DR. PHIL. NAT. J. PORT

NÕUKOGUDE EESTI TR
TARTUS, KASTA

ÜLDBIOLOOGIA

ÕPPERAAMAT

GÜMNAASIUMI V KLASSILE

TARTU EESTI KIRJASTUS

DR. PHIL. NAT. J. PORT

NOOR-EESTI TRÜ
TARTUS, KASTA

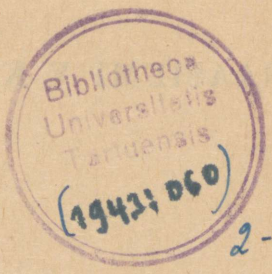
ÜLDBIOLOOGIA

ÕPPERAAMAT

GÜMNAASIUMI V KLASSILE

33915

TARTU EESTI KIRJASTUS



2-63997
A-14584

Korrektor A. Tigane.

„Noor-Eesti“ trükikoda, Tartu, 1943.

I. Ainurakust rakkuderiigini.

Eluta ja elus loodus.

Kõik maakera pinnal esinevad olesed ja esemed, kuivõrra need pole inimeste kätetöö, moodustavad l o o d u s e. Viimane jaguneb kaheks suureks osaks — elutuks ja elusaks. Eluta looduse moodustavad kivi-, muld-, vesi- ja õhkkond, elusa — taime- ja loomariik ning inimkond.

Elus loodus on otseses ühenduses eluta loodusega ega saa püsida ilma selleta. Taimed on juurtega mullas; viimaste kaudu nad ammutavad endile mullast vett ja mineraalaineid toiduks; taimede lehed aga ulatuvad kõrgele õhku ning saavad sealt hingamiseks hapnikku ja süsiniku sarnastamiseks CO_2. Loomad ja inimesed ei saa elada ega endid toita ilma taimedeta, veeta ning õhuta.

Eluta ja elus aine.

Eluta ained on gaasilised, vedelad või tahked kehad. Kõik nad koosnevad a a t o m i t e s t. Uuemad ainete uurimised x-kiirtega on näidanud, et iga aatom on omaette miniatuurne maailm täis energiat ja liikumist. Aatomi tuuma moodustavad plusslaenguga prootonid ja positronid, millede ümber tohutu kiirusega tiirlevad miinus-laenguga elektronid.

Aine pisimad osad, milledel on veel kõik antud aine omadused, on m o l e k u l i d, mis koosnevad aatomitest. Iga aine molekulid on üksteisega seotud molekulide vastastikuse külgetõmbetungiga, millele vastu töötab molekulide liikumistung, mis ei lase molekule üksteise vastu vajuda. G a a s i d e l on molekulide liikumistung külgetõmbetungist suurem, seepärast püüavad gaaside osakesed üksteisest eemalduda. V e d e l i k e s on molekulide külgetõmbetung liikumistungist veidi suurem. Kui aga vedelikke soojendada

ja sel teel nende molekulide liikumistungi suurendada, siis muutub viimane lõpuks keemispunktil külgetõmbetungist suuremaks: vedelik muutub nüüd gaasiks. Seega on soojus aine molekulide ja aatomite liikumisenergia. Tahketes kehades on molekulide külgetõmbetung liikumistungist palju suurem, mispärast need ained ja kehad omavad püsivust ja kõvadust. Nende ainete molekulid võivad siiski kitsastes piirides võnkuda, millest nähtub, et molekulide vahel on vaheruumid. Elektronid võivad aga ka tahketes kehades üsna vabalt liikuda. Iseloomulik suuremale hulgale tahketele ainetele on nende molekulide liitumine reeglipärasteks kristallideks: iga tahke aine kristallub enamasti erikujuliste kristallidena. Tahkete kehade iseloomulikemaid omadusi on nende kristallide kuju. Soojendamise teel võib ka tahkeid aineid muuta vedelaiks ning gaasilisteks. Absoluutse nullpunkti, s. o. — 273° C juures lakkab molekulide ja aatomite liikumine: siin peaksid ainete omadused järsult muutuma. Seni pole korda läinud absoluutset nullpunkti saavutada.

Kuni viimase ajani peeti anorgaaniliste ehk eluta ainete algelemente muutumatuiks ja püsivaiks. Raadiumi ja sellele ligidaste elementidega tutvumisel aga on selgunud, et mitmed algelemendid pole püsivad, vaid nende aatomid lagunevad looduslikes tingimustes. Praegu ei tunta veel abinõusid seesuguste aatomite lagunemisprotsesside peatamiseks. Radioaktiivsete ainete kiired on ainelise koostisega. Radioaktiivsete ainete aatomite lagunemisel vabaneb rohkesti energiat. Uuemal ajal on leiutatud meetodid, millede kaudu on radioaktiivsete ainete mõjul võimalik teiste, seni muutumatute elementide aatomeid purustada või viia pidevale lagunemisele.

Eeltoodust selgub, et eluta aine aatomid ja molekulid on liikuvad, et soojuse abil on võimalik seda liikuvust suurendada ning ainete olekut muuta ja et eluta aine algelemendid pole päris püsivad ning muutumatud.

Elus aine esineb elusorganismide algosistes — rakkudes. Rakkude elukandjaks põhiaineks on protoplasma ehk alglima, mida tavaliselt nimetatakse plasmaks. Ka elus aine koosneb molekulidest ning viimased — aatomitest. Koostiselt on protoplasma molekul üks keerukamaid maailmas. Protoplasma ise aga on muutlik ja ebapüsiv. Elusplasma peaaineks on valgud, milledega arvatakse olevat liitunud veel rasvataolised ained (lipoi-

did), süsivesikud ja mineraalained. Protoplasmas esinevad samad algelemendid, mis eluta aineis. Rohkesti sisaldab protoplasma vett.

Elus aine erineb eluta ainest kõigepealt oma molekulide suuruselt. Paljud eluta ained on lihtained, nagu vesinik, hapnik, raud, vask, tina jt.; osa eluta aineid on liitained: vesi — H_2O, kriit — $CaCO_3$, kips — $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, põldpagu — $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ jt. Protoplasma algmaterjaliks on valgud, millede molekulid eluta aine omadega võrreldes on hiiglasuured; näit. on verepuna ehk hemoglobiini molekuli koostis järgmine: $C_{758}H_{1203}N_{195}S_3FeO_{218}$. Niisugused suured ainete molekulid esinevad vees hõljuvate kolloidosakestena, millede omadused kristalsete ainete omadest järsult erinevad. Kolloidide hulka kuuluvad veel väiksemate molekulide kogumikud, kusjuures kolloidosakeste läbimõõdud võivad kõikuda 0,1 kuni 0,001 mikroni vahel (1 mikron = 0,001 mm). Kolloidosakesed on pinnalt kaetud veemolekulide kihiga ja elusplasmas laetud miinus-elektrilaenguga, mis takistab neid kokku langemast. Kolloidosakesed hõljuvad vees ja annavad protoplasmale vedelsültja ilme.

Vesi on eluskolloidide põhiaineseks, mispärast elu ilma veeta pole mõeldav. Kui mõjustada plasmakolloide positiivse laenguga ainetega, näit. raskemetallide sooladega, mis neutraliseerivad kolloidide miinus-laengu, siis kolloidide osakesed langevad kokku ehk koaguleeruvad (tarretuvad). Samuti võib plasmakolloidide tarretumist esile kutsuda vett äravõtvate ainetega, nagu piiritus, atsetoon jt., või palavuse mõjul. Plasmakolloidide tarretumine võib olla tagasipööratav või pööramatu: esimesel korral plasma elustub, kui ta saab vajalikul määral vett, näit. seemnete idanemisel, õietolmuterade ja eoste kasvamisel, tsüstiga kaetud rakkude taaselustumisel vee mõjul jne. Pööramatu tarretuse korral plasmakolloidid ei elustu enam vee mõjul (idanemisvõime kaotanud seemned, kuumuse mõjul tarretunud seemnete idurakud ja eosed, surmatud bakterid jt.).

Kolloidosakesed ei pääse läbi kiledest ega plasma pindkihist.

Teiseks erinevuseks elusa ja eluta aine vahel on elusa aine pidev muutumine ja selles toimuv ainetevahetus — koos energiavahetusega. Protoplasma võib püsida elusana ainult niikaua, kuni ta saab pidevalt vett, selles lahustunud toiteaineid ja hapnikku. Protoplasmas

toimub kõik aeg selle osakeste lagundumine hapnikuga ühinemisel ja lagundunud osakeste asemele uue plasmaaine ehitamine toiteainete kulul. Elusplasma vajab hapnikku hingamiseks: hingamisel lagunduvad ained ja vabaneb energia, mida protoplasma kasutab keemilise energiana oma osakeste uuesti ehitamisel.

Kolmandaks erinevuseks elusa ja eluta aine vahel on esimese suur sõltuvus temperatuurist. Eluta ainele avaldab temperatuur vähest mõju, või olgu siis, et ta põhjustab ainete oleku muutumist. Protoplasma aga võib püsida elavana väga kitsastes soojuse piirides, 0—100° C vahel, s. o. piirides, kus vesi ei külmu jääks ega muutu auruks. Optimaalsed protoplasma elamisvõimalused on aga veelgi kitsapiirilisemad, nimelt 20—40° C vahel. 50° kuni 60° soojuses elusplasma enamasti tarretub ja sureb, samuti ka temp. alla 0°, mil plasmavesi jäätub, selle tagajärjel plasma tarretub ja deformeerub jääkristallide rõhumise mõjul. Erandjuhtudel võib elusplasma taluda temp. kuni 81° C (kuumveeallikate bakterid), tarretunud ja veevaeses olekus aga ka kuumust üle 100° C ning külma mõnikümmend pügalat alla 0° (intsüsteerunud rakud, bakterite paksu kestaga kaetud eosed jt.).

Seega elus aine võib püsida elavana ainult kindlatel elutingimustel.

Tuleb teha vahet elusa aine (protoplasma) ja orgaaniliste ainete ehk süsinikuühendite vahel. Varemini arvati, et orgaanilised ained võivad tekkida ainult elusorganismides (siit nimetus — orgaanilised ained). Praegu aga on võimalik moodustada seesuguseid aineid laboratooriumides algelementidest ega vajata selleks elusoleste vahetalitust. Süsinikuühendid on samuti eluta ained. Nad etendavad tähtsat osa taimede, loomade ja inimeste toitumisel.

Et elus aine koosneb samadest algelementidest kui eluta aine, siis arvatakse, et elus aine on tekkinud eluta ainetest. Millal, kunas ja missugustes tingimustes algelemendid, enne kõike süsinik ja lämmastik, vee jt. elementidega sobivas kombinatsioonis kokku liitusid ning kuidas sellest elusplasma kujunes, selle kohta puuduvad praegu kindlad andmed.

Erakordselt keeruka ehituse ja komplitseeritud keemilise koostise tõttu on elusplasma uurimine seotud väga suurte ning seniületamatute raskustega. Seepärast on meie teadmised elusa aine ja selles toimuvate eluavalduste kohta üksikasjades veel puudulikud, sellele vaatamata, et just protoplasma uurimisele on pühendatud viimasel ajal nii suurt tähelepanu.

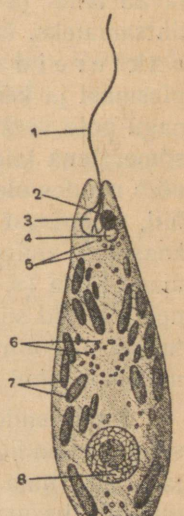
Rakk — elu algüksus.

On kindlaks tehtud, et elusplasma (protoplasma) esineb elavas rakus, mitte kunagi viimasest eraldi. Elavas rakus leidub peale protoplasma veel rakutuum. Ilma tuumata rakk pole pikema aja vältel eluvõimeline. Eluavaldused, nagu ainete- ja energiavahetus, liikumine, välisärritustele reageerimine, ainete taastekkimine ning sigimine, toimuvad rakus ainult protoplasma ja tuuma koostegevusel. Rakutuumal on elutoimete juhtimisel ja korraldamisel tähtis osa.

Peale plasma ja tuuma esinevad taimerakkudes veel värvilised ja värvitud kehakesed ehk plastiidid (kloro-, kromo- ja leukoplastid), loomarakkudes — pigmendikehakesed. Taimerakk on kaetud tselluloosist kestaga, loomarakkudel seesugune kest puudub.

Ainuraksete taimede ja loomade vahevormid.

Vaadeldes viburlasi — rohelist koppvetikat (*Chlamydomonas*) ja silmviburlast (*Euglena viridis*) — märkame nende kehades nii taime kui looma tunnuseid. Mõlemad nimetatud olesed on rohelised ainuraksed organismid; nad sisaldavad kloroplaste, võivad sarnastada süsinikku ja valmistada CO_2 ning veest valguse kaasabil orgaanilisi toiteaineid. Nad on seega autotroofsed taimed. Teiselt poolt aga omavad nad vaba liikumise võimalusi viburite abil, valgustundlikku pigmenditäppi — „silma", mille abil nad reguleerivad oma liikumist ning asetuvad alati sobivasse valgusse; peale selle on neil pulseeruvad vakuoolid eritusorganellidena nagu loomarakkudel, ühe sõnaga — nad omavad ka rea loomadele omaseid tunnuseid.



Joon. 1. Silmviburlane (*Euglena viridis*). 1 — vibur, 2 — „silm", 3 — suuava, 4 — vakuool ehk rakuõõs, 5 — juurdevoolu-vakuoolid, 6 — tärklisterad, 7 — kloroplastid, 8 — rakutuum.

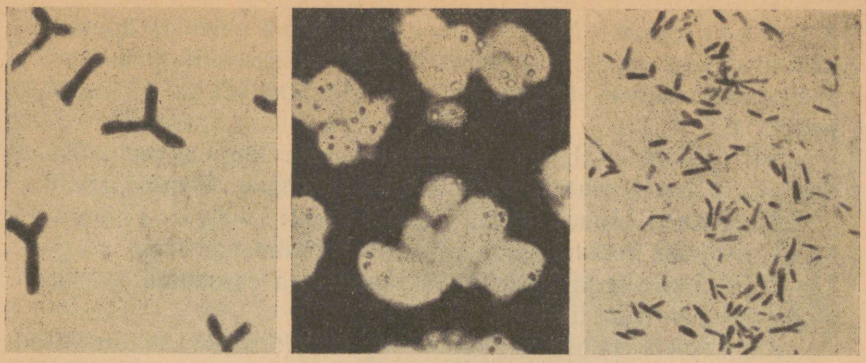
Niisuguseid taime ja looma omadustega oleseid leidub viburlaste hulgas rohkesti, keda botaanikud peavad taimeriigi, zooloogid aga loomariigi esindajaiks.

On huvitav märkida, et silmviburlane heades valgustustingimustes on roheline ning elab autotroofse taimena; satub ta aga puudulikesse valgustustingimustesse, siis kaotab ta varsti klorofülli, ühes sellega ka süsiniku sarnastamise võime ning hakkab toituma puhtloomaliselt, neelates oma „suuava" kaudu pisikesi lagunduvate orgaaniliste ainete osakesi, mida leidub vees. Seega võib taimelisest olesest lühikese aja jooksul kujuneda loomorganism.

Ainuraksed taimed.

Ainuraksete taimede hulka kuuluvad: bakterid, sinivetikad, viburvetikad, limaseened ja ränivetikad. Enamik nendest elutseb vees, osa mullas (bakterid) või niiskel pinnasel (limaseened). Limaseened on paljad, tselluloosist kestata; ränivetikate kestad koosnevad SiO_2. Peale bakterite ja osa sinivetikate omavad kõik ainuraksed taimed tuuma. Sinivetikad, viburvetikad ja ränivetikad omavad kas klorofülli või selle aseainet ning võivad sarnastada süsinikku. Teised aga on saprofüüdid või parasiidid, milledest esimesed elutsevad mädanevail taimede või loomade jäätmeil, aidates seega kaasa orgaanilise aine mineraliseerumisele, kuna parasiitsed bakterid ja limaseened põhjustavad taim- ja loomorganismides mitmesuguseid haigusi. Kõige lihtsamateks, õieti puudulikult kujunenud rakkudeks, tuleb pidada bakterеid ja sinivetikaid. Nende keha koosneb rakuplasmast ja kestast; tuuma pole võimalik enamikel leida. Tuum nagu pole veel plasmast eraldunud ning tuumaaine on plasmas sõmeratena laiali (difuusne tuum). Ainult eoste tekkimise korral võib nendes olestes selgesti tuuma näha. Bakteritel puudub klorofüll, mispärast nad ei saa sarnastada süsinikku päikeseenergia kaasabil; sinivetikatel on olemas primitiivne valgustundlik värvaine. Keha (s. o. raku) ehituse ja toitumisviiside poolest peetakse neid oleseid siiski taimedeks. Nad on sageli pisimad rakud, mida tuntakse. Toitumisviisilt on bakterid kas parasiidid või saprofüüdid; mõlemal juhul nad kasutavad toiduks valmis toiteaineid.

Kuid nende primitiivsete bakterite hulgas leidub selliseid, mis suudavad endid iseseisvalt toita ning valmistada süsivesikuid ja valke ilma valgusenergia kaasabita. Et neil aga klorofüll puudub, kasutavad nad süsiniku sarnastamisel keemilist energiat. Mõned seesugustest bakteritest ei talu üldse toiteainete hulgas



Joon. 2. Lämmastikubakterid. Vasemal mügarbakter aedoa juuremügaratest (*Bacillus radicicola*), keskel *Azotobacter chroococcum*, paremal *Clostridium Pasteurianum*.

valmis süsivesikuid, nagu suhkrut. Süsiniku sarnastamist keemilise energia abil nimetatakse kemosünteesiks. Kemosünteesi-võimelised on mullas elutsevad lämmastikubakterid, siis väävlibakterid, mis elutsevad H_2S sisaldavais vetes, rauabakterid vesistes soomaades jt.

Lämmastikushappe bakterid (*Nitrosomonas*) hangivad keemilist energiat järgmiselt: $2NH_3 + 3O_2 = 2HNO_2 + 2H_2O + 158$ kilokal.

Lämmastikhappe bakterid (*Nitrobacter*) töötavad eelmistega koos: $2HNO_2 + O_2 = 2HNO_3 + 38$ kilokal.

Väävlibakter: $H_2S + 2O_2 = H_2SO_4 + 115$ kilokal.

Kõik mainitud bakterid on autotroofsed, s. o. võimelised algainetest valmistama süsinikuühendeid.

Mõned väävlibakterid on peale selle varustatud punase pigmendiga, mispärast neid nimetatakse purpurbakteriteks. Arvatakse, et purpurbakterite punane pigment sarnaneb toimelt klorofülliga, sest need bakterid toimetavad päikesevalguses H_2S juuresolekul süsiniku sarnastamist ilma O_2 eritamata järgmise valemi kohaselt: $CO_2 + 2H_2S = CH_2O$ (formaldehüüd — süsiniku sarnastamise algaine) $+ H_2O + 2S$.

Keemilise energia abil süsinikku sarnastavaid autotroofseid baktereid võib pidada kõige lihtsamateks, teiselt poolt aga vahest ka esimesteks olesteks maapinnal, kes suutsid endid iseseisvalt toita. Temperatuuri suhtes on bakterid ja sinivetikad kõige vastu-

pidavamad olesed. Mõned sinivetikad võivad elutseda kuumveeallikates, kus temperatuur tõuseb üle 80° C. Bakterite paksukestalised eosed võivad taluda palavust üle 100° C ja külma alla —200° C.

Siit nähtub, et algelise ehitusega (meile koguni puudulikena tunduvad) rakud osutuvad nende elukeskkonnale üsna vastavaiks.

Ainuraksed taimed sigivad kahel viisil: vegetatiivsel teel rakkude pooldumisega ja eoste tekitamisega ning sugulisel — liikuvate ja viburite või ripsmetega varustatud gameetidega, mis paariviisi liituvad.

Ainuraksete taimede tähtsus on küllalt suur: autotroofsed moodustavad orgaanilisi toiteaineid, kasutades selleks kas päikese või keemiliste ainete energiat, ning varustavad veekogusid hapnikuga, heterotroofsed puhastavad veekogusid roiskuvatest ainetest, aitavad kaasa maapinnal ja mullas orgaaniliste ainete lagundamisele ning mineraliseerimisele, ühe sõnaga — võtavad aktiivselt osa ainetevahetusest ja ainete ringkäigust looduses.

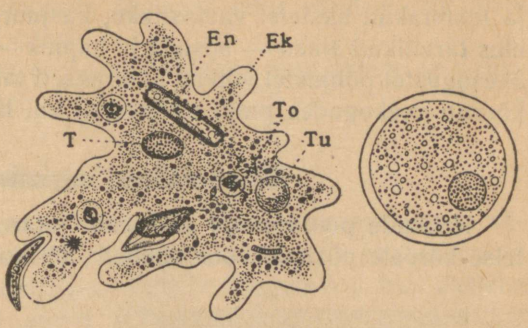
Ainuraksed loomad.

Ainuraksete loomade hulka kuuluvad: juurjalgsed, viburloomad, eosloomad ja ripsloomad. Ainuraksed loomad pole kestaga kaetud nagu taimerakud, seepärast nad võivad sirutada kehapinnalt välja kulendeid ja nende abil liikuda või haarata toitu; paljad rakud võivad kattuda ripsmete või üksikute viburitega. Kulendid, viburid ja ripsmed võimaldavad aga ainuraksetele loomadele vaba liikumise, mis on üheks tähtsamaks looma tunnuseks.

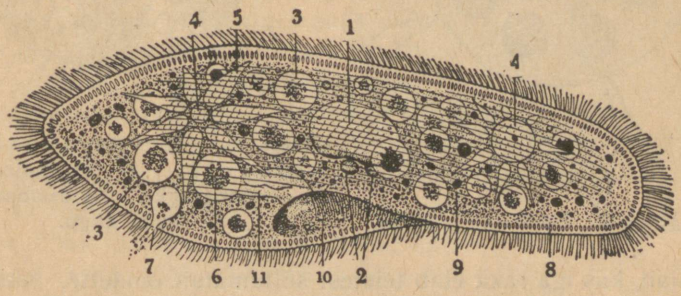
Nagu loomad üldse, ei saa ka ainuraksed valmistada iseseisvalt orgaanilisi toiteaineid, vaid peavad kasutama toiduks elavaid taimerakke või lagundunud orgaaniliste ainete osakesi. Ja et selliste ainete moodustajad on taimerakud, siis ainuraksed loomad sõltuvad oma toitumises taimeriigist, eriti ainuraksetest veetaimedest — rõhuv enamik ainurakseid loomi on vee-elanikud. Nad võivad vastuvõetud orgaanilisi aineid seedida ja oma rakuplasmaks ümber töötada, kusjuures nad ainetevahetusel tekkinud kõlbmatud ained pulseeruva vakuooli kaudu kehast välja heidavad.

Juurjalgsetest ripsloomadeni võib loomraku ehituses tähele panna suurt rakuosiste ehk organellide täienemist ja arenemist.

Juurjalgne amööb kulgeb kulendite abil aeglaselt, abitult ja tarvitab samu kulendeid ka toiteainete haaramiseks ning rakku toimetamiseks. Ripsloomad, näit. kingloom, on kaetud ripsmetega, kiiresti liikuvate sõudekarvakestega, millede abil rakk võib palju kiiremini ja kindlasuunaliselt edasi liikuda. Toiteainete vastuvõtuks on neil kindel ava keha esipoolel, kuhu toiduosakesed toimetatakse koos veega ripsmete liikumiste abil. Toit liigub kehas toitevakuoolide ehk -kublikute kaudu ringi ning seeditakse seedevedelikkude abil, milledes esinevad mitmed ensüümid. Jäägid ja ainetevahetusel tekkinud uued kõlbmatud ained heidetakse kehast välja rakupäraku kaudu. Seega liikumise ja toitumise suhtes rakk on kujunenud



Joon. 3. Mudaamöö b: *Ek* — välisplasma, *En* — siseplasma, *T* — tuum, *To* — toitekublik, *Tu* — tuikav kublik. Paremal — amööbi ümmik.



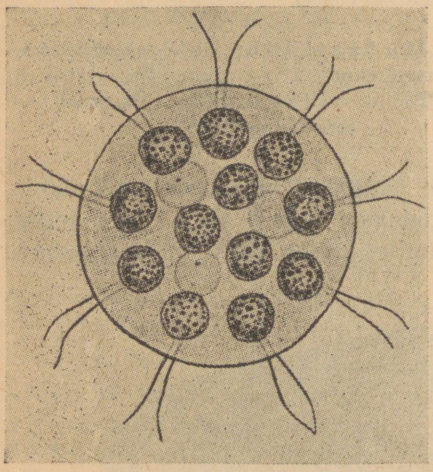
Joon. 4. Kingloom: 1 — suurtuum, 2 — pisituum, 3 ja 6 — toitekublikud, 4 — tuikav kublik, 5 — tuikava kubliku juurdevoolu-kanal, 7 — rakupärak, 8 — välisplasma, 9 — siseplasma, 10 — suuväli, 11 — rakuneel.

üsna täiuslikuks ning igale eri toimingule on tekkinud rakus vastavad osised ehk organellid. Rakus on toimunud tööjaotus, samuti nagu see esineb kõrgemate loomade kehades eristunud kudedes ja elundites.

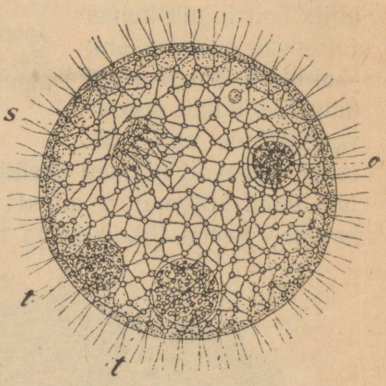
Ainuraksed loomad ja loomrakud (samuti kui taimrakud) kasutavad hingamisel hapnikku ning saadavad rakust välja süsihappegaasi. Viimast kasutavad taimrakud aga süsiniku sarnastamiseks, mispuhul nad eritavad hapnikku. Seega toetavad taim- ja loomrakud üksteist vastastikku, kusjuures kõige tähtsamad ja elus tarvilikud ained — süsinik ja hapnik — kiire ringkäigu teevad. Seesugustel põhjustel võivad ainuraksed taimed ja loomad elutseda kõrvuti veekogudes palju tihedamini kui lahus elades.

Koloonialised organismid.

Rakkude pooldumisel tekkinud tütarrakud võivad jääda üksteise kõrvale püsima, koos elama. Sel korral tekivad ainuraksete



Joon. 5. *Eudorina elegans.*



Joon. 6. Kerasviburlase koloonia: *t* — tütarkoloonia, *o* — munarakk, *s* — seemnerakkude kogu.

kolooniad, kus iga rakk elab teistest sõltumatult omaette. Niisuguseks lihtsaks koloonialiseks vormiks on eudoriina (***Eudorina elegans***), mis koosneb 16 kuni 32 kahe viburiga varustatud roheliselt rakust, mis kõik on ühetaolised ja võrdse väärtusega ning moodustavad limase kerakese. Iga rakk selles koloonias toitub ja sigib omaette.

Seevastu kerasviburlane (***Volvox globator***), mis on samasuguste kahe viburiga varustatud roheliste rakukeste kerajas koloonia, koosneb mitmest tuhandest eri väärtusega rakust. Enamik

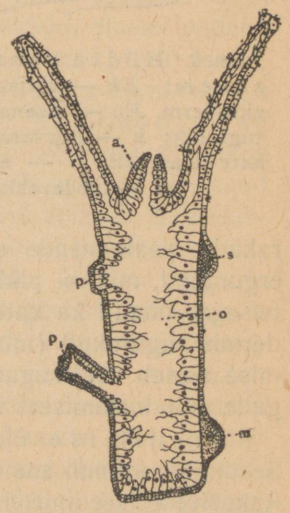
kerasviburlase rakkudest täidab toitumisülesandeid, väiksem osa on sigimis- ehk sugurakud. Toitumisrakud asetsevad kera pinnal, sugurakud — kera sisemuses. Viimased ei suuda iseseisvalt toituda ja vajavad toitumisrakkude kaasabi.

Eudoriina ja kerasviburlane liiguvad vees viburite rütmiliste löökide mõjul keerlevalt edasi.

Koloonialised olesed on vahevormideks ainuraksete ja paljuraksete organismide vahel.

Paljuraksed organismid.

Koloonialistel olestel on keharakud kas täiesti eristumata või vähe eristunud. Kui rakkude diferentseerumine ehk eristumine nii väliskujus kui ka sisetoiminguis areneb kaugemale, kui üksikud rakurühmad sooritavad ainult liigutusi, teised — toiteainete vastuvõtmist, kolmandad — toiteainete seedimist või töötlemist, neljandad — ärrituste vastuvõtmist, viiendad — ärrituste edasijuhtimist, kuuendad — sigitamist jne., siis on tegemist juba põhjaliku tööjaotusega rakkude vahel. Iga rakkuderühm sooritab sel korral ainult mõnd üksikut toimingut. Vastavalt tegevusele ehk funktsioonile rakud omavad kõige sobivamat kuju. Ühekujulised ja ühesuguse funktsiooniga rakkuderühmad moodustavad koe. Kudedest tekivad elundid ehk organid, s. o. kehaosad, mis täidavad kindlaid, organismile vajalikke ülesandeid. Kõik organid kokku ühes tervikus moodustavad aga organismi ehk olese. Seega iga paljurakne organism koosneb diferentseerunud rakkudest, millede vahel on läbi viidud tööjaotus.

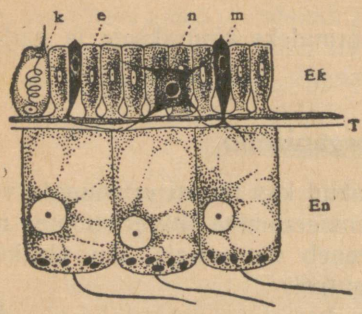


Joon. 7. Hüdra pikilõik: *a* — suukühm, *p* — pung, *o* — ühisõõs, *m* — munarakk, *s* — seemnerakud.

Vaatleme selles mõttes üht lihtsamat paljurakset organismi — mageda vee hüdrat.

Hüdra ainuõõsne keha koosneb kahest rakkude kihist ehk nahast: välisnahast ehk ektodermist ja sise-

nahast ehk entodermist. Välisnaha ülesandeks on keha kaitsemine, ärritustele reageerimine ja liigutuste sooritamine ning sigimine, sisenaha ülesandeks — toiteainete seedimine ja liigutuste sooritamisele kaasaaitamine. Välisnaha ülesanded on mitmekesisemad, seepärast ka teda moodustavad rakud kujult ja toimetelt mitmesugused. Kaitseks on ühelt poolt tömpjad katerakud, millede seesmised otsad harunevad ning on varustatud lihaskiukestega: need on kahesuguse toimega kate-lihasrakud. Teiselt poolt asetsevad katerakkude vahel isesugused kõrverakud kõrvekapsli ja -niidikesega, mis puudutamisel kapslist välja paisatakse koos mürgise vedelikuga. Liigutusi sooritavad nii kate- kui seederakkude lihaskiududega varustatud harulised või laiad otsad. Ärritustele reageerivad kõrverakud; peale nende on aga välisnahas veel erilised tunde- ja ergurakud, mis on pikkade peenikeste harudega ühenduses üksteisega, samuti ka katerakkudega. Sigimiseks tekivad ektodermis sugurakud (muna- ja seemnerakud). Peale sugulise sigimise esineb veel suguta sigimine pungumise teel, kusjuures pungade moodustamisest võtab osa nii välis- kui sisenahk.



Joon. 8. Hüdra kehaseina skeem: *Ek* — välisnahk ehk ektoderm, *En* — sisenahk, *T* — tugiõhik; *k* — kõrverakk, *e* — kate-lihasrakk, *n* — ergurakk, *m* — tunderakk.

Seedimise ülesandeid täidavad kõik entodermi rakud. Seedimine toimub kas rakusiseselt või väljaspool rakke kehaõõnes. Rakusisesel seedimisel toiteained lagundatakse algosisteks rakkudes; see toimub pikkades, 2 viburiga varustatud seede-lihasrakkudes. Samad rakud eritavad aga veel seedeensüümidega varustatud vedelikku looma kehaõõnde, kus osa toiteainetest lagundatakse ja muudetakse vees lahustuvaks.

Siit selgub, et hüdra keharakkude vahel on toimunud tööjaotus. See pole küll veel täiuslik ei rakkude kuju ega ka toimete eristumise poolest, kuid tuleb silmas pidada, et hüdra kuulub kõige alamate ja lihtsamate paljuraksete oleste hulka. Hüdral puuduvad veel peenelt diferentseerunud koed, nagu need esinevad arenenu-

matel loomadel ja taimedel, samuti elundid ehk organid ja nende süsteemid.

Kõrgematel taimedel on järgmised elundid: põhielundid — leht, vars ja juur, tuletatud elundid — õis ja vili.

Kõrgemate loomade kehad aga koosnevad järgmisest 10 elundkonnast ehk organitesüsteemist: 1) seedimiselundid, 2) hingamiselundid, 3) vereringe-elundkond, 4) erituselundid, 5) suguaparaat, 6) skelett ehk toes, 7) kate ehk nahk, 8) lihaskond, 9) erkkond ja 10) meeleelundid. Iga elundkond koosneb elunditest, mis sooritavad ühiseid talitusi.

Seega on taimede kehad üldiselt palju lihtsama ehitusega kui loomade omad. Ent nii taimede kui loomade elundid on suure muutumisvõimega, mis võimaldab tööjaotust kudede ja rakkude vahel veel rohkem peenendada ja eristada. Tuletagem selles mõttes meelde vaid taimede õite ja lehtede ning varte lõpmata suurt mitmekesisust, loomade erinevaid liikumiselundeid, meeleelundeid, toidu vastuvõtmise organeid, hingamiselundeid, katet, toest jne.

Rakkude ja kudede diferentseerumisega ning tööjaotusega nende vahel saavutatakse töö suurem kiirus ja täpsus. Nii sooritab vöödiline lihasrakk liigutusi palju kiiremini kui kate-lihasrakk, eristunud ergurakk juhib ärritust edasi palju kiiremini kui tavalise raku elusplasma, närivad ja mäluvad hambad peenendavad toitu märksa kiiremini kui lindude nokk ning lihasmagu jne. Limuste täpp- ja lohksilmad suudavad eristada ainult valguse tugevust, mitte asjade värvust ja kuju, inimese silm näeb aga asjade kuju, suudab eraldada asju üksteisest, määrata nende kaugust, eristada mitu tuhat värvitooni. Alamad imetajad suudavad oma kõrvade abil eraldada vaid häälte ja müra tugevust ning suunda, inimese kõrv eristab kõnet, muusikahelisid ja toonide kõrgust. Alamatel taimedel, näiteks niitvetikail, sooritab kogu keha toitumise ja sigimise ülesandeid, kõrgematel taimedel on tekkinud eri elundid — juured vee ja mineraalainete ammutamiseks mullast, lehed — süsiniku sarnastamiseks, hingamiseks ja transpiratsiooniks, sooned ja sõeltorud — vee ja mahlade juhtimiseks, õied — sigimiseks jne.

Tööjaotus rakkude ja kudede vahel taim- ja loomorganismides meenutab tööjaotust kodanikkude vahel riigis. Riigi kodanikud pole mitte ainult inimesed, vaid enamalt jaolt spetsialistid eri oskuste ja võimetega, nagu põlluharijad, aednikud, metsnikud, eri kutsetega käsitöölised (kellasepad, kingsepad, rät-

sepad, sepad, elektrotehnikud, puusepad, pottsepad jne.), kaupmehed, töösturid, laevnikud, arstid, advokaadid, õpetajad, teadlased jne. Igaüks nendest on õppinud oma eriala, kus ta võib töötada osavalt, kiirelt ning täpselt. Samuti on tööjaotus läbi viidud vabrikutes ja tehastes, kus igal tööliste rühmal tuleb sooritada ainult väheseid liigutusi nõudvaid eri toiminguid, mille tagajärjel on saavutatud ühelt poolt töö kiiruse suurenemine ja teiselt poolt parem töökvaliteet.

Ka organisme võime võrrelda rakkuderiigiga, kus on läbi viidud tööjaotus ja kus rakud ning nende rühmad on eristunud üksiktoimetele vastavalt.

Loom- ja inimorganismis ei võta toiteaineid vastu ega seedi neid ära iga rakk omaette, vaid selleks on seedeelundite rakud, kuna vereringe hapniku ning valmistoiteained kogu keha rakkudele kätte toimetab. Ja kui mõni elund lakkab korralikult töötamast, siis kannatab selle all kogu organism või võib koguni surragi, näit. südame haigustumisel või vigastusel loomorganismides, juurte või lehtede kuivamise puhul taimedel.

See elundite, kudede ja rakkude vastastikune sõltuvus moodustabki igast organismist terviku. Iga oles püsib elusana seni, kuni ta on terve ja kuni rakkude ning kudede toimed on omavahel hästi koordineeritud. Terviklus on loomariigis kindlamini väljendatud kui taimede juures. Ainult mõnel alamal loomal võib mõne kehaosa ära lõigata, ilma et selle kahjustused poleks märgatavad kogu organismis (meenutagem siin taastekkimise nähtusi alamatel loomadel ja putukatel!). Taimedel — näit. puudel ja põõsastel — ei järgne mõne oksa mahalõikamisele veel surm; kui aga liiga palju oksi vigastada või ära lõigata, järgneb sellele kindlasti puu ärakuivamine. Tervikluse mõiste jääb seega ka siin püsima.

Vastastikuse sõltuvuse ja tööjaotuse ning eristumise tõttu pole rakud organismis üksikult enam elujõulised, pole iseseisvad ega „vabad". Nad on vaid organismi algüksused, mis alluvad organismi elu üldnõuetele, elu üldsihtidele ja töötavad organismi kui terviku kasuks.

Loomulik süsteem.

Organismide reastamine teaduslikult läbiuuritud väliste ja sisemiste tunnuste järgi sugulussidemete ja arenemise põhimõtete kohaselt on tänapäeva süstemaatika ülesanne. Loomulik süsteem

peab väljendama nii organismide arenemiskäiku koos põlvnemisega kui ka omavahelisi sugulussidemeid. Kuigi kõik teadlased pole taimede ja loomade loomuliku süsteemi mõne osa suhtes ühisel arvamusel, on see peajoontes omandanud siiski päris kindla ilme.

Loomade ja taimede klassifitseerimisel kasutatakse järgmisi süstemaatilisi rühmitusi: riik — jaguneb hõimkondadeks, hõimkonnad koosnevad klassidest, klassid — seltsidest, viimased — sugukondadest; sugukonna moodustavad perekonnad, mis ise koosnevad liikidest. Tavalises süstemaatikas on liik kõige väiksem üksus, mida märgitakse kahe nimega, näit. suur teeleht — *Plantago major*; metskass ehk metsik kass — *Felis silvestris*. Uuemal ajal jagatakse liike veel alamliikideks, teisenditeks ja vormideks.

Näiteks taimede loomuliku süsteemi X hõimkond: Õistaimed (*Anthophyta*) jaguneb:

I alamhõimkond: Paljasseemnelised (*Gymnospermae*).
1. kl. Seemne-sõnajalad (*Pteridospermae*).
2. kl. Päris-palmlehikud (*Cycadinae*).
3. kl. Ürg-palmlehikud (*Benettitinae*).
4. kl. Ihnlehikud (*Cordaitinae*).
5. kl. Hõlmikpuud (*Ginkgoinae*).
6. kl. Okaspuud (*Coniferae*).
7. kl. Vastaklehikud (*Gnetinae*).

II alamhõimkond: Kateseemnelised (*Angiospermae*).
1. kl. Kaheidulehelised (*Dicotyledoneae*).
2. kl. Üheidulehelised (*Monocotyledoneae*).

Loomade loomuliku süsteemi XII hõimkond: Keelikloomad (*Chordata*) jaguneb:

I alamhõimkond: Poolkeelikloomad (*Hemichorda*).
II alamhõimkond: Mantelloomad (*Tunicata*).
1. kl. Merikullesed (*Copelata*).
2. kl. Merituped (*Ascidiacea*).
3. kl. Meritünnikesed (*Thaliacea*).
III alamhõimkond: Koljutud (*Acrania*).
1. kl. Soonsüdamesed (*Leptocardia*).
IV alamhõimkond: Selgroogsed (*Vertebrata*).
1. kl. Sõõrsuud (*Cyclostomata*).
2. kl. Kalad (*Pisces*).
3. kl. Kahepaiksed (*Amphibia*).
4. kl. Roomajad (*Reptilia*).
5. kl. Linnud (*Aves*).
6. kl. Imetajad (*Mammalia*).

Paljuraksete organismide kohanemine keskkonnaga.

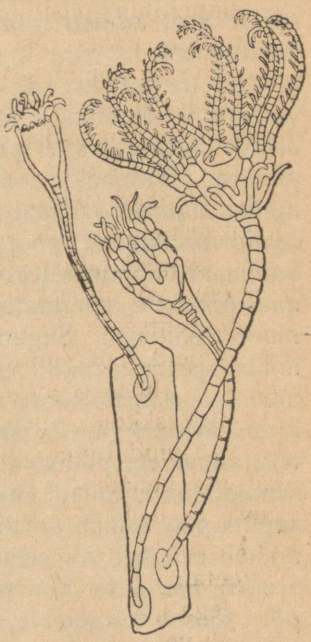
a) Vesikonna elanikud. Arvatakse, et elu ainuraksete olestena on tekkinud vees. Enamik ainurakseid on vesikonna elanikud. Ka rohkesti paljurakseid taimi ja loomi elab vees. Vesi omab elukeskkonnana mitmeid häid omadusi: esiteks pole organismidel siin kunagi tarvis karta ärakuivamist. Teiseks lahustab vesi mineraalseid, orgaanilisi ja gaasilisi aineid või kannab endaga laiali lahustumatuid orgaaniliste ainete osakesi. Veest saavad taimed CO_2, O_2 ja mineraalsooli, loomad hõljuvaid elus- kui ka eluta toiteaineid. Vee temperatuur püsib palju ühtlasemana kui õhu või muldkonna temperatuur. Edasi vesi laseb küllaldaselt läbi valguskiiri. Lõpuks on vesi heaks hõljumise ja liikumise keskkonnaks. Et aga hapnik pääseb sügavamasse vette ainult tugeva lainetuse korral, siis püsivad elusolesed peamiselt veepinna ülemistes kihtides.

Paljuraksetest taimedest kasvavad vees mitmesugused vetikad (ikkes-, pruun-, puna-, rohevetikad) ning osa ürgja vetikseeni. Kõikide mainitud veetaimede kehaehitus on üsna lihtne: ühtedel niitjas, teistel — lame või lintjas, kolmandatel — lõhestunud või narmastunud. Üldiselt on mainitud taimede kehad vähe diferentseerunud. Siin võib eristada assimilatsioonikudet ja suguelundeid, harvemini eri rakke või kudet taimekeha kinnitamiseks veealuste esemete külge. See kehakuju monotoonsus on seletatav keskkonna ühtluse ning vähese muutuvusega. Samadel põhjustel puudub veetaimedel ka väljakujunenud tugikude: taimekehad on pehmed ja sageli varustatud õhuruumidega, milledes leiduv õhk teeb nad kergeks ning tõstab üles veepinnale — valguse kätte.

Veetaimed paljunevad vegetatiivselt rändeostega ehk zoospooridega ja taimekeha tükkidega; suguliseks paljunemiseks on alamatel vetikatel liikuvad isas- ja emassugurakud, kõrgematel vetikatel on aga munarakud liikumatud.

Paljuraksete veeloomade kehaehitus on taimede omast mitmekesisem. Märkimisväärselt on aga alamad vees elutsevad paljuraksed loomad paigalpüsijad ning, nagu taimedki, kinnitunud veealuste esemete või veekogude põhja külge, nagu käsnloomad, ainuõõssed, sammalloomad, meriliiliad jt. Mainitud loomade keha on radiaalsümmeetriline ning meenutab sageli taimi. Mõned radiaalsümmeetrilise kehaehitusega loomad liiguvad ka vabalt, nagu meduusid, meritähed, madutähed jt., ent need on

üldiselt kehvad liikujad. Enamiku vabaltliikuvate veeloomade kehad on omandanud kahekülgse sümmeetria parema ja vasema küljega ning esi- ja tagaotsaga, nagu see on omane ka enamikule inimese poolt valmistatud sõidukeile. Paigalpüsivate ehk sessiilsete loomade koed ja elundid on vähe diferentseerunud, liikuvate vormide omad on aga omandanud juba arenenud ergukava koos meeleelunditega, näit. meduusid. Samuti on viimastel hästiarenenud lihaskond, mis võimaldab neil vaba liikumist. Sessiilsete loomade keha koosneb enamasti kahest rakkudekihist — ekto- ja entodermist, vabalt liikuvatel — alates lameussidest — tekib juurde veel kolmas kiht — m e s o d e r m, millest arenevadki lihased (kõrgematel loomadel veel luustik, vereringeelundid ja eritusorganid). Mesodermi tekkimisega hakkab loomade kehaehitus kiiresti diferentseeruma.



Joon. 9. M e r i l i i l i a d.

Liikumise seisukohalt pakuvad erilist huvi mõned m e r i l i i l i a d, kellede vastsed on vabalt liikuvad ja kahepoolselt sümmeetrilise kehaga, täiskasvanud aga muutuvad paigalpüsivaiks ning radiaalsümmeetrilisteks. Need vormid on tekkinud vabalt liikuvatest esivanematest. Mõned meriliiliad on koguni uuesti muutunud vabalt liikuvaiks olesteks ning on seega läbi teinud kolm arenemisjärku: vabalt liikuv — paigalpüsiv — uuesti vabalt liikuv.

Lõpuks kuulub veeloomade hulka veel hulk limuseid, nagu karbid, peajalgsed ja mõned külgergused, siis keelikloomad, mantelloomad, sõõrsuised, kalad jt. Erineva kehaehitusega on limused, eriti karbid, kellede kehad on kaetud kindlate välistoeste ehk kodade või karpidega. Liikumiselundiks on neil jalg, mis täidab rohkem looma püstihoidmise ja põhja külge kinnitamise kui liikumise ülesandeid. Kuid vaatamata oma aeglasele liikumisvõimele, on mainitud loomad vaenlaste eest hästi kaitstud karpide või kodade tõttu.

Kalad on oma siseskeleti ja hästiarenenud lihaste tõttu väga head ujujad.

Hingamiselunditeks on alamatel loomadel tavalised kehaõõne rakud, kõrgemail — lõpused. Meeleelundid on arenenud hästi ainult selgroogsetel.

b) Organismide asumine veest kuivale. Elu eelistab mitmekesisust. Mida mitmekesisemad on elutingimused, seda kiiremini ning mitmekülgsemaks muutuvad eluvormid. Elutingimused vees on vähem erinevad kui maapinnal ja õhus. Seepärast, kuigi eluvormid vees on vanemad kui kuival, on mandri organismid lühema aja jooksul tublisti rohkem mitmekesistunud ja diferentseerunud kui veeolesed.

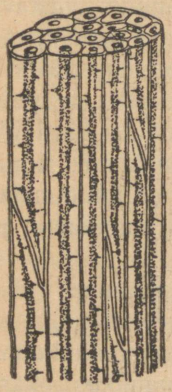
K a h e p a i k s e d e h k v e e - m a a t a i m e d. Esimesed vetikate järeletulijad, mis ulatusid veest välja, olid samblad. Nende eelniit meenutab veel praegu rohelist vetikat ning areneb niiskel pinnasel. Sammaldele on iseloomulik põlvkondade vaheldus. Eelniidist kujunev sammal moodustab sugupõlve: eelniidi ja sambla rakud sisaldavad poole kromosoomide arvust (x kromosoomi). Sammalde tippudes tekivad suguelundid — isataimedel anteriidiumid liikuvate spermatozoididega, emataimedel — arhegooniumid munarakkudega. Sugutumine toimub alati vees ja vee kaasabil, milles spermatozoidid vabalt liikuda võivad. Sugutatud munast areneb eoskapsel koos varrega: see on suguta ehk eospõlv täisarvu kromosoomidega ($2x$ kromosoomi). Samasugusteks kahepaikseteks taimedeks põlvkondade vaheldusega on veel keerdlehikud ehk sõnajalalised, kidad ehk osjad, pärisraikad ehk kollad, milledel suguta põlv esineb tavalise taimena, kuna sugupõlv suguelunditega areneb eellehel või eelniidil. Kõikide mainitud taimede sugupõlv areneb kas vees või sellega ligidases ühenduses, kuna suguta põlv tõuseb kõrgemale õhku. Õhku ulatuvate taimede varred on varustatud tugikoega, mis annab nendele tugevust ning võimaldab seista püsti tuule käes. Ka on nendel taimedel tekkinud sooned, mida mööda liiguvad vesi ja mineraalained üles lehtedesse, ning sõeltorud — assimilaatide laialisaatmiseks. Sõnajalgtaimede õitseng on juba möödas — see oli kivisöe-ajastul, mil nad kasvasid kuni 10 m kõrguste puutaoliste taimedena.

K a h e p a i k s e d l o o m a d munevad oma munad vette, kus nendest arenevad vastsed. Vastsed elavad pikemat või lühemat aega vees ning valmikud ehk täiskasvanud loomad ronivad kuivale. Sellest tuleb järeldada, et varematel ajastutel nende loomade terve

elutsükkel on arenenud vees. Seesuguste loomade hulka kuuluvad paljud putukate perekonnad ja liigid (kiilid, ühepäevikud, sääsed jt.) ning kahepaiksed selgroogsete loomade hulgast. Elukeskkonna vahetus on nendel loomadel seotud elundite suurte ümberkorraldamiste ja muutustega. Nii näit. on kullestel (konnapoegadel) liikumisvahendiks vees saba, konnal maa peal hüppamiseks — neli jalga, kullesel hingamiseks lõpused, konnal — kopsud ja nahk; seedeelundid ja vereringe erinevad samuti. Putukate vastsed liiguvad vees sõudes või roomates, valmikud aga lendavad õhus. Ühepäeviku vastsed elavad mitu aastat vees liivaterakestest, kõrreosakestest, teokodadest jt. materjalist ehitatud torukodades, valmikud aga elavad kõigest umbes ühe päeva ega tarvita selle jooksul mingit toitu. Ühenduses keskkonna vahetusega muutub vastava looma kehakuju kuni tundmatuseni: kullesel on vaid suur „pea" ja saba, konnal — pikad hüppejalad, saba aga puudub täiesti; sääse vastsed meenutavad pisikesi tonnikesi, sääse keha on peenike ja kerge. Vastsete keha on kohanenud vesikonna elutingimustega: liikumisvõimalustega, hapniku ja toidu hankimise tingimustega vees jne., valmikute keha aga on ümber ehitatud maapinnal või õhus liikumiseks, õhus hingamiseks ning maapinnal ja õhus leiduva toidu tarvitamiseks.

c) Päris kuivamaa taimed ja loomad. Päris kuivamaa taimede hulka kuuluvad õistaimed kahe alamhõimkonnaga, s. o. paljasseemnelised ja kateseemnelised. Esimese alamhõimkonna esindajad on peaaegu kõik puutaimed, valdavas enamikus okaspuud; kateseemneliste hulka kuulub aga väga mitmekesise välimusega, elukestusega, varte, lehtede ja õite kujuga taimi (üsna väike arv õistaimi elab ka vees, nagu penikeeled, vesikatk, vesihernes jt.). Valdava enamiku kuivamaa taimede ühiseks tunnuseks on püüe sirutada või tõsta oma lehed üles valgusse ja õhku, kus süsiniku sarnastamiseks on paremad võimalused. Seesugune tung on aga teostatav esijoones varre vastava ehituse puhul: taimevars peab olema küllalt tugev, et ta suudaks lehti üles tõsta, neile kindlaks kinnituskohaks olla ning sealjuures tuulte ja tormide käes mitte murduda. Nimetatud eesmärgile kõige ligemale on jõudnud puutaimed, millede nii maapealsed (varred, oksad, võrsed, lehed) kui ka maa-alused osad moodustavad hiigelpinnad. Nende pindade suhteline suurus peab olema tasakaalus, et taimed lehtedest transpiratsioonil auruva vee tagajärjel ära ei kuivaks, — taimedest auruvad ja juurte kaudu mullast vastuvõetavad veehulgad peavad olema

enam-vähem võrdsed. Puude tüvedele annavad tugevust paksukestalised surnud rakud — puukiud ja trahheiidid. Et nad puude jämedaks kasvamist ei takistaks, esinevad nad tüves seespool kambiumi. Väiksemate taimede vartes saavutatakse vajalik tugevus koos painduvusega mitmel viisil, peamiselt osaliselt paksenenud kestadega, mehhaanilise väärtusega elusrakkudest kudede (kollenhüümi) asetamisega varre välispinna ligidale: ringikujuliselt, saarekeste ja ribadena, kandiliste varte kantidesse jne. Siin on mehhaanilised koed alati paigutatud mehhaaniliste tugevusprintsiipide kohaselt, kuid ühtlasi nii, et need koed taimede füsioloogilisi toimeid ei takistaks. Peale selle on ehitusmaterjali tüvede ja varte ehitamisel kasutatud nii, et väikesima materjalikuluga on saavutatud varre maksimaalne tugevus: harva on kasutatud tugevat ehitusmaterjali varre või tüve keskosas, millised on sageli õõnsad või täidetud parenhüümkoega. Parimad ehituskunsti saavutised on kõrreliste varred — üksikutest torudest koosnevad kõrred, kus tugevamad elemendid (jämedamad ja lühemad torud) asetsevad kõrre alumistes osades, peenemad ja pikemad — ladva pool. Kõrs on väga vastupidav ja tugev, kuid samal ajal hästi painduv.



Joon. 10. Tugikoe rakud rukkikõrres.

Õistaimedel toimub samuti kui sammal- ja sõnajalgtaimedel ka põlvkondade vaheldus. Tavaline taim juurte, varte ja lehtedega moodustab suguta põlve, kuna sugupõlv on väga redutseeritud. Isassugupõlv tekib õietolmuterast tolmutoruna ning sisaldab kaks seemnerakku ehk spermatozoidi, mis alamatel paljasseemnelistel taimedel on veel liikuvad, kõrgematel paljasseemnelistel ja kateseemnelistel aga kaotanud liikumisvõime. Emassugupõlve moodustab paljasseemnelistel nn. endosperm mitme arhegooniumiga ning munarakkudega nendes, kateseemnelistel vastab aga emassugupõlvele ainult lootekott mõne rakutuumaga, millest üks on munarakk. Nii isas- kui emassugupõlve rakkudes on taandunud arv kromosoome. Sugutumine toimub siin aga juba vee kaasabita. Õietolmu kannavad ühelt taimelt teisele tuul ja putukad. Sugutatud munarakust areneb seemneidu, seemnepungast — seeme ning sigimikust — vili. Seemnes on toiteainete tagavarad, mis

kindlustavad idu arenemist. Vili aga võimaldab seemnete paremat küpsemist ning seemnete levitamist loomade ja lindude abil.

K u i v a m a a l o o m a d. Siia kuulub hulk rõngusse, enamik lülijalgseid, mõningad limused ning selgroogsetest roomajad, linnud ja imetajad, kuigi üsna paljud nendest elavad ühenduses vesikonnaga. Toestiku arenemise järgi võib eristada kuivamaa loomadel kaht vastassuunalist tüüpi: ühelt poolt lülijalgsed kilpkonnad ja mõned limused välise toestikuga, teiselt — selgroogsed siseskeletiga. Mõlemad tüübid on osutunud eluvõimelisteks ja mõlemasse tüüpi kuuluvate esindajate hulk on väga suur, eriti putukatel.

Väline kitiinist toestik on osutunud otstarbekaks väikestele olestele. See kaitseb keha mitte üksnes tõugete ja vaenlaste vastu, vaid takistab seda ka kuivamast. Lüliline välistoestik koosneb suurematest või väiksematest torukestest, mis oma mõõtmetele vastavalt on väga tugevad, vastupidavad ja mida lihaste abil suudetakse kergesti liikuma panna. Sisemine luudest koosnev toestik aga on osutunud sobivaks suurematele olestele. Hiiglasuured selgroogsed elutsesid geoloogilises keskaegkonnas (mitmesugused saurused). Mõlema toestikuga loomatüübist on arenenud rohkesti mitmesuguste liikumisviisidega loomi, teiste hulgas ka õhus lendajad (lendavad putukad ja linnud). Mõlema tüübi esindajad on praegusajal mitte üksnes kehaliselt hästi eristunud, vaid omavad ka enam arenenud erkkonda ning psüühilisi võimeid. Nii on paljud ämblikud, mesilased, sipelgad, herilased, termiidid varustatud keerukate instinktidega, mis väljenduvad ühelt poolt järglaste eest hoolitsemises, teiselt poolt aga ühiskondlikus elukorralduses. Kõrgemad selgroogsed omavad juba mõningaid mõistusesugemeid ning inimene on varustatud mõistuse ja kõneoskusega. Ka lindudel esinevad keerulised instinktidel põhinevad toimingud, nagu pesade ehitamine, poegade eest hoolitsemine, ühised rännakud soojale maale ja tagasi jne. Imetajad erinevad kõikidest teistest loomadest oma tugevamini arenenud ja eristunud erkkonnalt ning meeleelunditelt. Nende järglaste arenemine kulgeb emaihus ühtlases soojuses ning rikkaliku toitumise juures, mis pole sugugi vähese tähtsusega. Samuti omavad nad kindlat ja püsivat kehatemperatuuri tugevate kopsude ning eristunud vereringe tõttu, mis teeb nende elu välistemperatuurist vähem sõltuvaks.

Taime- ja loomariigi arenemise ühiseid jooni.

Nii taime- kui loomariik on arenenud ainuraksetest vees elutsevaist olestest. Üle koloonialiste vormide kujunesid mõlemas riigis vähe diferentseerunud kehadega vees elutsevad organismid: lameda või niitja kehaga vetikad ja ekto- ning entodermist koosnevad loomad. Edasi toimus taimede ja loomade kehade suurem eristumine siis, kui nad asusid veest kuivale. See protsess arenes mõlemate juures peaaegu üheaegselt, nimelt devoniajastul. Keskaegkonnas — kivisõe-ajastul — on suurte sõnajalgtaimede ja hiigelroomajate õitseaeg. Kahepaiksete ehk vee-maa taimede ja loomade suguline sigimine on seotud vesikonnaga.

Kuivamaa kõrgematel taimedel ja loomadel võib märkida ühisena idurakkude varustamist toiteainetega nii taimede seemnetes kui lindude ja roomajate munades, aga ka seemnete valmimist taimedel viljades ja viljade kaudu seemnete levimist; imetajatel aga sellele vastavalt järglaste arenemist emaihus.

Erinevusi taimede ja loomade arenemises.

Taimede kehaehitus on üldiselt palju lihtsam kui loomade oma: taimedel on kõigest kolm põhielundit, õistaimedel lisandub neile veel neljas; loomade kehas võib aga eristada 10 elundkonda. Ka väliskujult on taimed märksa ühtlasemad kui loomad. Seesuguse morfoloogilise ja anatoomilise erinevuse põhjuseks on peamiselt liikumine loomadel ja paigalpüsiv eluviis taimedel: kõikide loomade kehad on liikumisel oma ehituselt paindlikeks muutunud, varustunud närvikava ja meeleelunditega, kehakate, selle värvus ja aineline koostis on paljukordselt muutunud jne.

Teiselt poolt on aga taimede vähesed elundid väga varieeruvad, nagu varred, lehed, õied. Isegi samal taimel ei kordu lehtede suurus ning kuju kunagi täpselt. See elundite muutlikkus tasakaalustab teataval määral elundite vähest arvu ning võimaldab taimedel kohaneda muutlikkude keskkonna tingimustega. Loomade kehakuju ja -ehitus on aga liikide piirides palju püsivam ning vähem varieeruv, sest loomadel on võimalik keskkonna muutlikest tingimustest üle saada liikumise teel.

Kuigi ka taimed on tundlikud mitmesuguste ärrituste vastu ning suudavad nendele reageerida, puuduvad taimedel siiski erkkond ja meeleelundid. Kõrgemad ehk loomalised funktsioonid

— tundlikkus ja liikumine — esinevad taimedel väga algelisel kujul. Loomad aga on tõusnud kõrgemale arenemisastmele just oma erkkonna ja meeleelundite peenenemise ning diferentseerumise tõttu. Seega on just liikumises ja erkkonna tegevuses suurim erinevus taime- ja loomariigi vahel.

II. Organismide põhitalitused.

Kõikidel elusolestel tuleb eristada nelja füsioloogilist põhitalitust ehk -toimet: toitumist, sigimist, tundlikkust ja liikumist. Kahte esimest talitust, mis on nii taimedel kui loomadel enamvähem võrdsel määral arenenud, nimetatakse taimelisiks ehk vegetatiivseiks, kahte viimast — loomalisiks ehk animaalseiks, sest loomade juures nad esinevad palju laiemas ulatuses.

1. Toitumine.

Toitumise all mõistetakse: toiteainete vastuvõtmist, nende ümbertöötamist vees lahustuvaiks ja protoplasma ehitamiseks kõlblikeks aineteks, nende ainete juhtimist elusrakkudesse, elusplasma ülesehitamist, selle varustamist hapnikuga (hingamine), hingamise toimel vabaneva energia rakendamist mitmesugustesse eluavaldustesse ning — lõpuks — ainetevahetusel tekkinud kõrvalproduktide kahjutuks tegemist või kehast eraldamist. Kõiki nimetatud toimeid võib eristada kahte rühma: ainete- ja energiavahetuseks.

a) Ainetevahetus taimedel. Nagu eespool selgitatud, toimub elavas rakuplasmas lakkamatult selle lagundamine ja uuesti ülesehitamine. See nõuab pidevalt elusplasma varustamist uute ehitusmaterjalidega ehk toiteainetega. Et protoplasma koosneb peamiselt valkudest, milledega on liitunud rasvataolised ained, süsivesikud ja mineraalained, siis tulebki elusrakke mainitud ainetega varustada, kusjuures ei tule unustada vett. See on toitumise esimene ülesanne — olgu taimede või loomade juures. Selle järgi, kas taimed nõutavaid orgaanilisi aineid suudavad endile ise valmistada või peavad neid omandama väljastpoolt valmiskujul, jagunevad taimed kahte suurde rühma: autotroofseteks (isetoitujaiks) ja heterotroofseteks (võõrtoidulisteks). Kõik rohelised tai-

med, samuti ka pruunid, punased ja sinised vetikad ning mõningad kemosünteesi-võimelised bakterid (milledest oli juttu eespool) kuuluvad esimesse rühma, teised mitterohelised taimed — teise.

Autotroofsed taimed ammutavad endile tarvilikud algained orgaaniliste ainete valmistamiseks osalt juurte kaudu mullast (vesi ja mineraalained), osalt lehtede abil õhust (CO_2). Nimetatud ainetest nad valmistavad klorofülli ja päikeseenergia kaasabil süsivesikuid, valke ning rasvaineid. Ensüümide toimel nimetatud ained muudetakse vees lahustuvaiks lihtsamateks ja väiksema molekuliga aineteks: süsihüdraadid — monosahhariidideks, valgud — amiinohapeteks ning rasvained — rasvahapeteks ja glütseriiniks, mis kujul nad juhitakse viimateede või elusrakkude kaudu loovkudedesse, kus neid kasutatakse elusplasma ehitamiseks. Et siin toiteained muudetakse plasmaks ehk sarnastatakse plasmaga, nimetatakse seda toimingut toiteainete sarnastamiseks ehk assimilatsiooniks. Assimilatsiooni tulemuseks on plasmamassi suurenemine ning rakkude kasvamine ja paljunemine.

Ent elusplasma vajab peale mainitud orgaaniliste ja anorgaaniliste toiteainete veel pidevalt hapnikku. Hapnikuga ühinemisel plasmaained hapenduvad ja lagunduvad ning võivad muutuda täieliku hapendumise korral hoopis lihtsateks aineteks, nagu H_2O, CO_2, H_2S, NH_3, PH_3, $CO(NH_2)_2$ jt. Seesugust elusplasma lagundumist hapniku mõjul (hingamisel) nimetatakse dissimilatsiooniks, mis on assimilatsioonile risti vastukäiv toiming.

Tekib küsimus: milline on seesuguse lagundumise mõte? — Energia saavutamine! Süsinikuühendite ehk orgaaniliste ainete ühinemisel hapnikuga vabaneb alati teatav hulk keemilist energiat, mida elusplasma võib muuta mehhaaniliseks energiaks ehk tööks (liikumiseks), soojuseks, valguseks ja elektrienergiaks või kasutada keemilise energiana enese taasehitamisel. Seega on aineteja energiavahetus elusrakkudes teineteisega väga tihedalt seotud ning raku eluks paratamatult tarvilikud.

Lõpuks tuleb elusplasmast kõrvaldada ainetevahetusel tekkinud kõrvalained, mida plasma ei vaja või mis osutuvad temale kahjulikeks. Taimedel aga puuduvad erituselundid. Siin heidetakse kõrvalained plasmast rakuõõnde ehk vakuooli — rakumahlasse, kusjuures kahjulikud ained, näit. kanged orgaanilised happed, muudetakse neutraalseteks ja vees lahustumatuiks soola-

deks (oblikahappe kaltsium esineb näit. seesuguse ainena rakumahlas õige sageli). CO_2 ja NH_3 aga lähevad uuesti ainetevahetuse ringkäiku ning nendest valmistatakse süsinikuühendeid ja amiinohappeid (valke) süsiniku sarnastamisel. Nii kulgeb üldjoontes ainete- ja energiavahetus rohelistes taimedes.

Heterotroofsed taimed pole võimelised süsinikku sarnastama ning endile ise orgaanilisi toiteaineid valmistama. Nad kasutavad seepärast roheliste taimede poolt valmistatud orgaanilisi aineid. Nugilised ehk parasiittaimed on asunud elama rohelistele taimedele ja tungivad imijuurtega viimastesse; parasiitseened ja bakterid aga elutsevad sageli autotroofsetes taimedes või loomades, ammutades sealt valmis toiteaineid. Mädarikseened ja -bakterid hangivad endile orgaanilisi toiteaineid roiskuvatest või mädanevatest looma- ja taimelaipadest. Samuti nagu autotroofsed taimed, kasutavad ka mädariktaimed oma rakkudes plasma ehitamiseks monosahhariide, amiinohappeid, rasvahappeid ja mineraalaineid. Assimilatsioon ja dissimilatsioon kulgevad heterotroofsete taimede plasmas samal viisil nagu autotroofsetel taimedel. Välja arvatud orgaaniliste toiteainete valmistamine, toimub ainetevahetus muus osas autotroofsetel ja heterotroofsetel taimedel üsna ühtemoodi.

b) Ainetevahetus loomadel. Loomad ei suuda endile ise orgaanilisi toiteaineid valmistada ja seepärast nad peavad kasutama, samuti nagu heterotroofsed taimedki, autotroofsete taimede poolt süsiniku sarnastamisel valmistatud valke, süsivesikuid ja rasvaineid. Ent loomadel on toiteainete hankimine ja kasutamine seotud rea elunditega, kusjuures need elundid arenevad ja täienevad pidevalt — alates alamate loomadega ja lõpetades kõrgeimaga — inimesega.

Õõsloomadel on toidu kogumiseks ja seedimiseks ainus kehaõõs, mille ainsa ava kaudu toiteained vastu võetakse ja seedimatud osad kehast välja heidetakse, kuna seedevedelikud koos ensüümidega eritatakse seedeõõnde. See kehaõõs vastab karikloote ürgsoolele (vt. lk. 53 ja joon. 21). Korallidel ja meriroosidel tekivad seedeõõnde voldid, mis seedepinda suurendavad. Meriussidel ja merisiilidel pikeneb seedeõõs ja keerdub kõveraks. Suureks edusammuks tuleb pidada päraku tekkimist ümmar- ja rõngussidel: siitpeale toimub toidu vastuvõtmine ühe ja seedimatute ainete väljaheitmine teise kehaava kaudu. Seedeõõs muutub ühes sellega

soolekanaliks ning jaguneb ees-, kesk- ja tagasooleks. Soolekanal muutub järjest pikemaks, ta keerdub kõveraks; seetõttu hakkab toit selles aeglasemalt liikuma ning seedimine muutub seedemahlade toimel järjest intensiivsemaks.

Siiamaani on sooleseintel täita üheaegselt kaks ülesannet: eritada ensüüme sisaldavaid seedemahlu ning imeda sooletorust seedimisel lahustatud toiteaineid, juhtides viimaseid edasi kehha. Järgmiseks edusammuks seedeelundite kujunemisel on mainitud kahe ülesande lahutamine tööjaotuse põhimõtte rakendamisel, kusjuures seedemahlade eritamine jääb seedenäärmetele, toiteainete imamine aga sooletoru seinte ülesandeks. Lõpuks tekivad veel mitmed täiendid sooletoru osadele: ees- ja kesksoole piirile mõnedele selgrootuile ning kõigile selgroogseile kotikujuline laiendus — magu — toidutagavarade hoidmiseks, soolesopid ehk pimesooled (suurendavad seedeelundite pinda), hatud soole siseseintel, mis samuti suurendavad sooletoru imemispinda.

Taim- ja lihatoidulised loomad. Taimtoit vajab eriti hoolikat peenendamist, sest muidu ei pääse toiteained tselluloosist rakukestadest välja ega allu seedemahlade mõjule. Taimtoiduliste loomade hambad on seesuguse ülesande täitmiseks hästi kohanenud: need on laiapinnalised ja kõvade hõõrumisliistakutega. Edasi vajab taimtoit pikemat seedimisaega, et seedemahlad suudaksid aineid paremini lagundada. Sellele vastavalt on taimtoiduliste loomade soolekanal suhteliselt väga pikk: kassil ja hundil 4, koeral 5—6, inimesel 9,5, veisel 20, lambal 25 korda kehast pikem. Taimtoidulistel on magu mõnikord mitmejaoline (veisel), pimesooled on suure ulatusega jne. Lihatoiduliste hambad seevastu on teravate servadega ja töötavad kääride printsiibil liha katki lõigates. Pehme liha seedimine toimub üldiselt palju hõlpsamini ja kiiremini kui taimtoidu seedimine, mispärast kiskjatel sooletoru on võrdlemisi lühike.

Inimene kuulub segatoiduliste hulka nii oma hammaste ehituselt kui ka sooletoru pikkuselt. Et mõned inimesed on puhttaimtoidulised, see ei muuda olukorda. Üldse söövad inimesed Põhjamaadel rohkem liha ja rasvaineid kui Lõunamail. Toiteaineid võib üldiselt jagada kahte rühma: ehitusained (valgud) ja põletusained ehk energiaallikad (süsivesikud ja rasvad). Iga raske füüsilise töö tegija vajab rohkem süsivesikuid ja rasvaineid kulutatud energia täiendamiseks.

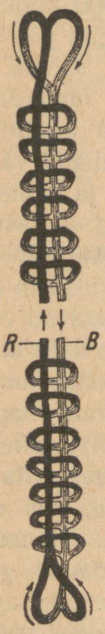
Kui 70 kg raskusega inimene ei tee mingit tööd ja hoiab end puhkeolekus, siis kulutab ta 24 tunni jooksul siiski 2000 kilokalorit energiat; sama inimene kerget tööd tehes vajab aga 3000 kilokal. ning raske füüsilise töö korral 3750 kilokal. energiat päevas. Selle energia ammutamiseks ning muudeks (kehaehituse ja ainetevahetuse) tarveteks tuleb kulutada iga päev vastaval arvul toiteaineid. Et saavutada 3000 kilokal. energiat, selleks tuleb kasutada 100 g valku, 500 g süsivesikuid ja 60 g rasvaineid, mis moodustavad seega keskmise tööinimese igapäevase toiduainete normi. Imik vajab esimesel eluaastal keskmiselt 300 kilokal., 1-aastased lapsed 750 kilokal., lapsed 2—5 a. 1200 kilokal., 6—8 a. 1500 kilokal., 9—15 a. 1650 kilokal. ja 16—17 a. 2100 kilokal. energiat päevas.

Et toiteainetes on valgud mitmesuguse koostisega, samuti ka süsivesikud ja rasvained, siis tulevad need seedimisel lagundada vastavate ensüümide mõjul algosisteks, milledest iga organism võib uuesti üles ehitada oma kehale vastavad ja vajalikud valkained, süsivesikud, rasvained ning elusplasma. Imetajail ja inimesel lagundatakse seedimisel valgud amiinohapeteks, rasvad — rasvahappeiks ja glütseriiniks ning süsivesikud — monosahhariididekss. See on sama protsess, mis toimub taimedes, kusjuures nii siin kui seal suurte molekulide lõhkumist ehk lagundamist toimetavad vastavad e n s ü ü m i d. Nii sisaldab inimese ja imetajate sülg tärklist hüdrolüüsivat ensüümi — ptüaliini; maomahl — valke tursutavat ensüümi pepsiini, mille toime avaldub aga ainult hapus keskkonnas (mispärast maomahl sisaldab soolhapet); piimas leiduv kaseiin kalgendub maos esineva kümosiini toimel. Maost kulgeb toidupuder läbi maolukuti kaksteistsõrmikusse, kus see muutub leeliseseks kõhunäärme ja soolemahlade mõjul. Viimased mahlad sisaldavad rea seedeensüüme: tärklise muudavad glükoosiks maltaas ja invertaas; valgud muudetakse amiinohapeteks trüpsiini ja erepsiini toimel; rasvained emulgeeritakse sapihapete ja lagundatakse rasvahapeteks ning glütseriiniks steapsiini mõjul. Lahustunud ained imenduvad mahlasoontesse ja verre läbi sooleseinte, millede sisepinda aitavad suurendada hatud. Rohusööjate jämesooles leidub pisikuid, mis aitavad seedida tselluloosi. Seedimatud ained heidetakse kehast välja päraku kaudu. Lahustunud toiteained aga juhitakse rakkudesse ja kudedesse vere kaudu, mis kulgeb sooni mööda ja mille paneb liikuma süda. Vereplasma sisaldab peale toiteainete veel verekehakesi, millistest punalibled ehk erütrotsüüdid sisaldavad rauarikast hemoglobiini.

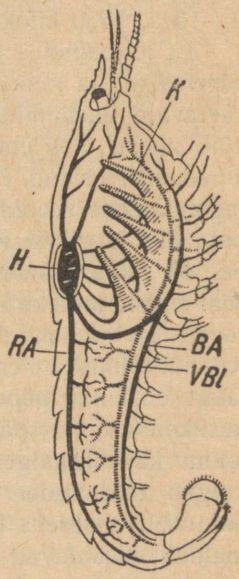
Hemoglobiin seob enesega hapnikku; see kantakse koos vereleeme ja toiteainetega elavate keharakkudeni. Sellest nähtub, et toiteained peavad kulgema läbi mitmesuguste elundite, enne kui nad jõuavad loomade kehas elavate, toiteaineid vajavate rakkudeni.

Nagu seedeelundid, nii ka vereringe-, hingamis- ja eritusorganid muutuvad järjest keerukamaiks, täielikumaiks ning oma ülesandeid paremini täitvaiks alamatest organismidest kuni kõrgemateni.

Lahustunud toiteained imenduvad alamatel ussidel sooletorust kehaõõnde seal leiduvasse vedelikku. Rõngussidel tekib toiteainete edasitoimetamiseks lihtne soontekava, milles toiteained edasi surutakse soonte seinte kokkutõmbumise tagajärjel. Vihmussil liigub niisugustes soontes juba veri, mis sisaldab punast värvainet — hemoglobiini, sama ainet, mida leidub kõrgematel loomadel punalibledes ja mis seob ning kannab laiali hapnikku. Selgroogseil on kehaõõs soontest eraldatud ja soontekava on muutunud kinniseks. Vere paneb siin liikuma süda. Kaladel koosneb süda vaid ühest kojast ja ühest vatsakesest, mispärast lõpustes hapnikuga varustatud veri seguneb suures enamikus CO_2 sisaldava verega. Kahepaikseil omab süda kaht koda ja üht vatsakest, mispärast ka siin hapnikurikas veri pole muust verest eraldatud. Roomajate südamel tekib vatsakesse poolik vahesein, mis ikkagi veel võimaldab arteriaalsel verel seguneda venoosse verega; ent krokodilli süda koosneb juba neljast osast, kusjuures vasemas südamepoolmes voolab hapnikurikas — arteriaalne veri, mis on venoos-



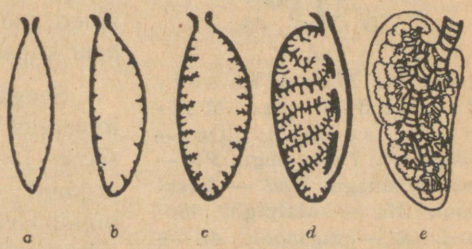
Joon. 11. Rõngussi vereringesooned: *R* — selja- ja *B* — kõhupoolne torustik.



Joon. 12. Vähi vereringe: *H* — süda, *RA* — seljaarteer, *BA* — kõhuarteer, *VBl* — vaheruumid venoosse verega, *K* — lõpused.

sest verest eraldatud. Lindudel ja imetajail on südame ehitus samasugune kui krokodillil. Hapnikurikka vere eraldamine süsihappegaasi-rikkast verest südame pikivaheseina abil omab loomade elus väga suurt tähtsust: nüüd on võimalik varustada keharakke hapnikurikka ja toiteaineteküllase mahlaga, mille tagajärjel rakkudes hapendumisprotsess toimub palju energilisemalt ning lindude ja imetajate keha temperatuur muutub väliskeskkonnast sõltumatuks ehk püsisoojaseks. Alamate loomade kehades tekib rakkude puuduliku hapnikuga varustamise tõttu liiga vähe soojust ning nende temperatuur on kõikuv, sõltudes välisest temperatuurist (kõigusoojased loomad).

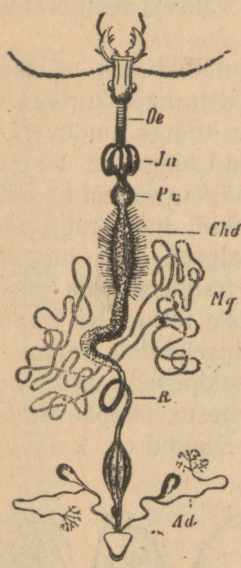
Ent vere varustamine hapnikuga suuremal või väiksemal määral sõltub mitte üksnes südame ehitusest ja hapnikurikka vere eraldamisest veeringes venoossest verest, vaid õige tunduvalt veel hingamiselunditest — kopsudest. Veeloomad hingavad *lõpustega*. Ja et vesi sisaldab õhuga võrreldes märksa vähem hapnikku, siis lõpusloomade veri on üldiselt puudulikult hapnikuga varustatud. Kuivamaa alamatel loomadel — lülijalgseil — on hingamiselunditeks kehha ulatuvad torukesed ehk trahheed, mis püsivad alati avatuina rõngakujuliste seinapaksenduste tõttu. Ka trahheed on veel üsna puuduliku ehitusega hingamiselundid, samuti kui lõpuste ja trahheede liitelundid ehk trahheelõpused, mida kasutavad vees elutsevad putukate, näit. kiilkärbeste, ühepäevikute jt. vastsed. Kõige täielikumad õhu hingamise elundid on *kopsud*. Needki arenevad ja täienevad pikkamööda. Kopskalade kopsudeks on lõpustega ühinenud ujumispõis — lihtne kotike. Kahepaiksetel tekivad kopsukotikestesse poolikud vaheseinad, mis tublisti suurendavad kopsude sisepinda ning kopsuseintes kulgevate verekapillaaride kokkupuutumispinda hapnikuga. Roomajate kopsudes need vaheseinad täienevad veelgi, kuna imetajate kopsud koosnevad loendamatuist mullikestest ehk alveoolidest. Mida suurem kopsude sisepind, mida paremini on



Joon. 13. Kopsude areng: *a* — kopskalal, *b* — salamandril, *c* — konnal, *d* — kilpkonnal, *e* — imetajal loomal.

korraldatud õhu sisse- ja väljahingamine kopsudes, seda paremini ja rikkalikumalt varustub kopsuseintes voolav veri hapnikuga. Inimese kopsude arenemine on selles mõttes üks täielikumaid ja selle alveoolide sisepind ulatub 100 m²-ni. Osaliselt toimub hingamine loomadel (näit. kahepaiksetel) ka naha kaudu.

Alamatel veeloomadel puuduvad e r i t u s e l u n d i d. Nad tekivad lehtrikujulise ning ripsepiteeliga varustatud torumoodustistena rõngussidel ja püsivad vähe muutunult limustel ning lülijalgseil. Ripsepiteeliga lehterjas toruava algab kehaõõnest ja juhib ainetevahetuse saadused kehast välja kas otse kehapinnale või sooletoru kaudu. Lülilistes kehades on seesuguseid eritustorukesi ehk metanefriide igas lülis üks paar. Putukatel on eritustorukesteks pikemad torud ehk Malpighi sooned, mis suubuvad tagasoolde. Selgroogseil on erituselundeiks n e e r u d. Nende viimatorud avanevad haikaladel, kahepaiksetel, roomajail, lindudel ja kloaakloomadel pärasoolde, kõrgemail imetajail aga suguelundite viimakäikudesse. Erituselundite kaudu saadetakse kehast välja vedelad ja vees lahustuvad ained; süsihappegaas aga eritub kehast kopsude, osalt ka naha kaudu.



Joon. 14. M a r d i k a s e e d e e l u n d i d j a M a l p i g h i s o o n e d: *Oe* — söögitoru, *In* — pugu, *Pv* — mälumismagu, *Chd* — keskssool, *Mg* — Malpighi sooned, *R* — tagasool, *Ad* — pärakunäärmed.

Seega võtavad ainetevahetusest loomadel osa neli elundkonda — seede- ja vereringeelundid, hingamisorganid ning erituselundid; saagi püüdmisel aga aitavad kaasa veel liikumiselundid ja meeleelundid koos erkkonnaga.

c) Ainetevahetus inimesel. Ainetevahetuse elundid on inimesel samad, mis kõrgematel imetajatel, ja ainetevahetuse kulgemine toimub üldiselt samas järjekorras nagu loomadel. Siiski tulevad siin juurde mõned uued tegurid. Kuigi ka inimene kasutab toiteainetena valke, süsivesikuid, rasvaineid ning mineraal-

sooli, tarvitab ta mainitud aineid harva toorelt: ta keedab või küpsetab toiduaineid enne tarvitamist. Enne keetmist või küpsetamist inimene peenendab veel toiduaineid mitmesuguste mehhaaniliste vahenditega, mistõttu tema hammastele ja seedeelunditele jääb palju vähem tööd mehhaanilisel toidu peenendamisel ning need elundid on puuduliku tegevuse tagajärjel hakanud degenereeruma ehk kiduma, eriti hambad. Ka muutub toit keetmise ja küpsetamise toimel pehmemaks ning kergemini seeditavaks — nii mehhaaniliselt kui keemiliselt.

Ent keetmisel ja küpsetamisel lähevad toidust kaduma mitmed väärtuslikud ained, mida inimorganism vajab samuti kui loomolesed. Need on vitamiinid, mis tasakaalustavad ainetevahetust ja millede puudumisel tekivad inimese kehas mitmesugused häired.

Vitamiinid on täiendtoiteained, mis esinevad toidus vähesel hulgal ning on tarvilikud normaalse kasvamise ja tervise säilitamiseks. Vitamiinid ei anna organismile energiat nagu teised toiteained hapnikuga ühinemisel, vaid nad mõjustavad keha füsioloogilisi toimeid katalüsaatoritena. Vitamiinide puudumisel toiduainetes tekivad inimestel nn. vaegushaiguse d, mida vastavate vitamiinide kasutamisel saab ravida.

Vitamiine märgitakse suurte tähtedega alfabeedi järjekorras.

Kõige rohkem leidub vitamiine aedviljades, piimas, võis, munakollases, kalamaksaõlis, looma maksas, aga ka marjades ja puuviljades. Mainitud ainete kasutamisel toortoiduna (välja arvatud looma maks) saame oma keha kõige paremini vitamiinidega varustada.

d) Energiavahetus. Kui lahustame elektrolüüsi teel 18 g vett, saame 2 g H ja 16 g O, kusjuures kulub 68 kilokal. energiat. Segame aga 2 g H 16 g O-ga ja süütame põlema, saame 18 g H_2O, kusjuures vabaneb 68 kilokal. soojusenergiat. Seega vee lahutamine H ja O on endotermiline reaktsioon, mis neelab energiat: $H_2O + 68$ kilokal. $= H_2 + O$. Seevastu vesiniku põlemine hapnikus on eksotermiline reaktsioon, mil vabaneb energia (soojus): $H_2 + O = H_2O + 68$ kilokal. Toodud näidetest selgub, et energia hulk keemilistel reaktsioonidel ei muutu; küll aga võib energia muuta oma kuju: elektrienergia võib muutuda soojusenergiaks, valguseks, keemiliseks energiaks;

potentsiaalne energia võib muutuda kineetiliseks, kineetiline — soojuseks, elektrienergiaks, keemiliseks energiaks jt. energiavormideks.

Süsiniku sarnastamisel toimub rohelistes taimelehtedes CO_2 lahutamine $C + O_2$. See on endotermiline reaktsioon, samuti nagu vee lahutamine vesinikuks ja hapnikuks. CO_2 lahutamiseks rohelised taimed kasutavad valgusenergiat (päikeseenergiat), mille kinni püüab ja tööle rakendab klorofüll (valgusspektri osaline neelamine klorofülli poolt). Ühe gramm-molekuli CO_2 lahutamiseks (s. o. 44 g CO_2) $C + O_2$ kulub 98 000 kal. energiat: $CO_2 + 98\,000$ kal. $= C + O_2$. Ja kui põletada 12 g C + 32 g O, saame 44 g CO_2 + 98 000 kal. energiat. Siit näeme, et süsiniku sarnastamisel kasutatav päikeseenergia ei kao, vaid säilib lahutatud süsiniku ja hapniku aatomites. Ja kui hapnik ühineb süsinikku sisaldavate ehk orgaaniliste ainetega, kui toimub nende hapendumine või põlemine, siis vabaneb vastav hulk energiat, mis võib omandada mitmesuguse kuju.

Hingamisel organismide poolt kasutatava hapniku toimel teostubki elusrakkude plasmas süsinikuühendite hapendumine, kusjuures vabaneb alati kindel hulk energiat — sõltuvuses hapnikuga ühinevast ainest. Kui põletada täielikult 1 g üht alljärgnevaist ainetest puhtas hapnikus, saame järgmisel hulgal soojusenergiat: valkudest keskmiselt 4,1 kilokal., süsivesikutest keskmiselt 4,1 kilokal. ja rasvast 9,3 kilokal. Siit näeme, et rasvained annavad põlemisel kõige rohkem soojusenergiat, millega ongi seletatav rasvainete suur tarvitamine toiduna Põhjamaa rahvaste juures.

Soojusnähtused organismides. Taimedes võib harva jälgida soojusnähtusi, mis ulatuksid märgatavalt üle ümbruskonna temperatuuri. On ju taimede laiad pinnad kiireks jahtumiseks eriti soodsad. Lehtedes kulub hulk soojust vee aurumisel, juured aga asuvad jahedas niiskes mullas. Energiliselt hingavad taimede puhkevad pungad — nii õie- kui lehepungad. Suuremates õisikutes, näit. võhaliste tõlvikuis, on leitud õite puhkemisel ümbritsevast õhust kuni 35,9° C kõrgemat temperatuuri. Varakevadel õitsevad taimed, nagu lumikellukesed ja paljud alpi taimed, tungivad lumest ja jääkeltsast läbi ning hakkavad õitsema enne lume sulamist: siin sulatab hingamisel tekkiv soojus lume ja jää taimede ümbert. Tugevat temperatuuri tõusu võib tähele panna seemnete idanemisel, eriti, kui see toimub paksemas seemnetekihis, näit. linnaste valmistamisel. Ka niiske niidetud rohi

läheb seistes sageli palavaks; siin tõuseb temperatuur termofiilsete bakterite mõjul mõnikord kuni 70° C.

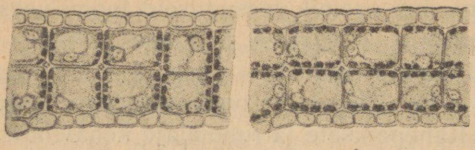
Loomade kehades sõltub temperatuuriaste vereringe- ja hingamiselundite täielikkusest. Alamatel loomadel puuduvad eelmainitud elundid. Pealegi elab enamik seesuguseid loomi vees. Vesi aga on suur soojuse neelaja, mispärast loomade kehad — kui nendes tekibki rohkemal määral soojust — püsivad jahedatena ja veega ühel soojusastmel. Ka kõrgemate veeloomadega, nagu kaladega, pole lugu teisiti. Kahepaiksete ja roomajate kehatemperatuur võib mõnikord ümbruskonna temperatuuri mõne kraadi võrra ületada. Kiiresti lendavate putukate kehades tekib rohkesti soojust, kuid et nende kehapind on kehamassiga võrreldes üsna suur (kui võrdluseks võtta suuremaid loomi), siis jahtuvad nad ka kiiresti. Kui aga putukaid on rohkesti koos, nagu mesilasi tarudes, sipelgaid ja termiite ühispesades, siis soojenevad nende eluruumid tunduvalt: tarudes tõuseb temperatuur kuni 40° C ega lange talvelgi alla 10—12° C.

Imetajad ja linnud on püsisoojased, nende kehatemperatuur ulatub 37—42° C. Taliuinakusse langevail imetajail (karu, siil, nahkhiir) on kehatemp. talvel palju madalam ning kõigub 10° C piirides. Kehatemperatuuri tõus avaldab kõigusoojastele loomadele, nagu roomajad, tunduvat mõju: nad muutuvad elavamaiks ning nende liigutused toimuvad palju kiiremini kui madalama temperatuuri korral.

Mehhaanilise energia avaldused olestes. Mehhaaniline energia avaldub liikumises. Loomariik erineb taimeriigist tunduvalt just liikumise suhtes — loomad võivad enamikus vabalt liikuda, taimed aga on suuremalt osalt paigalpüsivad. Sellele vaatamata võime liikumisnähtusi tähele panna taimeriigis igal pool ja igas rakus — elusplasmas.

Taimedest võivad vabalt liikuda viburvetikad, millede juures on võimalik eristada väga palju liikumisvorme: suurepärast kruviliikumist, propeller- ja turbiinliikumist (*Dinoflagellatae, Phacus, Euglena* jt.). Ka ränivetikate juures esinevad vaba liikumise vormid rakettliikumise, Segneri ratta ja kruviliikumise põhimõtteil. Samuti on vabalt liikuvad veetaimede rändeosed ja sugurakud — gameedid. Viburlaste koloonialised vormid kulgevad kerataoliselt veeredes. Kõikjal toimub liikumine mehhaanilise energia jõul. Ka liigub kolloidne plasmaaine igas elusrakus. Mõnedes rakkudes võib plasma liikumist mikroskoobi

abil näha (vesikatku lehe rakkudes, *Tradescantia* lehe ja tolmukate karvakestes jm.). Rakkude pooldumisel võib tuumas tähele panna kromosoomide liikumist. Sõltuvuses valgushulgast asetuvad kloroplastid rakkudes kord ühes, kord teises suunas. Edasi on taimeriigis võimalik jälgida mitmesuguseid kasvuliikumisi, nagu geotroopilised, fototroopilised, termotroopilised, hüdro-, traumato- ja kemotroopilised kasvuliikumised, siis õitel termo- ja fotonastilisi avamis-sulgemisliikumisi, tolmukatel, emakatel ja lehtedel seismonastilisi ja tigmonastilisi liikumisi kord muutuva osmootse rõhu (turgori) toimel, kord seniselgitamatuil põhjusil. Ja eks kuulu liikumiste hulka taimeriigis kõik mahlade liikumisnähtused taimedes, eoste ja seemnete väljapaiskamised sõnajalgade eoskapslitest, seente eoskodadest ja paiskviljadest (pritskurk). Viimastel juhtudel on enamasti jällegi tegemist osmootsete jõududega.



a *b*

Joon. 15. Kloroplastide liikumine taimerakkudes. Kloroplastide asetus: *a* — tugeva ja *b* — nõrga valgustuse puhul.

Loomariigis on liikumisnähtused väga mitmekesised ja nende sooritamiseks on siin välja kujunenud eri organid, millede vaatlemisele asume pisut tagapool.

Valgusenergia organismides. Organismide valguse produtseerimine on alati seotud hapniku juurdevooluga, s. o. hingamisega. Kui takistada hapniku juurdevoolu hiilgavatele olestele, siis hiilgamine nõrgeneb ja lõpuks kaob. Organismide poolt toodetav hiilgus — valgus on „külm", seega väga ökonoomne ja erineb selles mõttes tavalisest valgusest.

Taimedest on valguse produtseerimise võimelised mõned bakterid ja seened. Need põhjustavad mädanevate kändude hiilgamist sooja ilmaga pärast pikemat vihmasadu (kännuseene mütseelid), värske liha ja kalade roiskumist koos valgusnähtustega.

Alamate ainuraksete loomade hulgas on rida hiilgureid, nagu ööhiilgur (*Noctiluca*), kes põhjustab merevee hiilgamist öösiti; meduusid, mõned korallid, kammloomad, okasnahksed, meriussid jt. võivad ilmutada valgusnähtusi, samuti ka mõned limused. Putukate hulgast tuntakse meil jaanimardikat öise hiilgurina. Kõige

rohkem hiilgureid on süvavee-kalade hulgas; siin esineb valgus kord enesekaitse-, kord saagi juurdemeelitamise vahendina. Putukatel võimaldab valgus sugupoolte ülesleidmist.

Elektrienergia organismides. Uuemal ajal on mitmesuguste väga peente mõõtmisvahenditega leitud, et elusrakkudes ja -kudedes, milledes on tekkinud ainetevahetusel ioonide kontsentratsioonide vahed, esinevad alati ka elektripotentsiaalide vahed. Eriti tugevat elektrivoolu on võidud tähele panna töötavates lihastes, näärmetes, vigastatud kudedes jm. Taimedel on leitud elektrienergia avaldusi kõikides elundites ning kõneldakse koguni taimede elektrofüsioloogilistest nähtustest enam-vähem kõikide eluavalduste puhul. Surnud kudedes seevastu mainitud nähtused puuduvad.

Loomadel on mõnel juhul leitud erilisi elektrielundeid, näiteks kaladel, kusjuures väärib märkimist, et need elundid on arenenud vöödilistest lihastest. Elekterkaladel võib üksteisele järgneda mitu lööki väikese vaheaja järel, kusjuures elektripinge ulatub mõnel juhul kuni 200 voldini. Elektrielundid on loomadele kaitseks.

Viimasel ajal on tähele pandud, et mõningad mõjuained — hormoonid — liiguvad elektri potentsiaaldiferentside mõjul. Nii on leitud, et kasvuhormoon „auksiin" liigub alati positiivse elektri pooluse suunas ja et kiiremini kasvavad varte küljed on laetud positiivse elektrilaenguga. Koguni protoplasma liikumist rakkudes püütakse seletada raku elektrilise polaarsusega.

Võimalik, et elektrinähtused organismide füsioloogilistes toimetes osutuvad väga tähtsaiks. Tulevikus pööratakse nendele nähtustele kindlasti senisest suuremat tähelepanu.

Ainete- ja energiavahetus moodustavad toitumise kaks külge; nad on teineteisega otseselt seotud ja teineteisest sõltuvad: ei saa toimuda ainetevahetust ilma energiavahetuseta ja ümberpöördult. Seepärast käsitellakse mõlemat sageli koos ühe üldnähtusena.

Parasitism loomariigis.

Eespool kõnelesime parasiittaimedest, mis elutsevad rohelistel taimedel või nende sees. Ka loomade hulgas on rohkesti parasiite ehk nugilisi. Ühed neist elutsevad peremeesloomal (täid, kirbud, puugid) — ektoparasiidid, teised aga asuvad kas seede-

elundeis või muudes organites — entoparasiidid (paeluss, solge, keeritsuss, maksakaan). Ühed nugilised ei suuda ilma peremehelt valmistoitu saamata üldse elada (täi, kirp, paeluss), teised kasutavad peremeest ajutiselt vastseeas (kiinivastsed). Mõned nugilised elavad kogu eluaja ühel peremehel või peremehes (täi, süüdiklane), teised aga arenevad põlvkondade vaheldumisel mitmes peremehes (paelussid, keeritsuss, maksakaan). Entoparasiitide ehk sisenugiliste keha on enamasti tugevasti mandunud ja moondunud. Nii on paelussidel kadunud suu koos sooletoruga, vähkparasiitidel on kadunud silmad, enamasti kõikidel peale selle veel liikumiselundid. Tugevamini on aga arenenud kinnitus- ja imemisvahendid ning eriti sigimiselundid. Eriliselt suur munade hulk on peremeest vahetavatel entoparasiitidel, nagu paelussidel.

Parasiitide mõju peremehele on mitmesugune. Välisnugilised kannavad verd imedes edasi haigusi ja tekitavad kihelemist, haavandeid, nahavigastusi, mädanikke, mürgistusi jne. Entoparasiidid aga valmistavad loomadele ja inimesele suurt vaeva, põhjustavad kehvveresust, jõuetust, elundite haigusi jne.

Kõige kardetavamad nugilised on loomadele ja inimestele nakkustõbesid tekitavad bakterid. Enamik haigusepõhjustajaid on tuntud ning nende vastu on leitud ka vastavaid kaitsevahendeid. Osa haiguste tekitajaid on aga veel tundmata, sest need kuuluvad pisimate oleste hulka, keda tavalise mikroskoobiga hariliku valguse juures pole võimalik näha. X-kiirte abil on aga õnnestunud juba mitmeid seesuguseid pisilasi avastada.

Organismide enesekaitse.

Organismide enesekaitset tuleb vaadelda mitmelt seisukohalt: taimed kaitsevad endid mitmesuguste välismõjude (valguse, kuivuse, palavuse), parasiittaimede ja rohusööjate loomade vastu, loomad — külma, liigse veeaurumise, mehhaaniliste vigastuste ning kiskjate ja nugiloomade, aga ka mitmesuguste haigusi tekitavate pisikute vastu. Organismidel on iga „vaenlase" vastu kaitseks isesugused vahendid. Need on tekkinud kas juhuslikult ning säilinud, kui nad on osutunud organismidele kasulikeks, või nad on kujunenud mõne välisteguri mõjul, näit. ogad, mis pole muud midagi kui kuiva õhu toimel kitsaks muutunud lehed, milledel vee aurumispind hästi väike.

Taimede enesekaitse keskkonna tegurite vastu. a) Kaitse valguse vastu. Liiga tugev valgus võib lagundada klorofülli ning takistada süsiniku sarnastamist. Eriti tundlikud on tugeva valguse suhtes noored lehed. Kaitseks noortele lehtedele liigse valguse vastu leidub taimedel järgmisi vahendeid: suured abilehed (hernestel), viltjas karvkate (paiselehel, kassikäpal), vahakiht (paljudel taimedel), püstjas või allarippuv lehtede asend (hobukastanil), millele langeb keskpäeval vähem valgust kui ristloodis lehepinnale, lehtede läikiv pind [igihaljastel Vahemere-äärsetel taimedel, nagu loorber, mürt, astelpõõsas (*Ilex*) jt.], punased pigmendid — antotsüaniin, kloroplastide ümberpaigutus rakkude sisepindade vastu jne. Enamik mainitud vahendeist on valgust hajutava toimega, sest nendest peegeldub osa valguskiiri tagasi.

b) Transpiratsiooni vähendamiseks esineb lehepinna vähendamine (lõhestunud lehed karukellal, pisikesed — kanarbikul, lehed ogadeks muutunud — kaktustel), taimekeha pinna vähendamine (kaktused — keraja või samba kujuga, samuti mitmed lõunamaa paksulehelised taimed, näit. *Mesembriathemum*'id jt.), õhulõhede sulgumine keskpäeval (paljudel taimedel), ajutine ehk algav närbumine, mis on suuremaks transpiratsiooni allasurujaks.

c) Liigse palavuse vastu kaitsevad suurepinnalised ja õhukesed lehed, mis kiiresti jahtuvad, ning vee aurumine lehtedest, mis neelab palju soojust.

Taimede enesekaitse tõbetekitavate bakterite ja seente vastu. Bakterite vastu on taimed üldiselt hästi kaitstud ja bakterhaigused esinevad taimeriigis õige harva (viljapuude juurevähk, kartulimugulate, tomativiljade mädanikud jt.). See nähtus põhineb asjaolul, et bakterid vajavad elamiseks neutraalset või leelisest keskkonda, taimede elusrakkude mahl on aga hapu. Haigusseened seevastu vajavad elamiseks just haput keskkonda. Seepärast esinebki kõrgematel taimedel väga palju seenhaigusi, nagu kartuli varte, lehtede ja mugulate mitmesugused tõved, kapsanuuter, lehepõletikud, lehtede jahukasted (karusmarja-jahukaste), aed- ja põlluviljade roostehaigused, viljapuu-seenvähk jne. Takistuseks seeneoste taimedesse pääsemisele on kõigepealt paks ja tihe lehti kattev marrasknahk, milles õhulõhed suuremal arvul on enamasti lehtede alumisel küljel.

Paks koor, mis puude tüvesid katab, kaitseb tüve ka parasiitseente vastu. Ent lõhed ja haavad koores võimaldavad

seentel ja seente eostel hõlpsat tüvesse pääsemist. Paljudel juhtudel on siin aga vaik ja haavakude (kallus) seesuguste lõhede kiireiks sulgejaiks. Tärpentiini sisaldav vaik on koguni heaks desinfektsioonivahendiks, mis seente eosed (seentest enestest kõnelemata) surmab ning haavast välja tõukab. Lehtpuudel on vaigu asemel kummiainet (kirssidel, ploomidel), mille toime sarnaneb vaigu omaga. Eriti tähtis vahend puidu kaitseks on parkhape ehk tanniin, mida leidub paljude puude koores, aga ka lülipuus (puidu siseosades). Viimase aine mõjul püsib puit tervena aastasadu, isegi -tuhandeid ega hakka mädanema.

Taimede enesekaitse rohusööjate loomade vastu. Terve loomariik elab kas otseselt või kaudselt taimeriigi kulul. Pole siis ime, et taimed on teravas olelusvõitluses loomadega, enne kõike muidugi rohusööjatega. Kuid loomadki pole selles võitluses passiivseiks jäänud — paljud neist on omakorda kohanenud taimeriigi enesekaitserelvadega ning saanud nendest võitu (näit. eesel, kes meeleldi sööb teravate ogadega ning asteldega varustatud taimi ja kes kabjahoopidega suurepäraselt oskab kaktusi lõhki lüüa ning nende veerikka sisekoega maiustada).

Tavalisiks kaitsevahendeiks loomade vastu on paljudel taimedel teravad ränihapperikkad karvad, kõrvekarvad, ogad, okkad, astlad, mis rohusööjate loomade suuosi torgivad ja vigastavad. Eriti rohkesti on ogaderikkaid taimi kuivade kõrbede piiridel: siit on mittetorkivad taimed peaaegu täiesti kadunud. Piimalillelistel ja paljudel korvõielistel leidub piimasoontes mõrudat piimjat või kollakat mahla, mis rohusööjaile ei meeldi ning seega taimedele kaitseks on. Ent mõnele tõugule, näit. piimalille-surulase röövikule, on seesugused taimed otse maiusroaks. Lõunamaal on rohkesti kõrvekarvakestega varustatud taimi, näit. Timori saarel kasvav nõges *Urtica urentissima*, mis sisaldavad mürgiseid valkaineid; viimaste toime sarnaneb maomürgiga ja võib mõningatele loomadele surmavaks osutuda. Venezuelas kasvav *Jatropha urens* on seevõrra mürgine, et inimesed teda puudutades kaotavad teadvuse. Maa-alused juured, juurikad, sibulad ja mugulad sisaldavad vastiku lõhna ja maitsega aineid, mis on mainitud elunditele heaks kaitseks mullas elutsevate putukate ja tõukude vastu. Kartulite idandid on kevadel sageli nii mürgised, et nad toorelt sigadele toiduks tarvitamisel võivad põhjustada viimaste surma.

Mürgiseid alkaloide sisaldavaid taimi on rohkesti; inimene kasutab neid aineid ravimite valmistamiseks. Kõrrelised sisaldavad lehtede ja varte epidermises või selle all leiduvate rakkude kestades teravaid ning kõvu ränihappe-kristalle, mis teevad mainitud rakkude kestad väga tugevaiks ja aplatele tigudele söömiskõlbmatuiks. Samasuguse kaitsetoimega on ka nõeljad oblikahappe-kaltsiumi kristallid paljudes mahlakates taimedes.

Loomade enesekaitse kliimamõjude vastu. a) K ü l m a v a s t u on Põhjamaa ja Põhjamere loomadele heaks kaitseks nahaalune r a s v a k i h t, mis on ühelt poolt halb soojusejuht, teiselt poolt aga hea soojusenergia säilituspaik. T i h e t a l i k a r v ning selle valge värvus (takistab soojuse hajumist sisepeegelduse tõttu) on samuti mõjuvateks kaitsevahenditeks külma vastu.

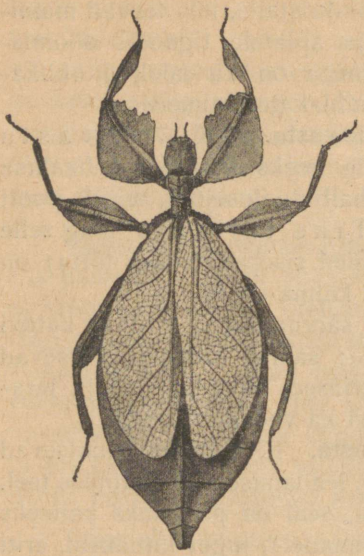
b) V e e a u r u m i s t takistavad sarvnahast ja kitiinist katted (roomajatel, putukatel), limuste kojad; samad vahendid kaitsevad keha ka vigastuste eest. Ogad, harjased, okkad, kidad jt. teravikud kaitsevad loomi peale selle veel ka vaenlaste vastu.

Loomade enesekaitse loomade vastu. Kiskjate eest kaitsevad loomad endid kiire jooksu, hüppamise, lendamise ning peitmise teel. Kus aga liikumiskiirus jätab soovida, seal on paremaks kaitseks kojad, karbid (limustel), kilp (kilpkonnadel), tugev kitiinkest, eriti kui see on varustatud teravate asteldega (putukatel). Mereloomadest on peidetud lubituppe korall-loomad; vähid, krabid, okasnahksed jt. on kaetud või kaitstud lubikooriku või -plaatidega.

Heaks enesekaitsevahendiks on v a r j e v ä r v u s j a - k u j u. Varjevärvust omav loom sulab ümbrusega kokku ja teda on jälitajal raske üles leida, näit. valget nirki talvel. Varjevärvus on ühtedel loomadel püsiv ning muutumatu, näit. kõrveloomadel liivavärvi kollakas karv, kaladel heledad kõhualused, mis teevad nad alt üles vaadates peaaegu nähtamatuiks, ja tumedad seljapooled, mis ülalt vaadates põhjamudaga ühte sulavad, heinaritsikal roheline, paljudel liblikatel hallikirju puukoore värvus jne. Teistel aga on varjevärvus muutlik, vaheldudes aastaaegadega: lumekana, valgejänes, nirk jt. on talvel lumivalged, suvel aga hallikaspruunid. Mõned loomad võivad oma kehavärvust muuta vastavalt ümbruse värvusele, näit. kameeleon, mõned roomajad, kahepaiksed ja kalad — nende nahas esinevad mitmevärvilised pigmendikehakesed, milledest kord ühed, kord teised kehapinnale ligemale asetuvad.

V a r j e k u j u korral loomad omandavad kuivanud raagude, kolletanud lehtede, kivikeste jt. surnud esemete kuju, mispuhul nad

jäävad jälitaja silmis tähelepandamatuiks, nagu vaksiklaste röövikud okste küljes, lehe- ja raagritsikas, tuntud troopikamaa liblikas *Kallima*, kelle kokkupandud tiibade aluskülgedel on ülisuur sarnasus koltunud lehega jne. Mõnel juhul sarnanevad kaitsetud putukad mürgiste või nõelamisriistaga varustatud putukatega, näit. paljud kahetiivalised mesilaste ja herilastega. Viimast nähtust nimetatakse ka mimikriks.



Joon. 16. Varjekuju.

Huvitav on jälgida mõningaid heledavärvilisi ja hästi silmapaistvaid põrnikaid, nagu lepatriinud, raisamardikad, lehelutikad jt., kes jalutavad või jooksevad avalikult ega püüa endid sugugi peita. Need loomad on varustatud pahamaitseliste või vineliste eritistega, mispärast linnud neid ei puuduta. Nende helekirju värvus pole kaitse-, vaid hoiatusvärvuseks. Skunk pritsib oma jälitajaile vastu pahalõhnalist vedelikku; seepia aga peidab enese tindikotist väljapaisatud värvisegusse. Mesilased, herilased jt. kaitsevad endid mürgise nõelaga.

Nii esineb loomariigis palju enesekaitse võimalusi ja võtteid, mis soodustavad looma pääsu looma eest.

Loomade enesekaitse taimede vastu. Taimede enamik on kinnitunud maa külge, mispärast nad ei saa aktiivselt loomade vastu teotseda. Ainult vähesed taimed on võimelised putukaid kinni püüdma ning neid toiduks tarvitama. Tuletagem siin meelde putuktoidulisi kodumaa taimi — huulheina, võipätakat, vesihernest, aga ka võõramaa putuktoidulisi — kanntaimi (*Nepenthes*), kärbsepüüdjat (*Dionaea muscipula*), *Sarraceniaceae*'id, *Drosophyllum*'it jt. Et putuktoiduliste taimede hulk on võrdlemisi väike, ei näi loomadel nende vastu erilisi kaitsevahendeid olevat.

Hoopis suurem on aga pisikute — bakterite ja seente — oht. Seened valmistavad loomadele siiski vähe muret, sest nad vajavad suures enamikus elamiseks haput keskkonda, elus-

loomade toitemahlad on aga nõrgalt leelisesed. Baktereid seevastu tuleb pidada kõrgemate loomade suurimateks vaenlasteks, sest nad tekitavad loomadele mitmesuguseid raskeid haigusi samuti nagu inimestelegi. Kuigi loomade kehad on kaetud tiheda karvastiku, sulgede, paksu naha, kitiinkestaga jne., mis on võrdlemisi heaks kaitseks pisikute vastu, pääsevad bakterid naha haavandite ja kriimustuste kaudu siiski kergesti loomade kehadesse. Teine tee bakterite kehha pääsemiseks on suu kaudu koos toiduga. Kõrgematel loomadel (imetajatel) ja inimesel on siin bakterite vastu mõjuvaks vahendiks maomahlas leiduv soolhape, mis enamiku baktereist surmab. Maost pääsevad edasi väga vähesed intsüsteerunud bakterite eosed ning mõningad vahakestaga kaetud bakterid. Kolmas tee bakterite pääsemiseks inimeste ja kõrgemate loomade kehadesse kulgeb hingamistorude ja kopsude kaudu. Kuni nende epiteelkude terve on, ei pääse pisikud siitkaudu verre. Et aga õrnas epiteelkoes võivad mitmesugustel põhjustel tekkida haavandid ja lõhed, siis pole organismide haigustumised kopsude kaudu sugugi haruldaseks nähtuseks. Ja et bakterid kiiresti poolduvad, piisab haigustumiseks juba üksikuist haigusttekitavaist pisikuist.

Eespool-käsiteldust selgub, et taimede ja loomade toitumisel esineb vastastikku kaks rinnet: ühel pool taimed kaitsepositsioonidel, teisel pool loomad aktiivsete pealetungijatena. Et valdav enamik taimi ei saa vabalt liikuda, võivad nad enesekaitseks kasutada mitmesuguseid torkivaid relvi vaid passiivselt, samuti ka mürkaineid ja uimastusvahendeid. Otsesteks pealetungijateks taimedele on rohusööjad loomad. Võib tekkida kartus, kas rohusööjad ei hävita viimaks kogu rohelise taimestiku. Tegelikult näib aga, et see võitlus on jõudnud teatava tasakaaluni, kusjuures taimeriigil pole tarvis karta rohusööjate suuremat pealetungi. Nimetatud võitlust tasakaalustavad taimeriigi kasuks ühelt poolt pioneeride-lenduritena bakterid, teiselt poolt kiskjad ja nugilised loomad, kes teevad võitlusvõimetuiks hulk rohusööjaid.

Nagu igas lahingus, nii ka siin tekib rohkesti laipu mõlemal rindel. Ühed laipadest hävitatakse ning kasutatakse toiduks võitjate poolt, teised aga jäävad lebama. Viimaseid võiks aja jooksul sel määral maakera pinnale kuhjuda, et ei jääks enam üldse ruumi elusorganismidele. Tänuväärselt töötavad laipade lagundamisel loendamatud mädarikseened ja -bakterid, mis muudavad nendes peituvad orgaanilised ained lihtsateks ühenditeks (H_2O, H_2S, CO_2,

NH_3, PH_3 jne.) või mineraalaineteks ja mullaks. Viimasel kujul pääsevad need ained uuesti ainete ringkäiku, nad võetakse vastu taimede juurte ja lehtede poolt ning töötatakse rohelistes lehtedes päikeseenergia kaasabil uuesti ümber orgaanilisteks aineteks.

Ainete ringkäik looduses.

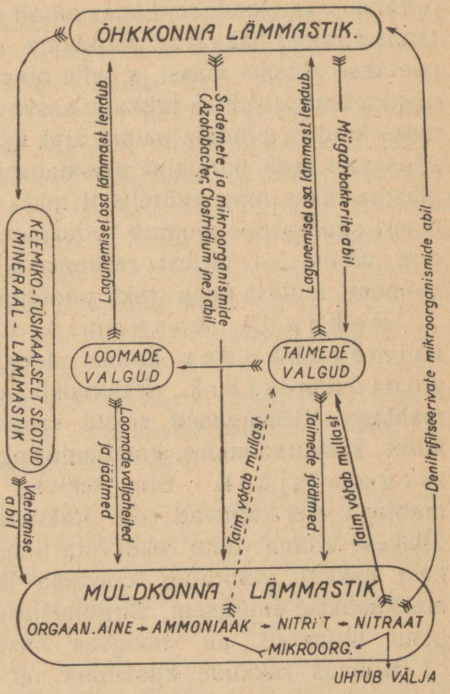
Nagu mainitud, lagundatakse organismide kehad pärast surma bakterite ja seente poolt. Keerukad orgaanilised ained muudetakse sel puhul kas lihtsateks ühenditeks või algelementideks, milledena nad satuvad vette, mulda või õhku, kust algab nende uus ringkäik läbi taimede ja loomade kehade.

Vee ja mineraalainete ringkäik on seejuures üsna lihtne ning üldtuntud. Keerukamate muutustega on seotud kahe tähtsama algaine — süsiniku ja lämmastiku orgaaniliste ühendite — ringlemised. Peatume seepärast viimaste juures.

Süsiniku ringkäik. Süsinik on orgaaniliste ühendite — süsivesikute, rasvade, õlide ja valkude — põhielement. Rohelised taimerakud ammutavad süsinikku CO_2-na õhust, liidavad selle veega ning eraldavad valgusenergia abil hapniku süsinikust: süsinik jääb koos veega taimerakku ja sellest valmistatakse süsivesikuid, valke jt. orgaanilisi ühendeid. Need orgaanilised ained võivad hingamisel taimerakkudes hapenduda, kusjuures süsinik ühineb hapnikuga ning moodustab CO_2, mis kas lahkub taimedest ja pääseb õhku tagasi või satub uuesti rohelistesse taimerakkudesse, enne taimest välja pääsemata. Esimesel juhul on süsiniku ringkäik lõppenud, sest süsihappegaas on pääsenud õhku tagasi. Teisel juhul võib see ringkäik taimekehas korduvalt edasi kesta. Ja kui orgaanilised ained satuvad loomorganismi, rändavad nad seal seedeelundite ja vereringe kaudu edasi, kuni jõuavad elusrakkudesse. Siin nad assimileeritakse plasmaks. Elusplasma ühineb hingamisel hapnikuga ja nüüd saavad süsinik ning hapnik kokku: tekib CO_2, mille loomad välja — õhku hingavad. Kolmas ringkäigu võimalus: taimede või loomade kehad surevad, roiskuvad ja mädanevad mädarikbakterite ja -seente mõjul, kusjuures orgaaniliste ainete lagundumisel tekib muude laguproduktide hulgas ka CO_2, mis pääseb õhku. CO_2 võib aga tekkida orgaanilistest ainetest ka ilma välishapnikuta molekulide ümberehituse kaudu käärimisel.

Õhus leiduv CO_2 võib muutuda orgaaniliseks aineks ja plasma osaks mitte üksnes rohelistes taimerakkudes, vaid ka kemosünteesil lämmastiku-, raua-, väävli- jt. bakterite mõjul.

Lämmastiku ringkäik. Vaba lämmastikku õhust võivad kasutada valkainete valmistamiseks mugulbakterid ja lämmastikubakterid. Lämmastik vabaneb valkudest viimaste lagunemisel, näit. hapnikuga ühinemisel. Kui lämmastikuühendid lagundatakse taimerakkudes, siis selle lagundumise lõppprodukt — NH_3 — ei eritu taimerakkudest, vaid viiakse uuesti plasma kaudu valkude valmistamise protsessi tagasi. Kui aga valgud lagunduvad loomakehas või koguni väljaspool organisme, siis tekkiv NH_3 või N eritub ning satub kas vette ja koos sellega mulda või jällegi õhku. NH_3 muudetakse lämmastikubakterite poolt enamasti mullas ümber HNO_3 ja selle sooladeks, mis kujul ta pääseb taimejuurtesse ning sealt koos veega rohelistesse lehtedesse, kus lämmastik kulutatakse ära valkude valmistamiseks. Nii esineb lämmastik ringkäigus kahel kujul: vaba lämmastikuna ja ammoniaagina, mis on mõlemad valkude lagunemise lõppsaadused.



Joon. 17. Lämmastiku ringlemine looduses.

2. Sigimine.

Organismide kasvamine. Organismid ja nende elundid kasvavad, s. o. suurenevad mahult, kahel põhjusel: rakkude arvu suurenemisel rakkude pooldumise ning rakkude mahu suurenemisel rakkude kasvamise tagajärjel. Kõik rakud pole orga-

nismides pooldumisvõimelised. Taimedel poolduvad rakud ainult loovkudedes, loomadel aga kasvavates kudedes kuni looma täiskasvanuks saamiseni. Rakkude pooldumine toimub vaid küllaldase toitumise korral, kusjuures protoplasma assimilatsioon peab ületama dissimilatsiooni. Plasma juurdekasv ja sellega kaasuv rakumahu suurenemine võib kesta iga organismi ja elundi rakkudes ainult teatava kindla piirini, mille ületamisel rakud hakkavad poolduma. Rakkude pooldumise põhjuseks peetakse plasma massi ja selle pinna vahekorra halvenemist toitumistingimuste suhtes rakkude kasvamisel. Teatavasti suureneb keha mass kuubis, pindala samal ajal aga kõigest ruudus. Toiteained pääsevad seda paremini plasmaosakeste juurde, mida väiksem on plasma mass ning suhteliselt mida suurem plasma pind. Plasma massi suurenedes muutub toiteainete juurdepääs raku keskossa — eriti tuuma — järjest raskemaks. Millal just ilmneb kriitiline moment, millest peale rakk poolduma hakkab, pole täpselt teada.

Rakkude kasvamises eristatakse kindla kestaga taimerakkudes kolme järku: a) Esimene on plasmarikas pooldumisjärk. Rakkudel puuduvad siin õõnsused rakumahlaga. Seesugused rakud esinevad loovkudedes (kasvukuhikutes, kasvutsoonides, kambiumiringis). b) Teine on nn. rakkude sirgumisjärk. Siin tekivad rakkudesse vakuoolid rakumahlaga, mis koguvad vett. Rakumahl surub plasma turgori mõjul õhukese kihina vastu rakukesta ning venitab kesta pingule: rakukest hakkab venitudes kasvama ja paksenema, kuni rakk jõuab maksimaalse suuruseni. Sirgumisjärgus asetsevad rakud loovkoest pisut tagapool, nn. hoogsas kasvutsoonis (juurtel, võrsetel). c) Kolmas rakkude kasvujärk on eristumise ehk seesmise kujunemise järk, kus plasma diferentseerub vastavalt tulevastele ülesannetele ja rakukest omandab vajaliku konstruktsiooni ning tugevuse. Kasv siin seisab.

Organismide ja elundite kasvamine on kõige intensiivsem ning märgatavam nendes osades, kus rakud on sirgumisfaasis. Esimeses — rakkude pooldumise järgus — pole elundite kasvamine eriliselt silmapaistev.

Peale rikkaliku vee, hapniku ja toiteainete juurdevoolu soodustab rakkude kasvamist temperatuur, mille optimum on igal olesel väikese erinevusega ja kõigub üldiselt 25—45° C vahel.

Organismide arenemine on seotud nende vormi muutumisega ja uute elundite tekkimisega, mida põhjustavad arvatavasti raku-

plasmas tekkivad keemilised muutused. Taimede ja loomade isendielus tuleb eristada vähemalt kahte arenemisjärku: sugutut ja sugulist. Mõlemad arenemisjärgud koosnevad reast arenemisfaasidest.

Üheaastastel taimedel algab sugutu arenemine seemnete idanemisega, kulgeb edasi vegetatiivsete elundite kiire kasvamisega ning lõpeb enamasti õiepungade tekkimisega, mil vegetatiivne kasv taimedel jääb seisma. Kui aga taimel õiepungad kõrvaldada, kestab vegetatiivsete elundite kasv edasi. Nii võib üheaastaste taimede eluiga pikendada koguni mitmele aastale. Õite tekkimisega algab taimedel suguline arenemisjärk, mis kestab kuni viljade valmimiseni, mille järel üheaastased taimed surevad. Kuid suguline arenemisjärk ei teki üheaastastel taimedel iga kord ning kõik üheaastased taimed ei hakka õitsema. Õite tekkimiseks ehk sugulise arenemisjärgu algamiseks vajavad taimed erilisi arenemistingimusi: rohkesti valgust, kõrgemat soojust ning väiksemat niiskushulka; peale selle on siin olulise tähtsusega mõningad mineraalained (P) ning orgaaniliste toiteainete suhteline rohkus. Seega kulgevad üheaastaste taimede sugutu ja suguline arenemine erinevais tingimusis. Arvatavasti etendavad sugulise arenemisjärgu kulgemisele mõju veel kasvuhormoonid.

Kaheaastastel taimedel on sugutu ja suguline arenemisjärk teineteisest eraldatud talvise puhkeajaga, näit. taliviljadel, juurviljadel jt. Kui külvata talirukki seemned maha kevadel, siis arenevad taimed vegetatiivselt hästi, ei hakka aga samal aastal õitsema. Uurimised on avastanud, et talirukki sugutu ehk vegetatiivne arenemisjärk võib jõuda lõpuni ainult madalas temperatuuris (6—8° C), mis temperatuuriga päevi peab aga olema 50 kuni 80, sõltuvuses vilja sordist. Kui vegetatiivne arenemisjärk pole lõpule jõudnud, ei saa alata suguline ehk generatiivne arenemisjärk. Sügisese külvi korral kulgevad mõlemad järgud normaalselt: vegetatiivne järk madalas ja suguline — kõrgemas temperatuuris ning rohkes valguses. Lõunamaa taimedel sõltub arenemisjärkude kulg valguspäeva pikkusest, temperatuurist ja niiskushulgast.

Paljuaastased taimed vajavad vegetatiivseks kasvamiseks lühemat või pikemat aastaterida, kuni nad jõuavad sugulisse arenemisjärku ning hakkavad õitsema. Siitpeale kulgevad neil vegetatiivne ja generatiivne arenemine rööbiti. Ent õitsemiseks

vajavad nad enamasti ikka rohkesti orgaanilisi varuaineid, mineraalaineid (P) ning valgust. Eostaimedel esineb sugupõlvede ehk arenemisjärkude vaheldus selgel kujul.

Loomade sugutu arenemisjärk on kestuselt väga mitmesugune ja erilaadne. See kulgeb näit. putukatel vastseeas üle moondefaaside, kahepaiksetel — erineva kehaehituse juures vees jne. Teiselt poolt areneb sugutu järk kõrgematel loomadel osalt emaihus, lindudel — munas ja sealt edasi kuni organismi kehalise täissuuruse saavutamiseni ning suguelundite valmimiseni. Viimasest momendist algab sugulise arenemisjärk, mis kestab organismi surmani. Sugulisel arenemisjärgul omavad paljud loomad nn. sugutunnuseid: isalinnud toredamat sulestikku, lauluhäält, rohusööjad — tugevaid sarvi ja lihaseid, putukad mitmesuguseid lisatunnusmärke.

Sigimine. Sugulise arenemisjärgu saabumisel organismid hakkavad sigima: soetama endile järglasi, hoolitsema nende eest, püüdes sellega oma liiki alal hoida. Sigimistung on organismidel üks võimsamaid. Paljud kidurad ja surmale määratud taimed õitsevad enne surma õige rikkalikult. Mitmed entoparasiidid, näit. paelussid, teotsevad otse „munemismasinatena".

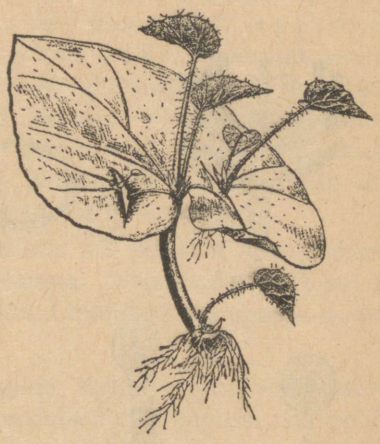
Sellele vaatamata, et organismid soetavad sugulisel sigimisel mõnikord arvutul hulgal järglasi, näit. puutaimed, umbrohud, kalad, konnad, putukad, näib, nagu sellest veel ei piisaks ning sugulise sigimise kõrval toimub paljudel taimedel ja loomadelgi ka sugutu ehk vegetatiivne paljunemine.

Sugutu ehk vegetatiivne paljunemine.

See paljunemisviis on levinud peamiselt taimeriigis. Ainuraksed taimed paljunevad pooldumise teel, pärmseened — pungumisega. Eostaimede sugutu paljunemine toimub eostega. Ka õistaimed paljunevad vegetatiivsel teel, kusjuures paljunemiseks kõlbavad kõik taimede vegetatiivsed põhielundid. Nii toimub pojengi, daalia, kanakoolme paljunemine juurepungadega, võilillel — juuretükkidega, sibultaimedel — maa-aluste pungadega (sibulatega, mis on õieti lühivõrsed); varremugulatega paljundatakse kartuleid, varrepungadega — liilia liike, hammasjuurt jt. Maa-aluste varte ehk juurikatega paljunevad ülased, orashein, emanõges, piibeleht, roog jt., maapealsete võsunditega

— maasikas, lillakas, hanijalg, lehepungadega — jürilill, leesputk, lehetükkidega — begooniad jt. Talvituspungadega sigivad kilbukas, vesihernes jt. veetaimed.

Viljapuid, marjapõõsaid ja mitmesuguseid ilutaimi paljundatakse pistikutega (lehistunud võrsete ladvad), pistokstega (talvel puhkeajal lõigatud võrsete tükid), muldokstega, võrsikutega ning vääristamise teel (silmastamise, oksaga pookimise ja jätkamisega).



Joon. 18. Begoonia paljunemine lehepungadega.

Olgu tähendatud, et vegetatiivsel paljunemisel lähevad emataime omadused muutumatult üle järglastele, mispärast seesugust viisi kasutatakse ohtralt kultuurtaimede paljundamisel.

Sugutut sigimist esineb ka loomariigis. Nii paljunevad ainuraksed pooldumise teel, samuti mõned alamate usside liigid. Hüdral tekivad järglased pungadest. Pungumisega paljunevad veel korallid, sammalloomad, karikloomad jt. Putkelistel ehk ujupolüüpidel jäävad pungumisel tekkinud polüübid ja meduusid kokku ning moodustavad koloonia. Karikloomadel tekivad vabalt ujuvad meduusid karikpolüübist jagunemise (soondumise) teel.

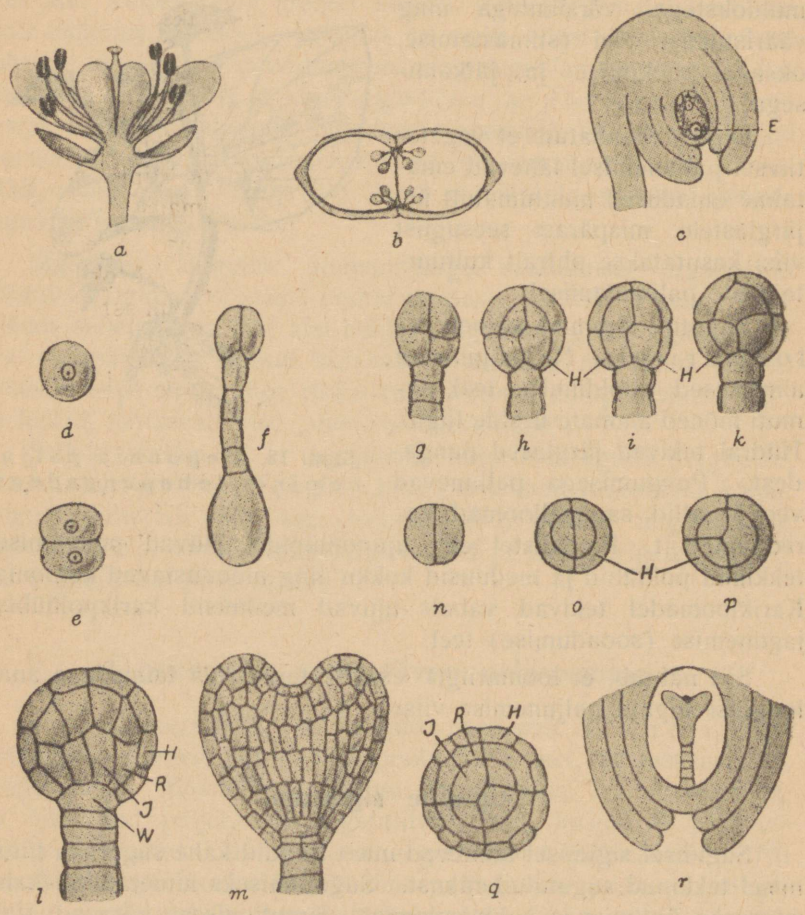
Siit nähtub, et loomariigis esineb terve rida taimedega analoogilisi sugutu paljunemise viise.

Suguline sigimine.

Sugulisel sigimisel arenevad uued isendid kahe suguraku liitumisel tekkinud sugutatud rakust. Sugutumiseks nimetatakse kahe suguraku ühtimist ja kokkusulamist. Sugutumisest võtavad alati osa isas- ja emassugurakk. Seejuures võivad sugurakud olla kas võrdse või erineva suurusega, kas mõlemad liikuvad või teine (emasrakk) liikumatu. Alamatel taimedel (niitvetikatel) ja loomadel (hüdral) tekivad sugurakud tavalistest keharakkudest. Kõrge-

matel taimedel ja loomadel on aga sugurakud keharakkudest hoopis erineva väärtusega ja tekivad erilistes suguelundites.

T a i m e r i i g i s esineb suguline sigimine lihtsamal kujul niitvetikatel. Ulotriksil näit. on isas- ja emassugurakud ühesuurused ja sarnased (välimuselt); nad on varustatud kahe vibu-



Joon. 19. H i i r e k õ r v a l o o t e a r e n e m i n e: *a* — õis, *b* — sigimiku ristilõik, *c* — seemnepung (*E* — munaraku tuum), *d* — munarakk, *e* — munaraku pooldumine; *f*—*p* — loote areng, *l*—*q* — kudede diferentseerumine; *r* — seemneidu kujunemine. *H* — nahk, *R* — kooderakud, *I* — sisekude, *W* — juurekude.

riga ja võivad vees vabalt ujuda. Vabalt liikuvaid sugurakke nimetatakse g a m e e t i d e k s.

Kui emassugurakk muutub suuremaks ja toiteaineterikkamaks, kaotab ta vaba liikumise võime ning muutub paigalpüsivaks. Seesugust emassugurakku nimetatakse m u n a r a k u k s. Isassugurakud jäävad aga enamasti ikka pisikesteks, liikuvateks ning on varustatud viburite või ripsmetega; neid nimetatakse s p e r m a t o z o i d i d e k s ehk s e e m n e r a k k u d e k s. Spermatozoidid ja munarakud esinevad sõnajalgsetel jt. Õistaimedel on isassugurakud (õietolmutorudes) kaotanud aktiivse liikumisvõime. Kuid nende rakkude generatiivne tuum liigub siiski tolmutoru kaudu munaraku poole, pooldub teel ning, jõudnud lootekotini, ühtib üks tuum munaraku tuumaga, teine aga lootekoti tuumaga.

Sugutatud munarakk püsib lühemat või pikemat aega puhkeolekus ning hakkab siis kiiresti poolduma. Õistaimedel tekib sugutatud munarakust seemneidu, sugutatud lootekoti tuumast — toitekude ehk endosperm.

L o o m a r i i g i s esineb suguline sigimine juba ainuraksete juures. Kingloomad näit. sigivad peamiselt küll sugutul teel pooldumisega, kuid teatava hulga pooldumiste järel jääb see lõpuks aeglasemaks ning peatub viimaks. Siis aga heidavad kingloomad paarikaupa kokku, vahetavad suuava kaudu osa oma tuumaainest ja lähevad pärast seda jälle lahku. Seesugust diferentseerumatute rakkude paarimist nimetatakse k o n j u g a t s i o o n i k s ning sellele omistatakse samasugust tähtsust kui sugutumisele, sest konjugeerunud rakkude tuumad tuumaaine vahetamisega ka värskenduvad: konjugeerunud kingloomad hakkavad jõuliselt poolduma, kuna mittekonjugeerunud püsivad pooldumisvõimetuina ja surevad.

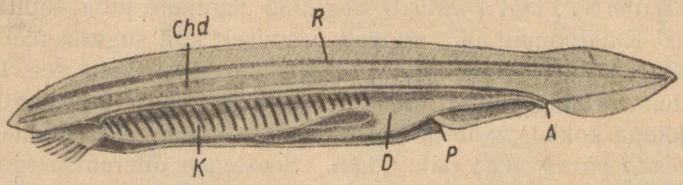
Paljuraksetel loomadel esinevad eristunud sugurakud: enamasti liikumatud munarakud ning liikuvad seemnerakud ehk spermatozoidid. Need valmivad vastavates suguelundites. Sugutumine toimub kaladel ja kahepaiksetel väljaspool keha — vees, kuhu emaloomad heidavad oma munad ning isaloomad — seemnerakud. Sugutatud munadest arenevad kas vastsed (konnal) või noored maimud (kaladel). Kuivamaa loomadel toimub sugutumine emalooma kehas. Sugutatud munad munetakse vastavaid toiteaineid omavatesse paikadesse (putukail) või varustatakse emalooma kehas rikkalikkude toidutagavaradega (roomajatel, lindudel) ning munetakse siis pesadesse, mullasse või liivasse. Imetajatel

areneb aga sugutatud munast emaihus loode, kes seal on vaenlaste eest hästi kaitstud, saab parimat toitu emaverest ning areneb ühtlases kehasoojuses. Jõudnud oma arenemises vajaliku järguni, sünnivad imetajail noored pojad, kes on enamasti juba kohe pärast sündi liikumisvõimelised. Nad saavad siiski toiduks mõni aeg veel emapiima, kuni suudavad hakata endid ise toitma.

Loomorganismi arenemine munast.

Igast sugutatud munast areneb loomaliigile vastav loode, vastne või valmik. Lõpptulemused on sellel arenemisel väga erinevad, algastmed aga üldjoontes üsna sarnased. Peatugem seepärast pisut üksikasjalikumalt süstikkala sugutatud muna arenemisel.

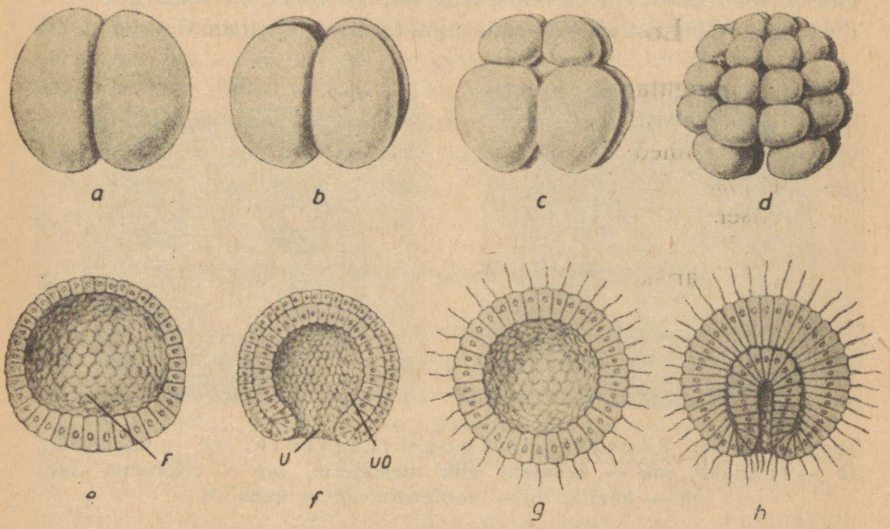
Süstikkala (*Amphioxus lanceolatus*) kuulub keelikuliste hõimkonda, on päriskaladest arenemiselt alamal astmel, elutseb liivase



Joon. 20. Süstikkala: *Chd* — keelik, *R* — seljaaju, *K* — lõpused, *D* — sool, *P* — hingamisvee ava, *A* — pärak.

põhjaga rannavetes Atlandi ookeanis, Põhja-, Vahe- ja Mustas meres. Ta on lahksuguline oles, kelle arenemiskäiku on väga põhjalikult uuritud ning seda tuntakse seepärast ka hästi. Süstikkala sugutatud muna hakkab poolduma. Algul tekib munast kaks tütarrakku, mis aga mõlemad varsti edasi poolduvad. Nii tekib ühest munast 2, siis 4, edasi 8, 16, 32, 64 jne. rakku, mis kõik jäävad üksteise kõrvale püsima ning moodustavad rakkude kobara ehk kobarloote (*morula*). Kobarlootel puudub õõs. Edasise rakkude arvu suurenemisega (kusjuures rakud püsivad üksteise kõrval ühe kihina) tekib rakkude kobarasse õõs, mis täitub vedelikuga. Seda loote arenemisfaasi nimetatakse põisllooteks (*blastula*). Põisloode koosneb ühestainsast rakkudekihist ehk ühest lootelehest.

Põisloote rakud poolduvad aga edasi, mispuhul põie kuju muutub. Põierakud vajuvad ühelt küljelt põide ning nihkuvad seal kuni välise rakkudekihini. (Teistel loomadel rändavad üksikud rakud põieõõnde ning katavad pooldudes selle sisepinna uue rakkudekihiga ehk teise lootelehega.) Nii tekib ühekihilisest põiest kahekihiline ehk kahest lootelehest koosnev karikakujuline loode, mida nimetatakse karikllooteks (*gastrula*). Karikloote õõs



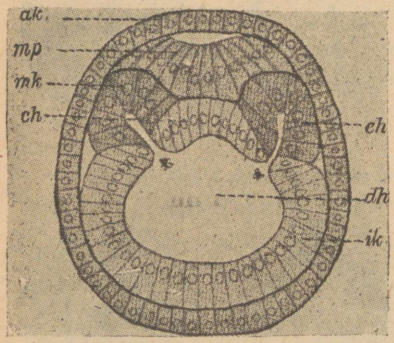
Joon. 21. Süstikkala loote areng: *a*—*c* — munaraku jagunemine, *d* — kobarloode, *e* — põisloode (*F* — põisloote õõs), *f* — karikloode (*UD* — ürgsool, *U* — suuava), *g* ja *h* — esimesed vastsete arenemisastmed alamatel mereloomadel.

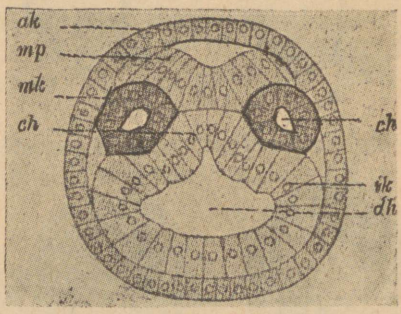
moodustab ürg- ehk algsoole ning selle ava vastab algsuule. Karikloote välist rakkudekihti ehk lootelehte nimetatakse välisnahaks ehk ektodermiks, sisemist aga sisenahaks ehk entodermiks. Ekto- ja entodermi rakud erinevad üksteisest nii kujult kui toimetelt: siin on teostunud juba eristumine ehk diferentseerumine. Ektodermi rakud täidavad kaitseülesandeid ja reageerivad välisärritustele, entodermi rakkudel on toitumisülesanded.

Loote edasisel arenemisel vajub selgmine osa ektodermist voldikujuliselt madalamale; see vaond kasvab aga varsti ektodermi rakkudega pealt kinni. Vaondi põhja jäänud ektodermi rakkudest

hakkavad arenema ergurakud. Nii tekib loote erkkond ektodermi ehk välise lootelehe rakkudest. Tavalised välised ektodermi rakud moodustavad aga naha kõikide sinna juurde kuuluvate elementidega.

Peaaegu üheaegselt ektodermi voldiga tekivad sopistused ka entodermis, siin aga enamasti kahel küljel sümmeetriliselt ektodermi voldi vastas. Need loote siselehe sopid eralduvad hiljemini entodermist täiesti ja moodustavad nn. k e s k l e h e ehk m e s o d e r m i. Õõnsust mesodermis nimetatakse k e h a õ õ n e k s.





Joon. 22 ja 23. S ü s t i k k a l a l o o t e r i s t i l õ i k: *ak* — välisnahk, *ik* — sisenahk, *mk* — keskleht ehk mesoderm, *mp* — erkkonna alge, *ch* — keelik, *dh* — sooletoru, *eh* — kehaõõs.

Nii kujuneb sugutatud munast kolmest lootelehest (ekto-, ento- ja mesodermist) ning kahest õõnest (sooleõõnest ja kehaõõnest) koosnev loode. Rakkude pooldumine ja eristumine igas lootelehes aga kestab edasi. Sel teel tekivad igast lootelehest isesugused koed ja elundid ning kujuneb lõpuks terviklik organism.

E k t o d e r m i s t tekivad kõrgematel loomadel: nahk, karvad, küüned, küünised, kabjad, sarved, sõrad, lubiplaadid, rasvanäärmed, piimanäärmed, koorikud, kitiinkestad, erkkond, meeleelundid, sooletoru algus- ja lõpposa.

E n t o d e r m i s t kujunevad: magu, soolte sisenahk (epiteel), seedenäärmed (süljenäärmed, kõhunääre, maks) ja kopsud.

M e s o d e r m i s t moodustuvad: luustik, vöödilised lihased, soolte lihased (siledad), sidekude, vereringeelundid (süda, sooned, veri, põrn, lümfinäärmed) ja erituselundid (neerud) ning suguelundid.

Loode on kaetud muna- ehk lootekestadega. Kui loode lahkub mainitud kestadest täisealise loomaga sarnasena, siis nimetatakse niisugust arenemist otsearenemiseks. Peab aga loode pärast seda (s. o. pärast embrüonaalset arenemist) läbi tegema veel uusi kujumuutumisi kuni täisealise kuju omandamiseni, siis on tegemist moondega ehk metamorfoosiga (putukad, konnalised).

Kõrgemale arenemisastmele jõudnud loomadel, alates rõngussidega, kulgeb loote arenemine üldiselt samalaadselt kui süstikkalal üle munaraku — kobarloote — põisloote ja karikloote koos ekto-, ento- ja mesodermi tekkimisega, alamatel loomadel aga karikloote ni l m a mesodermi kujunemiseta. Kariklootest edasi arenevad koed ja elundid igal loomaklassil väiksemate või suuremate erinevustega kuni looteea lõpuni.

Suguelundid, sugurakud ja sugutumine.

Kõrgematel taimedel ja loomadel tekivad sugurakud suguelundites. Sammal- ja sõnajalgtaimedel on isassuguelundeiks anteriidiumid, milledes valmivad spermatozoidid, viburite või ripsmetega varustatud liikuvad sugurakud, kuna emassuguelunditeks on arhegooniumid — igaüks üheainsa munarakuga. Õistaimedel on isas-suguelundeiks tolmukad, millede tolmukottides arenevad õietolmurakud (õietolmuterad). Sugurakud asetsevad tolmutorus ja neil puudub aktiivne liikumisvõime, nagu see on iseloomulik spermatozoididele. Emassuguelundeiks on õistaimedel emakad, millede seemnepungades tekivad munarakud.

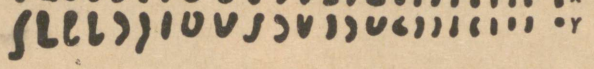
Suguelundid võivad asetseda taimedel kas lahus eri isenditel või ühel ja samal taimel, koguni samas õies. Esimesel juhul on taimed kahekojalised, teisel — ühekojalised.

Loomadel valmivad sugurakud sugunäärmetes ning juhitakse sealt välja vastavate seemne- või munajuhade kaudu. Enamik loomi on lahksugulised, ent esinevad ka liitsugulised (hermafrodiidid), kes omavad nii isas- kui emas-sugunäärmeid (rõngussid, imiussid, paelussid, mõned teod jt.).

Sugurakud ja nende valmimine. Teatavasti toimub tavaliste keharakkude pooldumine tuumaaine karüokineesi ehk keerulise jaotumise teel, kusjuures rakutuuma võrkmik lahti hargneb ning

igal taime- või loomaliigil vastavaks arvuks kromosoomideks jaguneb. Edasi liiguvad kromosoomid raku keskalale, lõhestuvad pikuti pooleks ning pärast seda iga kromosoomi üks pool liigub ühele, teine teisele rakupoolmele. Kromosoomide kromatiinaine, mis on pärilikkude omaduste kandja, jaotub sel viisil tütarrakkude vahel võrdselt ning kromosoomide arv jääb tütarrakkudes samaks, s. o. võrdseks emaraku kromosoomide arvuga. Selles seisnebki karüokineesi ehk keeruka rakupooldumise peaülesanne.

Ent sugurakkude tekkimisel pooldumise teel nende emarakkudest kujunevad asjaolud teisiti. Siin heidavad algul paarikaupa kokku ühekujulised kromosoomid (üks endiselt



Joon. 24. Inimese kromosoomid valmivatest sugurakkudest.

isassugurakult, teine endiselt emassugurakult pärinev). Kromosoomide pikipooldumise asemel lahkuvad raku keskel hiljemini samad terved kromosoomid üksteisest, liikudes üks ühele, teine teisele rakupoolmele. Sel moel tütarrakud (s. o. sugurakud) omavad kõigest poole emaraku kromosoomide arvust ja nende kromosoomid pole võrdse väärtusega. Nii on herne somaatsetes rakkudes 14 kromosoomi, sugurakkudes aga 7, nisul on vastavad arvud 16 ja 8, õunapuul 34 ja 17, inimesel 48 ja 24 jne.

Kromosoomide arvu taandumine sugurakkudes nende valmimisel on bioloogiliselt väga suure tähtsusega. Tuleb meeles pidada, et iga organism areneb sugutatud rakust, mis on tekkinud kahest liitunud sugurakust. Kui sugurakud omaksid keharakkudega võrdse arvu kromosoome, siis tõuseks sugutumisel munarakus kromosoomide arv kahekordseks, järgmise põlve sugurakkude liitumisel — neljakordseks, kolmandas põlves kaheksakordseks jne. Rakutuuma mass suureneks seega iga sugutumise järel ja ühes sellega peaksid suurenema ka rakud ise. Et aga kromosoomide kindel arv on üks olulisemaid liikide tunnuseid, siis peaksid tekkima iga sugutumise järel alati uued liigid, vormid ja organismid. Liikide püsivusest ei saaks sel korral juttugi olla. Kromo-

soomide arvu taandumisega ehk vähenemisega sugurakkudes nende valmimisel langevad ära kõik need võimalused ning organismide liigid püsivad.

Teiselt poolt tuleb silmas pidada, et tütarkeharakud püsivad karüokineetilise pooldumise tõttu emarakkudega mitte üksnes sarnased, vaid ka omadustelt identsetena, sest nad omavad võrdsel määral pärilikke omadusi kandvat kromatiinainet. Sugurakkude kujunemisel ei jagune kromosoomid võrdselt pooleks, vaid kumbki tütarrakk (s. o. sugurakk) saab terveid kromosoome. Et aga kromosoomid isekeskis pole omaduste poolest võrdse väärtusega, pole ka sugurakud ei isekeskis ega emarakuga võrreldes identsed, vaid erinevad, sest igas üksikus kromosoomis on talletatud isesugused pärilikud omadused.

Kolmandaks tekib kromosoomide taandumisega olukord, et sugurakud üksikult pole enam täisväärtuslikud: vähese tuumaaine tõttu nad ei suuda enam edasi poolduda. Alles pärast sugutumist muutub munarakk tuumaaine poolest uuesti täisväärtuslikuks ning võib hakata edasi poolduma.

Kromosoomide arvu vähenemine toimub nii isas- kui emassugurakkudes nende valmimisel ühesuguselt. Muus osas aga arenevad isas- ja emassugurakud erinevalt. Esimesed säilitavad peamiselt tuuma ja vähe plasmat, kusjuures spermatozoididel tekivad veel liikumisorganellid — viburid, kulendid või muud. Vähene plasmamass teeb need rakud kergeiks ja soodustab nende liikumist. Emassugurakud aga koguvad endisse lisaplasmat või toiteaineid; nad muutuvad seetõttu suuremaiks, raskemaiks ja enamasti liikumatuiks. Kuid mõlema sugupoole rakud koosnevad siiski alati plasmast ja tuumast ning sugutumisel liituvad kokku nende tuumad kui ka plasma.

Sugutumise tähtsus. Sugutumise tähtsus seisab esmajoones kahe pooliku väärtusega ning pooldumisvõimetu raku liitumises, kusjuures tekib täisväärtuslik, täieliku kromosoomide arvuga ja pooldumisvõimeline rakk, mis annab alguse uuele organismile. Teiseks liituvad sugutumisel kaks eri väärtusega ja mõnevõrra erinevate omadustega rakku, mispuhul sugutatud munarakk värskendub ja järglased saavad kaasa uusi omadusi — „värsket verd". Seega omab sugutumine nii kvantitatiivset kui ka kvalitatiivset väärtust.

Uuemal ajal on leitud, et mõningate taimede munarakud ei sisalda üldse rakkude pooldumist ja kasvu soodustavaid hormoone

ega saa sel põhjusel hakata edasi poolduma ning arenema. Seevastu on aga samade taimeliikide õietolmuterades leitud rikkalikult kasvuhormoone. Seega omab sugutumine mõnel juhul hormonaalset toimet. On koguni korda läinud munarakke ka ilma sugutamata, ainult isassugurakkude ekstraktidega mõjustades, pooldumisele ja edasiarenemisele sundida.

Partenogenees ehk neitsissigimine.

Taime- ja loomariigis esinevad juhud, kus munarakud võivad hakata poolduma ning arenema ilma sugutumata; seesugust nähtust nimetatakse partenogeneesiks ehk neitsissigimiseks. Õistaimedest võivad tekitada seemneid ilma sugutumata kortslehed, võililled, hunditubakad jt., loomadest — alamad vähilised, lehetäid, vesikirbud, ratasloomad, mõned kilgid ja kiletiivalised. Mesilastel arenevad isamesilased ehk lesed sugutamata munadest. Paljud teadlased on suutnud keemiliste ärritusainetega munarakku mõjustades sundida seda poolduma ning arenema (katseline partenogenees); siin on arenemine aga varsti seisma jäänud ning valminud seemneid ega ka elavaid oleseid pole saavutatud. Sellest tuleb järeldada, et sugutumisel on mitte üksnes ärrituslik toime, mis munaraku pooldumisele viib, vaid siin munarakk omandab seemnerakult vastavad ained, mis pooldumist ja arenemist edasi kannavad.

Partenokarpsus.

Tavaliseks nähtuseks on, et taimedel sugutumata munarakkudega seemnepungadest ei arene seemneid. Kui sigimikus on ainult üks seemnepung ja see jääb sugutumata, siis ei teki sellest sigimikust ka vilja. Paljuseemnelised viljad arenevad aga ka siis, kui kõik seemnepungad sigimikus pole seemneteks kujunenud, näit. õuntes on sageli vähem kui 10 seemet.

Teiselt poolt leidub siiski taimi, milledel reeglipäraselt tekivad seemneta ehk partenokarpsed viljad, nagu banaanid, mõned viinapuude sordid, seemneta pirnid ja ploomid, mõned õunapuude sordid jt. Uuemal ajal on õnnestunud kasvuhormooni (heteroauksiini) mõjul sugutumata õitest kasvatada seemneta vilju. Seemnetaviljalised taimed võivad paljuneda ainult vegetatiivsel teel.

Pärilikkus ja Mendeli reeglid.

Päritavad ja mittepäritavad omadused. Kui külvame mulda nisu või kapsa seemneid, siis kasvavad nendest nisu- või kapsataimed ja mitte kunagi midagi muud. Nisuterisest ei kasva kunagi rukist. Samuti arenevad kanamunast alati kanapojad, veis sünnitab vasika jne. Iga taime- või loomaliik annab ainult enese- (s. o. liigi-) sarnaseid järglasi.

Kui külvame aga mulda punaseõielise lõvilõua seemneid, siis võivad nendest kasvada osalt punaste, osalt teist värvi õitega lõvilõuad, näit. roosad, kollased, valged jt.; punasel veisel võib sündida kirju vasikas jne.

Võtame hästi tugevalt rukkitaimelt seemneid ja külvame need kehva ning väga kuiva mulda: nendest seemnetest arenevad üsna väikesekasvulised rukkitaimed.

Kuival teerajal kasvavad võililled on väikeste ja lõhestunud lehtedega ning võrdlemisi madala õisikuvarrega, niiskes ja varjulises kraavis kasvavatel võililledel on aga suured ja peaaegu terved lehed ning pikad õisikuvarred.

Toodud näidetest selgub, et ühed organismide omadused anduvad järglastele edasi (iga liigi üldtunnused, nagu õite ja viljade kuju, kõrre ja lehe üldine ehitus jne.), teised aga mitte (taimede kõrgus, lehtede suurus, mõnedel tingimustel õite värvus jne.).

Uurimised on näidanud, et järglastele anduvad edasi ehk päritakse ainult need tunnused, mis on kinnistunud geenidena kromosoomidesse. Kõik niisugused omadused aga, mis võivad välistingimuste mõjul muutuda ega ole fikseeritud geenidesse (näit. sigade rasvasus või kõhnus — sõltub toidust, taimede kõrgus — sõltub kasvukohast), pole päritavad ja jäävad järglastele edasi andmata. Kõik geenides fikseeritud ja päritavad omadused moodustavad geenide kogu ehk nn. organismi g e n o t ü ü b i. Need tunnused ja omadused aga, mis tekivad organismi genotüübist väliskeskkonna mõjul, moodustavad organismi f e n o t ü ü b i.

Puhtaverelised organismid ja värrad. Iga omaduse pärimiseks, s. o. pärilikul teel järglastele edasiandmiseks, on tarvis, et see omadus esineks mõlemal vanemal ja oleks fikseeritud nende sugurakkudes geenidena. I g a o r g a n i s m i p ä r i t a v t u n n u s o n s e e g a f i k s e e r i t u d k a h e g e e n i g a.

Kui teatud tunnus, näit. õie värvus, esineb mõlemal vanemal ühtviisi ja ühetugevuselt, siis pärivad järglased selle tunnuse samaväärsena, nagu see esines vanemail (on näit. mõlema vanema õied puhtalt valged või puhtalt kollased, on ka järglaste õied valged või kollased). Seesugusel korral on järglased puhtaverelised. Kui aga antud tunnus esineb ühel vanemal ühel, teisel jälle teisel kujul (näit. ühe vanema õied on valged, teisel punased), siis avaldub see tunnus järglaste juures segatud ehk ebapuhtal kujul (järglaste õied võivad olla roosad või kirjud). Seesuguste segatud väärtusega ja ebavõrdsetest geenidest tekkinud tunnustega organismid on segaverelised ehk värrad.

Mõned tunnused võivad esineda ühel vanemal niisama tugevalt kui teisel, näit. imelille õite värvus võib olla ühel vanemal valge, teisel — punane, mõlemad värvused aga ühetugevused. Sel juhul on järglased antud tunnuse suhtes mõlema vanema vahepealsed (roosaõielised imelilled). Teisel juhul võib aga ühe vanema tunnus esineda tugeval, valitseval ehk domineerival, teise oma jälle nõrgal, varjuval ehk retsessiivsel kujul. Seesuguste vanemate järglased sarnanevad antud tunnuse poolest domineeriva vanemaga (näit. musta ja valge kuke ja kana järglased on mustad, sest must värvus on domineeriv).

Ülalmainitud pärilikkusreegleid on esmakordselt selgitanud saksa teadlane J. Mendel.

Johann Mendel — pärilikkusreeglite avastaja (1822—1884). J. Mendel sündis Sileesias põllumehe pojana. Pärast gümnaasiumi lõpetamist ta astus augustiinlaste kloostrisse ning võttis endale munganimeks Gregori. Kloostri kulul ta õppis Viini ülikoolis loodusteadust. Kodulinna Brünni tagasi pöördudes oli ta seal loodusloo- ja füüsikaõpetajaks reaalkoolis (1854—68). Õpetajaameti kõrval katsetas ta kloostriaias taimede (peamiselt herneste) ristlemisega ning avastas seejuures statistilise meetodiga pärilikkusreeglid, millede kohta avaldas kohalikus loodusteaduslikus ajakirjas kaks kokkuvõtet a. 1865 ja 1869. Need tööd ei leidnud mingit tähelepanu. 1868 valiti Mendel kloostriülemaks. Uued ametikohustused ei võimaldanud tal enam alustatud katseid pärilikkuse alal jätkata ning ta suri teadmatuses, et on avastanud sügavad teaduslikud tõed. 1900. a. avastati samad pärilikkuse reeglipärasused uuesti üheaegselt ja iseseisvalt kolme teadusmehe poolt. Siitpeale on pärilikkusreeglid leidnud üldist tunnustamist ja neid nimetatakse nende avastaja auks Mendeli pärilikkusreegliteks ehk Mendeli seadusteks.

Mendeli pärilikkusreeglid. Nagu mainitud, on Mendeli reeglid avastatud katsete põhjal. Nad on võtmeks, mis avavad meile

organismide tunnuste ja omaduste pärilikkuse mehhanismi saladused.

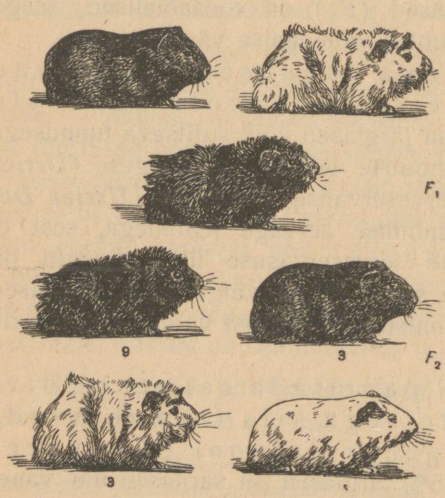
Esimene reegel: Kui paaritada kaks erisugust puhast tõugu looma või risttolmlemise teel kaks puhast sorti taime omavahel, siis on nende esimese põlvkonna järglased (F_1) kõik ühetaolised ehk uniformsed. Seejuures tuleb aga eristada kahte võimalust: a) Vanemate tunnused on võrdse väärtusega: kui paaritada ristlemise teel näit. punaseõielisi imelilli valgeõielistega, siis esimese põlvkonna ehk filiaalgeneratsiooni järglased (F_1) on roosaõielised, seega mõlema vanema õievärvuse suhtes vahepealse värvusega.

b) Kui aga ühe vanema tunnused valitsevad ehk domineerivad teise sugupoole tunnuste üle, siis on esimese põlvkonna järglased kõik valitseva tunnusega vanema sarnased. Näit. hambulise leheservaga nõgese (*Urtica pilulifera*) ristsugutamisel terveservalise nõgesega (*Urtica Dodartii*) on järglased kõik hambulise servaga lehtedega, sest et hambuliseservasus domineerib terveservasuse üle. Samuti on musta bantami tõugu kuke ja sama tõugu valge kana järglased esimeses generatsioonis kõik mustad, sest must värvus domineerib valge üle.

Teine reegel: Kui paaritada esimese põlvkonna (F_1) värdi üksteisega, siis toimub nende järglaste, s. o. teise generatsiooni (F_2) juures lahknemine, kusjuures 25% järglasist on sarnased ühe vanemaga, 25% teise vanemaga ning ülejäänud 50% vahepealsete omadustega värrad. Nii tekib imelille roosaõielistest F_1-generatsiooni värdadest nende ristlemisel F_2-põlvkonnas 25% valgeõielisi, 25% punaseõielisi ja 50% roosaõielisi (1 : 2 : 1). Kui aga ühe vanema tunnused domineerivad, siis on F_2 esindajaist 75% domineeriva ja 25% retsessiivse tunnusega (3 : 1). Tegelikult on aga siingi asjaolud sellised, et mainitud 75% domineeriva tunnusega esindajaist on 25% puhtavereliselt valitseva tunnusega vanema sarnased, ülejäänud 50% aga segaverelised värrad, mis F_3-s edasi lahknevad. Seega on ka siin 25% ühe domineeriva tunnusega vanemaga puhtavereliselt sarnaseid järglasi ning 25% järglasist on puhtavereliselt sarnased teise vanemaga, kuna 50% järglasi on segaverelised (lihtsustatult 1 : 2 : 1). Nii püsib Mendeli teise ehk lahknemisreegli kehtivus igal juhul täies ulatuses.

Mendeli teisest reeglist nähtub, et värrad pole püsivad ja et nad omavahelise ristlemise puhul muutuvad pikkamööda sarnaseiks algvormidega, s. o. oma esivanematega.

Kolmas reegel: Kõik vanemate sugurakkude kaudu päritavad omadused on iseseisvad (autonoomsed) ja püsivad muutumatult põlvest põlve. See reegel haarab mitme tunnuse poolest erinevaid ristsugutuse nähtusi ja on maksev mitme tunnusega värdade ehk di-, tri- ja polühübriidide kohta. Kui paaritada kahe, kolme ja enam tunnuse poolest erinevaid F_1-värdi isekeskis, siis nende järglaste — F_2 — juures esinevad esivanemate tunnused kõikides võimalikes kombinatsioonides.



Joon. 25. Siledakarvalise pruuni ja sassiskarvalise valge merisea järglased ristlemisel.

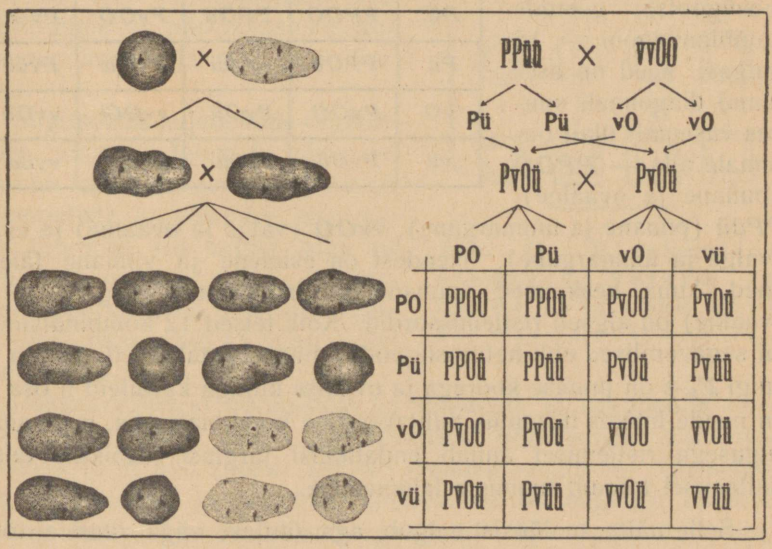
Selle kohta mõned näited. Kui paaritada pruuni- ja siledakarvaline merisiga valge- ja sassiskarvalise meriseaga, siis on esimese põlvkonna (F_1) järglased kõik pruunivärvilised ja sassiskarvalised, sest mõlemad omadused — pruun värvus ja sassiskarvasus — on domineerivad valge värvuse ja siledakarvasuse üle. Pruuni- ja sassiskarvaliste merisigade edasisel paaritamisel tekivad F_2: 9 osa pruuni- ja sassiskarvalisi, 3 osa pruuni- ja siledakarvalisi, 3 osa valge- ja sassiskarvalisi ja 1 osa valge- ning siledakarvalisi merisigu.

Ristsugutades punase ja ümmara mugulaga kartulit valge ja pikliku mugulaga kartuliga on F_1 kõik kartulid punase ja pikliku mugulaga, sest punane värvus ja piklik mugulakuju domineerivad. F_2 on aga 9 osal kartuleist piklikud ja punased mugulad, 3 osal ümmargused ja punased mugulad, 3 osal valged ning piklikud mugulad ja 1 osal valged ja ümmarad mugulad. Arvulised vahekorrad samad, mis eelmises näites (9 : 3 : 3 : 1).

Et mõista Mendeli kolmanda reegli sisu, analüüsime viimast näidet vastavalt pärilikkusteaduse nõuetele. Nagu eespool mainitud, on iga päritava tunnuse fikseerimiseks alati tarvis kaht geeni, s. o. kahe antud tunnuse põhjustaja geeni liitumist. Iga tunnuse, olgu see siis kas lehe kuju, õie värvus, vilja kuju jne., pärimiseks on tarvis üht selle tunnuse geeni isataimelt, teist emataimelt. Pärilikkusõpetuses märgitakse geene harilike tähtedega: domineerivaid tunnuseid — kahe suure tähega, retsessiivseid — kahe väikese tähega. Niimoodi tähendab *PP* — domineerivat punast värvust, *vv* — retsessiivset valget värvust, *MM* — domineerivat musta värvust, *OO* — dom. ovaalset vormi jne.

Kui mingi tunnus esineb puhtavereliselt, siis märgitakse see kahe suure või kahe väikese tähega. On aga tunnus esitatud segavereliselt ehk heterosügootselt, siis märgitakse seda kahe erineva tähega: *Pv* (punane + valge = roosa värvus), *Mv* (musta-valget kirja) jne.

Analüüsime nüüd punasekoorelise ning ümmara ja valgekoorelise ning ovaalse kartulisordi ristlemise näidet. Esimese sordi tunnused — punane ja ümmargune — tuleb märkida *PPüü*, teise



Joon. 26. Punase ning ümmarguse ja valge ning ovaalse kartuli ristlemisel saadavad järglased.

sordi — valge ja ovaalse omad — *vvOO*. Niisugused geenid esinevad tavalistes vegetatiivsetes rakkudes kummalgi sordil. Sugurakkudes toimub kromosoomide taandumine ning geenide kompleksid muutuvad järgmiselt: punases ning ümmarguses *Pü* + *Pü* ja valges ning ovaalses *vO* + *vO*. Antud geenide liitumisel (taime sugutumisel) on esimese põlvkonna järglased varustatud järgmiste geenidega: *PvOü* + *PvOü*, s. o. punane-valge, kusjuures domineerib punane (kartulimugulate koor on F_1 puhul seega punane) ning ovaalne-ümmargune, kus domineerib ovaalne (kartulimugulate kuju seega ovaalne). Nagu geenide kombinatsioonist ja valemist *PvOü* näha, on F_1 esindajad kõik segaverelised ehk heterosügootsed. Nende taimede sugurakkudes esinevad pärast kromosoomide taandumist värvuse ja vormi geenid mõlemal sugupoolel järgmises neljas kombinatsioonis: *PO*, *Pü*, *vO* ja *vü*. Sugutumisel need geenide paarikud võivad anda 16 kombinatsiooni, nagu seda näeme järgnevas tabelis (♀ = emassugurakkude geenid, ♂ — isassugurakkude omad):

♀ \ ♂	*PO*	*Pü*	*vO*	*vü*
PO	*PPOO*	*PPOü*	*PvOO*	*PvOü*
Pü	*PPOü*	*PPüü*	*PvOü*	*Pvüü*
vO	*PvOO*	*PvOü*	*vvOO*	*vvOü*
vü	*PvOü*	*Pvüü*	*vvOü*	*vvüü*

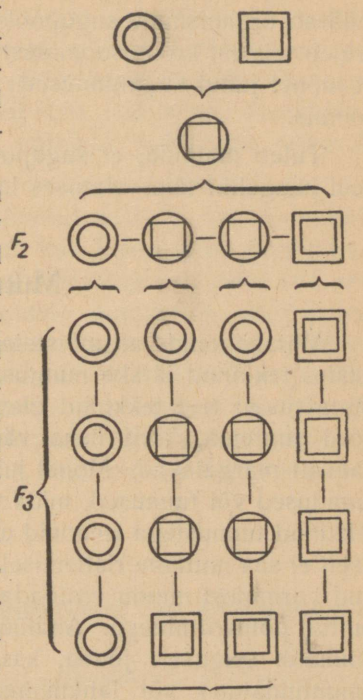
Seda tabelit silmitsedes leiame siit 4 puhtaverelist ehk homosügootset geenide kombinatsiooni 16 hulgas: need on asetunud diagonaali suunas vasemalt ülalt paremale alla — *PPOO* (punane ja ovaalne), *PPüü* (punane ja ümmargune), *vvOO* (valge ja ovaalne) ja *vvüü* (valge ja ümmargune). Nendest on esimene ja viimane täiesti uued, kuna keskmised (punane ja ümmargune ning valge ja ovaalne) on algsed ristlemissordid. Kõik teised 12 kombinatsiooni on segaverelised ehk heterosügoodid ning ebastabiilsed. Seega — kuigi F_2-s on punase koorega ja ovaalse kujuga kartuleid 9 osa — on nende hulgas üksainus puhtavereline kombinatsioon, mis samasugusega ristlemisel annab endataolisi järglasi. Kõikide teiste ristlemisel toimub tunnuste lahknemine.

Selle näite analüüsist selgub aga ühtlasi väga oluline tõik: ristsugutamise tagajärjel võivad tekkida geenide kombinatsioonide tõttu uute puhtavere-

liste ja konstantsete tunnustega järglased, s. o. uued sordid või uued tõud.

Teadlik sordi- ja tõuaretus on võimalik siis, kui tuntakse hästi tõuloomade või sorditaimede omadusi ning osatakse nende omaduste kombinatsioone ette aimata, s. o. koostada ja lugeda pärilikkusvalemeid. Mendeli pärilikkusreeglite abil on taimede ja loomade aretamine inimese poolt muutunud kindlas suunas juhitavaks tegevuseks.

Kahe erineva tunnuse puhul on kombinatsioonide maksimaalne arv geenidel 16, kolme tunnuse puhul aga 64 jne. Mida suurem arv on tunnuseid, seda suuremaks muutuvad kombinatsioonide võimalused ja seda raskem on konstrueerida pärilikkusvalemeid ning -tabeleid ja saada nendest ülevaadet. Pealegi esinevad veel mitmesugused kõrvalekaldumised pärilikkusreeglitest, mis muudavad asja aina keerulisemaks.



Joon. 27. Ristlemisel saadavad värrad ja nende järglased kuni kolmanda põlveni (F_3).

Sugupoolte kujunemine organismidel. Enamik loomi ja väike osa taimi on lahksugulised. Kui toimub lahksuguliste organismide sugurakkude liitumine, siis millist sugu on sugutatud munast tekkinud järglane? See küsimus pole mitte üksnes teoreetilise, vaid ka suure praktilise tähtsusega.

Rohkearvulistest uurimistest on selgunud, et sugupoolte tunnused pole midagi muud kui tavalised organismide erinevustunnused ja et nad samuti alluvad Mendeli reeglitele. On selgitatud, et inimese ja imetajate emaloomad on sugulise tunnuse poolest heterosügootsed, isasorganismid aga homosügootsed. Putukatel puudub seesugune reeglipärasus; suuremal enamikul on emaputukad sugutunnuse poolest heterosügootsed, isased — homo-

sügootsed, kuid leidub ka hulk erinevusi. Lindudel on emastunnused heterosügootsed, isastunnused — homosügootsed. Taimedel on leitud emastunnus olevat retsessiivne ja homosügootne, isastunnus — heterosügootne.

Peale selle on aga veel tähele pandud, et paljudel juhtudel määrab organismide sugupoole nn. h e t e r o k r o m o s o o m, mis erineb teistest kromosoomidest nii suuruselt kui kujult. Arvatakse, et mõnel juhul sugutunnused asetsevad selles eri kujuga kromosoomis.

Tuleb mainida, et sugupoolte määramise küsimus pole siiski veel kaugeltki täies ulatuses lahendamist leidnud.

Mutatsioonid.

Mutatsioonide all mõistetakse organismide omadustes või tunnustes tekkinud järske muutusi, mis on edasipäritavad järglastele. Mutatsiooni teel tekkinud olevate tunnuste muutused võivad olla kord suurema, kord üsna väikese ulatusega ning mõnikord ka vaevalt märgatavad. Mõnel juhul aga võivad tekkida hoopis uued omadused või tunnused, mida vanematel polegi. Seesuguseid äkki tekkinud tunnustega isendeid nimetatakse m u t a n t i d e k s. Sisuliselt ei saa mutante ristlemisel geenide kombinatsiooni tõttu tekkinud vormidest muidu eraldada kui paaritades neid isekeskis ja tuntud põhivormidega. Analüüsides ristlemisel saadud järglasi, on võimalik selgusele jõuda, kas uus tunnus andub edasi puhtana (muutumatult) või lahknemisega (Mendeli teise reegli järgi): esimesel korral on tegemist mutandiga, teisel juhul aga kombinatsiooninähtusega.

Mutatsiooni mõiste haarab väga paljusid ja sisult erinevaid pärilikkude nähtuste muutumisi. T a i m e d e puhul esinevad mutatsiooninähtused õite ehituses, kujus ja värvuses, lehtede kujus ning värvuses, võrade kujus (püramiid-, kera- ja leinavormid), viljade kujus ja värvuses jne. Nii on arvatavasti mutatsiooni teel tekkinud arvutu hulk daaliate õisikute vorme lihtõisikulisest algvormist (kaktus-, kera-, dekoratiiv-, vesiroos-, kraega, pompoondaaliad jt.), hulk lõvilõugade eri sorte, mis erinevad nii õite kujult kui värvuselt, punaselehelised, kirjulehelised, vöödiliste lehtedega jt. ilupuude ning -põõsaste sordid. Mutantidel on leitud mitmel

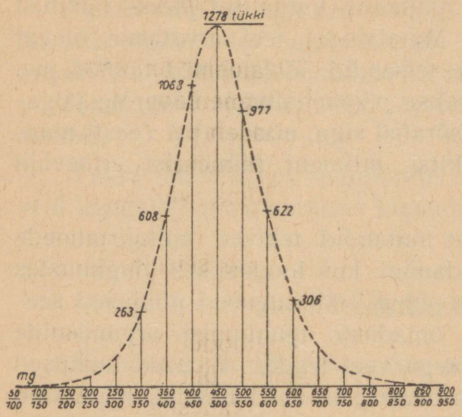
korral normaalsest arvust erinevat kromosoomide hulka (*Oenothera Lamarckiana*'l kui põhiliigil on vegetatiivsetes rakkudes 14 kromosoomi, temast tekkinud mutandil *Oenothera gigas*'el aga 28, s. o. 2 korda rohkem). Mõnel juhul on mutandid osutunud haigus- ja mürgikindlaiks, on näidanud toitumisel järske muutusi (alamad seened, bakterid). Mutatsiooni teel arvatakse olevat tekkinud täidisõielised taimede teisendid, lõhislehised taimed jne. Loomade mutantideks peetakse pikakehalist ja kõverate jalgadega „ankoona" lammast, ühesõralisi sigu, nudipealisi (eesti maatõugu) veiseid, neljasarvelisi kitsi, mitmeid põhiliigist erinevaid putukate alamliike jne.

Üldse on tähele pandud, et mutandid tekivad kultuurtaimede ja koduloomade hulgas sagedamini kui looduslikes tingimustes kasvavate taimede ja loomade puhul. Missugused põhjused seesuguseid järske tunnuste ja omaduste muutumisi organismide juures esile kutsuvad, pole praegu veel teada. Et need tunnused on päritavad järglastele, tuleb arvata, et need muutused peaksid olema tekkinud geenides. Mõjustades organisme nende sugurakkude valmimise momendil mitmesuguste vahenditega (temperatuuriga, kiirtega, raputamisega jne.), on õnnestunud kunstlikult mutante tekitada.

Variatsioonid, geenide kombinatsioonid ja mutatsioonid.

Kui kaks ühesugust olest satuvad erinevatesse kasvutingimustesse, siis nad kasvavad ja arenevad erinevalt. Nii tekivad ühtedest ja samadest seemnetest niiskes ja kuivas mullas hoopis erinevad taimed, erisugustes toitumistingimustes arenevad ühe loomapaari järglased välimuselt suuresti lahkuminevaiks. Kui võtta suurem hulk ühte liiki kuuluvaid taimi või loomi ja võrrelda neid suuruselt, siis näeme nende vahel rohket varieerumist, kusjuures keskmise suurusega isendeid esineb arvuliselt kõige rohkem. Organismide varieerumine väliste tegurite mõjul toimub variatsioonikõvera järgi. Sortides mõne taime, näit. nisu või aedoa, seemned nende suuruse või kaalu järgi, saame alati tüüpilise variatsioonikõvera. Kui külvame aga valitud seemnetest mulda kõige suuremad ja kõige väiksemad ning kasvatame neid ühesugustes tingimustes, siis on nendest kasvavad taimed enam-vähem ühesuurused, samuti

nende taimede seemned, kusjuures kõikumised suuruses esinevad endises ulatuses variatsioonikõvera piirides. Siit näeme, et välistingimustest põhjustatavad muutused organismide või nende osade suuruses p o l e p ä r i t a v a d. Variatsiooni teel ei teki uusi kindlate päritavate omaduste ja tunnustega vorme.



Joon. 28. O a s e e m n e t e v a r i a t s i o o n i k õ v e r. Püstteljel — seemnete hulk, ristteljel — seemnete kaal mg-des.

Ristlemisel saadavad geenide uute kombinatsioonide põhjal tekkinud uued puhtaverelised ehk homosügootsed tunnused on aga päritavad, samuti ka mutatsioonil tekkinud uued omadused ja tunnused. Selles ongi suur sisuline vahe ühelt poolt variatsioonivormide ja teiselt poolt kombinatsioonining mutatsioonivormide vahel. Välise kuju järgi üksi pole võimalik eraldada variatsiooni-, geenide kombinatsiooni- ja mutatsioonivorme üksteisest, küll aga katselise ristsugutamise ja tunnuste üksikasjaliku analüüsi teel.

Uute vormide tekkimise seisukohalt on tähtsad geenide kombinatsiooni- ja mutatsioonivormid, mis viisil tekivad uued organismide teisendid ja alamliigid.

Pärilikkus ja inimene.

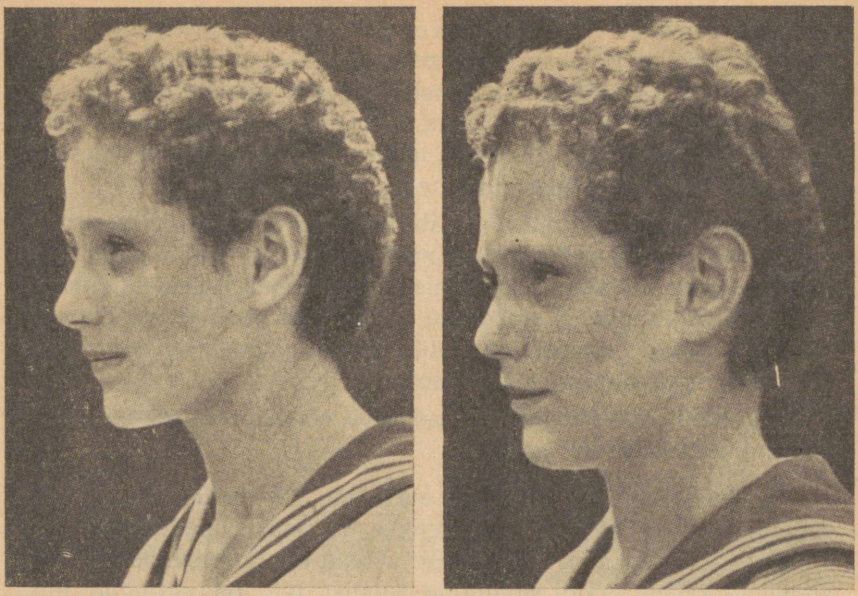
Missugust tähtsust omab pärilikkus taime- ja loomakasvatuses ning eriti uute sortide ja tõugude aretamisel, sellega tutvusime eelmistel lehekülgedel. Tekib küsimus, kas niisugused pärilikkusnähtused esinevad ka inimeste juures ja kas inimeste kohta on maksvad Mendeli pärilikkusreeglid? — Need küsimused on õigustatud seepärast, et mõned poliitilised voolud on alates Prantsuse revolutsiooni päevist kõik aeg toonitanud inimeste võrdsust (s. o. seesmist ehk vaimset ühevääsust); nende poliitikute arvates on erinevuse põhjuseks inimeste juures välised elutingimused ja eba-

ühtlased sotsiaalsed olud. Ka eelmise sajandi pedagoogid kinnitasid, et kõik kooliõpilased (resp. lapsed) on ühesugused ja kool võib nendest kasvatuse kaudu teha, mis ta aga soovib: laps on nagu pehme vaha kasvataja kätes, millest võib modelleerida soovitava kuju, ning et lapse vaim on nagu puhas leht, millele võidakse kirjutada seda, mida kasvataja heaks arvab.

Pärilikkusõpetus aga kinnitab, et iga organismi omadused on fikseeritud sugurakkudes ning et need antakse vanemate poolt edasi järglastele kindlal kujul. Pärilikkusreeglite kohaselt peaksid inimese kehalised ja vaimsedki omadused olema igal inimesel sündimisest saadik kaasas; inimese genotüüp peaks jääma väliskeskkonna mõjudest puutumatuks, muutmatuks.

Mis viisil on võimalik tõestada ühe või teise seisukoha kehtivust inimese suhtes?

Ühemunarakuliste kaksikute uurimine. Eeltoodud seisukohtade selgitamisel on andnud väärtuslikke tulemusi ühemunarakuliste inimkaksikute uurimine. Kaksikud võivad olla kahesugused: ühed arenevad kahest eraldi sugutatud munast, mis on sattunud üheaegselt emakasse. Niisugused kaksikud on välisilmelt kui ka vaimuomadustelt teineteisest erinevad, enamasti kumbki koguni eri sugu. Seevastu tekivad ühemunarakulised kaksikud ühestainsast sugutatud munast selle esimesel lõigustumisel (pooldumisel), mil mõlemad rakupoolmed seniselgitamatuil põhjusil teineteisest eralduvad ning lahus edasi arenevad. Ühemunarakulised kaksikud on alati sama sugu ja väliskujult kui ka vaimuomadustelt teineteisega väga sarnased, sageli koguni sel määral, et neid ei suudeta teineteisest eraldada. Koguni nende näppude jäljendid, häälekõla, kõnnak, huvid, vaimuanded, kalduvused (nii head kui halvad) on ühesugused. Paljud ühemunarakulised kaksikud haigustuvad üheaegselt ühte ja samasse tõppe jne. Seega on sarnasus mainitud kaksikute vahel palju suurem kui tavaliste perekonnaliikmete vahel. Kui nüüd niisugused kaksikud noorelt teineteisest eraldada ja paigutada erinevaisse elutingimustesse, siis selgub, et nad jäävad ikkagi teineteisega sarnaseiks, vaatamata ümbruskonna, toitumise ja kommete erinevusele. Siit selgub, et inimese nii kehalised kui vaimsed omadused on pärilikult fikseeritud ja väliskeskkond ei suuda neid omadusi põhjalikult ümber muuta. Nagu ühemunarakuliste kaksikute uurimine on selgitanud, võivad eeskujud (olgu head või halvad), soodsad või ebasoodsad



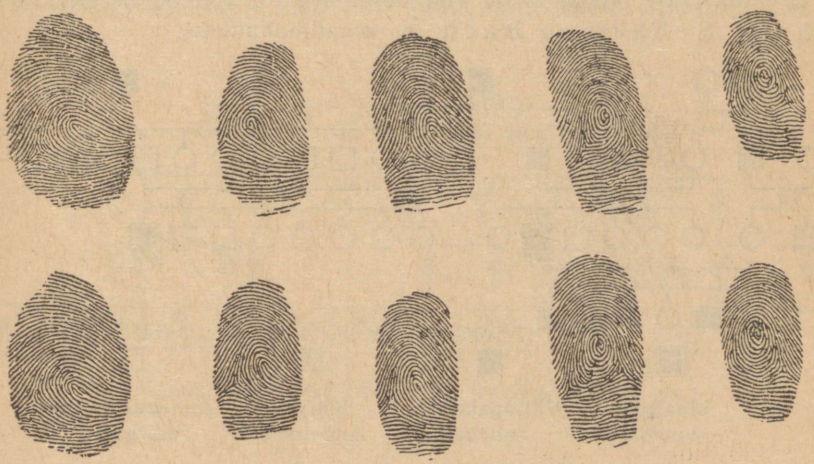
Joon. 29. Ühemunarakulised kaksikvennad.

elutingimused teatava piirini pehmendada või tugevdada päritud omadusi, mitte aga neid täielikult ümber muuta. Ka isiklik tahe suudab pidurdada halbu kalduvusi.

Ühemunarakuliste kaksikute uurimine on aidanud selgitada palju pärilikult kaheldavaid nähtusi, näit. haiguste päritavust. Sel teel on suudetud kindlaks teha, et nakkushaigused pole päritavad, küll aga organismi võime ühele või teisele tõvele vastu panna. Mõned kaksikud on teatavate nakkushaiguste vastu ühtemoodi immuunsed, teiste suhtes aga võrdsel viisil vastuvõtlikud.

Et kõik omadused esinevad inimestel (samuti ka loomadel) teatavais võnkumispiirides, missuguseid võnkumisi võivad välised elutingimused kord suurendada, kord vähendada, siis sellest selguvad ka ümbruskonna ja kasvatuse mõjupiirid päritud omadustele. Ümbruskond ja kasvatus ei suuda päritud omadusi ega tunnuseid täielikult ümber muuta, küll aga nende avaldusi kas tugevamini või nõrgemini esile tõsta. Seega jääb kasvatusele ja enesekasvatusele isiksuse kujunemisel väga väärikas koht.

Kehalist tublidust on võimalik ratsionaalse eluviisiga, tööga, spordiga, matkamisega sihikindlalt tõsta ning sellega päritud kehalisi nõrkusi parandada. Järjekindla harjutamisega suudetakse tõsta ühe kui teise elundi töövõimet, ka ajude oma. Sel viisil võivad keskpäraste eeldustega inimestest kujuneda keskmisi kaugelt ületavate võimetega inimesed ning tublid töömehed omal alal, nagu seda elus üsna sageli võib tähele panna. Teiselt poolt pole aga millegagi põhjendatud alaväärtusliku keha- ja vaimuannete kompleksiga inimeste saamatuse ja elus mitte edasijõudmise puhul süü

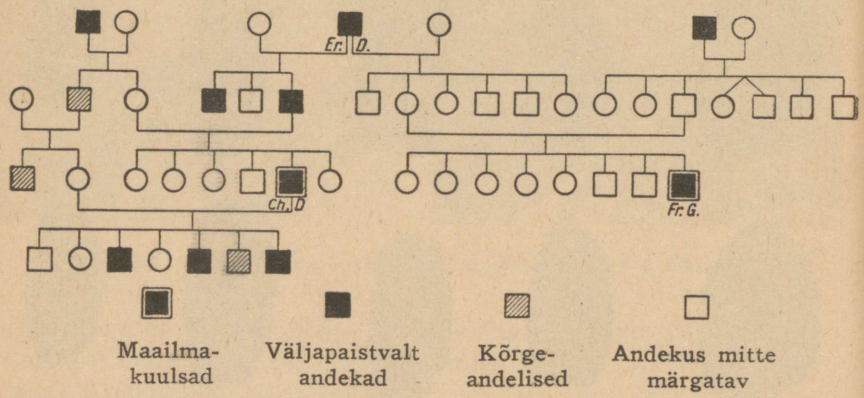


Joon. 30. Ühemunarakuliste kaksikute sõrmejäljendid.

veeretamine teistele kaaskodanikele, sotsiaalsetele oludele jne. Niisugused nõrgad inimesed ei suuda ka kõige paremates oludes edasi jõuda ega midagi väärtuslikku luua, vaid nad jäävad hädaldajaiks ja käpardeiks igas olukorras.

Andekuse ja haiguste pärilikkusest. Vaimuomaduste uurimine on mitmeti raskem kui kehaliste omaduste tundmaõppimine. Kehalised omadused on enamikus määratavad ühe geeniga ning tunnus on eraldatav, olgu see nõrgalt või tugevasti esitatud. Vaimseid võimeid saab aga jälgida alles siis, kui need keskpäraseid võimeid tunduvalt ületavad, olgu need võimed siis teaduse, muusika, kirjanduse või mõne muu kunsti alalt. Andekuse uurimisel on kasutatud ühemunarakuliste kaksikute, veel rohkem aga *sugu-võsade uurimismeetodit*. Viimase kaudu on selgunud,

et väljapaistvad vaimusuurused teaduse ja kunsti alal on omanud alati samade vaimuvõimetega vanemaid, esivanemaid või sugulasi ning ka nende laste või lastelaste hulgas on leidunud andekaid. Olgu selles mõttes mainitud kuulsa loodusteadlase Ch. Darwini suguvõsa; Ch. Darwini vanaisa oli silmapaistev loodusteadlane (Erasmus Darwin), Darwini isa ja onu samuti ning Darwini viiest pojast neli väljapaistvat teadusmeest. Maalikunstniku Tiziani perekonnast on arenenud 9 maalijat. Muusikalise andekuse poolest on kuulus Bachi suguvõsa, kus seitsmes sugupõlves esinevad väljapaistvate muusikaliste võimetega isikud, kellede hulgas Johann Sebastian Bach on maailmakuulsus.



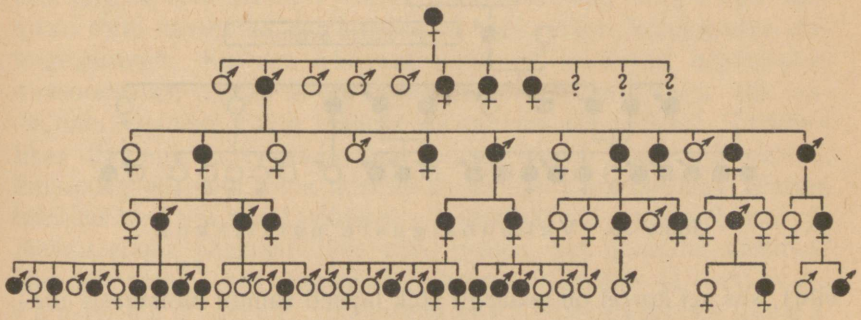
Joon. 31. Ch. Darwini suguvõsa.

Need asjaolud kinnitavad, et vaimuanded on päritavad samuti nagu kehalised omadused ja et nende arenemiseks on tarvilikud vastavad geenid.

Suguvõsade uurimise kaudu on suudetud selgitada ka paljude haiguste, õigemini kehaliste ja vaimsete ebanormaalsuste päritavust. Kui andekus on positiivne tunnus, siis kehalised ja vaimuvead on negatiivsed nähtused, mis takistavad inimkultuuri arenemist. Ja kui need on pärilikkuse teel edasiantavad, siis peab iga kodanik enne abiellumist saama teadlikuks teise abielupoole päriliku kaasavara väärtuses, et hoiduda alaväärtuslikkude järglaste soetamisest. Siin tuleb tähendada, et retsessiivsed tunnused ei tarvitse sugugi avalikult silma paista: need võivad esineda peidetud kujul väliselt tervel inimesel. Kui üks abikaasadest on täiesti terve ja teatavast retsessiivselt esinevast veast vaba, siis järglased

võivad olla samuti terved. Kui aga kokku satuvad kaks poolt ühe ja sama retsessiivselt esineva omadusega, tuleb see tunnus (antud juhul kehaline või vaimne ebanormaalsus) ilmsiks laste juures. Tekib kellelgi mõne retsessiivselt esineva tõve kohta kahtlus, siis tuleb seda püüda selgitada suguvõsa uurimise kaudu. Domineerivalt esinevad vead seevastu on alati märgatavad.

Nagu eespool tähendatud, on uurimiste kaudu selgitatud, et raskemad inimsoo tõved — t i i s i k u s ja s ü ü f i l i s — pole päritavad. On enesestmõistetav, et neid haigusi põdevad isikud ei tohi abielluda; abielluda aga võivad mainitud haigusi põdenud ja tervistunud isikud. Viimasel juhul tuleb teada, et süüfilis võib



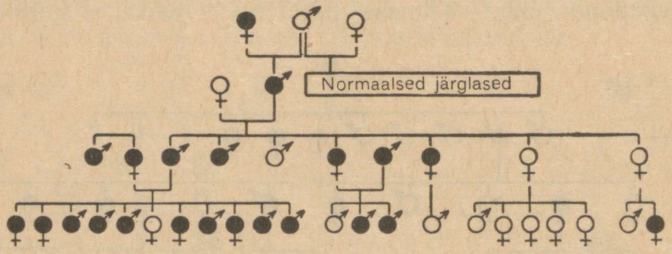
Joon. 32. L ü h i s õ r m s u s e p ä r i l i k k u s.

näiliselt paranenud olla, kuid ta võib veel paljude aastate pärast uuesti ilmneda. Teiseks võib see haigus olla rikkunud suguelundeid, mispuhul abielu võib kujuneda lastetuks. — Päritav pole ka k u r t t u m m u s.

Päritav on organismi vastuvõtlikkus mõningaile nakkushaigustele, muu hulgas ka tiisikusele. Edasi on päritavad mitmed k e h a l i s e d e b a n o r m a a l s u s e d, nagu lühisõrmsus (ühenduses tavaliselt ka lühikasvuga), paljusõrmsus, jänesemokk (lõhega ülemine huul), puusade kitsus, alalõua etteulatuvus, ebareeglipärane hammaste asetumine, kääbuskasv jt. Ka kalduvus lämpjalgsusele, küürakusele võib olla päritav. Teiselt poolt aga on teada juhtumeid, kus mitmed nimetatud kehalised ebanormaalsused on tekkinud ü h e l ainumunarakulisist kaksikuist, teisel aga mitte, millest tuleb järeldada, et need ebanormaalsused võivad tekkida ka mittepärilikel põhjusil.

Edasi on päritavad lühinägelisus, videvikupimedus, värvipimedus (eriti punase-rohelise-pimedus), reumaatilised nähtused, rahhiit, suhkurtõbi (võib aga tekkida ka alkoholi liigtarvitamise ja ebaratsionaalse toitumise tagajärjel), veritsus-, vähktõbi jt.

Vaimuhaigused — nõdrameelsus ja lollakus (totrus) — võivad tekkida süüfilise ja alkoholismi mõjul, ent vähemalt $^1/_3$ vaimuhaigusnähtusi on päritud. Kui mõlemad vanemad on vaimuhaiged (mis on sage nähtus, sest terved vaimuhaigetega tavaliselt ei abi-



Joon. 33. Vaimuhaiguste pärilikkus.

ellu), siis sel korral on peaaegu kõik lapsed samuti mõistuselt ebanormaalsed. Mõnevõrra liginevad vaimuhaigustele ka kurikalduvused.

Siit selgub, et pärida võib nii head kui halba. Pärilikkuse kaudu võib rahva väärtust tõsta, võib seda aga ka vähendada. Pärivusteaduse ellurakendamisega ning määruste avaldamisega, mis reguleerivad abiellumist, keelavad teatavatel isikutel abiellumise või järglaste soetamise (kurikalduvustega isikute sterilisatsioon), on võimalik tagasi hoida alaväärtusliku elemendi sigimist ja seega parandada ning järkjärguliselt tõsta rahva kehalisi kui ka vaimseid võimeid.

Looduslik ja kunstlik suguvalik.

Looduslik põimendus, selektsioon ehk valik. Nagu eespool selgitatud, toimuvad looduses nii taime- kui loomariigis alati mitmesuguste tunnuste muutused; ühed nendest muutustest on ebapüsivad ning järglastele mitte edasiantavad, teised aga päritavad. Nii leidub metsas ja teede ääres siniseõieliste kellukate hulgas sageli valgeõielisi. Hõberebane on hariliku rebase teisend,

arvatavasti mutant, ja mitte iseseisev liik. Mustade vareste hulgas võib hoolas vaatleja leida erinevaid vorme jne.

Seesugused muutused ei tarvitse esineda üksnes organismide morfoloogilistes tunnustes, vaid ka füsioloogilistes toimingutes ja võimetes. Nii näiteks võib tekkida mõnel taimel või selle idandil suurem vastupidavus külmale või põuale, mõnel loomal — teravam haistmine, mis võimaldab paremini ära tunda mürgiseid taimi jne. Kui tekkinud uued tunnused, omadused või toimingute võimed soodustavad organismi olelust antud elutingimustes, on temale kasulikud, siis sellel organismil on paremusi teiste endasarnaste ees ning ta võib seetõttu hakata rohkem levima. Ta on uute tunnuste tõttu muutunud enam sobivaks ehk enam kohanenuks elutingimustega. Kui aga tekkinud muutused osutuvad organismile ebasoodsaiks, teevad ta elu antud olukorras raskemaks, siis niisugune organism hävib lühema või pikema aja jooksul. Looduslikes tingimustes ei arene iga seeme, idand, muna või vastne, linnupoeg või noor loom täiskasvanuks ega anna järglasi. Paljud hävivad ühel või teisel põhjusel. Paljud jäävad aga ka elama. Ja jäävad elama enamasti ikka need olesed, kes paremini vastavad elutingimustele, kes suudavad teistega võistelda ja *lepivad vähemaga ning halvemate elutingimustega*. Antud elutingimustele enam vastavate ehk elutingimustega paremini kohanenud organismide püsimajäämist nimetatakse *looduslikuks põimenduseks, selektsiooniks ehk valikuks*. See valik toimub kindla sihita. Mõni sobiv juhus võib siin suure tähtsusega olla.

Kunstlik suguvalik. Moodsas taime- ja loomakasvatuses taimesortide ja loomatõugude aretamisel toimib inimene kindla kava järgi. Koduloomade kasvatamisel valitakse suguloomadeks ainult neid, kes omavad kasvataja soovidele vastavaid omadusi. Niisuguste vanemate järglased analüüsitakse ja kaalutakse soovitavate omaduste ja tunnuste poolest uuesti põhjalikult läbi; nendest valitakse suguloomadeks jällegi kõige paremad, kuna teised kõrvaldatakse. Kui nii on valikristlemisi teostatud järjest mitme põlvkonnaga, siis on kujunenud kindlaks vastavate omadustega loomatõug, mida hoitakse puhtana ja paaritatakse sama tõu valikesindajatega. Sedasi ongi kujundatud arvurikkad veiste, hobuste, lammaste, koerte, kanade, kodujäneste, partide, hanede, tuvide jne. tõud.

Kultuurtaimede sorte aretatakse ka samal viisil, s. o. sihikindla valiku ja ristsugutamise teel, kuni on kujunenud soovitavate omadustega taimesort, mida sordisisese risttolmutamise või isetolmutamise teel paljundatakse. Niisugused on meie tali- ja suviviljade, köögiviljade ja lillede sordid, mis on seemneehtsad ja mida saab seemnetega paljundada. Teisiti on lood viljapuudega. Need pole enamasti homosügootsed ehk puhtaverelised, vaid heterosügootsed värrad, mis seemnetega paljundamise korral ei anna kunagi emataimega võrdse väärtusega järglasi. Et viljapuude sorte alal hoida, tuleb neid vegetatiivsel teel paljundada — enamasti vääristamisega. Kuid viljapuude aretamine ja uute sortide tuletamine toimub ikkagi sihikindla sugumaterjali valiku ja ristlemise teel. Siin jõutakse aga väga harva välja seemnekindlate puhtate sortideni; enamasti jõuab aretamine vaid niikaugele, et saavutatakse soovitavad puuvilja omadused enam-vähem ning siit edasi toimetatakse saadud sordi paljundamist juba vegetatiivsel teel. Niimoodi aretatakse ja paljundatakse õuna-, pirni-, ploomi- ja kirsipuude, marjapõõsaste, maasikate jt. sorte. Mis puutub ilupuude ja -põõsaste sortidesse, siis on siin — nagu eespool mainitud — paljudel juhtudel tegemist mutantidega, mis looduslikes tingimustes pole alati elujõulised, sest nad ei kanna elujõulisi seemneid. Seesuguseid sorte hoitakse alal ja paljundatakse vegetatiivsel teel. Siia kuuluvad kirjulehised tammed, kera- ja leinasaared, punalehine sarapuu, paljud elupuude vormid jne. Mõned ilupuude ja -põõsaste teisendid on elujõulised ja kannavad vilja, nagu püramiidtamm, punalehine pöökpuu jt. Kuid seemnetest kasvatatud järglased lahknevad neil ning vaid väike osa (kuni 25%) järglasi on vanemate omadustega: moodustavad püramiidvõra (tamm) või on punalehised (pöökpuu). See nähtus on seletatav looduses teostuva risttolmlemisega püramiid- ja hariliku tamme, punalehise ja rohelise pöökpuu vahel.

Järglaste eest hoolitsemine loomariigis.

Alamate loomade juures pole märgata mingit hoolitsemist järglaste eest. Need heidavad oma sugurakud vette ega tea nende edaspidisest saatusest midagi. Lihtsamaks vormiks järglaste eest hoolitsemisel on see, kui loomad munevad munad limast või mõnest muust ainest k a i t s e k o t i k e s s e. Niisugust nähtust võime

tähele panna mõningatel meritähtedel, merisiilikutel, rõngussidel, vähkidel, kaladel, kärnkonnadel, konnadel jt. Mõnedel limustel arenevad munad lõpuslehtede vahel ning kantakse emaloomaga ühes, kuigi seda tehakse ebateadlikult. Õige suur hulk putukaid muneb oma munad kaitstud kohtadesse: koorepragudesse, mulda, kivikeste alla jne. Hoopis kõrgemaks hooldamisastmeks aga tuleb pidada seda, kui putukad munevad munad seesugustele esemetele (taimelehtedele) või ainetesse (käguvaablane ja raisamardikas munevad oma munad — esimene liblika röövikusse, teine — loomade laipadesse), mida munadest koorunud vastsed tarvitavad toiduks. Siinjuures olgu märgitud, et raisamardikad kaevavad loomalaibad, kuhu nad on munenud, mulla alla, kus roiskumine toimub aeglasemalt ja mitte varemini, kui vastsed munadest on välja koorunud. Munetiga varustatud putukad, nagu rohutirtsud, heinaritsikad jt., munevad munad mulda, kus need päikese- ja mullasoojuses välja hautakse.

Ühiskondlikud putukad hoolitsevad oma järglaste eest sel teel, et toidavad neid valitud toiduga, kuni need saavad täiskasvanuiks (mesilased, sipelgad, termiidid).

Kahepaiksetest kannavad mõned konnalised sugutatud munasid enesega kaasas, kusjuures kandjaiks on sageli isaloomad. Ameerikas elutsev kahepaikne *Pipa americana* asetab munad oma laiale seljale, mis sel puhul muutub muredaks: munad vajuvad muredasse koesse ja hauduvad seal kehasoojuses. Kaladest kannavad merihobuke ja merinõel sugutatud munasid oma keha nahavoldis (isaloomad). Peaaegu igal pool meie vetes elutsevate ogalike isaloomad aga ehitavad koguni pesad munade haudumiseks; nad meelitavad emaloomad pessa ja kui need on kudenud, kihutavad viimased sealt minema, valvates pesa emaogalike eest, kes meeleldi oma mune söövad, ning juhtides uimete liigutustega pessa värsket vett üle munade.

Lindudel on järglaste eest hoolitsemine jõudnud veelgi kõrgemale astmele. Linnud ehitavad munade haudumiseks ja poegade kasvatamiseks pesad. Väikeste laululindude pesad on ehitatud pehmest ja õhurikkast ainesest, nagu samblast ja sulgedest, mis on halvad soojusejuhid. Munadest väljahautud poegi toidetakse kuni täiskasvanuks saamiseni ja õpetatakse neid pärast pesast lahkumist lendama ning hiljemini toitu püüdma.

Imetajad toidavad poegi pärast sündimist emapiimaga; poegade kaitseks ehitavad paljud loomad pesi varjatud kohtadesse: maa alla, koobastesse (mäger, rebane, kobras), kaitsevad poegi ja õpetavad neid toitu hankima.

3. Ärritatavus ja liikumine.

Iga väliskeskkonna faktor või selle muutus võib elusoleseid nõnda mõjustada, et organism sellele oma elutoimetega reageerib. Kõik niisugused välismõjud, milledele organismid vastavad (kostavad) oma elutalituste muutmistega, on ärritused. Organismide võimet välisärritustele reageerida ehk kosta nimetatakse organismide ärritatavuseks. Kui keegi torkab nõelaga näppu, siis tõmbuvad näpulihased kokku. Antud juhul on mehhaaniline nõelatorge ärritus ning näpulihaste kokkutõmbumine — organismi reageerimine sellele.

Iga elusrakk on ärritatav, kusjuures ärritustele reageerijaks on plasma. Rakuplasma reageerib temperatuuri, valguse, niiskuse, rõhu, toiteainete jt. muutustele. Milline on rakuplasma reageerimisviis välisärritustele, seda on raske seletada.

Elusolesed reageerivad aga välisärritustele enamasti liigutustega, mis silmaga nähtavad. Välisärrituste kõrval esinevad siin ka siseärritused.

Ainuraksete oleste ärritatavus.

Vabalt liikuvad ainuraksed veetaimed ja -loomad reageerivad ärritustele enam-vähem ühteviisi. Tuleb aga silmas pidada, et iga ärritus peab olema vastava tugevusega, kui ta suudab reaktsiooni esile kutsuda. Kui ärritus on liiga nõrk (allpool ärritatavuse künnist), ei järgne sellele mingit reaktsiooni. Teiseks peab plasma olema ärritust vastuvõtuvõimelises olukorras. Paljudel juhtudel plasma võib olla ajutiselt kaotanud ärrituse vastuvõtuvõi sellele reageerimise võime, näit. mürgiste ainete, hapnikupuuduse, ebasobiva temperatuuri, vigastuste jne. tõttu.

Kõige kergem on jälgida ärrituste mõju ainuraksetele organismidele siis, kui ärritused mõjuvad ühes kindlas suunas. Ühekülgse ehk -suunalise ärrituse puhul ainuraksed taimed ja loomad liiguvad vees ujudes kas ärritus-

allika suunas või sellest eemale. Niisuguseid ärrituste mõjul toimuvaid suundliikumisi nimetatakse taksisteks.

Kemotaksis ehk liikumine keemiliste ärrituste suunas. Siin tuleb kõigepealt mainida ainuraksete veeorganismide liikumist hapnikurikkama keskkonna poole. Seesugune liikumine on hästi jälgitav klorofüllivabade taimede (bakterite) ja kõikide ainuraksete loomade juures, kes vajavad hingamiseks hapnikku; rohelised vetikad aga eritavad valguse käes ise hapnikku. Mürgistest ainetest, nagu alkohol, kloroform, kanged happed, leelised jt., liiguvad aga ainuraksed eemale. Spermatozoidid liiguvad munarakkude suunas samuti nende keemiliste ainete mõjul, mida munarakud eritavad (sõnajalgsete munarakud eritavad näit. õunahapet, kollade munarakud — sidrunihapet, lehtsammalde munarakud suhkrut jne.). Kui aga spermatozoide mõjustada mainitud hapete kõrgema kontsentratsiooniga, siis liiguvad nad hapetest eemale. Seega võib ainuraksetel eristada kahesuguseid liikumissuundi keemiliste ärritajate suhtes: positiivset ja negatiivset.

Hüdrotaksis ehk liikumine niiskuse suunas esineb nii ainuraksetel taimedel kui loomadel, kui veekogud hakkavad kuivama või kui mikroskoobilises preparaadis vett kunstlikult vähendada. Liikumisi niiskuse suunas on hea jälgida limaseente juures: need liiguvad terve kogumikuna alati niiskusallika poole, näit. kändudel, ning kuivast kohast eemale.

Fototaksis ehk liikumine valguse suunas. Ainuraksed rohevetikad liiguvad alati valguse suunas, mis võimaldab neil süsiniku sarnastamist ja orgaaniliste toiteainete valmistamist. Ka purpurbakteritel esineb parastugevas valguses positiivne fototaksis. Paljude vetikate rändeosed on aga valguse suhtes ükskõiksed, samuti spermatozoidid. Ripsloomad põgenevad valgusest eemale (negatiivne fototaksis). Viburlaste „pigmentsilm" aitab otsida loomakesele parajat valgust.

Termotaksis ehk liikumine soojusärrituse mõjul. Optimaalse soojuse poole liiguvad nii ainuraksed taimed kui loomad (limaseened, viburvetikad, viburloomad, ripsloomad, amööbid jt.), kusjuures optimaalse temperatuuri ülemmääraks (sõltuvuses organismi liigist) on 24—33° C.

Galvanotaksis ehk liikumine positiivse või negatiivse elektripooluse suunas. Kui valmistada

mikroskoobiline preparaat polariseerimatute elektronidega, siis on võimalik jälgida ainuraksete liikumist püsivate elektripooluste suunas. Enamik ainurakseid liigub positiivse pooluse suunas (elusplasma on negatiivse elektrilaenguga). Kuid esinevad ka erandid.

Üldse tuleb aga tähendada, et positiivsed ärritusliikumised muutuvad kohe negatiivseiks, kui ärritus muutub liiga tugevaks. Niisugust positiivse suunaga liikumise muutumist negatiivseks ehk vastassuunaliseks on võimalik jälgida kemotaksise, fototaksise, termotaksise ja galvanotaksise puhul. Viimane nähtus on väga suure tähtsusega ainuraksete elus, sest see kiire ümberorienteerumine võimaldab neil päästa elu, mis liiga tugevate ärrituste mõjul hukkuks.

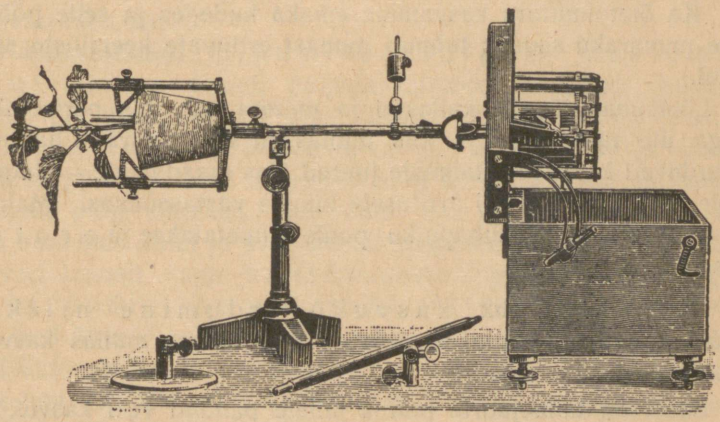
Paljuraksete taimede ärritatavus.

Paljuraksed taimed püsivad ühel kohal paigal. Neil pole võimalik reageerida välisärritustele liikumise ja kohamuutmisega, nagu seda nägime eespool ainuraksetel taimedel ja loomadel. Paljud inimesed kalduvad seetõttu arvama, et taimed üldse ärritusi ei tunnegi ja et neil tundlikkus ehk ärritatavus puudub. Siin tuleb silmas pidada eespool-öeldut, et ärritatav on alati ainult elusrakk või elusplasma. Paljuraksed ja eriti paljuaastased taimed koosnevad aga suures osas surnud rakkudest. Seesuguste taimede juures on ärritatavad ainult loovkoed ja elusrakkudest koosnevad osad, nagu juurte tipud, võrsete kasvavad tipud ja noored ning arenevad lehed. Eriti tundlikud on aga kõrgemate taimede idandid, mis koosnevad ainuüksi elusrakkudest.

Paljuraksed taimed reageerivad välisärritustele kasvuliikumistega. Ühekülgsete ehk kindlasuunaliste ärrituste mõjul toimuvaid kasvuliikumisi nimetatakse tropismideks. Viimastel on mõnevõrra sarnasust eespool-kirjeldatud taksistega, mis toimuvad samuti kindlasuunaliste ärrituste mõjul. Vahe taksiste ja tropismide vahel seisab selles, et esimesed on vabakujulised liikumised, teised aga kinnistunud taimeosade kasvuliikumised (kõverdumised).

Geotropism ehk kasvuliikumine raskustungi mõjul. Teatavasti kasvavad idandite ja taimede peajuured püstloodis alla mulda positiivse raskustungi ärrituse mõjul, varred aga vastassuunas üles õhku negatiivse raskustungi ärrituse mõjul.

Kui keerata taime juured või varred ristloodi, siis pöörduvad kasvavad juuretipud uuesti püstloodis alla ning varreladvad — püsti üles. Kui asetada aga potitaim ristloodis tiirlevale aparaadile (klinostaadile), siis kasvab taim edasi ristloodis, sest aparaadi tiirlemine takistab raskustungi ärritust mõjustamast ühesuunaliselt taime latva. Uuemal ajal on tõestatud, et juurte ja varte kasvuliikumised toimuvad kasvuhormooni (auksiini) toimel, kusjuures raskustung põhjustab hormooni liikumist, hormoon aga soodustab varre kasvu ning peatab juure kasvu. Raskustungi ärritus põhjustab ka vihma poolt mahalöödud viljakõrte uuesti püstiajamist.



Joon. 34. Katse tiirleval klinostaadil: taimelatv kasvab edasi ristloodis.

Fototropism ehk kasvuliikumised valgusärrituse toimel. Ühekülgse valgustuse puhul kõverduvad idandite ladvad valguse poole, samuti ka aknal kasvavate potitaimede lehed, varte tipud ja õiedki, vesikultuuris kasvatatavate taimede (näit. sinepitaime) varreladvad pöörduvad valgusallika poole, juurte tipud aga valgusallikast eemale. Viimasel juhul mõjub valgusärritus varrekasvule positiivselt, juurte kasvule aga negatiivselt. Ka fototroopiliste kõverduste suhtes on leitud, et nende põhjustajaiks on kasvuhormoon, mis valgusepoolsel varreküljel taimede kasvavates osades lagundub ning varjupoolses küljes alal hoidub; soodustades varjupoolse varrekülje kasvamist, sama hormoon takistab varjupoolse juurekülje kasvu.

Kemotropism ehk kasvukõverdused keemiliste ainete suunas. Keemiliste ainete ühekülgsel mõjul kõverduvad taimede osad, eriti juured ja parasiittaimede imijuured, kas ärritusainete poole (positiivne kemotropism) või nendest ainetest eemale (negatiivne kemotropism). Kemotroopilised kasvukõverdused omavad suuremat tähtsust seente ja parasiittaimede elus, aga ka mädarikseente puhul. Hallitusseened näit. ei arene igal toiteainete-lahusel, ka mitte moosil, millele on lisandatud konservivat ainet, soolatud kalal, lihal jne. Parasiitseentel on iga liik kohanenud vastava taimeliigiga või perekonnaga, mispuhul mõõtuandvaks teguriks on vastavate taimede rakumahla keemiline koostis. Ka õietolmutoru kasvamine emaka kudedes ja selle pöördumine munaraku suunas toimub munast erituvate keemiliste ainete mõjul.

Lõunamaa jõgede kallastel ja mererannal, mis perioodiliselt veega üle ujutatakse ja kus mullas on seetõttu vähe hapnikku, kõverduvad kasvavate taimede juured üles maapinnale — hapniku poole, s. o. raskustungi ärritusele hoopis vastassuunas. Mainitud kasvukõverdumist õhuhapniku poole nimetatakse aerotropismiks.

Hüdrotropism ehk kasvukõverdumine niiskuse suunas esineb taimede juurtel, mis kuivas mullas kasvades suunduvad niiskuse poole.

Edasi on taimejuurte juures tähele pandud veel kasvukõverdumisi soojuse (termotropismi), elektriärrituse (elektrotropismi) ja vigastuste (traumatotropismi) mõjul.

Tigmotropism ehk kõverdumine puudutuste mõjul esineb väänkasvudel, millede ladvad sooritavad „otsivaid liigutusi" ning puutudes mingi tugipunkti vastu, hakkavad selle tugieseme ümber keerdudes kasvama (humal, aeduba) või haaravad köitraagudega sellest kinni (hernes, koeranaeris).

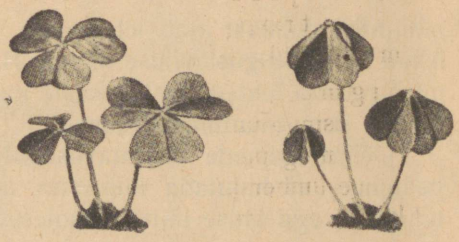
Peale kasvuliikumise nähtuste ühekülgsete ehk ühesuunaliste ärrituste mõjul esinevad taimedel veel kasvuliikumised hajunud (kindla suunata) ärrituste mõjul. Seesugused kasvukõverdumised esinevad aga ainult nendel elunditel, milledel on kaks poolt — alumine ja ülemine (dorsiventraalsed elundid), kusjuures kumbki külg või pool võib kasvada teisest erinevalt. Hajunud ärrituste muutustele taimed reageerivad aga alati ühel viisil ning ainult

ühesuguste lehtede või õielehtede kõverdumistega. Kasvuliikumisi hajunud ärrituste mõjul nimetatakse nastideks.

Termonastilised liikumised temperatuurimuutuste mõjul esinevad paljude taimede õiekatelehtedel. Kui tuua kevadel aiast tuppa suletud tulbi või krookuse õied, siis avanevad need soojas toas üsna kiiresti. Õite avanemise põhjuseks on õite katelehtede pealmiste külgede kiirem kasv soojuse toimel võrreldes alumiste külgede (poolte) kasvuga, milles kergesti võime veenduda, kui teeme kummagi katelehe küljele tušiga ühesuguse vahekaugusega kriipsud. Mõne aja pärast jõuavad aga alumised lehepooled ülemistele kasvukiiruses järele ja siis sulguvad õied uuesti.

Nüktonastilised liikumised valguse muutumise mõjul esinevad samuti paljude taimede õitel, mis sulguvad õhtuti või pilvise ja vihmase ilmaga. Valge vesiroosi, võilille, tulbi, võsaülase jt. taimede õied ja õisikud sulguvad päeva jooksul mõnikord mitu korda, kui ilm on muutlik ja pilves ning vihmane. Suur hulk nn. päeval õitsevaid taimi suleb oma õied õhtul ja avab uuesti hommikul. Seevastu aga öösi õitsevad taimed, nagu kaktus „öökuninganna", kuningakepid, ööõieline põisrohi, lilltubakas jt., avavad oma õied õhtuti; nende tolmutajaiks on surulised või ööliblikad.

Nüktonastilised liikumisnähtused esinevad veel paljude taimede lehtedel, mis võtavad õhtuti nn. ööseisangu, langedes enamasti longu. Liikumised toimuvad siin lehtede liigendrakkude turgori muutuse tagajärjel. Õine. lehtede seis esineb paljudel liblikõielistel (ristik, valge akaatsia, aeduba jt.), jänesekapsalistel (jänesekapsas), piimalillelistel (*Phyllanthus*) jt. taimedel.



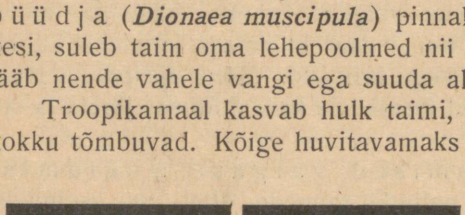
Joon. 35. Jänesekapsa lehtede seis: vasemal — päeval, paremal — öösi (nüktonastiline liikumine).

Seismonastilised liikumised puudutuste ja tõugete mõjul kuuluvad üldse kõige huvitavamate ja omapärasemate liikumisnähtuste hulka taimeriigis. Kui puudutada rukkilille tolmukaniite nende alumises osas, siis tõmbuvad need

kohe kõveraks, kusjuures emakasuue surub õietolmu tolmukate tolmukottidest kokkukasvanud torust välja. Kui puudutada kukerpuu tolmukaid, mis hoiduvad emakast eemale, siis tõukuvad need hoogsalt emakasuudme vastu ning raputavad sellele õietolmu. Kollase rändrassi emaka suudmelapid sulguvad puudutamisel jne.

Kui puudutada Põhja-Ameerika rabades kasvava kärbsepüüdja (*Dionaea muscipula*) pinnal esinevaid tundlikke karvakesi, suleb taim oma lehepoolmed nii ruttu, et puudutaja putukas jääb nende vahele vangi ega suuda alati ära lennata.

Troopikamaal kasvab hulk taimi, millede lehed puudutamisel kokku tõmbuvad. Kõige huvitavamaks ja tundlikumaks seesuguste hulgas on häbelik mimoos (*Mimosa pudica*), mis puudutamisel oma liitlehe osakesed vastamisi kokku surub ja terve lehe longu laseb. Seejuures toimuvad kõik liikumised kiirelt ning võib näha ärrituse edasiandumist mööda lehte, mis toimub kuni 15 mm kiirusega 1 sekundis. Pärast mõneminutilist puhkust ajab leht enese uuesti sirgu. Ööks langevad lehed longu valgusärrituse mõjul. Häbeliku mimoosi lehtede liikumine toimub lehtede ja lehekeste kaenlas leiduvate liigendrakkude turgori järsu muutumise toimel.



Joon. 36. Häbeliku mimoosi lehtede seismonastilised liikumised (parempoolne taim).

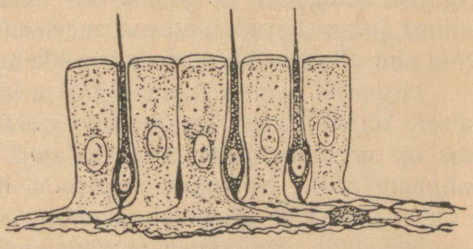
Oleme taimede ärritatavusnähtuse juures sihilikult pikemalt peatunud, et hajutada inimestes arvamust, nagu poleks taimed tundlikud ega üldse mitte elusolesed.

Paljuraksete loomade ärritatavus.

Loomadel on ärrituste vastuvõtmiseks ja edasitoimetamiseks kujunenud ergurakud ja -koed. Loomade kehade välispinnal on ergurakkudest kujunenud mitmesugused meeleelundid, milledest igaüks on kohanenud erilaadsete ärrituste vastuvõtmiseks. Nii erkkonna kui meeleelundite ehituses ja talituses ilmneb pidev eris-

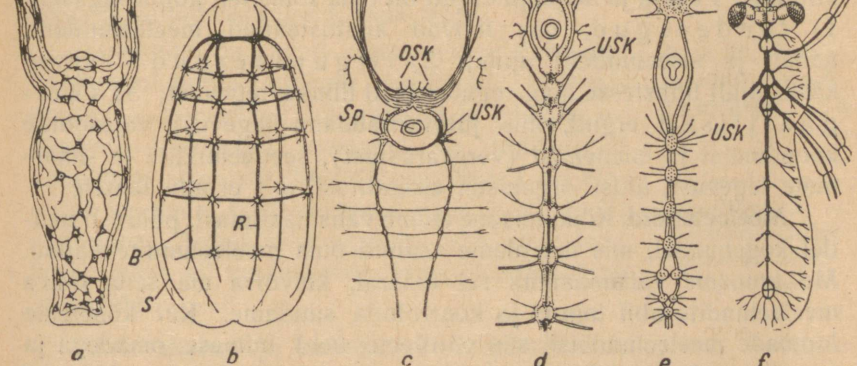
tumine ja täienemine alamatest paljuraksetest loomadest kõrgemate suunas.

Erkkonna arenemine. Kõige primitiivsem erkkond koosneb üksikutest, loomakehas laialipillatud ergurakkudest, nagu me seda oleme tundma õppinud hüdral, hüdropolüüpidel ja korallidel. Harulised ergurakud on tekkinud ektodermist ja on sellega ühenduses, sest väliskeskkonna ärritused tabavad kõigepealt ektodermi. Ainuõõssetel loomadel on tekkinud ektodermi alla enam-vähem pidev ja korrapärane ergurakkudest koosnev võrkmik, kus tunderakud ulatuvad pulgakestena ektodermi rakkude vahele ning on oma harudega üksteisega seotud. Seesuguse ergurakkude korralduse puhul reageerib kohalikule välisärritusele enamasti terve loomakeha.



Joon. 37. Ainuõõssete loomade tunderakud tavaliste ektodermirakkude vahel.

Järgmiseks erkkonna arenemisastmeks on nöörikujuline erkkond, kus ergurakud on koondunud teistest kudedest eraldi. Niisugune ergunöör (-juhe) esineb meduusidel kummiku serval



Joon. 38. Erkkonna tüüpe: *a* — hajunud erkkond, *b* — nöörikujuline, *c*—*f* — köisredel-erkkond. *OSK* — neelupealsed ergutängud, *USK* — neelualused ergutängud, *SP* — sooletoru.

ning ühendab 8 servakehakest üksteisega. Servakehakesed ise on aga juba primitiivsed meeleelundid, mis reageerivad valgusele, keemilistele ärritustele ning aitavad hoida loomal tasakaalu. Nöörikujuline erkkond moodustab okasnahksetel viis haru, mis kulgevad igasse keha viiendikku.

Ergutängupaaridest koosnev erkkond esineb limustel, ussidel ja mõningatel lülijalgsetel. Ergutängud on ühendatud ergujuhtmetega. Tähtsamaks on neelupealne ehk aju ergutänk, millest juhtmeharud ulatuvad meeleelundeisse. Ergutänkude arv võib siin olla kas üksainus või rohkem paari.

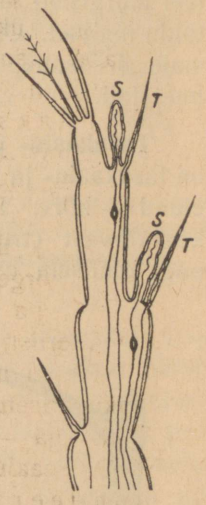
Järgmisel astmel kujuneb igasse looma kehalülisse selle kõhtmisele küljele üks paar ergutänke: tekib paaris ergutänkude redel, kus iga ergutängupaar on ühendatud omavahel ja teistega ergujuhtmete abil. Niisugust erkkonda nimetatakse köisredelerkkonnaks. Üksikust ergutängupaarist harunevad külgharud igas kehalülis. Suuremaks ja tähtsamaks ergutänguks on siin peaajutänk, mis asetseb neelu peal ja millest erguharud ulatuvad meeleelundeisse (silma, tundlatesse). Köisredel-erkkond esineb rõngussidel ja lülijalgsetel.

Kõige kõrgemale on arenenud selgroogsete erkkond, mis koosneb pea- ja seljaajust. Aju üksikosad on kujunenud üldisest ergutorust, mis on tekkinud loote välislehest (ektodermist). Torukanal on märgatav seljaaju keskel ja peaajus. Peaajus on ergurakud asetunud ajupinnale ja moodustavad selle hallkoore, seljaajus aga — aju keskele. Valge ajuosa koosneb ergurakkude niitidest. Peaaju ja seljaaju ergud on oma toimetelt kolmesugused: 1) tundeergud, mis toovad ärritusteateid meeleelundeilt, nahalt ja siseelundeilt ajule; 2) liigutusergud — viivad käske ajult lihastesse ning reguleerivad lihaste tegevust; 3) sümpaatilised ergud, mis juhivad südame tegevust, veresoonte koondumist ja laienemist (verevarustust), seedeelundite ja -näärmete tegevust, üldse organismi sisetalitusi, mis ei allu tahtele.

Meeleelundid. Kõik, mis me teame välismaailmast, põhineb nendel kogemustel, mis me oleme saanud oma meeleelundite kaudu. Me tunneme välismaailma sel määral, kuivõrra me seda oma meeleelundite abil tajuda ja kontrollida suudame. Kui kõneleme loomade meeleelundeist, siis võrdleme neid inimese omadega ja arvame, et loomadel peaksid olema samad meeled ja aistingud nagu inimestel. On kindel, et me siin eksida võime. Kui asetada mõni emane ööliblikas kuhugi puuri ja viia isaloom emast mitme

kilomeetri (isegi kuni 10 km) kaugusele, siis lendab isaliblikas lahti pääsedes otsejoones emaliblika juurde. Missuguse meeleelundi abil ta seda suudab, on seni selgitamata. Inimese meeleelundid igatahes selleni ei küüni. Samuti tuleb arvata, et mitmesugused veeloomad, kes elavad meist hoopis erinevas keskkonnas, peaksid omama inimesest erinevaid meeli ja meeleelundeid.

Inimesel on järgmised meeleelundid: nahk ehk kompimiselund, nina ehk haistmiselund, maitseelund — keel, kõrv kuulmiselundina ning silm nägemiselundina. Nendele viiele meeleelundile tuleb lisandada veel valu- ja temperatuuritunnetamine naha kaudu ning raskuse tunnetamine naha ja lihaste kaudu. Viimaste ärrituste vastuvõtmiseks meil puuduvad vastavad meeleelundid. Nägemis- ja kuulmiselundeid peetakse kõrgemateks meeleorganiteks, sest nende kaudu saab inimene suurema hulga muljeid välismaailmast; teised meeleelundid on ehituselt nägemis- ja kuulmiselunditega võrreldes palju lihtsamad ning nende kaudu saadavad aistingud palju ebamäärasemad.



Joon. 39. Vesikirbu tundlaergud ja meeleelundid: *T* — tundeharjased tundeerkudega, *S* — maitsemis-haistmisergu lõppkehakesed.

Kompimiselundiks on nii inimesel kui loomadel nahk. Inimene tajub naha kaudu esemete pindade siledust ja karedust, külma ja sooja, valu, rõhumist, puudutamist jne. Iga aistingu jaoks on inimese nahas isesugused ergu lõppkehakesed. Kas loomadel nahk suudab eristada kõiki mainitud aistinguid, pole teada.

Loomadel on sageli ainult mõned kehaosad varustatud tundeerkudega: polüüpidel ja merussidel — kombitsad, lülijalgsetel ja limustel — tundlad. Mõnedel loomadel on tundeergud ühenduses kompimisharjastega. Seega on alamatel loomadel kompimismeel üsna puudulikult arenenud. Ainult selgroogsetel (eriti imetajail) leidub naha all tundeerkude lõppkehakesi nagu inimeselgi.

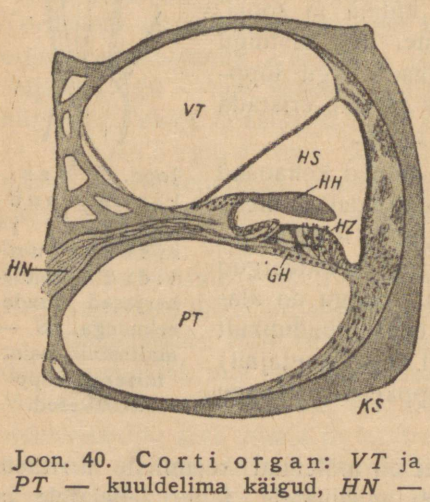
Haistmismeel ja maitsemeel on mõlemad keemiliste ärrituste vastuvõtjad: esimene reageerib gaasilistele, teine vedelatele ja lahustuvatele ainetele. Alamate paljuraksete loomade haistmis- ja maitsemiselundite kohta on vähe teateid. Kaladel peetakse haist-

miselundiks kahte suuavast ülalpool asetsevat lohku. Selgroogsetel on haistmiselundid hingamisteede algusosades. Putukatel on haistmismeel hästi arenenud ning haistmiselundiks tundlad.

Maitsemeele kohta on andmed veelgi puudulikumad. Kõrgematel loomadel on maitseergud mitmesugustes suuosades, eriti keelel. Missuguseid maitseaistinguid loomad tajuvad, sellegi kohta on vähe andmeid. Et hobune suhkrust lugu peab, tuleb arvata, et ta suhkru maitset tunneb.

Üldse on haistmine ja maitsemine mõnel loomade perekonnal hästi arenenud, näit. koeralistel. Rohusööjad eraldavad haistmise teel mürgiseid taimi ja tunnevad nähtavasti ka mõningal määral toidu maitset. Üldiselt on haistmis- ja maitsemismeel kõige kaugemale arenenud ühiskondlikel putukail (mesilastel, sipelgail) ja imetajail.

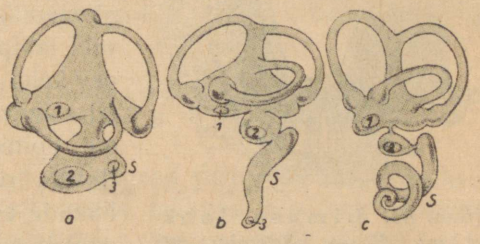
Tasakaalu- ja kuulmismeel. Kõrgematel loomadel ja inimesel on tasakaalu- ja kuulmisaistingute vastuvõtjaks üks ja sama meeleelund — kõrv. Inimese kõrv koosneb kolmest osast: väliskõrvast, keskkõrvast (trumm ja kuulmeluud) ning sisekõrvast. Viimane ongi olulisem osa kuulmis- ja tasakaaluelundist. Sisekõrval on kolm osa: esik, poolringkanalid ja tigu. Kuulmisergurakud asetsevad teos nn. Corti organis. Selle aparaadi abil võib inimene eristada toonide tugevust, kõrgust ja värvingut. Sisekõrva esik ja poolringkanalid on tasakaalu-meeleelundiks. Nende endolümfis esinevad lubjakivikesed või kristallid, mis pea pööramisel rõhuvad kord ühtedele, kord teistele tasakaaluergu otstele, mille järgi inimene otsustabki kehaseisangu üle.



Joon. 40. Corti organ: *VT* ja *PT* — kuuldelima käigud, *HN* — kuuldeerk, *GH* — põhiplaat, *HS* — teokäik, *HH* — katekile, *HZ* — kuuldeerkude lõpud.

Imetajate sisekõrva ehitus sarnaneb üldjoontes inimese omaga.

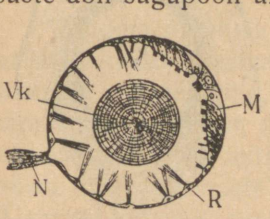
Kahepaiksetel, roomajatel ja lindudel on sisekõrva tiguosa lihtsama (puudulikuma) ehitusega kui imetajatel ja inimesel. Kaladel on aga kõrvatigu hoopis väike ning ilma kõveruseta. Vastavalt seesugusele ehitusele peab kahepaiksete, roomajate ja lindude kuulmine olema inimese ja imetajate kuulmisest viletsam, kuna kaladel see arvatakse hoopis puuduvat. Ent mis puutub toonide, nende kõrguse ja värvingu eristamisse, siis see puudub paljudel imetajatel ja arvatavasti ka lindudel, kuigi viimaste hulgas on hulk häid laulikuid. Loomad suudavad eristada peamiselt kahinat, müra ja mittemuusikalisi häälitsusi nende suuna ja tugevuse järgi.



Joon. 41. Sisekõrva areng: *a* — luukalal, *b* — krokodillil, *c* — imetajail. *1, 2, 3* — kuulmekarvakeste alad.

Tasakaaluelundiks on aga kõikidel selgroogsetel esik ja poolringkanalid statoliitidega.

Kuidas on lugu kuulmisorganitega alamatel loomadel, isegi häälitsevatel putukatel, pole kindlasti teada. Et ritsikad häälitsuste abil sugupooli üles otsivad, siis peavad nad oma siristamist kuulma. Ritsikate kuulmiselunditeks peetakse esijalgadel asetsevaid kilega kaetud trummitaolisi moodustisi, rohutirtsul aga samakujulisi moodustisi rindmikul.

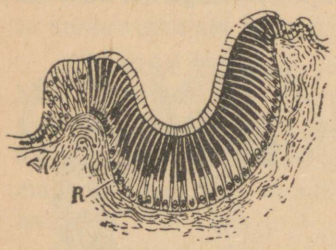


Joon. 42. Limuste tasakaaluelund ehk vaagpõieke: *N* — erk, *Vk* — vaagkivike ehk statoliit, *R* — ripsmelised rakud, *M* — meeleelundi rakud.

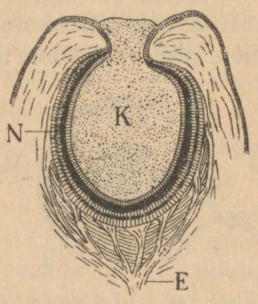
Tasakaaluelundid esinevad ka paljudel alamatel loomadel, alates ainuõõssetega. Nii on meduuside servakehakestes põiekujulised elundid, mis on vooderdatud ripsepiteeliga, kuhu ulatuvad ergurakud. Põie sisevedelikus leiduvad lubjast statoliidid (või üksik statoliit). Samasugused tasakaaluelundid esinevad veel limustel, vähkidel jt.

Nägemismeel. Juba ainuraksetel viburloomadel esineb valgustundlik pigmenttäpp (stigma), mille abil need loomad suudavad orienteeruda valguse suhtes. Paljuraksetel loomadel on samuti

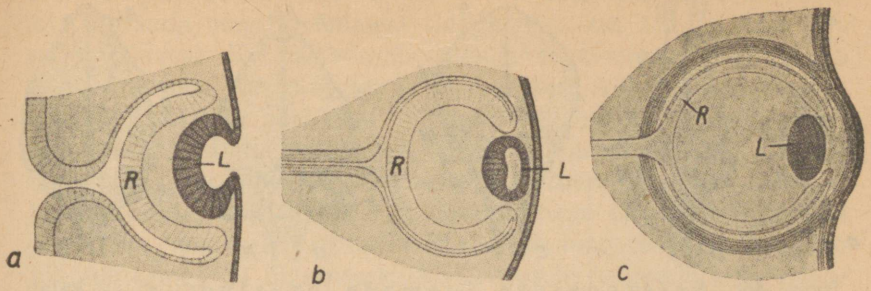
nägemiselundid esikohal. Kuid ükski teine meeleelund pole nii muutliku kuju ja ehitusega kui silm. Lihtsama ehituse ja kujuga silma kohtame meduusidel servakehakestes, kus tasakaalu-meeleelundi kõrval paiknevad ergurakkude kühmud valgustundliku pigmendiga. Need on primitiivsed täppsilmad, mis suudavad eraldada valgust pimedusest. Samasuguse ehitusega algelisi silmi leiame veel okasnahksetel, rõngussidel ja limustel. Mõnel juhul tekib pigmendiga kaetud ergurakkude ette veel läbipaistev ja valguskiiri murdev keha — lääts. Mõningatel limustel esinevad lohksilmad. Siin on epiteelrakkude all pigmendirikaste rakkude vahel valgustundlikkude erkude otsad. Pigmentaine neelab valgust, mille mõjul ergurakud ärrituvad ning selle ärrituse edasi juhivad ergutänkudesse. Kui lohuke muutub suuremaks ja täitub poolvedela läbipaistva ainega (klaaskehaga), mille ümber asetsevad pigmenteerunud ergurakkude lõppkehakesed, siis kujuneb põissilm, mida leiame samuti limustel. Peajalgsetel limustel kujunevad silmad, mis meenutavad juba kõrgemate loomade ja inimese silma. Siin on põissilmale ette tekkinud paks klaasilise kera kujuga lääts ning selle ette — kumer ja läbipaistev sarvnahk, mis silma katab ja kaitseb. Läätse taga asetseb klaaskeha (läbipaistev selge ning poolvedel aine), viimase taga aga ergurakkudest võrkkile, mis on ühenduses nägemiserguga. Seesuguse ehitusega silm vastab pimekambri või fotoaparaadi ehitusprintsiibile ning võimaldab asjade kuju nägemist. Imetajatel ja inimesel täieneb seesuguse ehitusega silm veel üksikosades (inimesel eriti võrkkile peenehituse ja läätse akommodatsioonivõime poolest). Inimese silm eraldab mitte üksnes valgust ja varju, vaid ka esemete kuju, nende värvust, asetumist ja kaugust.



Joon. 43. Limuse lohksilm: *R* — nägemisrakud.



Joon. 44. Limuse põissilm: *K* — klaaskeha, *N* — nägemisrakud, *E* — erguharud.

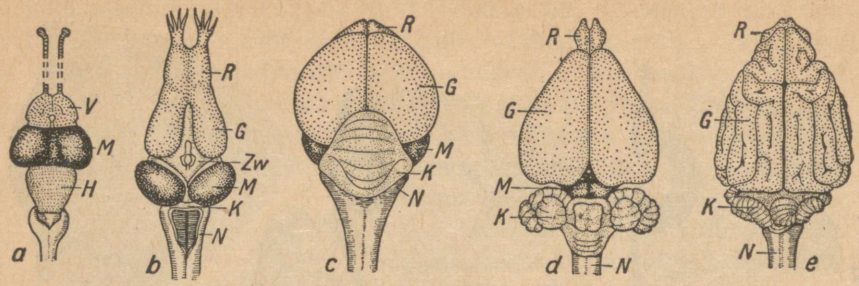


Joon. 45. Selgroogsete loomade silma areng (tähtede järjekorras); *L* — lääts, *R* — võrkkile.

Putukate liitsilmad koosnevad paljudest üksiksilmakestest, mispärast neil esemetest peaks tekkima liit- ehk mosaiikkujutus. Kui teravalt putukad liitsilmadega esemeid näevad ja kas nad ka värvitoone eraldada suudavad, pole laiemas ulatuses veel kindlaks tehtud. Mesilased omavad putukate hulgas paremat nägemisvõimet, kuid nad ei suuda eristada kõiki seitset spektritooni. Inimese silm võib aga paremal juhul eraldada ligi 3000 värvusevarjundit.

Keskerkkonna ja aju tegevus.

Tundma õppinud organismide välismeelte arenemist, näeme, et see toimub ühenduses meeleelundite täienemisega. Mida täielikumad meeleelundid, seda paremini nad funktsioneerivad ja seda täpsemad on teated, mis organismid nende kaudu saavad. Ent see täpsus sõltub mitte ainult meeleelundi ehitusest, vaid samavõrra ka ärritusteate vastuvõtuaparaadist, s. o. keskerkkonnast. Alamatel loomadel on selleks ergutängud; putukatel ja lülijalgsetel on meeleelundite ärritusteadete vastuvõtjaks ajutängud, mis on teistest ergutänkudest suuremad ning keerukama ehitusega. Selgroogsetel aga leiame peaajus iga meeleelundi ärritusteadete vastuvõtmiseks vastava ajuosa. Huvitaval kombel on kaladel, kahepaiksetel ja roomajatel eriti tugevasti arenenud nn. haistmislapid, s. o. ajuosad, mis vastu võtavad erutusi haistmisergu kaudu. Imetajail seevastu hakkavad väga tugevasti arenema suuraju poolmed ning väikeaju, kusjuures halli ajuainet aitavad suurendada ajupinnale tekkivad käärud, vaondid ja kühmud. Loomade intelli-



Joon. 46. Selgroogsete loomade peaajud: *a* — kalal, *b* — konnal, *c* — tuvil, *d* — kodujänesel, *e* — koeral. *V* — eesaju, *M* — keskaju, *H* — tagaaju, *R* — haistmislapid, *G* — suuraju, *Zw* — vaheaju, *K* — väikeaju, *N* — piklik aju.

gentsus sõltub ajupinna käärude ja vaondite hulgast ning ajupinna suurusest: madalamate ja primitiivsemate välismeelte ning väiksemate psüühiliste võimetega loomade ajupind on sile, samuti ka väikesekasvuliste loomade oma, kuna kõrgemale arenenud psüühiliste võimetega — aga ka suuremakasvuliste — loomade ajupind on suuremate käärudega. Näidetena olgu mainitud: alamatel ja väiksemakasvulistel ahvidel on ajupind sile, suurematel inimahvidel — rohkete käärudega; suurtel vaalalistel ja elevantidel on ajukäärde peaaegu niisama rohkesti kui inimesel, kuid nende ajumaht on keha suurusega võrreldes inimese omast suhteliselt palju väiksem.

Mida suurem ajupind, seda rohkem on ergurakkudest koosnevat ajukoort ehk halli ajuainet. Mida rohkem aga ergurakke, seda suuremad ja paremad on võimalused tööjaotuseks ergurakkude, ergukudede ja ajuosade vahel. Selles mõttes on inimese ajud kõikide imetajate ajudest palju kaugemale ette jõudnud ning palju peenemini diferentseerunud.

Seljaaju on ühenduses peaajuga ning reguleerib kiireloomulisi reflektoorseid liigutusi.

Refleksid.

Refleksiks nimetatakse teatud kindlale ärritusele järgnevat lihaste või näärmete aktsiooni, mis toimub alati ühetaoliselt ja ilma teadvuseta (peaaju kaasmõjuta) ning tahteta. Peale selle on reflekside toimed enamasti otstarbekad ja organismile kasulikud.

Näit. kui puudutada silma sarvnahka, siis silmalaud sulguvad kohe. Kui kõditada magavat inimest sulega näol, siis tõukab käsi sule näolt minema. Kui asetada ninna mõnd tugevalõhnalist ainet, siis tekib aevastus. Kui vaadelda meeldivat toitu, koguneb sülge suhu, sest süljenäärmed hakkavad töötama. Kui lüüa mõne asjaga kergelt põlvekedra alla, siis vabalt teisel jalal lamav sääreosa hüppab üles jne. Igast refleksist võtavad osa 1) tundeerk, mis toob teate keskerkkonda, seljaajusse; 2) keskerkkonna osa — seljaaju või piklik aju, mis selle ärrituse vastu võtab ning teate edasi annab liigutusergule; 3) liigutuserk, mis ärritusele reageerib ning vastavad lihased või näärmed tegevusse rakendab. Kui tahetakse tõestada, et refleksid toimuvad ilma suuraju kaastegevuseta (looma teadvuseta), siis eraldatakse konnal kas pea hoopis või lõigatakse läbi seljaaju pikliku aju vahe kohalt. Kui näpistada niisugust peata konna jalast, siis tõmbab ta jala ära. Kui panna seesuguse konna ühele säärele lahjendatud hapet, hakkab konna teine jalg seda maha kaapima jne.

Toodud näidetest selgub, et refleksid on kindlakujulised toimingud, mis sooritatakse teatud ärrituste mõjul ilma peaaju ja tahte kaasabita, kuid mis osutuvad sealjuures organismile kasulikeks.

Instinkt ehk vaist.

Instinkt ehk vaist on loomade sünnipärane tung oma või järglaste elu alalhoiuks otstarbekate toimingute sooritamiseks. Vaistlikud toimingud pole loomade poolt õpitavad, vaid päritud kalduvused, mis ühe liigi indiviididel alati ühel ja samal viisil ilmnevad. Eristatakse täiuslikke instinktiivseid toiminguid, mis sooritatakse alati ühesuguse täpsusega, nagu mesilastel kärjetoopide ehitamine, ja ebatäiuslikke vaistlikke toiminguid, kus tegevus on ette määratud üldsuunaliselt, kuid mida kogemuste kohaselt võidakse muuta ja täiendada, näit. lindudel pesaehitamine. Instinktiivseid toiminguid peetakse liitrefleksideks. Vaistlikud toimingud erinevad reflektoorseist selle poolest, et neid kutsub esile mitte üksik ärritus, vaid kogu olukord, mis ümbritseb organismi, ja et organismi toiminguks on siin mitte üksiku kehaelundi liigutus, vaid paljudest liigutustest ja toimingutest koosnev kogu organismi

tegevus. Et niisugused toimingud sooritatakse keskerkkonna teadmisel ja juhtimisel, siis peavad need tegevussunnid ja -võimed olema pärilikult erkkonnas fikseeritud.

Vaistlike toimingute hulka kuuluvad: toidumuretsemine, vaenlaste vastu kaitsemine või nende eest põgenemine, paaritumine, järglaste eest hoolitsemine jt. Mõned nimetatud toimingutest esinevad ka inimestel. Kõige rohkem on vaistlikku tegevust mesilastel, herilastel, sipelgatel, termiitidel. Et need toimingud pole alati taibukad, näeme järgmisest.

Mõned herilased korjavad kärjetoopidesse mürgi mõjul uimastatud ämblikke ning asetavad need munadele peale — munast kooruvaile vastsetele toiduks. Kui võtta aga kärjetoopidest ämblikud välja, siis kaanetavad herilased toobid siiski kinni, sellele vaatamata, et seal vastsete tarvis toit puudub.

Metsmesilased ehk kimalased asetavad munaga varustatud kärjetoopidesse mett vastsetele toiduks ning kaanetavad meega varustatud toobid. Kui teha aga toobiküljesse auk ja lasta selle kaudu mesi kärjetoobist välja, siis kaanetavad kimalased tühja kärjetoobi ikkagi kõhklemata kinni.

Siin putukad ei taipa üldse, mis nad teevad; nad ei suuda otsustada oma tegude üle, nad ei püüa parandada kärjetoope ega täiendada vajaduse korral meehulka. Kõik toimub mehhaaniliselt — toimingud on sellised, et need sobivad tavalises olukorras, nii nagu on talitanud esivanemad loendamatute põlvede kestel; muutunud olukorras osutuvad need toimingud aga mõttetuiks.

Teiselt poolt esinevad jälle väga otstarbekad ja keerukad toimingud, mis paistavad olevat kujunenud kogemuste põhjal. Mõned herilaste liigid oskavad oma mürgiastlaga väga täpselt tabada röövikute kõhupoolel leiduvaid ergutänke, mispuhul röövikud kaotavad vaid liikumisvõime, kuid ei sure. Niisugusesse halvatud röövikusse munevad need herilased oma munad ning munadest kooruvad vastsed leiavad endi ümber toiduks värsket liha külluses. Kõik need toimingud näivad väga ratsionaalsetena sellele vaatamata, et herilased kohe pärast munade munemist ise surevad ja oma järglasi kunagi ei näe; samuti pole nad kunagi näinud oma vanemaid ega võinud nendelt midagi õppida. Kuidas seesugused vaistlikud toimingud on kujunenud, on tänini täiesti selgitamata.

Mõistus ja mõistuslikud talitused.

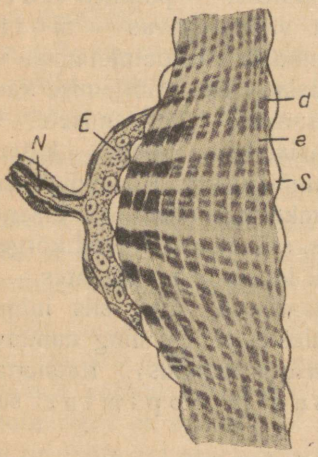
Järgmiseks kõrgemaks ja ühtlasi ülimaks talituste viisiks on mõistuslikud liigutused ja toimingud. Need on seotud ajutegevuse, mõtlemise ja tahtega. Lihtsam mõistuse vorm on a r u k u s ehk t a i b u k u s. See esineb paljudel imetajail ja mõningatel lindudel, kes taipavad näit. inimese toiminguid, harjuvad toitu vastu võtma ja keda võib õpetada — harjutada — üht või teist tegema ning meeles pidama (loomade dressuur, koerte, hobuste ja ahvide kätteõpetatud tegevused, papagoi jt. lindude kõnelemine jne.). Õppimine — olgu see loomadel või inimesel — põhineb m ä l u l. Arukusest ja mälust kujuneb kõrgem vaimutegevus — m õ t l e m i n e. See eeldab juhtumite ja kogemuste meeldetuletamise võimet, võrdlemisvõimet, kombineerimisoskust jne. Mõtlemise kaudu suudetakse asuda küsimuste ja ülesannete lahendamisele. Kui mõtlemisega ühineb veel mõistete edasiandmise oskus — k õ n e v õ i m e, siis oleme jõudnud juba inimmõistuseni. Kõnevõime eraldas inimese loomast ning võimaldas inimkultuuri tekkimist. Lisandus aga kõnevõimele veel k i r j a o s k u s, siis avanesid teed kõrgema — vaimse — kultuuri loomiseks. Kui loomade toimingutes — ka imetajail ja lindudel — etendab tähtsat osa vaist, siis inimese toimingud vabanevad (kuigi mitte täiesti) sellest ning muutuvad mõistuslikeks ehk ratsionaalseiks (*ratio* = mõistus). Ratsionaalsetel talitustel omavad k o g e m u s e d ja õ p p i m i n e suurt tähtsust.

Mõistuse abil on inimene hakanud kasutama mitmesuguseid tööriistu, ehitama masinaid, püstitama ehitisi, kasutama tuld, auru- ja elektrienergiat jne. Mõtlemise tagajärjel on arenenud inimese ajud ja jõudnud kõikide loomade ajudest kaugele ette. Mõtlemise ja kirjaoskuse kaudu on arenenud kõik inimlikud teadused. Mõistusega seltsib aga veel inimese tundeelu ilumeelega, millel põhinevad kunstid. Teaduse ja kunsti saavutised moodustavad inimkultuuri.

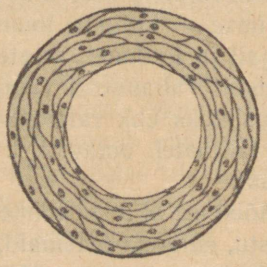
Ent mõistus ei saa areneda väljaspool inimese keha samuti kui ilumeel. Et inimvaim (mõistus koos tundemaailmaga) võiks areneda, tuleb hoolitseda keha eest, mis on vana tuntud tõde („terves kehas terve vaim"!). Seepärast tuleb „vaimuharimisel", s. o. õppimisel, mitte unustada keha ja selle tervislikke nõudeid; vaimutöölistel tuleb vahete-vahel teha kehalist tööd ning füüsilise töö tegijail värskendada ja arendada oma mõistust.

Loomade kulgemisviisid ja liikumiselundid.

Nagu eespool mainitud, kuulub vaba liikumine tähtsamate loomaliste tunnuste hulka. Hoopis vähesed mereloomad (ainuõõssed, mõned meriussid, okasnahksed ja limused) on kinnistunud merepõhja külge. Ainuraksed loomad liiguvad vees kas kulendite, viburite või ripsmete abil. Paljuraksetel võimaldavad liikumist lihased ja toestik. Kiiret liikumist võimaldavad ainult vöödilised lihased, milledel peavad olema kinnituseks liikumatud tugipunktid. Lülijalgsetel on seesugusteks lihaste kinnitus- ja toetuspunktideks kitiinist välistoestik, selgroogsetel aga siseskelett. Okasnahksetel esineb peale selle veel erisugune ambulakraalsüsteem, mis võimaldab neil loomadel aeglast roomavat liikumist merepõhjas.



Joon. 47. Mardiklase vöödiline lihaskiud ergulõpuga: *N* — ergukiud lõpp-plaadiga (*E*). *e*, *d* ja *S* — lihaskiu vöödid.



Joon. 48. Siledad lihased moodustavad veresooni.

Loomade kulgemisviisid ja liikumiselundid sõltuvad alati keskkonnast, milles loomad elutsevad. Nii on maa all, maapinnal, vees, veepinnal ja õhus elutsevatel loomadel üksteisest erinevad elutingimused ja ka erinevad kulgemisviisid.

Veeloomad. Ainuraksete veeloomade liikumisel oleme peatunud eespool juba mitmel korral. Peale aktiivse liikumise kulendite, viburite ja ripsmete abil esineb siin suurel arvul ainuraksetel veel hõljumine veepinna ligidal hapnikurikkas vees. Hõljumine sõltub keha erikaalust. Keha erikaalu vähendamiseks on

kaunikujulistel ränihapendist toestikuga radiolaaridel limamantel, õlitilgad ja rasv. Peale selle võivad nad vakuoolidest ehk kublikutest vett välja suruda ning sel viisil mitmeti keha erikaalu muuta. Samasugused vahendid on tarvitusel veel paljudel ainukui ka paljuraksetel veeloomadel.

Paljuraksetel veeloomadel tuleb eristada veealuseid ja veepinnal liikuvaid vorme. Esimese rühma tüüpilisemaiks esindajaiks on k a l a d, kellede süstikjas, külgedelt kokkusurutud kehakuju on võetud eeskujuks allveelaevade, torpeedode ja tavaliste laevade ehitamisel. Kalad on eeskujulikud ujujad. Ettepoole paneb nende keha liikuma võimas sabauime. Keha tasakaalu hoidmiseks on selja- ja pärakuuimed, milledele kaasa aitavad ka paaris rinna- ja kõhuuimed. Keha kõverdumisel ning rinna- ja kõhuuimete abil saavad kalad muuta ujumissuunda paremale ja vasemale. Üles ja alla liikumine toimub enamikul kaladel ujumispõie abil, mis võimaldab keha erikaalu muuta. Et kalade pead lõpevad teravikena, et pea liitub liikumatult kehaga ja kehapinda katab limakiht (mis vähendab hõõrdumist) — see kõik soodustab kalade liikumiskiirust. Kuigi kõik kalad on lühinägelised (ümmara ja akommodatsioonivõimetu läätse tõttu) ja kuigi neil puudub kuulmine, suudavad nad vees väga hästi orienteeruda k ü l j e j o o n e - e l u n d i t e abil, mis on väga tundlikud igasuguste veeliikumiste suhtes.

Vees ujumisel pole kaladel võistlejaid. Nii teised veeloomad kui ka kahepaiksete ja pütukate vastsed jäävad nendest liikumiskiiruses kaugele maha. Mõned veeloomade erilised liikumisviisid väärivad siiski märkimist. Nii kulgeb seepia (peajalgne meres elutsev limus) mantlikoopast kitsa ava kaudu vett jõuliselt välja tõugates; samasugust liikumisviisi kasutavad ka kiilide vastsed, kes pärasoolde kogunenud vett järsult välja suruvad (raketi liikumisviis!). Keerukas ambulakraalne liikumisviis, mis esineb okasnahksetel, pole aga teiste loomade hõimkondadel kuski kordamist leidnud.

V e e p i n n a l u j u v a t e l l o o m a d e l tuleb silmas pidada ujumist ja sukeldumist. Vaaladel võib mainitud nähtusi hästi jälgida. Keha erikaalu vähendamiseks on vaaladel luude õõned ning raskemad pealuud täidetud ja immutatud õliga. Naha all leidub paks rasvakiht. Õli ja rasvainete mõjul on vaalade keha erikaal peaaegu võrdne merevee omaga, mispärast pole raskusi

selle veepinnal hoidmisel. Ujumine toimub tugeva sabauime abil, mille asend pole aga püstloodis (nagu kaladel), vaid ristloodis. Eesjäsemed on muutunud loivadeks, millede õla- ja küünarvars on lühikesed; nad on loomadele peamiselt tüüriks. Sukeldumisel tõmbavad vaalad kopsud tugevasti õhku täis ja võivad sukelduda kuni 1000 m sügavusele vee alla, kusjuures tugev luustik kaitseb keha suure veerõhumise vastu. Samasuguse kehaehituse ja kulgemisviisiga on ka delfiinid. Hüljestel puudub sabauime ja selle aset täidavad loivalised tagajäsemed. Merelinnud on head ujujad. Nende kerge keha, õhurikas ja rasvainetega määritud sulestik hoiavad neid hästi veepinnal, kuna ujunahaga varustatud varbad on headeks sõudevahendeiks. Pingviinid ujuvad tiibadega.

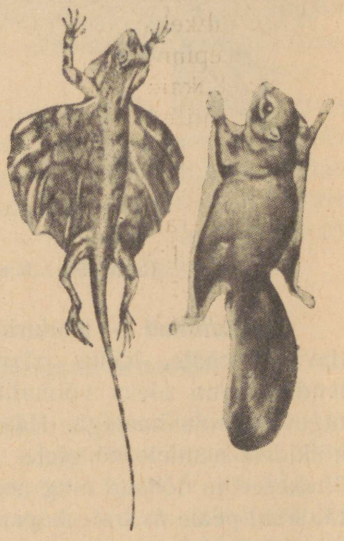
Alamatest merepinnal elutsevatest loomadest on suure tähtsusega mitmed limuste ja tigude liigid, keda vaalalised ja kalad kasutavad toiduks; selles mõttes tuleb esile tõsta puritigu, keda veepinnal hoiab sültjas lima ning edasi tõukab tuul. Huvitava ja omapärase rühma merepinna elanike seas moodustavad ujupolüüpide ehk putkeliste kolooniad oma värvi- ja vormiküllusega. Neid hoiavad veepinnal õhuga täidetud põied ning ujumiseks kasutavad nad ujukellukaid, milledest nad lihaste koondumisel vett välja suruvad ja nii edasi liiguvad.

Süvamere elanikud — kalad ja vähid —, kes elutsevad ühe ja rohkem kilomeetri sügavusel merepinnast hiiglasuure veerõhu all, äratavad tähelepanu oma erineva kehaehituse poolest (suured silmad, suur pea, hiilgusnähtused jne.). Arvatavasti esinevad ka nende vormide liikumises mitmed omapärased nähtused, mida aga seni kahjuks pole suudetud veel üksikasjalikult selgitada.

Magevee loomad. Peale kalade, kellede liikumine merekalade omast ei erine, elab järvedes, tiikides ja jõgedes rohkesti veeputukaid ja putukate vastseid, jõevähke ning alamaid vähilisi, kes liiguvad veekogude põhjas enamasti roomates või ujudes. Ujurite hulgas leidub häid ujujaid hästiarenenud mõlajate jalgadega. Selgsõudurid on aga eeskujulikud seljal ujujad. Veepinnal „jalutamas" ja jooksmas kohtame vesijooksikuid ja kukrikke, kellede karvased ning „õlitatud" jalad veepinnast läbi ei vaju. Omapärane sukelduja on vesiämblik, kes kannab enesega kehakarvakeste vahel õhku kaasa ning täidab selle õhuga vee all oma pesakellukese. Konnad on tublid jäsemetega ujujad, nende vastsed (kullesed) aga sabaga sõudjad.

Maapinnal liikuvad loomad. Enamik loomi liigub maapinnal kõndides või joostes. Jooksjatel loomadel on jalad enam-vähem võrdse suurusega ja tugevusega, kusjuures jalgade arv võib kõikuda ühest paarist (kanalised linnud) paljude paarideni (hulkjalgsed). Kiirema jooksuga loomade jalad on kergemad, pikemad, tugevate lihastega, liiguvad vaid ühel pinnal ette-taha (mitte aga kõrvale); nende toetuspind on väike — ainult varbaotstele, sealjuures on aga varbad kaitstud tugevate sõrgade, kapjade või küünistega. Üks parimaid jooksjaid on hobune. Hüppajatel on tagumised jäsemed esimestest palju pikemad ja tugevamad ning selgroog painduvam kui jooksjail. Need loomad pääsevad kergesti üle väiksematest takistustest, nagu kividest, kändudest, põõsastest, veeloikudest jne. Parimaks hüppajaks imetajate hulgas on kängurud, erakordselt arenenud tagajalgadega ning tugeva tüürina kasutatava sabaga. Nõrgemad hüppajad on jänes, hüpikhiir jt. Putukate hulgas on paljud head jooksjad (jooksiklased, sipelgad jt.), teised jälle hüppajad, nagu tirtslased.

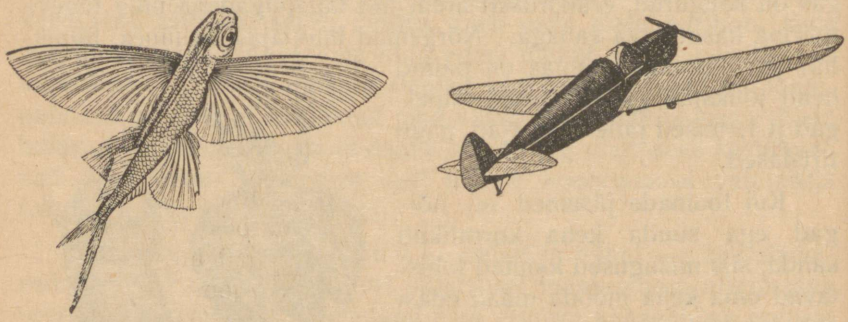
Kui loomade jäsemed on nõrgad ega suuda keha korralikult kanda, siis niisugused loomad lohistavad oma keha mööda maad edasi ehk roomavad, nagu see on tuntud roomajate puhul. Osal roomajaist puuduvad aga jäsemed täiesti ning need liiguvad edasi oma keha painutades ja sealjuures kõhusoomuseid maapinna konaruste vastu toetades (maod). Kõhtjalgsed teod roomavad ainsa jala ehk talla abil ja neid tuleb pidada üldse aeglasima liikumisvõimega loomadeks.



Joon. 49. Draakon (lendsisalik) ja lendorav.

Ronijatel loomadel on pikad varbad, mis on varustatud teravate küünistega. Nii suudavad nad hästi kinni hoida puu okstest ja koorest. Ühelt puult teisele hüppajail leidub kord jäsemete vahel nn. lennunahk (lendorav), kord jälle kähar saba (orav), mis abistavad neid langevarjuna.

Maa all elutsevad loomad. Maa-aluse eluviisiga on kõige paremini kohanenud m u t t, see tuntud ja väsimatu mullakaevaja, kes kõik aeg endale teed peab rajama läbi mulla. Ruljas keha kiilja peaga, mis lõpeb tugeva kärsaga, lühikesed ja tüsedad jäsemed, millede sõrmed on varustatud tugevate küünistega — need on muti keha iseloomulikumaid tunnuseid. Poolõõnsad küünised on nagu kühvlid ning mulla kaevamiseks väga sobivad. Seesugune kehaehitus võimaldab mutil kiiresti mullasse käike kaevata ning nendes kulgeda. Peaaegu samasuguse kehaehitusega on mullas elutsev putukas kaerasori. Ka vihmuss on mullaelanik pika, rulja ja orakujulise kehaga, kes muredas mullas kiiresti edasi tungib, tihedamas mullas aga enese mullast läbi sööb.



Joon. 50. L e n d k a l a j a l e n n u k.

Õhuelanikud — lendurid. Siia kuulub enamik linde, kes suudavad lennata. Õhus püsimiseks ja lendamiseks on tarvis, et lenduri keha oleks võimalikult kerge, suure kandepinnaga ning tugevate tiivalihastega. Hästi lendavate lindude kehaehitus vastab kõikidele nendele nõuetele. Keha kerguse saavutamiseks on luud õhukesed ja õõnsad ning nende õõned õhuga täidetud. Õhuga on täidetud peale avarate kopsude veel lihaste vahed ja nn. õhukotid, mis ulatuvad mitmele poole kehasse. Keha kandepind oleneb tiibade suurusest: paremail lendajail — albatrossil, kajakail, kotkail — on tiibade pikkus suhteliselt kehaga väga suur. Tiivalihased on lindudel — eriti häil lendajail — tugevad; nende võimsust aga suurendab tunduvalt kinnituspunktide stabiilsus ja avar pind (mälvehari, liikumatud ja harude abil üksteisega seotud roided, paindumatu selgroog). Ettesirutatud pea terava nokaga,

otstarbekalt asetatud lennusuled tiibadel, laiad sabasuled tüürimiseks — kõik see vastab lendamisnõuetele. Inimese tänapäevane lennutehnika on teinud hiiglasuuri edusamme, pole aga siiski suutnud veel järele jõuda linnulennule, kuigi nii puri- kui mootorlennukite ehitamisel on väga palju laenatud lindudelt.

N a h k h i i r on lindudest kehvem lendur ja tema kehaehitus on lendamise seisukohalt lindude omast tükk maad taga. Juba tiivad, mis üles tõstes õhku läbi ei lase ja mida volti tõmmates ja sirutades saab lehvitada, on ebapraktilised, kuigi sealjuures hästi kerged.

L e n d a v a d k a l a d on veelgi viletsamad lendurid. Nad suudavad veest välja hüpata vaid tugeva sabalöögi abil ning nende laiad rinnauimed etendavad kõigest langevarju osa.

P u t u k a t e hulgas on rohkesti häid lendureid, eriti kiletiivaliste, kahetiivaliste ja soomustiivaliste, aga ka kiililiste seas. Tähelepanu väärib kahetiivaliste ja kiletiivaliste ülikiire tiibade liikumine, mis ulatub mitmesaja löögini sekundis. Tekkeliselt on putukate tiivad nahavoldid, milledesse ulatuvad hingamistorukesed ehk trahheed.

Kokku võttes leiame mitmesugustes loomade kulgemisviisides väga suurt mitmekesisust, aga ka suurt otstarbekust ning kohanemist elutingimustega. Vees elutsevad loomad liiguvad ujudes, mullas — puurides ja kaevates, maapinnal — joostes ja hüpates, aga ka roomates ning ronides, õhus — lennates. Igale kulgemisviisile vastavad keskkonnaga kohanenud liikumiselundid.

Analoogsed ja homoloogsed elundid.

Kui mingid elundid täidavad erinevatel loomaliikidel või klassidel ühesuguseid toiminguid ja on seega füsioloogiliselt võrdse tähtsusega, siis nimetatakse niisuguseid elundeid a n a l o o g s e i k s; näiteks selgroogsete, putukate ja limuste jalad ehk jäsemed on funktsioonilt analoogsed, kuigi nad oma tekkimiselt üksteisele sugugi ei vasta; lindude ja putukate tiivad on samuti ühesuguse toimega, ent tekkeliselt on ühed kujunenud jäsemetest, teised — nahast.

Kui aga elundid on tekkinud ühesuguselt ja ehituselt ning arenemiselt on võrdse väärtusega, kuigi nad võivad täita erilisi füsio-

loogilisi ülesandeid, siis on tegemist homoloogsete elunditega, näit. kopsud ja ujumispõis; selgroogsete jäsemed, vaala loivad, lindude tiivad jne.

Organismide enesereguleerimine.

Hakkab inimene tööd tegema, siis muutub ta südametegevus ja hingamine tugevamaks, sest lihastesse on tarvis juhtida rohkem toiteaineid ja hapnikku. Töötades toimub lihastes energilisem ainete hapendumine, ühes sellega koguneb sinna rohkem ainete lagunemisprodukte, mida on tarvis kehast kõrvaldada, järelikult elavneb ka erituselundite tegevus. Tugeva töötamise puhul tekib kehas palju soojust; keha temperatuur ei või aga tõusta üle normaalse: liigse soojuse vähendamiseks hakkab inimene higistama. Kõik mainitud toimed sõltuvad üksteisest ja üks toiming mõjustab kohe teist. Organismis toimub see iseenesest ilma inimese tahte kaasmõjuta, toimub sümpaatilise erkkonna ning sisenõrede (hormoonide) abil.

Iga elund muutub töötamisel tugevamaks, tegevusetus olekus aga nõrgemaks. Lihased, mis teevad tööd, muutuvad jämedamaiks ja ühtlasi võimsamaiks; tegevusetuse korral jäävad aga lihased nõrgaks ning hakkavad manduma. Tugeva töötamise korral muutub tugevamaks südame ja kopsude tegevus, tegevusetuse tagajärjel nõrgenevad ka need elundid. Kui neeruhaiguse puhul üks neer loomal või inimesel välja lõigatakse, siis peab järelejäänud neer tegema kahekordse töö, et puhastada organismi erituseainetest; seesugusel juhul muutub see neer suuremaks. Kui inimene palju mõtleb, loeb ja vaidleb, siis on tema ajutegevus elav ning vaim erk; pole tal aga seesugust vaimutegevust, siis muutub ta varsti mõtteavaldusilt tuimaks ja loiuks. Nii näeme, kuidas elundite funktsioonid kohanevad tegevusega ja kuidas organism kõike seda ise reguleerib.

Et organismi funktsioonid võiksid toimuda korrapäraselt, selleks on tarvis tervet erkkonda (eriti sümpaatilist erkkonda) ja korralikult töötavaid sisenäärmeid, sest nii sümpaatiline erkkond kui ka sisenäärmete nõred ehk hormoonid teostavad organismi enesereguleerimist; need on tegurid, milledest oleneb normaalne ja ebanormaalne organismi arenemine ja toimimine.

Erkkonna funktsioonidest oli juttu eespool. Peatume seepärast vaid sisesekretsiooni ja hormoonide toimetel.

Sisesekretsioon ja hormoonid. Sisesekretsioon on organismi sisenäärmete tegevus. Need näärmed erinevad harilikest selle poolest, et nad ei oma erituskanalit ja nende nõred ehk hormoonid eritatakse otse verre, mis need kogu kehas kohe laiali kannab. Hormoonid erutavad tegevusele teatavaid elundeid, sunnivad kasvama kudesid või pärsivad (peatavad) nende tegevust. Hormoonid mõjustavad organismi vere kaudu peaaegu samuti, nagu ajud erkude kaudu. Sisenäärmete puudulik, aga ka ülielav tegevus on organismile kahjulik ning kutsub esile raskeid haigusnähtusi. Mitmete hormoonide keemiline koostis on kindlaks tehtud ja mõningaid nendest suudetakse valmistada sünteetiliselt, kasutades neid sisesekretsioonist tingitud häirete ravimiseks.

Hormoonid. 1) Kilpnäärme hormoon tekib hääleaparaadi piiril asetsevas kilpnäärmes; ta reguleerib üldist ainetevahetust ja on keha ning vaimu arenemise tasakaalustajaks. Hormooni vähesus või puudumine põhjustab energia puudust, vaimunüridust, rasvumist, hormooni liigrohkus — ainetevahetuse tormilisust, kõhnumist, südamekloppimist, närvilisust, Basedow' tõbe.

2) Kõrvalkilpnäärme hormoon tekib kilpnäärme epiteelkehakestes; hormooni puudumine kutsub esile lubiaine hulga languse veres, üldse lubjavahetuse korratuse ja krambid.

3) Neerulisandi siseosa hormoon — adrenaliin reguleerib ainetevahetust; hormooni liigsus tõstab vererõhku ja kutsub esile veresoonte koondumist.

4) Neerulisandi pinnase hormooni — kortiini puudumine võib põhjustada kiiret surma; pronkstõve ehk Addisoni tõve põhjuseks on kortiini vähesus.

5) Insuliin — kõhunäärme saarekestes (*insulae*) tekkiv hormoon, mille puudus põhjustab suhkurtõbe.

6) Sugunäärmete hormoonid reguleerivad suguelundite arenemist ja nende toimeid, aga ka sugupoolte tunnuste (meestel habemekasv, madalam hääl, lihaste tugevus, naistel — piimanäärmed, suurem rasvarikkus jne.) tekkimist.

7) Ajuripatsi esilappide hormoonid reguleerivad kilpnäärme, neerulisandi, kõhunäärme ja sugunäärmete tegevust, põhjustavad kääbustumist ja hiigelkasvu.

Peale mainitud hormoonide on tuntud veel terve rida väiksema tähtsusega hormoone. Nimetatud hormoonid esinevad inimesel ja suurel hulgal imetajaist. Alamate loomade hormoonid on seni uurimata. Taimedel on tuntud kasvuhormoonid, mis reguleerivad varre ja juurte kasvamist ja milledest oli juttu tropismide puhul.

III. Organismide ühiselu.

Elusolesed puutuvad üksteisega kokku ja mõjustavad üksteist. See kokkupuutumine võib esineda kas ajutiselt või pidevalt, kaugemalt või lähemalt. Vastavalt sellele on tekkinud mitmesugused ühiseluvormid.

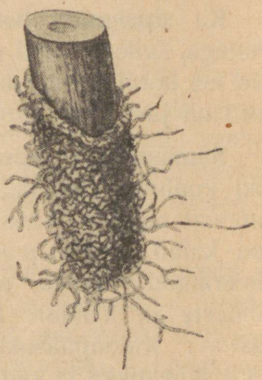
Taimede ja loomade kooselu looduslikkudes eluühiskondades, nagu tiik, mets, raba, nõmm, niit jne. Mainitud eluühiskonnad on pikaajalisel taimede ja loomade kooselamisel omandanud enamvähem kindlakujulise ilme, kuigi nii taimede kui loomade koosseis nendes muutub sõltuvuses elu välistingimustest, nagu temperatuurist, niiskusest, valgusoludest, muldkonnast jne. Et siin taimede ja loomade omavaheline tasakaal sõltub paljudest asjaoludest ning on seotud kohanemise ja olelusvõitlusega, siis peatume nendel eluühiskondadel hiljemini.

Sümbioosiks nimetatakse oleste seesugust ligidast ja püsivat kooselu, milles mõlemad pooled teineteist toetavad ning elamist vastastikku soodustavad. Sümbioosi nähtused esinevad peamiselt roheliste ja mitteroheliste taimede, roheliste ainuraksete taimede ja loomade ning mitmesuguse eluviisiga loomade vahel.

T a i m e d e s ü m b i o o s. Hästi tuntud on kooselu roheliste ainuraksete vetikate ja klorofüllivabade seeneniitide vahel — s a m b l i k e s. Rohelised vetikad saavad seeneniitidelt vett, mineraalaineid ja väljahingatavat CO_2; viimast nad kasutavad süsiniku sarnastamiseks ning süsivesikute, valkude ja rasvainete moodustamiseks, milledest seeneniidid osa endile saavad, samuti kui sarnastamisel vabaneva hapniku. Orgaaniliste toiteainete arvel elavad seeneniidid priskelt kõige kehvematel pinnastel, nagu kividel, katustel, puutüvedel, liivanõmmedel, männimetsa all jm., kus teised taimed vaevaliselt võivad elutseda. Ent pimedas ega varjus ei saa samblikud elada, sest rohelised vetikad vajavad süsiniku sarnastamiseks valgust. Samblikkudele piisab elamiseks enamasti juba vihmaveest. Kuival ajal nad kuivavad kõvaks, nende plasma muutub veevaeseks, niidikeste vahele tungib õhku ning taimekeha omandab valkja värvuse. Pärast vihma aga paisuvad samblikud vee mõjul, nende rakkudes muutub plasma vedelaks, taimekeha muutub pehmeks, roheliste vetikate rakud hakkavad süsinikku sarnastama ja taimekeha omandab rohelise värvuse. On tähele pandud, et vastastikune abi ja toetus seeneniitide ning ainuraksete roheliste

vetikate vahel on kõige soodsam siis, kui sambliku elutingimused on head. Halbades tingimustes kannatavad vetikad seeneniitide mõjul. Sellele vaatamata ei saa antud vetikate ja seente liigid üksteiseta läbi ega suuda kumbki üksikult ning iseseisvalt areneda. Samblik on seega sümbioosne liitorganism.

Teisteks sümbioosinähtusteks taimede vahel on kooselu mügarbakterite ja liblikõieliste taimede vahel. Algul mügarbakterid tungivad juurekarvakeste kaudu parasiitidena liblikõieliste taimede juurtesse (igale liblikõielise liigile vastab enamasti eri bakteriliik), toituvad seal juurtes olevatest valmis toiteainetest (peamiselt kasutades süsivesikuid); kuid et need bakterid omavad võimet siduda õhulämmastikku ning valmistada lämmastikuühendeid ja valke, siis pääseb osa lämmastikuühendeid kas elavatest või surnud bakterirakkudest liblikõieliste juurtesse ja taimedesse, mispärast liblikõielised võivad elutseda üsna hästi lämmastikuvaestel pinnastel. Pinnastes, kus puuduvad mügarbakterid, ja steriilsetes kultuurides kasvavad liblikõielised taimed halvasti, millest selgub, et mügarbakterid on nendele taimedele kasulikud.



Joon. 51. Mükoriisa juureotsal.

Ka juureseened ehk mükoriisa kõrgemate roheliste taimede juureotstel (okaspuudel, kanarbikulistel, käpalistel, kaselistel jt.), mis asendavad juurekarvakesi, aitavad nimetatud taimi toiteainete ja vee ammutamisel mullast, mispärast siingi on tegemist sümbioosiga.

Sümbioos ainuraksete roheliste taimede ja loomade vahel esineb peamiselt vees elutsevatel loomadel. Nii elavad ainuraksed rohelised, kollakad või pruunikad vetikad koos hüdrade, käsnade, meduuside, ripsloomade, amööbidega jt. Need vetikad sarnastavad süsinikku, valmistavad orgaanilisi toiteaineid ning eritavad hapnikku. Loomad kasutavad hapnikku ja orgaanilisi aineid, selle eest aga varustavad vetikaid CO_2 ning mineraalainetega.

Kooselu kõrgemate taimede ja sipelgate vahel esineb troopikamail nn. sipelgataimedes, millede käikudega

läbitud muguljates või õõnsates vartes elutsevad mitmed sipelgaliigid. Viimased saavad taimedelt varju ja kaitset pesade ehitamiseks ning toiduna lehtede lisandeid; tasuks selle eest nad kaitsevad taimi mitmesuguste loomade (kahjurite) vastu ning mõned taimed suudavad kasutada ka sipelgate väljaheiteid endile toiduks. Üldiselt on aga kasu, mida taimed saavad sipelgatelt, märgatavalt väiksem sellest, mis sipelgad saavad taimedelt.

L o o m a d e s ü m b i o o s esineb harvemini. Heaks näiteks selle kohta on erakvähi ja meriroosiliste kooselu laenatud limusekarbil ja -karbis. Erakvähk elab karbis, aktiin aga kinnitub karbi pinnale ja laseb end vähist edasi vedada uutele söödamaadele ning parematesse hingamistingimustesse. Sõidutamise tasuks kaitseb aktiin vähki oma kõrverakkudega. Peale selle langeb nii mõnigi kõrvekapsli mürgise niidiga tabatud loom vähile toiduks.

Ka sipelgate kooselu lehetäidega, nn. külalismardikatega ja teistega, kelledelt nad saavad toiduks eritusaineid ning kellede eest nad ise hoolitsevad, moodustab kooseluvormi, kuid kas see iga kord on just vabatahtlik, pole päris selge.

Samasse liiki kuuluvate loomade ja taimede ühiselu. Ühte liiki kuuluvad loomad elutsevad sageli — kord pikemat, kord lühemat aega — koos k a r j a d e või p a r v e d e n a. Nii ujuvad kalad suurte p a a r i t u s p a r v e d e n a kudemiskohtadele (heeringad, räimed, sardiinid, lõhed jt.). Kas nad sellega on inimeste ja kiskjate kalade vastu paremini kaitstud, on väga küsitav. Kaldapääsukesed, mustad varesed, hakid jt. p e s i t s e v a d lähestikku ja kaitsevad ühiselt endid ja oma pesi röövlindude ja kiskjate loomade vastu. Linnud lendavad pärast haudeaega parvedena, rändlinnud sooritavad rändretked parvedes. Peelikanid püüavad vees parvedena liikudes kalu, kusjuures nad kalad madalatele kohtadele kokku ajavad. Hundid käivad talvel ühiselt karjadena jahil. Metshobused, kaamelid, seebrad, antiloobid, elevandid jt. elavad steppides suurte karjadena koos vanemate ja kogenud loomade juhtimisel, mispuhul nad suudavad endid vaenlaste vastu hästi kaitseda või — valvurite väljasolekul — aegsasti põgenema hakata. Ka mitmed putukate liigid liiguvad parvedena, nagu kiilid, sääsed, ühepäevikud jt.

Kõikides mainitud ühiseluvormides on loomad vastastikku võrdlemisi vähe kohastunud. Samuti on tööjaotus parvedes ja karjades elamisel üsna algeline.

Ühte liiki kuuluvate taimede kooskasvamisel tekib nende vahel alati olelusvõitlus ruumi, valguse, niiskuse ja mullas leiduvate toiteainete pärast. Selles võitluses hävivad nõrgemad ja jäävad järele tugevamad ning tervemad. Niisugust võitlust ja üksteise kogumikust väljatõrjumist on eriti soodus jälgida noores tihedas metsas, kus igal sammul võib kohata olelusvõitluse ohvreid — kas surnud või rõhutud puudena.

Mitmet liiki taimede vahel on olelusvõitlus mõnikord nõrgem, eriti kui kokku satuvad eri nõuetega taimed, näit. valgusnõudlikud ja varjutaimed. Teisel juhul võib aga siingi võitlus olla üsna äge, näit. kultuurtaimede ja umbrohtude vahel, kus viimased võitjatena esinevad, kui inimene vahele ei sega.

Ühiskondlikud ehk pesakondlikud putukad.

Siia kuuluvad mesilased, sipelgad ja termiidid, kes elavad suurte pesakondadena, milledes isendite arv ulatub paljudesse tuhandetesse (mesilastel 50 000—70 000 isendit, termiitidel veelgi rohkem). Kõikide mainitud putukate ühiskonnas on läbi viidud tööjaotus, millele vastavalt ka isendite kehaehitus on diferentseerunud.

Igas mesiperes on üks emamesilane, mõni tuhat isamesilast ehk leske ja suur hulk töölisi. Emamesilane ja töölised on varustatud astlaga. Emamesilase ülesandeks on munemine; töölised koguvad taimeõitest mesinestet, õietolmu, taruvaiku, valmistavad vaha, ehitavad kärgi, hoolitsevad tõukude ja munetud munade eest; isamesilaste ülesanne on emamesilase pulmalennust osavõtmine. Tööjaotuse tagajärjel suudavad mesilased hästi korraldada oma pesa ning koguda toidutagavarasid talveks.

Sipelgatel on peale tiivuliste emaste ja isaste isendite veel tiivutud töölised ning mõningatel liikidel jämedapealised ning tugevate lõugadega sõdurid. Termiitide pesas on tiivulised isased ja emased (kes pärast sugutumist tiivad ära heidavad) ning tiivutud töölised ja sõdurid. Sipelgatel ja termiitidel on tööjaotus veelgi kaugemale arenenud kui mesilaste juures — pesa kaitsemine on jäetud peamiselt sõdurite hooleks.

Ühiskondlikke putukaid seob nende pesaga hool järglaste eest kui ka vastastikune üksteise aitamine. Oma pesa liikmeid tuntakse

arvatavasti lõhna järgi. Sageli maksab siin hädaohu korral põhimõte: üks kõigi eest ja kõik ühe eest, põhimõte, mis on kehtiv ka inimühiskonnas.

Et ühinemises peitub jõud ja et ühiselt võib palju suuremate ülesannetega toime tulla kui üksikult, seda näeme selgesti ühiskondlike loomade ja putukate elu tundma õppides. Milliseid keeruka ehitusega ja pikki paise ehitavad koprad Kanada jõgedele ühisel jõul, et hoida veepinda jõgedes ja oma pesades ühel tasemel! Sellega ei saaks kunagi hakkama üksikud loomad. Samuti ei suudaks üksik mesilane ilmaski kärgi ehitada seesuguse materjali kokkuhoiuga ning suure täpsusega, varuda talveks vajalikul hulgal toitu ning — peaasi — säilitada pesas külmal talvel elamiseks tarvilikku soojust, nagu see tegelikult toimub mesiperedes. Termiidid võtavad ette päris korralikke sõjaretki, lõikavad suure osavusega katki taimelehti, tassivad neid oma pessa ja kasvatavad poolmädanevail lehetükkidel endile „salatina" seeni.

Eluühiskonnad.

Taimede seemned võivad kanduda mitmele poole maapinnal. Nendest arenevad taimed aga ainult seal, kus leiduvad vajalikud niiskus-, valgus-, soojus- ja muldkonnatingimused. Sel viisil „valivad" taimed endile maapinnal paraja paiga kasvamiseks. Nii on tekkinud kindlailmelised ja vastava liikide koostisega taimede rühmitised ehk t a i m e ü h i n g u d, nagu mets, nõmm, niit, soo, raba, veetaimede-ühingud jt. Igaühes mainitud taimeühinguist elutsevad aga ka vastavad loomad ja nimelt niisugused, kes leiavad endile sealt vajalikku toitu ja varju. Taimeühingud koos seal elutsevate loomadega moodustavad e l u ü h i s k o n n a d.

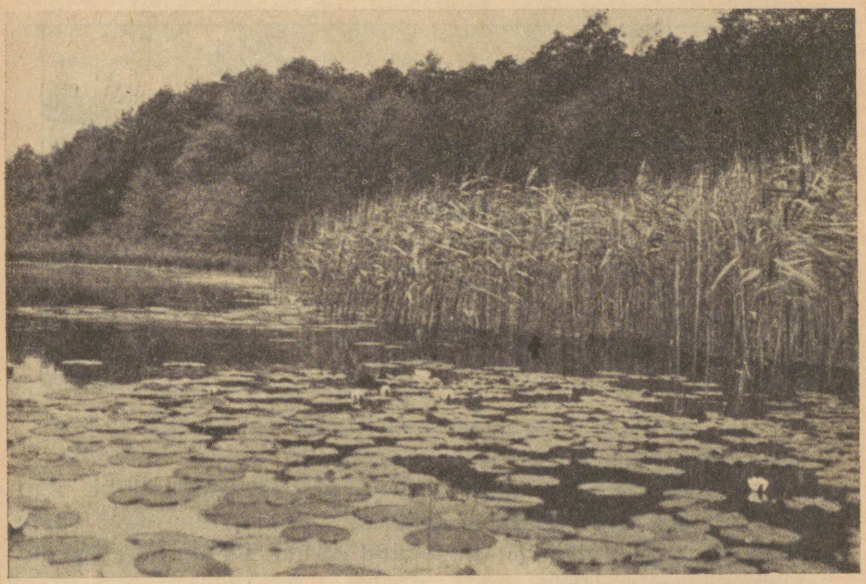
Hästi väljakujunenud eluühiskondades valitseb taimede ja loomade vahel alati teatud tasakaal — mitte üksnes liikide koostises, vaid ka isendite üldarvus, sest igas eluühiskonnas leidub ruumi ja toitu ainult piiratud arvule organismidele. Mainitud tasakaal võib püsida pikemat aega, mispuhul eluühiskonna ilme jääb enam-vähem muutumatuks, või see tasakaal muutub järjest, põhjustades sellega ka eluühiskonna teisenemist.

Kui tahame loodust põhjalikumalt tundma õppida ja selle elunähtustesse süveneda, siis ei pääse me kuidagi mööda elu-

ühiskondadest. Looduslike eluühiskondade kõrval tuleb sel puhul silmas pidada veel kunstlikke, inimese kaasmõjul kujunenuid, nagu seda on põld, aed, kultuurmets, -niit jt.

Järv.

Nagu eespool selgitatud, on organismide elutingimused vees vähem muutlikud kui kuival, mispärast ka olesed vees on üldiselt nii kujult kui toimeilt ühtlasema ilmega. Kindlapiirilises veekogus, nagu seda on enamik meie seisva veega paisjärvi, on taimede ja



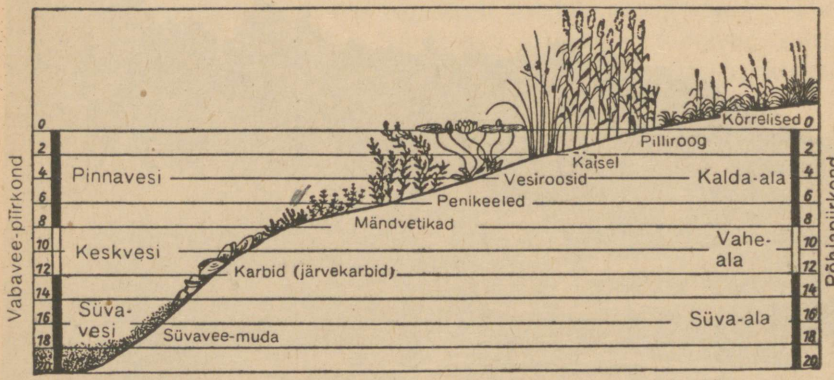
Joon. 52. Järvekalda taimestik, esiplaanil vesiroosid ja pillirood.

loomade vahekorrad kujunenud selgepiirilisteks, mispärast vesikonna elunähtuste uurimine on üks lihtsamini teostatavaid, sealjuures aga õige huvitav.

Taimede vöötmed kaldapiiril. Järvele lähenedes märkame juba eemalt kahte erinevat taimevöödet järvepiiril: maa poolt tungivad järve poole puud-põõsad ja rohttaimed, järveveest aga

tõusevad üles sirged kaislad ja rood. Nii kohtub järvekaldal kaks taimerinnet: ühelt poolt kuiva maa ja teiselt poolt veetaimed.

Silmitseme ligemalt mõlemat rinnet. Puudest ulatuvad kuni järvekaldani ainult pajud ja lepad, harva ka mõni kask. Kaks esimest puud on tüüpilised hapu ja niiske mulla taimed, viimane — sookask — vajab samuti kasvamiseks rohkesti niiskust, sest tema juured levivad maapinna ligidal. Peale puude-põõsaste kasvavad hapus ja vesises pinnases rohttaimed, nagu tarnad, lõikheinad, kõrkjad, ubalehed, soopihlad, sookuuskjalad jt. Kuni veepiirdeni, sageli isegi sellest üle tungivad ubalehed, soopihlad ja ujuvad penikeeled. Kõikidel mainitud taimedel pole õieti mingit ühendust



Joon. 53. Taimede vöötmed järves.

järve elukonnaga, sest nad ulatuvad kõigest kaldapiirini. Ent niipea kui vee-eluühiskonnas tasakaal muutub, kui algab järve soostumine, siis alustavad nimetatud kaldataimed kohe ägedat pealetungi veetaimedele.

Rannaäärsed madala vee taimed (kuni 2 m sügavuseni) on roog (pilliroog) ja järvekaisel; esimene neist eelistab liivarikast järvepõhja, teine kasvab rohkem savimudasel pinnasel. Need taimed moodustavad sageli puhtaid ühe liigi kogumikke ehk unioone. Kaldapiiri ja roostiku vahel kohtame madalas vees veel konnarohtu, kõõluslehte, vesiosja jt. Kaisla-pilliroo-vöötmest sügavamal kasvavad aga juba veealused taimed, milledel veepinnale ulatuvad õied ja ujuvad lehed, nagu ujuval penikeelel, valgel vesiroosil ja jõekupul, või ainult õied (veealustel peni-

keeltel). Vesirooside-penikeelte-vööde ulatub kuni 6 m sügavusele. Veel sügavamal (kuni 8 m) kasvavad veealused samblad ja mändvetikad. Penikeelte ja vesirooside vahel leidub sageli veepinnal ujuvaid taimi, nagu kilbukas, vesilääts, aga ka veealuseid, nagu kanada vesikatk, mitmed kiudvetikad jne. Mitmesugused vetikate liigid ulatuvad kuni 12 m sügavuseni; osa nendest kinnitub veealuste taimeosade või põhja külge, teine osa aga hõljub vees. Sealt peale, kus taimed enam veepinnale ei ulatu, algab vaba vesi.

Pisiloomad rannataimede-vöötmes. Veetaimede vahel valitseb väga vilgas elu: loendamatul arvul roomab ja ujub siin tigusid, järvekarpe, alamaid usse, pisivähke, putukate vastseid mitmesuguse kuju ja suurusega. Pole ühtki taimevart, mida mööda ei roniks loomad. Samuti kubiseb rannaäärne muda pisiloomadest. Veelinnud ja kalad leiavad siit alati külluses toitu. Kui siia juurde arvata veel ainuraksed ja ainuõõssed loomad, samuti ka mudas elutsevad bakterid, mis on ametis järvepõhja langenud taime- ja loomajäätmete lagundamisega, siis võime rannapiirkonnast lahkuda ning pöörata pilgud vaba vee poole.

Järveplankton. Vastandina järve rannaäärsele põhjaelanikkonnale leiame vaba vee piirkonnast alates ning järve keskele suundudes rohkesti pisielukaid küll ainuraksete loomade ja taimedena, küll koloonialiste vormidena, kes püsivad kogu aeg hõljuvas olekus veepinna ligidal, seal, kus on külluses valgust ja õhku. Neid mikroskoopilisi hõljuvaid taimi ja loomi nimetatakse p l a n k t o n i k s. Paljud seesugused plankton-olesed on varustatud viburite või ripsmetega ja võivad vabalt kulgeda. Teised püsivad veepinna ligidal lima, õli ja rasvainete mõjul, mis nende keha erikaalu vähendavad. Mida mineraalsoolade-rikkam on järvevesi, seda rohkem sigib selles plankton-taimi ja -loomi. Plankton moodustab aga kalamaimude põhitoidu. Seepärast — mida planktonirikkam on järvevesi, seda kalarikkam on järv.

Toiteainete ringkäik järvevees. Järve elanikkonnas tuleb eristada kolme olesterühma: a) rohelisi taimi kui o r g a a n i l i s t e t o i t e a i n e t e p r o d u t s e e r i j a i d, b) loomorganisme ja klorofüllivabu taimi kui o r g a a n i l i s t e a i n e t e k a s u t a j a i d ning c) baktereid kui j ä ä t m e t e l a g u n d a j a i d. Kahe esimese rühma vastastikune sõltuvus on meil teada. Kolmanda rühma oleste — bakterite — tähtsus ja ülesanded vees vajavad väheseid lisaseletusi. Kujutleme vaid seda, kui palju langeb

järvepõhja taimede ja loomade laipu ning jäätmeid, eriti sügisel pärast rannaäärse taimestiku suremist, loomade väljaheiteid jne. Järvepõhjas ei esine aga sel hulgal hapnikku, et need ained saaksid ära kõduneda, nagu see toimub maapinnal. Kui ei leiduks baktereid järvevees, kes vähese hapniku juuresolekul (mõned ka hoopis ilma hapnikuta — nagu soogaasi käärimisbakterid) suudavad järvepõhja langenud orgaanilisi jäätmeid edasi lagundada kuni süsihappegaasini, veeni ja mineraalsooladeni, siis koguneks veekogude põhja varsti nii rohkesti orgaanilist ainet ja muda, et järvepõhi kiiresti kerkiks, vaba vesi pidevalt väheneks ja elusolesed järvedest varsti kaoksid. Seepärast tuleb bakterite kui järvepõhja puhastajate tööd kõrgelt hinnata. Paljudes meie järvedes, kuhu hapniku juurdepääs on väike ja bakterite tegevus nõrk, ei suudeta kõiki järvepõhja langenud jäätmeid ära lagundada ning sinna koguneb aastast-aastasse ikka rohkem muda, mis järvedele ja nende elukonnale varsti saatuslikuks muutub.

Järve hingamine. Järvevee pinnakihid saavad hapnikku õhust. Lainete mõjul pääseb hapnikku ka sügavamale vette. Veealused rohelised taimed — samuti kui roheline hõljuv plankton — aitavad järvevett hapnikuga varustada. Kuid kõik mainitud tegurid suudavad varustada hapnikuga ikkagi ainult ülemisi veekihte. Järvepõhja, kui see on üle 6—8 m sügaval, pääseb hapnikku vähe. Suvel soojenevad järvevee ülemised kihid, järve põhja aga jääb külm ja raske vesi, mille temp. kõigub 5—7° C vahel — sõltuvuses järve sügavusest. Igal sügisel toimub aga järveveega suur muutus: vesi hakkab jahenema nii päeval kui öösi. Lõpuks jõuab temperatuur järvepinnal +4°, kus vesi on omandanud maksimaalse tiheduse. Järvepõhjas on aga vee temp. kõrgem, 5—6° C. Nüüd langeb raske pinnavesi alla põhja ja surub soojema ning kergema vee sealt üles. Nii toimub see korduvalt, kuni järvevesi jahtub ühtlaselt +4°. Ühes pinnavee kihtide põhjalangemisega viiakse järvepõhja rohkesti hapnikku. Nii hingab järv igal sügisel võimsalt tugevate sõõmudega ja varustub hapnikuga järgmiseks aastaks. Selle hingamise ja vee varustumise tõttu hapnikuga võib elu järves aastast-aastasse edasi kesta. Mainitud vee ringkäik järvepinnalt põhja ja tagasi tõstab järvepõhja veega üles süsihappegaasi ja mineraalained ning segab toiteained järvevees ühtlaselt segi. See õhuhapniku ja ainete ringkäik järvevees on olulise tähtsusega nii üksikoleste kui kogu järve eluühiskonna majapidamises, mis on seotud järve kui eluruumiga.

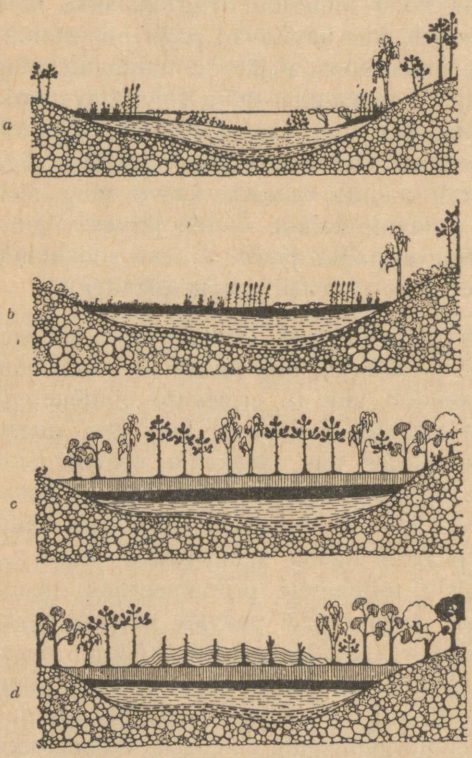
Elutasakaal ja selle nihkumised järve-eluühiskonnas. Kõik järve-eluühiskonda kuuluvad organismid alluvad elutingimuste perioodilistele võnkumistele. Kui need võnkumised kulgevad normaalselt ega kutsu esile suuremaid eluühiskonna tasakaalu muutusi, siis vahekorrad kolme elu põhirühma (org. ainete tootjate, kasutajate ja jäätmete lagundajate) vahel ei muutu. Kuid kui ilmuvad tegurid, mis üht või teist põhirühma valjemalt tabavad, võib tasakaal eluühiskonnas kohe muutuda. Kui lastakse näit. järve hulk kiskjaid kalu (hauge), kes hävitavad palju põhjatoidulisi kalu, muutub loomorganismide koostis järves tunduvalt ning viib järveelu tasakaalust välja. Samasugust mõju võivad avaldada kiskjad veeloomad (saarmas, vesirott jt.). Taimedele avaldab saatuslikku mõju kanada vesikatk, mis Euroopa vetes on väga laialt levinud ja mis lämmatab muude taimede kasvu ning teeb loomade — eriti vaba vett vajavate kalade — elu järves võimatuks. Kanada vesikatku mõjul on paljud järved kiiresti soostunud, sest järvepõhja kuhjub selle taime jäätmeid hiiglahulkadena.

Eluühiskonna seisukohalt pole niivõrra tähtis üksikorganismi — olgu see taime või looma — elu, kui liigi püsimine. Kui mõni liik ühiskonnast kaob või asendub uue ja erinevate elunõuetega liigiga, siis on eluühiskonna tasakaal kadunud; kuni see uuesti stabiliseerub, kulub aega, kusjuures uue tasakaalu saavutamisel võib eluühiskond omandada hoopis uue ilme. Eluühiskonna tasakaalu säilitamiseks on tarvis kõikide organismide liikide säilitamist (sigimine ja häving peavad olema enam-vähem ühetugevused), kusjuures orgaaniliste toiteainete produtseerijad, nende ainete kasutajad ning jääkide lagundajad peavad püsima omavahel tasakaalus. Et viimast saavutada, peavad kõikide organismide keerukad elunõuded rahuldamist leidma. Kui aga eluühiskonna tasakaal on rikutud, kui näit. selge veega järv muutub haisevaks veekoguks ning loomorganismide elamiseks kõlbmatuks, tekib küsimus, kas nii suurt tasakaaluriket üldse on võimalik parandada ja kas niisugusest veekogust veel kunagi saab kujuneda selge veega järv?

Eluühiskonna tasakaal pole kunagi päris stabiilne (staatiline), vaid väikeste võnkumistega ühes või teises suunas (dünaamiline tasakaal), kusjuures need võnkumised toimuvad ühe keskpunkti ümber või nihkuvad pidevalt mõnes suunas edasi. Esimesel juhul eluühiskonna üldine tasakaal jääb püsima, teisel juhul see muutub

ühes kindlas suunas. Tasakaalu peab eluühiskond ise suutma jalule seada. Kui ta seda enam ei suuda, peab see eluühiskond paratamatult muutuma ning andma koha uuele.

Järve-eluühiskonna järkjärguline muutumine. Kui eluühiskonnal kaob eneseregulleerimisvõime, siis algab tema laostumine, mis lõpeb selle eluühiskonna ümberkujunemisega uueks ühiskonnaks. Nii toimub see ka järves. Meie kodumaal on vähe järvi, mis ei kanna eneses muutumise ja surma idusid. Suur hulk järvi on soostumise tagajärjel ammu kadunud, kattunud rohukamaraga ja metsaga või maetud raba põhja.



Joon. 54. Järve soostumine ja kinnikasvamine: *b* — madalsoo, *c* — kase-männi lodumets, *d* — kõrgraba.

Järvede soostumise peapõhjuseks on orgaanilise aine kuhjumine järvepõhja, kui bakterid ei suuda seda lagundada. Muda rikastub mineraalsooladega, eriti lämmastikuühenditega; koguneva muda mõjul hakkab järvepõhi kerkima. Ja et taimekasv on kõige rikkalikum ranna ligidal, siis tekibki siin muda kõige rohkem. Nüüd algab kaldataimede pealetung järvele, kusjuures madala vee taimed taganevad eest sügavamasse vette. Esimestena sirutavad oma varred üle kaldajoone veepinnale ujuv penikeel, ubaleht ja soopihl. Nende tugevad varred moodustavad ujuksilla veepinnal, millele koguneb kõntsa ning õhust tolmuna mineraalaineid ja kus hakkavad kasvama teised kaldataimed. Nii tekib pehme ja hõljuv järvekallas. See muutub rohttaimede ja vesisambla lopsaka kasvu

tõttu kiiresti paksemaks, vajub sügavamale vette, ulatub varsti kokku mudakihiga ning moodustab kindla aluse põõsastele ja puutaimedele. Nii toimub järvepinna kinnikasvamine ja järve muutumine madalsooks, mille keskel näeme veel läikivat lagedat vett. Varsti kaovad aga kõik laukad vaba veega. Paksus järvepinda katvas kamaras tekib rohkesti huumushapet, mis mõjustab konservivalt taimejäätmeid ja takistab nende kõdunemist ning täielikku mineraliseerumist. Poolkõdunenud taimeosadest hakkab tekkima turbakiht, mis muutub iga aastaga ikka paksemaks. Seesugusele soole on iseloomustav kõrgeleulatuv põhjavesi, s. o. endine järvevesi, mis on rikas sooladelt. Soopinnal hakkavad kasvama puutaimed — pajud, lepad ja kased; tekib lepa-kase lodumets.

Turba moodustamisest võtavad nüüd osa ka puutaimed. Turbakiht pakseneb jõudsalt, kasvab kõrguses ja muutub kuivemaks. Kuivemaks muutunud pinnasest taganevad lepad; nende asemele ilmuvad enamasti männid. Tekib uut tüüpi lodumets, mille juhttaimedeks on kask ja mänd.

Kuiv kase-männi lodumetsa pinnas on muutunud toiteainete (soolade) poolest vaeseks, sest sooladerikas põhjavesi ei ulatu enam siia. See mõjustab tugevasti taimekasvu. Metsa alt hakkavad kaduma taimed, mis vajavad rohkemal määral mitmesuguseid toitesooli. Mänd ja kask on mineraalainete suhtes vähenõudlikud. Nendega seltsivad varsti pinnasest toitesooli mitte nõudvad ja peamiselt vihmaveest ning selles leiduvatest soolajälgedest elatuvad rabasamblad (*Sphagnum*). Algul tekivad rabasambla mättad niiskematesse lohkudesse. Et aga rabasammal väga kiiresti sigib ja jõudsalt kasvab, siis täituvad lohud varsti samblaga ning sealt tungivad rabasamblad edasi igale poole, kattes peagi tervet metsaalust. Nagu käsn imeb rabasammal-polster endasse vihmavett. Niiskuse mõjul on rabasambla kasv kõige tugevam sammalkatte keskosas, mis tõuseb äärtest varsti mitme meetri võrra kõrgemaks. Eluühiskond on jõudnud seega hoopis uude faasi: on tekkinud kõrgraba.

Kõrgraba edaspidine saatus oleneb peamiselt sademete rohkusest. On sademeid külluses, kasvab rabasammal ning kerkivad rabaturba kihid. Sel korral lämmatab rabasammal varsti teised taimed. Puude juured surevad sügava samblakihi all hapniku puudusel: kased ja männid kuivavad ning kõrgraba muutub lagedaks.

Kuid ühes puude kuivamise ja kadumisega, mis kaitsesid rabapinda põletavate päikesekiirte eest, hakkab lage rabapind ka ise kuivama. Kuivuse tagajärjel jääb rabasambla kasv lõpuks nõrgaks või lakkab hoopis. Nüüd hakkavad kõduneva rabaturba pinnasel kasvama valgusnõudlikud ja vähese mineraalainete hulgaga leppivad taimed, nagu samblikud ja kanarbik. Kõrgraba muutub kanarbikunõmmeks.

Seisatudes sügisel õitseval kanarbikunõmmel, mõeldakse vaevalt sellele, et too jalgealune on endine järv, mis kinni kasvades muutus algul madalsooks, siis lodumetsaks, edasi kõrgrabaks ning lõpuks kanarbikunõmmeks. Kuigi mainitud ühiskondades paistavad esijoones silma taimed, seltsivad iga taimeühiskonnaga alati vastavad loomad: igast taimeühingust kujuneb eluühiskond. Nii valitsevad nõmmel, kõrgrabas, lodumetsas ja madalsoos taimede ja loomade vahel kindlad suhted, valitseb organismide tasakaal. Seda tasakaalu ning selle tekkimist oli võimalik järve-eluühiskonnas hästi näha ja mõista. Teistes ühiskondades on need vahekorrad rohkem peidetud, raskemini nähtavad ja mõistetavad. Paljudel juhtudel me ei tunne neid hoopiski. Seepärast me nende juures üksikasjalikumalt ei peatu.

Mets.

Meie metsad on suures enamikus okasmetsad (70%), milledes kasvavad männid ja kuused; väiksema osa moodustavad sega- ja lehtmetsad (30%), milledes leidub kaski, haabu, leppi, tammi, pärni jt. puid. Iga täiskasvanud mets on kujunenud tasakaalustatud eluühiskonnaks. Noores metsas pole see tasakaal veel saavutatud.

Metsapuude elunõudeid. Igal puuliigil on oma nõuded temperatuuri, valguse, niiskuse ja mullastiku koostise suhtes. Antud koha tingimustele vastavalt kujuneb metsa koostis ning selle üldine ilme.

Meie kodumaa puud on kõik kohanenud karmi põhjamaa kliimaga ning suudavad taluda ka kõige valjemat talvekülma. Õrnemad on võõramaa tulnukad, milliseid aga metsades harva leidub. Üldse võivad metsad tekkida ainult seal, kus suvekuude (juuni, juuli ja augusti) keskteemperatuur ei lange alla +10° C.

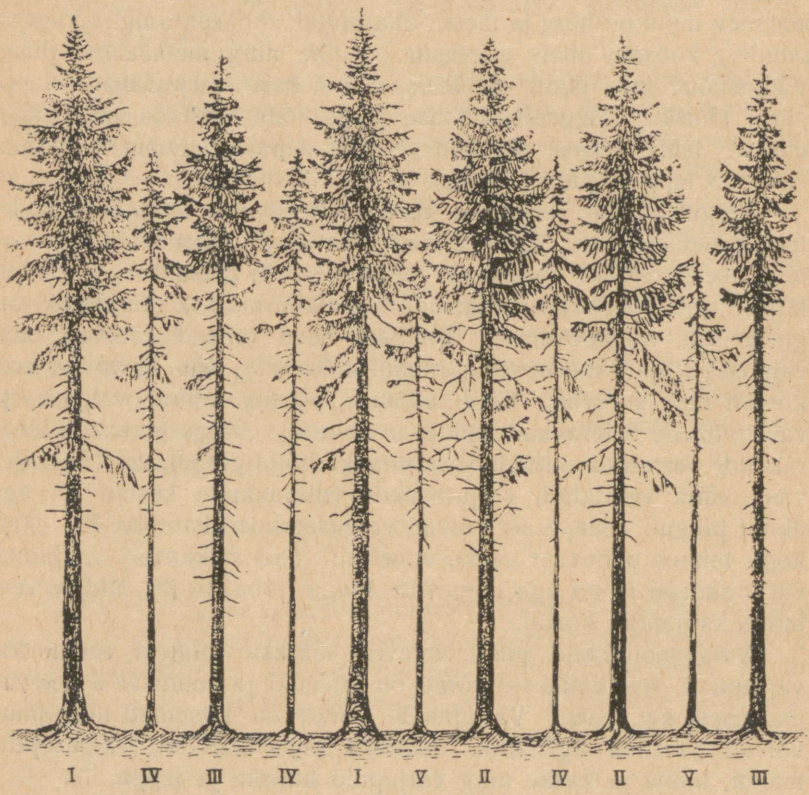
Hoopis suuremal määral erinevad puutaimede nõuded valguse suhtes. Siin tuleb eristada valgusnõudlikke ja varjutaluvaid puid. Esimestel on lehed või okkad asetatud hõredalt, nii et valgus igale lehele hästi juurde pääseb, kuna varjus lehed ära kuivavad; valgusnõudlike puude lehed on pisemad, kloroplastid nende leherakkudes väiksemad kui varjupuudel. Valgusnõudlikest puudest koosnev mets on hõre ja metsa alla ulatub rohkesti valgust, varjupuudest koosnev mets seevastu on tihe ning metsaalune pime. Valgusnõudlikud puud on lehis, mänd, kask, varjupuud — lepp, pärn, kuusk. Valgusnõudlikkuse järgi võib reastada puid järgmiselt: lehis > kask > mänd > haab > paju > tamm > saar > vaher > lepp > pärn > kuusk > pöök.

Valgusnõudeilt erinevad mitte üksnes metsapuud, vaid ka teised metsataimed. Suur enamik metsa all kasvavaid taimi — olgu need samblad, sõnajalad, rohttaimed või põõsad — on varjutaimed, mis suudavad sarnastada süsinikku märksa nõrgemas valguses kui valgusetaimed. Ent kui need taimed satuvad täisvalgusse (näit. metsa maharaiumise korral), siis kuivavad nad kiiresti ning surevad. Selle nähtuse põhjus peitub valguse- ja varjutaimede leherakkude erinevas ehituses. Valgusetaimede leherakkude kestad on mitte üksnes turgori mõjul pingul, vaid ka tugevasti välja venitatud, varjutaimede leherakkude kestad on aga ainult pingul. Seepärast võivad valgusetaimed kaotada 25—30% kogu taimes peituvast veest, enne kui nad hakkavad närbuma, varjutaimede lehed aga langevad longu juba 2—3% üldise veehulga kaotamise korral.

Valgusnõudlikud puud vajavad märksa rohkem ruumi kui varjupuud, sest esimeste võrad on laiemad ja puud ise asetsevad üksteisest kaugemal. Varjupuude võrad on kitsamad ning puud võivad kasvada ligistikku. Näitena olgu mainitud valgusepuid mändi, lehist ja kaske ning varjupuid kuuske ja leppa.

Niiskuse vajaduselt on puudel ja metsataimedel samuti suuri erinevusi. Puud, millede juurestik on laialatuslik ning tungib sügavamale mulda, saavad mullast niiskust paremini kätte kui need, millede juurestik areneb maapinna ligidal. Teiselt poolt aga vajavad laiavõralised ja laiade lehtedega puud transpiratsiooniks rohkem vett kui väiksema aurumispinnaga taimed. Niiskuse nõudlikkuse järgi võib puid reastada järgmiselt: paju > saar > kask > haab > pärn > tamm > kuusk > vaher > mänd. Palju niiskust vajavad paju, saar, vähemaga lepivad vaher, mänd.

Lõpuks on puudel eri nõuded mulla koostise ja seal leiduvate toitesoolade suhtes. Üldiselt vajavad lehtpuud, mis iga aasta uued lehed moodustavad ja millede võrsete kasv on suurem kui okaspuudel, viimastest paremat mulda. Kuid ka niisugused puud, millede juurestik püsib maapinna ligidal ega tungi



Joon. 55. Metsapuude klassid: I — ainuvalitsejad, II — valitsejad, III — kaasvalitsejad, IV — varjatud, V — rõhutud puud.

sügavale mulda, vajavad rammusamat mulda. Üldjoontes on puud mullastiku headuse nõudlikkuselt järgmiselt reastatavad: jalakas > saar > vaher > tamm > pärn > sanglepp > paju > kuusk > hall lepp > kask > lehis > kadakas > mänd. Sellest reast näeme, et kõige paremat mullastikku vajavad jalakas ja saar ning et kõige kehvema pinnasega lepivad kask, kadakas ja mänd.

Olelusvõitlus metsapuude vahel. Tähelepanelik vaatleja võib metsas igal sammul võitlusjälgi näha. Olelusvõitlus taimede vahel toimub esiteks samasse liiki kuuluvate taimede ja teiseks eri taimeliikide vahel. Võitlus käib esijoones puude vahel valguse ja eluruumi pärast, aga ka niiskuse ja toitesoolade ümber. Võitluse tulemused valguse ja ruumi saavutamisel avalduvad puude maapealsetes osades — tüve tugevuses ja kõrguses, võra ulatuses ja laiuses; võitlus niiskuse ja toitesoolade pärast toimub aga maa all puude juurestikkude vahel, mispärast seda pole tavalisel vaatlemisel võimalik näha. Mida vanemaks kasvavad puud, seda rohkem ruumi nad vajavad, seda ägedamaks muutub nende omavaheline võitlus (kuni viljakandeea saabumiseni) ja seda suuremad on erinevused puude mõõtmetes ja võra ulatuses. Noori puid, näit. mändi või kuuski, kasvab 1 ha-l kümneid tuhandeid, 100 a. vanuseid aga ainult mõnisada. Suur enamik on langenud olelusvõitluses ning surnud. Seesuguseid surevaid või surnud puid võime metsas tihti kohata.

Metsanduses jagatakse metsapuud nende suuruse, tervise ja võra arenemise järgi viide klassi: I kl.: a i n u v a l i t s e j a d, mis ulatuvad kõrguselt teistest puudest üle ja millede võrad on täiuslikud; II kl.: v a l i t s e j a d — eelmistest pisut nõrgema võraga, muidu aga nendega enam-vähem võrdse kõrgusega; III kl.: k a a s v a l i t s e j a d — eelmiste klasside esindajaist veidi lühemad, võrad külgedelt kokku surutud; mainitud kolme klassi esindajad moodustavad elujõulise osa metsast; IV kl.: v a r j a t u d puud, jäävad eelmiste varju, nende võrad ulatuvad osaliselt 3 esimese klassi puude võrade vahele; V kl.: r õ h u t u d puud, millede võrad jäävad valitsevate puude võradest madalamale ja mis lühema või pikema aja vältel hoopis ära kuivavad. Nii toimub metsapuude eristumine olelusvõitluse tulemusena, ühes sellega aga ka metsa harvenemine, mille kohta annab ülevaate järgmine tabel.

Puude vanus	Puude arv 1 hektaaril	
	männid	kuused
20-aastased	11 750	23 163
40- „	3 525	3 123
60- „	940	1 509
80- „	587	971
100- „	461	700
120- „	383	596

Toodud tabelist näeme, et valgusnõudlikud männid vajavad varju taluvatest kuuskedest märksa rohkem ruumi ja et männimetsa harvenemine toimub kuusikust kiiremini vanemas eas — 40. a. alates.

Nõnda areneb olelusvõitlus ühte liiki kuuluvate metsapuude vahel. Selles võitluses jäävad võitjaiks tugevamad liigiesindajad.

Edasi on uurimised näidanud, et olelusvõitlus toimub seda suurema ägedusega, mida paremad on kasvutingimused; on leitud, et paremates mullastikuoludes on nii valitsevate kui ka rõhutud puude arv suhteliselt väiksem kui kehvematel pinnastel. Üldse on võitlus puude vahel kõige tugevam nende täiskasvuliseks saamise perioodil, s. o. siis, mil puud hakkavad vilja kandma. Vanemas eas konkurents puude vahel langeb.

Võitlus eri liikidesse kuuluvate puude vahel pole sugugi vähem huvitav. Siin on võitluse otsustajaks mitte alati puu tugevus, vaid rida teisi tegureid, kõigepealt elunõuete ulatus: võitjaks jäävad alati need liigid, mis lepivad vähemaga. Kui mingil pinnasel kasvavad koos männid ja kuused, siis (kui inimene end võitlusse ei sega) jäävad siia lõpuks kasvama ainult kuused, mis lepivad vähema valgusega kui männid. Kuused kasvavad noortena mändide all varjus, jõuavad neile keskealistena kasvus järele, hakkavad siitpeale mände varjama, kasvavad viimastest lõpuks üle ning lämmatavad need. Samuti lõpeb võitlus kase-kuuse segametsas kuuskede võiduga, kase-pärna segametsas pärnade võiduga jne. Kõikidel mainitud juhtudel on otsustavaks teguriks taimede kasvamiseks vajalik valgushulk. Ent samalaadselt võivad metsapuude eri liikide vahelises olelusvõitluses ühe või teise puuliigi kahjuks mõõtuandvad olla niiskus, mullastiku koostis ning üksikud mineraalsoolad, mulla happesus jt. tegurid. Väga mõjuvaks teguriks osutub veel haiguskindlus, s. o. vastupidavus mitmesugustele metsapuude seentõbedele (taelad, torikseened, tuulehaod jt.) ning kahjureile. Viimaste rüüsted tabavad enamasti ikka ainult üksikuid puuliike.

Olelusvõitluse tagajärjel valitseb metsapuude ja nende liikide vahel täiskasvanud metsas teatav tasakaal. Selle saabumisel kujuneb lõplikult ka metsaaluse taimestiku koostis vastavalt valguse, niiskuse ja muldkonna oludele. Kõigeks selleks kulub rohkesti aega. Meie tavalistes metsades, kus inimene segab mõjuvalt metsa looduspärast kujunemisprotsessi, sõltub metsa ilme enamasti inimese tahtest, mispuhul looduslik tasakaal asendub siin kunstlikuga.

Kui inimene tunneb hästi metsapuude elunõudeid ning looduslikke kasvutingimusi antud kohas, siis ta võib oma mõjuga kiirustada loodusliku tasakaalu saabumist ja kasvatada metsa looduslike nõuete kohaselt, vastasel korral aga võivad metsaelus tekkida looduslikule arenemiskäigule vasturääkivad murdemomendid.

Puude kooskasvamine metsas mõjustab ka nende välisilmet. Üksikult kasvavad puud on kasvult jässakad, nende tüved on okstega kaetud sageli maapinnast alates kuni ladvani. Metsapuudel on aga tüved okstest lagedad ja sirged, kuna võraoksad on püsima jäänud vaid latva. Metsapuud on pikaks veninud ja okstest lagedaks muutunud metsas valitseva vähese valguse tõttu.

Metsaalune taimestik kujuneb valguse, mullaniiskuse ja mullastiku koostise järgi. Kuidas siin kaks viimast faktorit kaasa mõjuvad, seda võime hästi jälgida mitmesugustes männimetsa tüüpides. Nii kasvavad kuival liivapinnasel männimetsa all ainult samblikud, samas metsas niiskemates lohkudes aga mitmed samblaliigid. Kui liivale seguneb pisutki savi või kui metsa alla on kogunenud veidi huumust, siis hakkavad mändide all kasvama uibulehed, palukad, leesikad ning mitmesugused rohttaimed. Veel niiskema männimetsa all leiame alusmetsana kaske või kuuske ühes mitmesuguste sammalde ja rohttaimedega. Soostuval liivikul kui ka kõrgrabal kasvavad männimetsa all aga rabasambla liigid.

Kuusemetsa-alune taimestik oleneb peamiselt kuuskede tihedusest, s. o. metsa alla ulatuvast valgushulgast. Tiheda kuusiku all leiame peamiselt samblaid ja seeni, hõredamas kuusemetsas kasvavad aga mitmed põõsad (pihlakas, paakspuu), mustikad, sõnajalad jt.

Leht- ja segametsa-alune taimestik on okasmetsa omast enamasti palju rikkalikum, sest siin on mullastikutingimused üldiselt paremad. Ka metsaaluste taimede vahel käib olelusvõitlus, kusjuures püsima jäävad need, mis antud elutingimustele rohkem vastavad ning vähemaga lepivad.

Metsa loomastik. Pole sugugi väike nende loomade hulk, kes elatuvad metsapuude või metsa all kasvavate taimede arvel. Nimetame vaid närijaid (orav, jänes, hiired), rohusööjaid (metskitsed, põdrad), seeme- ja vilitoidulisi linde (metstuvid, käbilind, rähnid jt.), loendamatu hulk putukaid, kes närivad lehti või okkaid, purevad puitu, tungivad mullas puude juurte kallale (vastsed), hävitavad metsataimede õisi ja vilju — ühe sõnaga, ei jäta kahjus-

tamata ainustki metsataime või selle osa. Metsakahjuritest tuletagem meelde lehepõrnika tõuke kui puude juurte hävitajaid, männi- ja kuusepihklase tõuke, kes teevad suurt kahju meie okaspuudele, üraskeid, kes puurivad okaspuude koort, puitu ja juuri, männivaksikuid ja männivirve-mähkureid, kellede rüüsted männimetsades on väga suured, külmaliblika röövikuid, mitmet liiki vaablasi jne.

Taimi ründav loomade hulk on suur ja nende hävitustöö metsas tohutu. Mõningate kahjurite rüüste puhul hävivad metsapuud täielikult (männivaksiku röövikute rüüsted). Ent siingi on vastuabinõud looduses eneses olemas, mis aitavad säilitada tasakaalu taimede ja loomade vahel metsas. Seesuguseks „metsapolitseiks" on kõigepealt väikesed laululinnud, kes kasutavad endi ja oma poegade toiduks tohutud hulgad metsakahjureid ja nende tõuke, rähnid, kes puhastavad puude koorealuseid putukate tõukudest, kirjud lepatriinud, kes hävitavad lehetäisid, käguvaablased, kes munevad oma munad rasvastesse röövikutesse, sipelgad, käod jt.

Kiskjate loomade hulk on meie metsades koguni väike, samuti nende osatähtsus metsa-eluühiskonnas.

Toiteainete ringkäik metsas. a) Hapniku ringkäik: süsiniku sarnastamisel, mis toimub päikesevalguse abil päeva ajal, rohelised taimed eritavad hapnikku; osa sellest hapnikust kulutavad taimed öösiti hingamisel ise ära, suurem hulk kasutatakse aga loomade poolt hingamisel. Selle tulemusena pole hapniku hulk metsa all üldiselt suurem kui lagedal, öösiti võib hapniku % õhus koguni märgatavalt langeda.

b) Süsiniku ringkäik: loomad ja klorofüllivabad taimed hingavad välja CO_2, mida rohelised taimed kasutavad süsiniku sarnastamisel. Päeva ajal väheneb seega CO_2 hulk metsas ja suureneb öösiti. Pidevalt lisandub CO_2 õhku veel mullast orgaaniliste ainete lagundumisel ja huumuse tekkimisel. Seepärast on madalal metsa all CO_2 hulk suurem kui puude latvade kohal.

c) Lämmastiku ringkäik: loomade väljaheited sisaldavad rohkesti lämmastikku [NH_3, $CO(NH_2)_2$]. Need ained uhutakse vihmaveega mulda, kus nad kasutamist leiavad taimejuurte poolt, mis need taimedesse juhivad. Enne juurteni jõudmist muudavad bakterid ammoniaagi ja kusiniku salpeeterhappeks ja selle sooladeks, mis vees hästi lahustuvad ning koos veega taimede

juurestiku poolt vastu võetakse. Taimedes moodustatakse lämmastikuühendeist lämmastiku assimilatsioonil valkained; lämmastiku assimilatsioon toimub rohelistes taimelehtedes päikeseenergia abil kõrvuti süsiniku assimilatsiooniga. Roheliste taimede poolt valmistatud süsivesikud, valkained ja rasvad ning õlid moodustavad loomade toidu, mida need ammutavad kas taime osi süües või neid aineid taimedest välja imedes.

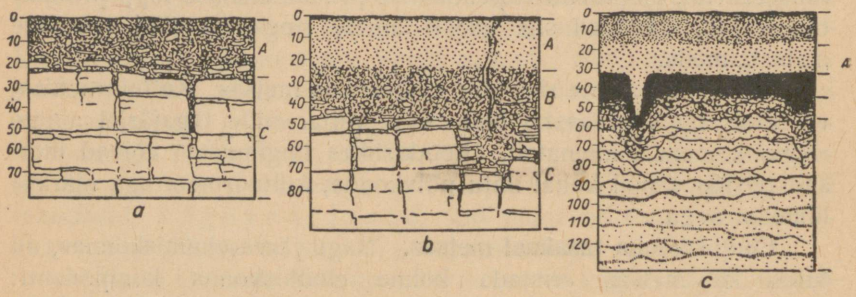
Teiselt poolt langeb metsa alla rohkesti taimede lehti, okkaid ja oksi, loomade laipu ning väljaheiteid. Kõik need ained kõdunevad ja mädanevad metsa all bakterite ja seente kaastoimel, mineraliseeruvad, muutuvad hapendumise ja mädanemise lõpp-produktideks ning lähevad siis uuesti ainete ringkäiku läbi roheliste metsataimede.

Nii toimub ainete ringkäik looduslikus metsas. Kultuurmetsast veetakse aga igal aastal hulk ainet välja, mille tagajärjel ainete ringkäik metsas kannatab. Looduslikes tingimustes võivad metsad püsida samal kohal mitu põlvkonda, kultuurmets aga märksa lühemat aega.

Eluühiskonna tasakaal metsas. Nagu järve-eluühiskonnas, nii tuleb ka metsas eristada kolme eluühiskonna komponenti: orgaanilise aine produtseerijaid (rohelisi taimi), orgaanilise aine kasutajaid (loomi ja klorofüllivabu taimi) ning orgaanilise aine lagundajaid (baktereid ja seeni). Kuidas metsas taimestik ja loomastik kujunevad, kuidas nad omaette stabiliseeruvad ja vastastikku tasakaalustuvad, sellest kuulsime üksikasjalikumalt eelmistes lõikudes. Nüüd aga peatugem veel kolmanda komponendi tegevusel.

Taimede kasvuvõimalused sõltuvad suurel määral mullastikust, selle ehitusest ja keemilisest koostisest. Mineraalainete (kruus, liiv, sau) kõrval on olulisemaks mulla osaks huumus, mille all mõistetakse orgaaniliste ainete lagundumise vahefaase enne selle lõplikku mineraliseerumist. Huumus on tumeda värvusega, seob hästi vett ja toitesooli, teeb mulla kobedaks ja õhurikkaks ning — mis peaasi — võimaldab mullas elutseda ja sigida mikroorganismidel — mullabaktereil ja alamail seentel. Viimaste mõjul toimub huumuse pidev lagundumine edasi kuni eespool-loeteldud lõppaineteni, kusjuures vabanevad huumuses peituvad mineraalained. Seega omab huumus mulla koostises väga tähtsat kohta mitte üksnes põllu- ja aedviljade kasvatamisel, vaid samuti ka looduslikes eluühiskondades — metsades.

Metsamullas tekib huumus peamiselt puude lehtedest ja okastest. Lehed kõdunevad üldiselt kiiremini kui okkad. Viimased on oma vaigusisalduse tõttu konservitud, mispärast okasmetsa alla tekib alati õhem või paksem kiht okkakõdu. See lagundub aeglaselt, kusjuures vabaneb rohkesti huumushappeid. Viimased aga peatavad omakorda mullabakterite tegevust, mispärast hapus keskkonnas muutub orgaaniliste ainete lagundumine ja huumuse küpsemine aeglaseks. Kui nüüd mullas leidub tarvilikul määral lupja ($CaCO_3$), mis huumushappeid neutraliseerib, siis areneb orgaaniliste ainete, okaste ja lehtede lagundumine kiiremini ning ulatub



Joon. 56. *a* — paepinnase murenemine metsa all (*A* — huumuseline pinnasekiht, *C* — muutumatu põhjapae kiht); *b* — murenemine on arenenud kaugemale [*A* — lahustunud soolad on välja uhetud ja *B*-kihti kantud; *C* — põhikiht nagu eelmises (*a*)]; *c* — nõrgkivi moodustumine liivases pinnases. Huumushapped, mis *A*-kihist soolad on välja uhtnud, kitivad liivasõmerad kokku nõrgkiviks.

kaugemale astmele: tekib nn. küps huumus, mis on neutraalse reaktsiooniga (või õige nõrgalt hapu). Küps huumus on õhurikas, ta muudab mulla kobedaks ning tõstab selle väärtust. Metsapuud ja metsaalused taimed kasvavad niisuguses mullas jõudsalt. Kus mullas leidub küpse huumust, seal kasvavad muude taimede seas alati jänesekapsas, lõhnav varjulill, seljarohud, leppmalts, mets-kukeleib jt.

Kui aga mullas on lupja vähe või see puudub hoopis, siis takistavad huumushapped orgaanilise aine lagundumist ning bakterite tegevust. Hapus keskkonnas võivad kasvada vaid seened. Viimaste tegevus taimeokaste ja -lehtede lagundamisel on bakterite tegevusega võrreldes palju nõrgem. Antud juhul võib tekkida ainult vähe kõdunenud ja rohkesti huumushappeid sisaldav nn. toorhuumus, mis takistab puudel juurte arenemist ning ühes

sellega ka puude üldist kasvu. Okasmetsa all aga tõuseb sel korral mulla happesus tugevasti, sest okastest tekkinud toorhuumus sisaldab palju huumushappeid. Hapus mullas lakkab bakterite tegevus. Happed aga lahustavad mineraalaineid märgatavalt rohkemal määral kui vesi. Seega algab toorhuumuse mõjul kiire mineraalsoolade väljauhtumine mullast. Mainitud soolad viiakse vihmaveega kord-korralt sügavamale mulda. Umbes 35—50 cm sügavusel need soolad ja huumushapped tsementeerivad kokku mullasõmerad (liiva) tihedaks pruuniks massiks, mis vett enam läbi ei lase. Nii tekib liivmuldades peamiselt männimetsa all huumushapete mõjul vettpidav tumepruun n õ r g k i v i, mis võib männimetsale pikapeale saatuslikuks saada ning muuta järsult taimekasvu. Nimelt uhetakse nõrgkivist kõrgematest mullakihtidest huumushapete toimel vihmaveega sooli ikka rohkem ja rohkem välja, kuni järele jääb valge või hallikas l e e t l i i v, mis on toitesooladelt väga vaene. Taimede juured ei leia seesugusest mullast enam vajalikke mineraalaineid, olgu need puutaimed või metsaalused taimed, mispärast nende kasv muutub kiduraks. Lisaks sellele pakseneb aga nõrgkivikiht alla-uhtunud soolade mõjul, ja et ta vett läbi ei lase, tõuseb põhjavesi metsa all järjest kõrgemale. Põhjavee kerkimisega algab kiire männimetsa soostumine. Niiskemates kohtades hakkab kasvama rabasammal, mis levib siit kiiresti igale poole, sest see taim ei vaja paksemas kogumikus üldse mullast vett ega toiteaineid, vaid lepib vihmaveega ning selles leiduvate väheste mineraalainetega. Paksu rabasamblakihi all hakkavad männijuured hapniku puudusel surema. Nii kuivavad männid rabasambla pealetungil ning männimets muutub kõrgrabaks. Kui aga rabasammal vihmavee nappuse tõttu ei suuda rahuldavalt kasvada, jääb ka raba kasvamine seisma ning see muutub pikkamisi kanarbikunõmmeks.

Siit näeme, kui suure ja otsustava tähtsusega on metsa elus kolmas faktor — orgaanilise aine lagundajad pisikud. Nende tegevusest oleneb väga suures ulatuses metsa ilme ja ühes sellega organismide tasakaal selles eluühiskonnas.

Kunstlik ja looduspärane metsakasvatus. Alates XVIII sajandist hakati Euroopas harrastama nn. puhtaid metsi. Olemasolevad metsad jagati lankideks ja need raiuti kindlas järjekorras paljasraie nõuete kohaselt puhtalt maha. Tekkinud vaba pinnas kasutati uue puhta, s. o. ühestainsast puuliigist koosneva kultuurmetsa istuta-

miseks. Noored puud istutati sirgete ridadena ja kindlaksmääratud vahekaugustega. Eelistati okaspuid. Nii tekkisid kunstlikud metsad ehk „puudepõllud" viljapõldude eeskujul.

Kuid sajandi vältel selgusid juba seesuguse metsa puudused ja paljasraie pahed. Peagi nähti, et paljasraie puhul vabanev maapind kuivas liigselt läbi — sageli sel määral, et puutaimed seal enam kasvada ei saanud, kuna pinnas pealegi liigselt umbrohtus. Puhtad okasmetsad mõjustasid mullastikku ühekülgselt ja muutsid selle hapuks. Seesugustes ühestainsast puuliigist koosnevates metsades olid metsakahjurite rüüsted palju suuremad kui segametsades. Ka parasiitseente levik nendes metsades tekitas enneolematuid kahjusid. Metsa kahjutuled levisid puhtates okasmetsades hirmsa hooga ja nende kustutamine osutus sageli võimatuks.

Mainitud asjaolud panid inimesi mõtlema. Nii selgitati, et pole võimalik kasvatada metsa, mille eluiga kestab üle 100 aasta, 1- kuni 2-aastaste põllutaimede eeskujul, vaid et tuleb pöörduda tagasi looduspäraste segametsa-tüüpide juurde ning hakata kasutama paljasraie asemel valikraiet. Tuleb istutada metsaks neid puid, mis antud mullastiku- ja niiskusetingimustele kõige rohkem vastavad: tuleb arvestada puude bioloogilisi elunõudeid ning kokkukõlastada need looduslike elutingimustega. Tuleb vaadelda metsa kui eluühiskonda ja kohelda teda sellisena. Mitte ajutine (lühiealine), vaid püsimets on saanud uuesti metsakasvatajate ideaaliks.

Metsade tähtsusest looduses. Arvestatakse, et umbes 20% mandrite pinnast on kaetud metsadega. Ühtedes riikides on metsa rohkem, teistes aga üsna puudulikult (Soomes 60% üldpindalast, Saksamaal 29%, Eestis 20%, Inglismaal 3%). Paljudes kohtades on metsad röövmajanduse ajajärkudel paljasraietega hoopis hävitatud, näit. Vahemere kallastel; mitmes kohas toimub seesugune hävitamine veel tänapäeval, näit. Põhja-Ameerikas. Metsade hävitamine annab end aga valusalt tunda. Metsalagedatel maadel on kliima muutunud kuivemaks ja sademetehulk langenud (Balkanil, Itaalias, Hispaanias). Selle tulemuseks on aga ka kultuurtaimede — eriti põllutaimede — kasvu kiduramaks muutumine. Eriti on äratanud tähelepanu suured jõevete paisumised metsavaestes maades vihmade järel ning uputuskatastroofid sel puhul, näit. Mississippi tohutud üleujutused USA-s viimastel aastatel. Nende uputuste puhul on jõutud selgusele, et veeuputuste põhjuseks on met-

sade puudus, mis koguvad ja hoiavad niiskust ning võimaldavad sellel aeglaselt sügavale metsaalusesse mulda tungida, kuna paljalt pinnalt vesi jookseb ära mulda vajumata. Lumikate on metsades ühtlane, tuul ei keeruta siin lund kokku ega kanna edasi, lumi sulab metsa all aeglasemalt ning vesi vajub seetõttu pikema aja jooksul enamikus mulda ega jookse pinnaliselt jõgedesse. Seega reguleerivad metsad niiskust nii õhus kui mullas,. soodustades ühtlasi üldist taimede kasvamist maakeral. Taimede rohkusest ja nende kasvamise ning kasvatamise võimalustest aga sõltuvad loomariigi ja inimese elamisvõimalused.

Inimene eluühiskondade kasutajana, korraldajana ja kaitsejana.

Inimene on kõik aeg olnud eluühiskondade kasutaja. Juba muistsel ajal sai ta metsast endale küttimisega toitu ja kehakatet. Hiljemini õppis ta ehitama puudest hooneid, tööriistu, sõidukeid nii veel kui maal. Metsloomadest on ta taltsutamise teel aretanud koduloomi. Praegu kasutab ta metsa jahipidamiseks, aga ka kütte-, ehitusmaterjali ning tehniliste ainete (tselluloos, paber, kunstsiid jne.) tootmiseks.

Järv ja meri on samuti muistsest ajast saadik olnud kalapüügikohtadeks, aga ka liiklemisteedeks. Need mõlemad etendavad inimkonna toitlustamisel ka tänapäeval tähtsat osa. Mõelgem siin vaid kunstlikule kalakasvatamisele ning kalapüügile (ka vaalapüügile, austrite, merivähkide jt. püügile) merel.

Vastavalt oma tarvetele on inimene hakanud mitmeid eluühiskondi ümber korraldama, nagu me seda näeme aianduses, põllunduses, kultuurniitude ja -metsade, kalatiikide ning -järvede jt. ümberkorraldamises.

Ühes kasutamise ja korraldamisega on aga inimene jõudnud arusaamisele, et eluühiskondi ei või lõhkuda ja hävitada, vaid et nende eest tuleb hoolitseda. Neid tuleb hoida tervetena, et oleks võimalik neid kauemini kasutada, teiselt poolt aga ka, et neid teaduslikult uurida ja nende kaudu elunähtusi selgitada. Viimase ülesande kohaselt on hakatud kõikides kultuurmaades teostama looduse kaitset ning asutama mitmesuguseid loodusekaitsealasid, kus püütakse säilitada loodust rikkumatult ning inimese poolt mõjustamata.

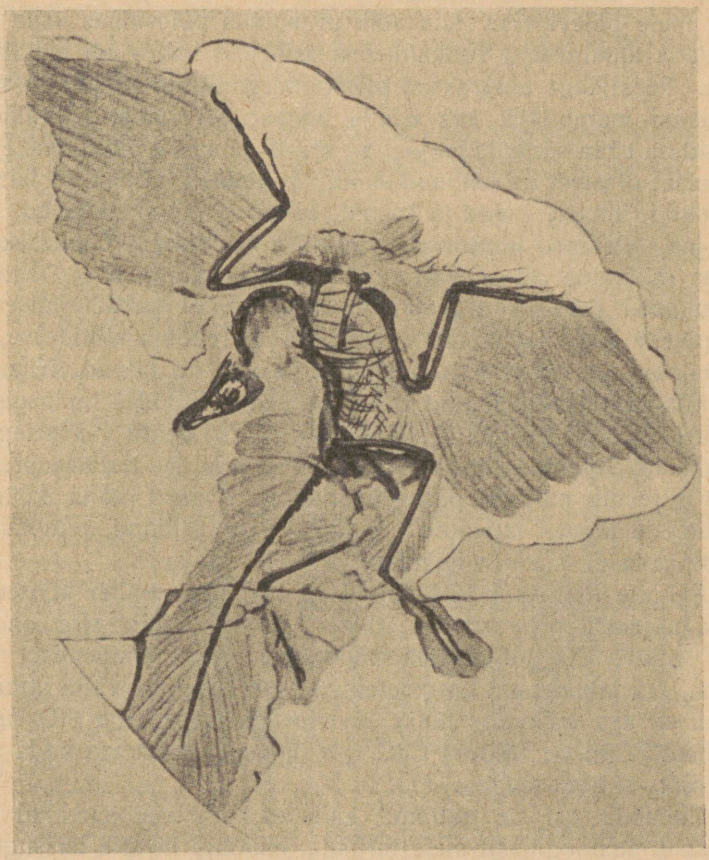
IV. Organismide põlvnemine.

Kuni XIX sajandi alguseni peeti taime- ja loomaliikide muutumatust vaieldamatuks tõsiasjaks. Sellele vaatele andis kindla formulatsiooni rootsi loodusteadlane ja organismide süsteemi looja Carl v. Linné oma 1735. a. ilmunud 7-köitelises töös „Systema naturae", milles ta kirjutab: „Species tot numeramus, quot diversae formae in principio creatae sunt (me loendame niipalju liike, kuipalju mitmesuguseid vorme on alguses loodud)."

XIX sajandi alguseks oli aga loodusteaduslike uurimiste tulemusena kogunenud rohkesti faktilist materjali, mille põhjal teadlased hakkasid eelmainitud tões kahtlema. Tänapäevani on niisuguse materjali hulk veelgi suurenenud ja nüüd ei kahtle enam keegi selles, et taimede ja loomade liigid pole püsivad, vaid et need pidevalt muutuvad. Õpetust organismide muundumisest ehk põlvnemisest nimetatakse evolutsiooni- ehk põlvnemisõpetuseks (ka destsendentsiteooriaks). Selle õpetuse järgi kõik maakeral elutsevad organismid täienevad, arenevad ja kohanevad elutingimustega, kusjuures alamatest olestest kujunevad pika aja jooksul kõrgemale arenemisastmele jõudnud olesed. Organismide põlvnemist kinnitavad geoloogilised, paleontoloogilised, embrüoloogilised, võrdlev-anatoomilised, süstemaatilised, biogeograafilised jt. andmed.

Geoloogilised ja paleontoloogilised tõendid. Kõige veenvamad tõendid organismide põlvnemise kohta on need dokumendid, mis Maa ise on kirjutanud. Maakera on kirjutanud oma ajaloo kivistele lehtedele ja varustanud need leheküljed originaalsete joonistega. Nendele maakera kroonikalehtedele on märgitud kogu maakera elu ühes tormi- ja tungiperioodidega, õitsengute ja hävingutega ajaloolises järjekorras. Pole kerge avada neid kiviseid lehti, sest enamik neist lamab sügaval merede ja ookeanide põhjas. Pole kerge ka neid kroonikalehti lugeda, sest maakera oma tujukuses on neid lehti korduvalt rikkunud. Üksikud teadlased suudavad siiski üsna suure täpsusega lugeda niisugust geoloogilist keelt ning mõista paleontoloogiliste jooniste tähendust. Üheks raskemaks probleemiks on siin aja arvamine. Ent maakoores leidub üsna täpne kronomeeter, mis on töötanud kõigi geoloogiliste ajastute vältel ja mis määrab praegugi muutumatu täpsusega aega ega lase end segada ei kuumast ega külmast, kuivusest ega niiskusest,

raputamisest ega suurest rõhust. See kronomeeter on peidetud maakoore kivimitesse radioaktiivsete ainete (uraan — raadium) näol ja nende ainete lagunemisastmete järgi võib arvestada vastavate geoloogiliste kihtide ja kivimite vanust. Selle meetodi abil on leitud, et maakoore esimeste kristalsete kihtide vanus ulatub



Joon. 57. Ürglind (*Archaeopteryx*).

1850 miljonile aastale. Sellest varemini arvatakse maakera olevat püsinud gaasilis-vedelas olekus ca 500 milj. a., millega kokku maakera üldist vanust hinnatakse ca 2350 milj. aastale.

Joonised maakoore geoloogilistes kihtides on organismide kivistised. Need on aga kahjuks ainult teatavates tingi-

mustes säilinud. Ainuraksetest olestest, kelledel puudub toestik, pole tavaliselt suurt midagi säilinud, ent erandjuhtudel, kui need on sattunud konservivasse mudasse merepõhjas (olgu siin meelde tuletatud, et kivistised on säilinud ainult setekihtides, mis on tekkinud kas merepõhjas või soostunud aladel — nagu praegune turvas), võib neid mikroskoobi abil veel ära tunda ja määrata, nagu näit. meie põlevkivis: siin võib pruunikas põlevaines üsna hästi eraldada ainurakseid vetikaid, mis esinevad kahe- või neljakaupa koos. Toestikuga ainuraksed planktonorganismid on pärast surma langenud merepõhja, kus nende lubjast või ränist toestikud ja kestad on hästi säilinud lubjakivi-, kriidi- ja savikivikihtides. Paljuraksetest olestest on säilinud samuti peamiselt lubjast või kitiinist toestikud, limuste kojad ja karbid, selgroogsete skeletiosad, hambad jne. Pehmed lihasosad, samuti ka veetaimede õhukesekestalistest rakkudest koosnevad osad on täiesti kõdunenud. Kui aga seesugused pehmed organismid on sattunud peeneteralisest ja kleepivast savi-mudast koosnevatesse merepõhja-kihtidesse, siis on mõned nendest sealgi endist j ä l j e n d e i d jätnud. Niisugustes kiltkivimites on leitud näit. putukate tiibade, linnusulgede, meduuside, taimelehtede jt. jäljendeid. Eriti suure väärtusega on Saksamaal Solnhofeni kiltkivis leitud ürglinnu — *Archaeopteryx*'i — 2 jäljendit, milledel peale luustiku on selgesti näha küünised ja sulgede täpsed jäljendid. Rohkesti on säilinud putukaid ja nende kehaosi m e r i v a i g u s.

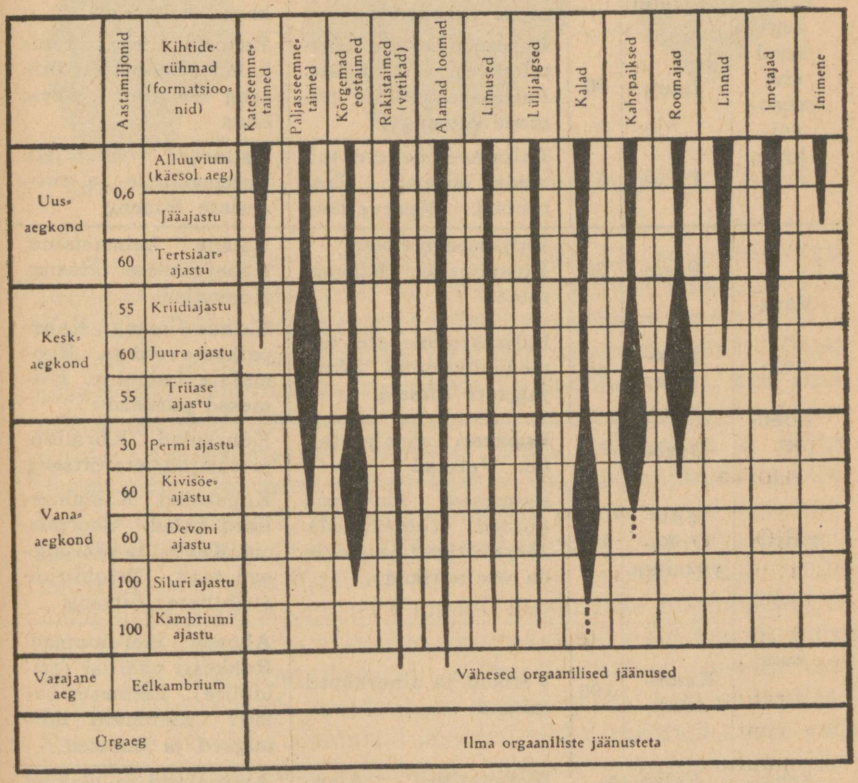
Paljude organismide jäätmed on kivimites ümber kivistunud, nagu lubjast koosnevad kondid või limuste kojad: siin on lubi vees leiduva CO_2 mõjul, mis moodustab veega ühinemisel süsihappe, ära lahustunud ning setekivimitest hiljemini välja uhtunud; sageli on aga tekkinud tühik kivimis ränihapendiga SiO_2 uuesti täitunud ja nii on alguses $CaCO_3$-st koosnev kont või koda säilinud SiO_2-st koosnevana.

Taimede osi on säilinud kivisöes, mis on tekkinud soopinnastel analoogiliselt meie turbaga, muidugi hoopis teissugustes kliimatingimustes ja teissugustest taimedest.

Lõpuks on hulk paleontoloogilisi dokumente hukkunud kõrge temperatuuri mõjul, näit. vulkaanilise tegevuse piirkondades, kus setekivimid kõrge kuumuse mõjul on sulanud ning pärast kristalseks muutunud. Nii on lubjakivimid moondunud kristalseks marmoriks, kivisüsi — grafiidiks, savikivimid — kristalseks kiltkivimiks jne.

Vaatamata geoloogilise kroonika puudustele ja lünklikkusele, on saadud materjalide põhjal siiski suudetud restaureerida maakera ja sellel olelenud organismide elulugu. Kui arvestada seesuguste uurimiste võrdlemisi lühikest iga ja seda, et niiviisi on suudetud seni läbi uurida ainult hoopis pisikesi alasid Euroopas ja Põhja-Ameerikas, samuti et enamik geoloogilisi andmeid puhkab praegu kättesaamatus sügavuses merepõhjas, siis tuleb seniseid saavutisi pidada üllatavalt suurteks.

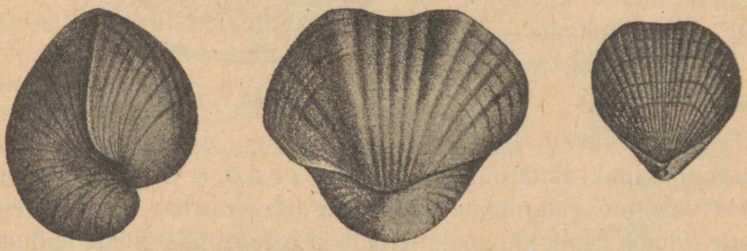
Organismide põlvnemist maakeral võib geoloogiliste uurimisandmete põhjal kokku võtta järgnevasse skeemi ja tabelisse.



Joon. 58. Organismide tekkimine ja arenemine maakeral. Laiemad joonteosad näitavad arengu õitsenguaega.

Aegkonnad	Ajastud	Kestus milj. a.	Taimeriik	Loomariik
Uusaegkond ehk kainozoikum	Alluuvium Diluuvium (jääaeg)	0,6	Taimeriigi võnkumised jääaja vaheaegadel	Inimene. Mammut, ninasarvik, koopakaru
	Tertsiaar	60	Kliima alguses troopiline, pärast subtroopiline. Kõik taimede rühmad olemas	Imetajate ja lindude rohkus. Inimahvid
Keskaegkond ehk mesozoikum	Kriidiajastu	55	Vähesed õistaimed. Paljasseemneliste taimede vähenemine	Luukalaliste õitseng. Suured roomajad hakkavad kahanema
	Juura	60	Kateseemneliste (õistaimede) ilmumine. Paljasseemneliste taimede õitseng	Esimesi linde. Luukalad. Roomajate õitseng maapinnal, vees, õhus
	Triias	55	Paljasseemneliste taimede õitseng. Eostaimed. Merevetikad	Esimesed imetajad. Kahepaiksete ja roomajate õitseng
Vanaaegkond ehk paleozoikum	Perm	30	Paljasseemnelised. Eostaimede kahanemine	Kalade kahanemine. Kahepaiksete õitseng. Roomajad
	Karbon	60	Paljasseemneliste taimede ilmumine. Sõnajalgsete õitseng	Kalade õitseng. Kahepaiksete rohkus. Roomajate ilmumine. Esimesed putukad
	Devon	60	Rohkesti sõnajalgtaimi. Vetikad	Kõhrkalad. Korallide ja käsijalgsete õitseng
	Silur Ordoviitsium	100	Esimesed kuivamaa taimed (eostaimed). Merevetikad ja mageda vee vetikad	Kopskalad. Käsiuimelised kalad. Skorpionid. Karbid ja käsijalgsed teod. Triobiitide (vähiliste) õitseng
	Kambrium	100	Vetikad ja ainuraksed taimed	Alamad mereloomad. Rohkesti vähilisi (trilobiite). Esimesed kalad? Esimesed lülijalgsed ja limused
Arhaikum (ürgaegkond)	Eelkambrium		Merevetikad. Ainuraksed lubivetikad	Ainuraksed ja alamad mereloomad
			Elusoleste tekkimine maakeral	
Azoikum (elutu aegkond)			Elusolesed puuduvad	

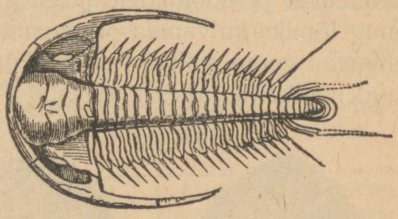
Tabelist ja skeemist näeme, et esimesed elusolesed on tekkinud maakeral vees (meredes). Need on olnud ainuraksed ja alamad paljuraksed taimed ning loomad, mis ulatuvad tagasi eelkambriumi ajastusse, s. o. 700—800 milj. aastat tagasi. Kõrgema organisatsiooniga taimed ja loomad ilmuvad hiljemini. Veetaimedele ja -loomadele järgnevad kahepaiksed taimed ja loomad ning lõpuks kuivamaa organismid. Õistaimed ja imetajad loomad ilmuvad geoloogilises keskaegkonnas. Esimesed inimesed on tekkinud maakerale alles jääajastul — ca 500 000 aastat tagasi.



Joon. 59. Käsijalgsete ehk brahhipoodide kojad.

Toodud tabelist ja skeemist ei nähtu, kas kõrgemad organismid põlvnevad alamatest või on nad iseseisvalt tekkinud. Vastuse sellele küsimusele annavad mõned senileitud vahevormid alamate ja kõrgemate taimede ning loomaklasside vahel. Üheks niisuguseks vahevormiks roomajate ja lindude vahel, kes tänapäeval üksteisest nii järsult erinevad, on juuraajastu ürglindude (*Archaeopteryx*) kivistised. Nagu kivististest ja jäljenditest näha, olid need olesed kaetud sulgedega, järelikult püsisoojased organismid, ja nende esimesed jäsemed olid muutunud tiibadeks. Praegustest lindudest nad erinesid pika saba ja hammastega varustatud lõualuude poolest; ka polnud nende luudes õhku, nagu praegusaegsetel lindudel. Ürglindude selgroolülid polnud üksteisega kokku kasvanud ega pakkunud tiivalihastele sellist tuge nagu praegustel lindudel. Kiilluu (mälvehari) puudus neil, millest kõigest tuleb järeldada, et ürglinnud olid kehvad lendajad. Esimesed tiibadeks muutunud jäsemed olid varustatud kolme vaba sõrmega ning viimased küünistega. Lühidalt — ürglinnud moodustasid roomajate ja lindude klasside vahe- ehk üleminekuvormid, kelledel oli ühelt poolt säilinud hulk roomajate tunnuseid [pikk

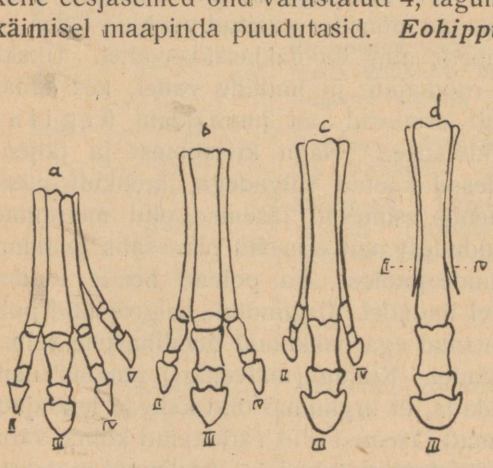
saba, luustiku ja selgroo ehitus, hammastega varustatud lõualuud, vabad varbad (sõrmed) esijäsemetel, kiilluu puudumine], teiselt poolt aga juurde tekkinud rida uusi linnu tunnuseid (sulestik, soojaveresus, tiivad lendamiseks). Need olid algajad lendajad, kes peamiselt ronisid suurematel taimedel ning ühelt taimelt teisele hüppasid ja liuglesid nagu praegused lendoravad. Seesuguste vahevormide kaudu on aga võimalik kinnitada, et linnud on põlvnenud roomajatest. Niisuguseid vahevorme tuntakse rohkemgi.



Joon. 60. Trilobiit.

Teiseks aitavad geoloogilise kroonika lünki täita nn. vormide read, s. o. mõne loomaliigi esivanemate muutumine ajaloolises järjekorras. Niisuguseid vormide ridu on suudetud geoloogiliste ja paleozooloogiliste leidude põhjal kindlaks teha hobuse ja elevantide esivanemate kohta.

Hobuse-rea senituntud vanemaks esindajaks on tertsiaari alguses elutsenud ***Eohippus,*** väike, umbes rebasesuurune loom, kelle eesjäsemed olid varustatud 4, tagumised 3 varbaga, mis kõik käimisel maapinda puudutasid. ***Eohippus***'ele järgnes ***Orohippus,*** kes eelmisest vähe erines. Tertsiaari keskpaiku ilmus veidi suurem hobuloom — ***Mesohippus,*** kelle eesjäsemetel oli kõigest 3 varvast, milledest keskmine varvas aga külgmistest palju tüsedam; ka ei ulatu siin külgmised varbad enam maapinnani. Järgmiseks rea lüliks on ***Merychippus,*** kasvult eelmistest vormidest märksa suurem; tema jalgadel on tegelikult üksainus var-



Joon. 61. Hobuse jala arenemine: *a — Eohippus, b — Mesohippus, c — Merychippus, d —* hobune (*Equus*).

vas, kuna külgmised varbad on mandunud. Tertsiaari lõpul leiame praegusest pisut väiksema *Pliohippus*'e, kes sarnaneb peaaegu praeguse hobusega — *Equus* —, kellel igal jalal ainult üks varvas ning rudimentaarsetest külgvarvastest on säilinud vaid peenikesed „tikkelluud". Diluuviumis on lõpuks kujunenud praegune hobune — *Equus* —, suurte ja pikkade hammastega rohusööja loom, tugeva kehaga ning tugevate pikkade jalgadega: hea jooksja ja vedaja. Hobuserea esimesed esindajad elasid metsapiiril, toitusid pehmest rohust ega suutnud kuiva heina üldse katki närida. Rea viimased esindajad olid aga lageda stepi loomad, kes suutsid endid vaenlaste eest kiire jooksuga päästa ning toore rohu kõrval kasutasid toiduks ka kuiva ja kõva heina.

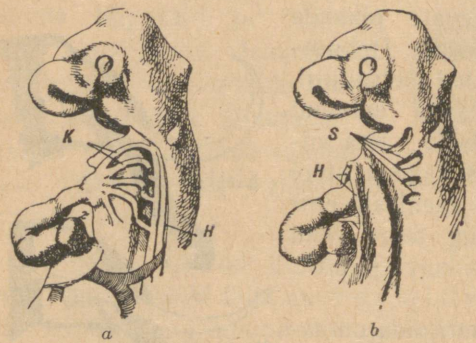


Joon. 62. Elevandi (*Elephas*) põlvnemine.

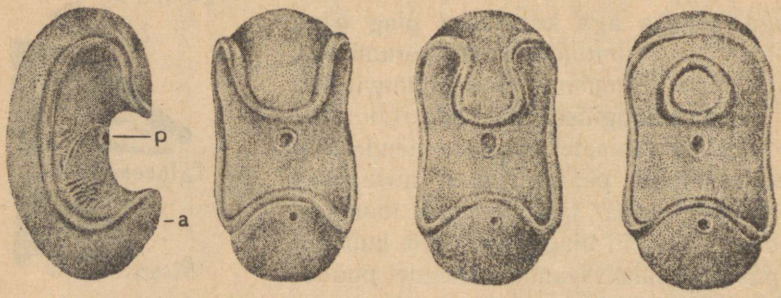
Elevandi esivanemate rida on samuti kivististe ja jäänuste kaudu terves ulatuses kindlaks tehtud. Tertsiaari alguses elutsev ***Moeritherion*** oli umbes seasuurune loom hästiarenenud lõikehammastega, ilma londita. Edasisel arenemisel kujuneb elevandi esivanemate keha järjest suuremaks, lõikehambad pöörduvad suust välja ja ninaosa venitub pikaks londiks. Purihammaste arv hakkab vähenema, hambad ise aga mõõtmeilt suurenema; algul on hambad kühmulise pinnaga, lõpuks aga kurrulised ning hästi kohanenud taimtoidu katkihõõrumiseks. Ürgelevant ja mammut elasid diluuviumis.

Embrüoloogilised tõendid. Loomade loodetel ja vastsetel esinevad nende arenemisastmetel peaaegu alati niisugused tunnused, mida täiskasvanud loomadel üldse pole. Nii hingavad konna kullesed lõpustega; täiskasvanud konnadel puuduvad nii lõpused kui saba ja nad hingavad kopsudega. Alpi salamander ei ela üldse vees, kuid tema vastsed omavad siiski

lõpuseid. Samuti on lugu kõikide roomajate, lindude ja imetajate loodete arenemisega: ka nende looted omavad teataval arenemisastmel lõpuspragusid. Tekib küsimus: millel põhinevad niisugused nähtused? — Vastuse sellele küsimusele leidis saksa loodusteadlane Franz Müller (1821—97) merivähkide vastsete moondenähtusi uurides, kus ta otsusele tuli, et liigi ajalugu on säilitatud iga isendi arenemisloos. See mõte leidis hiljemini teise saksa zooloogi Ernst Haeckeli (1834—1919) poolt põhjalikumat uurimist ja läbitöötamist. Ka Haeckel tuli otsusele, et liigi ajaloolise arenemise ja isendi arenemisloo vahel on kindel side, mida tema nimetas biogeneetiliseks põhiseaduseks ja mida ta formuleeris järgmiselt: „Rida vormimuutusi, mida üksik organism oma arenemisel läbi teeb — alates munarakuga ja lõpetades täiskasvanuks saamisega —, on lühike ja koondatud pika vormiderea kordamine, mille on läbi teinud selle organismi esi-



Joon. 63. Kana loote (embrüo) pea-osa: *a* — nahast vabastatud osal näha lõpuste veresooned (*K*), *b* — lõpuspraod (*S*), *H* — nahk.



Joon. 64. Okasnahksete vastsed pole radiaalsümmeetrilised, vaid bilateraalsümmeetrilised ning vabalt ujuvad; *p* — suuava, *a* — pärak.

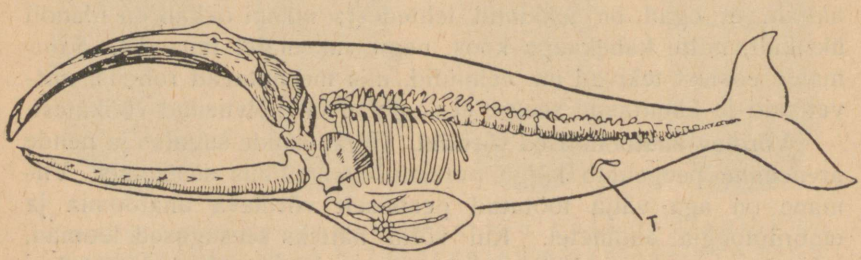
vanemad kõige kaugemast nn. „loomismomendist" alates kuni praeguse ajani." Lühendatud kujul kõlab biogeneetiline põhiseadus järgmiselt: isendi areng ehk ontogenees on liigi põlvnemisloo ehk fülogeneesi lühike kordumine ehk taasareng. Selle seaduse põhjal on kõik paljuraksed organismid arenenud ainurakseist, sest nad algavad oma arengut ainsast sugutatud munarakust. Lõpuspraod imetajate, lindude ja roomajate looteil vihjavad sellele, et kõikide mainitud loomade esivanemad on kauges minevikus olnud vee-elanikud, kes on hinganud lõpustega. Huvitav on selles mõttes vaalade loodete areng. Teatavasti on vaalad olnud kuivamaa elanikud, nagu enamik imetajaid, ning hiljemini merevette elama asunud ning sealse eluga kohanenud, jäädes seejuures aga ikkagi kopsudega hingajaiks. Vaala lootel ilmnevad aga samuti kui kõikide imetajate loodetel lõpuspraod, mis vihjavad sellele, et vaalade kauged esivanemad on olnud vee-elanikud. Nüüd tekib küsimus: miks vaalad pole uuesti hakanud hingama lõpustega, kuna neil lootejärgus ju esinevad lõpused? — Uurimiste põhjal on tuldud otsusele, et ükski organism ei suuda hilisemal arenemisjärgul tagasi pöörduda kord mahajäetud arenemisastmele — isegi siis mitte, kui tema elutingimused on sarnased eelmise arenemisastme tingimustega. Seda nähtust nimetatakse põlvnemise tagasipööramatuse reegliks.

Embrüoloogiliste uurimiste ja biogeneetilise põhiseaduse alusel võime seega geoloogiliste ja paleontoloogiliste uurimiste tulemusi selles mõttes täiendada, et võime kinnitada: kõrgemad organismid põlvnevad alamatest. See täiend on maksev nii loomade kui taimede kohta, sest taimede idandite arenemisel võime samuti tähele panna lihtsamaid esivanemate vorme, milledest taimed või nende elundid on kujunenud. Nii näit. on kaktuste idandid varustatud mitte ogade, vaid lehtedega, mis näitab, et ogad on tekkinud lehtedest; männi okkad on idandil üksikult, mitte kahekaupa koos, nagu vanematel taimedel. Sammalde eostest tekivad nn. eelniidid, mis meenutavad rohelisi niitvetikaid ja kinnitavad seega, et samblad on põlvnenud vetikatest.

Võrdlev-anatoomilised tõendid. Organismide sugulus ja nende arenemine peegeldub kõige paremini loomulikus süsteemis. Viimane on aga välja töötatud peamiselt võrdleva anatoomia ja embrüoloogia andmetel. Kui võtta näiteks seesugused loomad, nagu kass, mutt, nahkhiir, hobune ja vaal, siis esimesel pilgul ei

paista nende vahel mingit sarnasust ning kokkukuuluvust olevat. Tegelikult aga kuuluvad nad kõik ühte imetajate klassi, sest neil on keha siseehituses ehk anatoomias rohkesti ühesuguseid elundeid ning osi ja nimelt: neljaosaline süda, tuik- ja tõmbsooned arteriaalse ja venoosse verega, püsiv kehatemperatuur, emaloomadel piimanäärmed, elavate poegade sünnitamine ja nende toitmine emapiimaga, ka tähtsamate organite ehitus ja asetus on ühesugune. Sel põhjusel ühendatakse kõik mainitud loomad, kes oma väliskujult üksteisest järsult erinevad, ühte imetajate klassi, mispuhul tuleb arvata, et nad kõik põlvnevad ühiseist esivanemaist. Eriti suur erinevus on nimetatud loomade jäsemete kujus ning ühes sellega liikumisviisides. Võrdlev-anatoomilisel uurimisel aga selgub, et kõikide nende loomade jäsemete luustikud koosnevad ühesugustest luudest. Erinevus on jäsemete funktsioonis ja see ongi põhjuseks, miks jäsemed väliselt üksteisest nii tunduvalt erinevad.

K a s s kasutab oma jäsemeid mitte üksnes käimiseks ja jooksmiseks, vaid ka ronimiseks, saagi haaramiseks, selle purukskiskumiseks jne. Siin on olulise tähtsusega teravad ja liikuvad küünised. M u t t elab maa all; tema eesjalad on laiade käppadega ning lühivarrelised, varbad varustatud tugevate õõnsate küünistega, varvastele lisandub veel sirpluu, mis on küünistele kaevamisel suureks abiks. Siit näeme, et muti jäsemed on kohanenud mulla kaevamiseks. N a h k h i i r e eesjäsemed on muutunud tiibadeks, seejuures on viievarbalise eesjäseme luud kõik kohale jäänud, kuigi nelja varba (sõrme) luud on tugevasti pikemaks muutunud. H o b u n e on paremaid jooksjaid loomade hulgas ning tema jalad on kohanenud jooksmiseks: need on pikad, tugevate lihastega, liiguvad ainult pendlikujuliselt ühel tasapinnal, toetuvad üheleainsale varbale, mispärast kõrvalvarbad on mandunud, kuid nende rudimentsed luud on siiski alles. V a a l elab



Joon. 65. V a a l a l u u s t i k (toes); *T* — rudimentsed vaagnaluud.

vees ja tema keha meenutab kujult kala; viimastest erineb ta oma kehaehituselt siiski järsult: ta on püsisoojane (kalad on kõigusoojased), sünnitab elusaid poegi ja toidab neid emapiimaga (kalad heidavad munad vette ega hoolitse enam nende eest). Vaala eesjäsemed moodustavad loivad, ent nende luustikus leiame viie varba luid nagu teistelgi imetajail. Kuid kus on vaala tagumised jäsemed? Imetajad omavad ju kaht paari jäsemeid. Võrdlev anatoomia annab vastuse ka sellele küsimusele. Nimelt leidub vaalade tagakehas kaks rudimentset luud, mis polegi enam ühenduses teiste luudega: need on anatoomilisel võrdlusel vaagnaluudeks osutunud. Siit selgub, et vaalad on kunagi olnud neljajalgsed nagu teisedki imetajad. Et aga vees liikumisel on peaülesanne langenud sabale, siis tagajäsemed on saba varjus oma ülesande kaotanud ning mandunud.

Võrdlev-anatoomilisel organismide uurimisel tuleb eristada homoloogseid ja analoogseid elundeid, millede juures peatusime eespool (lk. 101). Kassi eeskäpad, muti eeskäpad, nahkhiire tiivad, hobuse jalad ja vaala loivad on homoloogsed elundid, kuigi nende funktsioonid ja väliskujud erinevad. Kala ja vaala kehakuju sarnasus on aga ainult analoogne ja mitte homoloogne, sest see pole tingitud ühesugusest keha siseehitusest, vaid ainult ühesugusest eluviisist. Samuti on lindude ja putukate tiivad vaid analoogsed ja mitte homoloogsed. Homoloogsed tunnused ja elundid on võrdlevas anatoomias suure tähtsusega, sest just need määravad organismide sarnasust ja ühtekuuluvust kui ka põlvnemist. Analoogsed vormid ja elundid seevastu võivad meid suguluse määramisel eksiteele viia, sest need tekivad ühtlase eluviisi või elukeskkonna mõjul, mitte aga ühesugustest elunditest. Kuid homoloogsed elundid võivad mõnikord olla ka analoogsed, näit. nahkhiire ja linnu tiivad. Organismide tunnuseid, mis põhinevad homoloogial ja on põhjustatud organismide ühesugusest siseehitusest, nimetatakse organisatsioonitunnusteks, kuna niisuguseid tunnuseid, mis on tekkinud organismide eluviiside ja väliskeskkonna mõjul ning mis avalduvad peamiselt organismide väliskujus, nimetatakse adaptsiooni- e. kohanemistunnusteks. Nii on näit. vaalalistel organisatsioonitunnusteks luustik, kopsud, neljaosaline süda, poegade imetamine, püsisoojane veri jt., kohanemistunnusteks aga kalataoline kehakuju, loivad, sabauim jt. Kohanemistunnuste kokkulangemist väliskehaehituses ühesuguste eluviiside ja väliskesk-

konna mõjul nimetatakse konvergentsiks. Konvergentset sarnasust võime tähele panna kure ja kalakure, pääsukese ja öösorri juures; organisatsioonitunnuste järgi on aga kured lähedased kanadele, kalakured ehk haigrud — hanidele, pääsuke — tihastele, öösorr — öökullidele.

Konvergentsinähtused esinevad üsna sageli ka taimeriigis, näit. kibuvitsa ja kaktuste ogad, kukerpuu ja viirpuu astlad, lehtkaktuste lamedad lehekujulised varred, tavaliste taimede rohelised lehed jne. Anatoomiliselt aga on kibuvitsa ogad marrasknaha ja koore moodustised, kaktuse ogad seevastu muutunud lehed; kukerpuu astlad on muutunud abilehed, viirpuu astlad — muutunud võrsed; lehtkaktuse lamedad lehe kujuga osad on varremoodustised, milledel pole mingit anatoomilist ühtsust lehtedega.

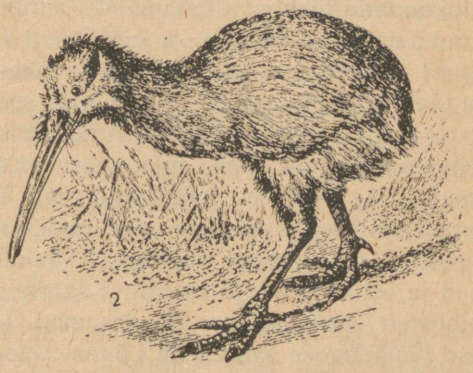
Organismide põlvnemist aitavad sageli selgitada rudimentsed elundid, nagu seda on hobustel tikkelluud, vaaladel rudimentsed vaagnaluud, kärbestel sumistid, emastel külmaliblikatel mandunud tiivad jne. Lõpuks kuulub oluliste võrdlevanatoomiliste tõendite hulka veel organismide eluline põhitunnus: nad kõik koosnevad rakkudest.

Süstemaatilised tõendid. Nagu varemini mainitud, annab loomulik süsteem meile ülevaate organismide põlvnemisest ja üksikute rühmade sugulusliikest vahekordadest. Sellele lisaks tuleb aga märkida, et loomulik süsteem ei valmi kunagi lõplikult. Raskusi valmistab organismide klassifitseerimisel mitte üksnes see, et puuduvad veel paljud vahevormid, mis aitaksid siduda üksikuid rühmi omavahel, vaid ka see, et on raske eraldada liiki alamliigist ja teisendist. Näit., kas harilik punane ja hõberebane on kaks eri liiki või liik ja alamliik? Kas kaukasuse punane karu on tavalise euroopa pruuni karu alamliik või iseseisev liik? Kas ca 7000 daaliate teisendit (sorti) on kõik vaid sordid või leidub nende hulgas ka alamliike või koguni uusi liike? Niisuguseid lahtisi küsimusi on süstemaatikas palju ja neid tuleb alatasa juurde. See kõik tõendab, et liigid pole ka praegu püsivad, vaid et nad muutuvad pidevalt. Liikide hulgas leidub teravalt eristatavaid, mis üksteisega ei segune ega anna liikidevahelisi värdi, kuid ka niisuguseid, mis looduslikes tingimustes üksteisega ristlevad ja kus esineb pidev rida üleminekuvorme kahe liigi vahel. Hinnata seesuguseid vahevorme pole sugugi lihtne.

Süstemaatikas esineb liike, mis on väga laia levikualaga, kuid mis püsivad sealjuures ühesuguste ja puhtatena, teiselt poolt aga

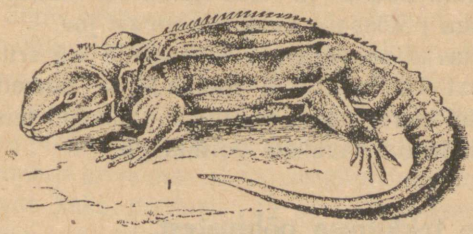
ka niisuguseid, mis kitsastel maa-aladel moodustavad rea kohalikke vorme või alamliike. Sellest selgub, et aja jooksul, mil alamliigid kujunevad liikideks, tuleb organismide süsteemi pidevalt juurde uusi liike. Teiselt poolt aga hävib mitmesugustel põhjustel nii taime- kui loomaliike ning neid tuleb elusoleste süstemaatikast kustutada (moa — uus-meremaa jaanalind). Seesuguste muutuste tõttu süstemaatika ei saa kunagi lõplikult stabiliseeruda: ta areneb ja muutub, nagu eluvormidki.

Biogeograafilised tõendid. Praegusaegsed taime- ja loomageograafilised andmed näitavad, et taime- ja loomariik maakeral pole kõikjal ühesugune, vaid et siin esinevad organismide koostiselt järsult erinevad alad (valdkonnad). Nende andmete põhjal on võimalik seletada, miks ka geoloogilised ja paleontoloogilised leiud pole ühevanustes kihtides kõikjal ühesugused.



Joon. 66. Kiivi — Uus-Meremaal elutsev lind.

Kõige omapärasemaks biogeograafiliseks valdkonnaks on kahtlemata Austraalia valdkond, mida sageli nimetatakse „elavate kivististe maaks". Siin elavad kukkurloomad (känguru, kukkurorav, -mutt, -hunt, -nugis jt.), munejad ehk kloaakloomad (nokkelajas, nokksiilid), mittelendavad linnud (kiivi ja hiljuti väljasurnud moa), ainuke ürgsisalikkude seltsi kuuluv roomaja — hateeria, taimedest — puukujulised sõnajalad, kuni 150 m kõrgused eukalüptid, kasuariinid jt. Kukkurloomad ja munejad kuuluvad imetajate klassi alamate esindajate hulka ja, nagu geoloogi-



Joon. 67. Hateeria.

lised uurimised on näidanud, nad on elutsenud varematel ajastutel laiaulatuseliselt ka Aasias. Praegu aga ei leidu nimetatud loomi kuski mujal peale Austraalia, mis nähtust seletatakse sellega, et Austraalia on kriidiajastust saadik Aasia mandrist koos mainitud organismidega eraldunud. Aasias aga tekkis karmima kliima mõjul rohkesti uusi loomavorme, muude hulgas ka väledaid ja kavalaid kiskjaid, kes hävitasid seal varsti kõik kohmakad kukkurloomad ja munejad. Austraaliasse kiskjad üle mere ei pääsenud, mispärast kukkurloomad, munejad loomad ja tiivutud linnud on võinud säilida seal praeguse ajani. Praegusajal elutsevad seal kiskjatest ainult metsistunud koera järglased — dingod. Seega on looma- ja taimevaldkondade tekkimise põhjusteks antud juhul olnud *mandrite eraldumine*. Samuti on eraldunud veel Madagaskari saar oma *poolahvilistega* Aafrikast, Lõuna-Ameerika *napihambuliste* (sipelgakaru, laiskelajas, soomusloom) ja lindude — *koolibridega* — Põhja-Ameerikast ja Aafrikast, Aasia — Põhja-Ameerikast ning rida saari mandritest. Igal seesugusel mandril või saarel on kujunenud omapärased loomade ja taimede vormid. Nii leidis Darwin oma ümbermaakera-reisul ekvaatori all asetsevail Galapagose saartel 37 linnuliiki, kelledest 25 liiki olid uued ja esinesid ainult mainitud saartel; viimased liigid olid oma tunnustelt siiski kõige lähedasemad Lõuna-Ameerika lindudele. Kuid Galapagose saared on Lõuna-Ameerikast ca 1000 km eemal, mispärast uued linnuliigid võisid tekkida siin ainult olemasolevatest liikidest.

Peale mandrite eraldumise on uute kohalikkude vormide tekkimisele avaldanud samasugust mõju *mägede tekkimine*, mis on üksteisest eraldanud suuremaid või väiksemaid *erineva kliimaga* maa-alasid, näit. Lõuna- ja Kesk-Aasia osi muudest Aasia maa-aladest, Apenniini poolsaare Kesk-Euroopast jne.

Mitmed teadlased vaatavad seepärast isolatsioonile kui erilisele valikutingimusele, sest ka kunstlikul loomade ja taimede kasvatamisel ning aretamisel isoleeritakse valitud organismid teistest ega võimaldata neil ristlemist tavaliste vormidega.

Uute liikide tekkimise põhjustest.

Eespool oleme tundma õppinud võrdlemisi väikese hulga fakte, mis tõestavad, et organismid on muutlikud — nii tänapäeval kui minevikus — ning et kõrgemad organismid põlvnevad alamatest.

Nüüd püüame tutvuda nende põhjustega, milledest seesugused muutused on tingitud.

Et küsimus seisab kõigepealt liikide muutuvuses ja uute liikide tekkimises, siis tuleb jõuda selgusele liigi mõistes. Liigiks nimetatakse üksikoleseid, kes omavad ühesugustes välistingimustes ühesuguseid (liigi kirjelduses kindlaksmääratud) tunnuseid, kes annavad looduslikes tingimustes järglasi ainult endataolistega (ei anna teise liigiga ristlemisel järglasi, mis nõue pole alati maksev) ning kelle järglased on pärilike omaduste poolest vanematega sarnased. Liigi hulka kuuluvad aga ka kõik põhiliigist erinevad, kõrvalekalduvad isendid, kes põhiliigiga ristlemisel annavad järglasi, nagu teisendid ehk varieteedid, alamliigid, vormid, moendid, rassid. Nagu sellest nähtub, pole liigi mõiste päris täpne: ta võib haarata kord laiemaid, kord kitsamaid organismide hulki.

Et liigid omavahel risteldes ei anna järglasi, seda peeti üheks olulisemaks liigitunnuseks. Nüüd on aga teada palju juhtumeid, kus liigid looduslikeski tingimustes võivad omavahelisel ristlemisel anda elujõulisi järglasi ja uusi liike, näit. pehmekarvane kõrvik (*Galeopsis pubescens*) × kirju kõrvik (*G. speciosa*) = kare kõrvik (*G. tetrahit*). Kõik kolm mainitud taimeliiki esinevad meie kodumaa looduses.

Teiseks, mis puutub järglaste sarnasusse vanematega, siis see ei tähenda veel identsust: järglased, olgu need põhiliigi, alamliigi, teisendi või vormi ristlemise tulemused, pole keha ehituselt ega selle väliskujult oma vanematega kunagi täiesti identsed.

Lamarcki õpetus. Jean Lamarck (1744—1829) — prantslane — oli üks esimesi, kes püüdis põhjendada uute liikide tekkimist. Oma 1809. a. ilmunud töös „Zooloogiline filosoofia" ta näitas, et liigid pole muutumatud ja püsivad, nagu arvati seni, vaid et kunstlikul ristlemisel tekivad koduloomade ja kultuurtaimede puhul värrad ja uued vormid. Edasi ta väitis, et elu algvormid on tekkinud mitme eri tüvena anorgaanilistest ainetest. Taimeliikide muutumise põhjuseks pidas Lamarck muutunud välistegurite otsest mõju. Loomade arenemise ja loomorganismide muutumise aluseks ta arvas olevat kaks põhjust: 1) igas organismis peituvat seesmist arenemistungi, mille toimel olesed muutuvad täielikemaiks ning kohanevad ümbruskonnaga, ning 2) tegevustungi, mis arendab ja tugevdab elundeid. Ümbruskonna tingimuste muutumisel peavad loomad kohanema uute tingimustega ning hakkama

harjutama seni olemasolevaid elundeid või uuesti tekkinud tunnuseid uues suunas. Harjutus ja tegevus teevad elundid tugevaiks, tegevusetuse tagajärjel elundid aga manduvad. Isendi elus harjutuste kaudu saavutatud orgaanilised muutused päritakse edasi järglastele. Oma teooria põhjenduseks tõi ta teiste hulgas järgmisi näiteid: kaelkirjaku pikk kael on tekkinud harjutuste tulemusena — puude lehti toiduks tarvitama hakates katsus kaelkirjak oma pead kõrgele üles upitada. Ujulindudel on tekkinud varvaste vahele ujunahad ärrituste mõjul, mida varbad rannamudas kõndides tundsid. Mäletsejatel on arenenud sarved seetõttu, et nad küüniste ja kihvade puudumisel pidid kaklema peadega ja et viha momendil kogunes otsmikusse rohkesti verd, mille mõjul hakkasidki kasvama sarved.

Nagu eeltoodust selgub, on Lamarcki õpetuse tuumaks järgmised põhjendamatud arvamused: organismide muutumise ja arenemise aluseks on väliskeskkonna muutuvad ärritused, mis kutsuvad organismides esile uued harjumused ja kohanemistunnused, kusjuures isendi elu kestel tekkinud muutused päritakse edasi järglastele. Mõne põlvkonna vältel võivad sel viisil uued liigid tekkida. Olgu meelde tuletatud, et uuemate uurimiste põhjal on tõestatud, et väliskeskkonna või harjutuste mõjul isendi eluaja jooksul tekkinud muutused pole päritavad, mispärast Lamarcki teooria täielikult kokku variseb. Sellele vaatamata jääb Lamarcki teeneks asjaolu, et ta esimesena püüdis põlvnemisõpetust põhjendada (omaaegsete poolikute teaduslikkude andmete põhjal, mida ei või temale süüks panna).

Darwini õpetus. Charles Darwin (1808—82) oli tuntud inglise arsti ja loodusteadlase Erasmus Darwini pojapoeg.

Erasmus Darwin püüdis juba XVIII sajandi lõpul põhjendada evolutsiooni põhimõtteid. Ta juhtis tähelepanu sellele, et taevakehad muutuvad, vesi ringleb looduses üha muutudes, kaljud ja kivimid murenevad ja muutuvad, taimedel tekivad uued kaitsevahendid ning loomade elundid on muutunud (neid muutumisi ta püüdis selgitada anatoomiliselt), mispärast pole põhjust kõnelda organismide muutumatusest. Ta väitis, et kolm tungi — enesekaitse, nälg ja sugutung — põhjustavad loomade põlvnemist.

Charles Darwin sai asjaarmastajast professionaalseks loodusteadlaseks alles pärast 5 a. kestnud teaduslikku ekspeditsiooni ümber maailma (1831—36), millest ta osa võttis. Siin puutus ta kokku kõige mitmekesisemate looduslikkude nähtustega

mitmesugustes maailmajagudes ning tingimustes, kogus tohutu hulga teaduslikku materjali, mille läbitöötamiseks kulus hulk aastaid, kuid mis varustasid teda väga rikkalikkude kogemustega. Oma vaated liikide tekkimise ja muutumise kohta avaldas ta 1859. a. ilmunud töös: „On the Origin of Species by Means of Natural Selection" („Liikide tekkimisest looduslik valiku teel").

Darwin elas Inglismaal ajal, mil seal palju tegeldi uute loomatõugude ja taimesortide aretamisega. Darwin ise katsetas tuvide aretamisega ning kuulus tuviaretajate klubi liikmete hulka. Loomaaretamise teoreetilised ja praktilised alused huvitasid teda väga ning ta tutvus nendega põhjalikult. Ta nägi, kuidas vaevaltmärgatavatest erinevustest aretati kunstliku suguvaliku teel uued tõud ja sordid, kus need erinevused olid muutunud inimese soovi kohaselt selgelt väljenduvaiks. Tõuaretajaist ei kahelnud keegi vormide muutlikkuses, sest nad ise toimetasid seda muutmist.

Darwin oli arvamusel, et isendite eluajal saavutatud kehalised muutused päritakse edasi järglastele. Kui Darwin hakkas otsima põhjusi looduslikes tingimustes esinevate liikide muutumisele, tuli ta varsti arvamusele, et selleks teguriks on looduslik valik. Nii nagu looma- või taimearetaja valib ristlemiseks oma tahtmisele vastavate tunnuste ja omadustega organisme, nii toimub suguvalik ka looduses, kusjuures ristlemine või paaritumine õnnestub vaid kõige tugevamate ning elutingimustega enam kohanenud organismide vahel. Kui taime- ja loomakasvatamisel on sugupoolte valijaks inimene, siis looduses on selleks karmid ja ebasoodsad elutingimused: need hävitavad kõik organismid, mis pole suutnud nende elutingimustega kohaneda. Edasi on tähtsaks teguriks looduslikul valikul olelusvõitlus. Kõik organismid soetavad rohkel arvul järglasi. Kui kõik need ellu jääksid, poleks varsti olestel elamiseks ruumi maakeral. Olelusvõitluses langevad aga kõik viletsad, vigased ja nõrgad olesed kui ka need, kes pole suutnud kohaneda elutingimustega või kes omavad elunõuetele mittevastavaid tunnuseid või omadusi. Nii toimub looduslik selektsioon ehk valik. Üksikutel juhtudel võib olelusvõitlus omandada otse sõjalise võitlusilme, näit. tedrekukkede kevadistel kaklustel, põdrapullide võitluspusklemistel jne.; teisel juhul omab see rohkem võistluse ilmet, nagu emamesilase sugutuslennul isamesilaste lennu kiiruses ja kestuses, isalindude viisirikkuses, kaunis sulestikus jne.; kolmandal juhul — ruumi vallutamises.

Darwini arvates kõik pisitunnused, mis kuidagi soodustavad organismi elu ja toimeid, suurenevad põlvkondade vältel sel määral, et võivad tekkida uute tunnustega vormid ehk uued liigid.

Looduses sünnib mitmesuguste tunnustega organisme: ühed tunnused võivad elu soodustada, teised — kahjustada. Näit. soodustavad taimede elu ja olelusvõitlust külma- ja kuivakindlus, kuna vastupidised omadused võivad elule saatuslikuks saada. Kas uus tunnus on organismile kasuks või kahjuks, selle üle otsustavad karmid elutingimused ja olelusvõitlus. Nende mõjul toimub organismide omaduste hinnang ning looduslik valik. Need tegurid määravad seega ka organismide arenemissuuna. Ja kui elutingimused muutuvad, siis muutub ühes sellega ka organismide arenemissuund, nagu see ongi toimunud geoloogiliste ajastute vältel.

Darwini õpetuses on uus ja väärtuslik õieti see, et ta oskas rakendada kunstlikku suguvalikut looduslikkude elunähtuste seletamiseks — looduslikku valiku ehk selektsioonina. Teiseks äratundmine, et looduslikul valikul etendab tähtsat osa olelusvõitlus, kuigi ta jättis viimase mõiste ligemalt määramata ning kasutas seda liigagi laias mõttes.

Darwini õpetuse puudused. Esiteks on väga kaheldav, kas need väikesed erinevused, millede kuhjumist Darwin väidab põlvkondade jooksul ja milledele ta rajab uute liikide tekkimise, on üldse organismile kasulikud ning suudavad määrata nende arenemise ehk muutumise suundi. Kas see, kui näit. linnu karvad omandasid veidi sulelaadse kuju, suutis olla juba küllaldaseks aluseks sellele, et lindudest kujunesid lendajad? Lendamiseks on teatavasti sulgedest (olgu need head või halvad) üksi liiga vähe: selleks on tarvis tervet rida teisi tunnuseid, millede juures me eespool peatusime. Või mis tähtsus võis olla sellel, kui kala lihastes tekkis õige nõrk elektrivool? — Ega see teinud kala veel elekterkalaks, kellele elektrilaengud on kaitseks! Praegu arvatakse, et uute liikide tekkimiseks on tarvis palju tugevamaid ja järsemaid muutusi (mutatsioone).

Teiseks pidas Darwin kõiki pisierinevusi päritavaiks, ka isendi elu kestel tekkinuid (variatsioonid ehk modifikatsioonid). Praegu me teame aga kindlasti, et niisugused omadused pole päritavad. Heaks tõendiks selle kohta on Johannseni katsed, mis sooritatud aedubadega isetolmlemisel ja

mis näitavad, et ubade suurus (seemnete raskus) pole päritav, vaid et igas suuruses seemnetest kasvanud järglastel see omadus võib teatud piirides ainult varieeruda, kusjuures tütarubade keskmine kaal ei muutu.

Emaubade kaal mg	Tütarubade kaal mg									Tütarubade keskmine kaal mg
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
300	—	1	—	2	7	15	19	7	—	635
400	—	—	5	8	41	145	357	202	9	593
500	1	4	25	126	461	1150	563	59	3	595
600	—	—	17	82	329	820	367	18	—	591
700	—	—	1	8	11	72	39	3	—	611

Johannseni katsed näitavad, et valiku teel võib eraldada nn. puhtaid liine, mis pole aga uued liigid. Seega ei oma looduslik valik kaugeltki nii suurt väärtust liikide tekkimisel, nagu Darwin sellele omistas.

Weismanni iduplasma-teooria. August Weismann (1834—1914), saksa loodusteadlane, tegeles peamiselt põlvnemise ja pärilikkuse küsimustega. Ta oli suur Darwini õpetuse pooldaja. 1885. a. ilmus tema töö: „Das Keimplasma" („Iduplasma"), milles ta esitas oma vaated iduplasma kohta. Tema teooria järgi on pärilikkude omaduste kandjaks nn. iduplasma, mis sugurakkude — eriti nende tuumade — kaudu põlvest põlve edasi antakse. Sugutumisel toimub iduplasma kaudu mõlema vanema pärilikkustegurite segunemine ning pärilike omaduste edasiandmine järglastele sugutatud munarakkude kaudu. Weismanni teooria oluliseks osaks on järgmine väide: välistegurid võivad mõjustada ainult keha- ehk somaatseid rakke, mitte aga iduplasmat. Weismann eitab kategooriliselt isendi elu vältel saadud omaduste, harjumuste ja võimete päritavust. Katseliselt tõestas ta seda oletust järgmiselt: ta laskis 22 põlve vältel hiirtel korduvalt sabad ära lõigata, kuid sellele vaatamata omasid äralõigatud sabadega hiirte järglased ikka jälle sabu. Vanaduspäevil oli Weismann siiski sunnitud uute asjaoludega tutvumisel tunnustama, et välistegurite mõju võib mõnikord sugurakkudeni ulatuda ning mõjustada iduplasmat, mispuhul muutused võivad avalduda järglasis.

De Vriesi mutatsiooniteooria. Hollandi taimeteadlase Hugo de Vriesi töö: „Die Mutationstheorie" ilmus 1901. a. Selle teooria järgi väliskeskkonna tegurite mõju võib ulatuda sugurakkudeni ning kutsuda nende kromosoomides ja geenides esile muutusi, millede mõjul järglastes võivad ilmneda vanematest järsult erinevad omadused või tunnused. Oluline sel puhul pole mitte see, kui suure või väikese erinevusega on nimetatud tunnus või omadus, vaid see, et see muutunud omadus on pärilikult fikseeritud ja antakse siitpeale järglastele pidevalt edasi. Mutatsioonist ja mutantidest oli meil eespool juttu peatükis „Sigimine". Siin olgu vaid viidatud, et see on esimene teooria, mis kätte näitab tõeliselt olelevad põhjused uute liikide ja vormide tekkimisel.

Mendeli kolmas pärilikkusreegel (geenide autonoomsuse reegel) juhatab meile kätte teise võimaluse uute pärilike omaduste ja ühes sellega uute vormide tekkimiseks — geenide uute kombinatsioonide kaudu, mis nähtuse juures oleme samuti peatunud eespool.

Polüploidsus. Kolmas uute vormide ja liikide tekkimise võimalus esineb siis, kui sugurakkude valmimisel kromosoomide taandumine toimub ebanormaalselt. Tavaliselt sisaldavad sugurakud poole väiksema ehk haploidse arvu kromosoome, kuna keha- ehk somaatseis rakkudes kromosoomide arv on kaks korda suurem ehk diploidne. Praegu on aga teada rida juhtumeid, kus sugurakkude valmimisel kromosoomide taandumist ei toimu. Sel korral on järglaste keharakkudes neljakordne ehk tetraploidne arv kromosoome. Kui kromosoomide taandumine toimub ainult ühe sugupoole sugurakkudes, teise sugupoole rakkudes aga mitte, siis omavad järglased kolmekordset ehk triploidset kromosoomide arvu. Niisugust nähtust nimetataksegi



a b c d e f

Joon. 68. Nisu liigid: *a* — 7 kromosoomiga, *b*, *c* — 14 kromosoomiga ja *d*, *e*, *f* — 21 kromosoomiga.

polüploidsuseks (paljukromosoomsus). Loomariigis on polüploidsuse nähtusi vähe teada, taimeriigis aga üsna rohkesti. Kui rakutuumad sisaldavad suurendatud arvu kromosoome, siis on rakud ise suuremad ning organism omadusilt teissugune kui normaalse kromosoomide arvuga oles. Nii võivad tekkida uued vormid ja liigid. Näitena olgu nimetatud: nisu liigid 7, 14 ja 21 kromosoomiga, õunapuude sordid — 17, 34 ja 51 kromosoomiga, mailase liigid 7, 14, 21, 28; 8, 16, 24 ja 32; 17 ja 34; 9, 18 ja 36 kromosoomiga (viimasel juhul, s. o. mailastel, on kromosoomide põhiarv vist 8). Missuguse kromosoomide arvuga vormid osutuvad elujõulisteks, see selgub loodusliku valiku kaudu. Kultuurtaimede puhul otsustab liigi või sordi väärtuse ja kasutatavuse inimene. Polüploidsed taimed on enamasti isesteriilsed ega anna sama liigi või sordi õietolmuga tolmlemisel seemneid ja vilju.

Mainitud kolm uute vormide ja muutuvate pärilike omaduste tekkimise võimalust on seotud kromosoomide ja geenidega. Nii mutatsioonid, geenide kombinatsioonid kui kromosoomide arvu suurenemine on seotud rakkudes esinevate pärilikke omadusi kandvate geenidega. Kui neid võimalusi lähemalt vaadelda, siis selgub, et nende kaudu saab olemasolevaid pärilikke algmeid ainult ümber kombineerida, ümber paigutada või ka muuta, mitte aga uusi pärilikkuse algmeid ehk geene tekitada. Et aga organismide põlvnemine miljonite aastate jooksul pole toimunud ainuüksi geenide ümberpaigutamise või muutumise teel, vaid et siin on pidevalt tekkinud hoopis uued geenid, uued päritavad omadused, uuelaadsed algmed, ei suuda mutatsioonid, geenide kombinatsioonid ja polüploidsus seda uute algmete tekkimist lahendada; niisiis pole liikide muutumise ja uute liikide tekkimise põhjused täies ulatuses veel avastatud.

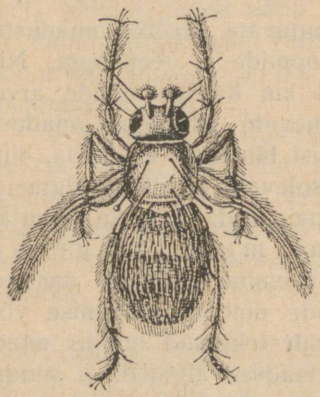
Vormide muutuvus ja valik.

Darwini õpetuse raskuspunktiks on valik, kunstlik ja looduslik suguvalik. Et valik on vormide muutumisel suure tähtsusega, selles pole kahtlust. Mõtete lahkuminekuid esineb küll aga valiku tähtsuse hindamisel ning tema võimupiiride määramisel. Ühed loodusteadlased — Weismanniga eesotsas — omistavad looduslikule valikule põlvnemisel kõige suuremat tähtsust, teised aga kahtlevad, kas looduslik valik üldse suudab anda midagi uut.

Sest tõeliselt võib ju kõnelda valikust alles siis, kui on midagi, mille hulgast valida. Ent valiku teel võivad väärtuslikud omadused ja pärilikud tunnuste muutused säilida ning aja jooksul suurenedagi, kuna alaväärtuslikud pärilikud omadused kõrvaldatakse.

Nüüd tekib aga küsimus: millised omadused on väärtuslikud ja millised alaväärtuslikud? Varsti selgub, et omaduste väärtus sõltub ümbruskonnast ja elutingimustest.

Lendavatel putukatel on tiibade tugevus ja lennukiirus väärtuslikud omadused, mida aastatuhandete ja -miljonite vältel on valiku teel parandatud ja täiendatud. Pärilikkude omaduste muutuste tõttu ei toimu aga alati tiibade täienemine, vaid vahete-vahel tekivad putukad hoopiski viletsate ja lendamiseks kõlbmatute tiibadega. Kärbeste hulgas esinevad seesugused juhud tihti. Võiks arvata, et valiku toimel kõik viletsatiivalised putukad hävivad. Ent mitte igasugustes tingimustes ei osutu tiivad putukatele väärtuslikeks; näit. merekallastel ja meresaartel võib kange tuul kanda lendavad putukad kaugele merele, kus nad hukkuvad. Siin on tiivutud või lendamisvõimetud putukad tiivulistest paremas seisukorras, sest neid ei saa tuul merele kanda. Ja nii ongi selgunud, et meresaartel elutsevad peamiselt tiivutud putukad. Näit. Kerguéleni saartel India ookeanis on leitud 8 seal elutsevast kahetiivalisest liigist 7 liiki mandunud tiibadega. Siit selgub, et tiivad ja lendamisvõime võivad osutuda putukail ühtedes tingimustes väärtuslikeks, teistes aga alaväärtuslikeks tunnusteks. Samuti on lugu teiste tunnustega, millest tuleb järeldada, et organismide tunnused ja omadused on suhtelise ehk relatiivse väärtusega.



Joon. 69. Mandunud tiibadega kärbes Kerguéleni saartelt.

Sageli oleneb tunnuse või omaduse väärtus selle tugevusest. Kui näit. kaelkirjaku kaelalülid mõnel järglasel oleksid tavalistest ainult veidi pikemad, siis see poleks puude otsast toidu

hankimisel nimetamisväärse tähtsusega; kui aga mõne looma kaelapikkus ületaks teiste oma poole või terve meetri võrra, siis selle looma toidusaamise võimalused oleksid teistest kindlasti paremad.

Kuid alati ei saa ka tunnuse tugevuse järgi otsustada, kas see on organismile kasulik või mitte. Paljudel juhtudel on mitu tunnust üksteisega sel teel s e o t u d, et nad asuvad ühes ja samas kromosoomis. Seotud tunnustest võib näit. üks olla organismi elus suure tähtsusega, teine aga väikese väärtusega. Kui tahta hinnata viimast tunnust üksinda, siis võib paista, et see pole organismi elus suurema tähtsusega; et teda aga ei saa lahutada esimesest tunnusest, siis tuleb mõlemat tunnust antud juhul koos hinnata. Peab tähendama, et seotud tunnuste leidmine ja nende hindamine pole sugugi lihtne.

Ka sel juhul on raske otsustada mõne tunnuse või elundi väärtuse üle, kui selle funktsioon on aja jooksul muutunud, näit. linnu sulgede puhul, mis keha kaitse- ja kattevahendist on muutunud lendamisvahendiks.

Lõpuks on tunnuste väärtuste puhul suure tähtsusega, kas nad esinevad domineerival või retsessiivsel kujul. Kui mõni omadus esineb pärilikult domineerivana, siis tuleb ta järglastel nähtavale; retsessiivsuse korral võib see omadus ilmneda aga alles siis, kui ta esineb mõlemal vanemal.

Toodud asjaoludest selgub, kui raske on otsustada organismide omaduste väärtuse ja alaväärsuse üle ning ühes sellega määrata loodusliku valiku ulatust.

Bioloogia ehk eluteadus on laiemaid teadusi üldse. Ta on jagunenud aja jooksul paljudeks harudeks (morfoloogia, anatoomia, tsütoloogia, histoloogia, embrüoloogia, füsioloogia, süstemaatika, biogeograafia jt.). Iga mainitud teadus kasutab looduslike objektide tundmaõppimisel isesuguseid vaatekohti ja meetodeid, kuigi bioloogia alusteadusteks on jäänud füüsika, keemia ja matemaatika. Üksikud bioloogia harud on ühise asja uurimisel läinud igaüks eri rada ning nad pole veel uuesti ühte kohta kokku jõudnud ühiste asjade otsustamiseks. Et see tulevikus toimub, selles pole kahtlust, ja et siis paljud seniselgitamatud küsimused selgitatakse, seda peame lootma.

Elu tekkimisest maakeral.

Oleme seni käsitelnud maakeral elutsevaid oleseid, nende muutumist, põlvnemist ja arenemist, ilma sellel peatumata, kuidas need organismid maapinnal on tekkinud. Peatume lõpuks lühidalt ka viimase küsimuse juures.

Kuidas on tekkinud maakeral elu ja elusolesed, selle kohta on esitatud kahesuguseid üksteisele vastukäivaid vaateid. Ühed filosoofid ja loodusteadlased arvavad, et elusolesed on tekkinud maakeral eluta ainest, teised, et eluidud on kantud maakerale maailmaruumist, teistelt taevakehadelt. Esimene vaade on vanem ja esineb mitmes variandis, teise vaate pooldajaid on vähe.

A) Elusolesed on tekkinud maakeral. Seesugust vaadet pooldasid juba vanad kreeka ja rooma filosoofid ning loodusteadlased. Nii õpetas kreeka filosoof Anaximandros VI sajandil e. Kr., et elusolesed tekivad (s. t. võivad tekkida veel käesoleval ajal) veest ja mudast päikesesoojuse mõjul. Tema pidas maailma algaineks, millest tekib nii eluta kui elus loodus, apeironi („piiritut") ning arvas, et elusaine ja elusolesed muutuvad pärast surma selleks aineks tagasi. Aristoteles, suurim vanaaja filosoof ja loodusteadlane (384—322 e. Kr.), õpetas, et kogu loodus koosneb substantside astmeist: algastmel on aine ehk substants vormitu, kõrgematel astmetel aine ehitus täieneb ning aine kõrvale tekib olestes hing, mis avaldub taimedel toitumisvõimes, loomadel — liikumises ja tajumisvõimes; inimesel ilmub aine ja hinge kõrvale veel mõistus. Aristotelese arvates võivad ussid tekkida veekogudes mudast. Rooma filosoof Titus Lucretius Carus (I saj. e. Kr.) tõendas, et muld on kõige elu allikaks: mullast on tekkinud taimed, niiskes mullas tekivad munad, milledest arenevad linnud ja munejad loomad, mullast on kujunenud emakad, milledes tekivad imetajate loomade pojad kui ka lapsed. Viimase filosoofi vaadetes on väga palju naiivsust.

Kui avastati pisikud mikroskoobi leiutamise järel, siis tekkis üldine arvamine, et need seni nähtamatud olesed tekivad veest, mudast, mullast ja igasugustest leotistest. See vaade levis tolleaegsete teadlastegi hulgas, kuni 1862. a. prantsuse teadlane Pasteur oma klassikaliste katsetega suutis tõestada, et bakterid tekivad ainult bakteritest ja mitte kunagi muust ainest. Siitpeale tunnistati elu isetekkimine elutust ainest praegustes tingimustes maakeral võimatuks.

Kuid sellega pole kuidagi kõrvaldatud teine võimalus, nimelt elusaine tekkimine elutust ainest kunagi maakera minevikus, mil selleks olid soodsad tingimused. Üheks tugevaks argumendiks niisugusele elu ürgtekkimise võimalusele elutuist aineist tuleb pidada seda, et elusaine (protoplasma) ja elusolesed koosnevad samadest algelementidest, nagu elutudki

ained. Muidugi pole võimalik kindlasti tõestada seda, kuidas minevikus on toimunud seesuguste elementide liitumine, nagu H, O, C, N, S, P, K, Mg, Ca jt., mis moodustavad elusplasma. Haeckeli arvates pidid ürgselt tekkinud esimesed organismid olema praegu elutsevaist ainurakseist palju lihtsamad, koguni mitte rakud, vaid „lihtsad homogeensed ja struktuuritud valgutükikesed". Seesuguseid oleseid nimetab Haeckel moneeri-deks. Praegu peavad mõned teadlased algolesteks senitundmatuid aineid — viiruseid, mis põhjustavad mitmesuguseid haigusi, mispuhul pole aga avastatud rakulisi oleseid — baktereid.

Saksa teadlase Pflügeri (1875) kujutelmad elusaine tekkimisest omavad teiste teooriate hulgas suuremat tähelepanu. Pflüger teeb vahet elusate ja eluta valkude vahel: esimesed on ebapüsivad, teised — pikema kestusega. Elusvalkude tunnuseks peab ta CN- (tsüaan-) radikaali, mis on suure energiamahu ning liikumiskiirusega. Tsüaaniühendi tekkimist maakeral peabki Pflüger elusaine tekkimise esimeseks momendiks. C ja N võivad aga ühineda ainult hõõgpalavuses. Siit järeldab Pflüger, et CN-ühendid on tekkinud maakeral siis, kui see oli veel gaasiliselt-hõõguvas olekus. Maakera määratult pika jahtumisaja vältel toimus edasi CN ühinemine teiste radikaalide ja elementidega, nagu CH ja O. Missugused ained ja missuguses järjekorras CN-ga aja jooksul on ühinenud, seda pole teada ega ka võimalik tõestada. Küll aga võib arvata, et elusvalgud võisid tekkida maakeral alles pärast seda, kui veeaur oli osaliselt kondenseerunud veeks ja koondunud maapinnale ning maakera koore temperatuur langenud alla 100° C. Pflügeri hüpoteesi järgi on elusainete tekkimine maakeral seotud kahe olulise momendiga: kõrge temperatuuri ja veega, tule ja vee olemasoluga.

B) Eluidud on kantud maakerale maailmaruumist. Seda mõtet on esimesena arendanud saksa teadlane Richter (1865), väljudes asjaolust, et kõikjal maailmaruumis ekslevad pisikesed ainete osakesed, „kosmiline tolm", mis maakera külgetõmbe piirile sattudes langevad maapinnale. Niisugustel tolmukübemekestel võivad aga olla ka elu idud, eosed või tsüstiga kaetud ainuraksed, mis maapinnale sattudes ning veega kokku puutudes võivad siin elama hakata. Richteri arvates olevatki esimesed elusolesed niiviisi maailmaruumist maakerale sattunud ning nendest on edasi arenenud kõik organismid maakeral.

Kosmilist tolmu satub vastuvaidlematult arvutul hulgal pidevalt maakerale ka nüüd, järelikult peaksid sel teel ka praegusajal uued olesed pidevalt maailmaruumist maakerale sattuma. Ent seda pole keegi suutnud märgata ega kindlaks teha, mispärast see oletus ei pea paika. Ja kuigi olesed sel viisil satuksid maakerale, jääks küsimus üldisest elu tekkimisest siiski lahtiseks.

V. Inimese põlvnemine.

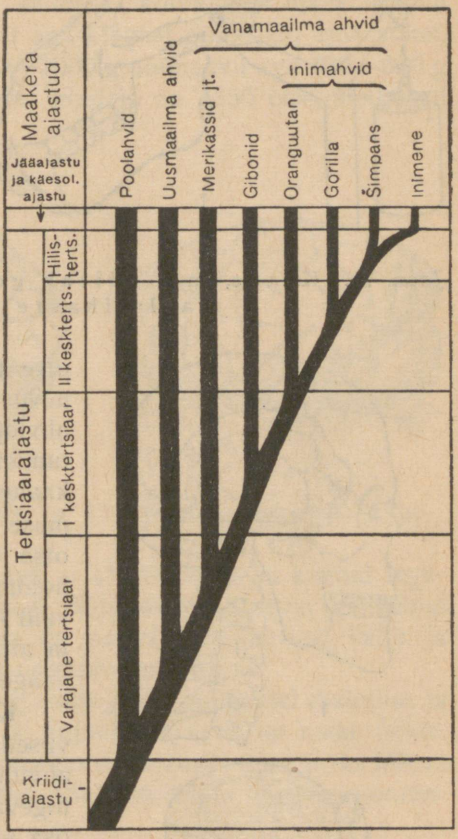
Inimahvid ja inimene.

Veel enne, kui teadlastel oli tekkinud arusaamine organismide põlvnemisest, paigutas Linné (1735) inimese ühte süstemaatilisse rühma (seltsi) inimahvidega. Ta ei mõelnud sel korral muidugi mitte inimese ja ahvide sugulusvahekordadele, vaid ta tegi seda teatavate välistunnuste põhjal, sest et inimene on väliselt ja oma kehaehituseltki kõige ligem inimahvidele. Nüüd on aga enam kui 200 aasta vältel kogunenud rohkesti mitmesuguseid andmeid inimese ja inimahvide esivanematest, millede abil teadlased on juba mõnevõrra suutnud selgitada inimese ja inimahvide sugulusvahekordi. Üldjoontes võib neid vahekordi võrrelda arenemispuuga, mille ladva moodustab inimene ja mille harudeks on inimahvide perekonnad. Selle skeemi kohaselt on inimese ja inimahvide kauged esivanemad põlvnenud arvatavasti vahevormidest, kelledel olid ühelt poolt inimahvide ja teiselt poolt inimese tunnused.

Tuleb aga tähendada, et seesuguseid kindlaid vahevorme pole seni leitud. Mainitud asjaolu on ameerika teadusmehele dr. F. Osbornile põhjust andnud esineda eriteooriaga, mille järgi inimahvidel ja inimesel pole üksteisega kunagi olnud kokkupuuteid ning sugulussidemeid ühiste esivanemate või vahevormide kaudu — mõlemad on arenenud iseseisvate paralleelridadena. Seda vaadet on kinnitanud muide uurimiste tulemused, milledest nähtub, et inimahvidel ja inimesel on üsna vähe ühiseid tunnuseid, nimelt šimpansil 28,4%, gorillal 27,3%, oranguutanil 10,5% (A. Keith). Neljas ahv — gibon, kellel ka on sarnasust eelmiste ahvidega, on uuemal ajal inimahvide hulgast välja arvatud.

Vaatleme veidi ligemalt, mispoolest inimahvid inimesest erinevad. Mitte ükski inimahv ei liigu maapinnal kahel jalal ega suuda hoida oma keha täiesti püsti nagu inimene:

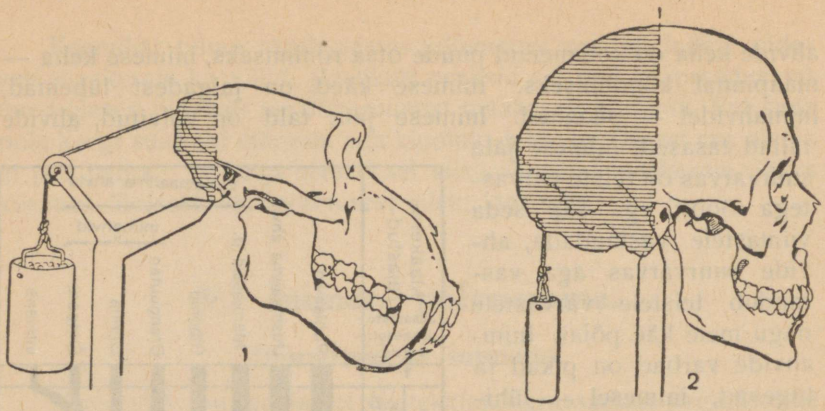
ahvide keha on kohanenud puude otsa ronimiseks, inimese keha — maapinnal kõndimiseks. Inimese käed on jalgadest lühemad, inimahvidel — pikemad. Inimese jala tald on võlvitud, ahvide tallad tasased. Inimese jala suurvarvas on teiste varvastega rööbiti ega saa seda viimastele vastandada, ahvide suurvarvas aga vastandub teistele varvastele nagu meie käe pöial. Inimahvide varbad on pikad ja tugevad, inimesel — lühikesed ja jõuetud. Inimese käe pöial aga on võrreldes ahvi eeskäe pöidlaga palju pikem ja paremini arenenud. Inimese käsi on vaba toetamise funktsioonist ja seda kasutatakse harva ronimiseks, ahvide mõlemad jäsemete paarid on peamiselt ronimiseks, väiksemal määral toetamiseks. Inimese käed on kujunenud hästiarenenud tööorganeiks, mis on aastatuhandete vältel loonud inimkultuuri.



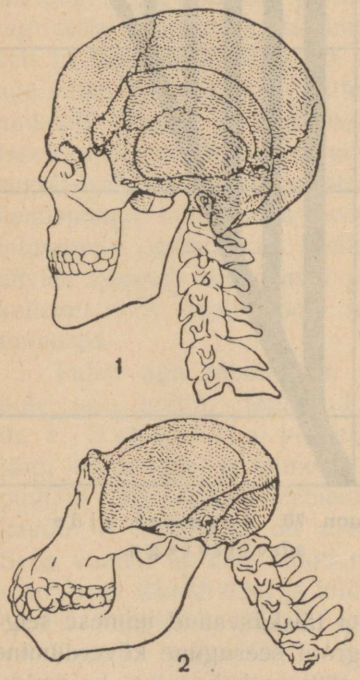
Joon. 70. Inimese side ahvilistega.

Inimese püstine kehahoiak ja sirge kõnnak on mõjustanud mitmeid teisi elundeid. Kõigepealt on selgroog omandanud 4 kõverust: kaela ja nimmealad on suunatud ettepoole, rinna ja ristluu kõverus — tahapoole, nii et täiskasvanud inimese selgroog on S-kujuline. Inimahvide selgrool seesugune kõverdumine puudub. Selgroo kõverusel on suur tähtsus keha püsti hoidmisel ja selle tasakaalu säilitamisel.

Inimese kaelalülide ogajätked on lühikesed ja allapoole suunatud, ahvide kaelalülide ogajätked on aga pikad, massiivsed ja



Joon. 71. Katse, mis näitab gorilla (1) ja inimese (2) kaelalihaste tugevust.



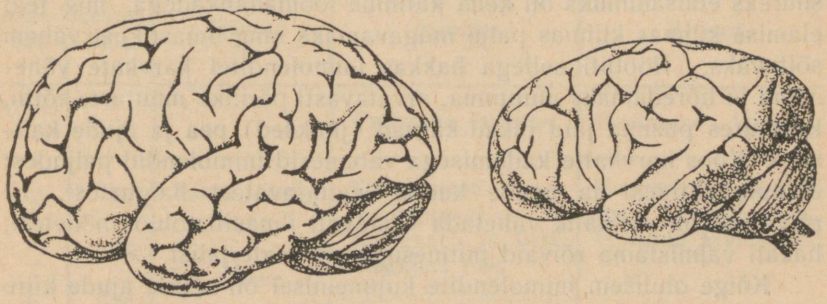
Joon. 72. Kolju aju- ja näoosa suhteline suurus inimesel (1) ja inimahvidel (2).

otse tahapoole suunatud. See erinevus on oluline, sest ta võimaldab ahvidel tugevate kaelalihaste kinnitumist, millega need suudavad tasakaalustamata koljut ülal hoida; inimese pea on paigutunud lülisamba otsa tasakaalustatult ja selle ülalhoidmiseks pole tarvis eriti tugevaid lihaseid. Inimese vaagen on lai ja aitab kanda siseelundeid, ahvide vaagen on kitsas ja pikk.

Kõige suuremad on aga erinevused koljus ja ajudes. Inimahvidel on inimesega võrreldes palju tugevamini arenenud etteulatuv näoosa ehk „koon", mistõttu nad liginevad rohkem alamatele loomadele. Inimese näoosa moodustab koljust 36—48%, šimpansil — 90—94%, orangutanil — 102%, hobusel — 450%. Põhjuseks siin on ahvide ja loomade mälumisaparaadi tugevam arenemine võrreldes inimesega. Tugevad lõualuud, koljuharjad ning muud kühmud koljul on ahvidel

vajalikud tugevate mälumis- ja kaela- (kukla-) lihaste kinnitamiseks, inimese koljul aga puuduvad nii põikine kuklahari kui ka kõrged kulmuülised mõikad.

Koljuõõne mahult jäävad kõik inimahvide koljud inimese omast kaugele maha. Inimese koljuõõne maht kõigub 1050—2000 cm^3 vahel, gorillal aga kõigest 600—650 cm^3 vahel. Inimese ajude kaal kõigub 1000—2000 g, inimahvil aga 400—600 g vahel. Inimese ajude keskmine pindala on 1250 cm^2, šimpansil aga kõigest 395 cm^2.



Joon. 73. Inimese (vasemal) ja šimpansi (paremal) aju.

Lõpuks olgu veel tähendatud, et ahvide keha on kaetud tugevate karvadega, mis ulatuvad isegi näole; karvkattest on neil vabad ainult peopesad. Inimese keha on paksust karvkattest vaba ja kaetud ainult vaevaltnähtavate udukarvakestega.

Missuguses järjekorras ning missugustel põhjustel mainitud ja muud inimese keha tunnused on kujunenud, seda on raske öelda. Mõningate antropoloogide arvates on siin olnud peateguriks kliima külmemaks muutumine ja jääaegade tekkimine inimsoo nooruspäevil.

Jääaegadel taganesid kord-korralt kaugemale lõunasse troopika ürgmetsad, mis olid iseloomulikud tertsiaarile. Puude otsas elutsevail olendeil, kelledeks tuleb pidada ka inimese kaugeid esivanemaid, jäi valida kahe võimaluse vahel: kas rännata koos taganevate metsadega kaugele lõunasse või asuda elama maapinnale. Inimsoo esivanemad on valinud viimase võimaluse.

Maapinnale elama asumiseks pidid inimese esivanemail olema vastavad kehalised eeldused: nad pidid võima käia kahel jalal ning suutma sealjuures oma keha püsti hoida; ronijatest kujunesid

kahel jalal püsti käijad olesed, kellede käed jäid vabaks. Neid käsi hakati kasutama tööks. Vabade kätega suudeti haarata igasuguseid esemeid. Kord enesekaitseks kätte haaratud kaigas või kivi muutus inimese peos varsti tööriistaks või relvaks. Mälu võimaldas inimesel talletada mitmesuguseid kasulikke kogemusi, mõistus — õppida uusi kogemusi ja oskusi teistelt.

Suure muutuse tõi inimolendite ellu tutvumine tulega kas metsakahjutulede või tulemägede kaudu; tule abil oli võimalik kaitseda end kiskjate metsloomade vastu, soojendada elamiseks kasutatavaid koopaid ja hakata lõpuks toitu küpsetama. Järgmiseks suureks edusammuks oli keha katmine loomanahkadega, mis tegi elamise külmas kliimas palju mugavamaks ning ilmastikust vähem sõltuvaks. Rööbiti sellega hakkas inimolenditel karvkate vähenema ja hõredamaks muutuma, arvatavasti pärilike muutuste tõttu, kusjuures püsima jäid pikad karvad (juuksed) pea ja ajude kaitseks. Koos karvkatte kadumisega vabanesid inimolendid paljudest ektoparasiitidest ja nende kaudu levitatavatest haigustest. Et rõivastist oli võimalik vahetada vastavalt ilmastikuolude nõuetele, hakati valmistama rõivaid mitmesugusest materjalist.

Kõige olulisem inimolendite kujunemisel oli nende ajude kiire arenemine, mis kõikide loomade ajudest kaugele ette jõudis. Mõned antropoloogid peavad sellegi nähtuse põhjuseks kliima külmemaks muutumist ning inimolendite elutingimuste halvenemist: nüüd oli tarvis alati energiliselt mõelda sellele, kust ja kuidas saada toitu, kehakatet, kuidas kaitseda end kiskjate loomade vastu, kuidas elada üle pikemad halva ilmastiku ajad jne. Seda väidet aitab kinnitada ka asjaolu, et inimkultuur on kõige kaugemale arenenud parasvöötmes, kus ilmastikuolud on karmid ja muutlikud, mitte aga ühtlase kliimaga troopikamail.

Diluuvium ehk jääajastu Euroopas.

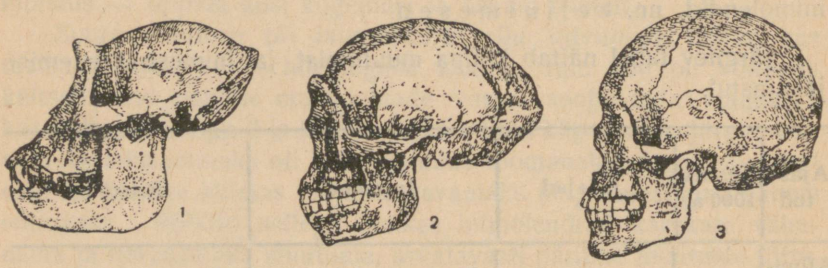
Tertsiaari lõpul hakkas maakeral kliima külmemaks muutuma. Selle muutuse kindlad põhjused pole teada. Hüpoteetilistest põhjustest on esile tõstetud maakera nabade nihkumist, Golfi hoovuse suuna muutumist, CO_2 vähenemist õhkkonnas jne. Euroopas levisid jääliustikud Skandinaavia mägedelt, kattes enamiku Inglismaast, Põhja-Saksamaa, Läänemere-äärsed maad ning põhja- ja keskosa Euroopa Venemaast. Ka Alpi mägede liustikud ulatusid praegustest märksa kaugemale. Jääliustikkude levimine toimus

perioodiliselt: kliima jahenedes nad laienesid, kliima soojenedes tõmbusid tagasi ning vähenesid pindalalt. Uurimiste kaudu on kindlaks tehtud nelja jääaja ja kolme jäävaheaja olemasolu Euroopas diluuviumiajastul. Esimene jääaeg algas u. 650 000 a. tagasi. Esimesel ja teisel jäävaheajal on ilmunud Euroopasse esimesed inimolendid, nn. e e l i n i m e s e d.

Järgnev tabel näitab kliima muutumist ja inimese arenemist jääajastul.

Ajastud	Kestus 1000 a.	Jääajad	Inimene	Riistad
Alluuvium			Praegune inimene	Keskmine kiviaeg
D i l u u v i u m ehk j ä ä a j a s t u	20	Pärastjääaeg	Tarkinimene (*Homo sapiens*) Aurignac'i ja Crô-Magnon'i rass	Sarvesemed ülekaalus. Peenelt väljatöötatud kiviesemed
	50	IV jääaeg		
	100		Ürginimene (*Homo primigenius*) Neandertali rass	V a n a - k i v i a e g Kivist noad, kraabid
	150	3. jäävaheaeg		
	200	III jääaeg	Steinheimeri rass	
	250	2. jäävaheaeg		Kivitalvad (käsitalvad)
	300			
	350			Ürgsed käsitalvad
	400		Eelinimene	
	450	II jääaeg	Piltdowni rass Pekingi-hiina rass Heidelbergi rass Ahvinimene (*Pithecanthropus*)	V a r a n e k i v i a e g (eoliidid)
	500	1. jäävaheaeg		
	550	I jääaeg		
	600			
	650	Eeljääaeg		

Ahvinimene. Tertsiaari lademetest on seni asjatult otsitud inimolendite kivistisi või jäätmeid. 1891. a. leidis hollandi tead-



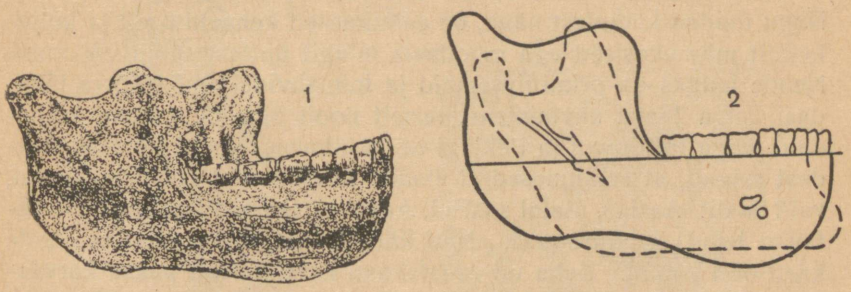
Joon. 74. *Pithecanthropus*'e (1), neandertallase (2) ja praeguse inimese (3) koljud.

lane E. Dubois Jaava saarel varastes diluuviumikihtides umbes 15 m sügavusel maapinnalt koljukaane, reieluu ja kolm hammast. Asjatundjate arvutuste järgi pidi selle olendi koljumaht ulatuma 950 cm^3, mis on suurem kui inimahvide koljumaht. See koljukaan on praeguse inimese omast palju madalam ning lähedane šimpansi koljukaanele. Hambad meenutavad inimese omi. Reieluu on sirge. Tema pikkuse järgi on arvutatud omaniku kõrgust ning hinnatud seda 165—170 cm. Arvatakse, et see olend võiks olla ehk vahelüliks inimese ja inimahvide vahel. Et ta käis kahel jalal püsti, siis ristis Dubois



Joon. 75. *Pithecanthropus*'e arvatav välimus.

selle olendi püstiseks ahvinimeseks (*Pithecanthropus erectus*). 1937.—39. a. leidis ameerika bioloog Königswald Jaava saarelt endise leiukoha lähedalt veel kolm samasugust ahvinimese koljut, mis on esimese Jaava leiuga sarnased. Lõualuud on uutel leidudel väga tugevad, kuna lõuats alalõualuul täiesti puudub. Leidude juures olid mõned väga primitiivsed kiviriistad.



Joon. 76. Heidelbergi inimese lõualuu (1) ja selle võrdlus praeguse inimese omaga (2).

Heidelbergi inimene. 1908. a. leiti Saksamaal Heidelbergi linna ligidal omapärane alumine lõualuu ühes hammastega, millel puudub lõuats, kuid mille hambad meenutavad inimese omi. Lõualuu on väga massiivne ja tönts. Kas selle omanik kuulub inimahvide või eelinimeste hulka, on ainuüksi lõualuu järgi võimatu otsustada.

Piltdowni inimene. 1911. ja 1915. a. leiti Lõuna-Inglismaal Piltdowni linna ligidal kahe kolju jäänused, millede alalõug sarnaneb inimahvi omaga, ajukolju aga nüüdisaegse inimese omaga. Tal on sarnasust Heidelbergi inimesega kui ka neandertallasega.



Joon. 77. Pekingi-hiina inimene.

Pekingi-hiina rass (*Sinanthropus pekinensis*). 1927. a. ja hiljemini on leitud Hiinas Pekingi ligidal Tshau-kau-tieni koopas hulk inimeste luude jäänuseid, nende hulgas 7 koljut 850—1220 cm^3 koljumahuga. Naiste pikkus 152 cm, meestel 163 cm. Leiud kuuluvad varasesse jääajastusse, veidi hilisemasse aega kui Jaava leiud. Samas on leitud ka mõned primitiivsed kiviriistad (terava-

servalised kvartsikillud kuni 15 cm läbimõõduga), hulk mitmesuguste jahiloomade luid, millistel õõnesluud olid katki pekstud arvatavasti kondiüdi kättesaamiseks; samas koopas on avastatud koos eelmiste esemetega tuleasemed sütega, millest tuleb järeldada, et Pekingi-hiina inimesed oskasid tuld kasutada (kas ka ise süüdata — pole teada). Koopa uurimine jätkub.

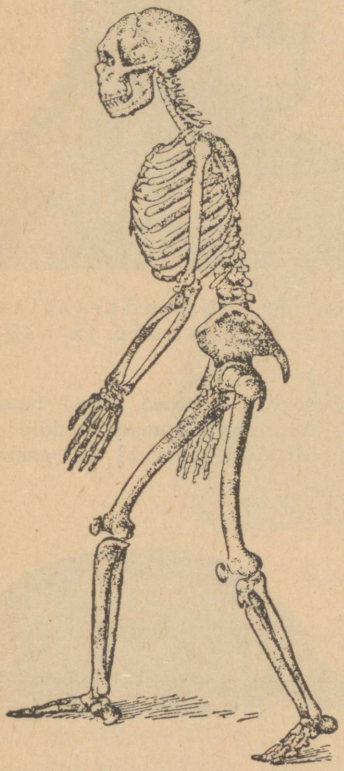
Eelinimesed moodustavad inimese arenemiskäigu eelastme. Nagu toodud leidudest näha, on eelinimesed kehaehituselt ja koljulaadilt mitmekesised ega moodusta mingit ühtlast tüüpi või rassi. Nende hulgas on primitiivsemaid ja inimahvidele mõnevõrra lähedasi, nagu Jaava ahvinimene, teiselt poolt aga ka rohkem arenenuid, nagu Piltdowni ja Pekingi-hiina inimene. Leidude asukohtadest selgub, et eelinimesed ei elanud ühel kindlal kohal maakeral, vaid laiali: Aasias, Malai saartel, Aafrikas (ka sealt on olemas vastavad leiud) ja Euroopas. Nad käisid püsti kahel jalal ja nende käed olid vabad. Keha oli arvatavasti kaetud üsna paksu karvastikuga. Nad kasutasid kõige primitiivsemaid riistu: puuritvu, kaikaid, aga ka looduses leiduvaid kivikilde ja kive (eoliite), mida sai kasutada tagumiseks, kraapimiseks või viskamiseks. Eelinimene tundis tuld: kas ta aga ise oskas tuld hõõrumise teel saavutada, on küsitav. Kõik eelinimeste leiud on avastatud varastes diluuviumikihtides.

Euroopa ürginimene.

Ürginimese esimesed leiud avastati 1856. a. Saksamaal Düsseldorfi linna ligidal Neandertali orus ühest koopast. Need koosnesid koljukaanest, ülemiste ja alumiste jäsemete mõningatest luudest. Hiljemini on tehtud samasuguseid leide veel paljudes kohtades Euroopas: Belgias, Kroaatias, Prantsusmaal, Krimmis, Aafrikas, Hiinas jm. Kõik need leiud kuuluvad samale rassile, keda nimetatakse esimese leiukoha järgi neandertallaseks (*Homo primigenius*). Rohkete leidude tõttu on neandertali rassi kehaehitus hästi tuntud. Siin pole kahtlust, et on tegemist alamal astmel oleva ürgse inimesega.

Kehaehitus. Üldiselt olid neandertali rassi esindajad väikese kuni keskmise kasvuga, jässaka kere ning võrdlemisi suure peaga. Meeste keskmine pikkus ulatus kuni 160 cm. Selgroog ei omanud veel S-kuju, vaid oli ainult ülemise osaga ettepoole kõverdunud.

Selgroo ja labajala ehitusest järgneb, et neandertallased ei hoidnud keha käimisel päris püsti, vaid käisid küürus. Kaelalülide ogajätked on pikad ning suunatud otse taha, millest tuleb järeldada, et kaelalihased on olnud hästi tugevad. Kolju otsmik on



Joon. 78. Neandertallase toes (rekonstruktsioon).



Joon. 79. Neandertallase arvatav välimus.

väga madal, sellele vaatamata oli koljumaht õige suur — 1300 kuni 1400 cm³, sest kolju tagumine osa on suhteliselt hästi mahukas. Madala otsa tõttu pidid suuraju otsmised sagarad olema nõrgalt arenenud, samuti ka kõnetsentrum, millest järeldatakse, et neandertallaste kõne koosnes vaid žestidest ning hüüetest ja et neil häälikutest koosnevad sõnad puudusid. Alumisel lõualuul puudub lõuats. Lisaliigendi-pind sääreluu alumisel otsal vihjab sellele, et neander-

tallased istusid ristijalu, nagu praeguelutsevad alamate rasside esindajad.

Eluviisid. Neandertali rassi elanikke peetakse jahimeesteks, kes oskasid aga saaki koguda ja halbadeks aegadeks alal hoida.



Joon. 80. Neandertallase arvatav peakuju ja nägu.

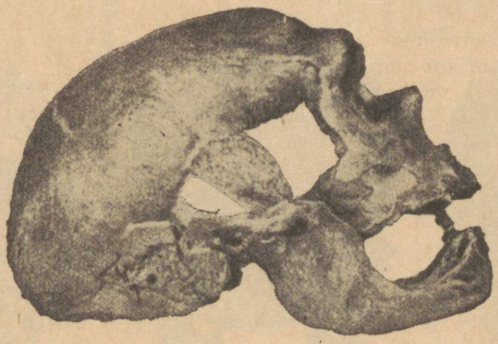
Rohkesti leide jahiloomade kontide alal annavad selge ülevaate tol ajal elutsenud loomadest. Need olid: villkarvane ninasarvik, mammut, ürgelevant, Mercki ninasarvik, metshärg, euroopa piison, metssiga, põder, karu, metskits, metskass, ilves, hunt, rebane, nugis, tuhkur, saarmas, kobras, nirk, palju linde ja tigusid. Puutaimedest kasvasid jäävaheaegadel: pärnad, vahtrad, saared, jalakad, tammed, kased, lepad, paplid, haavad, kuused, männid, elupuud. Suuremad loomade kondid on enamasti puruks pekstud. Tuleasemed näitavad, et tuld on osatud kasutada.



Joon. 81. Šimpansi (vasemal), *Pithecanthropus*'e (ülal paremal) ja neandertallase kolju ja koljukaaned.

Elukohtadeks olid Prantsusmaal ja Lõuna-Saksamaal enamasti koopad. Kas seal elati pidevalt või ainult ööbiti, pole päris kindlaks tehtud. On leitud ka matusekohti, mis näitavad, et surnuid on maetud lamamisasendis ja neile on panustena kaasa asetatud mitmesuguseid riistu ja esemeid.

Riistad ja relvad. Tähtsamaks tööriistaks oli neandertallastel käsitalb. Algul oli see mingi tulekivitükk, piklik ja terava otsaga, mida kasutati peos hoitava löögiriistana. Hiljemini hakati teravat otsa täkkimisega vastupidavamaks muutma. Et käsitalb ei suutnud pikapeale kõiki ülesandeid küllalt rahuldavalt täita, hakati selle kõrval kasutama teravaid, piklikke ja teravaservalisi tulekivi-



Joon. 82. Neandertallase kolju.

kilde nugadena, kraapidena (loomanahkade puhastamisel), oda-otstena jt. otstarveteks. Niisuguste primitiivsete relvadega suutsid ürginimesed tappa seesuguseid suuri loomi nagu mammut, ninasarvik, metshärg jt. Loomade püüdmiseks kasutati pealt kinnikaetud püügihaudu. Suurematele loomadele peeti jahti arvatavasti hulganisti, kusjuures jahilkäijaiks olid mehed. Naiste ülesandeks oli marjade, viljade, söögijuurikate ja muu taimtoidu kogumine. Riistade ja relvade meistreiks olid vilunud vanad mehed.

Üldiselt peetakse neandertali rassi primitiivse ajutegevusega metsikuks rahvaks, kelle kunstivõimed on olnud väga madalal astmel. Nad on kadunud äkki — arvatavasti välja tõrjutud tarkinimeste poolt.

Steinheimeri ürginimene. 1933. a. avastati Saksamaal Württembergis nn. Steinheimeri ürginimese jäänused. See rass on elutsenud koos ürgelevandi ja Mercki ninasarvikuga III jääajal ja sellele järgneval 3. jää-

vaheajal, igatahes enne neandertali rassi. Steinheimeri ürginimese koljul on mõningaid ühiseid jooni neandertali inimese koljuga (tugevad silmapealsed mõikad), kuid on viimasest märgatavalt väiksem, mispärast seda rassi tuleb pidada neandertali rassist alamaks, eelinimeste ja ürginimeste vaheliseks rassiks.

Euroopa tarkinimene.

Tarkinimene (*Homo sapiens*) järgneb ürginimesele ehk neandertali rassile IV jääajal, s. o. ligi 70 000 a. tagasi. Mispärast neandertali rass kadus ja kellest on arenenud või kust on tulnud tarkinimese rassid, need küsimused on seni selgitamata. Tarkinimene esineb Euroopas kahe eri rassina: vanemaks ja vähem



Joon. 83. Aurignaci rassi esindaja kolju.



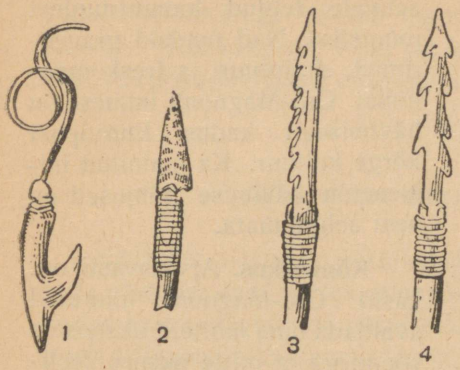
Joon. 84. Crô-Magnoni rassi esindaja kolju.



Joon. 85. Crô-Magnoni inimene.

kultuurseks rassiks on Aurignac'i ehk Brünni rass, kes meenutab mõnevõrra neandertallast, kuna teine — Crô-Magnon'i rass (mõlemad nimed on antud leiukohtade järgi) meenutab täiesti praegusaegseid Euroopa elanikke. Esimesed Crô-Magnon'i rassi kuuluva inimese jäänused avastati 1864. a. Prantsusmaal Crô-Magnon'i asula ligidal. Hiljemini on seesuguseid leide tehtud Euroopas paljudes kohtades. Crô-Magnon'i rassi esindajad on pikakasvulised (keskmine pikkus kuni 180 cm). Keha välisehitus üldse enam-vähem sarnane praegusaegsete eurooplastega. Nende laup on kõrge, alumine lõualuu tugeva lõuatsiga;

kehahoiak täiesti sirge; koljumaht ruumikas. Mainitud rassi esindajaid peetakse väga andekaiks. Nad elasid koobastes, elatasid endid jahipidamisest, kalastamisest ja mitmesugustest taimedest. Kogusid endile toidutagavarasid. Riistadeks ja relvadeks nad kasutasid enamasti kivi, millest oskasid aga valmistada pikki nuge, oda- ja nooleotsi. Viimaste abil nad suutsid jahiloomi hõlpsamini surmata kui nende eelkäijad — ürginimesed. Kiviriistade kõrval Crô-Magnoni rassi esindajad kasutasid luust, sarvest ja mammutikihvadest valmistatud esemeid, nagu õngi, noolte ja harpuunide otsi, põhjapõdrasarvedest valmistatud pusse jne. Eriti tähtsaks tööriistaks on luunõelad, millede abil nad kokku õmblesid loomanahku ning valmistasid endile riideid. Ka kiviesemeid töötasid nad välja suure osavusega, kuigi nad



Joon. 86. Luust valmistatud õng (1), kivist odaots (2), harpuuni otsad (3 ja 4) — põhjapõdrasarvedest (Euroopa tarkinimese töö).



Joon. 87. Käsitalb (kivist).

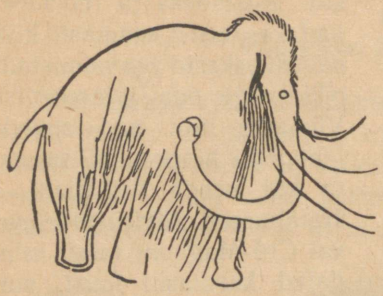


Joon. 88. Kivinuga.



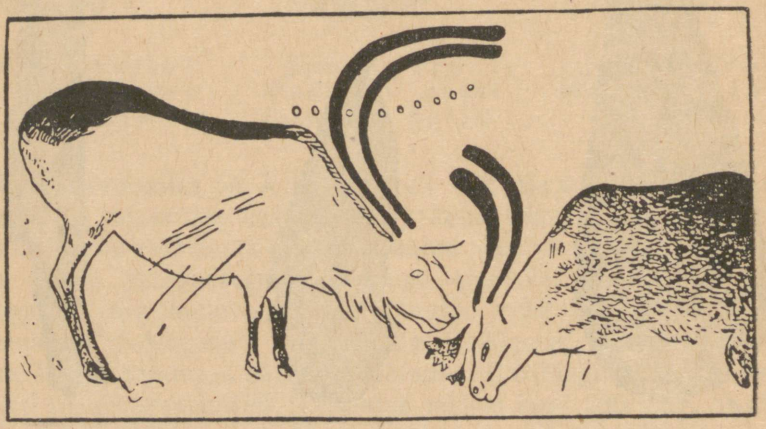
Joon. 89. Odaots.

ei jõudnud kivi poleerimiseni. Crô-Magnoni inimesed tundsid teritatava teraga tulekivist nuga ja peeneotsalist graveerimisriista. Nende kunstianded on kõrgele arenenud, nagu selgub koopaseintele tehtud loomutruudest joonistest. Nad tundsid graveerimist, skulptuuri ja freskomaalimist. Crô-Magnon'i inimesetõu hävimisega kadus Euroopast kõrge kultuur. Ka mainitud inimesetõu hävimise põhjused on seni selgitamata.



Joon. 90. Euroopa tarkinimese joonis koopaseinalt.

Kõneoskus. Arvatavasti oskasid Crô-Magnoni inimesed avaldada oma mõtteid üksteisele sõnadega ja mitte üksnes žestidega, nagu neandertallased. Kõne tekkimine on seotud suuraju vastava tsentrumi ja kõneorganite arenemisega. Vähe sellest. Kõne puhul on tarvis mõisteid, mida sõnadega väljendada. Mõisted on aga abstraktsioonid. Edasi areneb kõne ühiselu puhul kiiremini kui erakliku eluviisi korral. Koos elamisel tekib tarvidus teisele midagi öelda. Algul



Joon. 91. Euroopa tarkinimese joonis koopaseinalt.

avaldatakse mõisteid ja soove üksteisele hüüete, miimika ja žestide abil; siis liituvad eelmistele mõistete avaldamisviisidele häälikuteta „sõnad" ning lõpuks häälikutest koosnevad sõnad. Koos sõnade tekkimisega hakkab tugevasti arenema mõtlemisosavus ja mõistus. Kõneosavuse tõttu on inimene suure hüppe võrra kõikidest teistest loomadest ette jõudnud.

Alluuvium ehk käesolev ajastu.

Käesolev ajastu on jääajastuga võrreldes veel liiga lühike, et teda samades mõõtmetes allosadeks jaotada. Mis puutub meie kodumaasse, siis siin on pärastjääaegset aega iseloomustatud ühelt poolt Läänemere kujunemisega ja teiselt poolt rabade arenemisega.

Läänemeri. Pärastjääaegses Läänemere arenemises eristatakse järgmisi kuut ajajärku: 1) Balti jäämere aega, mis kestab jääaja lõpust 9000. aastani e. Kr.; 2) Joldia mere aeg = 9000—8000 a. e. Kr.; 3) Antsülusjärv — 8000—5500 a. e. Kr.; 4) Litoriinameri — 5500 — u. 2000 a. e. Kr.; 5) Limnaea meri — u. 2000 a. e. Kr. kuni ligikaudu Kr. s. ja 6) Mya-meri — Kr. s. praegusajani. Mainitud mere arenemisjärkude ja nende muutumise põhjuste selgitamine kuulub geoloogia ülesannetesse, seepärast ei tarvitse siin nende juures peatuda.

Rabade uurimine. Sood ja rabad on hakanud meie kodumaal kujunema alles pärast jääaega: peale jääliustikkude taganemist, mil maapind oli vesine, hakkasid siin esimeste taimedena kasvama samblad ja samblikud. Kliima ja maapinna kuivenedes hakkasid kuivemates kohtades kasvama mitmesugused kõrgemad taimed ning lõpuks puud. Missuguses järjekorras ja mis suunast puud meile on levinud, selle kohta ongi saadud kindlamaid andmeid rabade uurimise kaudu. Taimestiku muutumistest on aga võimalik teha järeldusi kliima muutumiste kohta. Seega on rabade uurimine andnud väga väärtuslikku materjali kodumaa looduse ja kliima, aga kaudselt ka inimkultuuri arenemise kohta pärast jääajastut.

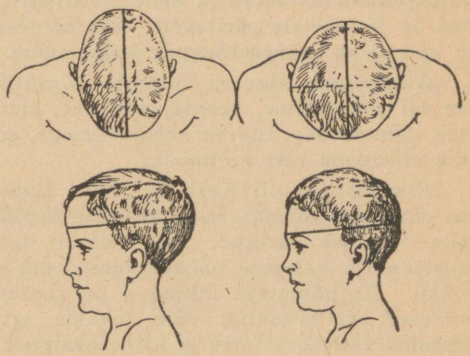
Peaaegu kõikides rabades on turbakihtides teatud sügavuses heledam vahejoon, mida nimetatakse piirihorisondiks ja mis on tekkinud järsemal kliima muutumisel umbes 750 a. e. Kr. Piirihorisondist kõrgemal on rabasammal-turvas heledat, piirijoonest madalamal aga tumedat värvi. Rabasammal-turbakihtide all aga asuvad lodumetsa, sellest veel sügavamal roogturba ning kõige all põhjas — mudaturba kihid. Seega peegeldub siin üldjoontes veekogude kinnikasvamise ning soostumise protsess, nagu me sellega eespool tutvusime.

Aeg	Läänemeri	Kliima	Loodus	Turvas	Inimkultuur
1000	Mya-meri	Jahe ja niiske	Kultuurtaimed ja -loomad. Praegused metsataimed ja -loomad	Hele turbasammalturvas.	Raua-aeg Rooma raua-aeg
Kr. s.					
1000	Limnaea meri	Jaheneb	Kuusk ilmub idast.	Piirihorisont	Pronksiaeg (palkteed soodes, vaiehitised)
2000					
3000	Litoriina-meri	Soe, niiske	Tammed, jugapuu, luuderohi, porss, vesipähkel jt. Metssiga, kobras, hirv jt.	Tume turbasammalturvas	Noorem kiviaeg (põllutöö — nisuteriste leiud)
4000					
5000					
6000	Antsülusjärv	Soe, kuiv	Mänd (valitsev), kask, sarapuu, tamm. Metshärg, piison, kaljukass jt.	Kase-lepa lodumetsa turvas.	Keskmine kiviaeg (vanim veise pealuu, odrateriste leiud)
7000				Roogturvas.	
8000	Joldia meri	Külm, kuiv	Männid, kased, haavad, lepad jt. Põdrad, karud, hundid jt.	Muda-, sammal- ja tarnturvas	(Vanim koerakolju leid)
9000					
10 000					Hiline vana-kiviaeg
11 000	Balti jäämeri (paismeri)	Arktiline	Vaevakask, põhjapajud, *Dryas*, samblad, samblikud. Tundra taimestik. Põhjapõder, muskusveis, mammut, villkarvane ninasarvik jt. Jäärebane, valgejänes		
12 000					
13 000					
14 000					
15 000					(Põhjapõdra küttimisaeg)
16 000					
17 000					Vana-kiviaeg
18 000					
19 000					

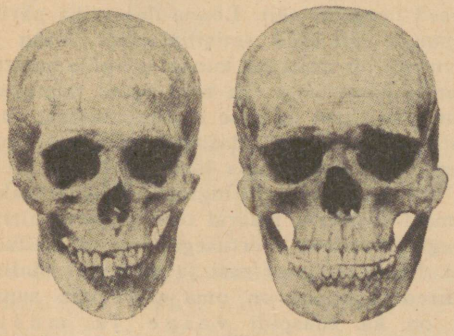
Teiselt poolt on rabaturbas hästi säilinud mitmesugused taimede ja loomade jäänused, eriti aga õietolmuterad. Viimased on olulise tähtsusega, sest nende abil on võimalik olnud kindlaks määrata, missugused puutaimed ja mis järjekorras, isegi millisest suunast nad on meie kodumaale ilmunud. Lehtpuud ja mänd on ilmunud meile lõunast (ka läänest), kuusk aga idast.

Turba uurimise andmed on esitatud kokkuvõetult lk. 170 leiduva tabeli I, III, IV ja V postis.

Inimesetõud alluuviumi alguses. Alluuviumi alguseni elutsesid Euroopas antropoloogiliselt *pikapealised inimesed*, kellede pea ristiulatus moodustas pikimõõtmest mitte üle 76%. Alluuviumi alguses on aga Euroopas avastatud ka *lühipealisi inimesekoljusid*, kus kolju ristimõõtmed moodustavad kolju pikkusest üle 80%. Ühest Lõuna-Saksamaal asetsevast koopast leiti 1912. a. 33 koljut, mis kuulusid vana-kiviaja inimestele, nende hulgas oli osa koljusid pikapealised, osa lühipealised. Lühipealisi koljusid on leitud mitmelt poolt Euroopas. Nende leiukohtadest paistab, nagu oleksid lühipealised inimesed eelistanud elamiseks mägiseid maid. Kas lühipealised inimesed on tekkinud Kesk-Euroopas või on nad siia kuskilt sisse rännanud, pole seni suudetud veel selgitada.



Joon. 92. *Kolju näiteid*: vasemal pikapealine, paremal lühipealine kolju.



Joon. 93. *Kitsa- ja laianäoline kolju*: *a* — pikapealine ja kitsanäoline, *b* — pikapealine ja laianäoline.

Koljuvorm on üks olulisemaid ja kergemini määratavaid rassi tunnuseid. Pika- ja lühipealiste koljude leiud näitavad, et juba alluuviumi alguses olid Kesk-Euroopa elani-

kud eristunud kahte eri rassi. Seepärast tekib küsimus, kuidas võivad tekkida üksikud ja üksteisest erinevad rassid.

Inimesetõugude tekkimine. Rassid on tekkinud loodusliku valiku teel, koduloomade tõud — kunstlikul valikul. Koduloomade aretamisel määrab aretamise sihi ja suuna inimene, looduslikul valikul — loodus ümbruskonna elutingimuste kaudu. Erinevate elutingimustega eluruumid esitavad oma elanikele erisuguseid elunõudeid, mispärast igas eluruumis toimub valik eri suunas. Igas eluruumis jäävad püsima niisuguste tunnustega olendid, kas loomad või inimesed, kes antud elutingimustele kõige rohkem vastavad. Lõpuks kujunebki välja inimesetüüp, kes antud elutingimustele vastab ja kelle kehalised omadused kui ka vaimsed võimed on järglastele päritavad. See on loodusliku valiku tee. Seda teed on käinud ka inimesetõugude kujunemine.

Alluuviumi alguses kujunes Kesk-Euroopas ürg-põhjarass. See oli pikapealine, heledajuukseline, sinisilmaline ja valge nahavärvusega inimesetõug, tugeva kehaehitusega, energiline ja ettevõtlik. Kuidas võis niisugune rass kujuneda?

Pikapealisus oli Kesk-Euroopas elutsevate algrasside juures valdavas enamuses olemas, nagu eespool kuulsime. Sealt ongi ürg-põhjarass selle omaduse pärinud. Mis puutub aga sinisilmalisusse, heledatesse juustesse ja valgesse nahavärvusse, siis need omadused kuuluvad kõik kokku. Et põhjamaa inimesed on suures enamikus blondid, lõunamaa inimesed aga brünetid, võib tekkida arvamine, et need tunnused ongi tekkinud väliskeskkonna ja päikesevalguse mõjul. Pealegi vastavad need tunnused elunõuetele: tume nahapigment kaitseb keha liigsete ultravioletkiirte vastu, mis Lõunamail võivad keha kahjustada; kuid mõõdukal määral mõjuvad ultravioletkiired organismile tervendavalt (kõrguspäikese kasutamine rahhiidi ravimisel!). Neegrid troopikamail on mustanahalised, põhjamaa inimesed valgenahalised. Kas siin ei esine selge näide, mis tõestab ja kinnitab Lamarcki teooriat väliskeskkonna mõjul tekkinud tunnuste pärilikkusest? — Asi pole siiski nii. Kõik troopikamaa elanikud pole mustanahalised neegrid, näit. Lõuna-Ameerika pärismaalased. Ka pole kõik põhjamaa inimesed sinisilmalised. Naha ja silmade värvus koos juuste värvusega on tekkinud kunagi geenide muutumisel või kujunemisel ning saanud pärilikeks. Et niisugused tunnused, nagu hele juuste ja naha värvus, põhjamaa inimese elutingimustele vastasid, osutus niisuguste tunnuste pärilikul teel edasiandmine järglastele kasulikuks. Samuti on tekkinud tume nahavärvus lõunamaalastel arvatavasti mutatsiooni teel ning on osutunud elutingimustele vastavaks. Valge nahavärvus laseb Põhjamaal vajalikul määral tervendavaid ultravioletkiiri läbi ja on siin seega positiivse väärtusega; samuti kaitseb tume nahavärvus lõunamaalasi liigse valguse eest ja on seal olulise tähtsusega. Mõlemad vastupidised tunnused on oma eluruumis suure valikuväärtusega ja mõlemad on ka edaspidi valge ja musta rassideringi kujunemisel etendanud tähtsat osa. Kesk-Euroopa ja sellest põhjapoolsed alad osutusid põhjarassi kujunemisele eriti soodsaiks, mitte aga lõunapoolsed, päikeserikkad ja kontinentaalse kliimaga alad. Niiske õhk neelab osa ultravioletkiirtest, mispärast need kiired

mainitud Euroopa aladel kunagi ka paljast inimesekeha ei kahjusta. Umbes samasugust tähtsust omavad Kesk- ja Põhja-Euroopas ka heledad juuksed ning helehall kuni sinine silma vikerkest; needki tunnused on tekkinud geenide kaudu ning saanud päritavaiks valikutunnusteks.

Tuleb arvata, et eraldatud ruumilistel aladel võib enam-vähem ühesugustes tingimustes tekkida ka mitu erinevat rassi. Kui Kesk-Euroopa karedas kliimas tekkis pärast jääajastut energiline ja heledavärviline põhjarass, siis samasugustes tingimustes Ida-Aasias tekkis samuti heledanahaline, ent teissuguse kolju ja näo ehitusega mongoloidne rassidering, kelle hulgas leidub energilisi ja väljapaistvate vaimuannetega tõuge. Et siin on kehalised ja vaimsed omadused olelusvõitluses suure tähtsusega olnud, selles pole kahtlust.

Mägistel maa-aladel on tume naha ja juuste värvus osutunud oluliseks omaduseks, sest see takistab antud tingimustes rohkete ultravioletkiirte kahjulikku mõju.

Kiviaja kultuur alluuviumiajastul Kesk-Euroopas.

Keskmine kiviaeg. Vana-kiviaja kultuuri sugemetega tutvusime eespool. Tähtsal kohal oli Kesk-Euroopas põhjapõtrade küttimine, keda seal suurel arvul leidus. Vana-kiviaja lõpul rändavad aga põhjapõdrad Kesk-Euroopast ära põhja poole, arktilisse



Joon. 94. Kivikirves tammepuust varrega.

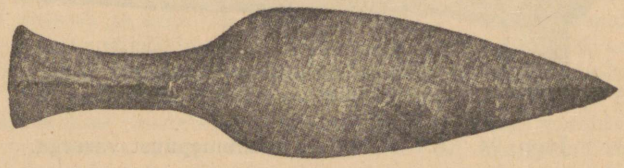
tundrasse, kuna Kesk-Euroopas hakkasid kasvama metsad; metsade elanikeks olid aga põdrad, hirved ning kitsed. Küttimine ja kalastamine on keskmise kiviaja elanike peategevus. Puude raiumisel hakatakse kasutama kivikirvest, mille abil raiutakse puid, laasitakse need okstest ning hakatakse ehitama elamiseks onne. Kivikirve kõrvale tekib veel põdrasarvest valmistatud luukirves. Ka kalapüügivahendeid, nagu õngi ja harpuune, valmistatakse luust (sarvest). Ja et metsades kasvab rohkesti sarapuid, annavad pähklid toidule väärtuslikku lisa, nagu näitavad vastavates kihtides leitud suured pähklikoorte

hunnikud. Tulekivist valmistatakse peale muu rohkesti pisiriistu: kraape, peitleid, haamreid, nuge jne.

Erilist märkimist väärib esimeste koduloomade ilmumine ja kasutusele võtmine. Esimeseks koduloomaks on koer, keda arvatavasti kasutatakse abilisena jahipidamisel. Vanim koerakolju, mis leitud turbakihtidest, kuulub u. 8500 a. e. Kr. elutsenud loomale.

Erilist huvi äratavad Läänemere lõuna- ja läänekaldail leitud toidujäätmete hunnikud, milledes on rohkesti merelimuste kodasid, muude hulgas ka austrite karpe. Siit tuleb järeldada, et austrid elasid Litoriina-mere ajal Läänemeres, mil viimane oli ühendatud Põhjamerega laiade väinade kaudu, kus merevesi oli soolane ja soe. Samadest jäätmete hunnikutest on leitud ka esimesi savinõude kilde, mis annavad tunnistust primitiivsest töötamisviisist ning pottide nõrgast põletamisest. Pottide ja glasuurita savinõude kasutamisele võtmine vihjab asjaolule, et toitude kogumises ja valmistamises on inimesed sammu edasi jõudnud. Olgu vaid tähendatud, et niisuguseid potte ei tarvitatud keedu-, vaid hoiunõudena; toitu soojendati nendes palavate kivide abil, mis asetati pottidesse.

Noorem kiviaeg. Noorema kiviaja peatunnuseks on põllundus ja koduloomade kasvatamine. Maa kaevamisel kasutati labidat ja kõblast (kirkat). Hiljemini võeti tarvi-



Joon. 95. Pistoda (kivist) nooremast kiviajast.

tusele ka ader, mis valmistati kahe oksaga varustatud puutalvast. Kesk-Euroopas tehti adrad enamasti tammest. Arvamust, nagu oleksid adrad Euroopasse toodud Idamailt, ei peeta põhjendatuks; väidetakse hoopis, et ader on Kesk-Euroopast levinud Lõuna-Euroopasse.

Koduloomadest esinesid (peale koera) veised, siga, lammas, kits ja hobune. Veised, siga ja hobune on aretatud taltsutatud metshärjast, metsseast ja metshobusest,

kes kõik elutsesid Kesk-Euroopas. Lammas ja kits on toodud Euroopasse lõuna poolt.

Vanimad veisejäänused pärinevad u. 6000 a. e. Kr., leitud vastavatest kihtidest; vanim senileitud tammepuust ader kuulub aastatesse 3500 e. Kr.

Viljadest kasvatati nooremal kiviajal — hirssi, otra ja nisu, millede seemneid on leitud vaiehitiste asukohtadelt;



Joon. 96. Vanim senileitud puuader (3500 a. e. Kr.).

peale selle kasvatati veel herneid, läätse, lina ja magunaid. Põllutööd tegid peamiselt naised, kes ka viljaterad käsikivil katki hõõrusid. Tol ajal küpsetati juba leiba. Linakiududest kedrati niiti, viimasest kooti lõuendit ja punuti kalapüügivõrke.

Erilist tähtsust omab noorema kiviaja elanike oskus kiviriistu lihvida; kiviriistu valmistatakse mitmesugustest kõvadest kivimitest ning riistadele osatakse anda kauneid ja kunstipäraseid vorme, nagu seda näeme eriti venekirve (vene ehk lootsiku kujuga), odaotste jt. puhul.

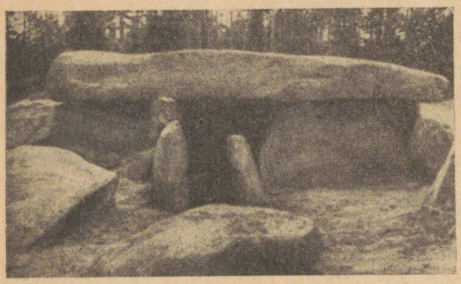


Joon. 97. Venekirves.

Hoonete ehitamisel on jõutud välja palkonnide ja -hooneteni; elamuid ehitatakse külade viisi. Soistel kohtadel ja järvede kallastel püstitatakse vaiehitisi ühisele palkidest ehitatud platvormile, mis tugineb vette või sohu taotud vaiadele. Vaiehitised on tehtud enamasti lõhkiaetud palkidest ning tihendatud saviga. Igas elamus on vähemalt üks magamisruum

ja köök küpsetusahjuga. Põrand oli kaetud savikihiga. Katused valmistati puukoorest või roogudest.

Vaiehitiste juurest on leitud järvede põhjast rohkesti tolleaegseid riistu, esemeid, toidujäätmeid, kodu- ja metsloomade (jahiloomade) konte, seemneid, riidetükke jne.



Joon. 98. Perekonna matusekamber (Lüneburgi nõmmes).

Matusepaigad näitavad, et noorema kiviaja inimestel oli surnute matmise kultus üsna kaugele edenenud. Enamasti maeti surnud üksikult. Nagu leidudest näha, on tolleaegsed Kesk-Euroopa elanikud enamikus pikapealised, kitsanäolised ja pikakasvulised, kuuluvad seega põhjarassi. Üksikhaudade (kalmude) kõrval leidub aga ka perekonna matusekambreid (megaliithaudu), mis ehitatud suurtest kividest ning kaetud pealt mullaga. Panustena leidub kalmudes ja matusekambrites peale riistade ja relvade veel savipotte mitmesuguste kaunististega: ühed, nn. nöörkaunististega, on valmistatud põhjarassi, teised — paelkaunististega — Doonau-äärsete



Joon. 99. Nöörkaunistisega savipott.



Joon. 100. Paelkaunistisega savipott.

rasside ning kolmandad — sügavtäke-kaunististega — põhja- ja vestfaali (fälische Rasse) rassi poolt. Pottidega asetati haudadesse toitu.

Eeltoodust nähtub, kui kõrgele oli arenenud rahvaste kultuur Kesk-Euroopas kiviaja lõpul, s. o. 2000 a. e. Kr.



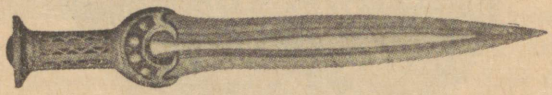
Joon. 101. Sügavtäke-kaunististega savipott.

Eesti kiviaeg.

Vanemad Eesti kiviaja leiud ulatuvad VI aastatuhandesse e. Kr. Need on Kundast ja Emajõe äärest Tartu ligidalt saadud luuesemed, milledel on sarnasust Ida-Preisimaa, Poola ja Kesk-Venemaa vastavate esemetega, mille järgi arvatakse, et tolleaegsed elanikud on tulnud Läänemere kallastele lõunast või kagust. Rohkem on leide hilisemast kiviajast, eriti III aastatuhandest e. Kr. Siin esinevad kivist talvad, silmaga ja silmata kivikirved, oda- ja nooleotsad jne. Leidude hulgas on ka savinõusid. Et leiud esinevad peamiselt vete (jõgede, järvede, merede) ääres, tuleb järeldada, et tolleaegsed elanikud on olnud kalastajad ja jahimehed. Savinõude ilustised kuuluvad nooremasse kiviaega, kammkeraamiliste ilustiste rühma, millede meistriteks peetakse soome-ugri rahvaid. U. 2000 a. e. Kr. tungivad meie kodumaale uued kultuurivoolud Kesk-Euroopast ja toovad kaasa venekirved, surnute matmise maa-alustesse laibahaudadesse, põlluharimise jne. Uue kultuuri toojaid pole olnud palju ja need on kohalike algrahvastega kokku sulanud.

Pronksi- ja raua-aeg Kesk-Euroopas.

Suure sammu jõudis inimkultuur edasi, kui õpiti metalle tootma ja nendest mitmesuguseid riistu kui ka relvi valmistama. Esimese metallina kasutati vaske. Pehmuse tõttu ei saanud vasest valmistada tööriistu, küll aga kaunistisi. Alles sellest ajast peale, kui õpiti vasele lisandama tina (inglistina), tekkis uus sulam — pronks, mis on puhtast vasest palju kõvem ja mida hakati kõige laiemas ulatuses kasutama riistade valmistamiseks. Algas pronksiaeg. Pronks tõrjus lühikese ajaga välja kivi: kiviriistade asemele ilmusid kiiresti palju käepärasemad pronksriistad. Peale selle võimaldus valmistada pronksist nägusaid ehteasju. Pronksikultuur kestis Kesk-Euroopas 2000—500 a. e. Kr. Pronksi pole, nagu varemini arvati, siia toodud lõunast või kagust, vaid seda on iseseisvalt toodetud nii Kesk- kui Põhja-Euroopas.



Joon. 102. Pronksist pistoda (pronksiajast).

Selle aja iseloomulikud ehitused on palkteed läbipääsematuis soodes, mida varemini peeti roomlaste kultuuri mälestusmärkideks. Ent need teed asetsevad allpool turba piirihorisonti, seega on nad ehitatud 700—800 a. e. Kr., mispärast neid teid tuleb pidada Kesk-Euroopa pronksiaja saavutisteks. Edasi tuleb mainida uut võtet surnute matmise kultuses — laipade põletamist, mis kohati on esinenud juba kiviajal. Pronksiajal muutub see komme üldiseks.

Raua-aeg järgneb pronksiajale kiirel pealetungil. Raua võidukäik kuulub aga juba ajaloolisse aega, mispärast siin ei tarvitse selle juures enam peatuda.

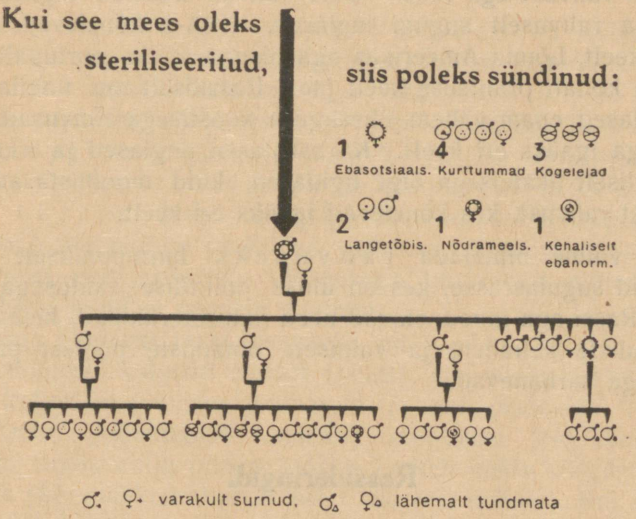
Eestis omab pronksiaeg vähest — üleminevat — tähtsust nii pronksesemete leidude poolest kui ka üldise kultuurilise arenemise selgitamisel.

VI. Inimesetõud.

Rahvus ja rass.

Inimesetõud ehk rassid on kindlate päritavate kehaliste ja vaimsete tunnuste-kompleksidega inimesterühmad. Iga rass erineb teisest kehaliselt kui ka vaimsete ja kõlbeliste omaduste poolest. Me võime seepärast kõnelda rasside kehalisest tublidusest ja võrrelda neid üksteisega, me võime aga ka hinnata rasside vaimseid võimeid — mõtlemise kiirust, täpsust ja selgust, kunstivõimeid ja

kalduvusi, temperamenti, külalislahkust, ausust jne. Nii selgub, et rasside hulgas leidub kehaliselt tugevamaid ja nõrgemaid, elujõulisi kui ka väljasurevaid, vaimselt suureandelisi ja vähem andekaid. Rassi mõiste on loodusteaduslik: ta ei ühti rahvuse, riigi ega keele mõistetega. Rassid võivad püsida puhtatena, nad võivad aga ka üksteisega seguneda; viimane nähtus on sage. Iga rass kui



Joon. 103. Sterilisatsiooni tähtsus rassitervishoiu seisukohalt.

looduslik organismide rühm teeb läbi teatava arenemise: ta sünnib, jõuab täisikka, püsib siis teatud aja, hakkab vananema ning sureb. Seepärast tuleb iga rassi hinnangul silmas pidada tema iga ja arenemisastet.

Rahvuse aluseks on tema rassiline koostis. Iga rahvus koosneb tavaliselt kas ühest või mitmest rassist. Mida kõrgema väärtusega on rahvuse rassiline põhivara, seda suurema väärtusega on rahvas. Rassibioloogia seisukohalt on rahvused erineva väärtusega ega ole õige poliitilise propaganda deklaratsioon rahvuste ja inimeste ühevääsusest. Teiselt poolt aga on võimalik rasse aretada samuti nagu loomatõuge ja ühes sellega ka rahvuse väärtust tõsta. Viimane on võimalik siis, kui rahvaliikmed on enamikus teadlikud rahvust moodustavate rasside positiivsetest ja negatiivsetest oma-

dustest kui ka nendest rassi ja rahvuslikest kohustustest, mida igaühel rassi tervishoidliku taseme tõstmiseks tuleb täita. Siin peab iga isik rahvuse (ja ühes sellega rassi) liikmena teatud kitsendusi enese suhtes mitte üksnes taluma, vaid täie teadvusega endale võtma.

Mis puutub k e e l e s s e, mida iga rahvus kõneleb, siis see ei määra ei rahvust ega rassi. USA rahvas kõneleb inglise keelt, pole aga rahvuselt sugugi inglased. USA-s kõnelevad neegrid inglise keelt, Lõuna-Ameerikas aga hispaania ja portugali keelt, Aafrikas kohati prantsuse keelt jne. Rassiliselt on itaallased ja hispaanlased enam-vähem ühesuguse koostisega rahvused, kõnelevad aga igaüks eri keelt. Ka sakslased, inglased ja rootslased on rassiliselt üksteisega õige ligidased, kuid moodustavad kolm isesugust rahvust, kes kõnelevad igaüks eri keelt.

Me võime nimetada r a h v u s e k s harmooniliselt kokkukuuluvaid sugulasrasse, kes on ühise poliitilise saatusega ühendatud. Rassi aga moodustavad need inimesterühmad, kellede liikmed oluliste kehaliste ja vaimsete omaduste poolest pärilikult üksteisega sarnanevad.

Rassideringid.

Praegusajal tunnustatakse kolme rassideringi ehk -rühma: v a l g e t, k o l l a s t ja m u s t a. Neid arvatakse olevat kujunenud ühisest algtüvest — Austraalia ürgelanikest. Siit on arenenud valge rassidering ning selle külgharud — kollane ja must rassidering. Igasse rassideringi kuulub nii primitiivsemaid kui ka kaugemale arenenud inimesetõuge.

Aarialased ehk indo-eurooplased (ka indogermaanlased). Indo-eurooplased on rahvad, kes kõnelevad indo-euroopa keeli. Indo-euroopa keelkond on üks suuremaid ja tähtsamaid maailmas, kuhu kuuluvad aaria (india), iraani, slaavi, balti, germaani, kreeka, romaani, keldi jt. keeled. Kõik mainitud keeled on omavahel suguluses ja neid arvatakse olevat kujunenud ühisest ürgkeelest. Seda ürgaaria keelt on kõnelnud nähtavasti mingi ürg-põhjarahvas (või -rass), kes on sisse rännanud Indiasse, Pärsiasse, Kreekamaale, Itaaliasse jm., asutanud seal riike ning loonud kultuure. Kui valitsev rahvas on ta avaldanud oma keelega mõju kõikidesse

võidetud rahvaste keeltesse. Nii on tekkinud indo-euroopa keelte sugulus juba muistsel ajal. Aarialased ehk indo-eurooplased pole seega ei rass ega rahvus, vaid rasside ja rahvuste kogum, kes kõneleb indo-euroopa keeli.

Rasside kehalised tunnused.

Nagu mainitud, erinevad rassid üksteisest nii kehaliselt kui vaimselt. Vaimseid tunnuseid on raske määrata ja mõõta, seepärast kasutatakse rasside eraldamisel ja määramisel praegu peamiselt kehalisi tunnuseid. Viimastest on rassitunnustena tähtsad: kasv ehk üldpikkus, pea ja näo kuju (ka nina kuju), naha värvus, juuste värvus ja kuju, silmade vikerkile värvus. Need on kõige tavalisemad antropoloogilised tunnused, millised on praktilise väärtusega; neile lisandub veel hulk teisi puhtteadusliku väärtusega tunnuseid, millede juures käesoleval juhul ei tarvitse peatuda.

Väga oluliseks rassi tunnuseks on kolju kuju. Kui vaadelda inimeste koljusid ülevalt (pealt), siis võime eristada kolme tüüpi koljusid: piklikke, ümmaraid ja vahepealseid. Täpsemalt saab neid koljukujusid eraldada mõõtmise teel, kui haardsirkliga mõõta kolju pikkus (lauba keskelt kukla kõrgema tipuni) ja laius (kõrvaaukude kohalt kolju laiemast kohast). Kui arvutame, mitu % moodustab kolju laius pikkusest $\left(\frac{\text{laius} \cdot 100}{\text{pikkus}}\right)$, siis saame nn. kolju indeksi, mis määrabki kolju tüübi. Kui saadud arv (indeks) on alla 76, siis on tegemist pika koljuga ehk pikapealise inimesega, on aga see arv suurem kui 81, siis on kolju lühike ehk inimene lühipealine; arvud 76—81 näitavad keskpealisi inimesi. Näo mõõtmed on: näo kõrgus — lõuatsist kuni ninajuureni ja näo laius — sarnanukkide vahekaugus. Valemi järgi $\left(\frac{\text{näokõrgus} \cdot 100}{\text{näolaius}}\right)$ leitakse näo indeks. Kui saadud arv on üle 88, siis on inimene kitsanäoline, kui arvud on alla 84 — siis laianäoline; arvud 88—84 iseloomustavad keskmisenäolisust.

Naha värvus oleneb naharakkudesse sadestuva pruunika värvaine (pigmendi) hulgast: ühtedel rassidel on seda pigmenti vähem, teistel rohkem. Naha looduspärast pigmenti ei tule

vahetada päevitusel tekkiva pigmendiga, mida antud juhul ei arvestata. Naha pigment kaitseb, nagu eespool tähendatud, inimese keha ultraviolettkiirte vastu.

Silmade värvust hinnatakse vikerkile värvuse järgi. Vikerkile on kolmekihine. Kui värvainet (pigmenti) leidub ainult viimases kihis, siis on vikerkile helesinine; esineb pigmenti aga ka keskmises kihis, siis tekivad hallid, rohekad, pruunid ja tumepruunid vikerkile toonid.

Juuste värvus oleneb juustesse kogunevast pigmendist. Siin ei tule arvestada valgeid või halle juukseid, milledel pigment on kadunud kas vanaduse või muul põhjusel.

Segarassidel on mainitud tunnuste määramine raskem. Siin sõltub üldpilt sageli segatunnuste pärilike omaduste tugevusest: silmade värvuse puhul domineerivad pruunid toonid siniste üle, juuste värvusel samuti tumedad heledate üle (erandi moodustavad punakad toonid, mis domineerivad mittepunaste toonide üle). Kolju mõõtmetest domineerivad suuremad väiksemate üle jne. Tuleb silmas pidada, et silmade ja juuste värvus on mõlemad tingitud mitte ühest, vaid mitmest geenist, mispärast nende tunnuste pärilik analüüs on keerulisem.

Et tänapäeva rassid esinevad harva puhtal kujul, siis pole kerge otsustada inimeste kuuluvust teatud rassi. Siin ei piisa üksiku inimese vaatlemisest, vaid tuleb toimetada võrdlevaid mõõtmisi ning kasutada statistilisi meetodeid. Ainult hulgaliste mõõtmiste ja arvutamiste kaudu on võimalik jõuda selgusele, missugused tunnused esinevad valdavas enamuses: nende järgi otsustataksegi rahva rassiline kuuluvus. Sealjuures tuleb aga arvestada ka mainitud rassi tunnuste geograafilist levikuala, et hoiduda üksiknähtuste ja juhuslikkuse vigadest.

Euroopa rassid.

Euroopa rahvused koosnevad järgmistest rassidest:

1) Põhjarass, kuhu kuuluvad pika ja sihvaka kasvuga, kitsaste puusadega, heleda nahavärvusega, siniste kuni hallide silmadega, heleblondide kuni pruunide juustega inimesed; kolju ehituselt on nad pikapealised kitsa ja kõrge näoga, kitsa ja sirge ninaga. Iseloomult on põhjarassi kuuluvad inimesed tagasihoidlikud, vahest jahedadki, kes oskavad teistega teatavat distantsi hoida ega suru oma sõprust teistele peale. Nad on kindla iseloomuga ega karda

karme elutingimusi, nagu seda on meresõit või karmid talvekülmad. Elavad Põhja- ja osalt Kesk-Euroopas, nagu Skandinaavias, Läänemere ümbruses, Põhja-Saksamaal, Inglismaal ja Taanis, ka Põhja-Prantsusmaal.

2) **Vestfaali rass** (fälische Rasse) erineb põhjarassist tugevama ja massiivsema kehaehituse poolest (atleetiline kehaehitus). Selle rassi esindajad on kõrge kasvuga, pikapealised ja laianäolised ning heledajuukselised. Iseloomult väga rahulikud. Elutsevad Põhja- ja Loode-Euroopas ning Lääne-Saksamaal (Vestfaalis, kust pärineb nende nimi).

3) **Idabalti rass.** Selle rassi esindajad on keskmise kasvuga, jässaka ja tugeva kehaehitusega, blondide kuni pruunide — tuhkja varjundiga — juustega, valge, kuid hallika varjundiga nahavärvusega, siniste kuni hallide silmadega. Kolju ehituselt on sellesse rassi kuuluvad inimesed ümmarapealised, madala ja laiavõitu näoga, laiema, madala ja nõgusa profiiliga ninaga. Märkimist väärib veel põsesarnade tugev väljapaistvus. Vaimsed võimed üldiselt hästi arenenud, kuigi mõtlemine võtab mõnikord rohkesti aega ja meelekindlus jätab teinekord soovida. Levikualad: Baltimaad, Soome, Ida-Saksamaa, Venemaa põhjapoolsemad osad.

4) **Ida- ehk alpi rass.** Siia kuuluvad keskmise kasvuga, täidlase ja raske kehaehitusega, tumedate silmade ja juustega esindajad, kes omavad peale selle ümmarat koljut (lühipealised) ning laia ovaalset nägu, lühikest ja sirge või veidi nõgusa profiiliga nina. Lõuats on ümmar ega tungi ette. Praktilise mõistusega inimesed, kes armastavad perekonda kui ka seltskonda. Idarassi levikuala on väga laialdane: alates laiade Euroopa Venemaa keskaladega üle Balkani, Ungari, Kesk- ja Lõuna-Saksamaa kuni Kesk-Prantsusmaani; sealjuures ulatuvad aga harud veel mitmele poole kõrvale, isegi Baltimaadele ja Eestisse.

5) **Dinaari rassi** levikualaks on Dinaari Alpid ja Balkani poolsaar. See rahvatõug on pikakasvuline ja sihvakas, tumeda nahavärvusega, tumedate juuste ja silmadega. Kolju ehituselt lühipealised, kuna kuklatagune koljuosa vähe välja paistab, pika ja kitsa näoga, teravate näojoontega, suure ja kõvera „kullininaga". Vahvad mäeronijad ja sõdurid. Alluvad kergesti meeleolu muutustele. Ägeda loomuga ja riiakad. Heade muusikaliste võimetega.

6) **Vahemere ehk läänerass.** Lühikese kuni keskmise kasvuga, sihvaka ja painduva kehaehitusega, tumedajuukseline, tõmmu-

nahaline ja pruunisilmaline inimesetõug. Koljuehituselt pikapealised ja kitsanäolised, pehmete näojoontega inimesed. Levikualadeks on peamiselt Vahemere rannikud (Hispaania, Portugal, Itaalia, Kreeka), kõrvalharud ulatuvad aga ka kaugemale põhja poole — Prantsus- ja Saksamaale. Vähese tahtejõuga, elava ja temperamendiküllase loomuga, kirglikud, hea kõneanniga.

Mainitud kuus rassi moodustavad enamiku Euroopa rahvaist: itaallaste, kreeklaste, hispaanlaste ja portugallaste põhialuseks on läänerass, prantslastel — lääne-, alpi, vestfaali ja põhjarass, saksa rahvuse moodustavad peamiselt põhja- ja vestfaali rass (kuni 60%), dinaari ja idarass kumbki kuni 15% ning ülejäänud osa ida-balti ja läänerass.

Eestlaste rassiline koostis.

Meie kodumaa on olnud juba ammu e. Kr. sõdade ja koos sellega mitmesuguste rahvaste tallermaaks. Peaaegu iga sissetungiv, lühemat või pikemat aega siin peatuv rahvas on jätnud eestlastesse mõningaid oma rassi või rahva sugemeid. Sellest



Joon. 104. Ida-balti rassi esindajad.

tingituna pole eesti rahvus kujunenud üksikust rassist, vaid selle moodustab mitme rassi segu.

Nagu viimaste aastate uurimised näitavad, on eestlaste hulgas kõige rohkem ida-balti rassi sugemeid; pisut vähem põhja-rassi elemente, kuna üksikute saartena esineb ida- ehk alpi rassi esindajaid. Et rassi uurimisi on hakatud toimetama alles viimaste aastakümnete jooksul, pole suudetud veel rahvast vajalikul hulgal läbi mõõta, mispärast pole võimalik rasside %-lise esinemise kohta täpseid andmeid tuua. Põhjarass näib olevat levinud rohkem mererannikul ja saartel, kus rahva keskmine kasv on kõige pikem ja kus leidub rohkem pikapealisi kui ka heledajuukselisi inimesi. Üldse on eesti mehed ja naised pikakasvulised. Seniste mõõtmiste järgi on eesti mehe keskmine pikkus 172 cm ja eesti naise oma 160 cm. Kõige lühemakasvulised on Kirde-, Kagu- ja Kesk-Eesti elanikud.

Järgnevasse tabelisse on paigutatud mõningaid esialgsete mõõtmiste kokkuvõtteid eestlaste keha keskmiste mõõtmete kohta.

	Mehed	Naised
Üldpikkus ehk kasv	172,3 cm	160,1 cm
Kerepikkus	54,4 „	48,8 „
Käe üldpikkus	80,2 „	70,8 „
Käte siruulatus	180,6 „	165,5 „
Jala üldpikkus	90,5 „	86,1 „
Õlanukkide vahe	39,0 „	34,8 „
Puusanukkide vahe	28,7 „	28,0 „
Rinna ümbermõõt	92,7 „	83,9 „
Pea pikkuse-laiuse indeks	80,8	81,9
Morfoloogiline näoindeks	85,8	84,6

Toodud andmetest nähtub, et eestlased on üldiselt pikakasvulised, sihvakad, pikavõitu jäsemetega, laiavõitu õlgadega, mahuka rinnakorviga ja hästiarenenud niudealaga rahvas. Kolju on ehituselt keskpealine kalduvusega lühipealisusse. Seniste mõõtmiste järgi on pikapealisi leitud 6,9%, keskpealisi 45,4% ja lühipealisi 47,7%.

Mõningate mõõtmiste põhjal on leitud eesti mehe keskmiseks ajukolju mahuks 1481 cm^3, keskmiseks naise omaks 1332 cm^3, meeste keskmine ajukaal 1413 g, naistel 1271 g. Et koljumahu ja ajukaalu mõõtmisi on tehtud veel võrdlemisi vähe, siis toodud arvud võivad edaspidi muutuda.

Näoindeksi järgi on 25,7% laianäolisi, 36,1% keskmisenäolisi ja 38,2% kitsanäolisi. Nina ehituselt on 84,7% kitsaninalisi, 14,7% keskmiseninalisi ja 0,6% laianinalisi, kusjuures naiste ninad on suhteliselt kitsamad kui meeste omad. Ninaselja profiil on kas lainjas (47,5%) või nõgus (38,6%), sirgeninalisi 13,9%.

Silmade vikerkile värvuse järgi on eestlastel hallikassiniseid silmi 51,1%, siniseid 24,6% ja pruune 13,5%. Juuste värvuse järgi on blonde 45,6%, pruune, tume- kuni mustpruune 54,4%.

Eestlaste nahk on võrdlemisi nõrgalt pigmenteerunud: naha värvus varieerub roosakasvalgest kahvatu- ja hallikasvalgeni, kusjuures kollased varjundid on sagedamad kui tumedad.

Kasv peatub naistel umbes 20-aastaselt, meestel veidi hiljemini.

Sisukord.

Lk.

I. Ainurakust rakkuderiigini 3

Eluta ja elus loodus 3. — Eluta ja elus aine 3. — Rakk — elu algüksus 7. — Ainuraksete taimede ja loomade vahevormid 7. — Ainuraksed taimed 8. — Ainuraksed loomad 10. — Koloonialised organismid 12. — Paljuraksed organismid 13. — Loomulik süsteem 16. — Paljuraksete organismide kohanemine keskkonnaga 18. — Taime- ja loomariigi arenemise ühiseid jooni 24. — Erinevusi taimede ja loomade arenemises 24.

II. Organismide põhitalitused 25

1. Toitumine 25

Parasitism loomariigis 37. — Organismide enesekaitse 38. — Ainete ringkäik looduses 44.

2. Sigimine 45

Sugutu ehk vegetatiivne paljunemine 48. — Suguline sigimine 49. — Loomorganismi arenemine munast 52. — Suguelundid, sugurakud ja sugutumine 55. — Partenogenees ehk neitsissigimine 58. — Partenokarpsus 58. — Pärilikkus ja Mendeli reeglid 59. — Mutatsioonid 66. — Variatsioonid, geenide kombinatsioonid ja mutatsioonid 67. — Pärilikkus ja inimene 68. — Looduslik ja kunstlik suguvalik 74. — Järglaste eest hoolitsemine loomariigis 76.

3. Ärritatavus ja liikumine 78

Ainuraksete oleste ärritatavus 78. — Paljuraksete taimede ärritatavus 80. — Paljuraksete loomade ärritatavus 84. — Keskerkkonna ja aju tegevus 91. — Refleksid 92. — Instinkt ehk vaist 93. — Mõistus ja mõistuslikud talitused 95. — Loomade kulgemisviisid ja liikumiselundid 96. — Analoogsed ja homoloogsed elundid 101. — Organismide enesereguleerimine 102.

III. Organismide ühiselu 104

Ühiskondlikud ehk pesakondlikud putukad 107. — Eluühiskonnad 108. — Inimene eluühiskondade kasutajana, korraldajana ja kaitsejana 127.

Lk.

IV. Organismide põlvnemine 128

Uute liikide tekkimise põhjustest 142. — Vormide muutuvus ja valik 149. — Elu tekkimisest maakeral 152.

V. Inimese põlvnemine 154

Inimahvid ja inimene 154. — Diluuvium ehk jääajastu Euroopas 158. — Eelinimene 160. — Euroopa ürginimene 162. — Euroopa tarkinimene 166. — Alluuvium ehk käesolev ajastu 169. — Kiviaja kultuur alluuviumiajastul Kesk-Euroopas 173. — Eesti kiviaeg 177. — Pronksi- ja raua-aeg Kesk-Euroopas 178.

VI. Inimesetõud 178

Rahvus ja rass 178. — Rassideringid 180. — Rasside kehalised tunnused 181. — Euroopa rassid 182. — Eestlaste rassiline koostis 184.

A-14584

Hind Rmk. 3.50