiepõhja ristiviirutatud osa funktsioneerib nektarit eritava organina. Nektaarium on siin sõõrikujuline. Seespool sõõri on emakad, väljaspool tolmukad. s — sigimik, ek — emakakael, es — emakasuue, tk — tolmukaniit (kõik pikilõikudena). nkt — nektaarium, õr — õhuruum õiepõhjas. B — radiaalne lõik läbi nektaariumi; rakud sisaldavad rohkelt oranž värvi kromoplaste. Orig.

(sõstrail), õiepõhja ringikujuline osa (joon. 259), emaka alus (karelehelistel, huulõielistel, liblikõielistel jt.), tolmukad (mustikal, sinikal, tulpidel), tupplehed *(Atragene alpina*'l), kroonlehed (tulikõielistel, palderjanil) või perigoon (näit. *Fritillaria*'l).

Sageli on olemas ilmne kooskõla õie ja tolmleja vahel. Näiteks on juba kaua teada, et kimalaste *(Bombus)* ja käokingade *(Aconitum)* levimine maakeral ühtib kaugeleulatuvalt. Taimedel, mille õiekroon on kitsa putkega või kus nektar on pikkades kannustes, on õietolmu edasikandjaiks liblikad, sest ainult neil leidub küllalt pikki imemissuisi.

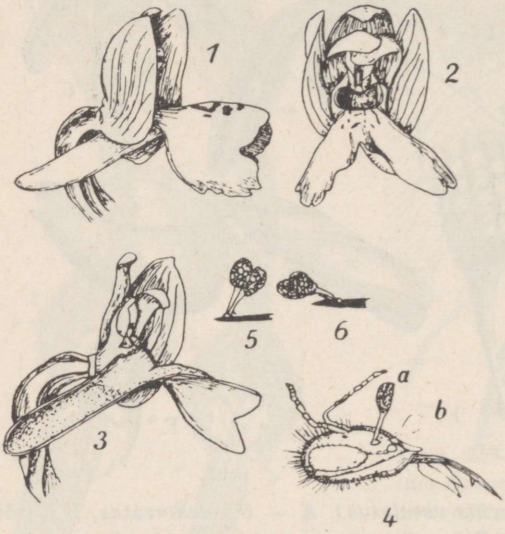


Joon. 260. Tõmmu käpp *(Orchis ustulatus)*. A — õis eestvaates, B — õie pikilõik, C — huul e. labellum, D — günosteemium koos huule alusega, E — nõelale kinnituv pollinaarium, F — vanem õis külgvaates. s ja s' — perigoonilehed, p — huule keskosa, p' huule külgtipmed. sp — kannus, a — tolmukapea, co — günosteemium, st — staminood, r — rostellum, o — emakasuue, ov — sigimik. M ü l l e r'i järgi.

H e t e r o s t ü ü l i a e. e r i k a e l s u s on harilik mõningates taimeperekondades (näit. *Primula, Lythrum* jt.). Siin leidub kahesuguseid *(Primula)* või koguni kolmesuguseid *(Lythrum)* indiviide. *Primula*'tel näit. on tolmukad krooni putkega ühte kasvanud. On isendeid, milledel anteerid asetsevad kõrgel. Neil on emakakael võrdlemisi lühike. Teistel indiviididel on krooni neelus näha emakasuuet. Tolmukad asetsevad neis õites putke keskosas, seega emakasuudmest allpool (joon. 313). Tolmu edasikandjaiks nurme-

nukul on peamiselt kimalased. Pea ja suiste abil kannavad nad õietolmu ühelt taimelt teisele. On väga kaugeleulatuv kooskõla emakasuudme papillide pikkuse ja tolmutera suuruse vahel. Nimelt on pika kaelaga õiel pikad papillid; need on kohased suurtele tolmuteradele, mis valmivad lühikese emakakaelaga õites. Vastupidi on pikakaelalise õie tolmuterad eelmistest ilmselt väiksemad (joon. 313).

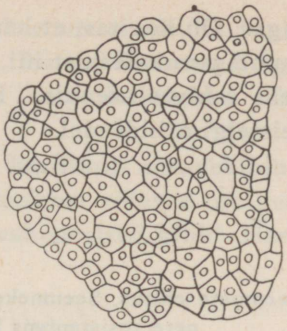
Eriti keerulised seadeldised õietolmu edasikandmiseks putukate abil esinevad orhideedel. Nagu selgub joon. 260, koosneb käpa *(Orchis)* liikide õis kuuest perigoonilehest, mis on kahes sõõris



Joon. 261. Arukäpa *(Orchis morio)* õieehitus. 1 — õis külgvaates, 2 — õis eestvaates, 3 — õie pikilõik, 4 — pollinaarium mesilase pea küljes (a — otsekohe peale kleepumist putuka pea külge, b — veidi hiljem). 5 ja 6 — pollinaariumid nõela küljes. Kirchner'i järgi.

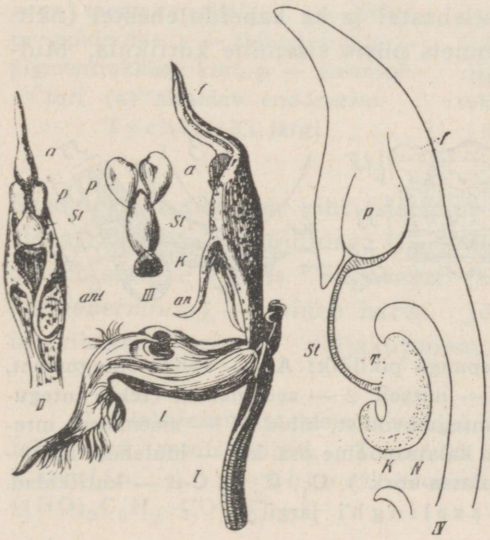
(s ja s'). Üks sisemise sõõri lehtedest (nn. huul e. *labellum*, p) on kolme suurema hõlmaga ning varustatud kannusega (sp.). Õie ainus tolmukas on kahepesane. Sellest paremal ja pahemal on kõlutolmukad (staminoodid, st). Tolmuterad (joon. 262) on siin üksteisega ühendatud nn. polliiniumideks (joon. 260, E). Emakasuue koosneb kolmest hõlmast. Neist on kaks normaalse ehitusega, kolmas aga arenenud rostellumiks (r). See on õnarus, mis on täidetud kleepuva massiga. Selles õnaruses asetsevad kahe pollinaariumi (s. o. polliinium koos polliiniumi jalaga) kleepuvad kettad. Õietolmu edasikandjaks käppadel on mesilased ja kimalased. Ahvatlusvahendiks on õievärvus, lõhn ja suhkur. „Teenäitajaiks" suhkrut sisaldava koe leidmiseks on silmapaistvalt värvunud täpid huulel. On iseloomulik, et kannusega varustatud *Orchis*'te õites pole nek-

tarit. Küll aga sisaldab suhkrut kannuse sein. Suhkruni jõudmiseks peavad mesilased ja kimalased suiste abil läbi puurima kannuse sisemist pinda katva kutiikula ning rakuseina. Seega on tagatud putukate küllaldane viibimine õiel. Suhkru hankimisel puutub putuka pea paratamatult kokku rostellumiga, kus asetseval pollinaariumide kleepuvad kettad. Juba 0,5 kuni 1 minuti kestel tardub ketta kleepaine ning pollinaariumid istuvad nüüd kindlalt putuka pea küljes. Õielt lahkudes tõmbab putukas nad tolmukast välja (joon. 261, 4). Varsti kõverduvad pollinaariumid ettepoole (joon. 261, 5 ja 6). Nad on nüüd täpselt niisuguses asendis, et uue õie külastamisel puutub pollinaariumi õietolm kokku emakasuudme kleepuva pinnaga.



Joon. 262. *Orchis incarnatus.* Polliiniumi (joon. 260, E) üksik tolmupakk (tugev suurend.). Näha rohkeid koospüsivaid nurgelisi tolmuteri. Orig.

Siin kirjeldatud tolmlemisviis esineb paljudel orhideedel. Veel keerulisem on troopiliste *Catasetum*'i liikide (joon. 263) tolmlemine. Nende õie iseärasuseks on rostellumi pikad väljakasvud, nn. antennid (joon. 263, an ja ant). Antennide puudutamisel paiskub õiest välja pollinaarium, mis on varustatud tugeva kleepuva ket-



Joon. 263. *Catasetum saccatum.* I — õis peale viie perigoonilehe eemaldamist. II — sammas eestvaates. III — pollinaarium. IV — samba pikilõik. a — tolmukapea, ant — antenn, f — tolmukaniit, k — kleepuv ketas, st — jalg, p — polliinium. T — eraldumistsoon (siinkohal vabaneb pollinaariumi kleepuv ketas rostellumi küljest), N — emakasuudme õnarus, l — labellum. Darwin'i järgi.

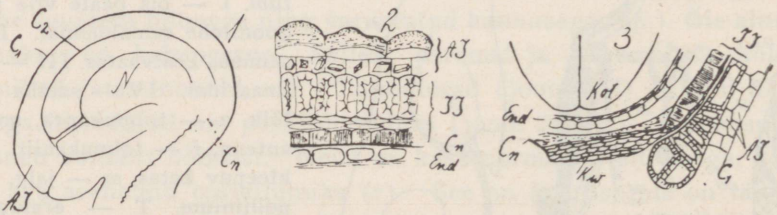
taga. On huvitav, et harilikult pollinaarium langeb antenni puudutanud putukale just nii, et ta kinnitub putuka pea külge tolmlemiseks sobivas asendis. Edasi toimub õietolmu ülekandmine nagu teistelgi orhideedel.

25. peatükk.

Seemnete ehitus. Seemnekest. Endosperm. Idu. Seemnete idanemine. Seemnete resistentsus kuivuse ja madala temperatuuri mõjule.

Tolmlemisele järgnev sugutamine on eelduseks, et võiks alata seemnepunga areng seemneks. Selle juures, nagu nägime (lk. 207), tekib integumentidest seemnekest; nutsell hävib või tast areneb toitekude — perisperm; sugutatud munarakk areneb iduks, embrüokoti keskrakk (nn. teistuumaga) idu ümbritsevaks endospermiks. Nimetatud osadest on kõige olulisem idu, sest ainult see ei puudu kunagi seemnes.

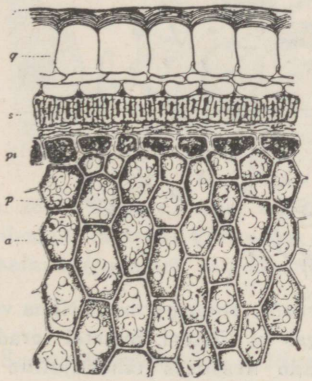
S e e m n e k e s t *(testa)*. — Seemnekestades, mis on tekkinud kahest integumendist, leidub harilikult kolm kutikulaarset kihti (joon. 264): (1) väline, (2) keskmine — integumentide kokkupuutel ja (3) sisemine. Neist tekib keskmine kahe kutiikulakihi ühtesulamisel. Need kihid võivad püsima jääda ka seemnes. Näit. kressi *(Tropaeolum)*, viinalille *(Hypericum)*, uibulehe *(Pyrola)* liikidel püsib väline kutiikula. Keskmine kutikulaarne kiht on tugev paljudel üheidulehestel ja ka kaheidulehestel (näit. sõstrail). Peaaegu kõgis seemneis püsib sisemine kutiikula. Mui-



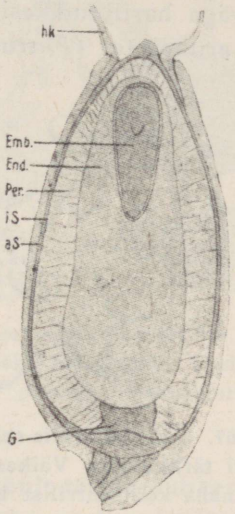
Joon. 264. *Reseda.* 1 — seemnepunga pikilõik: AI — väline integument, selle all sisemine integument, N — nutsell. 2 — seemnekest (tekib integumentidest, kihid AI — välisest integumendist, kihid II — sisemisest integumendist). 3 — Seemne pikilõigu kalatsapoolne osa. kot — idulehed. End — endosperm, kw — korkkude („kalatsa-kork"). C_1, C_2 ja C-n — kutiikulad. V a n W i s s e l i n g h'i järgi.

dugi puudub kutiikula kalatsa piirkonnas. Seemne eraldudes funiikuli küljest areneb siin nn. „kalatsakork". Nii tekib seemnel igakülgne kaitse resistentsete kutiini- ja suberiinikihtide näol (joon. 264).

Täiskasvanud seemnes on seemnekest harilikult mitmekihiline. On iseloomulik, et nende kihtide moodustamisest võtavad osa peamiselt integumentide epidermised, vähem vahepealsed kihid. Harilikult on üksikud kihid erineva ehitusega, kusjuures leidub rakkusid tugevasti paksenenud rakuseintega (näit. joon. 264, väline kiht).



Joon. 265. Lina *(Linum usitatissimum)* seemne ristilõik. c, q — limastuv epidermis, s — sklereiidid, pi — pigmentrakkude kiht, p — aleuroonteri (a) sisaldav endosperm. Tschirch'i järgi.



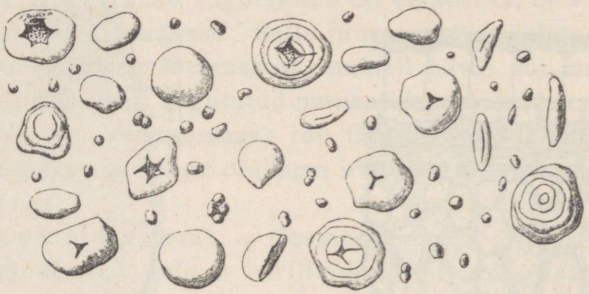
Joon. 266. Pikilõik *Acorus gramineus*'e seemnest. Emb — embrüo (idu), End — endosperm, Per — perisperm, is ja as — seemnekest (is — tekkinud sisemisest, as — välisest integumendist). Mücke järgi.

Seemnekesta sisemine kiht (sisemine epidermis) on sageli täidetud flobafeenide ja tannoididega [1]). Eriti sellest kihist (joon. 265, p_1) oleneb seemne värvus. Sügavamal järgnev toitekude — perisperm *(perispermium)* — esineb harva. Jõetakjail *(Sparganium)* on ta ühekihine. Paremini väljakujunenud on perisperm pipralistel,

1) Flobafeenid on taimepigmendid, mis reageerivad hapetele ja leelistele nagu antotsüaniinid. Tannoidid on tanniini sarnased ühendid. Tanniin e. parkhape koosneb glükoosist ja gallushappest [$(HO)_3C_6H_2 . COOH$].

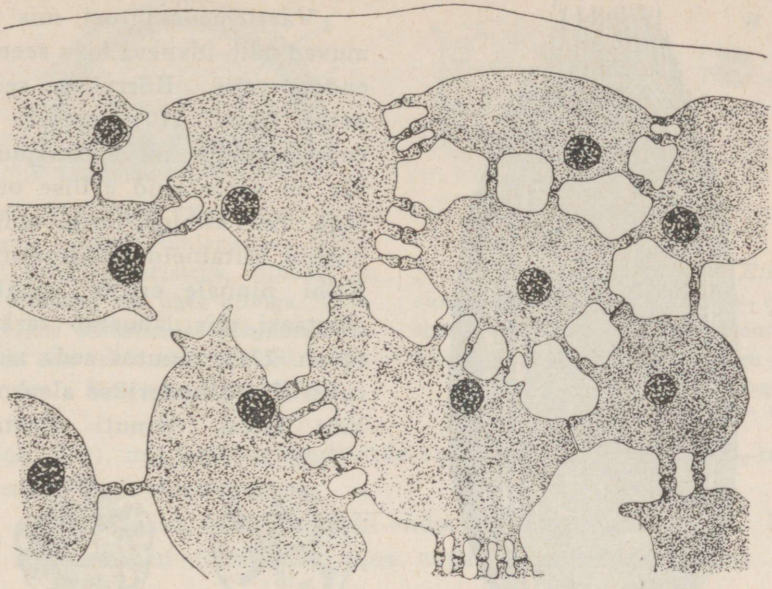
nelkõielistel, maltsalistel ja mõnes neile lähedases sugukonnas. Harilikult resorbeerub aga perispermi emakude — nutsell peaaegu jäljetult.

Endosperm *(endospermium)* võib olla mitmesugune. Paljudel taimedel sisaldab ta rohkelt tärklist (näit. jõetakjail, kõrrelistel, tatralistel). Tärklis (joon. 267) on endospermis suhteliselt suurte säilitustärklis-teradena, mis võivad olla kas liht-, liit- või poolliitterad (vt. lk. 141). Näit. kõrreliste sugukonnas on liittärklisterad väga harilikud, esinedes lustetel *(Bromus)*, raiheintel *(Lolium)*, aruheintel *(Festuca)*, väriheintel *(Briza)*, otradel *(Hordeum)*, kaertel *(Avena)* jt. Harilikult leidub aga kõrvu liitteradega ka lihtteri. Sageli esinevad terade keskosas lõhed. — Väga harilik on ka tärklisvaba endosperm (liilialistel, palmidel, amarüllilistel, tulikõielistel, magunalistel, putkelistel, kanarbikulistel, huulõielistel jt.). Neil taimedel sisaldavad endospermirakud rasvaineid tilkadena ja valkudest koosnevaid aleuroon-teri (joon. 273, 274). On ka sugukondi, kus endospermirakud on karakteersete seinapaksenditega (liilialistel, palmidel, amarüllilistel). Need seinapaksendid koosnevad tselluloosist (joon. 268). Nad lahustuvad aegamööda idanevas seemnes (säilitustselluloos).



Joon. 267. Säilitustärklis rukki *(Secale cereale)* endospermist. Näha väikesi ja suuri tärkliseteri. Väikeste terade hulgas ka liitteri. Suurtel teradel on kohati näha kontsentrilist kihilisust; terade keskosas tähekujuline lõhe. Tschirch'i järgi.

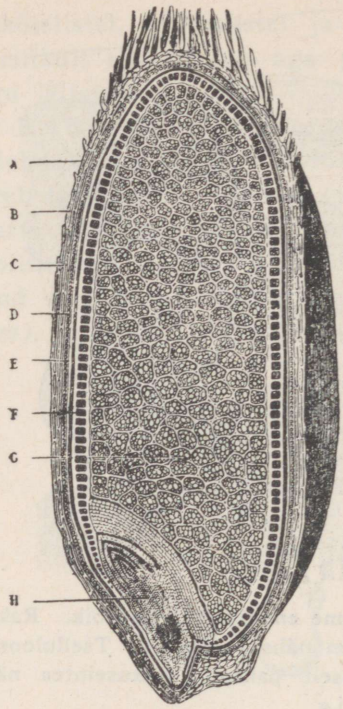
Idu võib seemnes asetseda väga mitmesuguselt, kuigi on reegliks, et idujuur asetseb mikropüülipoolsel küljel. Kujutluse sagedamini esinevatest juhtudest annab joon. 269. Idu koosneb juurekübaraga kaetud idujuurest, alles lühikesest hüpokotüülist, idulehtedest ning idupungast.



Joon. 268. Liilia *(Lilium martagon)* seemne endospermi ristilõik. Rakud on tihedalt täidetud plasmaga; joonisel on näha ka tuumi. Tselluloosist rakuseinad (joonisel valged) on erakordselt paksud. Rakuseintes näha poore. Orig.

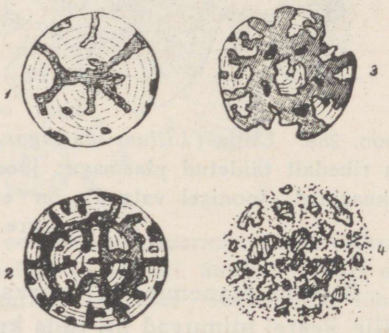
Seemne idanemise eelduseks on harilikult teatav puhkeperiood, mille kestel toimuvad nii idus kui ka toitekoes mitmesugused muutused. Kui kõnesolev järelküpsemine on toimunud, on idanemise eelduseks: (1) küllaldane niiskus (vesi), (2) sobiv temperatuur, mõnel liigil ka (3) valgus, kuigi valdav enamik seemneid idaneb hästi pimedas. Pärast seda, kui seemned on paisunud, s. o. endasse küllalt vett imenud, algab neis elutegevus.

Joon. 269. Seemnete sisemine ehitus mitmesugustel kaheidulehestel. A — pipral *(Piper)*, B — sõstral *(Ribes)*, C — äiakal *(Agrostemma)*, D — riitsinusel *(Ricinus)*, E — liblikõielistel. E sisaldab ainult idu; endo- ja perisperm puuduvad. B, C ja D on varustatud endospermiga (see on joonisel täpiline), A sisaldab peale endospermi ka veel perispermi. Chodat' järgi.



Joon. 270. Pikilõik nisu *(Triticum vulgare)* terisest. A kuni E — perikarp (viljasein). F — endospermi valgurikas väline kiht, nn. aleuroonkiht. G — endospermi sisemised, tärklisrikkad osad. H — embrüo (näha idupung, idujuur ja kilp, mille abil embrüo imeb endospermist toitaineid). B a i l l o n'i järgi.

Vaatleme muutusi, mis toimuvad näit. idaneva nisu seemne endospermis. Kõrreliste seemnetes (joon. 270) asetseb idu endospermiga kõrvu, kusjuures idu on varustatud erilise organiga, nn. kilbiga, mille abil ta imebki toitaineid endospermist. Kilbi pinnale eritub ensüümi diastaasi, mis lahustab tärklist (joon. 271), muutes seda suhkruks. Ka valkuderikas aleuroonkiht eritab samuti diastaasi

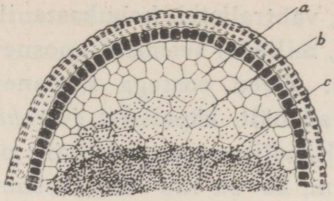


Joon. 271. Tärklisterad idanevast odraseemnest. 1 kuni 4 — üksteisele järgnevad staadiumid tärklistera lahustamisel, s. o. tärklise muutumisel suhkruks. N o l l'i järgi.

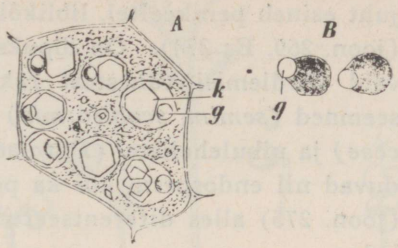
(joon. 272), nii et tärklise lahustamine võib toimuda ka ilma kilbi abita. Diastaasi mõjul sööbivad tärklisteradesse sügavad käigud. Need laienevad alatasa ja lõpuks laguneb tärklistera tükikesteks, mis varsti sulavad täielikult.

Seemnetes leidub ka teisi ensüüme, näit. tekib tselluloosi lahustav t s ü t a a s liilialistel, palmidel ja amarüllilistel.

Valgud esinevad seemnetes sageli nn. aleuroonterades. Need on algul valkaine (globuliinide) lahusega täidetud vakuoolid, mis aegamööda kaotavad vett, kuni neis valk välja kristalliseerub. Sageli tekivad valgukristallide kõrvale kerajad moodustised, nn. globoidid



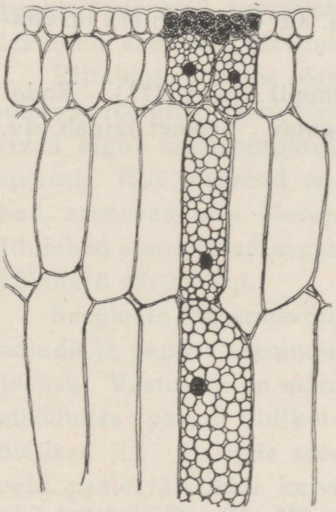
Joon. 272. Maisi *(Zea mays)* endospermi rakkude tühjenemine tärklisest katsetes teristega, milledel on kõrvaldatud idu ühes kilbiga. Tärklisterade lahustamist põhjustab diastaas, mis tekib aleuroonkihi rakkudes. Bessenich'i järgi.



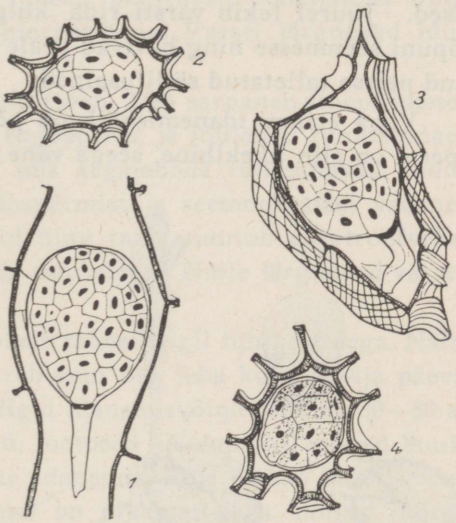
Joon. 273. Rakk riitsinuse *(Ricinus communis)* endospermist. A — endospermi rakk. B — üksikud aleuroonterad. g — gloobid, k — valgu kristall. Strasburger'i järgi.

(joon. 273), mis peale globuliinide sisaldavad veel kaltsiumi, magneesiumi ja fosforhapet.

On seemneid, mis ei sisalda endospermi ega perispermi. Neil on säilitusained ladestatud idus endas, nimelt idulehtedes. See



Joon. 274. Soja-uba *(Soja hispida)*. Ristilõik läbi seemnes oleva idulehe. Rakutuumad on märgitud mustadena; rakkudes rohkelt aleuroonteri ja rasva. Tärklist pole olemas. Orig.



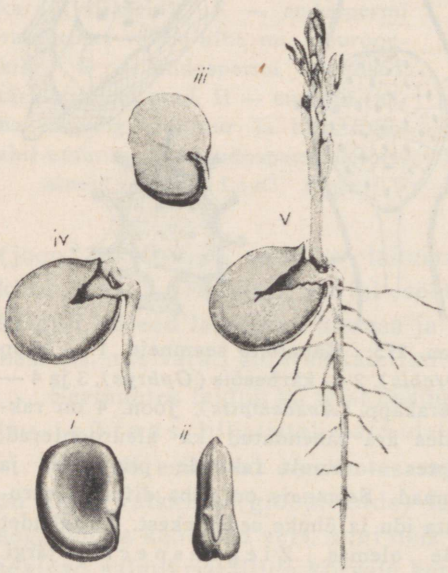
Joon. 275. Käpaliste seemneid. 1 — käpp *(Orchis)*, 2 — kärbesõis *(Ophrys)*, 3 ja 4 — koerakäpp *(Anacamptis)*. Joon. 4 on rakkudes ära tähendatud ka aleuroonterad, teistes — ainult rakkude piirjooned ja tuumad. Seemneis on näha diferentseerumata idu ja õhuke seemnekest. Toitekudet pole olemas. Ziegenspeck'i järgi.

juht esineb penikeeltel, liblikõielistel, vahtralistel, hobukastanil jt. (joon. 269, E; 274). On lõpuks taimi, milledel seemned koosnevad vaid võrdlemisi vähestest rakkudest. Need eostega sarnanevad seemned *(semina scobiformia)* esinevad näit. käpalistel *(Orchidaceae)* ja uibulehelistel *(Pyrolaceae)*. Käpaliste seemneis näit. puuduvad nii endosperm kui ka perisperm, ka on idu neis seemneis (joon. 275) alles diferentseerumatu, vähestest rakkudest koosnev keha.

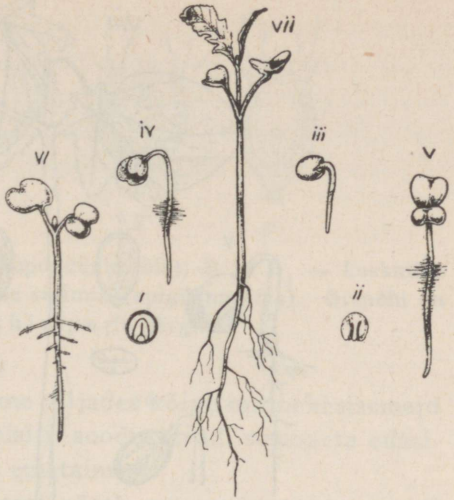
Seemnete idanemise üksikasjad on eri liikidel sageli põhjapanevalt erinevad. Näitena olgu toodud oa *(Vicia faba)*, põldsinepi *(Sinapis arvensis)* ja riitsinuse *(Ricinus communis)* idanemine.

Oa seemned (joon. 276) on endospermita. Idu koosneb idujuurest, idupungast ja kahest suurest säilituskoega täidetud idulehest. Idanemisel jääb seeme maasse. Seemnekest lõhkeb, sellest tungib välja juur, hiljem ka vars, millel arenevad lihtsa ehitusega alalehed, hiljem pärislehed. Nii alalehed kui ka pärislehed on rohelised. Juurel tekib varsti rida külgjuuri. Idulehed jäävad siin lõpuni seemnesse ning hävivad peale seda, kui idand on ära tarvitanud neisse talletatud säilitusained.

Väga erinev idanemiskäik on põldsinepil (joon. 277). Endosperm on siin ühekihine, seega vähe märgatav. Seemet täidab idu,



Joon. 276. Uba *(Vicia faba)*, I ja II — seemned enne idanemist, III — idanenud seeme (seemnekest ning üks idulehtedest on kõrvaldatud), IV ja V — üksteisele järgnevad idanemisstaadiumid. Bower'i järgi.

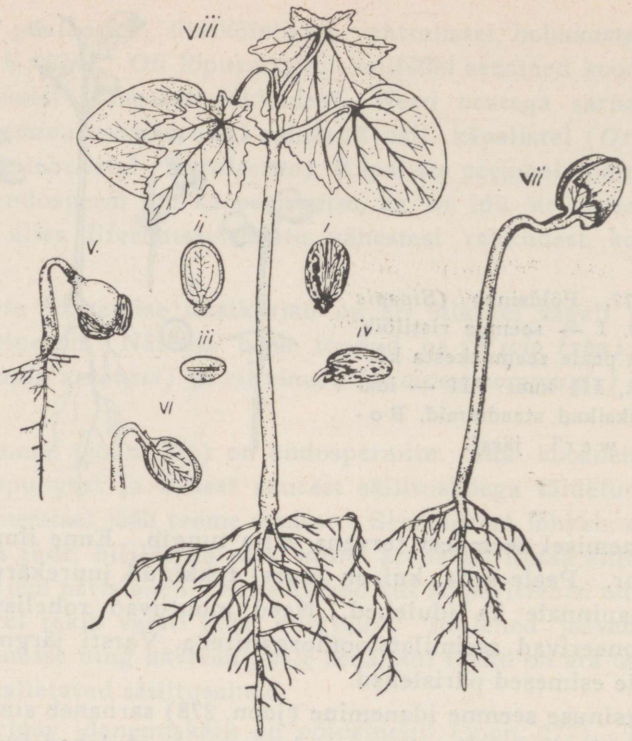


Joon. 277. Põldsinep *(Sinapis arvensis)*. I — seemne ristilõik, II — idu peale seemnekesta kõrvaldamist, III kuni VII — idanemise üksikud staadiumid. B o w e r'i järgi.

mis idanemisel seemnest tervena välja tungib. Enne ilmub nähtavale juur. Peale seda, kui on juurel tekkinud juurekarvad, ilmuvad maapinnale ka idulehed. Need muutuvad rohelisteks ning funktsioneerivad assimilatsiooniorganitena. Varsti järgnevad idulehtedele esimesed pärislehed.

Riitsinuse seemne idanemine (joon. 278) sarnaneb sinepi idanemisega. Ainult on siin olemas endosperm, ja idulehed funktsioneerivad algul imemisorganitena, mis aegamööda tühjendavad endospermi. Kui idulehed on endospermist ja seemnekestast vabanenud, arenevad neis kloroplastid ning taim muutub autotroofseks. Idulehed suurenevad aegamööda tunduvalt. Neile järgnevad varrel hõlmised pärislehed.

Seemnete idanemisvõime püsib mõnel liigil lühikest aega. Näit pajude ja paplite seemneist sureb suur osa juba kolme-nelja päeva jooksul. Vastupidi on mõned liigid idanemisvõimelised ka 50—80 a. möödudes [paljud liblikõielised, lootosed *(Nelumbo)*, mõned huulõielised jt.]. Paljude seemnete idanemisvõime ei kao ka siis, kui neid peale täielikku kuivatamist on pikemat aega hoitud kõrgvaakuumis. Riitsinuse, kurgi, maisi, herne, lutserni jt. taimede seemned, mida oli kuivatatud vaakuumis 40° temperatuuril ühe kuu jooksul, võis hoida vedelas õhus (t. ligik. — 190° C) viie ööpäeva jooksul (B e c q u e r e l), ilma et oleks kannatanud nende idanemisvõime. Teises katses olid tubaka, ristikheina jt. taimede seemned paigutatud klaastorudesse, mis peale õhu kõrvaldamist torudest olid kinni joodetud ning paigutatud vedelasse heeliumi



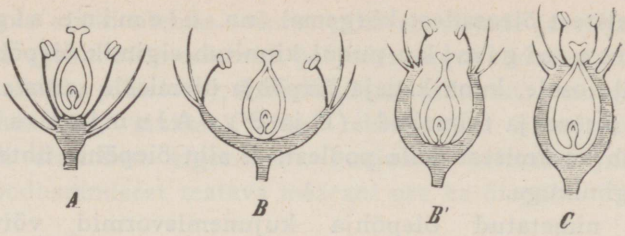
Joon. 278. Riitsinus *(Ricinus communis)*. I — seeme, II — seemne pikilõik, III — seemne ristilõik, IV kuni VIII — idanemise üksikud staadiumid. B o w e r'i järgi.

(t. — 269° C). Kuigi neid hoiti seal 11 tundi, osutusid seemned ikkagi idanemisvõimelisteks. Et siin kirjeldatud katsetes muutuvad protoplastid teraskõvaks, siis pole neis kujuteldav ükski füsioloogiline protsess. Tuleb järeldada, et seemnetes võivad kõik eluprotsessid teatavaks ajaks täielikult katkeda ja uuesti alata soodsate tingimuste saabudes.

26. peatükk.

Lihakad viljad. Kuivviljad (ava- ja sulgviljad). Seemnete ja viljade levitamine vee, tuule ja loomade abil.

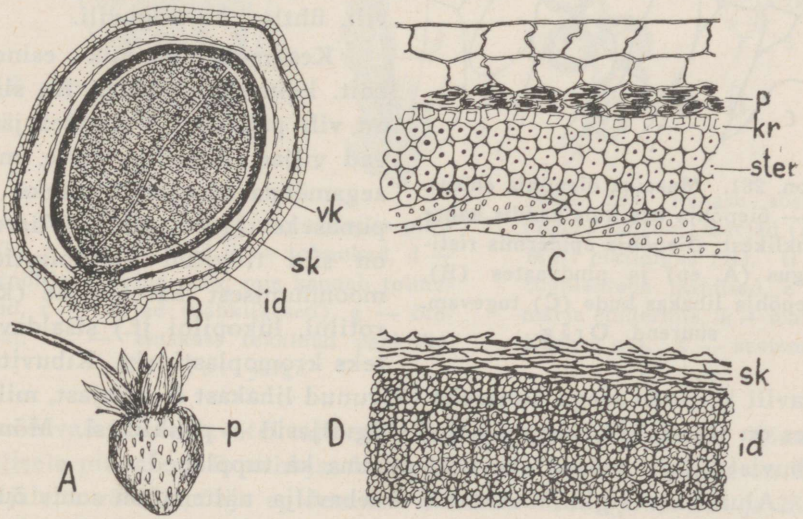
Taimeliigi alalhoiu seisukohast on oluline, et tema seemned ei hakkaks kõik idanema emataime lähimas ümbruses, sest sageli (näit. paljude puuliikide puhul) tähendaks see noorte taimede kind-



Joon. 279. A — ülemine sigimik (hüpogüünne õis), B ja B_1 — keskmine sigimik (perigüünne õis), C — alumine sigimik (epigüünne õis). Õiepõhi on viirutatud. Schimper'i järgi.

lat hukku. Vastavalt sellele leiame viljades kõige mitmekesisemaid seadeldisi, mis kõik nii või teisiti soodustavad seemnete edasitoimetamist enam-vähem kaugele emataimest.

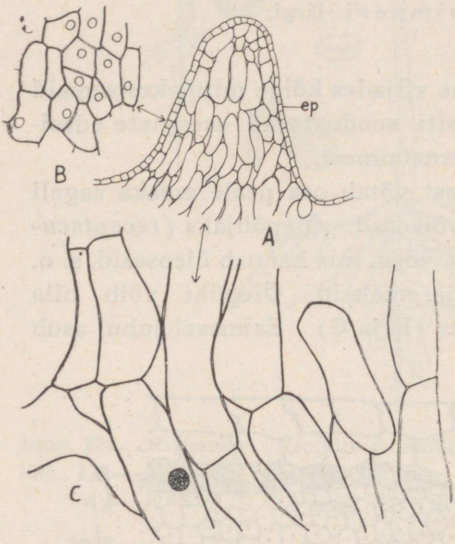
Vilja *(fructus)* moodustamisest võtab osa peale emaka sageli ka õiepõhi, mõnel juhul ka teised õieosad. Õiepõhjaks *(receptaculum)* nimetatakse piiratud kasvuga võsu, mis kannab õieosasid, s. o. tupplehti, kroonlehti, tolmukaid ja emakaid. Õiepõhi võib olla kumer (joon. 279, A) või aga õõnes (B ja C). Esimesel juhul asub



Joon. 280. Metsmaasikas *(Fragaria vesca)*. A — ebavili selle pinnal olevate pähklikestega (p). B — pähklikese ristilõik: vk — viljasein, sk — seemnekest, id — idu. C — viljasein (tugev. suurend.). p — pigmenti sisaldav kiht, kr — oblikhapu kaltsiumi kristallid, ster — stereiidid. D — seemnekest (sk) ja säilitusainetega täidetud idulehe kude (id). Orig.

sigimik teistest õieosadest kõrgemal (nn. ülemine sigimik). Keskmise sigimiku puhul kinnitub sigimik õiepõhja kõige madalamale osale, kuna kausja õiepõhja ülemisele servale kinnituvad tupp, kroon ja tolmukad (B ja B′). Alumine sigimik (C) erineb keskmisest selle poolest, et siin õiepõhi ühte kasvab emaka sigimikuga.

Kõik nimetatud õiepõhja kujunemisvormid võivad osa võtta vilja moodustamisest, tekitades nn. ebavilju. Näit. maasika õies on arvukad sigimikud ülemised. Igaüks neist muutub „marja" valmides väikeseks viljaks — pähklikeseks. Ühtlasi suureneb seejuures erakordselt õiepõhi (joon. 280). Õiepõhja rakud (joon. 281) on suurte vakuoolidega, mis rohkelt sisaldavad suhkrut. Väliste rakkude vakuoolides leidub ohtralt ka antotsüaniini. „Marjaks" nimetatud moodustis on seega ebavili, ühtlasi ka koguvili.



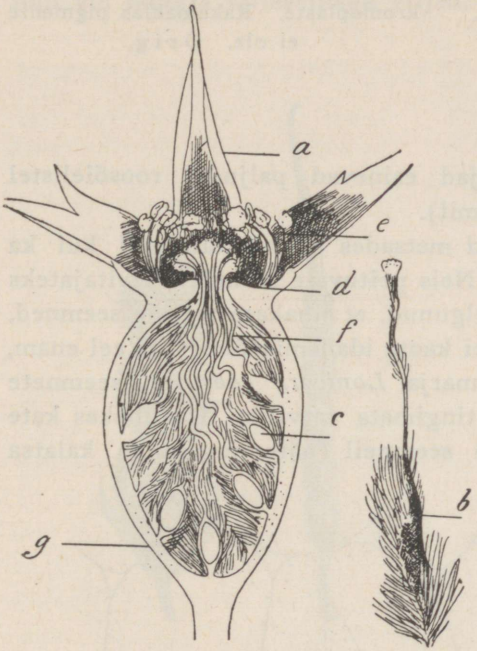
Joon. 281. Maasika õiepõhja ehitus. A — õiepõhja osa, mis kandis kahte pähklikest. Õiepõhja epidermis ristilõigus (A, ep) ja pindvaates (B). Õiepõhja lihakas kude (C) tugevam. suurend. Orig.

Keskmine sigimik esineb näit. kibuvitsa liikidel. Ka siin on vili pähklike. Valmides jäävad viljad õiepõhja sisse, mis aegamööda muutub lihakaks ja punaseks (joon. 282). Värvus on siin tingitud kloroplastide moondumisest karotinoide (karotiini, lükopiini jt.) sisaldavateks kromoplastideks. Kibuvitsa ebavili koosneb seega punaseks värvunud lihakast õiepõhjast, mille sees on teatav arv üheseemnelisi sulgviljasid — pähklikesi. Mõnel kibuvista liigil jäävad ebaviljal püsima ka tupplehed.

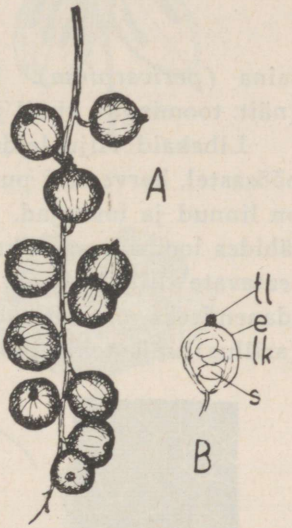
Alumisest sigimikust tekkiva ebavilja näitena on sobiv õun. Õun tekib õunapuul *(Pyrus malus)* nii sigimiku viiest viljalehest kui ka lihakaks muutuvast ning tugevasti paksenevast õiepõhjast.

Peale lihakate ebaviljade on ka lihakaid vilju, s. o. lihakaid, seemneid sisaldavaid moodustisi, mis tekivad ainuüksi sigimikust. Tähtsamad neist on mari *(bacca)* ja luuvili *(drupa)*. Nagu allpool

selgub, pole siiski olemas teravat piiri ebaviljade ja viljade vahel. Marjad (joon. 283) esinevad paljudes sugukondades; näit. liilialistel (ussilakk, piibeleht), kivirikulistel (sõstrad), kanarbikulistel (pohl, mustikas, sinikas). Nad tekivad kas ülemisest (liilialistel) või alumisest sigimikust, kusjuures viimasel juhul võtab marja moodustamisest teatava määrani osa ka õiepõhi. Viljalehed

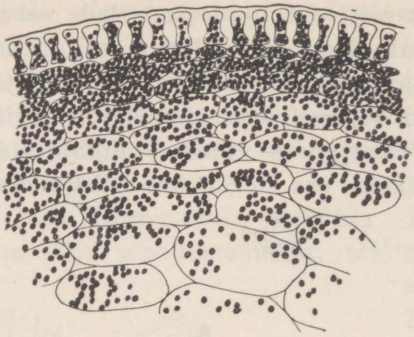


Joon. 282. Kibuvitsa *(Rosa)* ebavilja pikilõik. a — tupplehed, e — tolmukad, d — õiepõhja ülemine serv, mis kannab tolmukaid, c — viljad (pähklikesed), g — õiepõhi. b — emakast tekkinud pähklike. Chodat' järgi.



Joon. 283. Punase sõstra *(Ribes rubrum)* marjad (A). Mari pikilõigus (B). tl — tupplehtede jäänused, e — marja epidermis, lk — marja lihakas osa, s — seemned. Orig.

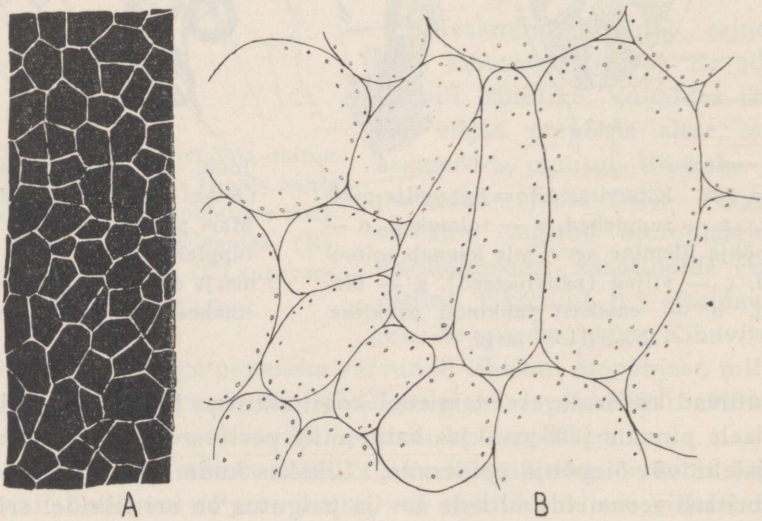
muutuvad kõnesolevatel taimedel kogu ulatuses lihakateks. Ainult välisele pinnale jääb nahkjas kate, mille perifeerseks kihiks on kas viljalehe või õiepõhja epidermis. Lihakas kude (joon. 284 ja 285) ümbritseb seemneid, millede arv ja paigutus on eri liikidel erinev. Luuviljad erinevad marjadest selle poolest, et neil seeme (või seemned) on ümbritsetud puitunud siseseinast *(endocarpium)*, millele järgneb lihakas kiht *(sarcocarpium)* ning lõpuks nahkjas välissein *(epicarpium)*. Epi-, meso- ja endokarp koos moodustavad vilja-



Joon. 284. *Solanum capsicastrum*'i marja lõik. Nii epidermis kui ka vilja sügavamad kihid (eriti kaks kuni kolm kihti otse epidermise all) sisaldavad rohkelt oranži värvi kromoplaste. Rakumahlas pigmente ei ole. Orig.

seina *(pericarpium)*. Luuviljad esinevad paljudel roosõielistel (näit. toomingal, kirsil ja ploomil).

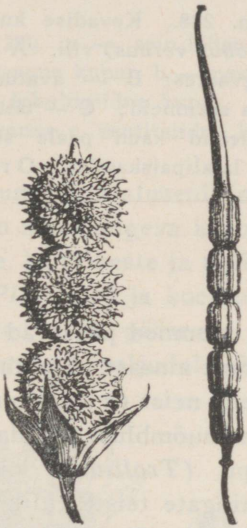
Lihakaid vilju leidub eriti metsades nii rohttaimedel kui ka põõsastel, harvemini puudel. Neis peituvate seemnete levitajateks on linnud ja imetajad. On selgunud, et lihakate viljade seemned, läbides loomade seedekulgla, ei kaota idanemisvõimet. Veel enam, teatavate liikide (näit. portsmarja, *Lonicera coerulea)* seemnete idanemiseks on see koguni tingimata tarvilik. Ka lihakas kate (arillus), mis tekib mõningail seemneil (näit. jugapuul) kalatsa



Joon. 285. Punase sõstra *(Ribes rubrum)* mari. A — antosüaniini sisaldav epidermis. B — marja lihakas kude; rakud väga suurte vakuoolidega, mis samuti sisaldavad antotsüaniini; protoplastides esineb siin leukoplaste. Orig.

väljakasvuna, võimaldab samuti endozoilist seemnete levitamist.

Kuivviljad võivad olla mitmesugused. Paljudel taimedel ei avane nad üldse, sest sisaldavad ainult ühte seemet (sulgviljad). Siia kuuluvad pähkel, pähklike, teris, seemnis ja tiibvili. Pähkel *(nux)* ja pähklike *(nucula)* on puitunud või nahkja viljaseinaga viljad, mille viljasein pole seemnega



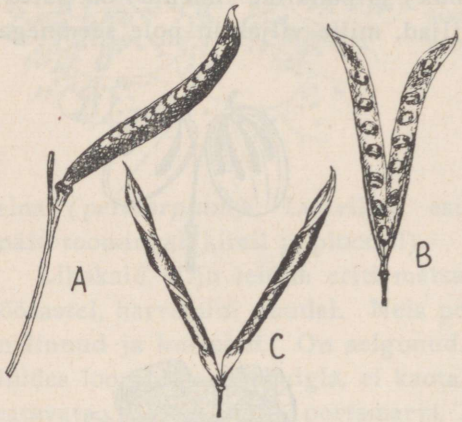
Joon. 286. Linnujala *(Ornithopus,* vasemal) ja rõikheina *(Raphanus,* paremal) laguviljad. Esimene on arenenud kaunast, teine kõdrast. Baillon'i järgi.

Joon. 287. Karuputke *(Heracleum,* ülal) ja tokkroosi *(Althaea,* all) jaguviljad. Baillon'i järgi.

ühte kasvanud (näit. tammedel, sarapuil, tulikatel ja tarnadel). Neile lähedane on teris *(caryopsis),* kuid terisel on viljasein seemnega kokku kasvanud; teris esineb kõrrelistel. Korvõielistele ja uniohakalistele omane seemnis *(achaenium)* tekib alumisest sigimikust. Tema tekkest võtab seega osa ka õiepõhi. Tiibvili *(samara)* on tiivuline pähklike; esineb kaskedel, saartel, jalakail, künnapuul jt.

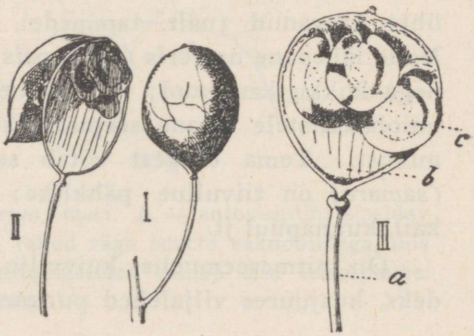
On mitmeseemnelisi kuivvilju, mis valmides lagunevad tükkideks, kusjuures viljalehed purunevad osadeks (laguvili — *lomen-*

tum, paljudel liblikõielistel, joon. 286) või aga pakatavad üheseemnelisteks osadeks sel teel, et üksikud viljalehed eralduvad üksteisest. Viimane juht (jaguvili, *schizocarpium*, joon. 287) esineb näit. vahtrail, putkelistel, samuti paljudel kassinaerilistel *(Malvaceae)*.



Joon. 288. Kevadise kureläätse *(Orobus vernus)* vili. A — kaun külgvaates; B — avatud kaun, näha seemneid; C — täitsa küps avanenud kaun peale seemnete laialipaiskamist. Orig.

Rida kuivvilju avaneb valmides ning seemned pääsevad viljast välja. Kui seesugune kuivvili koosneb ühest ainsast viljalehest, on ta kas kukkurvili või kaun. Esimene neist (kukkurvili, *folliculus*) avaneb ühte õmblust, nimelt mõhuõmblust mööda. Siia kuuluvad pojengi *(Paeonia)*, kullerkupu *(Trollius)*, käokinga *(Aconitum)*, varsakabja *(Caltha)* ja mõningate teiste tulikõieliste viljad. Ühepesane kuivvili, mis avaneb nii mõhu- kui ka seljaõmblust pidi, on kaun *(legumen)*. Ta on iseloomulik paljudele liblikõielistele, näit. hernele. Avanemisel tõmbuvad kaunapoolmed keerdu ning paiskavad seemneid teatava jõuga laiali (joon. 288). Karakteerne kahepesane vili on ristõielistel *(Cruciferae)*. Neil on viljas ebavahesein, s. o. vahesein, mida ei moodusta vilja-

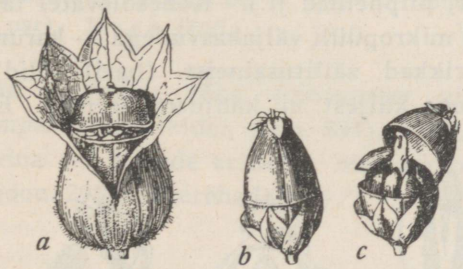


Joon. 289. *Vesicaria utricularia*. I — valminud kõdrake enne, II ja III — peale avanemist. a — õievars, b — ebavahesein, c — tiivuline seeme. Chodat' järgi.

lehed ise. Vilja avanedes püsib paberjas vahesein ning sellele kinnituvad seemned (joon. 289), kuna viljapoolmed kõverduvad enamvähem, võimaldades seega seemneile väljapääsu viljast. Eritellakse suhteliselt lühikest k õ d r a k e s t (*silicula*, pikkus ületab laiust ülimalt kolm korda) pikemast k õ d r a s t (*siliqua*). Vilja tipul olevate pragude abil avanevad k u p a r (*capsula*) ja k a r p (*pyxidium*). Nad koosnevad kahest kuni mitmest viljalehest. Erinevad omavahel selle poolest, et kupra avanemine toimub avauste või pikipragude abil, mis tekivad mitmeti (joon. 290) ja mõnel juhul ulatu-

Joon. 290. a — sein-lõhenev e. septifraagne kupar, b — pesaavanev e. lokulitsiidne kupar, c — sein-avanev e. septitsiidne kupar.

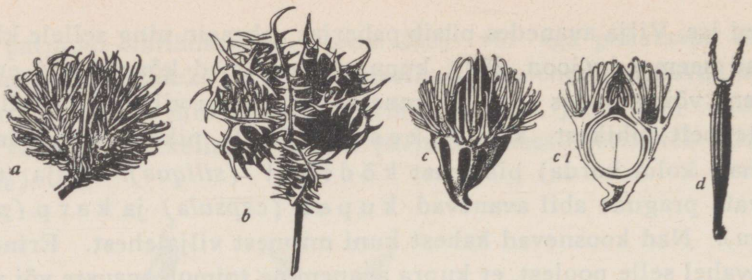
vad kuni vilja aluseni (näit. kannikesel), kuna karp (joon. 291) avaneb mahalangeva kaane abil. Kupra näitena võib nimetada lina liikide, kannikeste ja nelkõieliste vilju. Karp esineb näit. teelehtedel (*Plantago*) ja koerapöörirohul (*Hyoscyamus*). Kupar, millest seemned välja pääsevad a v a u s t e kaudu, esineb näit. magunal (*Papaver*) ja paljudel kellukatel (*Campanula*).



Joon. 291. Karp. a — koerapöörirohul (*Hyoscyamus*), b ja c — teelehel (*Plantago*). H e g i järgi.

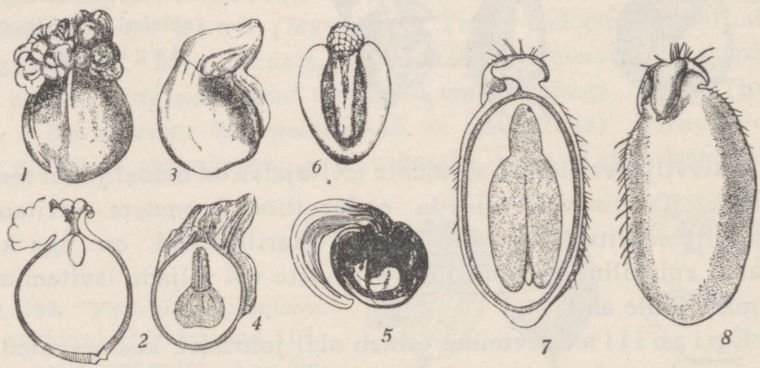
Kuivviljades olevate seemnete levitajaiks on mõnel juhul samuti loomad. Ka siin võib esineda endozoiline seemnete levitamine näit. mitteseeditud seemnete kaudu. Harilikumad on aga kuivviljadel epizoiline ja sünzoiline seemnete või viljade levitamine ja levimine tuule abil.

E p i z o i l i n e levimine esineb neil juhtudel, kus seemned või viljad on kaetud ogajate või konksjate moodustistega (joon. 292), mis võimaldavad viljadele või seemnetele kinnituda loomadele (imetajatele, lindudele jt.). Metsataimedest on varustatud sellekohaste vahenditega näit. varjulill (*Asperula odorata*), metsputk



Joon. 292. Haardviljad. a — metsputk *(Sanicula,* jaguvili), b — põldtulikas *(Ranunculus arvensis,* pähklikesed), c ja c1 — maarjalepp *(Agrimonia,* ebavili), d — ruse *(Bidens,* seemnis). H e g i järgi.

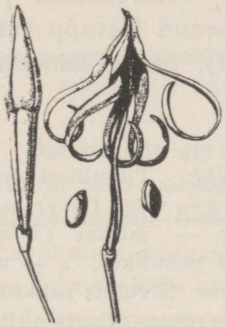
(Sanicula europaea) ja mõõlad *(Geum).* Kuid ka soo- ja niidutaimede hulgas leidub epizoilise levimisviisiga liike. Epizoilise levimise puhul on loomade osa seemnete ja viljade edasitoimetamisel passiivne. Seemned kinnituvad loomale, ilma et loom seda sageli tähelegi paneks. Teisiti toimub s ü n z o i l i n e levimine. Siin on loom aktiivne. Näit. koguvad pähklihiir ja oravhiir sarapuu pähkleid ning kahtlemata soodustavad seega ebatahtlikult sarapuu levimist. Paljudel juhtudel on seemnete edasitoimetajaiks sipelgad. Eriti metsades leidub rohkelt seesuguseid liike (sinilill, ülased, kannikesed, metspipar, piipheinad jt.). Kõnesolevatel taimedel on seemned varustatud mikropüüli väljakasvudega — karunkulitega (joon. 293), mis on rikkad säilitusaineist (haril. õlid). Karunkuli kõrvaldamine seemne küljest ei kahjusta seemet. Et



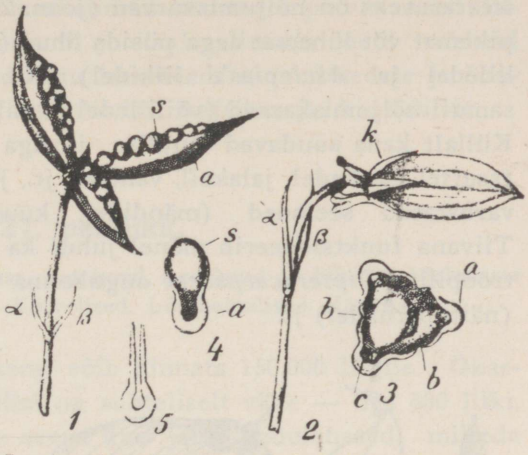
Joon. 293. Karunkulitega varustatud seemneid. 1 ja 2 — kobarhüatsint *(Muscari),* 3 ja 4 — kannike *(Viola tricolor),* 5 — lõokannus *(Corydalis),* 6 — metspipar *(Asarum),* 7 ja 8 — vahulill *(Polygala amarella).* Kõik suurendat. H e g i järgi.

sipelgad söövad nimetatud väljakasvusid, siis on nad ühtlasi nende nn. m ü r m e k o h o o r s e t e t a i m e d e seemnete levitajaiks.

Mõningatel liikidel pillub emataim ise seemneid teatava kauguseni. Jõud, mis selleks tarvilik, on kas pinge, mis tingi-



Joon. 294. Lemmaltsa *(Impatiens noli tangere)* paiskvili (viiepesane kupar). H e g i järgi.

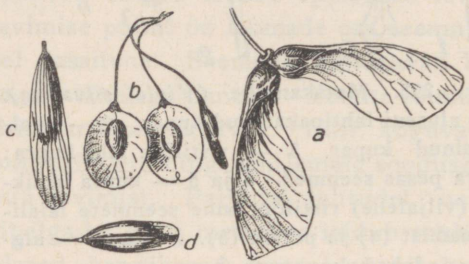


Joon. 295. Metskannike *(Viola silvatica)*. 1 — aluseni lahtipakatanud kupar. 2 — poolvalminud kupar. 3 — ristilõik läbi kupra; kupra pesas seemned. 4 ja 5 — kupra üksikosa (viljalehe) ristilõik enne seemnete laialipaiskamist (4) ja pärast (5). α ja β — alglehed, k — tupp, s — seeme. V e l e n o v s k y järgi.

tud turgoorse rõhu erinevusest viljaseina üksikkihtides (näit. *Impatiens*'i liikidel, joon. 294), või aga pinge, mis põhineb viljaseina eri kihtide erineval hügroskoopsusel [hernel, kannikestel (joon. 295), kurerehadel jt.].

Joon. 296. Vilju ja seemneid hõljumiskarvadega. a — pajulille *(Epilobium)* kupar; seemned on hõljumiskarvadega. b — *Dryas octopetala* lendvili (pähklike). c — võilille *(Taraxacum)* vili (seemnis). H e g i järgi.

Väga paljudel liikidel toimub seemnete ja viljade edasikandmine kas tuule või vee abil. Paljude tuule abil levivate seemnete iseärasuseks on hõljumiskarvad (joon. 296), mis neile võimaldavad pikemat või lühemat aega püsida õhus (näit. pajudel, haaval, pajulilledel ja *Asclepias*'e liikidel). Ka viljadel esinevad sageli samuti hõljumiskarvad (võililledel ja paljudel teistel korvõielistel). Küllalt kaua suudavad tuulise ilmaga õhus püsida ka tiibviljad (saartel, kaskedel, jalakail, vahtrail jt., joon. 297), samuti tiibadega varustatud seemned (mändidel, kuuskedel, robirohtudel jt.). Tiivana funktsioneerib mõnel juhul ka suurenenud õietupp (näit. troopilise *Dipterocarpaceae* sugukonna liikidel), õisiku kandeleht (näit. pärnadel) jt.



Joon. 297. Tiivulised lendviljad. a — vaher *(Acer*, jaguvili), b — jalakas *(Ulmus*, tiivuline pähklike), c — saar *(Fraxinus*, tiivuline pähklike), d — sinerõigas *(Isatis*, tiivuline, kõdrakesest tekkinud üheseemneline sulgvili).
Hegi järgi.

Anemohoorseid, s. o. tuule abil levivaid taimi on rohkelt puude hulgas. Et see levimisvahend pakub just puudele häid võimalusi seemnete toimetamiseks võrdlemisi kaugele, on kõigiti mõistetav. Ka steppe, savanne ja teisi avaraid kasvukohti eelistavate taimede hulgas on palju anemohoore.

Vesi seemnete ja viljade levitajana on paiguti suure tähtsusega. Troopilisil rannikuil kasvava kookospalmi *(Cocos nucifera)* laialdane levik on tingitud kookospalmi viljade võimest pikemat aega vigastamatult triivida soolases ookeanivees. Ujumist võimaldab kookospähkli kiuline mesokarp, mis sisaldab rohkelt õhku. Tihe epikarp takistab merevee tungimist mesokarbi õhuruumidesse. Kahtlemata hõlbustab ujumist ka suur õhuruum endospermis.

Ka Põhja-Euroopas leidub taimi, millede seemned või viljad levivad vee abil. Tarnade pähkel jääb teda katvasse põidikusse, mis eriti põistarnal *(Carex vesicaria)*, pudeltarnal *(Carex rostrata)* jt. on suure, ujumist soodustava õhuruumiga. Ujumisvõimelised on ka paljud teised viljad ja seemned [näit. soovõhal *(Calla palustris)*, vesiroosidel *(Nymphaea)* ja vesikuppudel *(Nuphar)*].

Eriti võimsaks taimede levimist mõjutavaks teguriks on muidugi inimene. Heaks näiteks on siin mitmesugused Euroopa umbrohud. Looduslikke levimisvahendeid kasutades poleks need liigid kunagi võinud mõne sajandi jooksul vallutada neid rohkeid kasvukohti, mida nad nüüd tänu laevateedele, raudteedele ja õhuühendusele omavad Ameerikas, Aasias, Aafrikas ja Austraalias.

27. peatükk.

Süstemaatika põhiühikud. Klass, sugukond, perekond ja liik. Üheiduleheste sugukondi: Liilialised. Kõrrelised. Lõikheinalised. Käpalised.

Õistaimede arvu maakeral võib hinnata 150.000 liigile. Okaspuid ja teisi paljasseemnelisi on suhteliselt vähe — ligi 600 liiki. Valdav enamik õistaimi on seega ühe- ja kaheidulehesed, millede omavaheline hulgasuhe on nagu 1:4. Et saada ülevaadet nii suurest taimeliikide arvust, on neid koondatud rühmadesse, lähtudes nende tunnustest. Kui liikuda vähematest süstemaatilistest ühikutest suuremate poole, on järjestus järgmine:

liik *(species)* → perekond *(genus)* → sugukond *(familia)* → selts *(ordo)* → klass *(classis)* → hõimkond *(divisio)*.

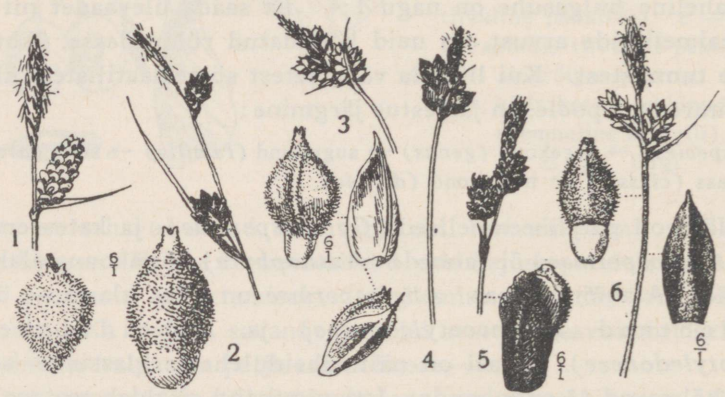
Näit. on paljasseemnelised *(Gymnospermae)* ja kateseemnelised *(Angiospermae)* õistaimede *(Anthophyta)* hõimkonna alahõimkonnad. Alahõimkonnas *Angiospermae* on kaks klassi — üheidulehesed *(Monocotyledoneae)* ja kaheidulehesed *(Dicotyledoneae)*. Edasi on näit. üheiduleheste klassis 9 seltsi; need hõlmavad 43 sugukonda. Iga sugukond sisaldab teatava arvu perekondi. Näit. liilialiste sugukonnas *(Liliaceae)* on 233 perekonda (perekonnad *Hemerocallis, Aloë, Allium, Lilium, Tulipa, Muscari, Asparagus, Paris, Smilax* jt.); võhumõõgaliste sugukond *(Iridaceae)* sisaldab 59 perekonda (*Iris, Tritonia, Gladiolus* jt.); loaliste *(Juncaceae)* sugukonnas on perekondi ainult 8 *(Juncus, Luzula* jt.). Perekonnad hõlmavad teatava arvu liike. On suuri perekondi (näit. perek. *Allium*), aga ka väikesi (näit. perekond *Ruscus* — 3 liiki; lähedases perekonnas *Danaë* on koguni ainult üks liik: *D. racemosa*).

Hõimkondade, klasside, seltside, sugukondade ja perekondade nimed on alati ühesõnalised. Vastandiks neile koosneb liigi

nimetus kahest sõnast. Esimene sõna märgib perekonna, millesse kuulub antud liik, teine aga on antud liigi spetsiifiline lisandsõna. Näit. leidub Eestis mitmesuguseid tarna liike. Üldlaadilt on nad õige sarnased. Näitena võiks võtta liikisid, mis enamuses on väikesed kuivuselembesed taimed, varustatud karvase põidikuga (vt. joon. 298). Need on:

Carex tomentosa L.	*Carex montana* L.
Carex globularis L.	*Carex ericetorum* Poll.
Carex pilulifera L.	*Carex verna* Chaix.

Neil liikidel [1]) on rida ühiseid tunnuseid nii õie, vilja kui ka lehtede ja varre ehituses, mis kõik õigustabki nende kuuluvust samasse tarnade *(Carex)* perekonda. Nende omavahelised erinevused pähikute paigutuses, põidikute ja katelehtede ehituses ja teistes tunnustes selguvad joon. 298.



Joon. 298. Mitmesuguste tarnade emas- ja isasõisikud ja nende põidikud liikidevaheliste erinevuste illustreerimiseks. 1 — *Carex tomentosa*, 2 — *C. globularis*, 3 — *C. pilulifera*, 4 — *C. montana*, 5 — *C. ericetorum*, 6 — *C. verna*. Lindman'i järgi.

Taime paigutamisel teatavasse sugukonda arvestatakse selle taime tunnuseid, s. o. juure, varre, lehe, õie ja vilja ehitust, taimes esinevate ühendite keemilisi omadusi jt. Et aga kohanemise tõttu samadele asukohtadele muutub varre, juure ja lehe ehitus sageli

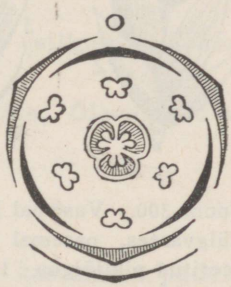
1) Liigi nimetuse taga seisev lühend, nagu L., A. Br., Juss., Led. jt., tähendab autori nime (Linné, A. Braun, Jussieu, Ledebour jt.), kes esimesena kirjeldas liiki antud nimetuse all.

ülisarnaseks ka väga kaugelseisvatel liikidel, siis baseerub taimede loomulik, s. o. taimede omavahelist sugulust arvestav süsteem eelkõige õ i e ehitusel. Viljadel on üldiselt vähem tähtsust taimede suguluse määramisel, siiski aitab sageli ka vilja ehitus taimesüstemaatilisi küsimusi selgitada.

Alljärgnevas on toodud tähtsamate õistaimede sugukondade õievalemid, diagrammid ning nimetatud mõned Eestis esinevad perekonnad.

Üheidulehesed *(Monocotyledoneae).*

L i i l i a l i s e d *(Liliacae).* — Püsikud juurikatega [näit. ussilakud *(Paris),* leselehed *(Majanthemum),* piibelehed *(Convallaria)*] või sibulatega [liiliad *(Lilium),* tulbid *(Tulipa),* sibulad *(Allium)*], ka üheaastased, poolpõõsad, põõsad ja tuttvõrapuud (viimased parasvöötme lõunaosas ja subtroopilisis ning troopilisis mais, näit. *Cordyline* ja *Dracaena* liigid). Liilialiste õied on kahesugulised, sageli suured ja silmapaistvad, õieosad kolmetistes männastes.



Joon. 299. Liilialiste õie diagramm. Õis on trimeerne, pentatsükline. Alumine leht diagrammil on õie kateleht *(bractea).*

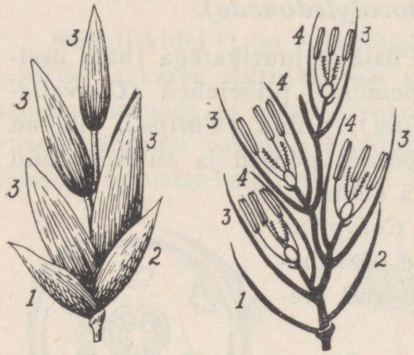
Õievalem: $\star\ P_{3+3}\ A_{3+3}\ G_{ü\,(3)}$

Õieplaan e. õiediagramm on näha joon. 299. Harilikult on liilialiste vili kupar, kuid eespool-nimetatud risoomi omavad metsataimed on marjadega. Liilialiste seemned on tärklisevaba endospermiga.

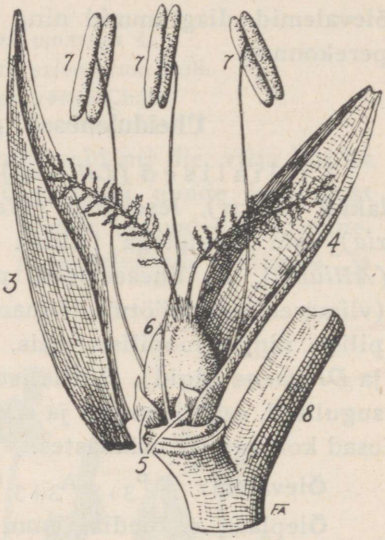
K õ r r e l i s e d *(Gramineae).* — Enamikus rohtjad taimed, aga ka (subtroopilistes ja troopilistes maades) puud ja põõsad lülilise, sõlmedest ning õõnsatest sõlmevahedest koosneva, ristilõigul harilikult ümmarguse varre e. tüvega. Lehed rööproodsed, suhteliselt pikad, leherootsuta, hästi arenenud lehetupega, mis ümbritseb tihedalt vart ja mille servad on harilikult lahtised. Lehetupe ja lehelaba piiril on nahkjas ääris — keeleke *(ligula),* abilehega homoloogne moodustis. Õied (joon. 301) on vähe silmapaistvad, väikesed. Nad on katelehe [v ä l i s s õ k l a *(palea inferior)*] kaenlas. Õiekate koosneb lehekesest [sisesõkal *(palea superior)*], mis on tekkinud õiekatte välissõõri kahe lehekese kokkukasvamisel, kolmas puudub enamikul kõrrelisist. Sisemine õie katelehtede sõõr on väga muu-

tunud, sest kaks selle sõõri õiekattelehte on arenenud õie avanemist võimaldavateks paislajudeks *(lodiculae)*, kolmas puudub (joon. 302). Õied on harilikult kahesugulised, kolme tolmukaga, millede tolmukapead on painduvatel, allarippuvatel tolmukaniitidel; emakas on liitviljalehtne, kahe karvase suudmega. Tavaline õievalem on:

$$\dagger\ P_{(2)+2}\ A_{3+0}\ G_{\ddot{u}\,(2)}$$



Joon. 300. Vasemal kõrrelise pähik külgvaates, paremal sama skematiseeritud pikilõigus. 1 ja 2 — libled; pähikus on 4 õit. 3 — välissõkal, 4 — sisesõkal, nende vahel paistavad tolmukad ja karvaste suudmetega emakas.
Fr. Marie-Victorin'i järgi.

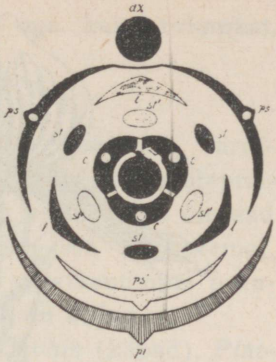


Joon. 301. Kõrrelise õis. 3 — välissõkal (õie kateleht), 4 — sisesõkal, 5 — paislajud *(lodiculae)*, 6 — emakas, 7 — tolmukad.
Fr. Marie-Victorin'i järgi.

Kõrreliste vili on teris (joon. 270). Õied koos neid ümbritsevate väikeste nahkjate lehekestega (libled, *glumae*) moodustavad väikese osaõisiku, nn. pähiku *(spicula)*. Pähikud on ühe- kuni mitmeõiesed (joon. 300).

Perekondi: *Bromus* (lusted), *Lolium* (raiheinad), *Festuca* (aruheinad), *Poa* (nurmikad), *Phragmites* (pilliroog), *Hordeum* (odrad), *Triticum* (nisud), *Secale* (rukkid), *Avena* (kaerad), *Deschampsia* (kastevarred), *Calamagrostis* (kastikud) jt.

Lõikheinalised *(Cyperaceae)*. — Rohtjad taimed sümpodiaalse risoomi ning kolmekandiliste vartega. Lehed sarnane-



Joon. 302. Kõrrelise õie teoreetiline diagramm. pi — õie kateleht (välissõkal, *palea inferior*). ps — väline perigooni sõõr; selles kaks teineteisega ühtinud lehte (sisesõkal, *palea superior*). l — sisemine perigooni sõõr *(lodiculae)*. st — tolmukad, c — viljalehed. ps', st' ja l' puuduvad tegelikult. Schuster'i järgi.

vad kõrreliste lehtedega, lehetupp on kinnine. Õied on peasarnaseis õisikuis, nn. pähikuis, kas kahe- või ühesugulised. Õiekattelehed puuduvad sageli. Tolmukaid on harilikult kolm (puudub sisemine tolmukate sõõr). Sigimik ülemine, kolmest või kahest viljalehest tekkinud. Vili — pähklike.

Perekondi: *Scirpus* (kõrkjad), *Eriophorum* (villpead), *Schoenus* (sepsikad), *Carex* (tarnad).

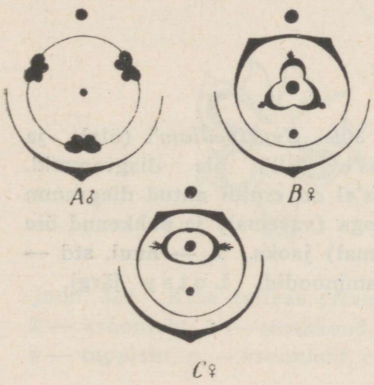
Tarnadel on õied ühesugulised, ilma õiekatteta. Õievalemid on neil järgmised:

♂ õis: $P_0\ A_{3+0}\ G_0$

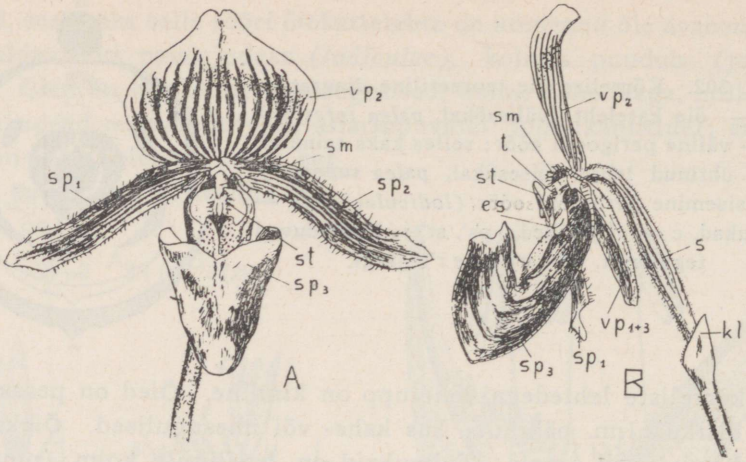
♀ õis: $P_0\ A_0\ G_{ü(3)}$ või $P_0\ A_0\ G_{ü\,(2)}$

Tarnade iseärasuseks on alglehtede kokku kasvamine pudelitaoliseks moodustiseks, nn. põidikuks *(utriculus)*, mis ümbritseb emakat ja püsib ka vilja valmides.

Käpalised e. orhideed *(Orchidaceae)*. — Suurim õistaimede sugukond; teada üle 20.000 liigi. Sugukond jaguneb kahte



Joon. 303. Tarna õie diagramme. A — isasõis, B — emasõis kolme suudmega, C — emasõis kahe suudmega. Warming'i järgi.



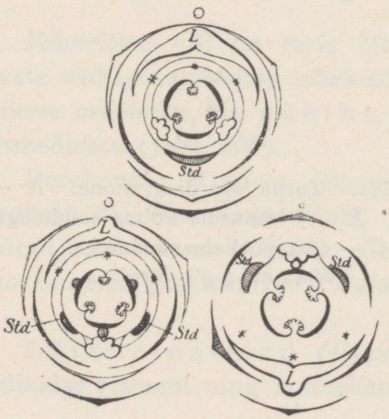
Joon. 304. *Paphiopedilum*'i õis. A — õis eestvaates, B — sama pikilõikes. vp_2 — alumine välise perigooniringi leht, vp_{1+3} — ülemine välise perigooniringi leht (tekkinud kahest lehest!), sp_1 ja sp_2 — külgmised sisemise perigooniringi lehed, sp_3 — huul e. *labellum*, *st* — staminood, t — tolmukas, es — emakasuue, sm — sammas, s — sigimik, kl — kateleht. Orig.

alasugukonda: *Monandrae* (ühe tolmukaga) ja *Diandrae* (kahe tolmukaga). *Monandrae* õieehitus on antud joon. 260. Nende õievalem on:

$$\dagger\ K_3\ C_3\ A_{1+0}\ S_{0+2}\ G_{a\,(3)}$$

Monandrae õies on seega ainult üks välissõõri tolmukas, kuna sisemine tolmukate sõõr on esindatud kahe rudimentaarse kõlutolmukaga e. staminoodiga (S).

Diandrae õieehitus selgub joon. 304. Ka neil on õis ühe sümmeetriapinnaga (sügomorfne õis). Välisel tolmukate sõõril asub



Joon. 305. *Cypripedium*'i (ülal) ja *Orchis*'e (all) õie diagrammid. *Orchis*'el on eraldi antud diagramm õiepunga (vasemal) ja puhkenud õie (paremal) jaoks. L — huul, std — staminoodid. Lotsy järgi.

võrdlemisi suur staminood, sisemisel sõõril aga kaks tolmukat. Õievalem on:

$$+\ K_{(2)}\,1\ C_3\ A_{0+2}\ S_{1+0}\ G_{a\,(3)}$$

Diagrammidel (joon. 305, ülal) on huul (1=*labellum*) varrepoolsel küljel. See on seis, mis tegelikult esineb käpaliste õiepungades. Hiljem keerdub sigimik 180° võrra; seetõttu on õieosad lõpuks paigutatud asendisse, mis on antud joon. 305 all paremal. Omapärane, käpalistele iseloomulik õietolmu edasikandmine putukate abil on kirjeldatud eespool (lk. 214). Vili on kupar.

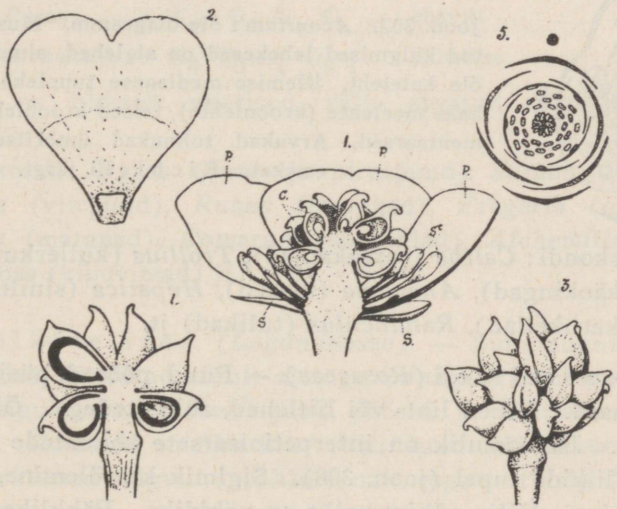
Perekondi: *Cypripedium* (kuldkingad), *Orchis* (käpad), *Platanthera* (käokeeled), *Epipactis* (neiuvaibad) jt.

28. peatükk.

Kaheiduleheste sugukondi: Tulikõielised. Roosõielised. Liblikõielised. Ristõielised. Nelkõielised. Putkõielised. Esikulised. Mugulalised. Korvõielised. Mailaselised. Huulõielised.

Kaheidulehesed *(Dicotyledoneae).*

T u l i k õ i e l i s e d *(Ranunculaceae).* — Püsikud juurmiste, varrel vahelduvate, sageli enam-vähem jaguste lehtedega. Õied

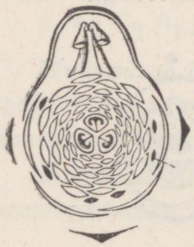


Joon. 306. Kibe tulikas *(Ranunculus acer).* 1 — õie mediaanne pikilõik, 2 — kroonleht, 3 — emakkond, 4 — emakkonna pikilõik, 5 — õie diagramm, s — tuppleht, p — kroonleht, c — emakad, st — tolmukad. B o w e r'i järgi.

osalt aktinomorfsed ⚹ s. o. vähemalt kahe sümmeetriapinnaga krooni, tupe ja tolmukate osas, osalt sügomorfsed (⊹, ühe sümmeetriapinnaga). Sageli asetsevad õieosad õiepõhjal spiraalselt. Õiekate kas lihtne värviline (kroonjas tupp) või aga tupe ja krooniga, kusjuures kroonlehed funktsioneerivad sageli meemahutitena (joon. 230). Karakteerne on peajuure varajane hääbumine, mispärast tulikõielistel samuti nagu üheidulehestelgi, leidub vaid lisa- ja külgjuuri.

	Õievalem:	Vili:
Trollius:	⚹ $K_{\infty}\ C_{\infty}\ A_{\infty}\ G_{\ddot{u}\,\infty}$	kukkurvili
Caltha:	⚹ $K_5\ C_0\ A_{\infty}\ G_{\ddot{u}\ \infty-5}$	kukkurvili
Paeonia:	⚹ $K_5\ C_0\ A_{\infty}\ G_{\ddot{u}\ 5}$	kukkurvili
Aconitum:	⊹ $K_5\ C_{5-2}\ A_{\infty}\ G_{\ddot{u}\ 5-3}$	kukkurvili
Anemone:	⚹ $K_{\infty-5}\ C_0\ A_{\infty}\ G_{\ddot{u}\,\infty}$	pähklike
Ranunculus:	⚹ $K_5\ C_5\ A_{\infty}\ G_{\ddot{u}\ \infty}$	pähklike

Nagu neist valemeist näha [1]) on õied harilikult aktinomorfsed. Siiski leidub ka sügomorfseid õisi (*Aconitum*, joon. 307). Vilja põhivormiks tulikõielistel on kukkurvili. Sugukonnas esinev pähklike on homoloogne üheseemnelise, mitte avaneva kukkurviljaga.

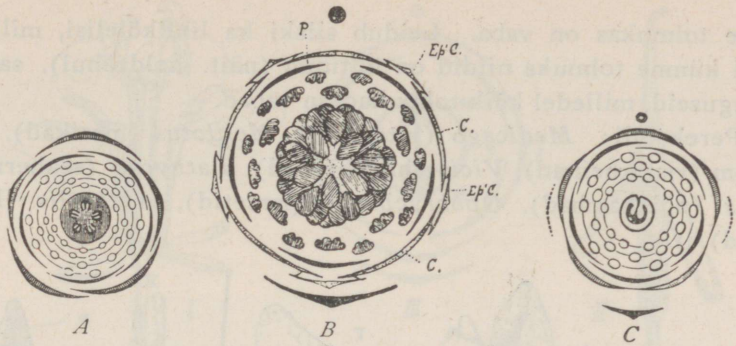


Joon. 307. *Aconitum*'i õie diagramm. Mustaga märgitud külgmised lehekesed on alglehed, alumine leht on õie kateleht. Ülemise mediaanse tupplehe all asetseb kaks meelehte (kroonlehte), teised kroonlehed on rudimentaarsed. Arvukad tolmukad ümbritsevad kolme emakat. Eichler'i järgi.

Perekondi: *Caltha* (varsakabjad), *Trollius* (kullerkupud), *Aconitum* (käokingad), *Anemone* (ülased), *Hepatica* (sinililled), *Pulsatilla* (karukellad), *Ranunculus* (tulikad) jt.

Roosõielised *(Rosaceae)*. — Puud, põõsad, püsikud, harva üheaastased. Lehed liht- või liitlehed, abilehtedega. Õied aktinomorfsed. Iseloomulik on interpetiolaarsete abilehtede esinemine paljude liikide tupel (joon. 308). Sigimik kas ülemine, keskmine või alumine. Vilja põhivormiks on pähklike. Pähklikesed on kas kuival, vähe märgataval õiepõhjal (maranad, *Potentilla*), või suure-

1) Märk ∞ tähendab „palju", s. o. üle kümne.



Joon. 308. Roosõieliste õie diagramme. A — õunapuu *(Pyrus malus)*, B — soopihl *(Comarum palustre)*, C — kirss *(Prunus cerasus)*. C — tuppleht, Ep'C — tupplehtede interpetiolaarne abileht, P — kroonleht. Eichler'i ja Bower'i järgi.

neval, lihakal õiepõhjal (maasikad, *Fragaria*), või lihaka õiepõhja sees (kibuvitsad, *Rosa*). Esinevad ka teissugused koguviljad ja ebaviljad.

	Õievalem:	Vili:
Fragaria:	$\times K_5 C_5 A_\infty G_{ü\infty}$	ebavili (koguvili)
Potentilla:	$\times K_5 C_5 A_\infty G_{ü\infty}$	pähklike
Rosa:	$\times K_5 C_5 A_\infty G_{k\infty}$	ebavili (koguvili)
Pyrus:	$\times K_5 C_5 A_\infty G_{a(5)}$	ebavili
Alchemilla:	$\times K_4 C_0 A_4 G_{k\,1}$	pähklike

Õied on üldiselt viietised, välja arvatud näit. kortslehed *(Alchemilla)*.

Perekondi: *Pyrus* (õuna- ja pirnipuud), *Sorbus* (pihlakad), *Crataegus* (viirpuud), *Rubus* (murakad), *Fragaria* (maasikad), *Potentilla* (maranad), *Comarum* (soopihlad), *Alchemilla* (kortslehed), *Rosa* (kibuvitsad) jt.

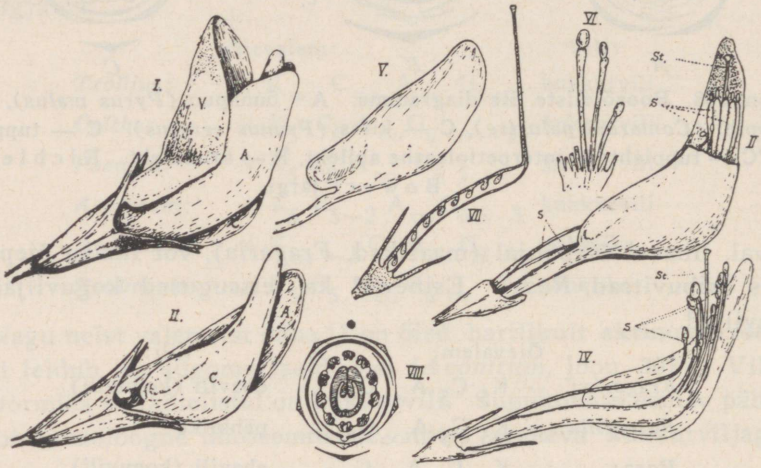
Liblikõielised *(Leguminosae)*. — Suur sugukond, mis põhjamaades esindatud ainult alasugukonnaga *Papilionaceae*. Sellesse alasugukonda kuuluvad puud, põõsad ja rohttaimed. Õisik on kobar. Emakaid on õies üks. Vili kaun või üheseemneline, kaunast tekkinud sulgvili (pähklike, näit. esparsettidel). Õievalem:

$$+ K_{(5)} C_5 A_{(9)\,1} G_{ü\,1}$$

Tolmukad on liblikõielistel tolmukaniitidega ühiseks tolmukputkeks kokku kasvanud, kusjuures aga harilikult ülemine medi-

aanne tolmukas on vaba. Leidub siiski ka liblikõielisi, milledel kõigi kümne tolmuka niidid on ühtinud (näit. koldrohul), samuti niisuguseid, milledel kõik tolmukad on vabad.

Perekondi: *Medicago* (lutsernid), *Melilotus* (mesikad), *Trifolium* (ristikheinad), *Vicia* (hiireherned), *Lathyrus* (seaherned), *Lotus* (nõiahambad), *Onobrychis* (esparsetid), *Anthyllis* (koldrohud) jt.



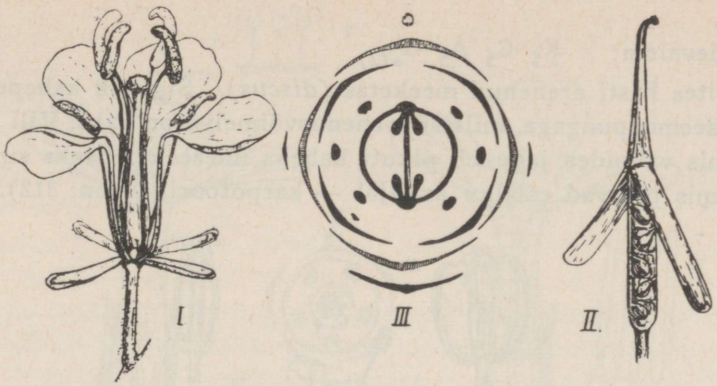
Joon. 309. Nõiahamba *(Lotus corniculatus)* õieehitus. I — õis küljelt; II — sama peale purje ja tiiva eemaldamist; III — ka teine tiib kõrvaldatud, osaliselt ka laevuke; IV — laevukese pikilõik; V — tiib; VI — tolmukad; VII — emaka ja tupe pikilõik; VIII — õie diagramm. V — puri, A — tiivad, C — laevuke, s — tolmukad, st — emakakael. B o w e r'i järgi.

R i s t õ i e l i s e d *(Cruciferae)*. — Rohttaimed või poolpõõsad, vahelduvate lehtedega, abilehtedeta. Õied katelehtedeta, kobarais. Õievalem:

$$\ast\ K_{2+2}\ C_4\ A_{2+4}\ G_{\ddot{u}\,(2)}$$

Kaks külgmist (välise sõõri) tolmukat on harilikult lühemad, mediaansed tolmukad (sisemise sõõri omad) — pikemad. Vili kõder või kõdrake, harva kõdrakesest tekkinud pähklike (näit. tõlkjal).

Perekondi: *Cakile* (merisinepid), *Sinapis* (sinepid), *Brassica* (kapsad), *Cardamine* (jürililled), *Capsella* (hiirekõrvad), *Draba* (kevadikud), *Erophila* (varakevadikud), *Bunias* (tõlkjad) jt.

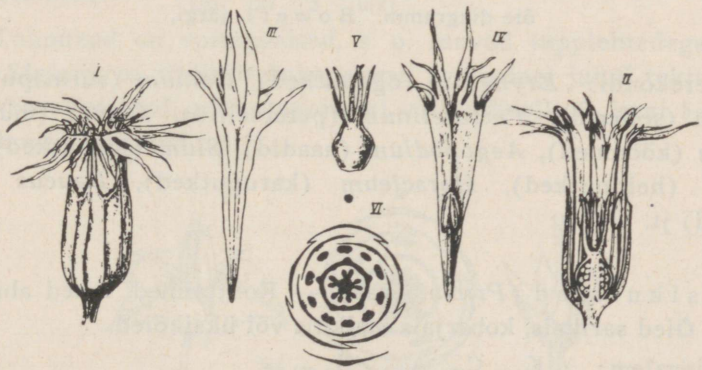


Joon. 310. Põldsinep *(Sinapis arvensis)*. I — õis, II — avanenud vili, III — õie diagramm. B o w e r'i järgi.

N e l k õ i e l i s e d *(Caryophyllaceae)*. — Rohttaimed, harilikult vastakute, jagunemata lehtedega. Mõned liigid abilehtedega

	Õievalem	Vili:
Stellaria:	$\times$ K_5 C_5 A_{5+5} $G_{\underline{u}\,(3)}$	kupar
Coronaria:	$\times$ $K_{(5)}$ C_5 A_{5+5} $G_{\underline{u}\,(5)}$	kupar

Perekondi: *Stellaria* (tähtheinad), *Cerastium* (kadakkaerad), *Silene* (põisrohud), *Coronaria* (käokannid), *Melandryum* (pusurohud), *Dianthus* (nelgid).

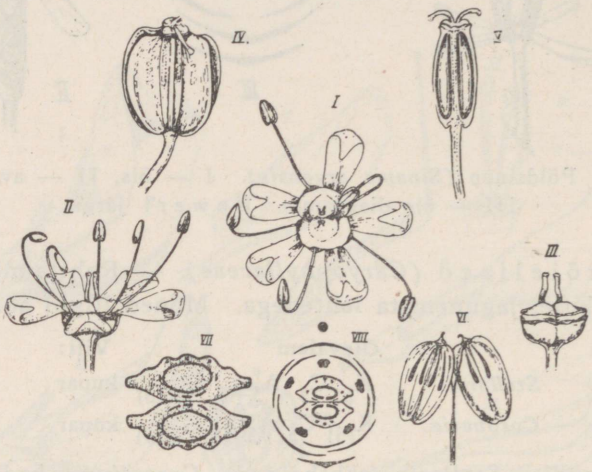


Joon. 311. Käokann *(Coronaria flos cuculi)*. I — õis, II — õie pikilõik, III — kroonleht, IV — kroonleht ja tolmukas, V — emakas, VI — õie diagramm. B o w e r'i järgi.

P u t k e l i s e d *(Umbelliferae)*. Rohttaimed („putked") vahelduvate, sageli jaguste lehtedega, hästi arenenud lehetupega. Õisik on liht- või liitsarikas. Õied kas $\times$ või $+$.

Õievalem: $\star$ K_5 C_5 A_5 $G_{a(2)}$

Õites hästi arenenud meeketas *(discus)*. Sigimik kahepesane, nelja seemnepungaga, millest arenemisvõimelisi on kaks. Vili jaguvili, mis valmides jaguneb pikuti kaheks üheseemneliseks sulgviljaks, mis püsivad esialgu kandjal — karpofooril (joon. 312).



Joon. 312. Päris karuputk *(Heracleum sphondylium)*. I — õis pealtvaates, II — sama küljelt, III — emakas, IV — vili, V — vilja pikilõik, VI — küps vili jagunenud kaheks, VII — vilja ristilõik (viljakattes õlikäigud), VIII — õie diagramm. B o w e r'i järgi.

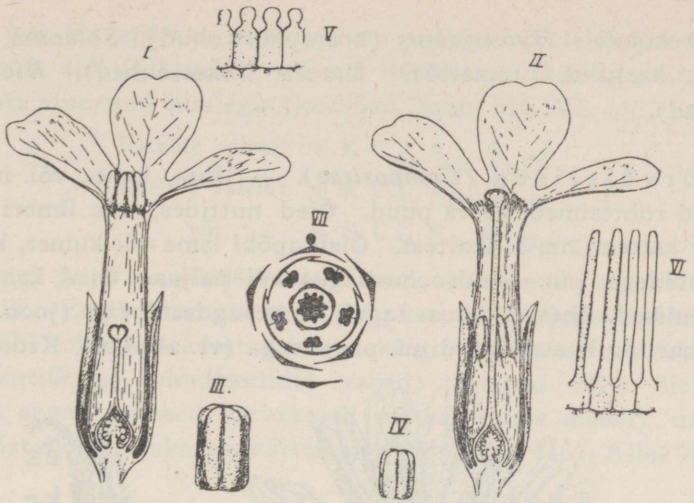
Perekondi: *Eryngium* (ogaputked), *Conium* (surmaputked), *Apium* (sellerid), *Petroselinum* (petersellid), *Cicuta* (mürgid), *Carum* (köömned), *Aegopodium* (naadid), *Sium* (jõeputked), *Angelica* (heinputked), *Heracleum* (karuputked), *Daucus* (porgandid) jt.

E s i k u l i s e d *(Primulaceae)*. — Rohttaimed, lehed abilehtedeta. Õied sarikais, kobarjais õisikuis või üksikõied.

Õievalem: $\star$ $K_{(5)}$ $C_{(5)}$ A_{0+5} $G_{\underline{u}\,(5)}$

Tolmukad epipetaalsed, s. o. asuvad kroonlehtedega kohakuti (joon. 313). Välimine tolmukate sõõr on mandunud. Sageli esineb heterostüüülia (lk. 213). Platsenta on aksillaarne, seemned kahe integumendiga. Vili kupar.

Perekondi: *Primula* (nurmenukud), *Lysimachia* (metsvitsad), *Glaux* (rannikad), *Trientalis* (laanelilled) jt.

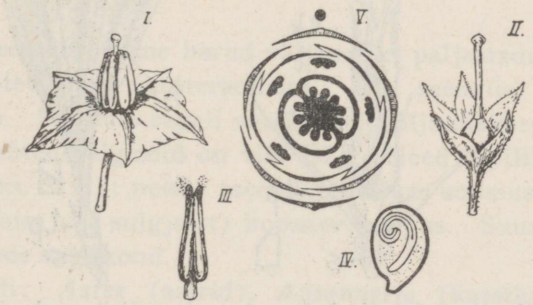


Joon. 313. Varretu nurmenukk *(Primula acaulis)*. I ja II — õite pikilõigud. III — tolmutera lühikaelase õie tolmukast. IV — tolmutera pikakaelase õie tolmukast. V — emakasuudme papillid lühikese emakakaelaga emakal. VI — sama pikakaelasel emakal. VII — õie diagramm. B o w e r'i järgi.

M u g u l a l i s e d *(Solanaceae)*. — Rohttaimed, väänkasvud, põõsad ja väikesed puud, harilikult vahelduvate lehtedega. Õied ⚹ (joon. 314).

Õievalem: ⚹ $K_{(5)}$ $C_{(5)}$ A_5 $G_{ü(2)}$

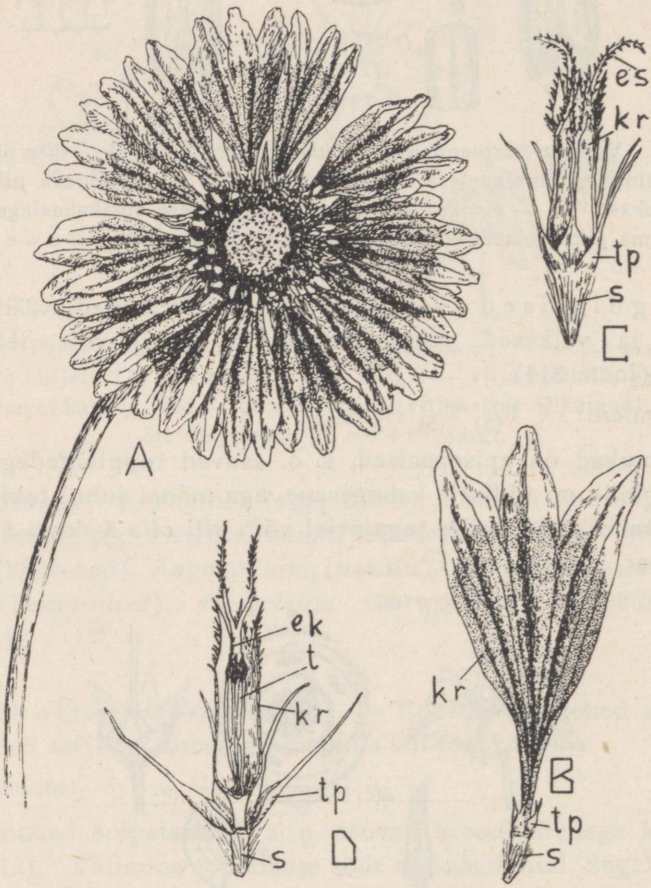
Tolmukad on episepaalsed, s. o. asuvad tupplehtedega kohakuti. Sigimik on üldiselt kahepesane, aga mõnel juhul tekivad hiljem ebavaheseinad, mille tagajärjel võib vili olla 3- kuni 5-pesane. Vili kupar, karp või mari.



Joon. 314. Kartul *(Solanum tuberosum)*. I — õis, II — tupest ümbritsetud emakas, III — tolmukas, IV — seemne pikilõik, V — õie diagramm. B o w e r'i järgi.

Perekondi: *Hyoscyamus* (koerapöörirohud), *Solanum* (maavitsad, kartulid, tomatid), *Datura* (okas-õunad), *Nicotiana* (tubakad).

K o r v õ i e l i s e d *(Compositae)*. — Ühe-, kahe- või mitmeaastased rohttaimed, harva puud. Õied nuttides, mis ümbritsetud ühisest kattest, nn. üldkattest. Õisikupõhi lame või kumer, kaetud katelehtedega (nn. sõkalsoomustega) või paljas. Õied kahe- või ühesugulised, ühes õisikus sageli kahesuguseid õisi (joon. 315). Tupp harilikult asendatud nn. pappusega (vt. allpool). Kroon liit-



Joon. 315. *Gaillardia pulchella hybr.* A — korvõisik putk- ja keelõitega. B — keelõis kolmehõlmase krooni (kr) ja tupega (tp). C — putkõis, D — selle pikilõik: ek — emakakael, es — emakasuudmed, s — sigimik, t — tolmukad, kr — kroon, tp — tupplehed. O r i g.

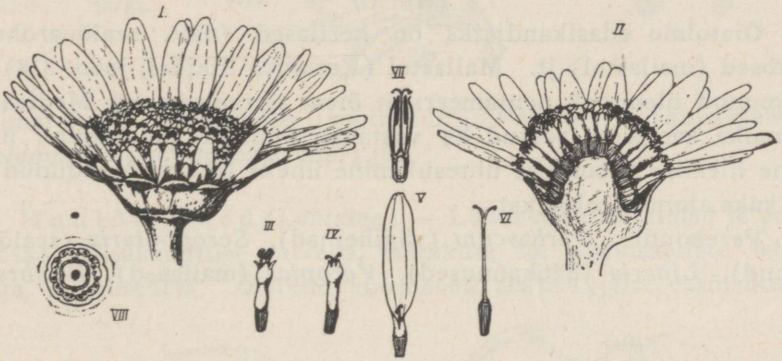
lehine, kas korrapärane, enam-vähem putkjas või lehterjas (putkõied, joon. 316, III ja IV) või aga lühikese putkeosaga ning ühe tugevasti arenenud huulega (keelõied, joon. 316, V).

Putkõie valem: $\ast$ K $C_{(5)}$ $A_{(5)}$ $G_{a\,(2)}$

Keelõie valem: $+$ K $C_{(5)}$ $A_{(5)}$ $G_{a\,(2)}$

või $\div$ K $C_{(5)}$ A_0 $G_{a\,(2)}$

Mõnel juhul on keelõied steriilsed, s. o. nende sigimikust ei arene vili. Emakasuudmed on algul püstised, kokkuhoiduvad, kasvades läbi tolmukapeadest piiratud käigu (tolmukotte hoiab koos ühine kutiikula, tolmukaniidid vabad) tõstavad välja õietolmu (selleks sageli erilised karvakesed emakasuudme alusel), muutes seega õietolmu putukatele kättesaadavaks (joon. 316). Alles hiljem



Joon. 316. Jaanikakar *(Chrysanthemum)*. I — korvõisik tervelt, II — sama pikilõigus, III — putkõis „isasõie" staadiumis, IV — putkõis „emasõie" staadiumis, V — keelõis, VI — emakas, VII — putkõie pikilõik, VIII — õie diagramm. B o w e r'i järgi.

kõverduvad emakasuudme harud väljapoole, paljastades pinda, mis vastuvõtlik õietolmule (proterandria). Vili seemnis. Seeme ilma endospermita. Seemnis sageli varustatud hõljumiskarvadega (*pappus*). Tupplehtede algmeid on viis [K_5]. Need harilikult ei arene (vrd. aga joon. 315!); nende asemel tekib kas soomustest või karvadest (lihtsaist või sulgjaist) koosnev pappus. Suurim kaheiduleheste taimede sugukond.

Perekondi: *Aster* (astrid), *Antennaria* (kassikäpad), *Helichrysum* (käokullad), *Helianthus* (päevalilled), *Bidens* (ruskmed), *Achillea* (raudrohud), *Matricaria* (kummelid), *Chrysanthemum* (jaanikakrad), *Artemisia* (pujud), *Petasites* (katkujuured), *Sene-*

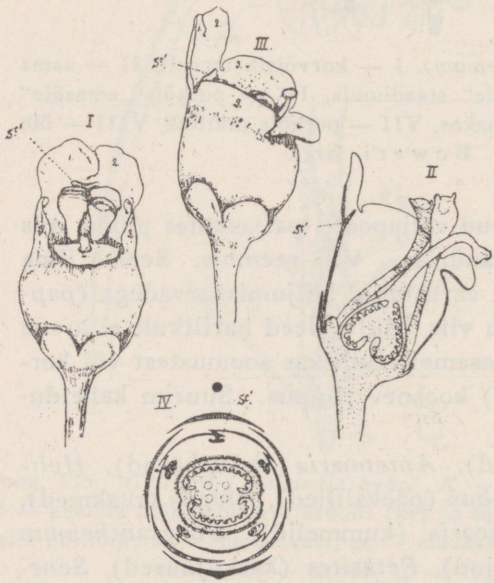
cio (ristirohud), *Lappa* (takjad), *Cirsium* (ohakad), *Carduus* (karuohakad), *Centaurea* (jumikad), *Crepis* (koertubakad), *Hieracium* (hunditubakad), *Taraxacum* (võililled), *Scorzonera* (mustjuured) jt.

M a i l a s e l i s e d *(Scrophulariaceae)*. — Rohttaimed, põõsad ja puud, leheseis mitmesugune, abilehti pole. Õied kobar- või ebasarikõisikuis. Õites hüpogüünne meeketas. Vili kupar või mari tsentraalse platsentaga. Seemned endospermiga.

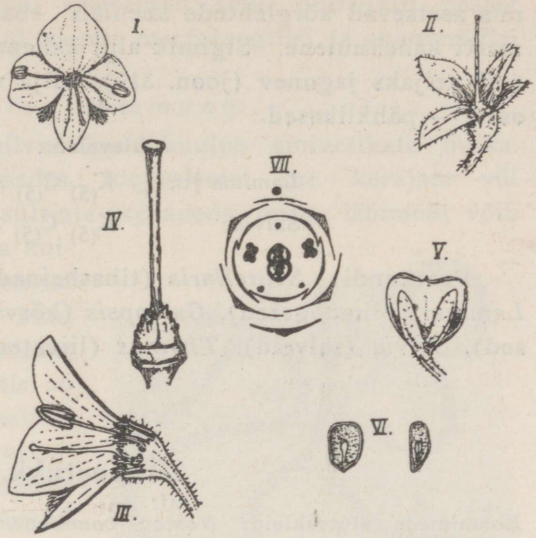
	Õievalem:	Vili:
Verbascum:	$\cdot\!\!+\ K_{(5)}\ C_{(5)}\ A_5\ G_{\ddot{u}\,(2)}$	kupar
Scrophularia:	$\cdot\!\!+\ K_{(5)}\ C_{(5)}\ A_4\ S_1\ G_{\ddot{u}\,(2)}$	kupar
Veronica:	$\cdot\!\!+\ K_{(4)}\ C_{(4)}\ A_2\ G_{\ddot{u}\,(2)}$	kupar

Õietolmu edasikandjaiks on herilased (näit. sealõuarohul), kärbsed (mailastel) jt. Mailastel (*Veronica* liikidel, joon. 318) on toimunud üleminek pentameersest õiest tetrameersele. Mediaanse tolmuka kaoga on seotud ka vastava tupplehe puudumine ning kahe ülemise kroonlehe ühtesulamine üheks leheks. Mandunud on ka kaks alumist tolmukat.

Perekondi: *Verbascum* (vägiheinad), *Scrophularia* (sealõuarohud), *Linaria* (käokannused), *Veronica* (mailased), *Euphrasia*



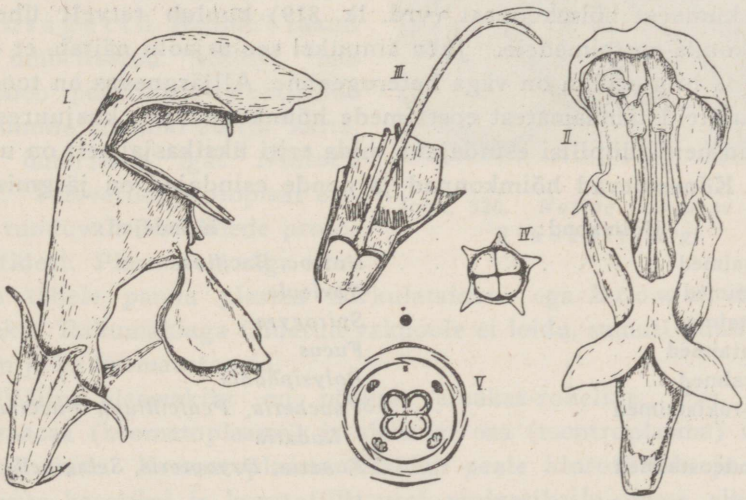
Joon. 317. Sealõuarohi *(Scrophularia nodosa)*. I ja III — õis, II — õie pikilõik, IV — õie diagramm. st — staminood. B o w e r'i järgi.



Joon. 318. Külmamailane *(Veronica chamaedrys).* I — õis, II — tupest ümbritsetud emakas, III — õie pikilõik, IV — emakas, V — vili, VI seeme, VII — õie diagramm. B o w e r'i järgi.

(silmarohud), *Rhinanthus* (robirohud), *Pedicularis* (kuuskjalad), *Melampyrum* (kuupäevarohud) jt.

H u u l õ i e l i s e d *(Labiatae).* — Lõhnavad rohttaimed ja poolpõõsad, neljakandilise varrega, vastakute või männaseliste lehtedega, abilehtedeta. Õisikud koosnevad ebasarikjaist osaõisikuist,



Joon. 319. Valge emanõges *(Lamium album).* I — õis külgvaates, II — sama eestvaates, III — emakas, IV — tupp nelja pähklikesega, V — õie diagramm. B o w e r'i järgi.

mis asetsevad kõrglehtede kaenlais ebamännastena. Kroon enamasti kahehuulene. Sigimik alul kahepesane, hiljem ebavaheseina abil neljaks jagunev (joon. 319); vilja valmides eralduvad üksikosad — pähklikesed.

Õievalem:

Lamium jt.: ⊹ $K_{(5)}\ C_{(5)}\ A_4\ G_{ü}^{\ 2/2}$

Salvia: ⊹ $K_{(5)}\ C_{(5)}\ A_2\ G_{ü}^{\ 2/2}$

Perekondi: *Scutellaria* (tihasheinad), *Brunella* (käbiheinad), *Lamium* (piimnõgesed), *Galeopsis* (kõrvikud), *Stachys* (nõianõgesed), *Salvia* (salveid), *Thymus* (liivateed), *Mentha* (mündid) jt.

29. peatükk.

Eostaimede elutsükleid: *Nostoc commune. Bacillus subtilis. Navicula viridis.*

Eelmistes peatükkides on üksikasjaliselt käsiteldud õistaimede põhiorganite — juure, varre ja lehe — ehitust, samuti erilisi lehemoodustisi — viljalehti ja tolmukaid —, mis võimaldavad õistaimedel paljunemist. Kuigi õistaimede hõimkond on õige suur, on praegu maakeral esinevate eostaimede arv tunduvalt suurem; taimeriigi kümnest hõimkonnast (vrd. lk. 319) kuulub tervelt üheksa hõimkonda eostaimedele. Juba ainuüksi see asjaolu näitab, et eostaimede hiiglarühm on väga heterogeenne. Alljärgnevas on toodud rida näiteid tähtsamatest eostaimede hõimkondadest, kusjuures on valitud neid tüüpilisi esindajaid, mida eriti üksikasjaliselt on uuritud. Kõnesolevad hõimkonnad ja nende esindajad on järgmised:

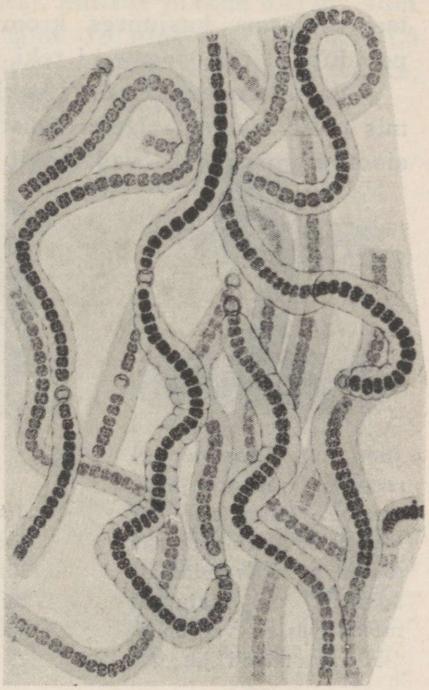
Hõimkond:	Esindajad:
Lagutaimed	*Nostoc, Bacillus*
Ränitaimed	*Navicula*
Ikkestaimed	*Spirogyra*
Pruuntaimed	*Fucus*
Punataimed	*Polysiphonia*
Päris-rakistaimed	*Vaucheria, Penicillium, Puccinia, Lobaria*
Tüvendeostaimed	*Funaria, Dryopteris, Selaginella*

Võrreldes õistaimi käsitleva osaga (peat. 1—28) on eostaimedele määratud ruum (peat. 29—34) küllaltki kasin. Selle tõttu pole antud eostaimede hõimkondade üldist iseloomustust, küll aga on

iga tüüpilise esindaja puhul käsiteldud selle elutsüklit eosest eoseni, samuti täiskasvanud taime morfoloogilisi ja anatoomilisi iseärasusi.

Nostoc commune.

Nostoc commune (pilvvetikas) kuulub sinivetikate hulka. Ta esineb maapinnal metsades, loopealsetel jne. kerajate või lamedate, mitmehõlmaste sültjate kehadena, mille läbimõõt võib olla mitu cm. Kuiva ilmaga kuivavad nad kokku, kortsuvad ning on siis pruunikad kuni mustjad. Niiske ilmaga ja vihma ajal paisuvad rakised. Siis on nende värvus sinakas-roheline. *Nostoc*'i keha koosneb rakkudest, mis asetsevad pikiridades. Nii tekkinud niitjad, põimitud rakkude read asetsevad üksteisest teatavas kauguses. Niidi tünnikujuliste rakkude pikkus ja laius on 5 μ ümber. Siin-seal leidub niidis erineva välimusega rakke, mis on vähe suuremad — 7 μ. Need rakud on heterotsüstid. *Nostoc*'i rakud on ümbritsetud kestast, mis koosneb pektiinist. Pektiinide paisumine annabki sültja katte, mis ümbritseb igat *Nostoc*'i niiti. Pilvvetika protoplast erineb tunduvalt õistaimede protoplastidest. Plasma on väga tihe. Pole tähele panna plasma tsirkulatsiooni ega Brown'i liikumistki. Rakumahlaga täidetud vakuoole ei leidu, samuti puuduvad tuum ja ka kromatofoorid.



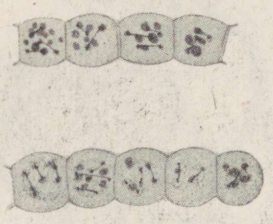
Joon. 320. *Nostoc commune* rakis. Flahault' järgi.

Väline plasmakiht on nõrgalt sinakas-roheline. Piir selle plasmaosa (kromatoplasma) ja sisemise osa (tsentroplasma) vahel on difuusne. Kromatoplasma sisaldab peale klorofüllide ja neid saatvate karotiini ja ksantofülli veel sinivetikaile omast sinakat, valku sisaldavat pigmenti — fükotsüaani, mõnel juhul ka violetset fükoerütriini. Kõik need pigmendid kuuluvad CO_2 assimilatsiooni

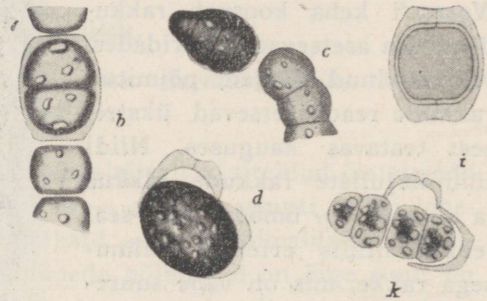
võimaldavasse pigment-süsteemi, mis on siin seega ilmselt keerulisem kui õistaimedel. *Nostoc* on autotroofne taim, mis toitub mineraalsooladest, veest ja õhus olevast CO_2. Assimilaatideks, mis esinevad rakus, on süsivesik glükogeen e. loomne tärklis ja glükoproteiidid, s. o. valgu ja süsivesiku ühendid. Ei leidu tärklist ega õli. Tsentroplasma on värvitu, hüaliinne. Temas on olemas nn. kromidiaalaparaat. See koosneb kromatiinisarnasest ainest.

Raku jagunemisel nöördub algul kromatoplasma, hiljem ka tsentroplasma, kusjuures kromidiaalaparaat nähtavasti aktiivselt pooldub. Kromosoome ei teki, samuti puuduvad kääviniidid.

Harilikkudest *Nostoc*'i rakkudest erinevad nn. heterotsüstid, mis neist tekivad. Heterotsüstide rakusein pakseneb, assimilatsioonipigmendid kaovad, tekib karotiini, mis värvib raku sisu



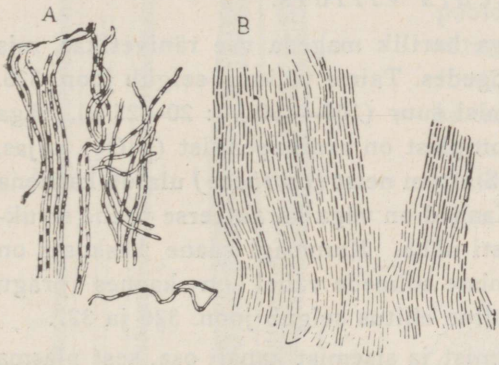
Joon. 321. *Nostoc verrucosum*'i rakkude jagunemine. Raku sisu on värvimise abil nähtavaks tehtud. „Kromidiaalaparaat" on seejuures intensiivselt värvunud. Hollande'i järgi.



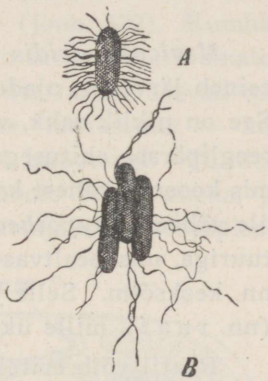
Joon. 322. Heterotsüstide idanemine *Nostoc commune*'l. i — heterotsüst optilises lõigus, d — idanemise algus, samuti b, kus heterotsüst on jagunenud kaheks. Järgnevateks staadiumideks on c ja k. Geitler'i järgi.

kollaseks või oranžiks. Naaberrakkudega on heterotsüst ühenduses plasmodesmide kaudu. Ka heterotsüsti rakuseinas toimuvad muutused, sest tekib rakuseina sisemise kihina protoplasti ümbritsev tselluloosist koosnev membraan. Lõpuks eraldub heterotsüst naaberrakkudest täielikult. Mõne aja pärast muutub heterotsüsti tsentroplasma vedelaks, ka kromatoplasma vakuoliseerub ning rakk sureb. Selle tagajärjel katkeb niit, mistõttu ühest niidist tekib nüüd kaks niiti (vegetatiivne paljunemine). Teistel juhtudel aga võivad heterotsüstid funktsioneerida püsirakkudena ning osutuvad siis kuivus-resistentseteks rakkudeks, mis soodsail tingimusil on kasvuvõimelised (joon. 322). Sugulist paljunemist pole olemas ei *Nostoc*'il ega teistel sinivetikail.

Heinabatsilli on kerge kasvatada heinte vee-ekstraktis, mida on keedetud tund aega ja siis hoitud mõni päev ruumis, mille temperatuur on 30—40° C. Neil tingimusil kattub vedelik kiirelt õhukese valkja kirmega, mis koosneb heinabatsilli rakkude loendamatust hulgast; need rakud on paigutatud teatava korrapärasusega ridadesse, mida koos hoiab sültjas, vaevalt nähtav ollus. Iga rida koosneb silinderjatest rakkudest, millede pikkus ületab kuni kolm korda laiust (pikkus 1—3μ, laius 1μ) ning mis iga 0.5—1.5 tunni jooksul jagunevad raku pikiteljele risti, andes kaks rakku, mis endiselt püsivad reas ning aegamööda kasvavad.



Joon. 323. B — heinabakteri *(Bacillus subtilis)* rakkudest koosnev kirme. 500 × suurend. A — eoste moodustumine heinabakteri rakkudes. 800 × suur. Strasburger'i järgi.



Joon. 324. *Bacillus subtilis.* On näha viburite peritrihne asend. A — noor rakk, B — täiskasvanud. 1500 × suur. Strasburger'i järgi.

Heinabatsilli rakk on kaetud õhukese kestaga, mis koosneb pektiinidest, mille tagajärjel rakukest kergesti limastub. Raku sisu on ka tugeva suurenduse rakendamisel täitsa homogeenne. Rakutuuma pole olemas. Plasmas ei leidu assimilatsioonipigmente. Heinabatsill kuulub heterotroofsete organismide hulka. Ta on saprofüüt. Kui heinabatsill on vedelikus olevad toitained ära tarvitanud, algab rakkudes eoste (spooride) teke. Eosed on ovaalsed, tugevasti valgust murdvad kehakesed, kaetud rakukestaga. Kogu raku sisu on koodunud neisse. Spoorid on resistentsed. Nad ei hävi ka kolmetunnisel keetmisel vees. Kui eoseid üle viia värskesse toitelahusesse, idanevad nad juba mõne tunni möödudes. Eose kest pakatab ühel küljel ja siit väljub uus rakk, mis varsti

hakkab liikuma, sest ta on varustatud peente viburitega. Viburid asetsevad ümberringi nii raku otstel kui ka külgedel (peritrihne asetus). Viburite liikumised lakkavad otsekohe, kui vedelikus on ära tarvitatud kogu selles lahustunud hapnik. Uue hapniku lisandumine kutsub uuesti esile viburite tegevuse. Säilitusaineina on rakkudes glükogeeni, rasvu ja valke. Vakuoolid esinevad, on aga väga väikesed.

Bacillus subtilis'e rakkude võrdlus *Nostoc commune* rakkudega avastab kahtlemata mõnegi ühise joone. On iseloomulik, et heinabatsillil, nagu teistelgi bakteritel, puudub täielikult suguline paljunemine.

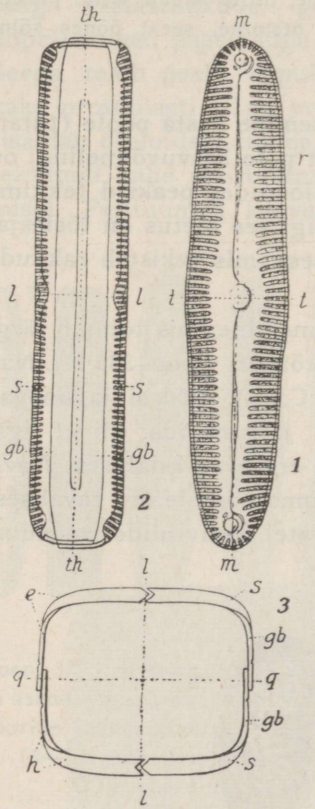
Navicula viridis.

Navicula viridis on väga harilik mageda vee ränivetikas, mis esineb järvedes, ojades ja jõgedes. Taime välimus selgub joon. 325. See on piklik rakk, võrdlemisi suur (100—180 μ : 20—25 μ), väga reeglipärase ehitusega. Protoplast on ränihapendist (SiO_2) kojas, mis koosneb kahest karbist. Suurem neist *(epitheca)* ulatub kaanena üle vähema *(hypotheca)*. Kaaned on väga karakteerse peene struktuuriga, mis pealtvaates hästi näha. Kummagi kaane keskosas on nn. keskSõlm. Selle ja otsmiste sõlmede vahel on kaanes pragu (nn. r a a f), mille üksikasjaline ehitus selgub joon. 326 ja 327.

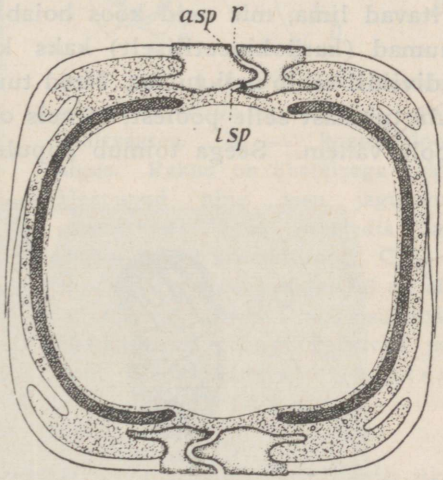
Raafil võib eritella välimist ja sisemist kanali osa, sest plasma liigub neis osades eri suundades. Keskõlm on kompaktne keha. Temal olevas uurdes algab kanal, mis viib raafi, kust plasma satub otsmises sõlmes (see on seest õõnes) olevasse lehterkehasse. Lehterkehast pritsib plasma raafi välimise kanaliga ühenduses olevasse lõhesse (c) ja liigub siis tagasi keskõlme poole. Plasma tsirkulatsioon toimub samas suunas kogu vahemaal otsmiste sõlmede vahel. Hõõrumine vee ja edasiliikuva plasma vahel võimaldab *Navicula*'le liikumist ka siis, kui ta hõljub vees. Veel paremini pääseb ta aga edasi näit. mudal ja vees olevatel taimedel.

Navicula viridis'e protoplast on varustatud tuuma ja kahe kromatofooriga (joon. 326 ja 329). Suur ruum raku keskosas on täidetud rakumahlaga. Kromatofoorid on plaadikujulised. Nad asetsevad neil rakukülgedel, kus väline ja sisemine ränikesta poole kokku puutuvad. Kromatofooride värv on karakteerne pruunikaskollane. Peale klorofüllide ja nende saatjate (karotiin, ksantofüll) on siin veel karotinoid fukoksantiin ($C_{40}H_{56}O_6$). Igas kromatofooris on väike valgust murdev kehake — pürenoid. Nagu teisedki

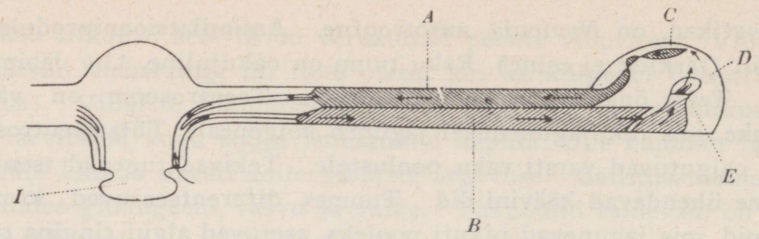
ränivetikad, on *Navicula* autotroofne. Assimilatsiooniproduktiks on õli (tärklist ei esine). Raku tuum on oakujuline, 13 μ läbimõõdus. Tema õnaruses asub tsentrosoom. Tsentrosoom on väike kehake, mis rakujagunemisel jaguneb kõigepealt. Tütartsentrosoomid paigutuvad varsti raku poolustele. Tekivad tugevad tsentrosoome ühendavad kääviniidid. Tuumas diferentseeruvad kromosoomid, mis jagunevad pikuti pooleks, asetuvad algul ringina raku ekvaatoris, liiguvad siis peale tütarkromosoomide lahkuminekut tsentrosoomide poole, ja varsti tekivad tütartuumad (joon. 328). Tuumade pooldumisele järgneb protoplasma ja ka kromatofooride pooldumine (joon. 329). Kumbki tütarrakk on seega kahe kromatofooriga. Tütarrakud saavad osa ka emataime ränikestast — kas epiteegi või hüpoteegi. Puuduv ränikesta poole tekib uuena, ja et ta moodustajaks on protoplast,



Joon. 325. *Navicula viridis:* 1 — pealtvaates, 2 — külgvaates, 3 — ristilõigus. s — ränistunud kaaned, gb — ränistunud kesta külgosad, r — raaf, m — otsmine sõlm, t — keskõlm. e — epiteek, h — hüpoteek. P f i t z e r'i järgi.



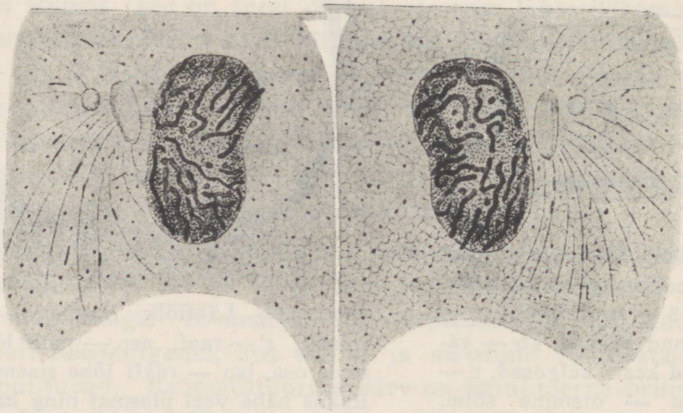
Joon. 326. Läbilõik *Navicula viridis*'e rakust. r — raaf. asp — raafi lõhe välimine osa, isp — raafi lõhe sisemine osa. Rakus näha veel plasmat ning kahte selles olevat kromatofoori. Raku suur keskmine vakuool on täidetud rakumahlaga. L a u t e r b o r n'i järgi.



Joon. 327. *Navicula* raafi ehitus (skeem). I — kompaktne kesksõlm, A — välimine kanal, B — sisemine kanal, C — lõhe, mille kaudu satub plasma lehterkehast (E) välimisse lõhesse. D — otsmine, seest õõnes sõlm. Lotsy järgi.

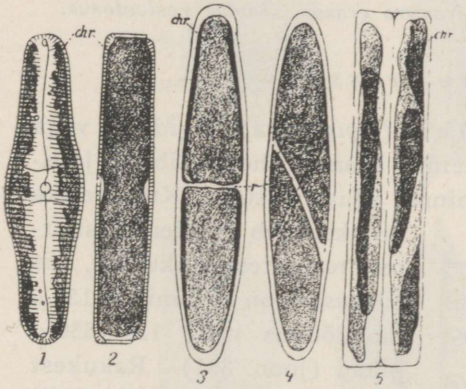
siis on arusaadav, et uuena tekib alati sisemine kesta poole (tütarraku hüpoteek). Korra tekkinud ränikest pole kasvuvõimeline; on ilmne, et üksteisele järgnevates generatsioonides peaksid tekkima ikka väiksemad *Navicula* indiviidid. Kuigi see oletus on tõsiasjadega kooskõlas, on ometigi olemas protsess, mis takistab rakkude vähenemist allapoole teatavat piiri.

Selleks protsessiks on suguline paljunemine, mis toimub järgmiselt: kaks *Navicula* indiviidi asetuvad kõrvuti (joon. 330 B). Nad eritavad lima, mis neid koos hoiab (B, C, E). Edasi jagunevad tuumad (karüokineetiliselt) kaks korda järgemööda, nii et igal indiviidil tekib neli tuuma. Need tuumad erinevad esialgsest *Navicula* tuumast selle poolest, et neis on kromosoomide arv tavalisest poole vähem. Seega toimub kopuleeruvatel indiviididel taandus-

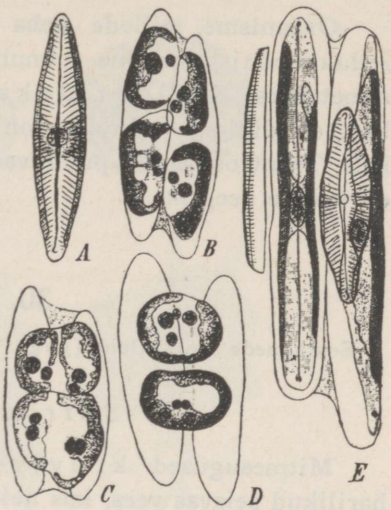


Joon. 328. Rakujagunemise viimane faas (telofaas) ränivetikas *Surirella calcarata*'l. Tütartuumades on kromosoomid selgelt eriteldavad; tuumade läheduses tsentrosoomid. Lauterborn'i järgi.

jagunemine, mille vältel annab diploidne tuum (2 n) neli haploidset tuuma (n). Varsti jaguneb ka plasma, ja igas rakus tekib kaks sugurakku — gameeti. Iga gameet sisaldab kahte haploidset tuuma, mis erinevad teineteisest suuruselt, nii et eritellakse suurtuuma (makronukleust) ja pisituuma (mikronukleust). Neist tuumadest mikronukleus degenereerub. Vahepeal rakkudes tekkinud lima paisumisel avaneb ränikest ning vastasrakkude gameedid kopuleeruvad paarikaupa (C, D). Seega tekib peale kopulatsiooni kaks protoplasti. Iga protoplast sisaldab diploidset tuuma, mis on tekkinud kahe suurtuuma ühinemisel. Pisituumad kaovad varsti



Joon. 329. Kromatofooride välimus ja asend *Navicula*'l (1, 2). Kromatofooride jagunemine rakujagunemisel (3—5). chr — kromatofoor. Oltmanns'i järgi.



Joon. 330. Auksosügootide moodustumine *Navicula viridula*'l. A — rakk pealtvaates. B — kopulatsiooni algus. Rakud on üksteisega kokku kleepunud ning sisu jagunenud gameetideks. Igas gameedis kaks tuuma ja üks kromatofoor. C, D — kopulatsioon; auksosügoodid on alul neljatuumalised. E — auksosügoodid on kasvanud, varsti kattuvad nad uute ränikestadega. Karsten'i järgi.

täielikult. Kopuleeruvate rakkude kromatofooridest hävib üks, kuna teine püsib, vähemalt jääb alles temas olev pürenoid. Raku jagunedes gameetideks jagunevad ka pürenoidid, mille tagajärjel on iga gameet varustatud ühe pürenoidiga. Normaalne arv — kaks pürenoidi — tekib peale gameetide kopulatsiooni. Gameetide kopulatsioonil tekkivat protoplasti — sügooti — nimetatakse räniveti-kail auksosügoodiks e. auksospooriks. Auksospoo-

rid kasvavad jõudsalt. Nad kattuvad igaüks omaette õhukese kile — peritsooniumiga, mis koosneb pektiinist. Peritsooniumi sees tekivad aegamööda ka ränikarbi poolmed — enne suurem, siis vähem. Seejuures tõmbub plasma peritsooniumist eemale ning moodustab enda välispinnale ränist karbi. Lõpuks lõhkeb või limastub peritsoonium ning ränikestaga kaetud rakk ronib sellest välja.

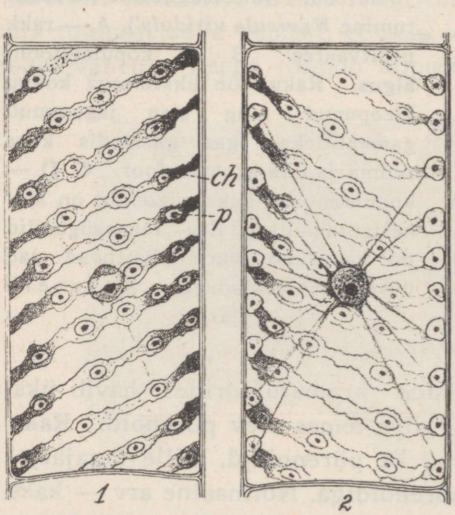
Organisme, millede keha on diploidne (2 n) ning millede! reduktsioonjagunemine toimub enne sugurakkude moodustamist, nimetatakse diplontideks. *Navicula*, nagu teisedki ränivetikad, on diplont. Huvitav on tsentrosoomide leidumine ränivetikail. Tsentrosoomid puuduvad õistaimedel. Loomadel on nende esinemine reegliks.

30. peatükk.

Eostaimede elutsükleid (järg): *Spirogyra crassa. Fucus vesiculosus.*

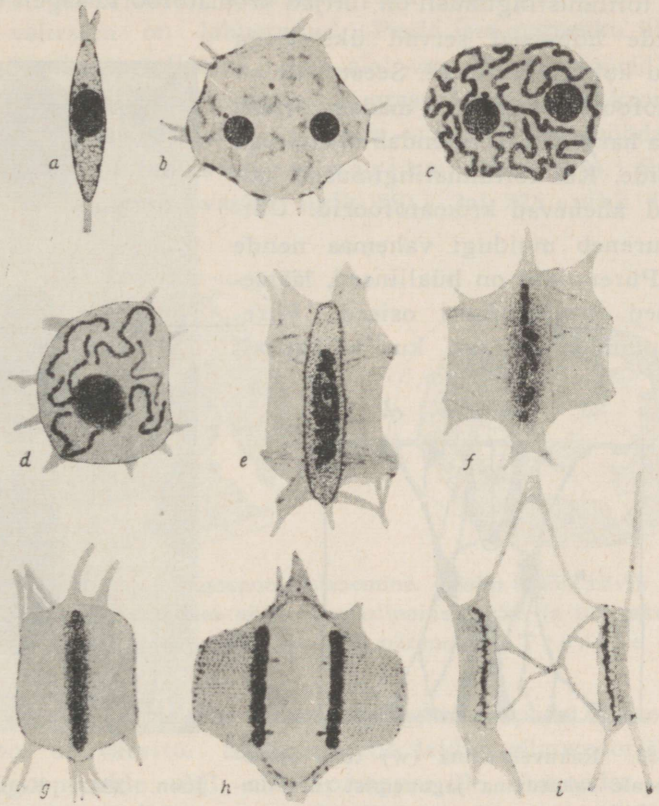
Spirogyra crassa.

Mitmesugused kruvivetika *(Spirogyra)* liigid on väga harilikud seisvas vees, kus neid leidub limase rohelise libeda, juuspeentest niitidest koosneva, veepinnal ujuva kattena. Kruvivetika niit koosneb võrdlemisi suurtest torujatest rakkudest, mis *S. crassa*'l on keskmiselt 150 μ läbimõõdus ning 150—330 μ pikad (joon. 331). Rakukest koosneb välises kihis pektiinist ja limastub enam-vähem. Sellele järgneb tselluloosist koosnev rakukesta sisemine osa, mis moodustabki rakuseina peamassi. Plasma katab õhukese kihina kogu rakuseina sisemist pinda. Siit ulatub plasma peente niitidena läbi suure, rakumahlaga täidetud vakuooli tsentraalse plasma osani, mis ümbritseb rakutuuma (joon. 331).



Joon. 331. *Spirogyra crassa* üksikrakke. ch — kromatofoor, p — pürenoid. Wettstein'i järgi.

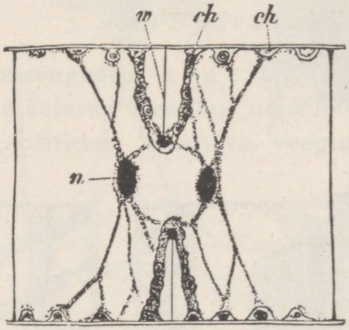
Rakutuum sisaldab samu osiseid, mida õistaimedelgi, s. o. tuuma membraani ning kromatiinist, liniinist ja karüolümfist koosnevat tuuma siseosa, milles leidub ka tuumakesi. Rakujagunemise üksikasjad selguvad joon. 332. Kromosoome tekib *Spirogyra crassa*'l 12. Nad jagunevad pikuti pooleks. Iga tütartuum saab



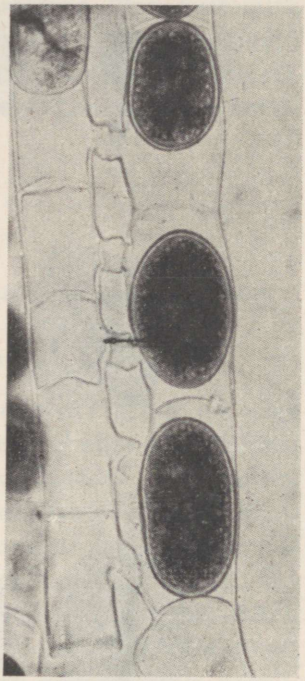
Joon. 332. Tuuma jagunemine *Spirogyra crassa*'l. a, b, c ja d's on näha tuumakesi, c, d, e, f ja g's — kromosoome. h — tütarkromosoomide eemaldumine üksteisest; näha kääviniite. i — tütartuumade diferentseerumise algus. Kromatiinaine preparaatides punane (värv: karmiin). G e i t l e r'i järgi.

seega samuti 12 kromosoomi. *Spirogyra crassa* plasmas on 4—12 lintjat kromatofoori. Need jagunevad raku jagunedes igaüks risti pooleks. Siis algab vaheseina moodustumine, mis toimub tsentripetaalsuunas, s. o. algab juba olemasoleva rakuseina läheduses õhukese, rakuseinale risti asetseva ringkilena, mis lõpeks sulgub pide-

vaks vaheseinaks (joon. 333). Kasvavat vaheseina katab mõlemalt poolt tütarrakkude plasma. *Spirogyra* liikide lintjad kromatofoorid koosnevad, nagu teisedki kromatofoorid, plasmaatilisest põhimassist, mis sisaldab assimilatsioonipigmente (klorofülle, karotiini ja ksantofülli). Kromatofooride välimus selgub joon. 331. Headel toitumistingimusil on lintjad kromatofoorid sageli nii laiad, et nende hõlmised servad üksteisega peaaegu kokku puutuvad. Seestpoolt on kromatofoorid varustatud madala, pikuti kulgeva harjaga, mis ühendab üksteisega pürenoide. Kui toitumistingimused halvenevad, ahenevad kromatofoorid. Ühtlasi suureneb muidugi vahemaa nende vahel. Pürenoidid on hüaliinsed, läätsekujulised kromatofoori osised. Pürenoidi pind on kohaks, kus kõigepealt



Joon. 333. Rakuvaheseina (w) teke *Spirogyra*'l peale rakutuuma jagunemist tütartuumadeks (n). ch — kromatofoor. Strasburger'i järgi.

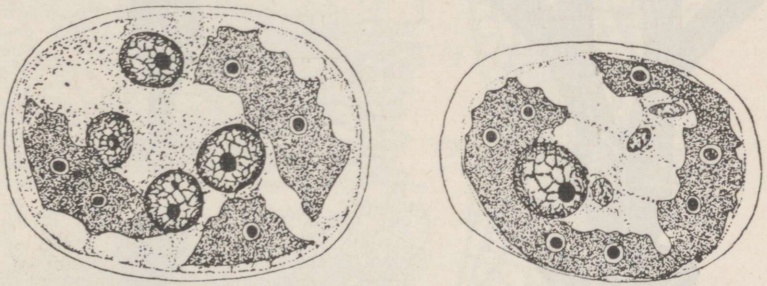


Joon. 334. Kopulatsioon *Spirogyra lacustris*'el. Czurda järgi.

nähtavale ilmub assimilatsiooniprodukt — tärklis. Pürenoidide arvu suurenemine tütarrakus käib pürenoidide jagunemise teel. Neis leidub ainet, mis värvub nagu kromatiin.

Suguline paljunemine toimub *Spirogyra*'l järgmiselt: Kaks niiti asetuvad kõrvuti ning kleepuvad kokku limakihi abil, mis paljunemise ajal on tavalisest tugevam. Selle järel algab raku väljakasvude (puhetiste) teke, mis toimub ühteaegu vastasniitide rakkudes. Kuigi niidid on väliselt ühesugused, on nad suguliselt dife-

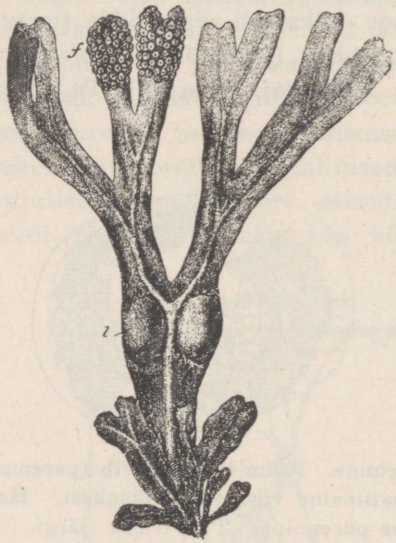
rentseerunud. Ühes niidis püsivad protoplastid kohal; nad ainult eemalduvad pisut rakuseinast. Teises niidis osa rakkusid harilikult hävib, sest nad ei leia vastasrakku, millega kopuleeruda. Teiste sisu aga muutub aktiivseks sugurakuks. Selles (isas-) sugurakus hävivad kromatofoorid. Plasma ühes tuumaga rändab rakkusid ühendava kanali kaudu emastaime rakku, sest protoplaste eraldav kanali vahesein on lahustunud. Peale isas-suguraku ühinemist emas-sugurakuga (viimane hoiab alal oma kromatofoorid) ühinevad tuumad. Nii tekib tuum, mis *S. crassa*'l sisaldab 24 kromosoomi (2n). Ühinemise produkt — sügoot — kattub aegamööda tugeva kestaga ning muutub s ü g o s p o o r i k s (joon. 334). *Spirogyra crassa*'l on sügospoor ovaalne, ligik. 150 μ lai, 225 μ pikk. Ta pruun



Joon. 335. *Spirogyra.* Sügospoori idanemine. Kolm tuuma hävib (paremal, raku keskosas). Tuumades näha kromatiinaine võrku ja tuumakest. Hall lint on kromatofoor; selles on näha pürenoide. T r ö n d l e järgi.

värvus oleneb värvilisest mesospoorist; mesospoori kattev õhuke eksospoor on värvitu. Säilitusainena leidub sügospooris rohkelt õli. Sügospooride abil elab *Spirogyra* üle ebasoodsa aastaaja. Soodsate välistingimuste saabudes idaneb sügospoor. Selle juures jaguneb diploidne tuum kaks korda, kusjuures üks jagunemine on heterotüüpne, teine homöotüüpne. Siit järgneb, et toimub taandusjagunemine, mille tagajärjel on 4 tuuma, mis nüüd tekivad (joon. 335), jälle haploidsed, sisaldades igaüks 12 kromosoomi. Kolm tuuma hävib (joon. 335), üks jääb püsima. Nii on diploidne rakk muutunud haploidseks ja temast kasvav *Spirogyra* niit on muidugi samuti haploidne. *Spirogyra* kuulub seetõttu h a p l o n t i d e hulka. Ka teised ikkesvetikad on samuti haplondid. Taandusjagunemine toimub neil, nagu kruvivetikalgi, pärast sugutamist, nimelt sügospoori idanemisel.

A d r u (joon. 336) on Läänemeres väga harilik. Ta esineb eriti kohtadel, kus merepõhi on kaljune või aga kaetud rändrahnude ja kividega, sest seal on tal võimalust leida kindlat alust haardkettale, s. o. rakise laienenud osale, mis on kinnitumis-elundiks. Seni käsiteldud taimedega võrreldes on *Fucus*'e ehitus palju keerulisem. Ta on kahekojane taim, mille isas- ja emas-indiviidid on sama väli-



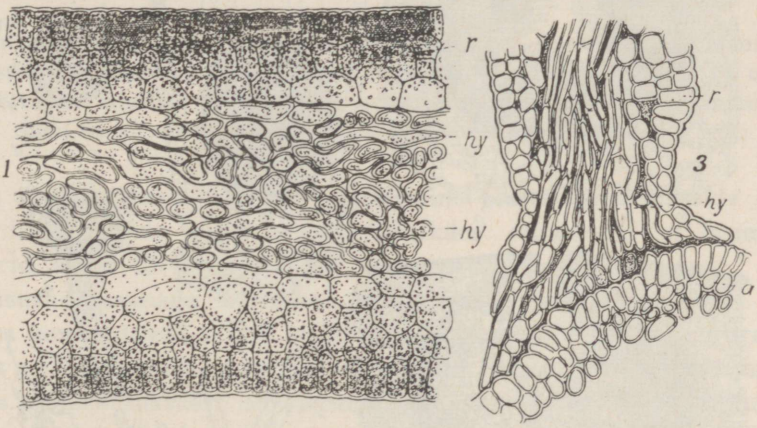
Joon. 336. *Fucus vesiculosus*'e tallus. 1 — põis, f — retseptaakulum. W e t t s t e i n'i järgi.

Joon. 337. *Fucus vesiculosus*'e sugutatud munaraku idanemine (1). Noor taim (2). T h u r e t' järgi.

musega. Noor taim areneb kerajast sügoodist (joon. 337). Sügoot jaguneb kaheks rakuks, millest alumine annab eespool-nimetatud haardelundi, ülemine aga lameda, dihhotoomselt harunenud assimileeriva osa, millel arenevad lõpuks ka suguorganid. Kuigi siin seega esineb teatav diferentsiatsioon, on *Fucus*'e keha ikkagi rakis *(thallus)*, sest tal puuduvad *cormus*'e osad — juur, vars ja leht. Noor *Fucus* on radiaalsümmeetrilise ehitusega (joon. 337). Hiljem muutub tallus lamedaks; ta kasvab kiirdraku abil. Harunemine on dihhotoomne, s. o. harud tekivad alati kahekaupa, on ühetugevused ning asetsevad neid moodustava emaharu tipus. Talluse ristilõikudel (joon. 338) selgub, et nii epidermis kui ka selle all olevad

perifeersed tallusekihid sisaldavad rohkelt pruune kromatofoore, milledest olenebki taime karakteerne värvus. Kromatofoorides seltsib harilikkude assimilatsioonipigmentidega (sinakasroheline klorofüll a, karotiin ja ksantofüll ning väga vähe kollakas-rohelist klorofüll b'd) veel punakas-pruun karotinoid fukoksantiin (C_{40} H_{56} O_6).

Talluse sisemistes osades on hüüfisarnased rakud. Eriti haardkettas on viimased mõõtuandvad (joon. 338). Teatavatel kohtadel lõheneb eespool-kirjeldatud talluse sisemine kude ning tekivad

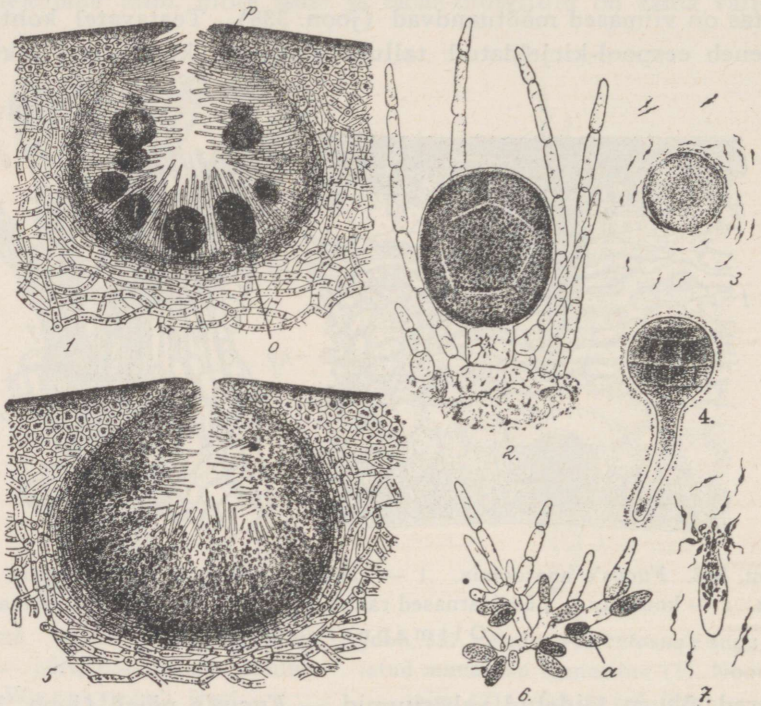


Joon. 338. *Fucus*'e anatoomia. 1 — rakise ristilõik, 3 — haardketta pikilõik. r — koor, hy — hüüfisarnased rakud, a — võõras vetikas substraadina. Oltmanns'i järgi.

suured, õhuga täidetud vaheruumid — *Fucus*'e põied (joon. 336). Rakukestad koosnevad pektiinist ja tselluloosist, kunagi ei leidu ligniini. Säilitusaineks on rakkudes õli. Tärklist ei esine.

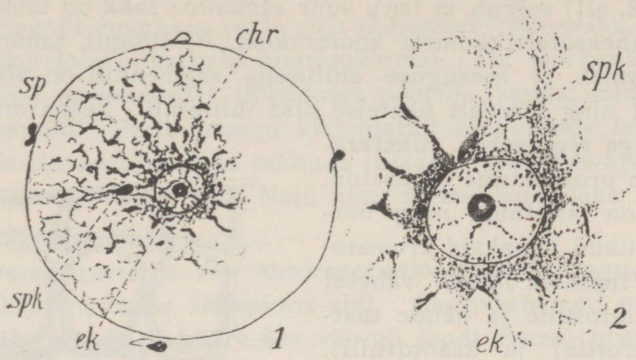
Rakise fertiilsete harude (joon. 336, f) otsmised osad on ristilõigus enam-vähem ovaalsed kuni ümmargused. Nad on tihedalt kaetud avaustega, mis viivad suguorganeid sisaldavatesse õnarustesse (kontseptaakulitesse). Nende organite ehitus selgub joonisest 339. Emastaime kontseptaakulites on rohkelt mitmerakulisi niite. Nende vahel on suguorganid — oogoonid. Oogoon e. oogoonium koosneb ühest rakust, mis on lühikesel, samuti üherakulisel kandjal. Oogoonis olev protoplast suureneb, tuum jaguneb üksteisele järgnevate hetero- ja homöotüüpsete jagunemiste tagajärjel kaheksaks haploidseks tuumaks. Iga tuuma ümber (*Fucus*

vesiculosus'el on neis haploidsetes tuumades 32 kromosoomi) koguneb plasmat; lõpuks on oogoonis kaheksa munarakku. Oogooni sein koosneb kolmest kihist *(exo-, endo-* ja *mesochiton)*. Valminud oogooni eksohiiton lõhkeb ning seina sisemiste kihtidega kaetud oogoon vabaneb. Kui ta on sattunud kontseptaakuli suuossa, kus kontseptaakulit täitev lima kokku puutub mereveega, lõhkeb



Joon. 339. *Fucus vesiculosus.* 1 — läbilõik emastaime kontseptaakulist; o — oogoon, p — parafüüsid. 2 — valminud oogoon. 3 — spermatozoididest ümbritsetud munarakk. 4 — idanev sügoot. 5 — läbilõik isastaime kontseptaakulist. 6 — anteriididekandjad; a — anteriid. 7 — spermatozoidide väljatungimine anteriidist. T h u r e t' järgi.

oogoon ning munarakud satuvad vette (joon. 339, 3). Isas-suguorganid — a n t e r i i d i d — tekivad harunenud niitidel (joon. 339) üherakuliste elunditena. Anteriidi tuum jaguneb korduvalt. Juba esimene jagunemine on taandusjagunemine, mis muudab 2n arvu (64) haploidseks (n = 32). Mõne aja pärast on anteriidis 32 tuuma. Need asetsevad anteriidi plasmas ühtlaselt, kusjuures plasmas võib märgata jagunemist 32 paljaks protoplastiks, millest igaüks sisal-



Joon. 340. Sugutamine *Fucus vesiculosus*'el. 1. Ristilõik läbi munaraku varsti peale sugutamist. 2. Hilisem staadium; spermatozoidi tuum on munaraku tuuma lähedale jõudnud. ek — munaraku tuum, spk — spermatozoidi tuum, sp — spermatozoid, chr — kromatofoor. F a r m e r'i järgi.

dab ühte tuuma. Järgnev jagunemine tõstab protoplastide arvu 64-ni. Tuumade jagunemisega käsikäes jagunevad ka kromatofoorid, mille tõttu on lõpuks igas rakus üks kromatofoor. Nad asetsevad tuumade läheduses pruunikaspunaste kehakestena. Lõpuks ümmarduvad rakud, neil tekib kaks viburit ja isas-sugurakud e. s p e r m a t o z o i d i d on valminud. Sugutamine toimub merevees. Märkimisväärt on sugurakkude diferentsiatsioon liikumisvõimeliseks viburitega varustatud spermatozoidiks ning passiivselt edasikantavaks vees hõljuvaks munarakuks, mis sisaldab rohkelt säilitusaineid. Sugutamisel tungib üks spermatozoididest munarakku ja lõpuks ühineb spermatozoidi tuum munaraku tuumaga (joon. 340). Nii tekib diploidne rakk — sügoot, mis juba varsti — ilma et vahepeal tekiks sügospoori — hakkab edasi arenema uueks *Fucus*'e taimeks. *Fucus vesiculosus* on seega d i p l o n t.

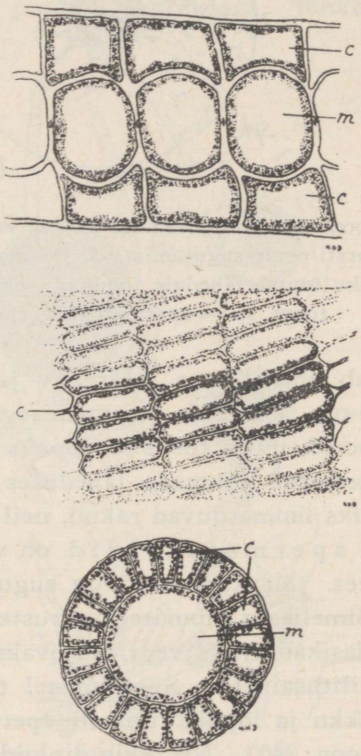
31. peatükk.

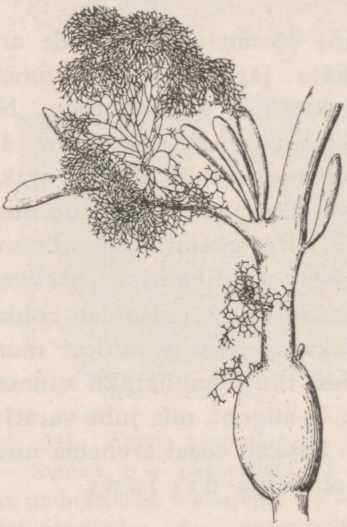
Eostaimede elutsükleid (järg): *Polysiphonia fastigiata. Vaucheria sessilis.*

P o l y s i p h o n i a f a s t i g i a t a.

Polysiphonia fastigiata on kuni 10 cm kõrgune punavetikas, mille välimus selgub joon. 341. Ta esineb meredes epifüüdina, kinnitudes pruunvetikaile (eriti *Ascophyllum nodosum*'ile). Ta tallus haruneb dihhotoomselt niitpeenteks osadeks. Haru ristilõigul

(joon. 342, all) selgub, et haru suur keskmine rakk on ümbritsetud umbes kaheksateistkümnest koorerakust. Pikilõigul, samuti pealtvaates ilmneb, et seesuguse ehitusega segmendid on võrdlemisi lühikesed ning tihedalt üksteise otsa lülitatud. Seega on harude ehitus väga regulaarne. Üksikrakus katab protoplasma rakuseinu. Plasmas on rakutuum ning nõrgalt värvunud punakaid kromatofoore. Viimastes leidub vähesel määral klorofülle ja nende saatjaid (karotiini ja ksantofülli), kuid roheline värvus on täiesti maskeeritud punase pigmendi — f ü k o e r ü t r i i n i (vrd. lk. 253)





Joon. 341. *Polysiphonia* epifüüdina pruunvetikal. T a y l o r'i järgi.

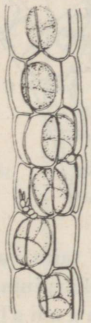
Joon. 342. *Polysiphonia fastigiata.* Vetika haru pealtvaates (keskel) ja optilises pikilõigus (ülal). All rakise haru ristilõik. 150 × suurend. c — koorerakud, m — keskmine rakk. D i x o n'i järgi.

poolt. Klorofülli olemasolu ilmneb (nagu pruunvetikailgi), kui paigutada vetikas keevasse vette või alkoholi.

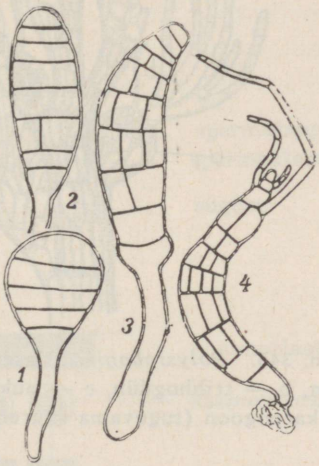
Polysiphonia'l on kahesuguseid harusid. Ühed on säärase ehitusega, nagu eespool kirjeldatud. Nende harude tipus on ümmardunud välispinnaga rakk, mis on siin ühetahuliseks kiirdrakuks. Temas toimub jagunemisi, kusjuures vaheseinad tekivad risti haru

pikiteljele. Need rakud annavadki eespool-kirjeldatud segmente. Igas segmendi emarakus tekib rida radiaalseid vaheseinu, mis eraldavad üksteisest üksikuid koorerakkusid. On märkimisväärt, et kõik rakud on omavahel ühenduses pooride kaudu, mida läbivad plasmodesmid. Peale praegu kirjeldatud külgharude leidub veel teisi, mis jäävad lihtsateks rakkude ridadeks. Nad kasvavad samuti ühetahulise kiirdraku abil. Neid nimetatakse karvadeks. Karvades ei leidu kromatofoore.

Mineraalainete ja vee absorbeerimine toimub, nagu teistelgi vetikatel, kogu taime välispinna abil. Assimilatsiooni produktiks on nn. florideede tärklis. See värvub joodi toimel pruuniks või punakaks. Diastaas muudab ta maltoosiks.



Joon. 343. *Polysiphonia* rakise külgharu selles olevate tetrasporangidega. T a y l o r'i järgi.

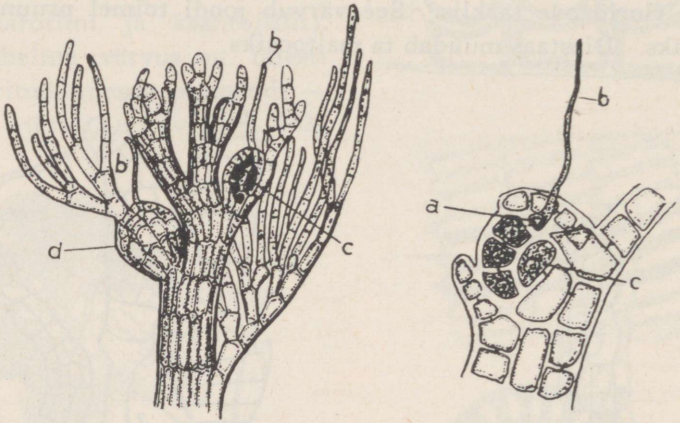


Joon. 344. *Polysiphonia nigrescens*'i idandid. K y l i n'i järgi.

Polysiphonia'l esineb kahte viisi paljunemine: sugutu ja suguline. Sugutu paljunemine toimub t e t r a s p o o r i d e abil; need asetsevad neljakaupa nn. tetrasporangiumides. Tetrasporangiumid tekivad ühest koorerakust, mis jaguneb väliseks ja sisemiseks rakuks. Sisemine rakk jaguneb suureks ülemiseks ja väikeseks basaalseks rakuks. Ülemine rakk kasvab ning temast arenebki tetrasporangium (joon. 343). Seejuures jaguneb tuum kaheks, siis neljaks tütartuumaks. Nende tütartuumade ümber koguneb plasmat. Harilikult tekib ühes harus suur hulk tetrasporangiume. Tetraspoore kannab edasi merevesi. Kus tetraspoorid kokku puu-

tuvad neile sobiva alusega, idanevad nad ning hakkavad edasi kasvama, andes aegamööda eespool-kirjeldatud taime. Joon. 344 on näha *Polysiphonia nigrescens*'i idandeid. See liik esineb ka Läänemeres. Tetrasporangiume moodustavate taimede tuumad sisaldavad 2n kromosoomi. Nad on diploidsete tuumadega. Tetraspooride moodustamisel toimub taandusjagunemine. Tetraspoorid sisaldavad seega haploidset kromosoomide arvu (n = 20).

Tetraspooridest kasvavad taimed, mis kõigiti sarnanevad tetraspoore moodustavate taimedega. Aga nende tuumad on haploidsed.

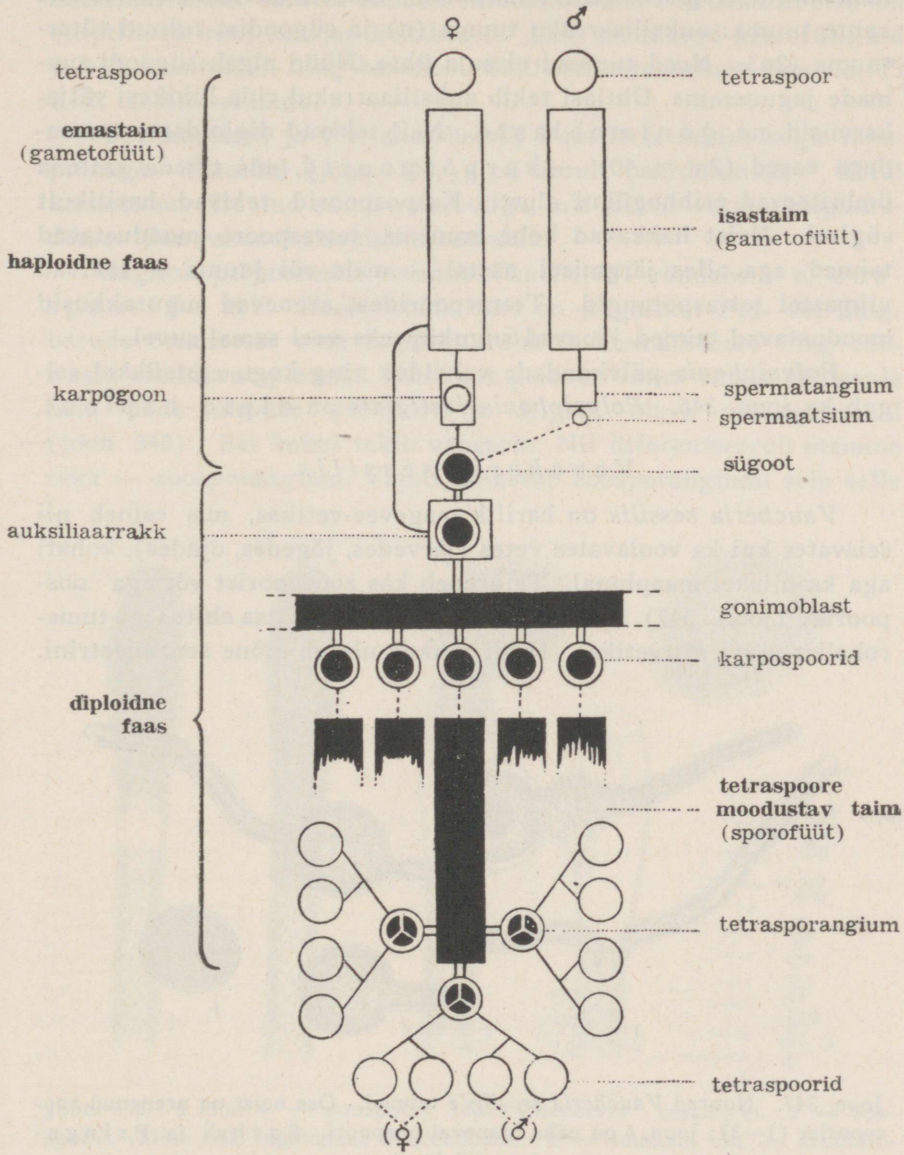


Joon. 345. *Polysiphonia*. Vasemal suguorganeid kandev taim. a — karpogoon, b — trihhogüün, c — auksiliaarrakk, d— noor prokarpium. Vasakul karpogoon (tugevama suurend.). Dixon'i ja Oltmanns'i järgi.

Praegu nimetatud haploidsetel indiviididel ei teki kunagi tetraspoore. Neil leiame kahesuguseid suguorganeid: spermatangiume ja karpogoone. Spermatangiumid on üherakulised isassuguorganid. Neid tekib rohkelt. Iga spermatangium sisaldab ühte viburiteta sugurakku — spermatiidi. Spermatiide kannavad edasi lainetus ja merehoovused. Emas-suguorgan — karpogoon — tekib külgharu (karva) koorerakust. Koorerakk jaguneb väliseks ja sisemiseks rakuks. Sisemine annab nn. auksiliaarraku, väline jaguneb neljaks. Neist rakkudest otsmine kasvab välja pikaks moodustiseks — trihhogüüniks (joon. 345), mille tagajärjel karpogooni otsmine rakk sarnaneb pikakaelalise pudeliga. Ühtlasi toimuvad muutused naabruses olevates koorerakkudes. Need jagunevad ning katavad karpogooni, kusjuures trihhogüün ikkagi

vabalt välja ulatub. Karpogooni koos teda katvate rakkudega nimetatakse prokarpiumiks *(procarpium)*.

Kui mõni vees olevatest spermatiididest kokku puutub trihhogüüniga, kinnitub ta sellele. Trihhogüüni õhuke sein lahustub kokkupuutekohal ning tekib ühendus, mis võimaldab spermatiidi



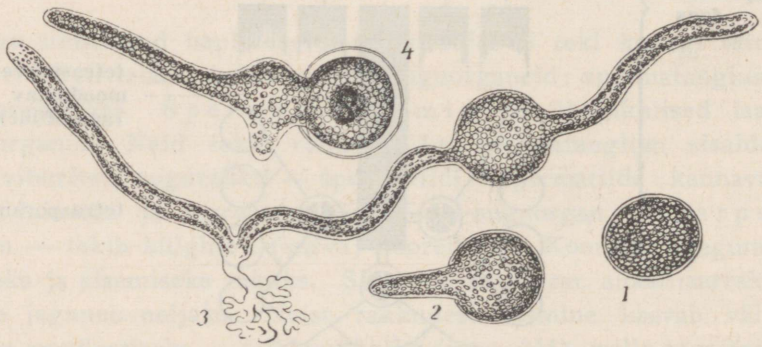
Joon. 346. *Polysiphonia* elutsükli skeem S v e d e l i u s'e järgi.

tuumale pääseda karpogoonis olevasse munarakku, mille ta sugutab. Sugutatud munarakk — sügoot — annab selle järel väljakasvu, mis astub ühendusse auksiliaarrakuga. Sügoodi tuum jaguneb ning üks tütartuumadest rändab eespool-nimetatud väljakasvu. Lõpuks on karpogoonis oleva sügoodi protoplasma otseses ühenduses auksiliaarraku protoplasmaga (toitumine!). Auksiliaarrakk sisaldab siis kahte tuuma: auksiliaarraku tuuma (n) ja sügoodist tulnud tütartuuma (2n). Need tuumad ei sula ühte. Nüüd algab sügoodi tuumade jagunemine. Ühtlasi tekib auksiliaarrakul rida lühikesi väljakasvusid, nn. g o n i m o b l a s t e. Neil tekivad diploidsete tuumadega eosed (2n = 40) — k a r p o s p o o r i d, mis tiheda kattena ümbritsevad trihhogüüni alust. Karpospoorid tekivad harilikult sügisel. Neist hakkavad kohe arenema tetraspoore moodustavad taimed, aga alles järgmisel aastal — mais või juunis — tekivad viimastel tetrasporangid. Tetraspooridest arenevad sugurakkusid moodustavad taimed jõuavad suguküpseks veel samal suvel.

Polysiphonia põlvkondade vaheldus ning kogu elutsükkel selgub ka joon. 346. *Polysiphonia fastigiata* on d i p l o - h a p l o n t.

V a u c h e r i a s e s s i l i s.

Vaucheria sessilis on harilik magevee-vetikas, mis esineb nii seisvates kui ka voolavates vetes (järvedes, jõgedes, ojades), kohati aga ka niiskel maapinnal. Ta areneb kas zoospoorist või aga oospoorist (joon. 347). *Vaucheria* on haruline, lihtsa ehitusega tumerohelist värvi niitvetikas. Niidi pikkus ulatub mõne sentimeetrini.

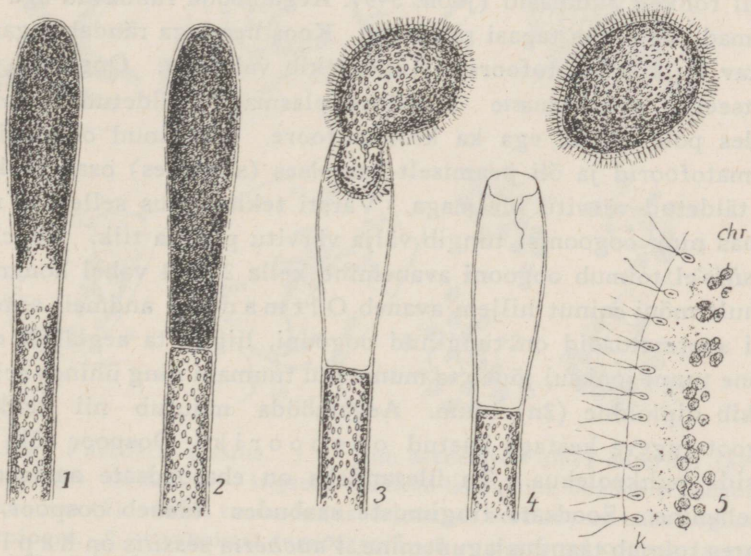


Joon. 347. Noored *Vaucheria sessilis*'e taimed. Osa neist on arenenud zoospoorist (1—3); joon. 4 on näha idanevat oospoori. S a c h s'i ja P r i n g s h e i m'i järgi.

Niitide läbimõõt oleneb palju asukohast. Terrestrilistel vormidel on niidi läbimõõt 30—50 μ, vees kasvavatel isenditel aga 50—110 μ. Torujas tallus, mille sein koosneb tselluloosist, on ilma vaheseinteta, seega „üherakuline". Protoplasma on rakuseinte läheduses. Ta sisaldab arvukaid tuumasid (polüenergiidne rakk), ent veel suuremal arvul väikesi rohelisi kromatofoore. Kromatofoorid on elliptilised kuni kerajad kehakesed. Nad sisaldavad klorofülli a-d ja b-d, ksantofülli ning karotiini. Säilitusainena esineb *Vaucheria*'l õ l i; tärklist ei leidu.

Toitesoolasid ja vett absorbeerib *Vaucheria* rakise kogu välispinnaga. Risoidid (joon. 347, 3) on ainult haardelundiks. Niidi keskosa on täidetud suure vakuooliga, mis jätkub vetika külgharudesse. See vakuool sisaldab rakumahla.

Sugutu paljunemine toimub *Vaucheria*'l rändeoste e. z o o s p o o r i d e abil. Zoospooride teke on järgmine: Pea- või külgharude otsmisesse ossa koguneb rohkelt kromatofoore ning tuumasid sisaldavat plasmat. Niidi ots paisub. Varsti ilmub nähtavale hele vööde tulevase zoospoori ja allpool oleva niidiosa vahel (joon. 348). Sel kohal tekib vahesein. Nii diferentseerub otsmine rakk — zoosporangium. Varsti lahustub zoosporangiumi sein selle



Joon. 348. 1 kuni 4 — zoospoori teke *Vaucheria sessilis*'el. 5 — zoospoori väline osa tugevamas suurenduses. k — tuumad, chr — kromatofoorid. S t r a s b u r g e r'i järgi.

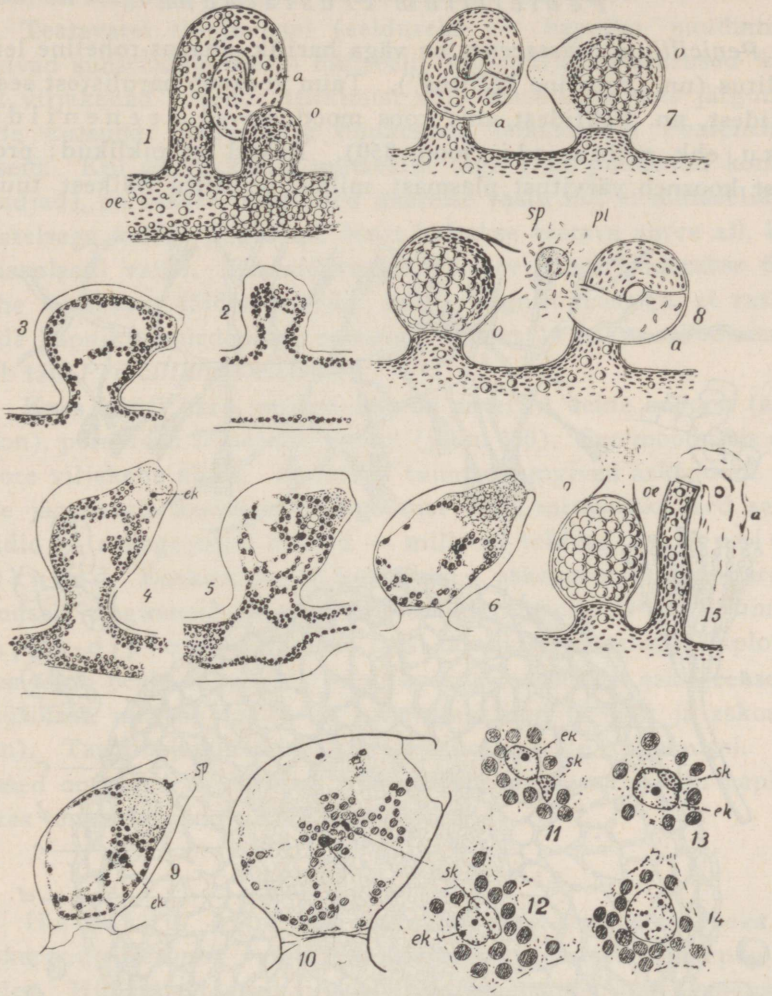
tipul ning zoospoor — paljas mitmetuumaline protoplast — tungib zoosporangiumist välja. Rändeos ujub edasi arvukate viburite abil, kusjuures ta ühtlasi keerleb oma pikitelje ümber. See hiigelzoospoor (80—150 μ : 80—180 μ) vastab kahtlemata paljudele liitunud ühetuumalistele zoospooridele, nagu neid leidub teistel vetikatel. Nimelt asetseb iga viburitepaari kohal üks tuum. Edasi järgneb hüaliinne tsoon, siis tsoon, milles on rohkelt kromatofoore. Liitzoospoori keskosas asetseb rakumahlaga täidetud vakuool.

Zoospoor idaneb sageli juba mõne tunni järel. Seejuures rändavad tuumad sügavamale plasmasse, kromatofoorid (kloropastid) aga asuvad protoplasma perifeersetesse kihtidesse.

Suguline paljunemine selgub joon. 349. *Vaucheria* niidil tekivad kahesugused väljakasvud. Ühed neist on pikad ning kõverduvad lõpuks (vt. joon. 349). Neis väljakasvudes on rohkelt plasmat, mis sisaldab tuumasid ning kromatofoore. Mõne aja pärast tekib väljakasvus vahesein, mis eraldab niidist otsmise raku — anteriidi. Anteriidis koguneb iga tuuma ümber vähe plasmat ning tekivad väikesed süstjad isas-sugurakud — spermatozoidid. Need on täitsa värvitud, varustatud kahe viburiga. Oogoonid arenevad *Vaucheria sessilis*'el anteriidi läheduses. Ka neis väljakasvudes on algul rohkelt tuumasid (joon. 349). Aegamööda rändavad aga kõik tuumad peale ühe tagasi rakuniiti. Koos nendega rändab tagasi ka teatav hulk kromatofoore. Nüüd tekib vahesein. Oogoonil diferentseerub nokasarnane hüaliinse plasmaga täidetud väljakasv, milles pole tuuma ega ka kromatofoore. Valminud oogoonis on kromatofoorid ja õli peamiselt basaalses (alumises) osas. Nokaosa on täidetud värvitu plasmaga. Varsti tekib avaus selle osa rakuseinas ning oogoonist tungib välja värvitu plasma tilk. *Vaucheria sessilis*'el toimub oogooni avanemine kella 2 ja 4 vahel hommikul. Ainult mõni minut hiljem avaneb O l t m a n n s'i andmeil anteriid. Kui spermatozoid on tunginud oogooni, liigub ta aeglaselt edasi. Mõne tunni jooksul jõuab ta munaraku tuumani ning ühineb sellega. Tekib diploidne (2n) tuum. Aegamööda muutub nii tekkinud sügoot tugeva kestaga kaetud o o s p o o r i k s. Oospoor võib kaua püsida puhkeolekus. Ta ülesandeks on ebasoodsate aastaaegade üleelamine. Soodsate tingimuste saabudes idaneb oospoor, kusjuures toimub taandusjagunemine. *Vaucheria sessilis* on h a p l o n t.

On selgunud, et tugev valgustus ja assimilaatide kuhjumine rakkudesse (näit. vetika kasvatamine selleks sobivas suhkrulahuses

tugeva valgustuse käes) kutsub esile sugulise paljunemise. Zoospoorid sellevastu tekivad siis, kui vetikad jooksvast veest üle viia seisvasse vette; ka valguse intensiivsuse vähenemine vabastab sageli zoospooride tekke.



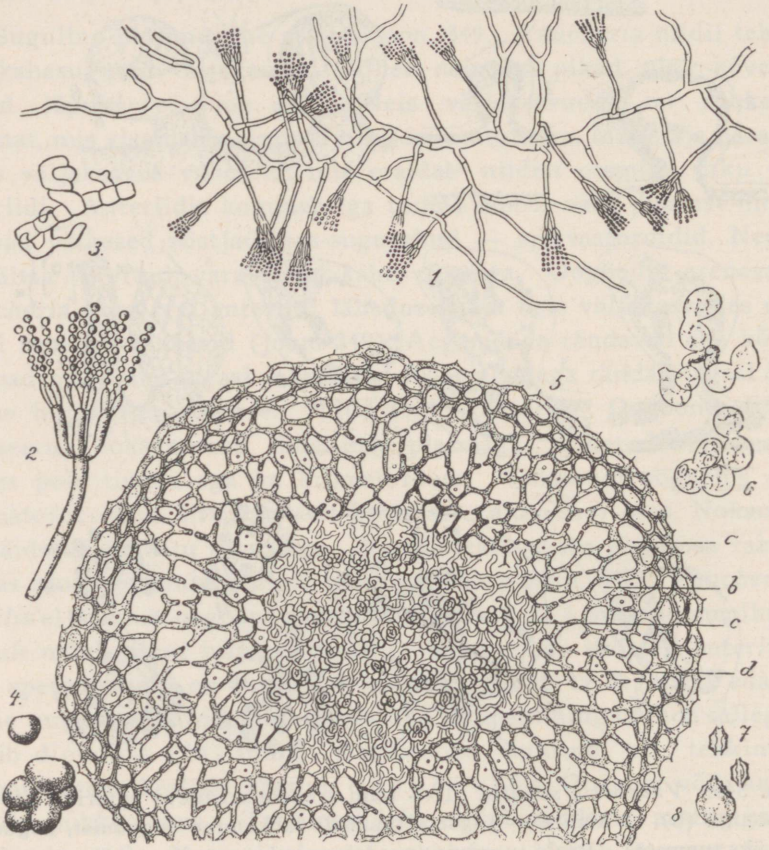
Joon. 349. *Vaucheria sessilis.* 1 — taim arenemisel oleva anteriidi (a) ja oogooniga (o). 2 kuni 6 — liigsete tuumade lahkumine oogoonist, oogooni jääb üks tuum (6). Peale tuumade (need joonisel mustad) on näha oogoonis kromatofoore. 7 — valminud suguorganid. 8 — avanenud oogoon ja anteriid. 9 — munaraku sugutamise algus. 10—14 — spermatozoidi tuuma järkjärguline ühtesulamine munaraku tuumaga. a — anteriid, o — oogoon, sp — spermatozoid, k — tuum, ek — munaraku tuum, sk — spermatozoidi tuum, pl — plasmatomp, oe — õlitilgad. Oltmanns'i ja Sachs'i järgi.

32. peatükk.

Eostaimede elutsükleid (järg): *Penicillium crustaceum. Puccinia graminis. Lobaria pulmonaria.*

Penicillium crustaceum.

Penicillium crustaceum on väga harilik sinakas-roheline leivahallitus (nn. „roheline hallitus"). Taim koosneb harulistest seeneniitidest, nn. hüüfidest, mis koos moodustavad seeneniidistiku ehk mütseeli (joon. 350). Rakud on piklikud; protoplast koosneb värvitust plasmast, milles on mitu väikest tuuma.



Joon. 350. *Penicillium crustaceum.* 1 — mütseel koniidikandjatega, 2 — koniidikandja, 3 — viljakeha teke, 4 — viljakehad. 5 — viljakeha läbilõik. Viljakehas võib eristada nelja kihti a, b, c ja d. Viimane neist moodustab eoskotte — askusi. 6 — askused, 7 — askospoorid. Brefeld'i järgi.

Penicillium'i rakud ei sisalda kromatofoore. Taim on heterotroofne, nimelt saprofüüt. Rida hüüfe (koniidikandjaid) kasvab substraadist välja ning haruneb nn. sterigmadeks (joon. 350), milledel tekivad basipetaalses järjekorras lüli-eosed (koniidid). Kõige vanemad eosed on seega perifeersed. Eoseid kannab laiali tuul.

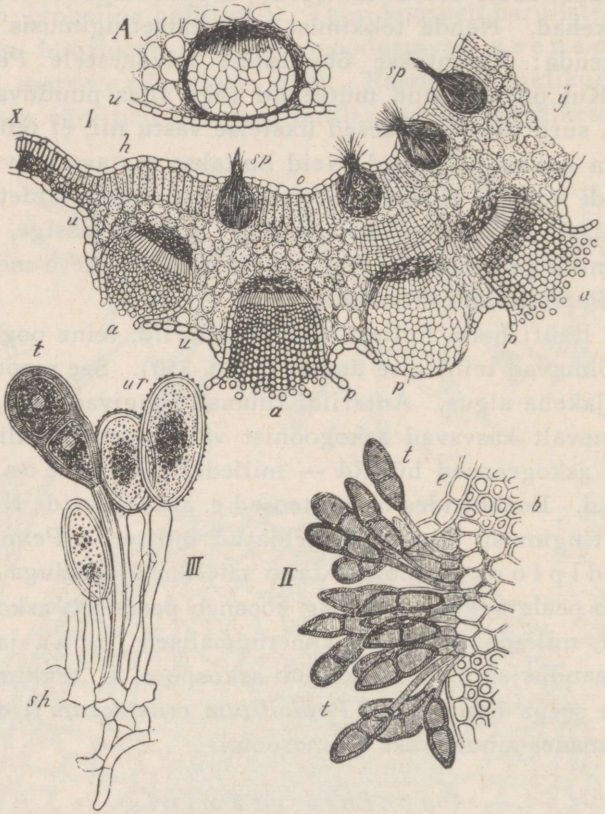
Teatavatel tingimustel (eelduseks on hapniku puudumine) tekivad substraadis oleval mütseelil nööpnõelapea-suurused kerajad viljakehad. Nende tekkimist võib katsetingimusis järgmiselt esile kutsuda: Külvatakse õhukestele leivakestele *Penicillium*'i eoseid. Kui on tekkinud mütseelid (aga alles puuduvad koniidikandjad), surutakse leivakesed üksteise vastu nii, et mütseelikihid üksteisega kokku puutuvad. Neid hoitakse teatava surve all, kahe klaasplaadi vahel. Klaaside servadel olev ruum täidetakse õhku vähe läbilaskva täidisega, näit. märja ligniinimassiga, et raskendada hapniku juurdepääsu seenele. Umbes 14 päeva möödudes on leib täis *Penicillium*'i viljakehi.

Kaks hüüfi haru, millest üks on anteriid, teine oogoon (askogoon), põimuvad teineteise ümber (joon. 350). See moodustis ongi noore viljakeha algus. Anteriidi tuumad tungivad askogooni. Sellele järgnevalt kasvavad askogoonist välja mitmerakulised seeneniidid — askogeensed hüüfid — milledel tekivad e o s k o t i d e. a s k u s e d. Eoskottides on kotteosed e. askospoorid. Neist areneb soodsail tingimusil eespool-kirjeldatud mütseel. *Penicillium* on h a p l o - d i p l o n t haploidse faasi täieliku ülekaaluga. Diploidne faas tekib peale sugutamist ning koosneb peamiselt askogeensetest hüüfidest, millede rakud on kahetuumalised (n+n), ja askustest (2n). Taandusjagunemine toimub askospooride tekkimisel. Viimased on seega haploidsed. *Penicillium crustaceum*'il on haploidsetes tuumades ainult kaks kromosoomi.

P u c c i n i a g r a m i n i s.

H a r i l i k u k õ r r e r o o s t e üheks peremeestaimeks on kukerpuu *(Berberis vulgaris)*. Kõrrerooste elutseb kukerpuu lehtedes. Hüüfid täidavad tihedalt rakuvaheruume, mis seene mõjul suurenevad, sest et seen lahustab rakuseinte kesklamelle. Varsti muutuvad vastavad leheosad: nad hüpertrofeeruvad (joon. 351) seene esilekutsutud assimilaatide jõudsa juurdevoolu tõttu. Ühtlasi tekib sammaskoe rakkude, osalt ka teiste lehe rakkude vakuoolides rohkelt antotsüaniini. Mõne aja pärast katkeb lehe pealmisel pinnal epidermis kohtadel, kus epidermise all on tekkinud a l g e o s -

laid (pükniidiume). Seal arenevad hüüfide otstel püknospoorid e. algeosed. Algeosed satuvad kergelt teistele kukerpuu lehtedele, kus nad sama haiguse esile kutsuvad. Seenehüüfid on kõrreroostel mitmerakulised. Iga rakk on ühetuumaline, haploidse (n=2) tuumaga, samuti nagu algeosedki. Varsti arenevad kukerpuu lehtede alumisele pinnale kausjad moodustised — kevadeoslad.

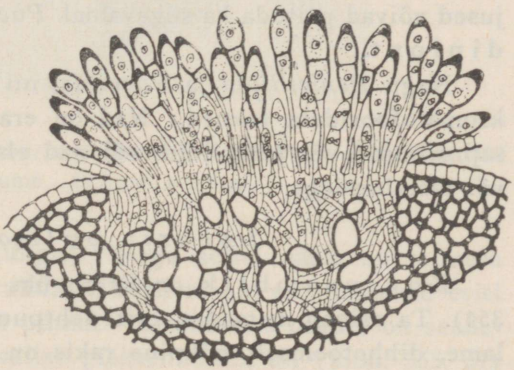


Joon. 351. *Puccinia graminis.* I — kukerpuu *(Berberis vulgaris)* lehe ristilõik; lehe alumisel pinnal kevadeoslaid (a), pealmisel pinnal — algeoslaid (sp). II — teleutospoorid kõrrelise varrel. III — uredospoorid ja üks teleutospoor. e, h ja u — epidermis. ur — uredospoor, t — teleutospoor. De Bary ja Sachs'i järgi.

Igas kevadeoslas (*aecidium*'is) valmib hulk nurgelisi kevadeoseid. Enne kevadeoste tekkimist toimub suguline protsess. Kukerpuu lehtedes on mütseele, mis on tekkinud mitmesugustest algeostest. Mõned neist mütseelidest kopuleeruvad teineteisega.

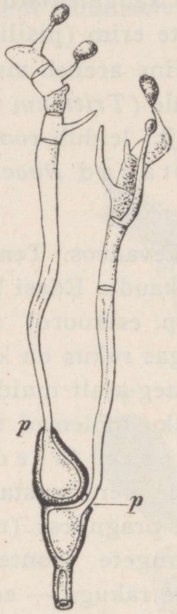
Seejuures tungivad ühe hüüfi tuumad teise hüüfi rakkudesse, mistõttu tekib nüüd kahetuumalisi rakkusid (n+n). Need kahetuumalised rakud jagunevad ning annavad kevadeoseid (I), ilma et toimuks tuumade ühtesulamist. Selle tõttu on kevadeosed kahetuumalised. Tuule abil kanduvad parasiidi kevadeosed teisele peremeestaimele. Katsed on selgitanud, et parasiit on kaugeleulatuvalt spetsialiseerunud. On olemas hariliku kõrrerooste erim (pisiliik), mis infitseerib ainult rukist *(Secale cereale)*; teine areneb ainult kaeral *(Avena sativa)*, kolmas on kohanenud odrale *(Triticum vulgare)*. Ka niidukõrrelistel, nagu *Agrostis*, *Poa* jt., leidub roostehaigust; neid kõrrelisi infitseerivad ainult vastavad *Puccinia graminis*'e erimid.

Sattunud kõrrelise lehele või varrele, idaneb kevadeos. Temast välja kasvav hüüf tungib peremeestaime õhulõhe kaudu. Edasi kasvavad seenehüüfid epidermise ja mesofülli (resp. esikoore) rakkude vahel. Need hüüfid on mitmerakulised. Igas rakus on kaks haploidset tuuma (n+n). Seeneniitides toimub aeg-ajalt muidugi tuumade jagunemisi. Alati jagunevad teatava raku mõlemad tuumad ühteaegu. Mõne aja pärast algab suvieoste (uredospooride, II) teke. Seenehüüfid kutsuvad esile peremeestaime epidermise lõhkemise pikipragudena. Tekkinud pragudest (neid esineb kõrreliste lehtedel ja vartel lühikeste ruugete joontena) kasvavad välja hüüfid, mis lõpevad igaüks ovaalse rakuga — suvieosega. Suvieosed sisaldavad, samuti nagu kevadeosedki, kahte haploidset tuuma (n+n). Sügisel algab kas samadel kohtadel või ka uutel nn. talieoste (teleutospooride, III) teke (joon. 352).



Joon. 352. *Puccinia graminis*'e teleutospooride kogu kõrrelisel. Sappin-Trouffy järgi.

Talieoste kandjad asetsevad tihedalt koos. Iga kandja otsas on kaherakuline, paksukestaline eos. Alles neis eostes ühinevad haploidsed tuumad, andes diploidseid (2n) tuume. Kummaski talieose rakus on seega diploidne tuum. Et haploidne kromosoomide arv on *Puccinia graminis*'el kaks, siis on nüüd tekkinud tuumades neli kromosoomi.



Joon. 353. *Puccinia graminis*'e idanenud teleutospoor. Seletus tekstis. Tulasne'i järgi.

Talieosed talvituvad lume all. Kevadel idanevad nad. Kummastki rakust (joon. 353) kasvab eelniidistik e. promütseel, mis moodustab neljarakulise eoskanna (basiidiumi), millel tekib 4 kandeost e. basidiospoori. Basidiospooride tekkimisel toimub taandusjagunemine. Basiidi tuum jaguneb algul kaheks, siis veel korra, andes lõpuks neli eose tuuma. Basidiospoorid on seega haploidsed (n). Tuul kannab neid noortele kukerpuu lehtedele. Seal annavadki nad ühetuumalistest rakkudest koosneva mütseeli, mis varsti hakkab tootma algeoseid ja kevadeoseid.

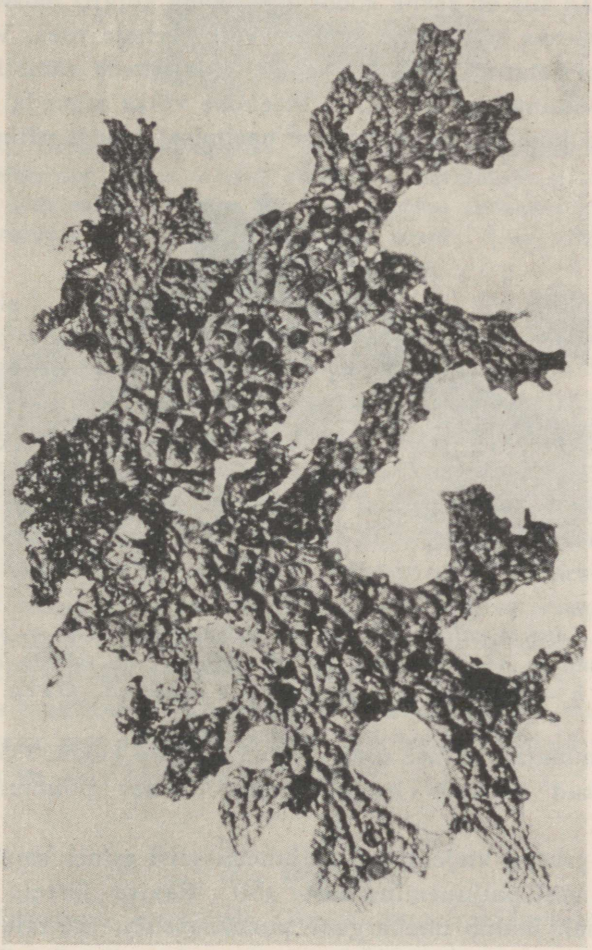
Parasiteeriv eluviis on põhjustanud täieliku tagasimineku *Puccinia graminis*'e morfooogilises struktuuris. Ta ehitus on harukordselt lihtne. On põhjust arvata, et see lihtsus on sekundaarne. Teiselt poolt on keerulised elutingimused (kaks peremeestaime!) võib-olla põhjustanud eoste mitmekesisuse (viis eoste liiki), kuid selle nähtuse tõelised põhjused võivad peituda ka sügavamal. *Puccinia graminis* on haplodiplont.

Nagu *Penicillium* ja *Puccinia*, nii on ka kõik teised seened kromatofoorideta taimed. Nad on eranditult heterotroofsed, kas saprofüüdid või parasiidid, või nad elavad sümbioosis eostaimede või õistaimedega.

Lobaria pulmonaria.

Kopsusamblik on Eestis üks suurimaid samblikke (joon. 354). Ta esineb metsades, eriti lehtpuude tüvedel. Kopsusambliku lame, dihhotoomselt hõlmine rakis on dorsiventraalse ehitusega.

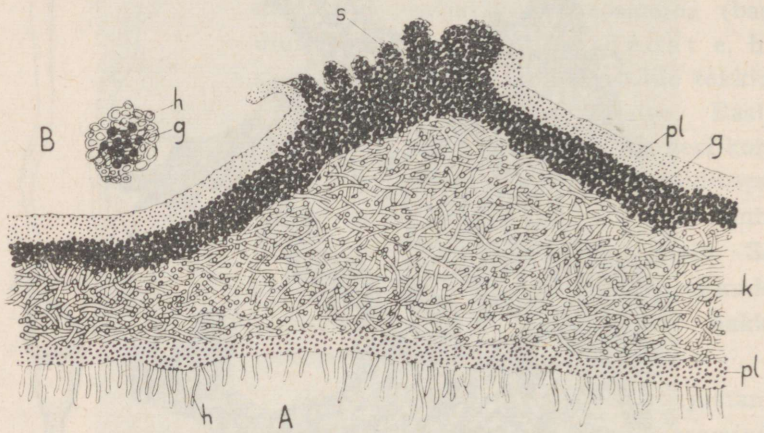
Pealt on ta võrkjalt õnara pinnaga, rohekaspruun kuni pruun. Roiete võrk on rakisel kaetud jahuka kattega. Alumine, kohati tursunud rakise pind kannab lühikesi pruune kuni mustjaid risoide.



Joon. 354. Kopsusamblik *(Lobaria pulmonaria).* Rakisel näha nööpjaid apoteetsiume. M i g u l a järgi.

Talluse ehitus selgub ristilõigul. Nagu sellel näha, on talluses kahesuguseid elemente. Pruunikad seeneniidid moodustavad eriti tiheda koe talluse pealmisel pinnal. Keskmistes osades on seeneniite hõredamalt. Tiheda välise plektenhüümi all (joon. 355, pl)

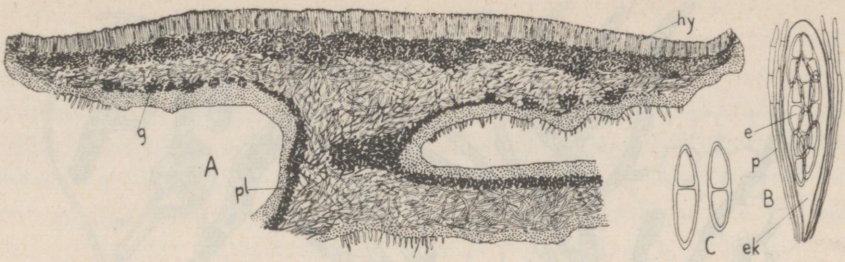
leidub rohkelt rohelisi rakkusid, mis osutuvad rohevetika *Protococcus*'e isenditeks. See vetikas esineb ka väljaspool samblikku. Vetikas paljuneb samblikus ainult vegetatiivselt, ilma et ta moodustaks eoseid ehk sugurakkusid. Et seen pole võimeline assimileerima CO_2, siis on seene kooselu vetikaga kõigiti mõistetav kasu seisukohast, mis seesugune kooselu võib seenele tuua. Vetikas on pigemini orjastatud (helotism). Et kindlustada sambliku paljunemist tervikuna, see on nii, et otsekohe võiks areneda uus samblik, tekivad kopsusambliku talluse pealmisel pinnal väikesed kera-



Joon. 355. *Lobaria pulmonaria*. A — talluse ristilõik: pl — tihe plektenhüüm, k — talluse sisemised kihid, g — goniidid (vetika rakud). B — soreed: h — hüüfid, g — vetika rakud. s — soreed. Orig.

jad kuni munajad talluse osad — soreedid (joon. 355). Neis on vetika rakud tihedalt kaetud nende ümber põimunud seenehüüfidega.

Peale praegu kirjeldatud paljunemisviisi esineb samblikus oleval seenel veel paljunemine eoste abil. Rakise äärtel, selle pealmisel pinnal, leidub ümmargusi, punakaspruune kettaid — apoteetsiume, mis nööpidena kinnituvad tallusele (joon. 354). Apoteetsiumi pikilõigul (joon. 356) selgub, et nendes moodustistes esinevad nii seen kui ka vetikas. Hõredale vetikat sisaldavale seeneniidistikule järgneb apoteetsiumi pealmisel pinnal tihe kude, nn. hümeenium. Viimane koosneb niitjatest mitmerakulistest parafüüsidest ning parafüüside vahel olevatest eoskottidest (*ascus*'test). Igas eoskotis on kaheksa eost. Need on süstjad, 20—25 μ pikad, ligi 7 μ laiad, kaherakulised (joon. 356). Valmi-



Joon. 356. *Lobaria pulmonaria.* Apoteetsiumi ja talluse pikilõik (A). hy — hümeenium, milles tekivad askused ja parafüüsid, g — gonidiaalne kiht, pl — plektenhüüm. B — askus (ek) kaheksa askospooriga (e); askuse kõrval parafüüse (p). C — kaherakulised eosed. A — orig., B ja C — M i g u l a järgi.

nud eosed pääsevad lõpuks eoskottidest välja ja tuul kannab neid laiali. Selleks, et neist võiks areneda uus kopsusambliku indiviid, on tarvis õnnelikku juhust: eos peab sattuma kohale, mis on kasvuks sobiv ning kus seene eose idanemisel leidub ka vetikas *Protococcus*'e rakke.

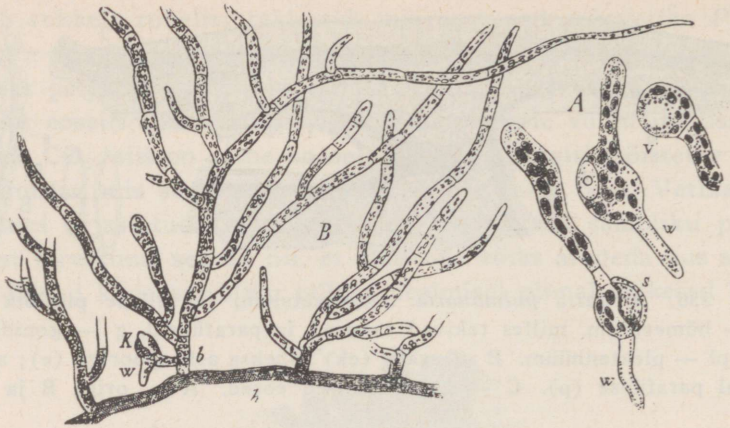
Samblikud on väga resistentsed taimed. Näit. *Lobaria pulmonaria* tõuseb epifüüdina puutüvedel kuni 20 m kõrgusele. Ta on eksponeeritud kevadel ja sügisel (vähem suvel) otseste päikesekiirte mõjule ja talvel külmadele tuultele. Kuiva ilmaga kuivab ta niivõrra kokku, et muutub üsna hapraks. Juba vähesest vihmast (või ka lihtsalt küllaldasest õhuniiskusest) piisab, et kopsusambliku rakis muutuks jälle elastseks. Vihmase ilmaga muutub samblik rohekaks, sest siis paistab hästi läbi vetikate (neid nimetatakse samblikel ka g o n i i d i d e k s) kiht.

33. peatükk.

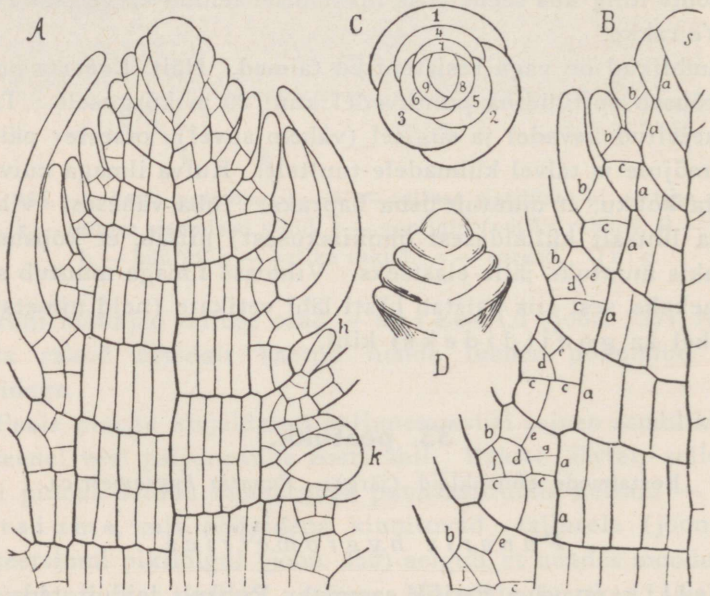
Eostaimede elutsükleid (järg): *Funaria hygrometrica.*

F u n a r i a h y g r o m e t r i c a.

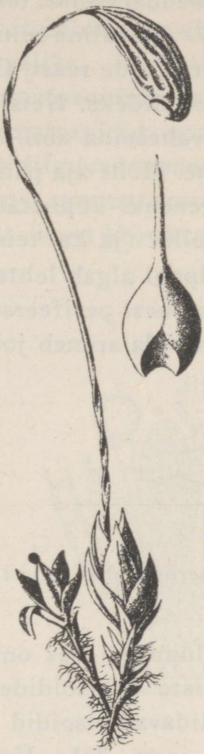
H e l l i k on väga harilik sammal. Rohkelt leidub teda näit. tuleasemeil metsas ja raiestikel, kus ta sageli katab maapinda tiheda madala rohelise vaibana. Helliku isendid arenevad eostest, mida tuul on tuleasemele toonud. Eosed on kerajad, ligi 15 μ läbimõõdus. Neis on ühetuumaline protoplast, mis on varustatud roheliste kromatofooridega, mis vastavad kõigiti õistaimede kloroplastidele



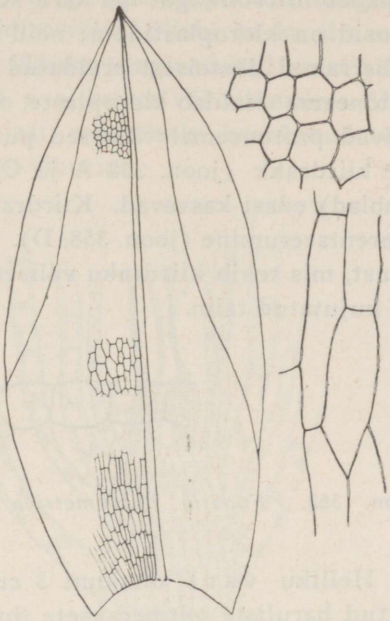
Joon. 357. *Funaria hygrometrica.* A — eose idanemine, rakkudes kloroplaste ja tuum; w — risoid; s — eose eksospoor. B — osa eelniiti kolm nädalat hiljem. On tekkinud haruline, niitvetikaga sarnanev rakis. k — pung, millest areneb lehtedega kaetud samblataim. S a c h s'i järgi.



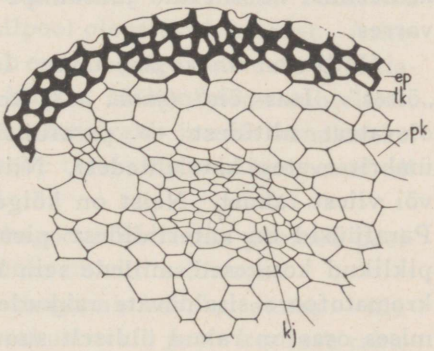
Joon. 358. Varre tipu pikilõigud (A ja B) ja ristilõik (C) *Fontinalis antipyretica*'l. A — näha kiirdrakust (s) moodustatud segmente, mis on hiljem edasi jagunenud. k — külgharu pung. Tähtede järjekord joonises B näitab vaheseinte tekkimise järjekorda. C — kiirdrakk ja sellest tekkinud segmendid pealtvaates. D — varre kasvukuhik lehealgetega (küljelt). M ü l l e r'i järgi.



Joon. 359. *Funaria hygrometrica.* Joonisel sporogooniga taim ja tanu. Limpricht'i järgi.

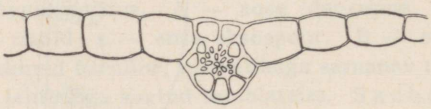


Joon. 360. *Funaria hygrometrica* leht. Rood ulatub lehe tipust kuni lehe aluseni. Rakkude kuju muutub tipu poole: seal on rakud parenhüümsed; lehe alumises pooles on nad piklikud, enam-vähem prosenhüümsed. Orig.



Joon. 361. *Funaria hygrometrica* varre ristilõik. ep — epidermis, tk — subepidermaalne tugikude, pk — põhikude, kj — juhtkude. Orig.

sisaldades klorofülle, karotiini ja ksantofülli. Eeose idanemisel tekib roheline eelniit e. protoneema, joon. 357. Haruline eelniit sarnaneb niitvetikaga; iga haru koosneb lihtsast rakkude reast. Osa harusid on kloroplastideta; neid nimetatakse risoididekś. Neis on naaberrakud üksteisest eraldatud viltu asetuva vaheseina abil. Et protoneema sisaldab kloroplaste, on ta autotroofne. Mõne aja pärast tekivad protoneemal väikesed pungad. Neis arenebki kolmetahuline kiirdrakk (joon. 358 A ja C), mille abil hellik (ja ka teised samblad) edasi kasvavad. Kiirdrakust natuke allpool algab lehtede diferentseerumine (joon. 358, D). Iga leht areneb ühest perifeersest rakust, mis tekib kiirdraku välisest osast. Aegamööda areneb joon. 359 kujutatud taim.

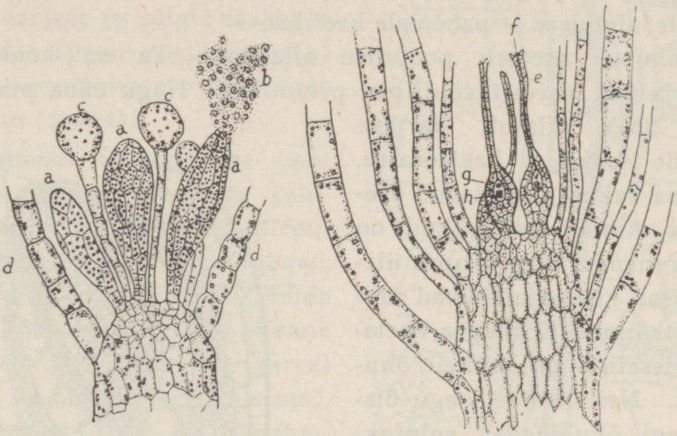


Joon. 362. *Funaria hygrometrica* lehe ristilõik leheroo kohal. Orig.

Helliku vars on kuni 3 cm pikkune. Alumises osas on ta kaetud haruliste mitmeraksete torujate moodustiste — risoididega. Nende abil kinnitub taim maapinnale. Ühtlasi täidavad risoidid ka juurekarvade ülesannet. Varre ehitus selgub joon. 361. Varre ristilõigul võib eritella väliskoort (epidermist), põhikudet ning juhtkudet. Ülemises osas kannab vars lehti (joon. 359 ja 360). Need on väikesed, ühekihised (joon. 362), kinnituvad varrele laia alusega. Ainult leherood on mitmekihine. Keskel on näha õrnade seintega rakkusid, nn. leptoide. Oletatavasti täidavad nad sammaldel sama ülesannet, mis õistaimedel juhtkimbu niinosa. Tõelisi floeemist ja ksüleemist koosnevaid juhtkimpe sammaldel ei leidu ei lehes ega varres.

Hellik on ühekojane taim. Isas- ja emas-suguorganid on eri „õites". Isas-„õis" (joon. 363) koosneb anteriididest, nende vahel olevatest niitidest — parafüüsidest ning anteriide ja parafüüse ümbritsevatest katelehtedest. Niitjad parafüüsid koosnevad neljast või viiest rakust. Neist on kõige suurem otsmine kerajas rakk. Parafüüsid on anteriididest pisut pikemad. Anteriidid on piklikud kotikesed, millede sein koosneb ainsast piklik-nurgeliste, kromatofoore sisaldavate rakkude kihist, kusjuures anteriidi ülemises osas on rakud üldiselt suuremad. Anteriid on tihedalt täi-

detud väikeste plasmarikaste spermatozoidide emarakkudega. Spermatozoidide emarakkude tuum kasvab ja muutub lõpuks lühikeseks spiraaliks. Kui valminud anteriid veega kokku puutub, tungivad spermatozoidide emarakud anteriidist välja. Siiski on ka siis veel spermatozoidid emarakkude sees; lõpuks tungivad nad neist välja ning liiguvad sammalt katvas vees, s. o. kastes või vihmavees. Valminud spermatozoid koosneb niitjast spiraalselt keerdunud tuumast, ühest kromatofoorist ja kahest viburist.



Joon. 363. *Funaria hygrometrica.* Vasemal isasharu anteriididega (a); nende vahel parafüüsid (c). Paremal emasharu arhegoonidega. a — anteriid, b — spermatozoidid, c — parafüüsid, d — lehed; e — arhegooni kael, f — arhegooni kaelakanal, g — arhegooni mõhuosa, h — munarakk. D i x o n'i järgi.

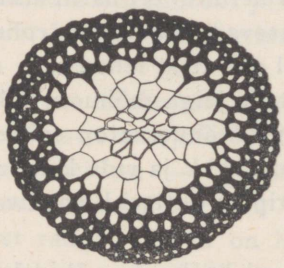
A r h e g o o n i d (joon. 363) tekivad hellikul eri harul anteriide kandva haru läheduses. Neid ümbritsevad harilikud rohelised lehed, mis vähe erinevad teistest, allpool olevatest lehtedest. Arhegoon sarnaneb kujult pudeliga. Võib eritella jalga, mõhuosa ja kaelaosa. Arhegooni sein on 1- kuni 2-kihine. Mõhuosas on suhteliselt suur munarakk. Edasi järgneb mõhu-kanalrakk ja rida kanalrakke. Valminud arhegoonil avaneb kael selle tipul; ühtlasi limastuvad nii mõhu-kanalrakk kui ka kanalrakud.

Spermatozoidide tungimine arhegooni kaelaossa põhineb positiivsel kemotaksisel. Mõjuvaks aineks on siin sahharoos.

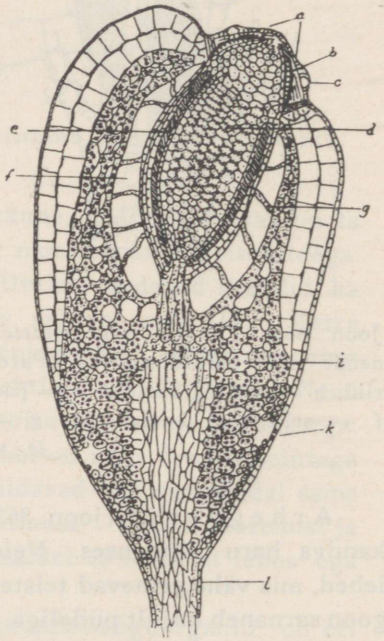
Sugutatud munarakk jaguneb arhegoonis kaheks rakuks — ülemiseks ning alumiseks. Alumisest rakust tekib peale korduva raku-

jagunemise nn. jalg. Jalg on piklik organ, mis on tihedalt ühenduses arhegooni põhjaga. Ülemisest rakust tekkiv embrüo kinnitub jalale; ta kasvab väga jõudsalt. Alul peab arhegooni sein selle kasvuga sammu. Hiljem katkeb arhegoni sein ja selle ülemisest osast tekib nn. tanu *(calyptra)*, alumisest osast tupp *(vagina)*, mis ümbritseb jalga. Embrüo diferentseerub aegamööda harjaseks *(seta)* ja eoskupraks *(capsula)*. Seeta on 4—5 cm pikk kollane, lõpuks punakas, ülemises osas kaares allapoole kõverdunud harjasjas moodustis (joon. 359). Ta on ülemises osas paremale, alumises — pahemale keerdus.

Eoskupar asetseb poolviltu allapoole. Ta on kohrselgne, pirnikujuline, kuivalt voldiline, pruunikas. Nagu näha pikilõigul (joon. 365), ulatub harjase juhtkude eoskupra kaelaosasse. Kaelaosa rakud sisaldavad kloroplaste. Assimilatsioonikude on hästi arenenud ka eoskupra ülemises osas, kus seda läbivad suured õhukäigud. Eoskupra kaelaosa välisseinas on rohkelt õhulõhesid. Neil leiame, nagu õistaimedegi õhulõhedel, sulgrakkusid. Kaks sulgrakku piirab iga õhulõhet, mille kaudu toimub siin stomataarne transpiratsioon ja ka gaaside vahetus. Eoskupra ülemise osa epidermise all on kahekihine veekude.

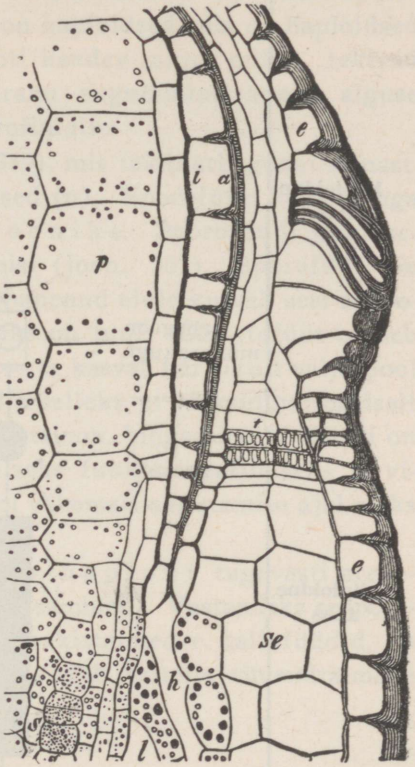


Joon. 364. Ristilõik läbi eoskupra jala e. harjase *(seta)*. Keskel juhtkude, perifeersetes osades tugikude (paindetugev ehitus). Orig.



Joon. 365. *Funaria hygrometrica* eoskupar pikilõigus. a — kaas *(operculum)*; b — peristoom; c — sõõr *(annulus)*; d — *columella;* e — sporogeenne kude; f — õhuruum; g — niidid, mis ühendavad eoskupra seina eoskotiga; i — assimilatsioonikude; k — õhulõhe; l — epidermis. Dixon'i järgi.

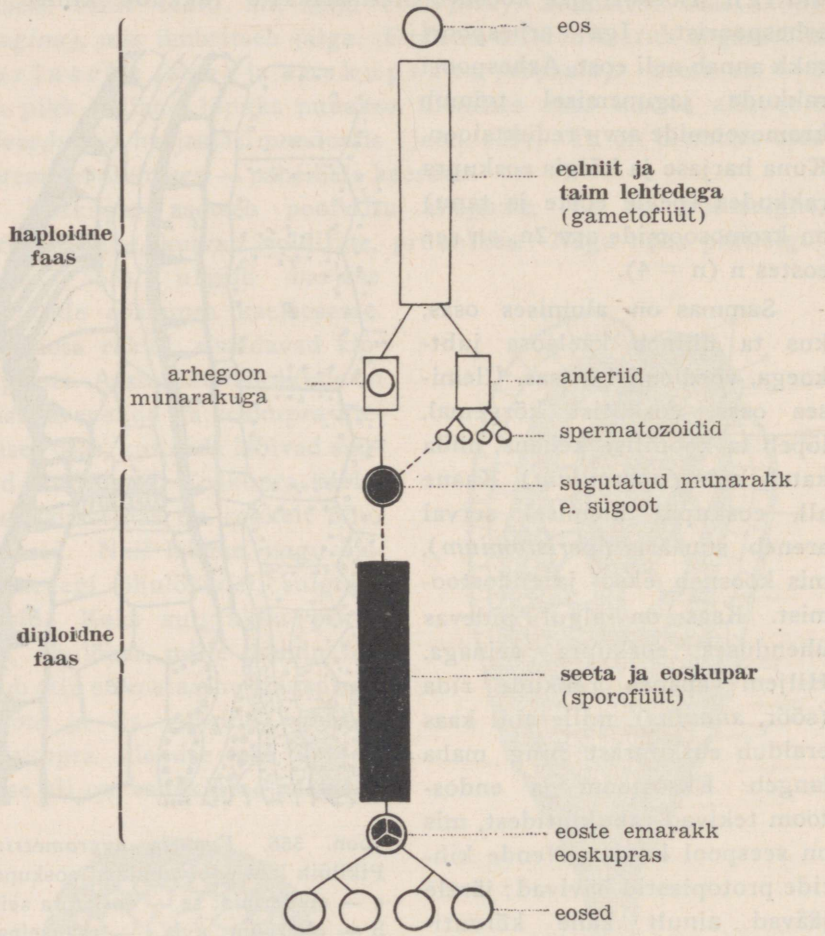
Eoskupra ülemist osa läbib kompaktne keha — sammas *(columella)*. Sammast ümbritseb eoskott (joonisel viirutatud). Väljapoole järgneb eoskoti mitmekihine sein, siis õhuruum, mis lahutab eoskotti eoskupra seinast. Õhuruumi läbivad mitmerakulised niidid (g). Eoskoti sisu koosneb plasmarikaste rakkude kihist — arhespoorist. Iga arhespoori rakk annab neli eost. Arhespoori rakkude jagunemisel toimub kromosoomide arvu reduktsioon. Kuna harjase ja kõigis eoskupra rakkudes (peale eoste ja tanu) on kromosoomide arv 2n, on see eostes n (n = 4).



Joon. 366. *Funaria hygrometrica*. Pikilõik läbi poolvalminud eoskupra. e — epidermis; se — eoskupra sein; h — õhuruum; a ja i — rakuseinad, milledest tekivad väline ja sisemine peristoom. S a c h s'i järgi.

Sammas on alumises osas, kus ta ühineb kaelaosa juhtkoega, võrdlemisi kitsas. Ülemises osas, eoskotist kõrgemal, lõpeb ta koonilise kehana, mida katab kaas *(operculum)*. Kaane all, eoskupra ülemisel serval areneb suuääris *(peristomium)*, mis koosneb ekso- ja endostoomist. Kaas on algul pidevas ühenduses eoskupra seinaga. Hiljem vabaneb rakkude rida (sõõr, *annulus*), mille abil kaas eraldub eoskuprast ning maha langeb. Eksostoom ja endostoom tekivad rakukihtidest, mis on seespool kaant. Nende kihtide protoplastid hävivad; järele jäävad ainult kahe kõrvutioleva rakukihi omavahel kokkupuutuvad paksenenud rakuseinad. Sel teel tekkinud väline membraan lõheneb lõpuks radiaalselt, andes 16 eksostoomihammast, mis tippudel püsivad üksteisega ühenduses. Sisemine suuääris (endostoom) koosneb *Funaria*'l samuti kuueteistkümnest hambast. Suuäärised kinnituvad eoskupra ülemisele servale. Eoste valmimisega käsikäes käib kolumella kuivamine.

Kaane maha langedes pääseksid eosed eoskuprast otsekohe välja, kui poleks olemas peristoome. Peristoomide hambad on hügroskoopsed. Nad on väga tundlikud õhuniiskuse muutustele. Niiske ilmaga kõverduvad nad sissepoole, sulgedes eoskupra suu. Kuiva



Joon. 367. Haploidne ja diploidne faas samblal. Skeem.

ilmaga kõverduvad peristoomi hambad väljapoole, kusjuures teatav hulk eoseid vabaneb. Kuid eoskupar tühjeneb täielikult eostest alles pika aja jooksul. Lõpuks kuivab eoskupar ning hävib aegamööda.

Nagu *Polysiphonia fastigiata*'l, on ka *Funaria hygrometrica*'l kaks põlvkonda: sporofüüt ja gametofüüt. Need erinevad siin

teineteisest väga kaugeleulatuvalt. Sporofüüt on eluviisilt poolparasiit. Ta sisaldab eoskupras küll assimilatsioonikudet ning on autonoomne CO_2 assimilatsioonis, kuid nii vett kui ka mineraalaineid hangib ta seeta ja jala kaudu teiselt generatsioonilt, s. o. gametofüüdilt. Noore sporofüüdi areng aga toimub koguni täielikult gametofüüdi kulul. Gametofüüt areneb diploidsel sporofüüdil tekkinud eosest. Et eosed on haploidsed, siis on haploidsed ka neist kasvav protoneema ja lehti kandev taim, millel tekivad anteriidid ja arhegoonid. Munaraku sugutamine annab alguse diploidsele generatsioonile — sporofüüdile.

Sporofüüti katab tanu (joon. 359), mis tekib arhegooni seinast. Tanu rakkudes on tuumad haploidsed (n). Sporofüüti koos tanuga nimetatakse sammaldel sporogooniks. Sporofüüdi ja gametofüüdi vahekord selgub ka skeemist (joon. 367). Sporofüüt on sammaldel põlvkonnaks, mis on kohanenud elule kuival, sest sporofüüdis tekkivate eoste edasikandjaks on tuul. Gametofüüt oleneb veest küll vähem kui näit. vetikad — ta kasvab harilikult väljaspool vett ning lepib veega, mis on tarvilik selleks, et võiksid normaalselt toimuda eluprotsessid, nagu assimilatsioon, hingamine jt. Siiski on gametofüüdi sugurakkude normaalseks funktsioneerimiseks tarvilik, et vastavate taimeorganite vahel vähemalt sugutamise ajal oleks otsene ühendus vee kaudu.

Funaria hygrometrica on diplo-haplont tugevasti arenenud haploidse faasiga, nagu teisedki samblad. Vastandiks eespoolkäsiteldud taimedele, mis kõik on rakistaimed e. tallofüüdid, on lehtsamblad kormofüüdid, sest et neil võib eritella tüvendtaimede põhiorganeid — vart ja lehte.

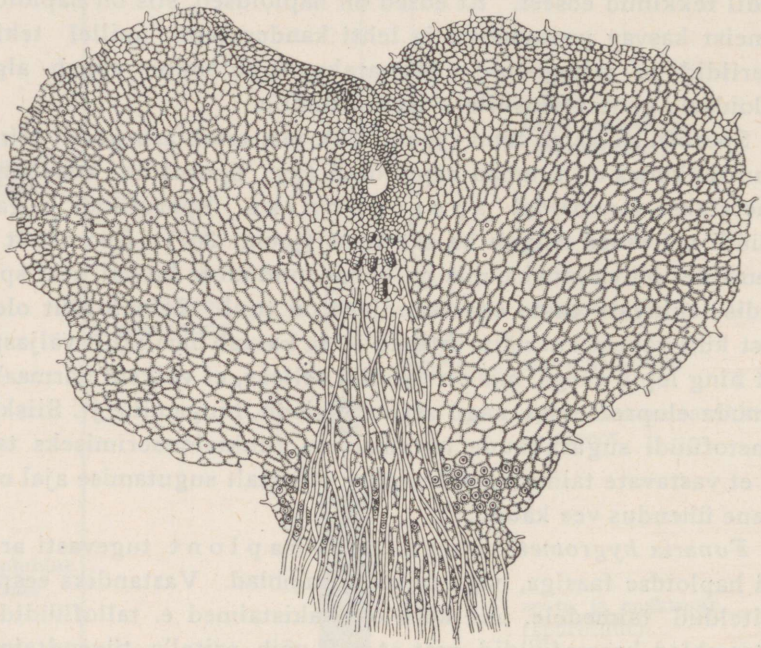
34. peatükk.

Eostaimede elutsükleid (järg): *Dryopteris filix mas. Selaginella selaginoides.*

Dryopteris filix mas.

Maarjasõnajalg on metsades, põõsastikes jne. võrdlemisi harilik. Üherakulisest eosest, mis kaetud pruuni eksiiniga, kasvab eelleht (protallium). Et juba eos sisaldab kloroplaste (eos on üherakuline, ühe tuumaga), siis on temast arenev eellehtki roheline ja seega autotroofne. Õhuke eelleht (joon. 368) kasvab initsiaalraku abil, mis asub eellehe hõlmu üksteisest lahutava

väljalõigu alusel. Südaja eellehe läbimõõt on 1 cm ümber; ta on suuremas osas ühekihine, seega väga õrn. Eellehe alumisel (maapoolsel) küljel tekivad torujad rakud, risoidid. Need ei sisalda kloroplaste. Risoidid täidavad juurekarvakeste ülesannet. Mitmekihisel protalliumi keskosal tekivad arhegoonid (väljalõigu läheduses) ja anteriidid (risoididega kaetud osas).

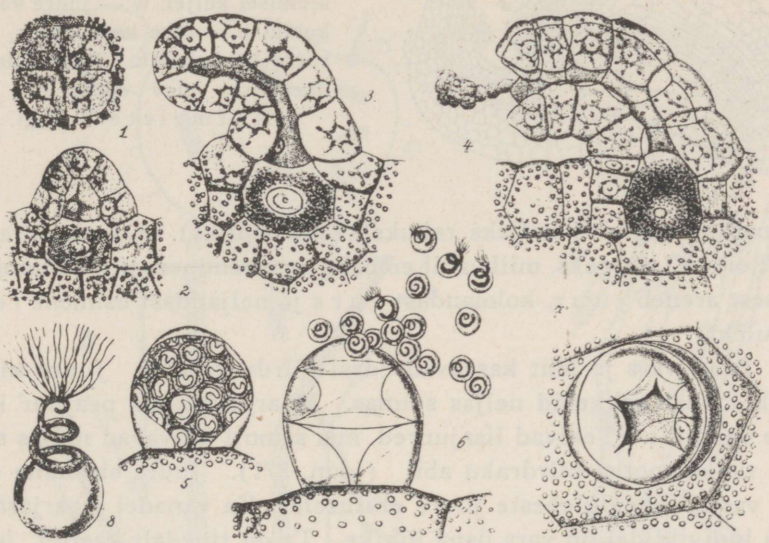


Joon. 368. *Dryopteris*'e liigi protalliumi (eellehe) maapoolne külg. Talluse keskosas risoididest kõrgemal arhegoonid, all — anteriidid. Kny järgi.

Anteriid areneb pinnapealsest protalliumi rakust. Valminud anteriidil (joon. 369) koosneb sein kahest sõõrjast rakust. Kolmas tasakumer rakk on anteriidi kaaneks. Anteriidi sisu jaguneb umbes 48 väikeseks plasmarikkaks rakuks. Neis rakkudes omab rakutuum lõpuks spiraali kuju. Selle spiraali ühel tipul areneb viburite kimp. Seinarakkude paisudes vees avaneb anteriid (kaanerakk langeb maha) ning anteriidist tungivad välja liikumisvõimelised isas-sugurakud — spermatozoidid.

Arhegoon (joon. 369) tekib samuti ühest välisest protalliumi rakust. Sõnajalgadel on arhegooni kaelaosa tunduvalt lühem kui sammaldel. Kael on kõverdunud. Ta koosneb neljast rakureast.

Suurt munarakku sisaldav arhegooni mõhuosa on protalliumis. Munarakk on värvitu, teralise plasmaga. Munarakust kõrgemal asetsevad mõhu-kanalrakk ja kanalrakk. Valminud arhegoonil lahustuvad need rakud; osa tekkinud vedelikust tungib arhegoonist välja. Tee arhegoonisse leiavad spermatozoidid ka siin sugurakkudele omase kemotaksise tõttu, kusjuures kemotaktiliselt mõjuvaks

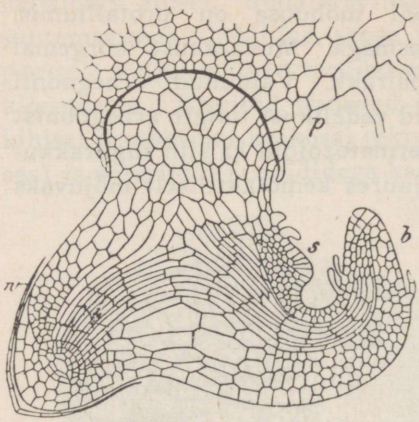


Joon. 369. Maarjasõnajala *(Dryopteris filix mas)* arhegoonid ja anteriidid. 1—4 arhegooni arenemine; 5 — valminud anteriid; 6 — sama avanemismomendil (väljuvate spermatozoididega); 7 — tühjenenud anteriid; 8 — spermatozoid. Kõik tugev. suurend. K n y järgi.

aineks on õunhape, mida eritavad arhegoonid. Ainult ühe spermatozoidi tuum ühineb munaraku tuumaga. Sugutamisel tekib siin sügoot, mis kohe edasi areneb.

Et eosest arenev protallium kannab suguorganeid, siis on ta gametofüüt. Vastandiks sambla gametofüüdile on sõnajala gametofüüt tallusele omase ehitusega. Ta pole diferentseerunud varreks ja leheks. Gametofüüdi rakkudes on haploidne kromosoomide arv (n). Arv n on mitmesugustel *Dryopteris filix mas*'i erimitel mitmesugune (36 kuni 96).

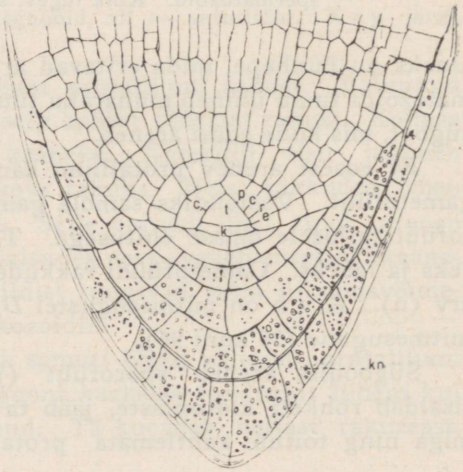
Sügoodist areneb sporofüüt (joon. 370). Kuigi sporofüüt sisaldab rohkelt kloroplaste, jääb ta esialgu ühendusse protalliumiga ning toitub kahtlemata protalliumi kaasabil. Sugutatud



Joon. 370. *Pteridium aquilinum*'i noor sporofüüt protalliumi (p) alumisel küljel. w — juure kasvukuhik, b — lehe kasvukuhik, s — varre kasvukuhik. Protalliumiga ühenduses olev elund on jalg. Hofmeister'i järgi.

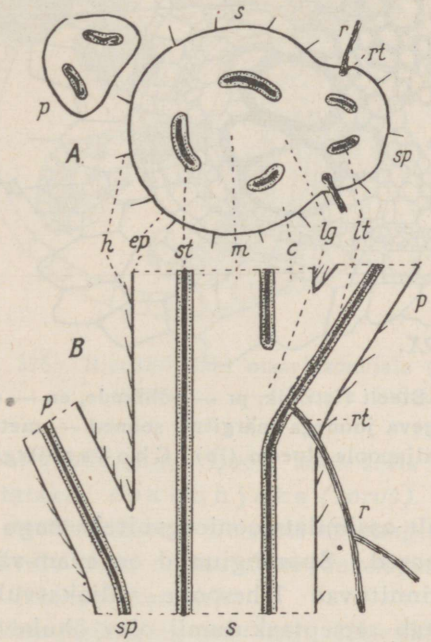
munarakk jaguneb neljaks rakuks (kvadrandiks). Üks kvadrantidest on j a l a algeks, mille abil embrüo on ühenduses protalliumiga; teisest areneb j u u r, kolmandast v a r s ja neljandast esimene l e h t (iduleht).

Juur, vars ja leht kasvavad edasi kiirdraku abil. Juure kiirdrakk toodab rakkusid neljas suunas. Maarjasõnajala peajuur kängub varakult. Tekivad lisajuured, mis samuti kasvavad neljas suunas rakke tootva kiirdraku abil (joon. 371). Juure sisemine ehitus vastab üheiduleheste juure ehitusele. Ka vanadel maarjasõnajala indiviididel on vars üsna lühike. Ta on tihedalt kaetud leherootsude jäänustega ning kannab alumisel pinnal arvukaid lisajuuri. Varres (joon. 372) on epidermise all koor, siis järgnevad



Joon. 371. Juure kasvukuhik *Pteris cretica*'l (pikilõik). t — kiirdrakk, k — juurekübara initsiaalrakk. Kiirdraku segmentides toimub rakkude jagunemine; diferentseeruvad varsti dermatogeen, peribleem (rakkude vahel intertsellulaare) ja pleroom (tihe kude keskel). Strasburger'i järgi.

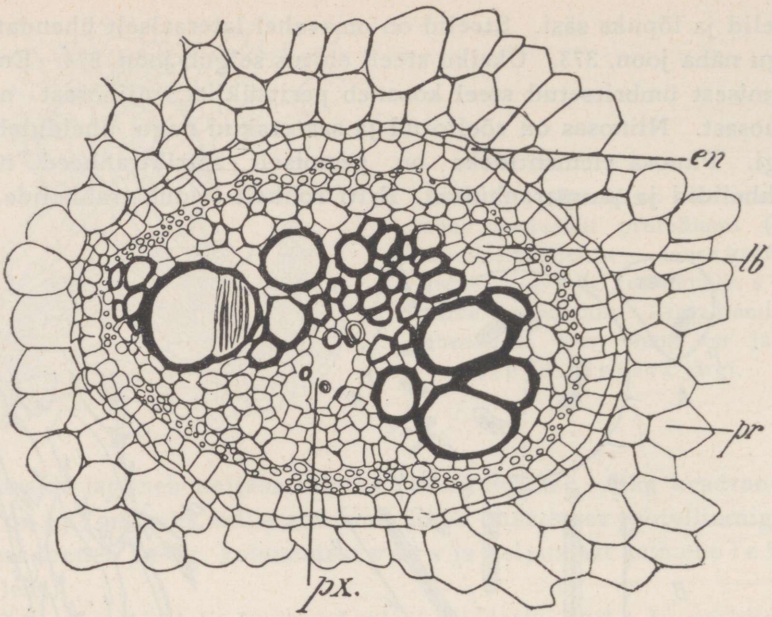
steelid ja lõpuks säsi. Steelid on omavahel lateraalselt ühendatud, nagu näha joon. 373. Üksiku steeli ehitus selgub joon. 374. Endodermisest ümbritsetud steel koosneb peritsüklist, niinosast ning puuosast. Niinosas on sõeltorud ja saaterakud nagu üheidulehestelgi. Puuosa elementideks on peamiselt astriktrahheed ning trahheiidid ja puuparenhüüm. Eriti rohkelt leidub trahheiide.



Joon. 372. Sõnajala vars (skeem). A — ristilõik, B — pikilõik. s — tüvi, sp — leherootsu alus, p — leheroots, r — juur, ep — epidermis, h — trihhoom, c — koor, st — steel, m — säsi, lt — leherood. Ogura järgi.

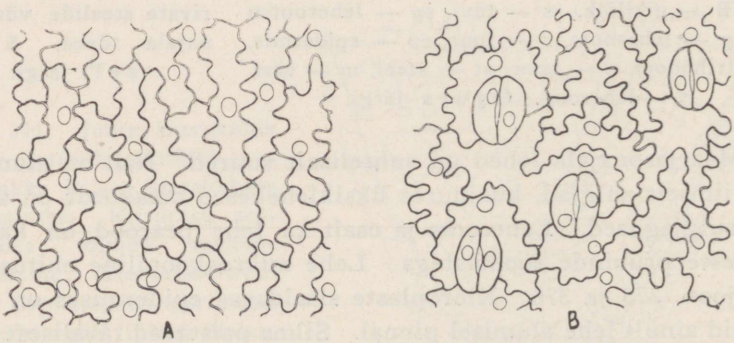
Joon. 373. Anastomoseerivate steelide võrk sõnajala tüves. Stenzel'i järgi.

Maarjasõnajala lehed on suhteliselt suured. Nad on alumises osas ilmselt sulgjad, kusjuures üksiklehekesed omakorda on sügavalt sulgjagused. Leheroots ja osalt ka lehe pearood on kaetud õhukeste pruunide soomustega. Lehe mikroskoopiline ehitus selgub joon. 375 ja 376. Kloroplaste sisaldavas epidermises on õhulõhesid ainult lehe alumisel pinnal. Silma paistavad tavalisest suuremad sulgrakud. Lehe ristilõigul selgub, et mesofüll on hõre. Rakud on mitmeharulised, nende vahel on suured rakuvaheruumid. Sammaskude puudub täielikult.

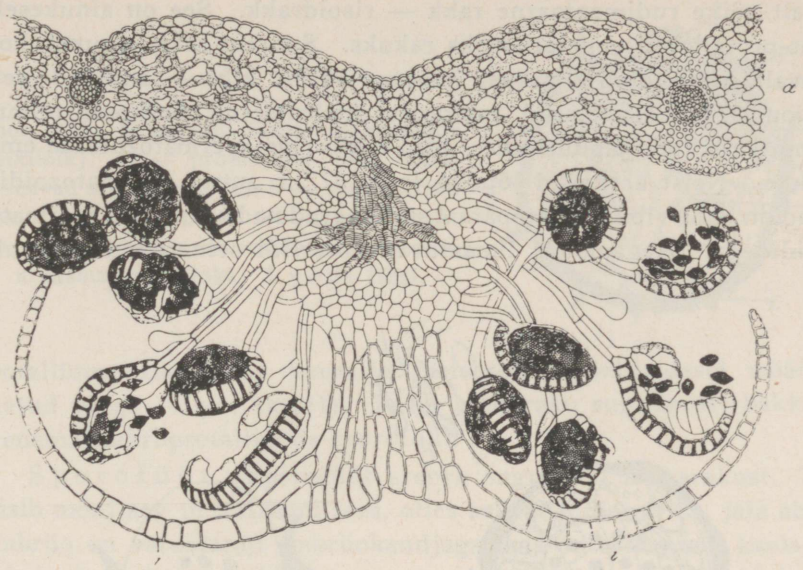


Joon. 374. *Dryopteris filix mas.* Steeli ristilõik. pr — põhikude, en — endodermis, px — protoksüleem, tugeva joonega märgitud sooned — metaksüleem. Ksüleemile järgneb väljapoole floeem (lb). C h o d a t' järgi.

Sõnajala lehed pole ainult assimilatsiooniorganiteks nagu õistaimedel. Neil tekivad ka eosed. Sporangiumid on enam-vähem pikkadel kandjatel, mis kinnituvad lehesoone väljakasvule — retseptaakulumile. Neid katab retseptaakulumil olev õhuke kate



Joon. 375. A — pealmine, B — alumine epidermis maarjasõnajala *(Dryopteris filix mas)* lehel. Rakkudes pole märgitud kloroplaste, küll aga tuumad. O r i g.



Joon. 376. Ristilõik läbi maarjasõnajala *(Dryopteris filix mas)* eoskuhja (sooruse). i — loor e. induusium. K n y järgi.

— loor *(indusium)*. Loori koos selle all olevate sporangiumidega nimetatakse e o s k u h j a k s *(sorus)*. Sporangiumi e. e o s p e s a sein on ühekihine. Teistest sporangiumi seinarakkudest erinevad tunduvalt sõõri e. annuluse rakud, milledel on täita oluline osa eoste laialipaiskamisel.

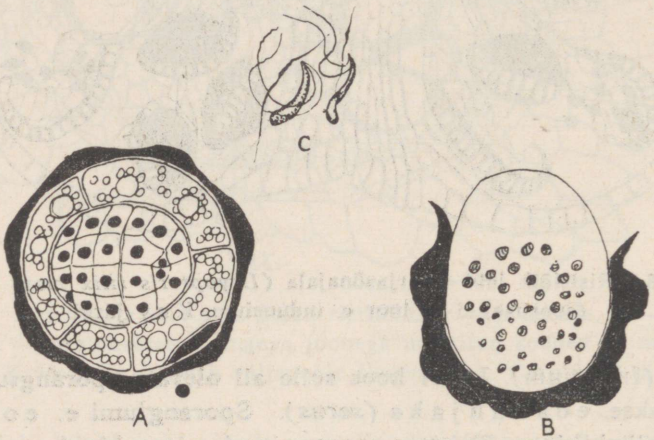
Maarjasõnajalg on, nagu teisedki sõnajalad, d i p l o - h a p l o n t, kahe generatsiooniga (gametofüüt ja sporofüüt). Haploidseks faasiks on protallium, diploidseks — sõnajalataim. Sõnajala sporofüüt on keerulise organisatsiooniga kormus, gametofüüt esineb vähe diferentseerunud tallusena.

S e l a g i n e l l a s e l a g i n o i d e s.

S e l a g i n e l l on väike, 5—6 cm kõrgune, roheline või vasekarva samblasarnane taim, mis esineb lubjarikastes soodes ja kohati ka niitudel. Alustame ka siin, nagu *Funaria*'l ja *Dryopteris*'el, eosega ning tutvume enne gametofüüdiga, siis sporofüüdiga.

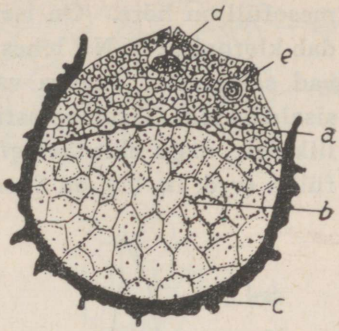
G a m e t o f ü ü t. Selaginellil on gametofüüt kahekojane. On kahesuguseid eoseid: p i s i e o s e d (m i k r o s p o o r i d), umbes 45 μ : 30 μ) ja s u u r e o s e d (m a k r o s p o o r i d, umb. 560 μ läbimõõdus). Mikrospoori sisu jagunemisel eraldub selles kõige-

pealt väike rudimentaarne rakk — risoidrakk. See on ainukeseks isas-protalliumi vegetatiivseks rakuks. Suurem rakk jaguneb korduvalt. Nii tekib 8 rakust koosnev väline kiht — anteriidi sein (joon. 377). Nimetatud rakkudest ümbritsetud keskosas toimub samuti rakkude jagunemine. Siin tekib rida spermatozoidide emarakke. Neist arenevad lõpuks joon. 377, c antud spermatozoidid. Nad on kahe viburiga, seepärast sarnanevad nad sammalde spermatozoididega. Aegamööda limastuvad anteriidi seinarakud. Lõpuks



Joon. 377. Selaginelli eoste idanemine. A — mikrospoori lõik; näha spermatozoidide emarakke, mida ümbritsevad anteriidi seinarakud. Mustana märgitud rakk on isas-protalliumi ainsaks vegetatiivseks rakuks. B — spoori lõhkemine; spermatozoidid on valminud. C — spermatozoidid (1250 × suur.). Lyon'i järgi.

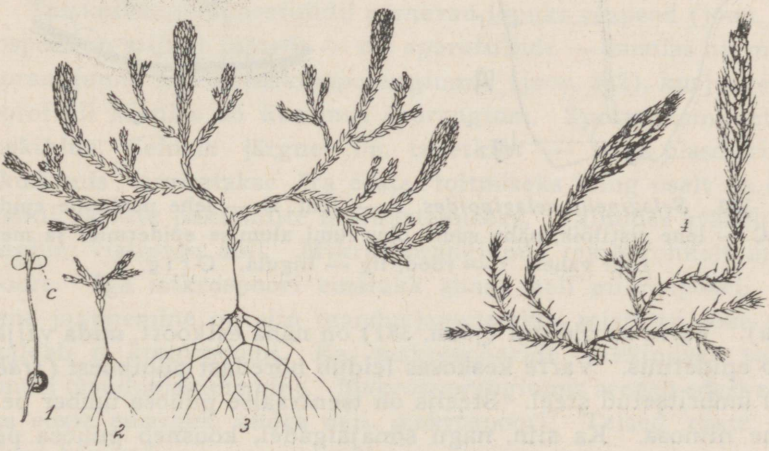
lõhkeb mikrospoor ning spermatozoidid tungivad sellest välja. Isas-protallium on selaginellil seega niivõrd rudimentaarne, et ta ei kasvagi eosest välja. Emas-protallium areneb samuti eoses. Et makrospoor on suhteliselt suur, siis tekib küllalt palju protalliumi rakke (joon. 378). Algul on makrospoor üherakuline, ühe tuumaga. Tuuma jagunemisega käsikäes käib ka rakuseinte teke. Aegamööda muutub makrospoori sisu paljurakseks protalliumiks. Protalliumi koes võib eristada kahte osa — ülemist, milles tekivad arhegoonid, ning alumist, vegetatiivset. Arhegoonil areneb lühike kaelaosa. Peale munaraku tekib arhegoonis veel mõhu-kanalrakk, aga see hävib varsti. Mikrospooridest väljunud spermatozoidid pääsevad makrospoorides oleva emas-protalliumini ainult siis, kui valminud



Joon. 378. Selaginelli idanev makrospoor (pikilõik). a — protalliumi osa, milles arenevad arhegoonid (e), b — vegetatiivne osa. c — makrospoori sein. Arhegoonis, mis märgitud d-ga, on sugutatud munarakk arenemas embrüoks. L y o n'i järgi.

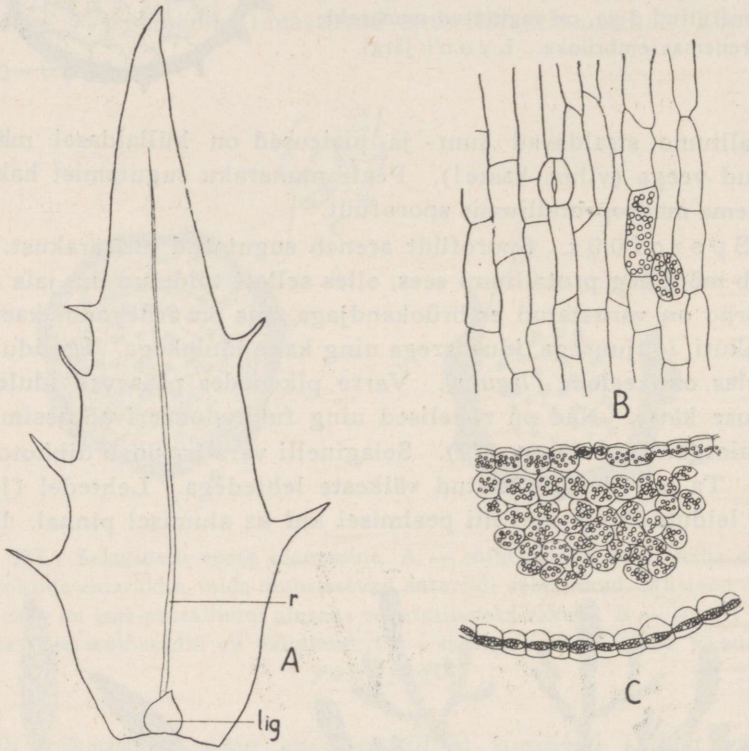
protalliume sisaldavad suur- ja pisieosed on küllaldasel määral kaetud veega (vihm, kaste!). Peale munaraku sugutamist hakkab arenema makroprotalliumis sporofüüt.

S p o r o f ü ü t. Sporofüüt areneb sugutatud munarakust. Ta püsib mõni aeg protalliumi sees, olles sellest toidetud nn. jala abil. Embrüo on varustatud embrüokandjaga, mis on arhegooni kaelaga kohakuti, idujuurega, iduvarrega ning kahe idulehega. Iga idulehe kaenlas on keeleke *(ligula)*. Varre pikenedes pääsevad idulehed valguse kätte. Nad on rohelised ning funktsioneerivad assimilatsiooniorganitena (joon. 379). Selaginelli vars haruneb dihhotoomselt. Ta on tihedalt kaetud väikeste lehtedega. Lehtedel (joon. 380) leidub õhulõhesid nii pealmisel kui ka alumisel pinnal. Lehe



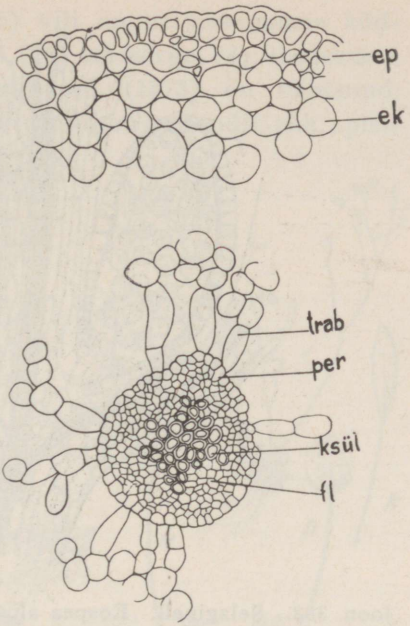
Joon. 379. *Selaginella selaginoides*. 1 — idand (c — idulehed, idandi alusel makrospoor). 2 ja 3 — noored taimed, 4 — täiskasvanud taim. Viimasel näha valminud eospäid. B r u c h m a n n'i ja W e t t s t e i n'i järgi.

mesofüll on hõre. On iseloomulik, et lehtedes ka epidermis sisaldab kloroplaste. Nii lehes kui ka varres olevad kloroplastid muutuvad selaginellil tugeva valgustuse käes punakateks rodoksantiini sisaldavateks kromoplastideks. Vastandina teistele *Selaginella* liikidele, nagu näit. *Selaginella Martensii* jt., milledel esineb anisofüllia (vrd. lk. 11), on *S. selaginoides*'e lehed kõik ühesugused (iso-



Joon. 380. *Selaginella selaginoides.* A — leht, B — lehe pealmine epidermis, C — lehe ristilõik, näha suurt õhuruumi alumise epidermise ja mesofülli vahel. r — rood, lig — liigula. Orig.

füllia). Varre ristilõigul (joon. 381) on näha esikoort, mida väljast katab epidermis. Varre keskosas leidub hõredast põhikoest *(trabecula)* ümbritsetud steel. Steelis on tsentraalse puuosa ümber perifeerne niinosa. Ka siin, nagu sõnajalgadel, koosneb puuosa peamiselt astriktrahheiididest. Et vanemad puuosa elemendid asuvad väljaspool, siis on juhtkimp eksarhne; see juht esineb sageli sooneostaimedel. Niinosa koosneb sõeltorudest ja saaterakkudest.

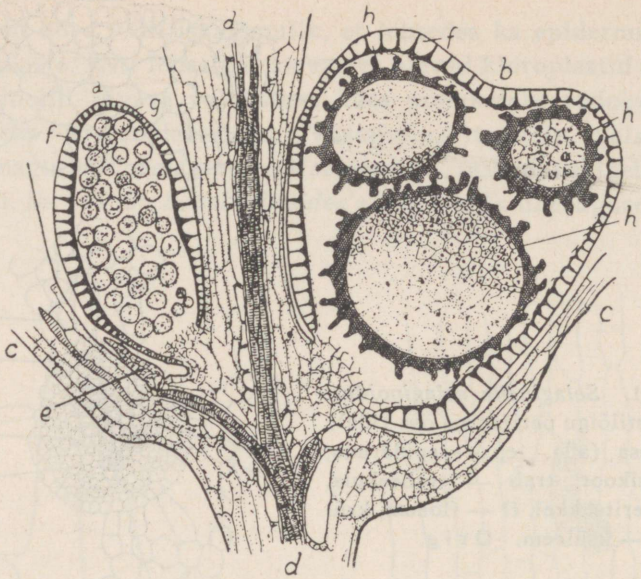


Joon. 381. *Selaginella selaginoides*. Varre ristilõigu perifeerne osa (ülal) ja keskosa (all). ep — epidermis, ek — esikoor, trab — trabeekula, per — peritsükkel, fl — floeem, ksül — ksüleem. Orig.

Juure ehitus on varre ehituse sarnane. Ent juur on muidugi lehtedeta. Ka on juur varustatud juurekübaraga. Juured tekivad *Selaginella* liikidel erilistel positiivselt geotroopsetel lehtedeta vartel, nn. juurekandjail. *S. selaginoides*'el on need aga vaevalt märgatavad.

Täiskasvanud sporofüüdil arenevad lõpuks eospead (joon. 379). Eospeas on eriliste lehtede — nn. sporofüllide — kaenlas nii mikrosporangiumid kui ka makrosporangiumid (joon. 382), kusjuures iga sporofülli kaenlas on üksainus sporangium. Sporangiumi sein on ühekihine. Seinale järgneb nn. tapetkiht — väga plasmarikkad rakud, mis tarvitatakse ära eoste toitmiseks ning osalt ka eoste eksiini katvate paksendite moodustamiseks. Valmides avaneb sporangium ristiprao abil. Mikrosporangiumis tekib rohkelt mikrospoore. Iga mikrospoori emarakk annab neli mikrospoori. Esimene jagunemine on siin taandusjagunemine, mistõttu eose tuum sisaldab n kromosoomi. Ka makrospooride tekkimisel toimub samuti taandusjagunemine. Makrosporangiumis areneb edasi ainult üks eoste emarakk, andes neli makrospoori. Teised eoste emarakud hävivad.

On iseloomulik, et selaginellil algab protalliumi teke sageli juba siis, kui eosed on alles sporangiumis. On liike, kus ka sugu-



Joon. 382. Selaginell. Eospea alumise osa pikilõik. a — mikrosporangium, b — makrosporangium; c — sporofüll, d — eospea telg, e — liigula, f — sporangiumi sein, g — mikrospoorid, h — makrospoorid. Chamberlain'i järgi.

tamine toimub otse emataimel, sest kerged mikrospoorid satuvad hõlpsasti makrosporangiumides olevatele makrospooridele. Õistaimede iseärasuseks on, et nende makrospoorid (megaspoorid) jäävad emataime külge ning vabanevad selle küljest alles siis, kui on toimunud sugutamine ning munarakust arenenud idu. *Selaginella*'d moodustavad huvitava vahelüli, mis seob õistaimi eostaimedega.

35. peatükk.

Muutlikkus ja pärilikkus taimedel. Muutlikkus liigi piirides. Puhas liin. Fenotüüp ja genotüüp. Domineerivad ja retsessiivsed tunnused. Mendeli I seadus.

Samasse taimeliiki kuuluvad indiviidid ühtivad omavahel olulistes tunnustes. Näit. varakevadiku *(Erophila verna)* olulisteks tunnusteks on: (1) juurmine lehtede kodarik, (2) lehtedeta varb, mis kannab kobarõisikut, (3) valged õied valemiga (4)

$$\ast \; K_{2+2} \; C_4 \; A_{2+4} \; G_{\underline{\ddot{u}}\,(2)}$$

kahelõheste (5) kroonlehtedega; (6) vili on paljuseemnene kõdrake; (7) taim on õitseajal 5 kuni 15 (25) cm kõrge, (8) üheaastane (☉ või ☉). Nagu Jordan'i uurimused (1873) on näidanud, esineb selles Linné liigis ligi 200 pärilikku teisendit ehk „pisiliiki", mis kõik ühtivad küll eespool-nimetatud olulistes tunnustes, kuid erinevad omavahel teistes, vähemtähtsates omadustes. Mõned neist Jordan'i liikidest ehk pisiliikidest on näha joonisel 383. Aga ka ühe ja sama pisiliigi e. jordanon'i üksikud indiviidid erinevad omavahel veel suuruses, karvkatte tiheduses, antotsüaniinide ja klorofülli sisalduses jne., selle järgi kas nad on kasvanud steriilsel liival või toitaineterohkel mineraalmaal, kas neile on paistnud otsene päikese valgus või on nad sirgunud teiste taimede varjus jne.

Joon. 383. *Erophila verna* L. Linné järgi üks liik, Jordani järgi terve rida liike. Joonisel järgmised Jordan'i liigid: a ja b — *Erophila brachycarpa* Jord. c, d, e ja f — *Erophila praecox* Steven. g ja h — *Erophila Ozanoni* Jord. i ja k — *Erophila tenuis* Jord. Hegi järgi.

Erinevate liikide muutlikkuse määr on muidugi õige mitmesugune. Mitmesugused on ka muutlikkuse põhjused. Alustame taimedega, milledel esineb regulaarse nähtusena isesugutamine. Isetolmlejate (ja ka isesugutajate) hulka kuulub näit. Ameerikast pärinev aeduba *(Phaseolus vulgaris)*. Kui valida aedoa teatav teisend (näit. *Phaseolus vulgaris nana)* ja seda kasvatada mitme generatsiooni vältel, lahus hoides iga võetud seemne A, B, C jne. järglasi, siis selgub, et teatava indiviidi (näit. A) kõik järglased on oma pärilikkuses samaväärsed. Nad moodustavad nn. puhta liini. Et paljunemine toimub siin eranditult isetolmlemise teel, siis on

isas- ja emas-sugurakud, mis ühtivad sugutamisel, täiesti identsete kromosoomide komplektidega, mistõttu tütartaim on homosügootne[1]. Seesuguse homosügootse, isesugutamise teel paljuneva indiviidi järglaskonnas ehk puhtas liinis esineb siiski teatav muutlikkus. Näit. erinevad nii seemned kui ka täiskasvanud taimed omavahel kaalult ja suuruselt. Kuid selektsiooni teel pole võimalik sellest materjalist saada näit. väikese- resp. suurekasvulist erimit. Need suuruselt erinevad indiviidid on mitmesugused sama genotüübi välised esinemisvormid — fenotüübid (näit. väikese-, keskmise- ja suurekasvulised fenotüübid). Antud fenotüübi „olulisi tunnuseid" (vt. eespool) tingib temas peituv genotüüp. Üks ja sama genotüüp annab eritingimusis (mullastikuolud, temperatuuritingimused, valguse intensiivsus, vee režiim jne.) eri fenotüüpe. Võib aga ka juhtuda, et näivalt ühtlase fenotüübi taga peitub näit. kaks erinevat genotüüpi. On ilmne, et igal liigil on genotüüpide arv alati väiksem kui vastavate fenotüüpide (kasvuvormide) arv.

Pärandatav pole mitte see konkreetne kuju, mida antud taim omab kohal, kus ta parajasti kasvab, vaid kogu temas peituv võimaluste ulatus, s. o. pärandatav on genotüüp: fenotüüp tekib genotüübi reaktsioonina neile välistingimusile, milledes toimub antud indiviidi areng idanemisest kuni täiskasvanud taimeni.

Tunduvalt keerulisemad on pärilikkuse nähtused ristsugutuse puhul. Kui ristsugutusel ühinevad gameedid on genotüüpiliselt samaväärsed, annavad nad, samuti nagu isesugutaminegi, homosügootseid järglasi. Harilikult erinevad aga vanemad omavahel ühes või mitmes tunnuses, mille tagajärjel tekivad heterosügootsed taimed. Need heterosügootsed taimed võivad sarnaneda enam-vähem täielikult ühega vanemaist (1); mõnel juhul (2) on nad võrreldes vanematega vahepealsed või (3) neil ilmuvad tunnused, mida ükski vanematest ei oma. Näidetena valime esialgu juhud, kus vanematevaheline erinevus ilmneb ainult ühes tunnuses.

(1) Hernes *(Pisum sativum)* paljuneb kergelt isetolmlemise teel. Siin on selle tõttu hõlpsasti võimalik saada puhtaid liine, s. o. pärilikkuse seisukohast homogeenset (homosügootset) materjali. Kui valida kaks homosügootset herne teisendit, millest üks on kollaste seemnetega, teine rohelistega, ning toimetada õietolmu ülekandmist roheliseseemnelistelt taimedelt kollaseseemnelistele ja

---

1) Sugurakkude ühinemisprodukti nimetatakse üldiselt sügoodiks.

vastupidi, siis saame järglaste põlvkonna (e. esimese filiaalgeneratsiooni, F_1), mis näivalt on täitsa ühetaoline: kõigi indiviidide seemned on kollased. Siin valitseb üks tunnus (kollane värvus) teise tunnuse (klorofüllist tingitud rohelise värvuse) üle. Esimene tunnus (kollane) on domineeriv, teine retsessiivne.

(2) Ameerikast pärinevast imelillest *(Mirabilis jalapa)* on olemas homosügootsed teisendid, milledest üks on valge õiega, teine punasega. Nende esimene filiaalgeneratsioon F_1 on vahepealne — õied on kõigil F_1 generatsiooni indiviididel roosad.

(3) Harilikust lõvilõuast *(Antirrhinum majus)* on olemas homosügootseid teisendeid, milledest üks on puhtalt valgete, teine kollakasvalgete õitega (alumise huule keskosa kollane). Nende taimede F_1 on roosa värvi õitega. Kuigi ükski vanemaist ei sisalda antotsüaniini õites ega teistes taimeosades, tekib see ootamatult esimeses filiaalgeneratsioonis. Sama on leitud ka teistel taimedel, näit. *Primula* liikidel.

Kuigi F_1 võib, nagu eespool-toodud näited seda tõestavad, oma omadusilt olla mitmesugune võrreldes vanematega (P), on reegliks, et kõik F_1 generatsiooni indiviidid on sama välimusega (uniformsed). Seda reeglit nimetatakse ta avastaja järgi Mendeli I seaduseks.

36. peatükk.

Pärilikkus taimedel (järg). Mendeli II ja III seadus. Di- ja trihübriidid. Kombinatsioonid. Seostunud tunnused. Geenid. Kromomeerid.

Mis saab F_1 järglasist, kui F_1 generatsiooni taimed tolmlemise ajal nii isoleerida, et on võimalik ainult kas isetolmlemine või omavaheline tolmlemine, mitte aga tolmlemine ja sugutamine võõra (näit. P generatsiooni taimede) õietolmu abil? Vastus on (Mendeli II reegel e. lahknemisseadus): Teine filiaalgeneratsioon (F_2) ei ole ühesugune, vaid koosneb mitmesuguseist vormest, mis osalt on homosügootsed, osalt heterosügootsed. Need vormid esinevad sageli vahekorras 1 : 2 : 1 või aga 3 : 1. Näit. eespool-toodud näidete puhul on F_2 koosseis järgmine:

(1) Hernes. F_2:

kollaste seemnetega: indiviidide arv : roheliste seemnetega indiviidide arv = 3 : 1

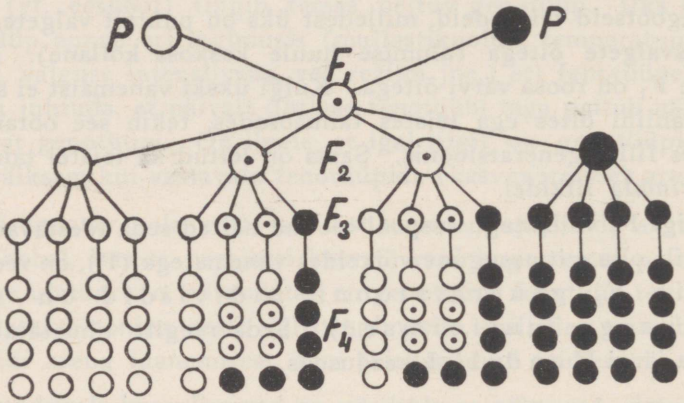
(2) I m e l i l l. F_2.

punaste õitega indiviidide arv : roosade õitega indiviidide arv : valgete õitega indiviidide arv = 1 : 2 : 1

(3) L õ v i l õ u g. F_2: Siin tekivad neljasugused indiviidid, millede õie värvus on: punane, roosa, kollakas-valge, valge. Vastavate indiviidide hulgasuhe on:

3 : 6 : 3 : 4.

Peatume esialgu esimesel (1) ja teisel (2) juhul. Neid selgitab skeem (joon. 384).



Joon. 384. Skeem M e n d e l'i katsete illustreerimiseks. Homosügootsete kollaste ja roheliste seemnetega herneste ristsugutamine. P — vanemad; F_1, F_2, F_3 jne. — filiaalgeneratsioonid. Homosügootsed vormid (kollane ja roheline) on märgitud valgete (kollane) ja mustade (roheline) sõõridega, heterosügoodid (kollane) on märgitud sõõriga, mille keskel täpp. F i l i p č e n k o'st.

Vanemad (P) on mõlemad homosügootsed ning erinevad omavahel ühes tunnuses (seemnete värvus resp. õite värvus). F_1 on heterosügootne — sisaldades nii isa kui ka ema tunnuseid. Herne puhul pole see aga väliselt märgatav, sest et domineerib kollase seemne värvus, küll aga imelillel, kus F_1 on roosaõieline. F_2-s on toimunud tunnuste lõhenemine. See nähtus on ühenduses reduktsioonijagunemisel toimuvate protsessidega (lk. 189), kus F_1 generatsioonis isas- ja emaskromosoomide üksteisest eraldumisel lahku lähevad eri tunnuseid kandvad sugurakud. Et mõlemaid tekib võrdne hulk, siis omavahel hiljem sugutamisel kombineerudes annavad arvulise vahekorra 1:2:1 või, kui üks tunnus domineerib, vahekorra 3:1.

Kui märkida kollase herne sugurakud V-ga, rohelise omad aga v-ga, siis F_1 on Vv.

F_2-s saame võrdse arvu kombinatsioone VV, Vv, vV, vv. Taimed, millede sugurakkude ühinemise produkt on VV resp. vv, on homosügootsed, esimesed kollaste, teised roheliste seemnetega. Isetolmlemisel püsivad ka nende järglased samasugustena, s. o. kas VV või vv. Vv ja vV tähendavad tegelikult sedasama, sest isas- ja emaskromosoomid on samaväärsed omaduste edasiandmisel, nii et võime Vv ja vV asemel kirjutada 2Vv. Seega on F_1 generatsioonis pooled taimed heterosügootsed. Hernel on need heterosügootsed taimed kollaste seemnetega, sarnanedes seega kollaseseemneliste homosügootidega. Koos nad annavadki ¾ kogu F_1 taimedest, mille tagajärjel ongi kollaste ja roheliste vahekord $\frac{3}{4} : \frac{1}{4} = 3 : 1$. Imelillel sellevastu erinevad heterosügootsed taimed (Pp) ka väliselt homosügootseist (PP ja pp), mistõttu on vahekord siin 1:2:1.

Nagu näha imelille näitest, võib ka taimedel, mis erinevad omavahel vaid ühes tunnuses, tekkida järglasi, mis on uute tunnustega (roosa õievärvus), aga need uued vormid pole iseenesest püsivad. Isetolmlemise puhul lähknevad nad aegamööda neid tekitanud algvormideks (PP ja pp).

Teisiti on see siis, kui vanemad erinevad kahes või enam tunnuses. Sellesse rühma kuulub ka eespool-kirjeldatud juht hariliku lõvilõuaga. Valgete ja kollakasvalgete õitega taimed erinevad omavahel selles, (1) et kollakasvalgetele on omane võime moodustada kollast pigmenti, valgetel aga see võime puudub. Vastupidi, (2) valgetel on omadus moodustada ainet, mis muudab kollase pigmendi antotsüaniiniks, kollakasvalgetel seda ainet (ensüümi) ei leidu. Kui märkida sugurakke, mis edasi kannavad võimet moodustada kollast pigmenti tähega V, neid, milledel see võime puudub, v-ga ning fermendi tekkimist võimaldavad sugurakud F-ga, need, mis seda ei suuda, f-ga, saame järgmised „valemid“:

P (kollakasvalge) : VVff
P (valge) : vv FF
F_1 : Vv Ff

F_1 tekivad neljasugused sugurakud: VF, Vf, vF ja vf. Need annavad F_2 järgmised 16 kombinatsiooni:

VV FF,	VV Ff,	Vv FF,	Vv Ff
VV Ff,	VV ff,	Vv Ff,	Vv ff
Vv FF,	Vv Ff,	vv FF,	vv Ff
Vv Ff,	Vv ff,	vv Ff,	vv ff

Neist on:

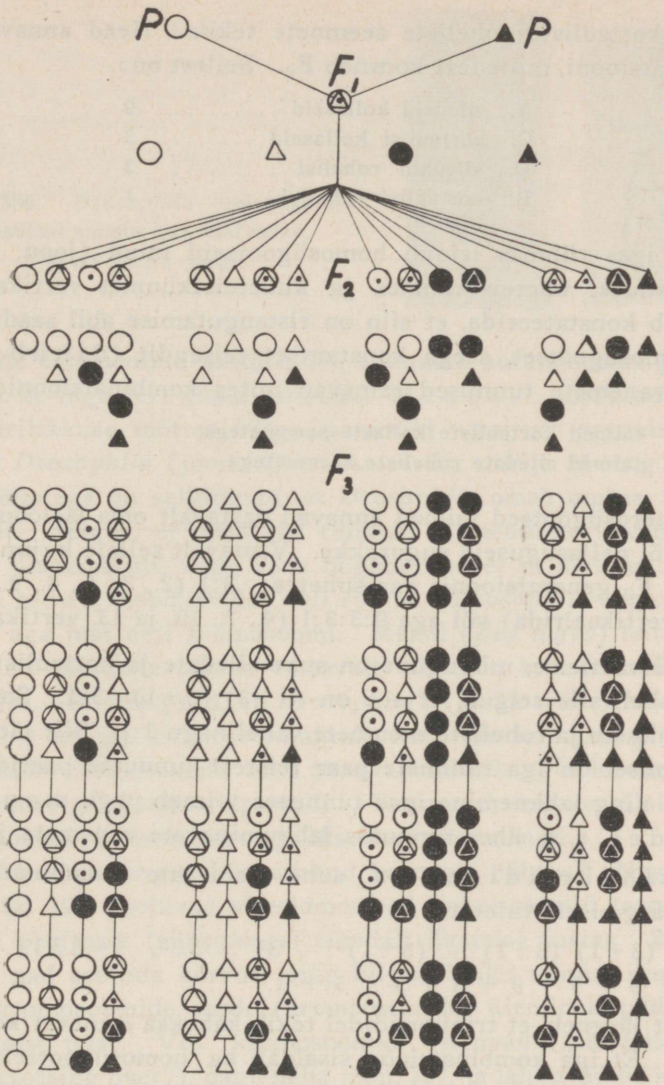
VV FF	1	}	3 (punased)
Vv FF	2	}	
VV Ff	2	}	6 (roosad)
Vv Ff	4	}	
VV ff	1	}	3 (kollakasvalged)
Vv ff	2	}	
vv FF	1	}	4 (valged)
vv Ff	2	}	
vv ff	1	}	

See analüüs selgitab, et erinevaid vorme on 9, kuigi väliselt näib neid olevat ainult neli (vrd. lk. 306). See on näiteks, kuidas erinevad genotüübid võivad anda väliselt sarnanevaid fenotüüpe. Homosügootseid vorme on siin olemas punaste, kollakasvalgete ja valgete hulgas. Roosaõielised on kõik heterosügootsed. Heterosügootseid taimi leidub ka punaste, kollakasvalgete ja valgete hulgas. Isetolmlemisel lahkneksid need edasi F_3 generatsioonis. Homosügootsed vormid püsivad aga isetolmlemisel (või risttolmlemisel samasuguste indiviididega) konstantsetena. Huvitav on, et risttolmlemise tagajärjel on siin F_2 generatsioonis tekkinud uus valge homosügootne vorm vv ff. See erineb harilikust valgeõielisest lõvilõuast selle poolest, et ristlemisel kollakasvalge vormiga esimeses filiaalgeneratsioonis (F_1) ei teki roosaõielisi järglasi: need on kollakasvalgete õitega. Siit järgneb, et taimede ristsugutamisel, mis erinevad vähemalt kahes tunnuses, tekivad F_2 generatsioonis kõik võimalikud kombinatsioonid, s. o. tunnused päranda-takse üksteisest lahus (III Mendeli seadus). Mida rohkem on tunnuseid, mille poolest erinevad omavahel vanemad, seda mitmekesisem on F_2 generatsioon.

Eriti oluline on seejuures asjaolu, et mõned nii tekkinud vormid osutuvad uuteks kombinatsioonideks, mis on oma olemuselt homosügoodid ning sellistena täitsa konstantsed pärilikkuse seisukohast. See on üks tee, kuidas looduses (samuti ka katsetes) tekivad uued pärandatavad taimevormid.

Teise näitena taimede ristsugutamisest, mis erinevad kahes tunnuste paaris, võtame Mendeli katse (joon. 385) hernestega. Vanemateks valiti taimed, millede seemned olid järgmiste tunnustega:

Taim A: seemned siledad kollased.
Taim B: seemned kortsulised, rohelised.



Joon. 385. Skeem M e n d e l'i katsete illustreerimiseks. Kahe homosügootse hernesordi ristsugutamine. Vasemal kollaste silepinnaliste seemnetega vorm, paremal roheliste kortsuliste seemnetega. Lähem seletus tekstis. F i l i p - č e n k o'st.

Nende taimede ristsugutamisel domineerivad F_1 generatsioonis täiesti taime A tunnused. Sugurakud tekivad aga F_1 generatsiooni taimedel neljasugused. Seesugused, mis esile kutsuvad: (1) siledate kollaste, (2) kortsuliste kollaste, (3) siledate roheliste

ja (4) kortsuliste roheliste seemnete tekke. Need annavadki 16 kombinatsiooni, milledest koosneb F_2. Sellest on:

A. siledaid kollaseid 9
C. kortsulisi kollaseid 3
D. siledaid rohelisi 3
B. kortsulisi rohelisi 1

Et igas rühmas leidub homosügootseid taimi (joon. 385 esimene, kuues, üheteistkümnes ja kuueteistkümnes vertikaalrida), siis võib konstateerida, et siin on ristsugutamise abil saadud kaks uut homosügootset, seega konstantset teisendit (dihübriidi), milles vanemate tunnused esinevad uutes kombinatsioonides:

C: taimed kortsuliste kollaste seemnetega.
D: taimed siledate roheliste seemnetega.

Heterosügootsed taimed annavad vastavalt oma iseloomule kas kahe- või neljasuguseid sugurakke. Vastavalt sellele kujuneb lahknemine F_3 generatsioonis kas suhetes: 3:1 (2., 3., 5., 8., 9., 12., 14. ja 15. vertikaalrida) või aga 9:3:3:1 (4., 7., 10. ja 13. vertikaalrida).

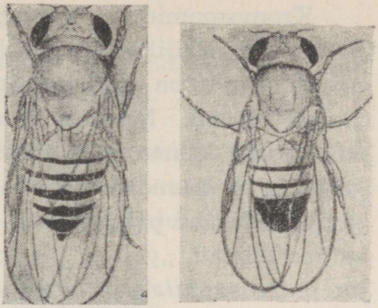
Kui vaatleme, missugune on suhe siledate ja kortsuliste seemnete vahel, siis selgub, et see on $(9+3):(3+1)=3:1$. Samuti on suhe kollaste ja roheliste seemnete vahel nagu 3:1. Siit järgneb, et lahknemisel on iga tunnuste paar teistest tunnuste paaridest olenematu ning lahknemine igas tunnuses toimub nagu monohübriididel, s. o. ühes tunnuses lahkuminevate vanemate järglasil.

Trihübriididel on suhe esinevate kombinatsioonide vahel järgmiselt tuletatav:

$(3+1)\ (3+1)\ (3+1) = (3+1)^3 = 3^3 + 3.3^2.\ 1+3.3.1^2 + 1^3 =$
$= 27 + 9 + 9 + 9 + 3 + 3 + 3 + 1.$

Siit järgneb, et trihübriididel tekib kaheksa erinevat kombinatsiooni. Et iga kombinatsioon sisaldab ka homosügootseid taimi, siis on uute kombinatsioonide arv siin juba kuus (s. o. $2^3-2=6$). Juhul, kui vanemad erinevad omavahel näit. kümnes tunnuste paaris, on ristsugutamisel tekkivate uute homosügootsete vormide arv $2^{10} - 2 = 1024 - 2 = 1022$, seega üle tuhande.

Eelnevas on käsiteldud pärilikkuse nähtusi, nagu nad ilmnevad homosügootsetel taimedel. Looduses on aga kahtlemata heterosügootsed taimed võrratult sagedamad. Kuigi selle tõttu muutuvad pärilikkuse nähtused keerulisemaks, jäävad siiski püsima kõik eespool-kirjeldatud seadusepärasuste alused, nagu dominantsus,

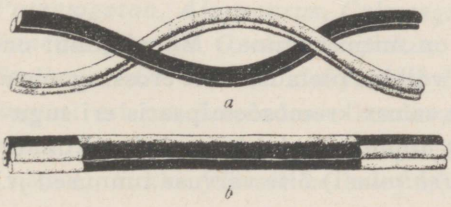


Joon. 386. *Drosophila melanogaster:* vasemal emane, paremal isane. Morgan'i järgi.

tunnuste lahknemine bastardidel, tunnuste autonoomsus jt. Pärilikkust ei reguleeri siiski ainuüksi Mendeli seadused.

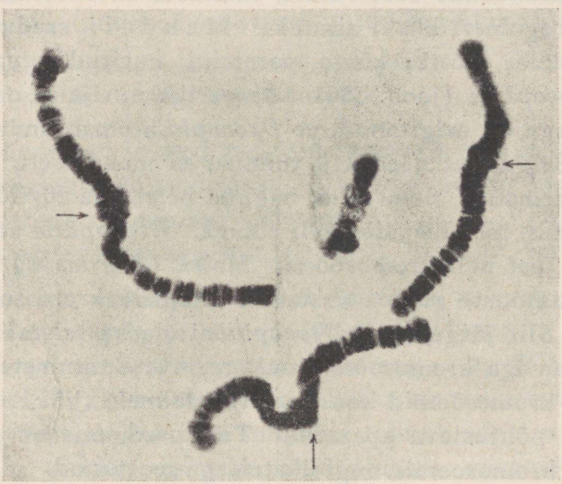
Pärilikkuse mõttes kõige paremini uuritud organismiks on kärbes *Drosophila* (joon. 386). Ameerika uurija Morgan ühes kaastöölistega on selgitanud, et *Drosophila* omab umbes 110 põhitunnust. Selgus, et need 110 tunnust ei mendeleeru vabalt, üksteisest olenematult, nagu seda nägime hernel ja lõvilõual, vaid et nad on seoses, moodustades neli rühma. *Drosophila* sugurakkudes leidub aga just neli kromosoomi. Maisil *(Zea mays)* leiti kümme seostatud tunnuste rühma vastavalt kümnele kromosoomile sugurakkudes. Siit järgneb, et *Drosophila*'l (ja ka teistel loomadel ja taimedel) on iga kromosoom ainult teatavate tunnuste põhjustaja. Alles kõik kromosoomid koos annavad taimele (või loomale) kogu pärilikkust põhjustava aparaadi. Tunnused, mis on „lokaliseeritud" samas kromosoomis, ongi üksteisega seostunud.

Millest on tingitud seostunud tunnuste nähtus? Nagu kirjeldatud lk. 190, asetuvad alleelomorfsed kromosoomid taandusjagunemise profaasis (sünapsises) tihedalt üksteise vastas. Seejuures võivad nad asetuda kõrvuti ning hiljem lahku minna, ilma et toimuks kromosoomide osade (kromomeeride) üleminekut ühest kromosoomist teise. Või kromosoomid ristuvad („siirdristumine", ingl. „crossing over"), nagu näha joon. 387, ja lahkuvad hiljem, olles vastastikku üksteisega vahetanud kromosoomi osasid.



Joon. 387. Morgan'i siirdristumise skeem. a — kaks alleelomorfset kromosoomi, mis taandusjagunemisel teineteisega kokku puutusid. b — samad kromosoomid peale kromosoomiosade vahetust.

Kromosoomid on kahtlemata pärilikkuse edasiandjad. Nad koosnevad pärilikkuse-teguritest e. geenidest. Lähestikku asetuvad geenid on tihedamalt seostunud üksteisega kui üksteisest kaugel olevad. Nendest alustest lähtudes on valmistatud nn. kromosoomide kaarte, s. o. plaane, milledel on märgitud geenide paigutus igas kromosoomis, kusjuures geene on nimetatud tunnuste järgi, mida nad põhjustavad („eosin" — punased silmad, „white" — valged silmad, „yellow" — kollased silmad, „streak" — joon seljal jne.). *Drosophila*'l ja mõnedel teistel kahetiivalistel on kromosoo-



Joon. 388. Neli hiigelkromosoomi surusääse (*Chironomus Thummi*) süljenäärme rakust. Värvitud karmiinäädikhappega. Kromosoomides näha kromomeere. Bauer'i järgi.

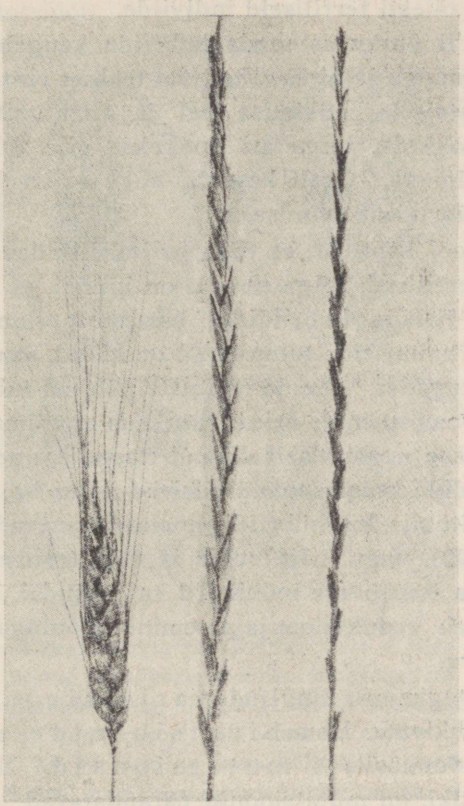
mid (eriti nende vastsete süljenäärmete rakkudes) harukordselt suured (joon. 388) selgesti eriteldavate kromomeeridega. Milline kooskõla on kromosoomides leiduvate kromomeeride ja geenide vahel, pole esialgu teada, kuid seose olemasolus võib vaevalt kahelda.

Tunnuste seostumise määr on mitmesugune. Mõnel juhul on seostumine osaline (nagu seda võibki oletada, kui crossing over peaks toimuma mitmelaadselt ka samas kromosoomipaaris eri sugurakkudel). Teistel juhtudel on tunnused absoluutselt seostunud, nagu näit. mõned lõvilõua (*Antirrhinum*'i) õite värvuse tunnused jt.

37. peatükk.

Pärilikkus taimedel (järg). Liikidevahelised bastardid. Mutatsioonid. Polüploidsed ja heteroploidsed taimed.

Bastardeerumine ei esine ainult sama liigi erimite vahel. On kindlaks tehtud küllalt palju juhte, kus ristsugutus on andnud tagajärgi sama perekonna eriliikidel (näit. perekondades *Sparganium,*



Joon. 389. Nisu, *Triticum vulgare* (vasemal), orashein, *Agropyrum glaucum* (paremal) ja nende värd (keskel). Delone järgi.

Potamogeton, Alopecurus, Calamagrostis, Poa, Agropyrum, Carex, Juncus, Luzula, Orchis, Populus, Salix, Betula, Alnus, Rumex, Stellaria, Cerastium, Corydalis, Draba, Rubus, Potentilla) või koguni eri perekondadesse kuuluvatel liikidel. Näit. on saadud rõika *(Raphanus sativus)* ja kapsa *(Brassica oleracea)* hübriid (värd), rukki *(Secale cereale)* hübriid orasheinaga *(Agropyrum*

repens), nisu *(Triticum vulgare)* hübriidid (joon. 389) orasheina *(Agropyrum)* liikidega. Seesuguste kaugete hübriidide saamine on seotud raskustega, sest sugutamine võõra õietolmuga õnnestub üldiselt harva; seepärast tuleb katseid korraldada suures ulatuses. Teine raskus seisab selles, et seesugustel hübriididel on F_1 harilikult peaaegu 100-protsendiliselt steriilne. Kui siiski õnnestub jõuda F_2 generatsioonini, leidub selles sageli ka kaugete hübriidide puhul üksikuid täiesti fertiilseid indiviide.

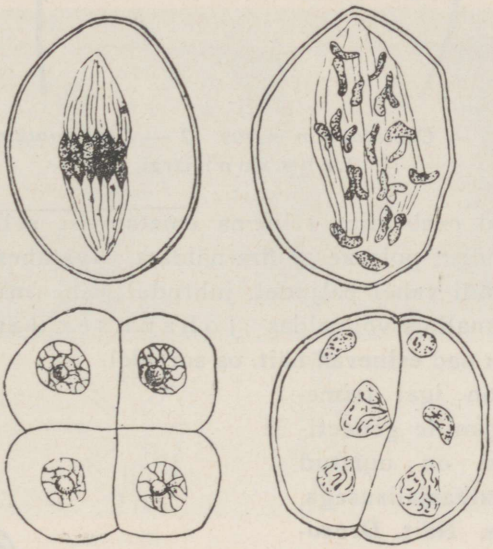
M i č u r i n'il õnnestus saada hübriide kaugelseisvate liikide vahel (näit. toominga ja kirsi vahel) sel teel, et vastavaid liike enne „lähendati" üksteisele pookimise teel ja alles mitu aastat peale õnnestunud pookimist toimetati pookoksa õite tolmutamist teise liigi (aluse) tolmuga. Osalt kasutas M i č u r i n ka teisi meetodeid kaugete hübriidide saamiseks.

On väljaspool kahtlust, et väga paljud liikidevahelised hübriidid on täitsa fertiilsed. Aga samuti on kindel, et süstemaatiliselt kaugelseisvate liikide hübriididel harilikult ilmneb terve rida degeneratsioonitunnuseid; tolmuterad on kõlud, samuti ka embrüokotid seemnepungades. Nende nähtuste põhjusi tuleb otsida vastavate taimede kromosoomide erinevuses, mis ei võimalda neil konjugeeruda, nagu see normaalselt toimub taandjagunemise profaasis. Kaugete hübriidide kromosoomid püsivad rakus hajusalt. See nähtus on ilmne eriti siis, kui hübriidi vanemad erinevad kromosoomide arvult (joon. 390), nagu näit. rukis ja nisu (esimesel 7, teisel 14 kromosoomi), ta esineb aga mõnikord ka juhtudel, kus arvud ühtivad. Ka langeb reduktsioonjagunemine mõningatel hübriididel koguni täitsa ära.

Peale välisteguritest tingitud v a r i a t s i o o n i d e ning ristsugutamisel tekkivate k o m b i n a t s i o o n i d e esineb taimedel veel üks teisendumisviis — m u t a t s i o o n i d. Nagu hübriidsed kombinatsioonidki, on mutatsioonid pärandatavad. Seega erinevad nad teravalt variatsioonidest. Vastandina kombinatsioonidele tekivad mutatsioonid otseselt, ilma ristsugutamiseta ja on põhjustatud teatavatest muutustest emataime sugurakkude kromosoomides. Muutuste põhjused peituvad osalt taimes endas, osalt väliskeskkonnas.

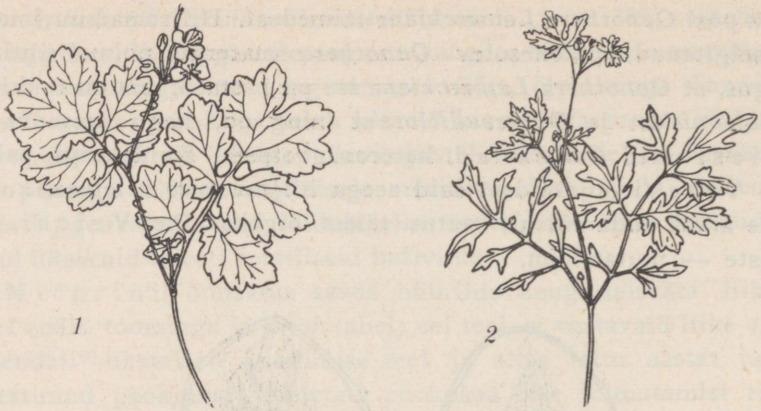
Aastatel 1875—86 jälgis D e V r i e s Amsterdami lähedal kollaseõielist ameerika päritoluga taime *Oenothera Lamarckiana*'t, mis seal ühel jäätmaal esines hulgi. Tuhandete normaalsete taimede hulgas leidis D e V r i e s mõned erineva välimusega, millede kohta ta võis hiljem katseliselt tõestada, et nad olid tekkinud otse

koha peal *Oenothera Lamarckiana* taimedest. Hilisemad uurimused on selgitanud, et kõnesolev *Oenothera* materjal polnud ühtlane. Selgus, et *Oenothera Lamarckiana* ise on bastard, mis on tekkinud *O. biennis*'est ja *O. grandiflora*'st ning on, nagu teisedki De Vries'i uued *Oenothera*'d, heterosügootsed. Kuid kuigi paljud De Vries'i objektidest said seega hiljem teise seletuse, kui ta neile arvas anda võivat, osutus täitsa õigeks De Vries'i uus mõiste — mutatsioon.



Joon. 390. Taandusjagunemine rukkil (vasemal) ja nisu-rukki värral (paremal). Vasemal üleval taandusjagunemise metafaas; on näha seitse konjugeerunud kromosoomide paari. Paremal üleval sama staadium värral; kromosoomid korratult kogu rakus. All vasemal noorte tolmuterade tetraad rukki tolmukast. All paremal — sama hübriidil. Tetraadi asemel on siin kaks rakku, millest kumbki sisaldab kolme tuuma. Delone järgi.

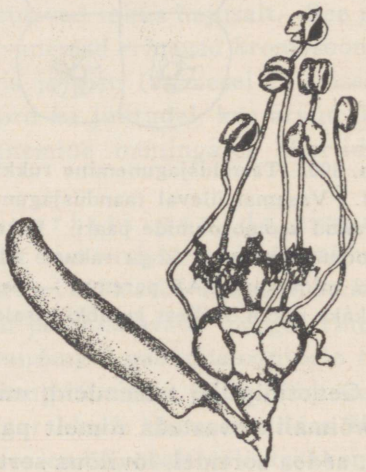
Genotüüpilisi teisendeid, mis pole ristsugutamise tulemuseks, oli võimalik avastada nimelt paljudel homosügootsetel vormidel, näit. aedoa sortidel, lõvilõua sortidel (viimaste hulgas leidis Baur üle 40 mutandi!). Mutandi näiteks võiks olla ka verehurmarohu liik *Chelidonium laciniatum* (joon. 391), mis tekkis 1590. a. apteeker Sprenger'i aias hariliku verehurmarohu *(Ch. majus)* kultuuris ning osutus seemnekindlaks, s. o. pärandatavaks muudatuseks — uueks genotüübiks — mutandiks.



Joon. 391. 1 — *Chelidonium majus*. 2 — *Chelidonium laciniatum*. Lehmann'i järgi.

Mis määral peab taim erinema emataimest selleks, et võiks kõnelda mutandist, pole kerge ära näidata. Igatahes on vahe emataime ja mutandi vahel paljudel juhtudel vähe märgatav. Alles üksikasjaline analüüs võimaldas Johannsen'il ära tunda „pisimutante", nagu nad esinevad näit. oa sortidel.

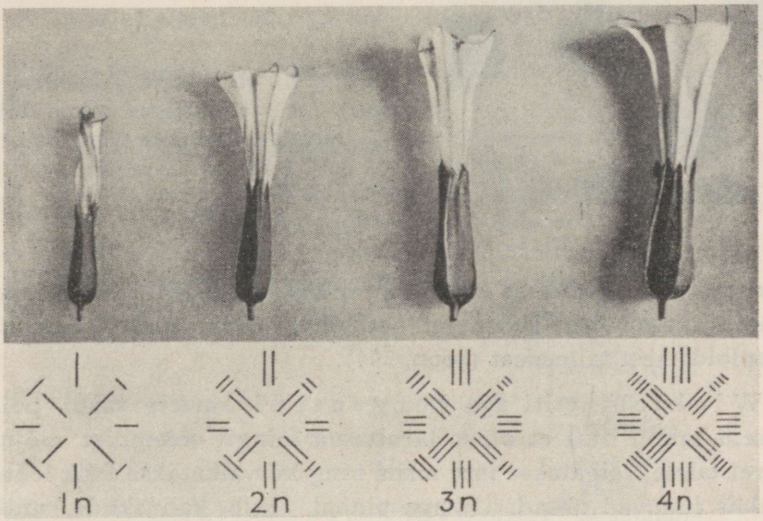
Igatahes on igal taime- ja loomaliigil, mille geneetilist struktuuri on uuritud küllaldase üksikasjalisusega, leitud mutante. Näit. *Drosophila*'l on neid teada üle 100. Mutatsioonile võib alguse anda kas mõni sugurakk, nende ühinemise produkt, või ka mõni somaatiline (taimekeha) rakk, kusjuures teised sugurakud resp. somaatilised rakud ei muutu.



Joon. 392. *Empetrum hermaphroditum*'i õis. Hagerup'i järgi.

(1) Muutustest kromosoomide koosluses tingitud mutatsioonid. Sageli esineb muutus, mida nimetatakse polüploidsuseks. Sel puhul on kromosoomide arv mutandi sugurakkudes võrreldes emataimega 2n, 3n, 4n (diploidne, triploidne, tetraploidne jne.).

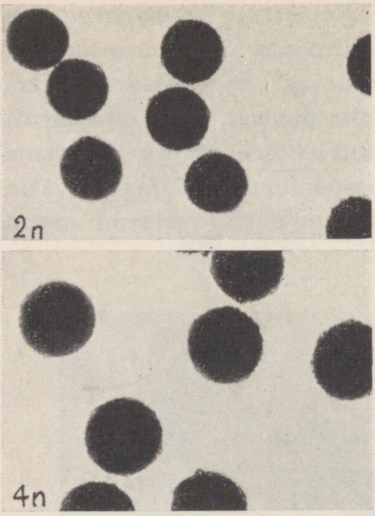
Hea näide polüploidsest liigist on *Empetrum hermaphroditum* (esineb subarktilises ja arktilises Euroopas ja Ameerikas ja Euroopa mäestikes), mis ka Eestis esinevast kahekojasest kukemarjast *(Empetrum nigrum)* erineb selle poolest, et ta on kasvult väiksem, vähemate, tihedamalt paigutatud lehtedega ning ühekojane kahesuguliste õitega (joon. 392). Kromosoomide arv *E. nigrum*'il on 26 (sugurakkudes 13). *E. hermaphroditum*'il on vastavad arvud 52 ja 26.



Joon. 393. Õie suuruse kasv *Datura*'l käib käsikäes kromosoomide arvu suurenemisega rakkudes. Tetraploidil (4 n) on õis umbes poolteist korda pikem kui haploidil (1 n). B l a k e s l e e ja A v e r y järgi.

Viimasel ajal on õnnestunud esile kutsuda polüploidsete vormide teket eksperimentaalselt. B l a k e s l e e ja A v e r y'l õnnestus saada *Datura stramonium*'i polüploide, milledes kromosoomide arv sugurakkudes oli 2n, 4n ja 8n, leotades taime seemneid kolhitsiini [1]) 0,1—1,0% lahustes mitme päeva vältel. Samuti on võimalik kolhitsiini toimel esile kutsuda lehe resp. kasvukuhiku rakkude tuumade muutumist polüploidseiks. *Datura*'l on ilmne seos õite suuruse ja kromosoomide arvu vahel. Haploidse, diploidse, triploidse ja tetraploidse taime suhteline õite suurus selgub joon. 393.

[1]) Inimesele väga mürgine sügislilles *(Colchicum autumnale)* leiduv alkaloid.



MED·H·NORMANN·DR·TARTUS

Joon. 394. Hiigelkurk *(Cuburita maxima)*. All tetraploidse taime tolmuteri, ülal diploidse taime omi. Blakeslee järgi.

Suuruse vahe on olemas ka tolmuteradel; selle tõttu on võimalik, lähtudes tolmutera suurusest, eraldada diploidseid taimi näit. tetraploidsetest taimedest (joon. 394).

Winkler'i, eriti aga Jorgensen'i katseis saadi polüploidseid taimi, ilma et oleks tarvitatud mingit keemilist mõjurit. Noorel taimel lõigatakse latv maha ning kõrvaldatakse kõik lehtede kaenlais ilmuvad oksad. Haava pinnal tekib kalluskude, millest lõpuks areneb rida adventiivseid oksi. Mõned neist adventiivsetest okstest osutuvad polüploidseiks, mis sageli on märgatav juba väliselt. Kasutades seda meetodit on kapsast *(Brassica oleracea)* saadud 4n ja 8n taimi.

Esinevad ka teist laadi muutused kromosoomide koosluses, mis erinevad praegukirjeldatuist selle poolest, et mutandi kromosoomide arv pole mitte emataime arv korrutatud 2, 3, 4-ga jne., vaid erineb sellest mõne liigse või mõne puuduva kromosoomi poolest, olles 2n+a või 2n—a. Seesuguseid heteroploide on leitud nii looduses kui ka saadud katsetes (näit. kolhitsiini toimel).

Polüploidsed ja heteroploidsed taimed võivad tekkida ka looduslike tegurite (näit. normaalsest kõrgema temperatuuri) mõjul jagunemises olevatele sugurakkudele, mille tõttu siis väliskeskkonna otsesel mõjul tekivad pärandatavad uued vormid.

(2) Mutatsiooni võivad põhjustada ka muutused, mis toimuvad üksikutes kromosoomides, kusjuures kromosoomide arv jääb endiseks. Näit. on *Chelidonium majus* ja *Chelidonium laciniatum* (lk. 316) sama kromosoomide arvuga (n = 6). — Näib, et ka muutused sugurakkude plasmas võivad esile kutsuda mutatsioone.

38. peatükk.

Taimeriigi evolutsioon. Hõimkonnad. Üheiduleheste sugukondade omavaheline sugulus. Organite homoloogsus eos- ja õistaimedel. Darwin'i ja Lamarck'i õpetused evolutsiooni põhjustest.

Praegu maakeral olevaid taimi võib rühmitada kümnesse hõimkonda.

1. Lagutaimed *(Schizophyta)* — sinivetikad, bakterid
2. Viburtaimed *(Monadophyta)* — flagellaadid
3. Limataimed *(Myxophyta)* — limaseened
4. Ränitaimed *(Bacillariophyta)* — ränivetikad
5. Ikkestaimed *(Conjugatophyta)* — ikkesvetikad
6. Pruuntaimed *(Phaeophyta)* — pruunvetikad
7. Punataimed *(Rhodophyta)* — punavetikad
8. Pärisrakistaimed *(Euthallophyta)* — rohevetikad, seened, samblikud
9. Tüvend-eostaimed *(Archegonophyta)* — samblad, kollad, selaginellid, osjad, sõnajalad
10. Õistaimed *(Anthophyta)* — paljasseemnelised (okaspuud, hõlmikpuud jt.), kateseemnelised (üheidulehesed, kaheidulehesed)

Hõimkonnad jagunevad klassideks, need seltsideks, edasi järgnevad vähemate ühikutena: sugukonnad, perekonnad, liigid (vrd. lk. 233).

Harilikult pole raske tõestada sugulust teatavasse perekonda kuuluvate liikide vahel. Omavad nad ju palju ühiseid tunnuseid, mis sageli võimaldavad koguni ligikaudset sugulusmäära hindamist. Ka on enam-vähem kerge tõestada teatava perekonna kuuluvust teatavasse sugukonda. Võrreldes omavahel sugukondi ilmneb, et mõningaid neist seovad üksteisega ühised tunnused. Seesugused

sugukonnad kuuluvad samasse seltsi. Lõpuks teatavates tunnustes ühtivad seltsid kuuluvad samasse klassi jne.

Näitena võiks võtta üheiduleheste taimede klassi. Tähtsamate sugukondade asetus süsteemis ning vastavad õievalemid on antud allpool:

7. *Orchidaceae*

6. *Iridaceae*

5. *Amaryllidaceae*

1. *Liliaceae*

8. *Palmae*

2. *Juncaceae*

3. *Gramineae*

4. *Cyperaceae (Carex)*

9. *Butomaceae (Butomus)*

11. *Potamogetonaceae (Potamogeton)*

10. *Alismataceae (Alisma)*

7. $\begin{cases} \cdot\!\!+ K_3\ C_3\ A_{0+2}\ S_{1+0}\ G_{a\,(3)} \\ \cdot\!\!+ K_3\ C_3\ A_{1+0}\ S_{0+2}\ G_{a\,(3)} \end{cases}$

6. $\times\ P_{3+3}\ A_{3+0}\ G_{a\,(3)}$

5. $\times\ P_{3+3}\ A_{3+3}\ G_{a\,(3)}$

1. $\times\ P_{3+3}\ A_{3+3}\ G_{ü\,(3)}$

2. $\times\ P_{3+3}\ A_{3+3}\ G_{ü\,(3)}$

3. $\cdot\!\!+\ P_{(2)+2}\ A_{3+0}\ G_{ü\,(2)}$

4. $\begin{cases} P_0\ A_{3+0}\ G_0 \\ P_0\ A_0\ G_{ü\,(2-3)} \end{cases}$

11. $\times\ P_0\ A_{2+2}\ G_{ü\ 4}$

10. $\times\ K_3\ C_3\ A_{6+0}\ G_{ü\,\infty}$

8. $\times\ K_3\ C_3\ A_{3+3}\ G_{ü\,3}$

9. $\times\ K_3\ C_3\ A_{6+3}\ G_{ü\,6}$

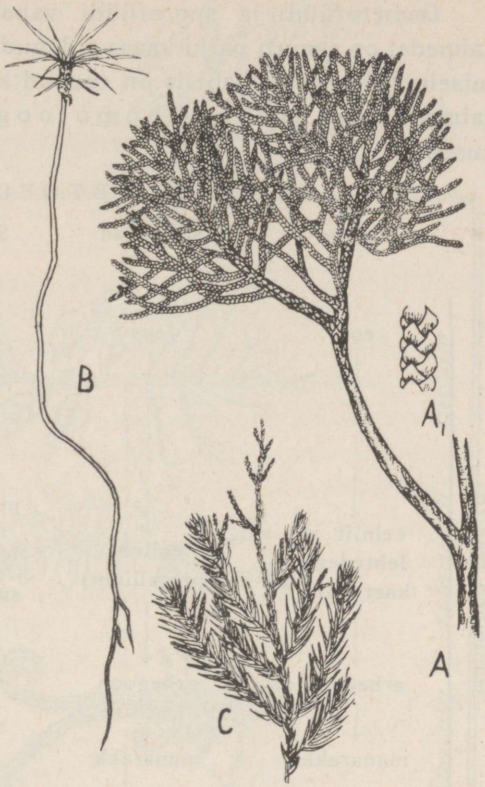
Valemite võrdlusel selgub, et põhivalemi [$\times\ P_{3+3}\ A_{3+3}\ G_{ü\,(3)}$] leiame sugukondades *Liliaceae* (liilialised) ja *Juncaceae* (loalised). Lähedane on ka palmide õieehitus, kuigi siin võib esineda nii lahkkui ka liitviljalehtne emakkond. Liilialistest ja loalistest lähtuvad ühelt poolt sugukonnad, milledes on toimunud õiekatte tagasiminek *(Gramineae, Cyperaceae)* ja kahesuguliste õite muutumine ühesugulisteks (paljudel lõikheinalistel). Iseloomulik on ka sisemise tolmukate sõõri mandumine nii kõrrelistel kui ka lõikheinalistel. On kindlaid tõendusi, et nimetatud taimedel on esinenud ka sisemine tolmukate sõõr. See esineb mõnel retsentselgi liigil, näit. riisil, kus tolmukate osas on valem A_{3+3}. Üksikute tolmukate sõõride väljalangemist või tolmukate muutumist staminoodideks (S) võib näha sugukondades *Iridaceae* ja *Orchidaceae*. Eriti spetsiali-

seerunud tolmlemisviisiga sugukonnas — *Orchidaceae* — on tolmukate arv kahanenud ühele-kahele.

Progressiooni tähendab ka ülemise sigimiku (ü) muutumine alumiseks (a).

Sugukonnas *Butomaceae* sellevastu on näit. luigelillel väline tolmukate sõõr kahekordistunud (A_{6+3}). Ka emakate arv on siin tavalisest suurem. Veel suurem on emakate arv *Alismataceae* sugukonnas. Eriline juht esineb penikeeltel, sest neil on õites põhiarvuks mitte kolm, vaid kaks (vrd. valemeid kaheiduleheste sugukonnas *Scrophulariaceae*, lk. 250).

Taimede omavaheline sugulus ilmneb muidugi mitte ainult õieehituses. See peegeldub sageli ka taimede vegetatiivsete organite struktuuris ja koguni neis esinevate ainete keemilistes omadustes.



Joon. 395. A — *Juniperus phoenicea* oks. A_1 — peenem haru suurend.; on näha väikesi soomusjaid lehti. B — idand. Esimesed lehed on okkad. C — noore põõsa oks. Alumises osas püsivad endiselt nõeljad lehed — okkad, ladvaosas aga on alanud soomusjate lehtede teke. Orig.

Suguluse kindlakstegemist võimaldab paljudel juhtudel ka taime noorusvormi arvessevõtmine. Näit. okaspuude sugukonnas *Cupressaceae* on rida liike okastega (näit. kadakas, *Juniperus communis)*, kuna teised on soomusjate lehtedega. Mõnel juhul on selle tõttu ka samasse perekonda (näit. perek. *Juniperus)* kuuluvad taimed väliselt kaugeleulatuvalt erinevad. Noortel taimedel esineb siiski eranditult esivanemate lehevorm — okas. Näitena võib nimetada Vahemeremaades esinevat punasemarjalist *Juniperus phoenicea*'t (joon. 395).

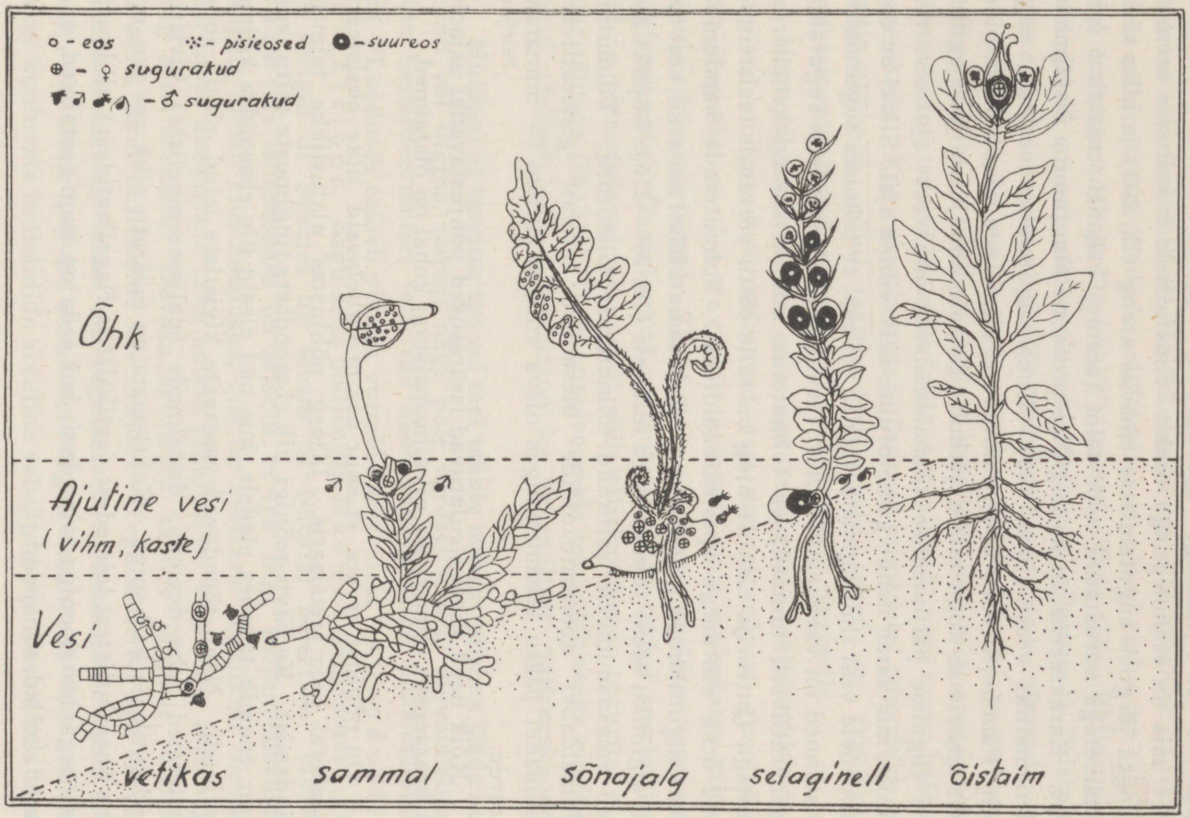
Gametofüüdi ja sporofüüdi vahekorrad eostaimedel ja õistaimedel on samuti palju kaasa aidanud taimeriigi fülogeenia mõistmisele. Järgnevas tabelis on toodud kõrgemate eostaimede ja õistaimede vastavate (homoloogsete) organite nimetused.

GAMETOFÜÜT.

	Samblad	Sõnajalad	Selaginellid	Ühe- ja kaheidulehesed õistaimed
Haploidne faas (n)	eos	eos	pisieos	tolmutera
	eelniit ja lehtedega kaet. taim	eelleht (protallium)	suureos pisieoses olev protallium	haploidne rakk (megaspoor), millest areneb embrüokott tolmutera rakk
	arhegoon	arhegoon	suureoses olev protallium arhegoon	embrüokott munarakk koos sünergiididega
	munarakk	munarakk	munarakk	munarakk
	anteriid	anteriid	anteriid	generatiivne rakk e. tuum
	spermatozoid	spermatozoid	spermatozoid	generatiivne tuum

SPOROFÜÜT.

	Samblad	Sõnajalad	Selaginellid	Ühe- ja kaheidulehesed õistaimed
Diploidne faas (2n)	embrüo	embrüo	embrüo	embrüo
	eoskupar ja harjas	lehistunud taim	lehistunud taim	lehistunud taim
	eoskott	eospesa (sporangium)	mikrosporangium makrosporangium	tolmupesa nutsell
	eos	eos	pisieos suureos	tolmutera megaspoor



Joon. 396. Sambla, sõnajala, selaginelli ja õistaime sporofüüt ja gametofüüt. Lähem seletus tekstis. Wettstein'i järgi.

Tabeli (lk. 322) andmete võrdlusel ilmneb, et üleminekul sammaldelt sõnajalgadele, selaginellidele ja õistaimedele toimub järkjärguline gametofüüdi reduktsioon. Lõpuks õistaimedel koosneb haploidne faas — gametofüüt veel ainult embrüokotist resp. tolmutera rakust. Edasi on oluline, et emasgametofüüt õistaimedel ei vabanegi sporofüüdi küljest. Ta on nutselli sees, mis on seemnepunga osaks. Emataimele kinnituvas seemnepungas järgneb sugutamisele embrüo areng (lk. 200) ja alles säilitusainetega varustatud noor taim (seeme) vabaneb emataime küljest. Karakteerne on ka sugulise protsessi muutumine õistaimedel olenematuks veest (joon. 396). Kuna sugutamine vetikail, nagu näit. *Vaucheria* või *Fucus*, toimub vees (või vee kaudu), mis pidevalt ümbritseb kogu taime, jätkub samblale, sõnajalale ja selaginellile sugulise paljunemise võimaldamiseks õhukesest ajutisest veekihist, mis katab nende gametofüüte näit. vihma ajal. Siiski on eostaimedele vesi ilmtingimata vajalik selleks, et toimuks sugutamine. Õistaimed on vabanenud sellest tarvidusest. Nende isas-sugurakud (generatiivsed tuumad) on tolmuteras, mis on kaetud kahekordse kestaga (intiin ja eksiin) ning on selle tõttu võrratult resistentsemad õrna ehitusega spermatozoididest. Tolmuterade kandumine emas-sugurakkude juurde (ka need on samuti hästi kaitstud, sest nad on sigimiku sees) toimub väga mitmeti (lk. 209—216). Lõpuks areneb emakasuudmele sattunud tolmuterast tolmutoru. Tolmutoru võimaldabki spermatozoidide ülesannet täitvail generatiivseil tuumadel pääsu seemnepungas oleva emas-suguraku — munaraku juurde.

Kõik need sügavaleulatuvad iseärasused põhjustavadki asjaolu, et kaasaegses taimeriigis nii silmapaistval kohal on õistaimed.

On põhjust arvata, et suur osa praeguelavaid liike eksisteeris maakeral juba tertsiaaris. Jääaeg põhjustas ulatuslikke taimede rändamisi. Ka hävis mõnigi liik ebasoodsate tingimuste tõttu, kuid suur enamik taganes aladele, kus nad elasid üle ebasoodsa kliimaperioodi. Nagu tõendavad vastavate kivististe leiud, elasid soon-eostaimed juba devonis; õistaimede (paljasseemneliste) kivistisi leidub alates karboniga. Kahtlemata on määratu pikk see tee, mis viis üherakulistest taimedest (vetikaist ja flagellaatidest) nii keerulise organisatsiooniga taimedeni, kui seda on soon-eostaimed, s. o. osjad, kollad, sõnajalad jt.

Et organismide mitmekesisus on evolutsiooni tulemuseks, selles pole kahtlust. Eriti Darwin'i tööd (1859—71) tõid väga ulatusliku, süstemaatiliselt korraldatud faktilise põhjenduse. Põhjusi, mis esile kutsuvad pärandatavaid muudatusi — kombinatsioone ja mutatsioone, on selgitatud eelnevates peatükkides (lk. 305). Taimede muutlikkus ning kogu aeg ka tänapäev toimuv uute liikide teke on asjaolud, millede tõelikkuses ei saa olla kahtlust. Liikide teket põhjustavate jõudude selgitamises on olnud erakordse tähtsusega Lamarck'i ja Darwin'i vaated. Oma töös „Philosophie zoologique, ou exposition de considérations rélatives à l'histoire naturelle des animaux" (1809) püüdis Lamarck tõestada, et loomaelundite funktsioonikohane ehitus põhineb sellel, et vastavalt elutingimusile on teatav organ kas ikka jälle töös ning areneb selle tõttu või aga teda ei kasutata (näit. muti silmad) ning organ hääbub aegamööda. Kui rakendada seda õpetust taimedele, tähendaks see väliskeskkonna mõjul tekkinud muutuste (need on tegelikult funktsioonikohased muutused) edasikandmist järglasile.

Nagu nägime eespool, pole aga seesugused väliskeskkonnast tingitud muutused pärandatavad, sest nad ei mõjuta genotüüpi. Siit järgneks, et Lamarck'i printsiip pole rakendatav taimeliikide tekke seletusena. Siiski oleks seesuguse järelduse tegemine põhjendamata. On selgunud, et mutatsioonide tekkel (mutatsioonid on pärandatavad muutused) võib väliskeskkonna teguritel olla suur tähtsus (lk. 318). Uute taimevormide teke võib seega mõnelgi juhul tõeliselt olla põhjustatud ka vahenditult väliskeskkonna mõjust.

Muidugi ei tarvitse iga sel teel tekkiv mutant püsima jääda uue vormi või liigina, samuti nagu pole võrdsel määral eluvõimelised kõik bastardeerumisel tekkivad uued pärandatavad kombinatsioonid. Looduses esineb võimas vormide sorteerija — looduslik selektsioon, nagu seda põhjendas Darwin oma teoses: „On the Origin of Species by Means of Natural Selection" (1859). Darwin'i lähtekohaks on asjaolu, et iga liigi paljunemisvõime kaugelt ületab eluvõimalused, mis on maakeral tegelikult olemas. Kui mõni üheaastane taim omaks ainult ühte vilja kahe seemnega ning igast seemnest kasvaks seemneid kandev järglane, ületaks 20 aasta järel indiviidide arv miljoni. Tegelikult on aga vaevalt olemas üheaastast taime, mis regulaarselt toodaks ainult kahte seemet: üks ainus indiviid annab neid sageli tuhandeid. Kui eriliikidesse kuuluvate indiviidide arvuline vahekord stabiliseerunud taim-

kattes siiski püsib enam-vähem konstantsena aastast aastasse, siis kõneleb see kohutavalt suurest seemnete, idandite ning noorte taimede hävimisest, mis lakkamatult on käimas ning mida Darwin nimetab võitluseks olemasolu eest. Taimedel võtab võitlus terava kuju ka veel selle tõttu, et valdav enamik taimi ei saa liikuda kohalt, kus nad idanesid. Suur varieeruvuse amplituud (mõeldud on varieeruvus sama genotüübi piirides) ning küllaldane seemnete hulk on ilmselt seoses praegu nimetatud asjaoluga.

Missugused isendid hävivad, missugused jäävad püsima, selle üle otsustab juhus, aga ka isendite genotüüpiline loomus. Kui pikema aja jooksul üks ja sama taimeliik peab eksisteerima näit. alal, mille kliima on muutumas järjest ariidsemaks, siis looduslik selektsioon pikapeale selekteerib indiviide, mis on kasvult väiksemad, paksemate lehtedega ja teiste kseromorfsete iseärasustega, kuna kliima muutudes maritiimseks selektsioon toimuks vastupidises suunas.

Kui elutingimused püsivad üldiselt samasugustena pikemat aega, saavutatakse liikide vahel tasakaal mille tagajärjel on väljakujunenud taimkattes vähe ruumi uustulnukaile. Suurte uute maa-alade tekkimine kas looduslikel põhjusil (näit. peale mannerjää sulamist) või inimese mõjul loob taimedele uusi võimalusi. Näiteks on Põhja-Euroopas ja Põhja-Ameerikas rida valgustarmastavaid taimerühmi, milledele osutus soodsaks ikka veel edasikestev põllu „pealetung" metsale. Neis taimerühmades on uute pisiliikide teke praegu täies hoos. Euroopas on mainitavad perekonnad *Rubus, Alchemilla, Hieracium, Taraxacum;* Põhja-Ameerikas — *Crataegus, Oenothera.* Paljud nimetatud perekondadesse kuuluvatest liikidest on tekkinud selle — geoloogiliselt kõneldes — üsna lühikese ajavahemiku jooksul, mis meid lahutab viimasest jääajast. Sääraste pärastjääaegsete liikide hulka kuulub ka näit. pooppuu *(Sorbus scandica),* mis on arvatavasti tekkinud pihlaka *(S. aucuparia)* ja tuhkpihlaka *(S. aria)* värrana.

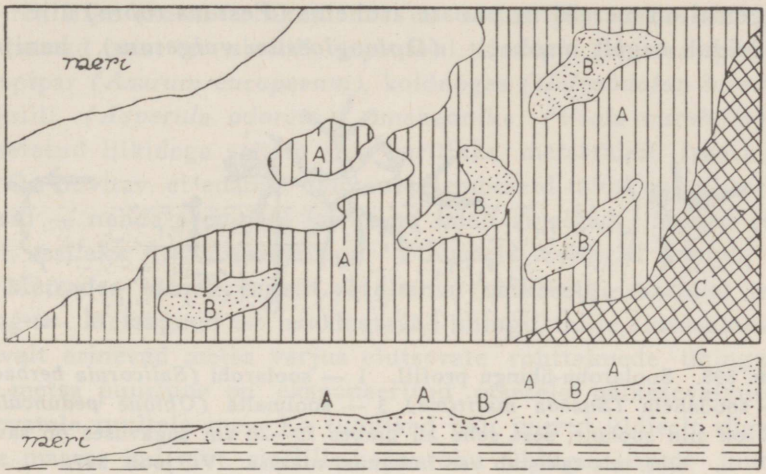
39. peatükk.

Taimeühiskonnad. Ühing. Formatsioon. Külmakõrved. Kõrgmurud. Tundrad. Kuivakõrved ja poolkõrved.

Kõik teataval maa-alal esinevad taimed moodustavad selle maa-ala taimestiku ehk floora. Samasse floorasse kuuluvate liikide ruumilises paigutuses valitseb seadusepära, mis on seda

suurem, mida rohkem aega on taimkattel olnud takistamatuks kujunemiseks. Maa-ala taimkond (vegetatsioon) on seda mitmekesisem, mida vanem on selle maa-ala floora ja mida rohkem erinevad ala üksikute osade mullastik, reljeef, niiskuseolud ja kliima.

Vegetatsiooni laigulisuse illustreerimiseks sobib näit. mereranniku taimkond (joon. 397). Skeemil kujutatud kohal on suurem

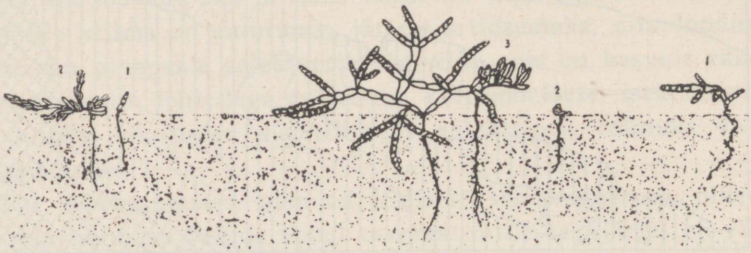


Joon. 397. Taimkate savise aluspõhjaga mereranniku. A — tuderloa- *(Juncus Gerardi)* ühing, B — soolarohu- *(Salicornia herbacea)* ühing, C — punase aruheina *(Festuca rubra)* ühing. Profiilis on liiv täpitud, savi märgitud joontega.

osa rannikust kaetud tuderloa *(Juncus Gerardi)* niiduga. Valitseva e. domineeriva liigiga seltsivad siin rand-teeleht *(Plantago maritima)*, randõisluht *(Triglochin maritima)*, maasapid *(Centaurium erythraea, C. pulchellum)* ja mõni teine taim. Kuigi rohurinne pole siin kuigi kõrge, on ta ometi üsna tihe.

Aeg-ajalt on tuderloa-niit merevee all. Seda juhtub iga tugeva merepoolse tormi puhul. Selle tõttu on maapind siin teatava määrani soolane, sisaldades NaCl, $MgCl_2$ jt. soolasid kaugelt suuremal määral kui sisemaal. Tuderloa-niitudes on harilikult lohkusid, mis sisaldavad merevett ka siis, kui tuderloa-niit on kuival. Lohkudes olev merevesi aurab aegamööda ära, kusjuures maapind kattub õhukese soolase koorikuga. Nii tekib asukoht, mida iseloomustab (1) rohukamara puudumine, (2) õige kõrge soolade % pinnase ülemistes

kihtides. Põhja-Euroopa flooras leidub vähe liikisid, mis on seesugusel asukohal eluvõimelised. Nendeks on peamiselt soolarohi *(Salicornia herbacea)*, soodahein *(Suaeda maritima)*, soolmalts *(Obione pedunculata)*. Esimesed kaks (joon. 398) on sukulendid: *Salicornia* — lehtedeta tüvisukulent, *Suaeda* — lehtsukulent. Mõlemad sisaldavad sageli (eriti noorelt) antotsüaniini. Nimetatud liikide isendid kasvavad üksteisest küllalt kaugel, nii et igal pool taimede vahel paistab paljas maapind (avaühing). Tuderloa-niidust kõrgemal on mereäärne punase aruheina *(Festuca rubra)* niit. Selles leidub sageli maokeelt *(Ophioglossum vulgatum)*, hanijalga



Joon. 398. Soolarohu-ühingu profiil. 1 — soolarohi *(Salicornia herbacea)*, 2 — soodahein *(Suaeda maritima)*, 3 — soolmalts *(Obione pedunculata)*. Liiv on siin soolane, sest selle all umbes 10—20 cm sügavuses on savikas kiht, mis takistab vee imbumist maasse. Vt. joon. 397.

(Potentilla anserina), hiirehernest *(Vicia cracca)* jt. See kooslus on ainult harva merevee all, nagu seda tõestavad kõrgeimad kaldale uhetud adru ja teiste merevetikate massid, mis märgivad kõrgvee piiri. See piir langeb ühte tuderloa-niidu ja punase aruheina niidu vahelise piiriga. Nagu eeltoodust selgub, võib mereäärses taimkattes eraldada kolme ühingut (ingl. society). Neist on tuderloa-ühing (A) esindatud skeemil ühe väikese ja ühe suure kogumikuga. Soolarohu-ühingu kogumikke (B) on neli. Maa poole järgneb punase aruheina kogumik. Iga eespool-kirjeldatud ühingut iseloomustavad eriti: (1) floristiline koosseis; (2) asukoht ja asukohale omased tegurid, nagu mulla koosseis, selle soolasusemäär, happelisus, õhusisaldus jne.

Kahtlemata satub nii tuderloa-ühingusse kui ka soolarohu-ühingusse naabruses olevate ühingute komponentide (s. o. seal kasvavate taimeliikide) seemneid. Tormide puhul tuuakse siia pealegi mõnigi seeme sisemaalt. Et aga need võõrad liigid pole eluvõimelised siin valitsevais tingimusis, siis hävivad nad varakult

või ei idane üldse. Asukoht ja liikidevaheline võitlus toimetavad siin karmi selektsiooni.

On taimeühinguid (kõik kolm seni kirjeldatut kuuluvad sellesse rühma), mis vajavad täit päevavalgust selleks, et elada. On teisi, mis on eluvõimelised ainult teiste ühingute varjus. Otsene päike hävitab neid kui mitte kohe, siis teatava aja vältel. Varjuarmastava ühingu näitena on sobiv sinilille *(Hepatica triloba)* — kopsurohu *(Pulmonaria officinalis)* ühing. See metsaühing sisaldab rea liike (karakterliike), mis on kodus just selles ühingus. Tähtsamad neist on: sinilill, kopsurohi, siumari *(Actaea spicata)*, metspipar *(Asarum europaeum)*, koldnõges *(Galeobdolon luteum)*, varjulill *(Asperula odorata)*, imekannike *(Viola mirabilis)* jt. Nimetatud liikidega seltsib rida harilikke metsataimi (saatjaid).

On huvitav, et enamik neid varjulembeseid taimi on mürmekohoorid — nende seemneid kannavad laiali sipelgad. Mõned (siumari, ussilakk jt.) on marjadega. Viimaseid levitavad linnud.

Metsades esineb sageli võrdlemisi väikeselgi maa-alal mitu ühingut. Metsapuud ise moodustavad ühingu, mille elutingimused teravalt erinevad metsa varjus elutsevate rohttaimede ühinguist, sest metsa puurinne on eksponeeritud otsesele päikesevalgusele, tugevatele tuultele jne. Ka tungivad puu juured üldiselt sügavamale maasse kui näit. sinilille-kopsurohu ühingu liikide juured. Rida ühinguid elab ka puukoorel. Need ühingud koosnevad epifüütsetest sammaldest ning samblikest. Harilikult on metsas 2—3 või ka rohkem epifüütide ühingut. Tüvede alumises osas koosnevad nad peamiselt sammaldest. Tüvede ülemistes osades sellevastu valitsevad valguselembesed (ühtlasi ka kserofiilsemad) samblikud.

Ühingutel on taimkonna (vegetatsiooni) uurimisel sama tähtsus, mis liikidel taimestiku (floora) selgitamisel. Suurimad vegetatsiooniühikud, mida võib võrrelda süstemaatika hõimkondadega, on vegetatsiooni suurrühmad — f o r m a t s i o o n i d. Formatsioonide levimine maakeral selgub juurdelisatud kaardilt (joon. 407). Alljärgnevas on lühidalt iseloomustatud kaardil märgitud ühikuid.

(1) K ü l m a k õ r v e d. — Need on peaaegu vegetatsioonita alad, osalt kaetud igijää ja igilumega (arktises ja antarktises), osalt äärmiselt kidura taimkattega (näit. Tiibeti kõrge kiltmaa 5000 kuni 6000 m ü. m.). Ka kõrgmäestikes on olemas külmakõrve kõrgusaste. Sageli esinevad seal suured steriilsed kaljuväljad, kus leidub peamiselt ainult samblikke ning mõningaid samblaid (kõrgmäestikkude

avaühingud) ja üsna hajusalt üksikuid õistaimi (Skandinaavias näit. *Ranunculus glacialis, R. nivalis, Salix herbacea* jt.).

(2) K õ r g m u r u d. — Esinevad mäestikes pealpool puukasvu-piiri. Rohukamar neis on tihe. Valitsevad mitmeaastased madalad tarnad (Alpides näit. *Carex curvula*, joon. 399) ja kõrrelised; koos nendega mitmed kääbusjad, sageli suureõielised püsikud, nagu *Trifolium alpinum, Gentiana* liigid, *Trollius*'e liigid jt. Neis leidub taimi, mida võib kohata ka tundrates nagu *Dryas octopetala, Silene acaulis* jt. Talvel on siin vahelduv lumikate. Suvi on lühike. Kõrgmurude kõrgusastmel pole puude ja põõsaste kasv enam võimalik.

(3) T u n d r a d katavad suuri alasid arktilises ja subarktilises Ameerikas, Euroopas ja Aasias. Eriti ulatuslikud on need puukasvuta tasandikud ja kõledad mäestikud Põhja-Kanadas ja Siberis. Pikkade talvede jooksul sügavalt külmunud maapind ei jõua suvel sulada kuigi sügavalt. See asjaolu soodustab soode tekkimist, milledes valitsevad samblad. On aga ka suuri kuivi kontinentaalseid tundraid, kus domineerivad samblikud ja kserofiilsed samblad. Lubjarikastel aladel on taimkate õiterohke. Kasvavad kanarbikuline *Cassiope tetragona* (joon. 400), drüüas *(Dryas octopetala)*, lapi rododendron *(Rhododendron lapponicum)*, mitmesugused kivirikud (*Saxifraga nivalis, S. stellaris* jt.), madalakasvulised pajud, nagu *Salix reticulata* jt. Lubjavaeseis tundrais on rohkelt arktilist kukemarja *(Empetrum hermaphroditum)*, soomurakat *(Rubus arcticus)* jt. Kohtadel, mis vabanevad ainult väheseks ajaks (1—2 kuuks) lume alt, kasvab ainult mõne cm kõrgune kääbuspaju *(Salix herbacea)* koos mõningate teiste kääbustaimedega, nagu *Cassiope hypnoides*. Metsa ja tundra vahelistel üleminekualadel, kus leidub puid (läänepoolses subarktilises Euroopas kask, Venes, Siberis ja Põhja-Ameerikas — lehtmännid) vaid rühmiti või hajusalt, on eriti jõgede ääres lopsakaid niite kullerkupu *(Trollius)*, kurereha *(Geranium)*, kikkaputke *(Angelica)* jt. laialehiste püsikutega. Leidub pajustikke, vaevakase *(Betula nana)* tihnikuid jt.

(4) K u i v a k õ r v e d ja p o o l k õ r v e d. — 20. ja 50. põhjalaiuskraadi vahel valitsevad Aafrikas ja Aasias ulatuslikud kuivakõrved. Vähemaid kõrvealasid on veel Ameerikas, Lõuna-Aafrikas ja Austraalia keskosas. Kõrve iseloom oleneb nii kliimast kui ka pinnasest (kalju-, savi- või liivakõrb). Kaljukõrves on suhteliselt enam taimi kui teistes kõrvetüüpides. Siiski on see kasin väikestest kääbuspõõsastest koosnev kate nii hõre, et neid

Joon. 399. Kõrgmuru Alpides. *Carex curvula* ühing. Orig.

Joon. 400. Tundra-taimkate Lapis. Subarktiline *Cassiope tetragona* nõmm. Orig.

Joon. 401. Kaljukõrb Põhja-Saharas. Valitseb polstertaim *Fredolia aretioides* (a). Brockmann-Jerosch ja Heim'i järgi.

Joon. 402. Stepp valitseva *Stipa Lessingiana*'ga Lõuna-Venes. Janata järgi.

võib näha alles lähedal olles. Kaugelt vaadatult valitseb täielikult kaljust tingitud värvus. Kõnesolevad põõsad on väikeste lehtedega, sageli tugeva karvkattega. Nende juured tungivad kaljupragudes õige sügavale. Ka savikõrves on taimeelu veel küllalt mitmekesine. Taimed kasvavad hajusalt ning on osalt omapärase välimusega, nagu näit. tuntud, maltsaliste sugukonda kuuluv polstertaim *Fredolia aretioides* (joon. 67 ja 401). Väga kohased elule kõrbedes ja poolkõrbedes on ka lühieataimed — efemeerid. Nende seemned ootavad sageli aastate kaupa vihmasaju tulekut, idanevad siis ja jõuavad juba mõne nädalaga õitsta ning viljuda. Lehtede ehitus on neil mesomorfne.

Kõige raskemad on elutingimused taimedele liivakõrves. Seal puuduvad taimed sageli suurtel aladel täielikult. Või aga leidub mõningaid torkivaid kõrrelisi *(Aristida)* ja korvõielisi. Luidetevahelistes depressioonides Saharas on karakteersemaid raagtaimi roheliste okstega, lehtedeta põõsaid — *Genista saharae* ja *Retama retam* (mõlemad on liblikõielised).

Kohtadel, kus maapind kõrves on soolane (näit. soolajärvede ümbruses), kasvavad mitmesugused sageli sukulentsed soolakutaimed maltsaliste jt. sugukonnist.

P o o l k õ r v e d seovad kõrbi steppidega. Nende vegetatsioon on vahepealne.

40. peatükk.

Taimeühiskonnad (järg). Stepid. Savannid. Okasmetsad. Suvehaljad leht- ja segametsad. Nõmmed. Kõvalehismetsad. Monsuunmetsad. Troopilised vihmametsad.

(5) S t e p i d. — Nii Euroopas, Aasias kui ka Ameerikas järgnevad poolkõrbedest põhja poole ulatuslikud alad ilma puukasvuta — stepid e. rohtlad. Põhja-Ameerikas nimetatakse neid preeriateks. Siin langevaist sademeist jätkub, et toita rohikatet, mis näit. põhjapoolsetes Vene steppides, samuti idapoolseis preeriais on küllalt lopsakas, kuigi puukasv siin looduslikel tingimusil pole võimalik. Põhjapoolsetes Vene steppides on palju liike, mis kasvavad Eestis loodudel, nagu aas-kaer *(Avena pratensis)*, angerpist *(Filipendula hexapetala)*, mägi-ristikhein *(Trifolium montanum)* jt. Nendega seltsivad karakteersed stepi kõrrelised — *Stipa* liigid. Lõunapoolsetes Vene steppides on liikide arv väiksem. Sageli domineerivad täielikult *Stipa*'d (joon. 402). Ameerika preeriate idaosas

on rohkelt suurekasvulisi (1—2 m) kaheiduleheseid, eriti korvõielisi perekondadest *Silphium, Helianthus, Coreopsis* jt. Nendega seltsivad kõrrelistest eriti *Andropogon*'i liigid (näit. *A. furcatus*). Mida rohkem lääne poole, seda madalamaks muutub rohikate. Lõpuks esinevad väga madalad kõrrelised, nagu buffalo-hein *(Buchloë dactyloides)* jt.

(6) Põhja- ja lõuna-poolkera stepialade vahel leidub puis-rohtlaid e. savanne. Ulatuslikud on nad Aafrikas ja Lõuna-Ameerikas. Neis on rohurindes valitsevateks taimedeks mitmesugused troopilised ja subtroopilised kõrrelised (*Panicum*'i, *Andropogon*'i liigid jt.). Sellest kõrgest rohikattest, mille vahel võib harilikult igal pool näha troopikamaadele iseloomulikku punast mullaliiki — lateriiti, tõusevad hajusalt puud. Aafrika savannides (joon. 403) on rohkelt mitmesuguseid *Acacia* liike. Ka ahvileivapuu *(Adansonia digitata)* on sage, eriti Lõuna-Aafrikas. Kuigi savannid moodustavad kõigiti loomuliku ülemineku stepi ja vihmametsa vahel, on nende ulatus tublisti suurenenud inimtegevuse tagajärjel. Ürgvana kulu põletamise komme aitab võimsalt kaasa metsa pindala järkjärgulisele vähenemisele. Mõned savannide puud on igihaljad (näit. palmid, nagu *Borassus*'e liigid jt.), enamik aga on suvehaljad (näit. akaatsiad, ahvileivapuu). Savann ja mets on muidugi seotud üleminekutega. Leidub ka savannimetsi, näit. rohkelt Austraalias, kus puudeks on peamiselt kõrged eukalüptid.

(7) Soojematel aladel on kohati vahelüliks kõrve ja metsa vahel ka kõvalehis-põõsastik e. astelpõõsastik. Neid on Mehhikos, Somaalimaal, Lõuna-Araabias, Austraalias. Aafrikas kasvab neis põõsastikes sukulentseid torkivaid *Euphorbia*'id, Mehhikos — kaktusi, nagu *Cereus*'ed, *Opuntia*'d jt. Hästi tuntud on Austraalia ulatuslikud põõsastikud (nn. scrub). Neis kasvab rohkelt mitmesuguseid kserofiilseid mürdilisi (eriti eukalüpte), liblikõielisi jt.

(8) Okasmetsad. Põhja-Skandinaavia tundrate ja Aafrika kõrve vahel on kolm suurt metsaformatsiooni, mis üksteisele järgnevad põhjast lõunasse: okasmetsad, suvehaljad leht- ning segametsad ja kõvalehis-metsad. Neist on viimased kõige kserofiilsemad. Põhja-Euroopa okasmetsades valitsevad kuusk ja mänd. Siberis seltsib rida teisi liike, nagu siberi mänd *(Pinus sibirica)*, lehtmännid *(Larix sibirica, L. dahurica)* jt. Süngeid siberi okasmetsi nimetatakse taiga'deks. Kontinentaalses Ida-Siberis on dauuria lehtmänd *(Larix dahurica)* tähtis metsapuu, olles heitlehise puuna

hästi kaitstud sealse lumevaese, kuiva ja väga külma talve vastu. Rohurindes leidub kääbuspõõsaid, nagu mustikas, sinikas, kukemari jt. koos laanelille *(Trientalis europaea)*, lillakaga *(Rubus saxatilis)* jt. Sammalkate on ühtlane, koosneb vähestest liikidest ning on oluliselt sama nii Euroopas, Aasias kui ka Põhja-Ameerikas.

Põhja-Ameerika (Kanada) okasmetsades on dominantideks ameerika lehtmänd *(Larix decidua)*, elupuu *(Thuja occidentalis)*, kuuse liigid *(Picea glauca, P. mariana)* ja palsaminulg *(Abies balsamea)*. Nendega koos leidub kase ja haava liikisid. Üldilmelt sarnanevad need metsad vägagi näit. Põhja-Soome okasmetsadega. Läänepoolses Põhja-Ameerikas Vaikse ookeani rannikul on okasmetsade koosseis teine. Seal on rohkem puuliike. Paljud neist on võimsad hiiglased (näit. mammutipuu — *Sequoia gigantea*).

(9) Suvehaljad leht- ja segametsad. — Lääne-Euroopa heitlehiste metsade domineerivaks puuliigiks on pöök *(Fagus silvatica)*. Temaga seltsib valgepöök *(Carpinus betulus)*, vahtraid, jalakaid jt. Eestis puuduvad nii pöök kui ka valgepöök; siinsete lehtmetsade tähtsamad liigid on tamm *(Quercus robur)*, pärn *(Tilia cordata)*, jalakas *(Ulmus montana)*, vaher *(Acer platanoides)*. Harilikult seltsib nimetatud puuliikidega rohkelt kuuske ja kaske. Lõuna pool, näit. Balkanil, samuti Kaukaasias, on suvehaljad lehtmetsad väga liikiderikkad. Liikiderohked on ka Põhja-Ameerika, Mandžuuria ja Põhja-Hiina lehtmetsad. Neis on mõningaid puuliike, mis esinesid Euroopas enne jääaega. Idapoolse Põhja-Ameerika lehtmetsades (joon. 404) on kümmekond mitmesugust tamme *(Quercus)* liiki. Nendega seltsivad vahtrad, suurelehine pöök *(Fagus grandifolia)*, tulbipuu *(Liriodendron tulipifera)*, magnooliad, pähklipuud *(Juglans)* jt. Alustaimestikus leidub kuni 10 m kõrgusi rododendroneid *(Rhododendron maximum)* ja palju mitmesuguseid madalaid puid (näit. *Cornus florida)* ja põõsaid. Väga liikiderikkad ja lopsakad on ka Ussuurimaa ja Põhja-Hiina metsad. Neis leiame pähklipuid *(Juglans)*, amuuri korgipuud *(Phellodendron amurense)*, mitmesuguseid vahtraid *(Acer)* jt. Lõuna poole lähevad nad üle parasvöötme vihmametsadeks, milledele on iseloomulik omapärane suvehaljaste parasvöötme perekondadesse kuuluvate liikide kasvamine kõrvu troopilistesse perekondadesse kuuluvate liikidega, nagu *Bambusa* jt. Rohkelt esineb puitunud tüvega liaane. Leidub ka epifüüte.

(10) Kõvalehis-metsad. — Eriti Vahemeremaades, aga ka Kalifornias, Lõuna-Aafrikas ja kohati mujalgi leidub võrdlemisi

madalaid (15—25 m) metsi, mis koosnevad mitmesugustest igihaljastest puuliikidest. Lõuna-Euroopas on neis metsades peamiseks liigiks igihaljas tamm *(Quercus ilex)*. Selle tamme lehed on kõvad, suhteliselt paksud, alt udejad, pealt enam-vähem läikivad, ilmselt kseromorfse ehitusega. Vahemeremaades langeb sademeid peamiselt talvel. Pikk suvi on väga põuane. Need kliima iseärasused tingivadki kõvalehis-metsade omapära. Neis metsades kasvavad põõsad, nagu *Viburnum tinus, Phillyrea* liigid, loorber *(Laurus nobilis)* jt., on samuti igihaljad. Kõvalehis-metsade hulka kuuluvad ka Põhja-Aafrika korktamme *(Quercus suber)* metsad. Neis leidub rohkesti lõhnavaid põõsaid — *Cistus*'e liike, rosmariini ja ka eespool-nimetatud igihaljaid põõsaid. Kõvalehis-metsade maharaiumisel tekivad sageli ulatuslikud igihaljad põõsastikud, nn. m a k j a d. Veel intensiivsema kasutamise tagajärjel (karjatamine) tekib madal võsa — g a r i i g, milles kasvab rohkelt mitmesuguseid väikesi põõsaid, püsikuid (ka sibultaimi) ja üheaastasi (terofüüte). Viimaste osatähtsus on üsna suur.

11) N õ m m e d. — Ka nõmmed tekivad sageli metsa hävitamise tagajärjel. Nii on see ulatuslikkude kanarbikunõmmedega, mis esinevad näit. Ida-Eestis liivastel aladel. Lääne-Euroopas (Iiris, Edela-Inglismaal, Hollandis ja Taanis), samuti Islandil on nõmmede ulatus kohati üsna suur. Seal on nad osalt looduslikult tingitud, kuigi pole kahtlust, et ka inimtegevus on soodustanud nende teket. Neil sademeterohkeil mail tekib toitainete vaesel liival toorhuumuse (happelise huumuse) kiht, mis kutsub esile nõrgkivi tekke liivakihtides. Viimane takistab metsakasvu. Koos kanarbikuga *(Calluna vulgaris)* kasvavad Lääne-Euroopa nõmmedes mudakanarbik *(Erica tetralix)*, mõned *Genista* liigid (näit. *Genista anglica)*, astelhernes *(Ulex europaea)* jt.

(12) P a r a s v ö ö t m e v i h m a m e t s a d (vt. 9).

(13) S a v a n n i m e t s a d (vt. 6).

(14) M o n s u u n m e t s a d. — Troopiliste metsade hulgas eristuvad monsuunmetsad teistest selle poolest, et nad on heitlehised. Näit. Jaava saarel (joon. 405) koosnevad nad peamiselt tekapuust *(Tectona grandis)*. Põhjalaiuse talvel puhub seal NW monsuun, mis toob sademeid. Sel ajal on metsapuud lehtedes. Raagus on mets kuiva SE monsuuni (SE passaadi) ajal (põhjalaiuse suvel).

(15) L ä h i s t r o o p i l i s e d v i h m a m e t s a d ja

(16) t r o o p i l i s e d v i h m a m e t s a d. — Vihmametsad esinevad mõlemal pool ekvaatorit umbes kuni pöörijoonteni. Need

Joon. 403. Savann Lõuna-Aafrikas. Valitsevad ahvileivapuu *(Adansonia digitata)* ja akaatsiad *(Acacia spirocarpa)*. B u s s e järgi.

Joon. 404. Põhja-Ameerika suvehaljas ürgmets *(Fagus americana, Quercus*'e liigid jt.). Põõsarindes *Rhododendron maximum*. Läänepoolses Maryland'is, Ühendriikides. U p h o f'i järgi.

Joon. 405. Heitlehine monsuunmets valitseva tekapuuga *(Tectona grandis)* Jaava saarel. Büsgen, Jensen ja Busse järgi.

Joon. 406. Vihmamets rohkete liaanide, epifüütide ja puu-sõnajalgadega Samoa saarel umbes 600 m üle m. p. Reichinger'i järgi.

metsad on erakordselt keerulise struktuuriga. Neid põhjustavad aasta läbi valitsev ühtlane kõrge temperatuur ning suur sademete rohkus. Puud kasvavad siin mitme üksteist ületava rindena. Ülima rinde metsahiiglasil esineb sageli planktoestik. Maapind on sammaldeta, kaetud võrdlemisi õhukese kõdunevate lehtede kihiga. Siin-seal on mitmesuguseid troopilisi (sageli kirjulehiseid) auto- ja heterotroofseid püsikuid, põõsaid ja väikesi puid. Väga rohkelt on liaane, mis kuuluvad väga mitmesugustesse sugukondadesse. Hiigelkaartena ulatuvad nad ühelt puult teisele, metsa tihedalt läbi põimides. Metsa alumises, niiskes ja varjulises osas (joon. 406) on epifüütideks, s. o. puutüvedel ja okstel kasvavateks taimedeks, peamiselt samblad ja sõnajalad. Tüvede ülemistes, hästi valgustatud osades on ülirikas epifüütsete õistaimede (eriti orhideede, troopilises Ameerikas ka mitmesuguste bromeelialiste) vegetatsioon, mis on kõigiti kohanenud kõnesolevale eluviisile. Enamasti on nad putukalembesed liigid silmapaistvate õitega. Et epifüüte sageli ähvardab veepuudus, siis leidub neil mitmesuguseid vahendeid vee säilitamiseks (bromeelialiste leht-tsisternid; orhideede varremugulad; kserofiilne leheehitus ja veekude paljudel liikidel; õhujuured).

Juurdelisatud kaart (joon. 407) kujutab maakera vegetatsiooni üldistatult. Kaardil märgitud vegetatsioonist on tõeliselt säilinud seda vähem, mida tihedamalt on vastav maa-ala asustatud.

Kultuuri pealetung on loonud soodsaid eluvõimalusi paljudele umbrohtudele, mis esinevad põllupeenardel, raudteetammidel, teede ääres jne. Sel teel on kohati nivelleerumas vahed ka kaugete maade taimestiku vahel (näit. Euroopa umbrohtude võimas levik Põhja-Ameerikas, Austraalias jm.).

Oskussõnade register.

aastarõngad . . . **116**, 119
abileht . . . 4, 12, **14**, **15**, **16**, 92, 237, 242, 243
abileht, antidroomne . . . **15**, **16**,
abileht, interpetiolaarne . . . **15**, **16**, 242, 243
abileht, külgmine . . . **15**.
abileht, lehevastane . . . **15**, **16**
abileht, lehtedevaheline . . . **15**, **16**
abileht, vaba . . . **14**.
absorbtsioonispektrid. . . 54
achaenium . . . 229
acicularis . . . 7
aculeus . . . 133
acuminatus . . . 7
acutus . . . 7
aecidium . . . 278
ahvatlusvahendid . . . 212, 214
aktinomorfne . . . **242**
aktinosteel . . . 141, **145**, **146**
alaleht . . . **133—135**, 138, 170, 222
aleuroon-kiht . . . 217, **220**, 221
aleuroon-tera . . . 217, **220**, **221**
algeos . . . **278**, 280
algeosla . . . **277**, **278**
algkude . . . **84**, **85**
algleht . . . **181—183**, 233
alkannatinktuur . . . 20
alus, lehelaba . . . 7
amiinid . . . 211
amiinohapped . . . **21**, **22**, 27
amiinorühm . . . 21
aminoidid . . . 211
amitoos . . . 88
amüloos . . . 56
amülopektiin . . . 56
anafaas . . . **87**, **88**, 191—193
anatoomia, juure . . . **142—152**, **165—177**
anatoomia, lehe **17—44**, **64—82**
anatoomia, varre . . . **82—141**
anatoomia, vilja . . . **216—228**
anatoomia, õie . . . **182—207**
anatroopne . . . 199
androeceum . . . 188
aniliinsulfaat . . . 19
anisofüllia . . . **10**, **11**
annulus . . . 288, **289**, 297
anteer . . . 191
antennid . . . 215
anteridium . . . 266
anteriid . . . **266**, **274**, **275**, 277, **286**, **287**, **292**, **293**, **298**, 322
anthera . . . 188
antipood . . . **200**, 201—204
antoksantiin . . . 186
antotsüanidiin . . . **28**, **29**
antotsüaniin . . . **28**, **29**, 34, 35, 40, 82, 93, 99, 100, 163, 182—184, 186, 226, 228, 277, 305
apex . . . 7
apikaalne . . . 68
apoteetsium . . . **281—283**
arabinoos . . . 19
archegonium . . . 287
arenemine, embrüokoti . **200—202**
arenemine, lehe . . . **4**, **5**
arenemine, seemnepunga . . **199**
arenemine, õie . . . 189
arhegoon . . . **287**, **288**, **292**, **293**, **298**, **299**, 322
arhespoor . . . 199, 200, 289
arillus . . . 228
arv, õistaimede . . . 235
ascus . . . 282
askogoon . . . **277**
askospoor . . . **276**, **277**
askus . . . **276**, **277**, **283**
asparagiinhape . . . 22
assimilatsioon, lämmastiku **155—157**
assimilatsioon, süsiniku . . . **48—59**, 63, 99
astel . . . 12, **133**
asteljuured . . . **177**, **178**
astelpõõsastik . . . **332**
asukoht . . . **327**
ataktosteel . . . **107—112**, 141
atroopne . . . 199
attenuatus . . . 7
auksiin . . . 61

auksiliaarrakk . . . **270**, 271, 272
auksospoor . . . **259**
auksosügoot . . . **259**
aurumine . . . **45—47**
autogaamia . . . **209**
avaühing . . . 328, 330

bacca . . . 226
basaalne . . . 68, 93
basidiospoor . . . **280**
basiidium . . . **280**
basis . . . 7, 14
bastardeerumine . . . **313**
bensoloidid . . . 211
biureet . . . 21
bostryx . . . 182
bractea . . . **182**, 237
bulbus squamosus . . . 133
bulbus tunicatus . . . **133**

calyptra . . . 142, 288
calyx . . . 183
capitulum . . . 180
capsula . . . 231, 288
carpellum . . . 195
caryopsis . . . 229
caulis . . . 4
cellula . . . 17
chalaza . . . 197
ciliatus . . . 7
cincinnus . . . 181
cladodium . . . 131
classis . . . 235
columella . . . 288, 289
cordatus . . . 7
cormus . . . 264
corolla . . . 186
cortex . . . 104
corymbus . . . 180
crenatus . . . 7
crossing over (ingl.) . . . 311, 312
cuticula . . . 32

darvinism . . . **325, 326**
dekstriin . . . 56
delfinidiin . . . 28,29
delfiniin . . . 28
dentatus . . . 7
deplasmolüüs . . . **160**
dermatogeen . . . **82—84**, 99, 142, 143, 206, 294
diagramm, õie . . . **237, 239—251**
diakinees . . . **190**, 192, 193
diastaas . . . 59, **220**, 221, 269
dichasium . . . 180
difenüülamiin . . . 59
diglükosiid . . . 28
dihaasium . . . **179**, 180
dihübriid . . . **310**
dipeptiid . . . 21
diplo-haplont . . . **272, 291, 297**
diploidne . . . 260
diplont . . . **260, 267**
discus . . . 246
divergents . . . **95**, 184
divisio . . . 235
dorsiventraalne . . . 280
drepanium . . .181
drupa . . . 226
druus . . . 30, 31, 68, 93, 104, 151

ebasarikõisikud . . . **180—182**
ebavahesein . . . 230, 247, 252
ebavili . . . **225, 226**, 227, 232, 243
eelemasus . . . **207**, 208, 209, 211
eelisasus . . . **207**, 208
eelleht . . . **291, 292**
eelniidistik . . . **280**
eelniit . . . **284, 286**
efemeer . . . 331
ehitus, paindetugev . . . **125, 126**
ehitus, tõmbetugev . . . **128**
eksiin . . . **194**, 209, 291
ekskreet . . . 32
eksodermis . . . **144, 145**, 165, 167
eksogeenne . . . 84, 122, 189
eksospoor . . . 284
eksostoom . . . 289
eksoteetsium . . . 189
elemendid, taimele vajalikud . . . 157, **158**
ellipticus . . . 7
eluiga, õistaimede . . . **1—3**
emakad, paigutus taimedel . . **207—209**
emakakael . . . 182, **196—198**, 202, **203**, 211—214, 247, 248
emakas . . . 182, 189, **195—202**, 207—215, 225, 238, 241, 243—245, 247, 251
emakasuue . . . 182, **196, 197**, 202, 209—215, 238, 240, 247—249
emakkond . . . **195**, 241
emakkond, apokarpne . . . **195**
emakkond, lahkviljalehtne . **195**
emakkond, liitviljalehtne . . **195**
emakkond, sünkarpne . . . **195**
emarakk, spermatozoidi . . . **287**
emarakk, tolmuterade . . . **189—191**
emarakk, õhulõhe . . . **35, 36**
emarginatus . . . 7
emas-kahekojane . . . **207, 208**
emas-ühekojane . . . **207**, 208
emasõis . . . **207**, 210, 211, 239

embrüo . . . 200, **204—206**, 217, 220, **294**, 299, 322, 324
embrüokott . . . 198, 199, **200—204**, 322, 324
emergents . . . 73
endocarpium . . . 227
endochiton . . . 266
endodermis . . . **106**, 141, **145**, **146**, 147, 149, 165, **295**, 296
endogeenne . . . 148
endokarp . . . 227
endosperm . . . **203—207**, 216, 217, **218**, **219**, 220—224, 234, 250
endosperm, nukleaarne **203**, **204**
endosperm, tsellulaarne . . **204**
endospermium . . . 218
endostoom . . . **289**
endozoiline . . . 229, 231
ensüüm . . . **59**, 75, 78, 220
eos . . . **255**, **277**, **280**, **282**, **283**, 284, 286, 290, **291**, 293, **297—299**, **301**, **322**
eoskand . . . **280**
eoskott . . . **276**, **277**, 282, 283, 288, **289**, 322
eoskuhi . . . **297**
eoskupar . . . **288—290**, 322
eospea . . . **299**, 301, 302
eospesa . . . **297**, 322
epicarpium . . . 227
epidermis . . . 24, 25, 27, 28, **31—38**, 43, **44**, 65—72, 92, 97, **98**, **99**, 100—102, 107, 112, 126, 129, 131, 132, 135, 142, **152**, 182—185, 217, 228, 295, 296, 300
epifüüs . . . 206, 329
epifüüt . . . 69, 70, 136, 170, **267**, **268**, **283**, 335
epikarp . . . 227
epiteek . . . 257
epiteel . . . **117**
epiteem . . . **48**
epitheca . . . 256
epizoiline . . . 231, 232
eralduskint . . . **105**, **106**
erikaelsus . . . **213**
erilehisus . . . **10**, **11**
erim . . . 89, 279
esikoor . . . 84, 96, 97, **99**, **100**, 101, 102, 107, 108, 112, 120, 126, 132, 142, **145**, 149, 150, 165, **168**
esileht . . . 127
esipuu . . . **150**, 151
esisäsikiir . . . **113**
etioolitud . . . 62
eugenool . . . 211
eusteel . . . **112—120**, 141
exochiton . . . 266
faasid, diploidne ja haploidne **271**, **277**, **290**, 297, **322**, 324
faasid, raku jagunemise . . . **86**
faasid, taandusjagunemise . **192**
familia . . . 235
felloderm . . . **103**
fellogeen . . . **101—104**, 106
felloonhape . . . 20
fenotüüp . . . **304**
filamentum . . . 188
filiaalgeneratsioon . . . **305**
fissus . . . 7
flavoon . . . 73, 99
flobafeenid . . . 217
floeem . . . **43—44**, 58, 100, 108, 110—113, 118, 126, 128, **145**, **146**, 150, 162, 296
floeem, sekundaarne **113—120**
floora . . . **326**, 329
floroglutsiin . . . 19
folium . . . 4
folliculus . . . 230
formaldehüüd . . . 57
formatsioon . . . **329**
fosfatiidid . . . 20, **23**
fosforhape . . . 23, 221
fotosüntees . . . **48—59**
fototropism . . . **60—61**
fructus . . . 225
fruktoos . . . **54—56**
fukoksantiin . . . **256**, 265
funiculus . . . 197
funiikul . . . 197, 198, 199
fükoerütriin . . . 253, 268
fükotsüaan . . . 253
fülloklaad . . . **130**, **131**
füllood . . . **13**, **14**
füsalieen . . . 185
fütool . . . 51

galaktoos . . . 19
gallushape . . . 217
gameet . . . **259**
gametofüüt . . . **271**, **290**, **291**, **293**, **297—299**, **322**, **323**, 324
gariig . . . **334**
geen . . . **312**
geitonogaamia . . . **209**
genotüüp . . . **304**
genus . . . 23
geotropism . . . **142—144**
globoid . . . 220, 221
globuliin . . . 220, 221
glumae . . . 238
glükogeen . . . 169, 254, 256
glükoos . . . 18, 50, **54—57**
glükoproteiid . . . 254
glütseriin . . . 22, 23

goniid . . . 282, **283**
gonimoblast . . . **271, 272**
graan . . . 26, **51, 52**
günosteemium . . . 213
gynaeceum . . . 195

haardjuur . . . **127**
haardketas . . . **264, 265**
haardviljad . . . 232
halofüüt . . . 154, 161
haplo-diplont . . . **277**, 280
haploidne . . . 263
haplont . . . **263**, 274
hapnik . . . 50, 62, 64
harjas . . . **288**, 322
harunemine, dihhotoomne . . **264, 267, 299**
harunemine, ebasarikjas . . 121
harunemine, kobarjas . **121, 122**
harunemine, ratsemoosne . . 121
harunemine, sümpodiaalne 121, 122
harunemine, tsümoosne . . . **121**
harunemine, varre . . . **121**
hastatus . . . 7
haustor . . . 81, 204
haustoriaalrakk . . . 205
helotism . . . **282**
hematoplastid . . . **25**, 33, 183, **184**
hemitselluloos . . . **18, 19**, 20
heterofüllia . . . **10**
heterostüüilia **213, 214**, 246, 247
heterotsüst . . . **253, 254**
hingamine . . . **62—64**
hingamisjuured . . . **174, 175**
horkronija . . . **126**
huul . . . 213, 214, 240, 241
hõimkond . . . **235**, 252, **319**
hõljumiskarvad . . . 233, 234, 249
hüaloplasma . . . 20
hübriid . . . **313, 314**
hüdatood . . . **48**
hüdrofiilne . . . 22, 52
hüdrofüüt . . . **66, 67**
hüdrolüüs . . . 18, 21
hügrofüüt . . . **67**
hümeenium . . . **282, 283**
hüpertroofia . . . 157, 277
hüpoderm . . . 42, 108
hüpofüüs . . . 206
hüpokotüüil . . . **83**, 127, 134, 136, 137, 140, 147, 206, 218
hüpoteek . . . 257, 258
hüüf . . . 167, **276**, 277, 279
hüüf, askogeenne . . . **277**
hypotheca . . . 256

idand . . . 81, **83**, 299, 321
idanemine, seemne . . . **219—224**
idanemisvõime, seemnete . . . 223, 224, 228
idu . . . 204—207, 216, 217, **218—224**
idujuur . . . 218, 220, **222**, 299
iduleht . . . 83, 127, 136, 137, **206**, 218, 221, **222, 223, 224**, 225, 299
idupung . . . 218, 220, **222**
imik . . . 171
indool . . . 211
indusium . . . 297
induusium . . . 297
inflorescentia . . . 178
integument . . **196—199**, 200, 202, 207, 210, 216, 217
interkalaarne . . . 12
interkinees . . . **192**, 193
internoodium . . . **184**
intertsellulaar . . . **31, 186**
intiin . . . **194**
involucrum . . . 180
isas-kahekojane . . . **207**, 208
isas-ühekojane . . . **207**, 208
isasõis . . . **207**, 210, 239
isesugutamine . . . **303**
isetolmlemine . . . **209**, 303, 304
isofüllia . . . **300**

jagunemine, heterotüüpne . . . **193**, 263, 265
jagunemine, homöotüüpne . . 193, 263, 265
jagunemine, raku . . . **85—88**
jagunemine, reduktsiooni- **189—193**
jagunemine, taandus- **189—193**
jaguvili . . **229, 230**, 232, 234, 246
jalg . . . **288, 294**
jordanon (pr.) . . . **303**
juhtkimp . . . 40, **41—44**, 59, 67, 70, **95—98, 107—120, 151**, 185, 187
juhtkimp, bikollateraalne **113**, 114
juhtkimp, eksarhne . . . 300
juhtkimp, juure . . . **144—146**
juhtkimp, kinnine . . . **110, 112**
juhtkimp, kollateraalne **110**, 147
juhtkimp, lahtine . . . **112**
juhtkimp, leheomane . . . **96**
juhtkimp, radiaalne . . **146**, 147
juhtkimp, varreomane **96**, 97, 98
juhtkimp, ühine . . **95, 96**, 97, 98
juhtkimpude kulg **95—97**, 147
juhtkimpude üleminek varrest juurde . . . **146, 147**
juhtkude . . . **285, 286**, 288
juur . . . 3, 4, 80, 83, **142—178**, 206, 222, 223, **294**
juur, assimileeriv . . . **170**

juur, diageotroopne . . . 148
juur, negatiivselt geotroopne 175
juur, parasiitide . . . 170, 171
juur, positiivselt geotroopne 142—144
juurekandja . . . 301
juurekarv . . . 152, 153, 154, 158, 161, 163, 166, 167, 223
juurekübar . . . 142—144, 149, 166, 294
juuremugul . . . 171
juurenahk . . . 164, 165
juurerõhk . . . 163
juurikas . . . 133, 137—141, 237
juurronija . . . 127
järelküpsemine, seemne . . . 219
jässikpõõsas . . . 3

kaas . . . 288, 289
kaasrakud . . . 35, 36, 37
kaenal-abileht . . . 16
kahekojane . . . 207, 208, 209, 264
kohekojane, emas- . . . 207
kahekojane, isas- . . . 207
kaksikkristall . . . 30
kalatsa . . . 197, 199, 203, 216, 217, 228
kalatsakork . . . 216, 217
kalatsogaamia . . . 203
kaltsiumkarbonaat . . . 18
kaltsiumoksalaat . . . 29, 30, 31, 68, 133
kalüptrogeen . . . 142, 143
kambium . . . 97, 100, 112, 113, 114, 118, 128, 150, 151
kambium, fastsikulaarne . . 113
kambium, interfastsikulaarne 113
kambium, kimbu- . . . 113
kambium, kimbuvaheline . . 113
kambiumi-silinder . . . 113
kampülotroopne . . . 199
kanalrakk . . . 293
kand, sibula . . . 133, 134
kandeos . . . 280
kannus . . . 188, 213—215
karakterliik . . . 329
karotiin . . . 25, 26, 51—54, 226, 254, 256, 265, 268, 273
karotinoid . . . 26, 99
karp . . . 231, 247
karpell . . . 195
karpofoor . . . 246
karpogoon . . . 270, 271
karpospoor . . . 271, 272
karunkul . . . 232
karvad . . . 71—74, 99, 100
karvkate . . . 70—74
karvkate, karekarvane . . . 71
karvkate, siidkarvane . . . 71
karvkate, takerkarvane . . . 71
karvkate, udejas . . . 71
karvkate, viltjas . . . 71
karüokinees . . . 85—88
karüolümf . . . 27, 88, 261
kasvuaine . . . 61
kasvukuhik . . . 82—85, 99, 142, 284, 294
kasvutsoon, interkalaarne . . . 12
kateleht . 181, 182, 237, 240, 248
katted, seemnepunga . . . 196, 197, 199
kattekarvad . . . 70, 71
kaun . . . 229, 230, 243
keeleke . . . 237, 299
keelõis . . . 248, 249
keeris . . . 179, 182
kesklamell . . . 117
kesksilinder . . . 84, 100, 106, 107, 142, 145, 146, 149
kesksõlm . . . 256, 258
kevadeos . . . 278, 279, 280
kevadeosla . . . 278
kevadpuu . . . 115—119
kiirdrakk, kolmetahuline . . . 284, 286, 294
kiirdrakk, ühetahuline . . . 268
kile, poolläbilaskev . . . 158
kile, semipermeaabel . . . 158
kilp . . . 220
kladoodid . . . 131
klass . . . 235, 319
kloor . . . 19
kloor-tsink-jood . . . 18, 19, 20
klorofüllid . . . 25, 51—54, 157, 265, 268, 273
klorofülliinkaalium . . . 52
kloroos . . . 157, 158
kloroplastid . . . 17, 25, 26, 29, 31, 33, 34, 38, 51, 52, 57, 66, 71, 75, 98, 187, 226, 283, 284, 300
kobar . . . 178—180, 243, 302
kobarõisikud . . . 178—180
kobekude . . . 39, 40, 70
kogumik, ühingu . . . 328
koguvili . . . 226, 243
koleoptiil . . . 60, 61
kolhitsiin . . . 317, 318
kollenhüüm . . . 99—101, 120, 123, 125, 126
kolmekojane . . . 208, 209
kombinatsioon . . . 308, 310, 314
kommissuraal-rood . . . 12
kondrioom . . . 24
kondriosoomid . . . 24
koniid . . . 277
koniidikandja . . . 276, 277

konnektiiv . . . **189**, 210
kontseptaakul . . . **266**
koobaltpaber . . . 46
koobaspoor . . . **117**
kopulatsioon . . . **259**, **262**
korgikambium . . . **100—104**
korgistumine . . . 102
korkkude . . . **102**, 106
kormofüüt . . . 291
kormus . . . 297
korp . . . **103**, **104**, 150
korvõisik . . . 180, 249
kotteos . . . **277**
kristallid . . . 30, 57, 120, 131, 221
kristall-liiv . . . 30
kromatiin . . . **27**, **86**, **87**, 190, 261
kromatofoor . . . **256**, **257**, **259**, **260**, **262**, 263, 265, 267, 268, 273, 277, **283**, **287**
kromatoplasma . . . 253
kromidiaalaparaat . . . 254
kromomeer . . . **311**, **312**
kromoplast . . . 25, **26**, 40, 183, 185, **186**, 212, 226, 228, 300
kromosoomid . . . **86—90**, 191, 192, 193, 204, 257, 258, **311**, **312**, **314**, **315**
kromosoomid, alleelomorfsed . . . 190, 311
kromosoomide kaardid . . 312
kromosoomide arv . . . **89**, **192**, **193**, **261**, 263, 270, 277, 280, 289, 293, 314, 316, 317, 318, 319
kroon . . . 183, **186—188**, 242, 248
kroon, lahklehine . . . 188
kroon, liitlehine . . . 188
kroonleht . . . 185, **186—189**, 212, 225, 241, 245, 250
ksantofüll . . . 25, **51—53**, 256, 265, 268, 273
ksantoplast . . . 25, **26**
ksenogaamia . . . **209**
kserofiilne . . . **68**, 69
kserofüüt . . . **67—70**, 161
ksüleem . . . 41, **42—44**, 100, 108—113, 126, 128, **145**, **146**, **296**
ksüleem, sekundaarne . . . **113—120**
ksülooos . . . 19
kude, meristemaatiline . . . **142**
kude, sporogeenne . . . **189**, 288
kuivakõrb . . . **330**, **331**
kuivollus, taime . . . 48
kuivviljad . . . **229—234**
kuju, lehelaba . . . **8**
kukkurvili . . . **230**, 242
kulg, juhtkimpude . . . **95—99**
kumariin . . . 211
kupar . . . **231**, 233, 237, 245—247, 250
kurgjuured . . . 175
kutiikula . . . **32**, 38, 68, 73, **216**, 249
kutiin . . . 18, **19**, **20**, 32, 217
kõder . . . 229, **231**, 244
kõdrake . . . **230**, **231**, 244, 303
kõlutolmukas . . . 214, 240
kõrgmuru . . . **330**
kõrvekarv . . . 71, **73**, **74**
kõvalehis-mets . . . 332, **333**, **334**
kännas . . . **179**, **180**
kääviniidid . . . **87**, **88**, 190
köitraag . . . 11, **12**, 15
külgharu . . . 122, 138, 139
külgjuur . . . 145, **148**, **149**, 222
külgpung . . . 121, 138
külgrood . . . 12
külgvõsu . . . 138
külmakõrb . . . **239**

labellum . . . 213—215, 240, 241
laevuke . . . 244
laguvili . . . **229**
lamarkism . . . **325**
lamina . . . 6
lanceolatus . . . 7
lateraalne . . . 99
legumen . . . 230
lehe sisemine ehitus . . . **30—82**
lehealge . . . 4
lehealus . . . **4**, **5**, **14**, 16, 91, 92
lehekaha . . . **75**, **76**
lehelaba . . . 5, **6**, **7**, **8**, 10, 14, 31, **75—82**, 237
lehelaba alus, neerjas . . . 7
lehelaba alus, nooljas . . . 7, 9
lehelaba alus, odajas . . . 7, 9
lehelaba alus, südajas . . . 7
lehepigmendid . . . **52—54**
leheroheline . . . **51**, **52**
leherood . . . **40—44**, 80, 285
leheroodumine . . . **12**, **13**
leheroots . . . 5, **12**, **13**, 14, 16, **43**, **44**, 92, 295
leheseis . . . **93—95**, 97
leheseis, distihne . . . **94**, **95**
leheseis, kaherealine . . . **94**, **95**
leheseis, männaseline . . . **93**, **94**
leheseis, vahelduv . . . **93**, **94**
leheseis, vastak . . . **93**, **94**, **95**
leheserv . . . **5**, **6**
leheserv, hambune . . . 5
leheserv, kaarhambune . . . 5
leheserv, kahelisaagjas . . . 5
leheserv, loogeline . . . 5
leheserv, peensaagjas . . . 5

leheserv, ripsjas . . . 5
leheserv, saagjas . . . 5
leheserv, terve . . . 5
leheserv, täkiline . . . 5
lehetipp . . . 5, **7**
lehetipp, ahenenud . . . 7
lehetipp, ogaterav . . . 7
lehetipp, pügaldunud . . . 7, 9
lehetipp, terav . . . 7
lehetipp, teritunud . . . 7, 9
lehetipp, tömp . . . 7
lehetupp . . . 14, **16**, 237, 239
leht . . . 3, **4—82, 90—95**, 99, **285, 286, 294, 295, 299, 300, 321**
leht, elliptiline . . . 7, 8
leht, hõlmine . . . 7
leht, jagune . . . 7
leht, kaarroodne . . . 12, 13
leht, katkestunult sulgne . . . 6
leht, kilpjas . . . 5
leht, kolmetine . . . 6
leht, lineaalne . . . 7,8
leht, lõhine . . . 7
leht, munajas . . . 7, 8
leht, mõlajas . . . 7, 8
leht, neerjas . . . 7, 8
leht, nõeljas . . . 7, 8
leht, ovaalne . . . 7, 8
leht, paarissulgne . . . 6
leht, paaritusulgne . . . 6
leht, rombjas . . . 7, 8
leht, rudimentaarne . . . **80**, 130, 134
leht, rööproodne . . . 12, 13
leht, saprofüütide . . . **80, 81**
leht, sulgroodne . . . 12, 13
leht, sõrmroodne . . . 12, 13
leht, südajas . . . 7, 8
leht, süstjas . . . 7, 8
leht, varretu . . . 13
leht, veesisene . . . 10, **66**
leht, viietine . . . **6**
leht, äraspidimunajas . . . 7, 8
leht, ümmargune . . . 7, 8
lehtmets . . . 137, 332, **333**
lehtsukulent . . . 328
lehvik . . . **179, 181, 182**
leptoidid . . . 286
letsitiin . . . 23, 52
leukoplastid . . . **24, 25**, 33, 141, 142
leutsiin . . . 22
levitamine, endozoiline . . . **228, 229**
levitamine, epizoiline . . . **231**
levitamine, sünzoiline . . . **232**
liaanid . . . **126—129**, 335
lible . . . 238
libriform . . . **119**
ligniin . . . 18, **19**, 111, 265
ligula . . . 237,299
liigesrakud . . . 69
liigula . . . 300, 302
liik . . . **235, 236, 302, 303**, 319
liin, puhas . . . **303, 304**
liitleht . . . **6**, 12
liitpea . . . 182
liitsarikas . . . 180, 245
liitvalgud . . . 26
liitõisikud . . . **182**
lima . . . 30
limarakk . . . 32
linearis . . . 7
liniin . . . 27, 88, 261
lipofiilne . . . 22, 52
lipoidid . . . 20, **22, 23**, 26, 51
lisajuur . . . 107, 137, **148, 149**, 242, 294
lobatus . . . 7
lodiculae . . . 238, 239
lokulitsiidne . . . 231
lomentum . . . 229
loode . . . **200**, 204
loor . . . **297**
lootekott . . . **198**
lubi . . . 74
luuvili . . . **226—228**
lõhn, õite . . . **211, 212**
lõks . . . 76—78
lõvi (-ve) . . . **104, 105**, 119, 150, **175**
läbilaske-rakk . . . **145, 146**, 165
läätskile . . . 117
lühieataim . . . **1**, 2, 331
lühivõrse . . . **122, 123**
lükopiin . . . 25, 26, 226
lüli-eos . . . 277
lüsigeenne . . . 74

magneesium . . . 51, 57
makja . . . **334**
makronukleus . . . 259
makrospoor . . . 199, **297—299**, 301, 302
makrosporangium . . . **301, 302**, 322
makrosporofüll . . . 196
maltoos . . . **54, 55, 269**
mannoos . . . 19
mari . . . **226—228**, 237, 247, 250
marrasknahk . . . vt. epidermis
meeketas . . . **246**, 250
meeleht . . . 187, 188
meemahuti . . . 242
meevagu . . . 182
megaspoor . . . **199**, 200, 322
membrana . . . 17
meristeem . . . **84, 85**, 99, **108, 142, 148**, 185
mesochiton . . . 266

mesofüll . . . 17, 29, 31, **38—40,** 182, 295, 300
mesofüüt . . . **67,** 68
mesokarp . . . 227, 234
mesophyllum . . . 31
metafaas . . . **86, 87,** 190, 192, 193, 315
metaksüleem . . . **111, 296**
mets, heitlehine . . . 47
mets, suvehaljas . . . **333**
metüleen-sinine . . . 27
metüül-roheline . . . 27
miinimumiseadus . . . 155
mikronukleus . . . 259
mikropüül . . . **197,** 202
mikrospoor . . . **297, 298, 301, 302**
mikrosporangium . . . **301, 302,** 322
mineraalained . . . 161, 162
mineraalsoolad . . . 20, 23, 28, 152, **154, 155, 158,** 162
mitoos . . . **88**
mitsell . . . 18, 56
monohaasium . . . **181, 182**
monohübriidid . . . **310**
monopoodium . . . **122,** 138, 139
monsuunmets . . . **334**
mucronatus . . . 7
mugul . . . 133, **134—137**
mugul, heteroblastne . . . 134, 138, 139
mugul, homoblastne . . . 134, 138, 139
muguljuur . . . **172, 173**
muld . . . 153
munarakk . . . **200—204,** 205, 206, 216, 264, 267, **275, 287, 293,** 298, 299, 322, 324
mutant . . . **315, 316**
mutatsioon . . . **314—319**
muutlikkus . . . **302, 303**
mõhu-kanalrakk . . . 293, 298
mädarikud . . . **80, 81**
mükoriisa . . . **165—170**
mükoriisa, ektotroofne . . . **166, 167**
mükoriisa, endotroofne . . . **167—169**
mütseel . . . **276,** 278

nektaarium . . . 212
nektar . . . **187, 212,** 213, 214
nektarivagu . . . 182
niinekiud . . . **120,** 123
niineparenhüüm . . . 114, **120**
niinosa . . . 41, 43, 96, **97,** 104, 110—112, 113, 117, 118, 119, **120,** 128, **145—147,** 150, 295, 300
nitraadid . . . 59, 60
noodium . . . 184
nucellus . . . 198
nucleolus . . . 27
nucleus . . . 26
nucula . . . 229
nugilised . . . **80—82**
nukleoproteiidid . . . 26, 27
nutsell . . . **198, 199,** 200, 202, 206, 216, 218, 322, 324
nutt . . . **179, 180,** 248
nux . . . 229
nõmm . . . **334**
nälgimine, taimedel . . . 47
nääre . . . 76, 78
näärmekarv . . . 71, **73,** 99, 100

oblikhape . . . 64
oblikhapu kaltsium . . . 24, 29, 93, 131, 225
obtusus . . . 7
ochrea . . . 16
oga . . . **133**
okas . . . 105, 123, 321
okasmets . . . **332, 333**
oleiin . . . 23
oleokutiinhape . . . 20
oogonium . . . 265
oogoon . . . **265, 266, 274, 275,** 277
oospoor . . . 272, **274**
operculum . . . 288, 289
ordo . . . 235
orgaanilised happed . . . 28
organi teke, eksogeenne . . . **84**
organi teke, endogeenne . . . **148**
organid, analoogsed . . . 170, 171
organid, homoloogsed . . . **322**
organid, generatiivsed . . . **178**
organid, vegetatiivsed . . . **178**
ornitiin . . . 22
ovarium . . . 195
ovatus . . . 7

paislajud . . . 238
palea inferior . . . 237,239
palea superior . . . 237, 239
paljunemine, suguline . . . **196—206,** 254, 256, **258, 259, 262, 270, 274, 275**
paljunemine, vegetatiivne . . . 148, 150, 254, 255, 282
palmitiin . . . 22, 23
palmitiinhape . . . 22
papillid . . . 71, 187, 214, 247
pappus . . . 248, 249
parafüüs . . . **266,** 282, 283, **286, 287**
parasiidid . . . **80—82**
parenhüüm . . . 110, 111

parenhüümne . . . 285
parkained . . . 28, 34
parkhape . . . 217
partitus . . . 7
pea . . . **179, 180,** 209
peajuur . . . **136,** 137, 140, 142, 148, 151
pearood . . . 12, 13
pektiin . . . **18, 19,** 88, 253, 255, 260, 265
pelargonidiin . . . 28, 29
pelargoniin . . . 28
perekond . . . **235, 236,** 319
peribleem . . . **82—84,** 99, 106, 142, 143, 206, 294
pericarpium . . . 228
periderm . . . **100—105,** 119, **120,** 150, 166
periderma . . . 101
perigonium . . . 183
perigoon . . . 182, **183,** 184, 211, 212, 214, 240
perikarp . . . 220
periplasmoodium . . . 189
perisperm . . . **206, 207,** 216—219, 221, 222
perispermium . . 217
peristomium . . . 289
peristoom . . . 288, **289, 290**
peritsoonium . . . 260
peritsükkel . . . **106, 107,** 112, **145, 146,** 147, 149, 295
pesa, sigimiku . . . 195
pesaavanev . . . 231
petala . . . 186
petiolus . . . **12**
phyllocladium . . . 131
pigmendid . . . **99**
pigmentrakud . . . 217, 225
piimasoon . . . **173, 174**
piimmahl . . . **173, 174**
pikilõik, radiaalne . . . 116
pikilõik, tangentsiaalne . . . 116
pikkvõrse . . . **122, 123**
pinnalõik, . . . 30
pisieos . . . **297, 322**
pisiliik . . . **303,** 326
pisituum . . . 259
pistillum . . . 195
plankjuured . . . **175, 176**
plasma . . . 17, 18, **20—24,** 28, 29, 100, 162, 219
plasmodesmid . . . 33, 115, **269**
plasmolüüs . . . **159, 160**
plasmolüütikum . . . 159
plastides . . . 24
plastiidid . . . 17, 18, **24—26,** 33, 84
platsenta . . . **195, 197,** 198
platsentatsioon, aksillaarne . . . **195, 197,** 246, 250
platsentatsioon, laminaalne . . **195,** 197
platsentatsioon, marginaalne . . . **195, 197**
pleiohaasium . . . **179, 180**
plektenhüüm . . . 281—283
pleroom . . . **82—84,** 99, 106, 142, 143, 206, 294
pollen . . . 194
polliinium . . . **214, 215**
pollinaarium . . . **213, 214,** 215, **216**
polstertaim . . . **67**
polüpeptiidid . . . 21, 23
polüploidsus . . . **316**
pooldumine, raku . . . **85—88**
poolkõrb . . . **331**
poolparasiit . . . 82, 291
poolpõõsas . . . 3
poolustuum . . . 200, 201
poor . . . 74, 111, 194
poorsoon . . . **108—111,** 112—114, 119, 146, 151
porogaamia . . . 202, **203**
potetomeeter . . . **45**
preeria . . . 331
procarpium . . . 271
proembrüo . . . 206
profaas . . . **86,** 190, 192, 193
prokarpium . . . 270, 271
promütseel . . . **280**
prophyllum . . . 182
prosenhüümne . . . 285
protallium . . . **291, 292,** 293, 294 **298, 299,** 301
proteiidid . . . 26, 27
proteiinid . . . 27
proterandria . . . **207,** 208, 249
proterogüünia . . . **207,** 208, 211
protoksüleem . . . **111, 296**
protoneema . . . **286,** 291
protoplasma . . . 17, **20—24,** 28
protoplast . . . **18,** 28, 33, 73, 84, **160,** 224, 253, **256**
puisrohtla . . . **332**
puitaine . . . 19
pung . . . 3, **90, 91,** 121, 122
pungasoomus . . . **90—93,** 121
puri . . . 244
putkõis . . . **248, 249**
puu . . . 3, **113—120**
puukiud . . . **119,** 123
puuosa . . . 41, 43, 96, **97,** 110—112, 113, 118, 119, 128, **145—147,** 162, 295, 300
puuparenhüüm . . . 41, 113—115, 118, 119, **120,** 151

põhikude . . . **96**, 108, 109, 114, 296
põidik . . . **211**, 234, 236, 239
põõsas . . . 3
pähik . . . **238**
pähkel . . . **229**
pähklike . . . **225**, 226, 227, **229**, 232—234, 239, 242—244, 251, 252
pärilikkus . . . **304—319**
päris-kahekojane . . . **207**, 208, 209
pärisleht . . . 91, 93, 185, 222, 223
päris-ühekojane . . . **207**, 208
pööris . . . **179**, **180**
pükniidium . . . **278**
püknospoor . . . **278**
pürenoid . . . **256**, **259**, **260**, **262**
pürrool . . . 51
püsikude . . . 109
püsirakk . . . **254**
pyxidium . . . 231

raaf . . . **256—258**
raagtaimed . . . 80, **129**, **130**, 331
racemus . . . 178
radix . . . 4
rafiidid . . . **30**
rakis . . . **253**, **264**, 265, 280—283
rakk . . . **17—30**, **85—88**, **253—260**
rakk, koguja . . . 39, 59
rakk, parenhüümne . . . 85
rakk, polüenergiidne . . . **273**
rakk, prosenhüümne . . . 41
rakujagunemine . . . **85—88**
rakujagunemine, heterotüüpiline 193
rakujagunemine, homöotüüpiline 193
rakukest . . . **17—20**, 84, 161, 219
rakumahl . . . **28**, 29, 37, 92, **160**, **161**
rakusein, vt. rakukest
rakusein, korgistunud . . . **102**, **103**, **145**
rakusein, limastunud . . . 32
rakusein, ränistunud . . . 74, **257**
reaktiiv, Schweizeri . . . 18
reaktsioon, biureet- . . . 21
reaktsioon, ksantoproteiin- . . . 21
receptaculum . . . 225
reniformis . . . 7
repandus . . . 7
retseptaakulum . . . **264**, **265**, **296**
rhipidium . . . 181
rhizoma . . . 137
rhombeus . . . 7
ringlemine . . . 73
risoid . . . 281, **284**, **286**, **292**
risoidrakk . . . 298
risoom . . . 137, 149, 238
ristilõik . . . 30, **116**
ristsugutus . . . 304, 313
risttolmlemine . . . **209—216**
rodoksantiin . . . 25, 26, 40, 163, 300
rohtla . . . 331
ronijuured . . . **176**, **177**
ronitaimed . . . **126—128**
roodumine . . . **12**, **13**
rostellum . . . 213, **214**, 215
rotatsioon . . . 73
rotundus . . . 7
ruteeniumipunane . . . 19
rõhk, osmootne . . . **160**, **161**
rõhk, turgoorne . . . **159—161**, 233
rõngaskorp . . . **104**
rõngassoon . . . 41, **108—111**, 114, 149
rõngastrahheiid . . . **146**
rändeos . . . 273, 274
ränihapend . . . 18, 32

saaterakk . . . 41, **43**, 44, **108—112**, 113, 114, 117, 120, 146, 151, 295, 300
sagittatus . . . 7
sahharoos . . . **54—56**
salitsüülaldehüüd . . . 211
samara . . . 229
sammas . . . 215, 240, 289
sammaskude . . . 31, 35, **38**, 39, 65, 66, 129
saprofüüt . . . **80**, **81**, 167, 255, 277
sarcocarpium . . . 227
sarikas . . . **179**, **180**
sarnastamine, süsiniku . . . **48—60**, **129**
savann . . . **332**
savannimets . . . 332
schizocarpium . . . 230
scrub (ingl.) . . . 332
seadused, Mendeli . . . **305—311**
seeme . . . 136, 137, 207, **216—224**, 227—234, 247, 251, 324
seemnekest . . . 207, **216**, **217**, 221, 222, 225
seemnepung . . . 189, **195—207**, 210, 216, 246, 324
seemnis . . . **229**, 232, 233, 249
seenehüüf . . . 165, 168—170, **276**, 279, 282
seeneniidistik . . . 167, **276**
seeneniit . . . 165, **276**, 281
seenjuured . . . **165—170**
seenpõimik, sisene . . . **167—170**
seenpõimik, väline . . . **166**, **167**
segamets . . . 332, **333**
sein-avanev . . . 231
sein-lõhenev . . . 231
sekreedimahuti . . . 75

sekreet . . . 73
selts . . . 235, 319
semina scobiformia . . . 222
sepala . . . 183
septifraagne . . . 231
septitsiidne . . . 231
seriin . . . 22
serratus . . . 7
seta . . . 288
sibul . . . 30, **133—135**
sigimik . . . 182, **195**, **196**, 198, 210—213, 226, 239, 240, 247, 248, 252
sigimik, alumine . . . **225**, **226**, 227, 229, 242, 246, 321
sigimik, keskmine . . . **225**, **226**, 227, 242
sigimik, kolmepesane . . . **197**, 198
sigimik, monomeerne . . . **197**
sigimik, trimeerne . . . **197**
sigimik, ühepesane . . . **197**
sigimik, ülemine . . . **225**, **226**, 227, 242, 321
sigipung . . . 148, 150
siirdristumine . . . **311**
silicula . . . 231
siliqua . . . 231
singas . . . 60
sirp . . . **179**, **181**
sisesõkal . . . **237**, **238**, 239
sklereiid . . . 217
sklerenhüüm . . . **40—44**, 68, 96, 107, 109, 110, 113, 123, 125
soolakutaimed . . . 154
soomuskarv . . . 71, **72**
soomuskorp . . . **103**, **104**
sooned . . . 40, **96**, **111**
soonestus, lehelaba . . . **12**, 13
soorus . . . **297**
soreed . . . **282**
sorus . . . 297
spaata . . . 209, 210
spathulatus . . . 7
species . . . 235
spermatangium . . . **270**, 271
spermatiid . . . **270**, 271
spermatozoid . . . **266**, **267**, **274**, **275**, **287**, **292**, **293**, **298**, 322, 324
spica . . . 180
spicula . . . 238
spina . . . 133
spiraalsoon . . . 41, **108—111**, 114
spiraaltrahheiid . . . 112, 113, 146
spoor . . . **255**
sporangium . . . **296**, **297**, **301**, **302**, 322
sporofüll . . . **301**
sporofüüt . . . **271**, **290**, **291**, **293**, 294, 297, **299—301**, **322**, **323**, 324
sporogoon . . . **285**, **291**
staminood . . . 213, 214, 240, 241, 250
staminum . . . 188
statoliit-tärklis . . . 142, 144
stearіin . . . 23
stearіinhape . . . 22, 64
stearokutiinhape . . . 20
steel . . . **106**, **107—120**, **145—147**, **295**, **296**, **300**
stepp . . . 137, **331**
stereiidid . . . 225
sterigma . . . 277
steriinid . . . 23
stigma . . . 196
stipulae adnatae . . . 16
stipula antidromia . . . 16
stipula axillaris . . . 16
stipula interpetiolaris . . . 16
stipulae liberae . . . 14
stoloon . . . 148
stoma . . . 34
strooma . . . 26, 51
struktuur, paindetugev . . . **125**
struktuur, tõmbetugev . . . **128**
struktuur, submikroskoopiline 51
stylus . . . 196
suberiin . . . 18, **19**, **20**, 102, 103, 217
suberiinhape . . . 20
sudan III . . . 20
sugukond . . . **235**, 319, 320
sugulus, taimedel . . . 321
sugurakud . . . 304
sugutamine . . . **202—204**, **267**, **287**, 299, 301, 302, 324
suhkrud . . . **28**, 215, 226
sulgrakk . . . 25, 31, 33, 34, **35—38**, **59**, 98, 288
sulgviljad . . . **229**, **230**
suspensor . . . 206
suu, seemnepunga . . . 197
suureos . . . **297**, **322**
suurtuum . . . 259
suuääris . . . **289**
suve-üheaastane . . . 1
suvieos . . . **279**
sõelplaat . . . 43, 117, 118, 120
sõeltorud . . . 41, **43**, 44, **108—112**, 113, 114, **117**, 118, 120, 146, **151**, 295, 300
sõkalsoomus . . . 248
sõlm . . . 94, 237
sõlmevahe . . . 94, 138, 237
sõõr . . . 288, **289**, 297
säilitusjuur . . . **171—173**
säilituskude . . . 222
säilitusorgan . . . 133,140

säilitustselluloos . . . 218
säilitustärklis . . . 141, 218
säsi . . . 97, 100, 112, 113, 114, 118, 119, 126
säsikiir . . . 97, 112, **113**, 115, 117—119, 151
sügispuu . . . **115—117**, **119**
sügomorfne . . . **240**, 242
sügoot . . . **259**, **263**, **264**, **266**, 267, 271, 272, 293, **304**
sügospoor . . . **263**
sümbioos . . . 168
sümpoodium . . . **122**, **138**, **149**
sünapsisstaadium . . . 190, 192
sünergiid . . . **200—203**, 204, 322
sünzoiline . . . 232
süsinikdioksüüd . . . 49, 50, 58, 62—64
süsivesikud . . . **54—57**

zoospoor . . . 272, **273**, **274**, 275
zoosporangium . . . **273**

taandusjagunemine . . . **190—193**, 266, 280, 315
taiga . . . 332
taim, anemohoorne . . . 234
taim, autotroofne . . . **80**, **81**, 254, 257
taim, diploidne . . . **317**, 318
taim, epigeiline . . . **3**
taim, eritoiteline . . . **80—83**
taim, fülloklaadidega **130**, **131**
taim, haploidne . . . **317**
taim, heteroploidne . . . **318**
taim, heterospoorne . . . 297
taim, heterosügootne . . . **304**, 308, 310, 315
taim, heterotroofne . . . **80—82** 255, 277, 280
taim, homosügootne . . . **304**, 306, 307, 309, 310
taim, hüpogeiline . . . **3**
taim, isetoituja . . . **80**
taim, lihasööja . . . **75—79**
taim, lühiea . . . **1**, 2
taim, mitmeaastane . . . 2
taim, mürmekohoorne **233**, 329
taim, niiskuselembene . . . **67**
taim, polüploidne . . . **316—318**
taim, putukasööja . . . **75—79**
taim, suvi-üheaastane . . . **1**
taim, tetraploidne . . . **317**, 318
taim, triploidne . . . **317**
taim, valguselembene . . . 57, 58
taim, varjulembene . . . 57, 58
taim, üheaastane . . . **1**
taimekiud . . . **124**
taimestik . . . 326, 329
taimevahad . . . **33**
taimeühing . . . **329**
taimkond . . . **327**, **329**
talieos . . . **279**, **280**
talipung . . . 77
tallofüüt . . . 291
tallus 264, 265, 267, 281—283, 297
tanniin . . . 217
tannoidid . . . 217
tanu . . . 285, **288**, 291
tapetkiht . . . **189—191**, 301
teiskasv, juure . . . 145, **148—151**
teiskasv, varre . . . 108, **110**
teisniin . . . **113—120**
teispuu . . . **113—120**, **150**, **151**
teis-säsikiir . . . **113**
teistuum, embrüokoti . . . 200, **202**, 203, 204, 216
teleutospoor . . . **278**, **279**, 280
telofaas . . . **87**, **88**, 191, 192, 258
temperatuur . . . 59, 64
tentaakel . . . 78, 79
teris . . . 220, **229**, 238
terofüüt . . . **1**, 2, 334
testa . . . 207, 216
tetraspoor . . . **269**, 270, 271
tetrasporangium . . . **269**, 270, 271
thallus . . . 264
thyrsus . . . 180
tiib . . . 244
tiibvili . . . **229**, **234**
tiirlemine . . . 73, 152
tilketila . . . 67
tipp, lehelaba . . . **7—9**
tohlkude . . . 31, **39**, **40**, 65
toitejuured . . . 127
toitumine . . . **45—60**, **75—82**, **152—172**
tolmlemine . . . 207, **209—216**
tolmukad, paigutus taimedel 207—209
tolmukaniit . . . 182, **188**, **189**, 191, 215, 238, 249
tolmukapea . . . 182, **188—191**, 213, 215, 238
tolmukas . . . 182, 187, **188—195**, 207—215, 225, 227, 238—241, 243—245, 247, 248, 250
tolmukas, epipetaalne . . . 246
tolmukas, episepaalne . . . 247
tolmukkond . . . **188**
tolmukott . . . **189**, 249
tolmupesa . . . **190**, 322
tolmutera . . . 189, **194**, 196, 202, 209—211, 214, 215, 247, 318, **322**, 324
tolmutoru . . . **194**, 196, **202**, 203, 204, 324

trabecula . . . 300
trahheed . . .40, **42, 43,** 111, 119, 124, 163, 295
trahheiidid . . . **41—43,** 48, 115—119, 124, 163, 295
transpiratsioon . . . **45—47**
transpiratsioon, kutikulaarne 33, **45**
transpiratsioon, stomataarne **45,** 288
trihhogüün . . . **270**
trihübriid . . . **310**
trimetüülamiin . . . 211
truncatus . . . 7
truncus . . . 4
tsellobioos . . . 18, 55, 56
tselluloos . . . **18,** 20, 32, **54—57,** 99, 219, 220, 265
tsentroplasma . . . 253, 254
tsentrosoom . . . **257, 258, 260**
tsirkulatsioon . . . 73
tsüanidiin . . . 28, 29
tsüaniin . . . 28
tsüsteiin . . . 22
tsütaas . . . 220
tuber . . . 134
tubus pollinicus . . . 202
tugevusmoodul . . . **124**
tugijuured . . . **175, 176**
tugikude . . . 41, 42, 68—70, 96, 97, 101, 106, 110, **124—126,** 141, 285, 288
tugikude, hüpodermaalne . . 69
tundra . . . **330**
tunnus, domineeriv . . . **305**
tunnus, oluline . . . **302, 303**
tunnus, retsessiivne . . . **305**
tunnus, seostunud . . . **311, 312**
tupp . . . **183—186,** 242, 247, 248, 251, **288**
tuppleht . . . **183—185, 187, 189,** 212, 225, 227, 241, 243, 248—250
tuum . . . 17, 18, **24—29, 85—88,** 100, 219, 257, 258, 260, **261,** 263
tuum, diploidne . . . **192,** 198, 204, 259, 280
tuum, generatiivne . . . 194, 203, 204
tuum, haploidne . . . **192,** 193, 198, 259, 265, 278, 279
tuum, triploidne . . . 204
tuumake . . . **27, 86—88,** 261
tuumamahl . . . 27
tõri . . . 16
tõstemoodul . . . **124**
tärklis . . . **54—57,** 135, 140, **141, 218, 220,** 221, 265, 273
tärklis, florideede . . . **269**
tärklisterad . . . 25, **141,** 218, 220
tärklistupp . . . **100,** 106
tüvendtaim . . . 291
tüvisukulent . . . **131—133,** 328

ujuleht . . . 10, **66, 67**
umbella . . . 180
umbella composita . . . 180
urb . . . 180
uredospoor . . . **278, 279**
utriculus . . . 239

vagina . . . 16, 288
vahad . . . 23, **33**
vahesein, urbne . . . 158
vaigukäik . . . **115—118**
vakuool . . . 17, **28,** 29, 34, 35, 73, 84, **85,** 100, 220, 257, 260, 273
valgud . . . **20—22,** 26, 27, **59, 60, 220**
valgus . . . 50, 57, 58, 60, 61
varb . . . 302
variatsioon . . . **314**
varisemine, lehtede . . . **47, 105, 106**
varremugulad . . . **134—137,** 138
vars . . . 3, 4, **82—141,** 222, 285, **286, 294, 295, 300, 301**
vars, assimileeriv . . . **129—133**
vars, epigeiline . . . 121—133
vars, hüpogeiline . . . **133—141**
vars, maa-alune . . . **133—141**
vars, maapealne . . . **121—133**
vars, roomav . . . 123
veekude . . . 42, 68, **70,** 133, 288
veekultuurid . . . **154, 155**
veelõhe . . . **48**
veetaimed . . . **66, 67,** 70, 76
vegetatsioon . . . 327, 329, 335
velamen . . . 164
vesi . . . 20, 152, **153,** 162
vesi, aurumine taimedest **45—47**
vesi, gravitatsiooni . . . **153**
vesi, hügroskoopne . . . **153**
vesi, kapillaar- . . . **153**
vibur . . . 256, 274, 287
vihmamets . . . 69, **334, 335**
viinamarjasuhkur . . . 28, 54
vili . . . 3, 26, 207, **225—234,** 237—**252**
viljakeha . . . 276, 277
viljaleht . . . **195, 196,** 197, 227, 230, 231, 233, 239
viljasein . . . 220, 225, **227**
vool, laskuv . . . **162, 163**
vool, tõusev . . . **162—164**
võnkõisik . . . **179, 181**
võrksoon . . . 114
võsund . . . 136, 148

võõrtolmlemine . . . **209**
välissõkal . . . **237, 238,** 239
värd . . . **313,** 315
väänel vt. köitraag
vääntaimed . . . **127, 128**

õhujuur . . . **164, 165**
õhukäik . . . 97, 110
õhulõhe . . . **34—38,** 39, **46, 47, 59,** 66—70, **98,** 99, 129, 131, **288,** 295, 299, 300
õhuvaheruum . . . 65, 66
õiekate . . . **183—188,** 239, 242
õiepõhi . . . 212, **225, 226,** 227, 229, 243
õietolm . . . **194,** 209—211, 214, 215, 249, 250
õievalem . . . **237—252,** 320
õis . . . 3, 181, **182—202, 210—216, 225, 237—252,** 317
õis, epigüünne . . . **225**
õis, hüpogüünne . . . **225**
õis, kahesuguline . . . **207,** 208, 248, 249
õis, pentameerne . . . 250
õis, pentatsükline . . . 237
õis, perigüünne . . . **225**
õis, tetrameerne . . . 250
õis, trimeerne . . . 237
õis, ühesuguline . . . **207,** 210, 211, 248, 249
õisik . . . 121, **178—182,** 210
õli . . . 257, 273
õlid, eeterlikud . . . 73
õlimahuti . . . 74

ühekojane . . . **207, 208**
ühekojane, emas- . . . **207**
ühekojane, isas- . . . **207**
ühing . . . **328, 329**
ülaleht . . . **4, 5,** 91, 92
üldkate . . . 180, 248

Taimenimede register (liigid, perekonnad, sugukonnad jt.).

aaloe . . . 183, 184, 186
aas-seahernes . . . 15
adru . . . 264
aeduba . . . 303
aedvaak . . . 71, 72
ahvileivapuu . . . 332
akaatsia . . . 332
alpikannike . . . 134, 195
amarüllilised . . . 165, 197, 218, 220
angerpist . . . 331
angervaks . . . 5, 6
angervarrelised . . . 113
aruheinad . . . 218, 238, 327, 328
arujumikas . . . 126
astelhernes . . . 334
aster . . . 249

bakter . . . 157, **319**
begoonia . . . 30
bromeelialised . . . 70, 335
buffalo-hein . . . 332

elupuu . . . 333
emajuured . . . 94, 209
emajuurelised . . . 113
emanõges . . . **251**
eostaimed . . 1, **252—302, 322,** 324
esikulised . . . 188, **264, 247**
esparsett . . . 243
eukalüpt . . . 332

filodender . . . 40, 41 44
flagellaadid . . . 319, 324

haab . . . 8, 89, 122, 123, 180, 234
halfahein . . . 41
hallitus, roheline . . . **276, 277**
hanijalg . . . 71, 328
hanimalts . . . 1, 192
hapuoblikas . . . 9, 192
harakkuljus . . . 64, 65, 66
heinabatsill . . . 255
heinputk . . . 16, 246
hellik . . . **283—291**
hernes . . . 12, 62, 153, 154, 157, 180, 195, 223, 230, 233, 304
hiigelkurk . . . 318
hiina-nõges . . . 100, 101
hiirehernes . . . 180, 244, 328
hiirekõrv . . . 89, 205, 244
hirsstarn . . . 210, 211
hobukastan . . . 6, 90, 91, 207, 211, 222
humal . . . 15, 16, 128, 209
hunditubakas . . . 250
huulhein . . . **78, 79**
huulõielised . . . 73, 75, 94, 184, 212, 223, **251, 252**

hõlmikpuu . . . 122, 195, 319
härjasilm . . . 207
hüatsint . . . 211

ikkestaimed . . . 252, 319
ikkesvetikad . . . 319
imekannike . . . 329
imelill . . . 305, 307

jaanikakar . . . 249
jaanilill . . . 99
jalakas . . . 122, 210, 229, 234, 333
jorjen . . . 172, 193
jugapuu . . . 146, 228
jumikas . . . 39, 82, 250
juudikirss . . . 185
jõeputk . . . 246
jõetakjas . . . 195, 217
jõhvikas . . . 123
jänesekapsas . . . 58
jürilill . . . 244

kaalikas . . . 154
kadakas . . . 94, 321
kadakkaer . . . 97, 98, 245
kaer . 60, 89, 154, 218, 238, 279, 331
kaheidulehesed . . . 96, 99, 112—120, 148, 182, 183, 235, 241—252, 319, 322
kakaopuu . . . 32
kaljukress . . . 1, 2
kanakoole . . . 173
kanarbik . . . 188, 334
kanarbikulised . 168, 195, 204, 227
kanep . . . 209
kanna . . . 206
kannike . . . 188, 211, 231—233
kapsas . . . 244, 313, 318
karelehelised . . . 71, 181, 188, 212
kartul . . . 134, 136, 247, 248
karukell . . . 188, 242
karuohakas . . . 250
karuputk . . . 229, 246
kask . . . 122, 163, 171, 180, 197, 229, 234, 333
kassikäpp . . . 8, 71, 73, 208, 249
kassinaerilised . . . 230
kassinaeris . . . 194
kassitapp . . . 9
kastevars . . . 238
kastik . . . 238
kateseemnelised . . . 195, 235, 319
katkujuur . . . 182, 249
kellukas . . . 195, 231
kevadik . . . 244
kibuvits . . . 4, 14, 26, 133, 211, 226, 227, 243
kikkaputk . . . 330
kilpjalg . . . 32
kirburohi . . . 16, 200
kirikakar . . . 193
kirss . . . 228, 243, 314
kivirik . . . 330
kivirikulised . . . 227
kobarhüatsint . . . 232
koerakoolulised . . . 113
koerakäpp . . . 221
koerapöörirohi . . . 231, 248
koertubakas . . . 250
kohvipuu . . . 193
kold . . . 11, 319
koldnõges . . . 329
koldrohi . . . 244
konnatatar . . . 128
kookospalm . . . 234
kopsurohi . . . 329
kopsusamblik . . . 280—283
koralljuur . . . 80
korgipuu . . . 333
korktamm . . . 103, 334
kortsleht . . . 13, 15, 16, 71, 202, 243
korvõielised . . . 73, 174, 180, 182, 188, 204, 207, 209, 229, 248—250
kress . . . 5, 147, 206, 216
krookus . . . 209
kruvivetikas . . . 260
krüsanteem . . . 89, 90
kukehari . . . 36
kukekannus . . . 187, 188
kukemari . . . 168, 317, 330, 332
kukerpuu . . . 12, 122, 180, 195, 277, 278
kukits . . . 64—66
kuldkann . . . 196
kuldking . . . 241
kuldtulikas . . . 43, 97, 98, 112, 113
kuldtäht . . . 40
kullerkupp . . . 3, 178, 187, 188, 230, 242, 330
kummel . . . 249
kummipuu . . . 174, 176
kuningakepp . . . 194
kurelääts . . . 6, 230
kurereha . . . 7, 233, 330
kurk . . . 223
kuslapuu . . . 180
kuupäevarohi . . . 251
kuusk . . . 32, 104, 122, 151, 192, 234, 332, 333
kuuskhein . . . 84, 94, 188
kuuskjalg . . . 82, 251
kuutõverohi . . . 138, 140, 141
kõrkjas . . . 239
kõrrelised . . . 32, 68, 95, 183, 210, 220, 229, 237, 238, 239

kõrrerooste . . . **277—280**
kõrvenõges . . . 5, 192
kõrvik . . . 252
kõrvits . . . 114, 194
käbihein . . . 252
käokann . . . 245
käokannus . . . 250
käokeel . . . 168, 241
käoking . . 187, 188, 213, 230, 242
käokuld . . . 249
käopõll . . . 13
käopäkk . . . 81, 82
käpalised e. orhideed . . . 164, 168, 199, 221, 222, **239—241**
käpp . . . 173, 213, 214, 221, 241
kärbesõis . . . 221
köömen . . . 246
külmamailane . . . **251**
künnapuu . . . 210, 229

laanelill . . . 246, 332
lagutaimed . . . 252, 319
leedripuu . . . 34, 89, 92, 211
leesikas . . . 6
lehtmänd . . . 122, 123, 332, 333
lemmalts . . . 233
lepp . . . 81, 82, 122, 180, 207, 210
leseleht . . . 13, 138, 237
liblikõielised . . . 180, 195, 206, 212, 219, 222, 223, 230, **243, 244**
liilia . . . 133—135, 145, 146, 182, 183, 191, 193, 195, 219, 237
liilialised . . . 95, 165, 218, 220, 227, 235, **237**, 320
liivatee . . . 207, 252
lillakas . . . 8, 332
limaseened . . . 319
limataimed . . . 319
lina . . . 155, 156, 217, 231
linnujalg . . . 229
loalised . . . 181, 235, 320
loorber . . . 334
lootos . . . 223
luigelill . . . 321
luitekaer . . . 68, 69
lumikelluke . . . 209
lupiin . . . 154, 157
lusted . . . 218, 238
lutsern . . . 223, 244
luuderohi . . . 10, 127, 177
lõikheinalised . . 32, **238, 239**, 320
lõokannus . . . 232
lõvilõug . . . 305, 307, 312
lätepuu . . . 94, 95
läätspuu . . . 122

maamõõl . . . 206
maarjalepp. . . 232
maarjasõnajalg . . . **291—297**
maasapp . . . 327
maasikas . . . 6, 225, 226, 243
maavits . . . 248
madar . . . 82
magnoolia . . . 333
magun . . . 211, 231
magunalised . . . 174
mailane . . . 250
mailaselised . . . 27, 204, 250, 251
mais . . . 143, 153, 154, 221, 223
malts . . . 89
maltsalised . . . 218
mammutipuu . . . 3, 333
manglipuud . . . 174, 175
maokeel . . . 328
maran . . . 6, 242, 243
merihein . . . **209—210**
merisinep . . . 244
meri-särjesilm . . . 10
mesikas . . . 244
mets-kurereha . . . 7
metspipar . . . 194, 232, 329
metsputk . . . 231, 232
metstulikas . . . 8
metsvits . . . 94, 246
metsülane . . . 3, 89
mudakanarbik . . . 334
mugulalised . . . **247, 248**
murakas . . . 243
muruhein . . . 37
mustikas . . . 9, 10, 64—66, 212, 227, 332
mustjuur . . . 13, 173, 250
mõõl . . . 232
mägimaran . . . 185, 212
mänd . . . 8, 32, 103, 104, 113—118, 122, 123, 151, 192, 194, 207, 234, 332
mügarbakter . . . **157**
münt . . . 252
mürk . . . 246

naat . . . 246
neiuvaip . . . 241
nelk . . . 194, 211, 245
nelkõielised . . . 94, 180, 184, 218, 231, **245**
nisu . . . 220, 238, 313—315
nurmenukk . . . 139, 195, 213, 246, 247
nurmikas . . . 238
nõges . . . 73, 74, 89
nõgeselised . . . 94
nõiahammas . . . 244
nõianõges . . . 252
näsiniin . . . 89

oder . . . 189, 193, 218, 238, 279
ogaputk . . . 246
ohakas . . . 250
okaspaju . . . 71, 72
okaspuud . . . 113, 195, 319, 321
okas-õun . . . 248
orashein . . . 313, 314
oras-tähthein . . . 207
orhideed e. käpalised . . . 95, 164, 168—170, 214—216, **239—241**, 335
osi . . . 319

paakspuu . . . 8, 13
paju . . 39, 122, 197, 223, 234, 330
pajulill . . . 194,233,234
pajuvaak . . . 5
palderjan . . . 212
paljasseemnelised . . **195, 235**, 319
palmid . . . 109, 218, 220
palmlehikud . . . 195
palsaminulg . . . 333
paplid. . . 223
peet . . . 155, 171—173
peetri piibeleht . . . 5, 8, 94
penikeel . . . 16, 66, 95, 222, 321
pesajuur . . . **80**
petersell . . . 246
pihlakas . . . 211, 243, 326
piibeleht . . . 26, 211, 227, 237
piimalill . . . 138, 173, 180
piimnõges . . . 252
piiphein . . . 232
pilliroog . . . 8, 12, 13, 238
pilvik . . . 167
pilvvetikas . . . **253, 254**
pipar . . . 219
pipralised . . . 99, 217
pirnipuu . . . 243
ploom . . . 228
pohl . . . 6, 9, 10, 64—66, 227
pojeng . . . 195, 230
pooppuu . . . 326
porgand . . . 26, 171, 207, 246
portsmari . . . 228
pruuntaimed . . . 252, 319
pruunvetikad . . . 319, **264—267**
puju . . . 249
punanupp . . . 6
punataimed . . . 252, 319
punavetikad . . . **267—272**, 319
puravikud . . . 167
pusurohi . . . 245
putked . . . 82, 180
putkelised . . . 16, 230, **245, 246**
puuvõõrik . . . 82, 171
põdrakanep . . . 195
põisrohi . . . 71, 207, 212, 245
põldlitterhein . . . 1, 3
põldsinep . . . 1, **222, 223**, 245
päevalill . . . 154, 207, 249
pähklipuu . . . 90, 104, 333
päris-rakistaimed . . . 252, 319
pärn . . . 9, 90, 92, 93, 118—120, 122, 234, 333
pöök . . . 92, 166, 167, 333

rabarber . . . 35
rahupalm . . . 195
raiheinad . . . 218, 238
rakistaimed . . . **252—283**, 291
rand-teeleht . . . 327
rand-õisluht . . . 327
rannikas . . . 246
raudnõges . . . 1
raudrohi . . . 182, 249
riitsinus . . . 219, 221, **223, 224**
ristikhein . . 157, 180, 223, 244, 331
ristirohi . . . 250
ristõielised . . . 32, 180, 184, 230, 244, 245
robirohi . . . 82, 234, 251
rododendron . . . 330, 333
rohevetikas . . . 282, 319
roosõielised 180, 195, 228, **242, 243**
rosmariin . . . 334
rukis . . 89, 182, 193, 238, 279, 315
ruse . . . 232, 249
rõigas . . . 313
rõikhein . . . 229
ränitaimed . . . 252, 319
ränivetikas . . . **256—260**, 319

saar . . . 209, 229, 234
salvei . . . 252
samblik . . . **280—283**, 319
sammal . . . **283—291**, 319, 322—324
sanglepp . . . 9
sarapuu . . . 82, 194, 207, 210, 229, 232
seahernes . . . 14, 244
sealõuarohi . . . **250**
seened . . **165—169, 276—283**, 319
seenelill . . . **80, 81**, 167
selaginell . . . 11, **297—302**, 319, 322—324
seljarohi . . . 209
seller . . . 246
sepsikas . . . 239
sibul . . . 86, 87, 133, 237
silmarohi . . . 82, 251
sinep . . . 244
sinerõigas . . . 234
sinikas . . . 212, 227, 332
siniliilia . . . 184

sinilill . . . 7, 34, 139, 159, 187, 211, 232, 242, 329
sinivetikas . . . **253, 254,** 319
sirel . . . 8, 180, 209
siumari . . . 329
soja-uba . . . 221
soodahein . . . 328
soojumikas . . . 5
sookask . . . 32
soolarohi . . . 327, 328
soolmalts . . . 328
soomukas . . . 82
soomurakas . . . 330
soopihl . . . 243
soovõhk . . . 234
surmaputk . . . 246
sõnajalg . 66, 67, 319, 322, 323, 324
sõstar . . . 212, 216, 219, 227, 228
särjesilm . . . 10

takjas . . . 250
tamm . . . 104, 229, 333
tarn . . . 70, 149, 183, 229, 234, **236, 239,** 330
tatar . . . 154
tatralised . . . 16, 32
teeleht . . 8, 139, 180, 192, 210, 231
tekapuu . . . 334
tihashein . . . 252
tobiväät . . . 98, 115, 125, 128, 211, 212
tokkroos . . . 229
tomat . . . 26, 33, 89, 248
tomingas . . . 5, 8, 180, 228, 314
trühvel . . . 167
tubakas . . . 33, 155, 223, 248
tuderluga . . . 327
tuhkpihlakas . . . 326
tuhkpuu . . . 8
tulbipuu . . . 333
tulikas . . . 184, 188, 229, 232, **241,** 242
tulikõielised . . . 16, 148, 187, 188, 195, 212, 230, **241, 242**
tulp . . . 182, 183, 198, 212, 237
tõlkjas . . . **244**
tähthein . . . 245
tähtpea . . . 94
türgi-uba . . . 13, 95, 154
tüvend-eostaimed . . . 252, 319
uba . . . 95, 157, **222**
uibuleht . . . 216, 222
ungrukold . . . 11
uniohakalised . . . 94, 229
ussilakk . . . 94, 138, 139, 227, 237, 329
uus-meremaa lina . . . 124

vaevakask . . . 330
vaher . . . 89, 91, 121, 163, 230, 234, 333
vahtralised . . . 222
vahulill . . . 232
valgepöök . . . 166, 333
vangaarapuu . . . 3, 39
vanill . . . 24
varakevadik . . . 209, 244, **302, 303**
varjulill . . . 231
varsakabi . . . 3, 186, 207, 230, 242
verehurmarohi . . . 173, 195, 232
vesihein . . . 1
vesihernes . . . **75—77**
vesikatk . . . 153
vesikerss . . . 144
vesikupp . . . 185, 211, 234
vesiroosilised . . . 178, 187, 234
vetikad . . . **252—254, 256—275,** 282, 323, 324
viburtaimed . . . 319
viinalill . . . 35, 182, 185, 216
viinapuu . . . 104, 122, 163, 180
viirpuu . . . 211, 243
villpea . . . 239
võhalised . . . 127, 164
võhumõõgalised . . . 70, 95, 182, 186, 235
võilill . . . 5, 33, 194, 233, 234, 250
võipätakas . . . 78
võrm . . . 127
võsakannike . . . 5
võsaülane . . . 138, 192
vägihein . . . 71, 250
värihein . . . 182, 218
värvmadar . . . 126

õistaimed . . . **1—3, 235, 237—252,** 302, 319, **322,** 323, 324
õlipuu . . . 38
õunapuu . . . 226, 243

äiakas . . . 209, 219
äiatar . . . 94, 180

öökannike . . . 212

üheidulehesed . . . **95, 96, 107—111,** 148, 182, 183, 235, **237—241,** 319, 322
ülane . . . 187, 211, 232, 242

Ladinakeelsete taimenimede register (perekonnad, sugukonnad, klassid ja hõimkonnad).

Abies . . . 333
Acacia . . . 13, 14, 332
Acanthorrhiza . . . 177
Acanthostachys . . . 70
Acer . . . 89, 91, 121, 163, 234, 333
Achillea . . . 182, 249
Aconitum . . . 187, 188, 213, 230, 242
Acorus . . . 217
Actaea . . . 329
Adansonia . . . 332
Adonis . . . 186, 187
Aegopodium . . . 246
Aeonium . . . 102
Aeranthus . . . 170
Aesculus . . . 90, 91, 207, 211
Agapanthus . . . 165
Agaricus . . . 167
Agrimonia . . . 232
Agropyrum . . .313, 314
Agrostemma . . . 209, 219
Agrostis . . . 279
Alchemilla . . . 13, 15, 16, 202, 243, 326
Alisma . . . 320
Alismataceae . . . 320, 321
Allium . . . 30, 86, 87, 133, 235, 237
Alnus . . . 9, 122, 165, 313
Aloë . . . 25, 26, 27, 184, 186, 235
Alopecurus . . . 313
Althaea . . . 229
Amaryllidaceae . . . 320
Ammophila . . . 68, 69
Anacamptis . . . 221
Andropogon . . . 331, 332
Anemone . . . 3, 89, 138, 187, 192, 242
Angelica . . . 16, 246, 330
Angiospermae . . . 235
Angraecum . . . 170
Antennaria . . . 8, 71, 208, 249
Anthophyta . . . 235, 319
Anthurium . . . 31, 67
Anthyllis . . . 244
Antirrhinum . . . 305, 312
Apium . . . 246
Apocynaceae . . . 113
Araceae . . . 127, 164
Archegonophyta . . . 319
Aristida . . . 331
Aristolochia . . . 98, 106, 115, 125, 127, 128, 207, 211, 212
Artemisia . . . 249
Asarum . . . 194, 232, 329
Asclepiadaceae . . . 113
Asclepias . . . 234
Ascophyllum . . . 267
Asparagus . . . 131, 235
Asperula . . . 231
Aster . . . 249
Atragene . . . 212
Aubrietia . . . 71, 72
Avena . . . 60, 89, 154, 218, 238, 279, 331
Avicennia . . . 175

Bacillus . . . 157, 252, 255, 256
Bauhinia . . . 128
Begonia . . . 35, 95
Bellis . . . 202
Berberis . . . 12, 122, 278
Beta . . . 171
Betula . . . 32, 122, 163, 165, 313, 330
Betulaceae . . . 204
Bidens . . . 232, 249
Boehmeria . . . 100, 101
Boletus . . . 167
Borassus . . . 332
Borraginaceae . . . 181
Brassica . . . 154, 244, 313, 318
Briza . . . 218
Bromus . . . 218, 238
Brunella . . . 252
Bryonia . . . 127
Bryophyllum . . . 150
Buchloë . . . 332
Bunias . . . 244
Butomaceae . . . 320, 321
Butomus . . . 320

Cakile . . . 244
Calamagrostis . . . 238, 313
Calla . . . 234
Calluna . . . 184, 334
Caltha . . . 3, 186, 207, 230, 242
Campanula . . . 231
Canna . . . 206
Cannabis , . . 209
Capsella . . . 89, 205, 206, 244
Caragana . . . 122
Cardamine . . . 244
Carduus . . . 250
Carex . . . 149, 183, 210, 211, 234, 236, 239, 313, 320, 330
Carica . . . 174
Carpinus . . . 165, 166, 333

Carum . . . 246
Caryophyllaceae . . . 184, 245
Cassiope . . . 330
Castilloa . . . 174
Casuarinaceae . . . 204
Catasetum . . . 215
Centaurea . . . 39, 250
Centaurium . . . 327
Cerastium . . . 97, 98, 245, 313
Cereus . . . 131
Chelidonium . . . 232, 315, 316, 319
Chenopodium . . . 1, 89, 106, 192
Chlorophytum . . . 107—109, 165
Chrysanthemum . . . 89, 207, 249
Cicuta . . . 246
Cirsium . . . 250
Cissus . . . 127
Cistus . . . 334
Citrus . . . 30
Clematis . . . 97, 104
Clivia . . . 165
Cocos . . . 234
Codiaeum . . . 201, 202
Coelogyne . . . 134, 139
Colchicum . . . 202
Colletia . . . 133
Comarum . . . 243
Compositae . . . 180, 248
Conium . . . 246
Conjugatophyta . . . 319
Convallaria . . . 237
Convolvulus . . . 9
Corallorrhiza . . . 80
Cordyline . . . 110, 237
Coreopsis . . . 331
Cornus . . . 64, 65, 333
Coronaria . . . 245
Corydalis . . . 232, 313
Corylus . . . 194
Cotoneaster . . . 8
Crataegus . . . 211, 243, 326
Crepis . . . 250
Crinum . . . 165, 197
Crocus . . . 209
Cruciferae . . . 230, 244
Cucurbita . . . 114, 194, 318
Cupressaceae . . . 321
Cuscuta . . . 127
Cycadinae . . . 195
Cycas . . . 195, 196
Cyclamen . . . 137
Cyperaceae . . . 238, 320
Cypripedium . . . 201, 202, 204, 240, 241

Dahlia . . . 172, 187
Danaë . . . 235
Daphne . . . 89
Dasylirion . . . 124
Datura . . . 248, 317
Daucus . . . 171, 207, 246
Delphinium . . . 187
Dendrobium . . . 134, 139
Deschampsia . . . 238
Diandrae . . . 240
Dianthus . . . 194, 245
Dicotyledoneae . . . 235, 241
Dictamnus . . . 74
Dionaea . . . 77—79
Dioscorea . . . 13, 67, 134
Dipterocarpaceae . . . 234
Doronicum . . . 190
Draba . . . 244, 313
Dracaena . . . 108, 110, 124, 237
Drosera . . . 78, 79
Dryas . . . 233, 330
Dryopteris . . . 252, 291—297

Echeveria . . . 33
Empetrum . . . 168, 316, 317, 330
Epilobium . . . 194, 233
Epipactis . . . 241
Erica . . . 334
Ericaceae . . . 168
Eriophorum . . . 239
Erophila . . . 209, 244, 303
Eryngium . . . 246
Eucalyptus . . . 3, 39
Euphorbia . . . 131, 132, 138, 140, 173, 180
Euphrasia . . . 82, 250
Euthallophyta . . . 319

Fagus . . . 92, 165—167, 333
Festuca . . . 218, 238, 327, 328
Ficaria . . . 173
Ficus . . . 174, 176, 177
Filipendula . . . 5, 6, 331
Fontinalis . . . 284
Forsythia . . . 186
Fragaria . . . 6, 225, 243
Frangula . . . 8, 13
Fraxinus . . . 209, 234
Fredolia . . . 67—68, 331
Fritillaria . . . 212
Fuchsia . . . 48
Fucus . . . 252, 264—267
Funaria . . . 252, 283—291

Gagea . . . 40
Gaillardia . . . 248
Galanthus . . . 209
Galeobdolon . . . 329
Galeopsis . . . 252
Galium . . . 126

Gasteria . . . 25, 95
Genista . . . 80, 331, 334
Gentiana . . . 209, 330
Gentianaceae . . . 113
Geranium . . . 7, 330
Geum . . . 206, 232
Ginkgo . . 122
Ginkgoinae . . . 195
Gladiolus . . . 235
Glaux . . . 246
Gramineae . . . 237, 320
Gymnospermae . . . 235

Haemanthus . . . 165
Hedera . . . 10, 127, 128, 177
Helianthemum . . . 196
Helianthus . . . 154, 156, 207, 249, 331
Helichrysum . . . 249
Helleborus . . . 36
Helodea . . . 50, 153
Hemerocallis . . . 235
Hepatica . . . 7, 34, 139, 159, 187, 242, 329
Heracleum . . . 229, 246
Hesperis . . . 212
Hevea . . . 174
Hieracium . . . 250, 326
Himantoglossum . . . 199
Hippophaë . . . 71, 72
Hippuris . . . 84, 94, 188
Hordeum . . . 162, 189, 192, 193, 218, 238
Humulus . . . 15, 16, 128, 209
Hutchinsia . . . 2
Hygrophorus . . . 167
Hymenophyllaceae . . . 67
Hyoscyamus . . . 231, 248
Hypecoum . . . 203
Hypericum . . . 35, 182, 184, 185, 216

Iberis . . . 180
Ilex . . . 30
Impatiens . . . 30, 233
Inula . . . 5, 71, 72
Ipomoea . . . 127
Iriartea . . . 177
Iridaceae . . . 235, 320
Iris . . . 182, 235
Isatis . . . 234
Isopyrum . . . 188

Juglandaceae . . . 204
Juglans . . . 90, 333
Juncaceae . . . 181, 235, 320
Juncus . . . 235, 313, 327
Juniperus . . . 26, 94, 165

Knautia . . . 180

Labiatae . . . 184, 251
Lamium . . . 251, 252
Lappa . . . 250
Larix . . . 122, 123, 332, 333
Lathraea . . . 81, 82
Lathyrus . . . 11, 14, 244
Laurus . . . 334
Leguminosae . . . 243
Liliaceae . . . 235, 237, 320
Lilium . . . 133—135, 145, 146, 182, 191, 201, 202, 219, 235, 237
Linaria . . . 250
Linnaea . . . 64, 65
Linum . . . 217
Liriodendron . . . 333
Listera . . . 13
Lobaria . . . 252, 280—283
Lolium . . . 218, 238
Lonicera . . . 181, 228
Lotus . . . 244
Lupinus . . . 154
Luzula . . . 235, 313
Lycopodium . . . 11
Lysimachia . . . 94, 246
Lythrum . . . 94, 213

Majanthemum . . . 13, 138, 237
Malva . . . 194
Malvaceae . . . 230
Matricaria . . . 249
Medicago . . . 244
Melampyrum . . . 251
Melandryum . . . 245
Melilotus . . . 244
Mentha . . . 252
Menyanthes . . . 190
Mercurialis . . . 209
Mirabilis . . . 305
Monadophyta . . . 319
Monandrae . . . 240
Monocotyledoneae . . . 235, 237
Monotropa . . . 80, 167
Monstera . . . 40, 41, 44, 96, 110 111
Muehlenbeckia . . . 130, 131
Muscari . . . 232, 235
Myriophyllum . . . 33
Myxophyta . . . 319

Nasturtium . . . 58, 144
Navicula . . . 252, 256—260
Nelumbo . . . 223
Neottia . . . 80
Nepenthes . . . 75, 76
Nicotiana . . . 248
Nigella . . . 188

Nitella . . . 162
Nostoc . . . 252, 253, 254
Nuphar . . . 184, 185, 234
Nymphaea . . . 234
Nymphaeaceae . . . 187

Obione . . . 106, 328
Oenothera . . . 194, 314, 315, 326
Olea . . . 38
Onobrychis . . . 244
Ophioglossum . . . 328
Ophrys . . . 221
Opuntia . . . 39
Orchidaceae . . . 168, 222, 239—241, 320, 321
Orchis . . . 167, 169, 173, 213—215, 221, 240, 241, 313
Ornithopus . . . 229
Orobanche . . . 82
Orobus . . . 6, 230
Oxalis . . . 13, 14, 58

Paeonia . . . 195, 230, 242
Palmae . . . 320
Pandanus . . . 176
Panicum . . . 332
Papaver . . . 231
Paphiopedilum . . . 240
Papilionaceae . . . 243
Paris . . . 94, 138, 235, 237
Parkia . . . 175, 176
Pedicularis . . . 82, 251
Pelargonium . . . 73
Penicillium . . . 252, 276, 277
Peperomia . . . 201, 202
Petasites . . . 182, 249
Petroselinum . . . 246
Phaeophyta . . . 319
Phaseolus . . . 13, 95, 147, 154, 303
Phellodendron . . . 333
Phillyrea . . . 334
Phormium . . . 42, 124
Phragmites . . . 8, 11, 13, 238
Phyllanthus . . . 130
Physalis . . . 185
Physochlaina . . . 100, 197
Picea . . . 165, 192, 333
Pinguicula . . . 78
Pinus . . . 8, 103, 104, 122, 123, 165, 192, 194, 332
Piper . . . 219
Pistia . . . 30
Pisum . . . 12, 154, 304
Plantago . . . 8, 139, 180, 192, 231, 327
Platanthera . . . 168, 241
Plumbaginella . . . 201, 202
Poa . . . 37, 238, 279, 313
Polygala . . . 232
Polygonatum . . . 141
Polygonum . . . 16, 128, 200
Polysiphonia . . . 252, 267—272
Populus . . . 8, 89, 122, 123, 313
Potamogeton . . . 16, 26, 33, 66, 313, 320
Potamogetonaceae . . . 320
Potentilla . . . 6, 212, 242, 243, 313, 328
Primula . . . 71, 73, 99, 139, 213, 246, 247, 305
Primulaceae . . . 246
Protococcus . . . 282, 283
Prunus . . . 5, 8, 243
Pseudotsuga . . . 105
Pteridium . . . 294
Pteris . . . 294
Puccinia . . . 277—280
Pulmonaria . . . 329
Pulsatilla . . . 188, 242
Pyrola . . . 216
Pyrolaceae . . . 222
Pyrus . . . 226, 243

Quercus . . . 103, 165, 333, 334

Ranunculaceae . . . 16, 241
Ranunculus . . . 8, 10, 43, 97, 98 112, 188, 189, 232, 241, 242, 330
Raphanus . . . 313
Ravenala . . . 94, 95
Reseda . . . 26, 163, 216
Retama . . . 80, 130, 331
Rheum . . . 16, 35
Rhinanthus . . . 82, 251
Rhizoctonia . . . 168
Rhizophora . . . 174, 175
Rhododendron . . . 330, 333
Rhodophyta . . . 319
Ribes . . . 219, 227, 228
Ricinus . . . 38, 219, 221, 224
Rosa . . . 14, 133, 227, 243
Rosaceae . . . 242
Rubus . . . 8, 126, 243, 313, 326 330, 332
Rumex . . . 9, 16, 192, 313
Ruscus . . . 130, 131, 235
Russula . . . 167

Sagittaria . . . 33
Salicornia . . . 327, 328
Salix . . . 101, 122, 313, 330
Salvia . . . 252
Sambucus . . . 34, 89, 92, 211
Sanguisorba . . . 6
Sanicula . . . 232
Sarcodes . . . 202

Sarracenia . . . 75
Saussurea . . . 5
Saxifraga . . . 330
Schizophyta . . . 319
Schoenus . . . 239
Scilla . . . 184, 201, 202, 203
Scirpus . . . 239
Scopolia . . . 27
Scorzonera . . . 13, 173, 250
Scrophularia . . . 250
Scrophulariaceae . . . 250, 321
Scutellaria . . . 252
Secale . . . 89, 238, 279
Sedum . . . 36
Selaginella . . . 11, 33, 252, 297—302
Senecio . . .249
Sequoia . . . 3, 333
Serjania . . . 128
Silene . . . 212, 245, 330
Silphium . . . 331
Sinapis . . . 1, 244, 245
Sium . . . 246
Smilax . . . 15, 127, 133, 235
Soja . . . 221
Solanaceae . . . 247
Solanum . . 134, 136, 228, 247, 248
Sonneratia . . . 175
Sorbus . . . 211, 243, 326
Sparganium . . . 217, 313
Spartium . . . 80, 129, 130
Spirogyra . . . 252, 260—263
Stachys . . . 252
Stellaria . . . 1, 207, 245, 313
Stipa . . . 41, 331
Streptocarpus . . . 178
Suaeda . . . 328
Succisa . . . 5, 8
Surirella . . . 258
Syringa . . . 8, 209

Taeniophyllum . . . 170
Taraxacum . . 5, 194, 233, 250, 326
Taxus . . . 26, 165
Tectona . . . 334
Theobroma . . . 32
Thermopsis . . . 29
Thlaspi . . . 1, 3
Thuja . . . 26, 333
Thymus . . . 207, 252
Tilia . . . 9, 90, 92, 93, 118—120, 122, 333
Tillandsia . . . 177, 178
Tradescantia . . . 28
Trichomanes . . . 66
Trichopilia . . . 169
Trientalis . . . 246, 332
Trifolium . . . 244, 330, 331
Triglochin . . . 327
Triticum . . 220, 238, 279, 313, 314
Tritonia . . . 235
Trollius . . 3, 187, 188, 230, 242, 330
Tropaeolum . . . 5, 147, 216
Tuber . . . 167
Tulipa . . . 198, 235, 237

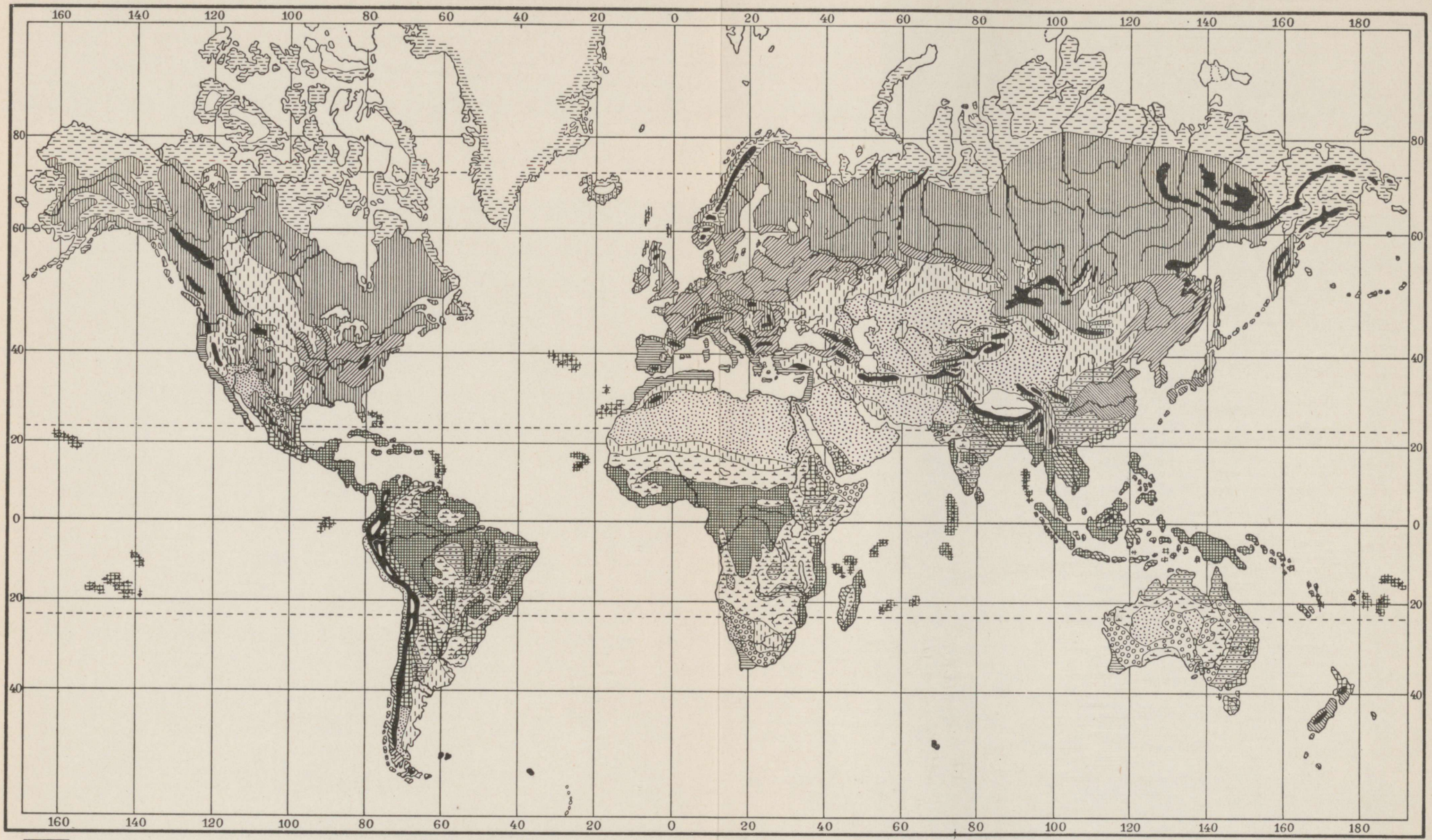
Ulex . . . 334
Ulmus . . . 122, 234, 333
Umbelliferae . . . 16, 180, 245
Urtica . . . 1, 5, 89, 162, 192
Usnea . . . 178
Utricularia . . . 75—77

Vaccinium . . . 9, 64, 65
Vanda . . . 165
Vanilla . . . 24
Vaucheria . . . 252, 272—275
Verbascum . . . 250
Veronica . . . 250, 251
Vesicaria . . . 230
Viburnum . . . 334
Vicia . . . 95, 244, 328
Viola . . . 5, 187, 232, 233, 329
Viscum . . . 82, 171
Vitis . . . 104, 122, 127, 132, 150, 151, 163

Wolffia . . . 178

Yucca . . . 110

Zea . . . 143, 154, 221
Zostera . . . 209, 210



Joon. 407. Maakera taimkonna kaart. Hayek'i ja (Vene osas) Alehhin'i järgi.