

LEELISSOOLADE TOIMEST
TAIMERAKU DEPLASMOLÜÜSILE

HUGO KAHO

MIT EINEM REFERAT :

ÜBER DEN EINFLUSS VON ALKALISALZEN AUF
DIE DEPLASMOLYSE DER PFLANZENZELLEN

TARTU 1934

LEELISSOOLADE TOIMEST TAIMERAKU DEPLASMOLÜÜSILE

HUGO KAHO

MIT EINEM REFERAT :

ÜBER DEN EINFLUSS VON ALKALISALZEN AUF
DIE DEPLASMOLYSE DER PFLANZENZELLEN

Acta et Commentationes Universitatis Tartuensis (Dorpatensis) A XXVI. 4.

i 3306359x

K. Mattieseni trükikoda o-ü., Tartu 1934.

TARTU ÜIKOOLI

Sissejuhatavad märkused.

Taimefüsioloogias on plasmolüüsiga ja deplasmolüüsiga ühenduses olevad nähtused sageli uurimisaineks olnud ja nende abil protoplasma kolloidstruktuuri ning füsioloogilisi funktsioone selgitatud. Eriti viimasel ajal on plasmolüüsi uurimine hoogu võtnud Höfler'i, Weber'i, Küster'i j. t. tööde mõjustusel.

Juba Pfeffer ja de Vries saavutasid plasmolüüsiga tagajärjerikkaid tulemusi osmoosinähtuste uurimisel. De Vries (1885) töötas välja plasmolüütilise meetodi elektrolüütide lahuste ionisatsiooni määramiseks ning tal võimaldus selle meetodiga kindlaks teha mõningate ühendite molekulaarkaalu. Edasi leidis ta, et *Spirogyra*, sibula j. t. rakkude kaua-aegsel plasmolüüsil soolade lahustes väline plasmamass ära sureb, kuna sisemine kiht, vakuolinahk („tonoplast“) lahuste mõjul paksenedes terveks jääb. Tonoplasti üldplasma massist eraldades võimaldus ta oma dusi uurida. Uuemal ajal Küster (1909, 1910), uurides sibula soomuse epidermise piklikkude rakkude plasmolüüsi kaltsiumisoolade lahustes, leidis, et juhul, kui protoplast moodustas kaks plasmakera, need deplasmolüüsil vees paisudes ja raku täites, enam täiesti kokku ei sulanud. Plasma oli autori arvamisest mööda plasmolüütikumi toimel muutunud, tihenened ja ta pinnale kile tekkinud („haptogeenkile“), mis kokkusulamist (fusiooni) takistas. Mõnel juhul, kui pindkihid kokku sulasidki, takistasid tonoplastid täielist plasmafusiooni.

Eelmainitu näitab meile, et plasma ei suhtu plasmolüüseerivatesse lahustesse ükskõikselt. Viimaste toime plasmasse on kahesugune; ta koosneb 1. nende osmootsest toimest ja 2. toimest plasmasse kui biokolloidisse. Esimesest oleneb plasmolüüsi suurus ja talle on mõõduandev plasmolüütikumi molekulaarne kontsentratsioon, teisest oleneb sageli plasmolüüsi kuju ja peaosa etendab siin plasmolüütikumi kolloidaktiivsus.

Plasmolüüsisist.

Pilt, mis meile harilikult plasmolüüsil esineb, pole teatavasti plasmolüüsi vältel püsiv, vaid muutub. On võimalik eraldada peamiselt kaks astet, nn. „nõgus plasmolüüs“ (konkaav-pl.) ja „kumer plasmolüüs“ (konveks-pl.). Esimene esineb plasmolüüsi alul, osalt ka pärastpoole. Ta ise loomustub nõgusate protoplasti piirjoontega, mis moodustuvad selle tõttu, et plasma veel täiesti pole rakuseinast lahti tulnud. Seinast eemaldudes omandab protoplast aegamööda kumera välimuse ja läheb ovaalseks resp. kerajaks. Varsti selle järele saabub nn. plasmolüütiline tasakaal, mille vältel jääb protoplasti kuju teatavaks ajaks muutumatuks. Selle aja kestus oleb plasmolüüseriva lahuse iseloomust, osalt ka ta kontsentratsioonist.

On leitud teisi, tüüpilisest erinevaid plasmolüüsiivorme. Nende esinemist võib seletada kahe asjaoluga: ülalmainitud plasmolüüseriva lahuse toimega plasma kolloididesse ja teiseks erinevate taimede plasma individuaalsusega.

Harilikult tarvitatakse plasmolüütikumidena salpeetrit, keedu-soola, suhkrut ja glütseriini, ja enamik kirjeldatud plasmolüüsiivorme on saavutatud nende ainetega. Peab tähendama, et need ühendid annavad kaunis sarnase plasmolüüsi, välja arvatud suhkur, mille lahuses saabub plasmolüütiline tasakaal aeglasemalt ja selle tõttu mõned üleminekuastmed selgemini esile tulevad. Kui võtta aga mõni negatiivsete hüdrogeelide suhtes aktiivsem ühend, näiteks sidrunihapu naatrium, liitiumsulfaat või muu, siis läheb plasmolüüsi saabumine aeglasemaks, plasma ei tule nii kergesti rakuseintest lahti ja jääb paljudesse kohtadesse veel kinni. Nimeetatud soolad suurendavad plasma viskoossust, teevad ta pindkihid sitkemaks ja see asjaolu mõjustab plasmolüüsi kuju. Rida tõsi-asju räägib selle kasuks, et plasma on rakuseinaga intiimselt ühendatud. Tselluloos-seina tuleb kujutella käsнатаolise moodustisena, mille õõned ja käigud on täidetud plasma pindkihi puhetiste ja juhtmetega. Harilikkude plasmolüütiliste vahendite toimel, mis normaalset viskoossust reeglipäraselt alandavad, plasmat n.-ü. vedelamaks teevad, vabanevad plasma osad seinast võrd-

lemisi kergesti, kuna viskoossust suurendavate ühendite toimel vabanemine alul nii kergesti ei lähe ja selle tagajärjel muutub plasmolüüsikuju mitmesuguselt. Et erisuguste taimede plasma viskoossus normaalselt tublisti võib erineda, siis esineb sageli ka samas plasmolüütikumis mitmesugustel taimedel erisugune plasmolüüsi kuju.

Juba ammugi on mitmed uurijad tähele pannud, et plasmolüüsil protoplast rakuseinast lihtsalt ei eemaldu, vaid tema küljest nagu lahti käristatakse. Pringsheim (1854) kirjeldab esimesena seda kui kleepuva aine lahtitulemist naha küljest, millele ta liitus, niidikesi moodustades. Gardiner (1884) plasmolüüsides rakke keedusoolaga leidis, et plasmaniidikesed ja -juhtmed, millega ta plasmolüüsi alul seinaga ühendusesse jääb, soola kontsentratsiooni suurenedes tugevamaks lähevad, kuna nõrgemates lahustes moodustuvad peenemad niidid.

Chodat ja Boubier (1898) täiendavad eelmisi vaatlusi tähelepanekuga, et plasmolüütikumi kontsentratsiooni tõustes niitide hulk plasmolüüsil hästi suureneb.

Strasburger (1901) leidis, et 7%-ses kaaliumsalpeetri lahuses on *Mnium*'il plasmolüüsunud protoplasti piirjooned tasased ja selle kontsentratsiooni puhul niite veel ei moodustu. Viimased esinevad aga rikkalikult 12%-ses lahuses. Teistel taimedel (*Pteris*, *Viscum*) esineb niitide moodustumine alles 20%-ses lahuses, — asjaolu, millest võime neil taimil järeldada erisugust plasmaviskoossust.

Iseäranis mitmekülgselt uuris Hecht (1912) plasma rebenemist rakuseinast plasmolüüsil. Ta kirjeldab plasmaniitide ja juhtmete moodustumist üksikasjaliselt; kontraheeruv protoplast käristab nad katki, kuna rakuseina külge jääb võrk katkirebitud niitidest. Hecht tegi vaatlusi kaalisalpeetriga ja glükoosiga plasmolüüsitud rakkudel, ta ei käsitle kahjuks olenevust plasmolüütikumist, vaid üldistab andmeid iga plasmolüüsi suhtes. Käsitelles asjaolu põhjust, mis pärast protoplasma rakuseina küljes kinni on, tuleb ta otsusele, et see oleneb nähtavasti plasma ühtekasvamisest seinaga ühelt poolt ja plasma konsistentsist teiselt poolt. Mõõduandvana paistab tal siiski olevat kõrge viskoossus plasma pindkihtidel, mis seinale surutult ta külge liituvad.

Hansteen-Cranner (1919, 1922) käsitleb plasmolüüsi probleemi soolade toime seisukohalt plasmasse. Ultramikroskoopilise pildistamise abil näitab ta, et kaaliumkloriidiga plas-

mollüüsitud rakkudel arvurikkad peenikesed viskoossed, ultramikroskoobis helenduvad niidid igal pool kontraheeruvat plasmakeha seinaga seovad, kuna protoplasti väliskontuurid on ebaselged. Seevastu kaltsiumkloriidiga plasmolüüsitud rakkudel on plasmakeha pind tasane ja piirjooned teravalt piiratud. Tema arvamise järgi vähendavad K-ioonid plasmapiinna viskoossust, kuna Ca-ioonid seda suurendavad ja pinda tihendavad. Üldse leiab ta, et uuritud metallioonid pindkihi disperssust rea $K < Mg < Ca$ järgi muudavad. Selle reaktsiooni pöördumus väheneb ülal ettetoodud rea järgi.

Weis (1925) laiendas Hansteen-Cranner'i uurimusi, võttes vaatlemisele suurema hulga soolade ja teiste ühendite toime plasmolüüsil esinevaise plasmajuhtmeisse. Ta püüab lahendada küsimust, kas plasma pindkihid on teisiti ehitatud kui siseosad. Jaataval korral peaksid plasmajuhtmed pinnaaineid suuremal hulgal sisaldama, ning see selguks teatava määrani nende suhtumisest kemikaalidesse. Ta leidis, et mainitud juhtmeil suureneb kolloidide koagulatsioon: $NH_4 < K < glükoos < Mg < Ca$. Kui oletada, et plasma viskoossus glükoosiga plasmolüüsitud rakkudel on normaalne, siis on ta ammooniumi-, kaaliumi- ja naatriumisoolade lahustel normaalsest vähem, magneesiumi-, strotsiumi- ja kaltsiumisoolade lahustes normaalsest hoopis suurem. Soolade happe seisukohalt suurendavad viskoossust sulfaadid rohkem kui kloriidid ja nitraadid. Kui plasmolüüsil glükoosile sublimate, uraniil- või seatina-atsetaati juurde lisati, siis olid plasmaniidid resistentsemad kui protoplast. Autor järeldab sellest pindkihtidel teissugust keemilist koosseisu kui siseplasmal. Katsed saponiinilahustega rääkisid pindkihi lipoidse iseloomu poolt.

Kaho (1921, a, b, 1932, 1926, d, c, 1933) elektrolüütide toimet taimerakule uurides leidis, et nad plasmaga kokku puutudes igal juhul plasma pinnakolloidide konsistentsi muudavad, neid tihendades või vedelamaks muutes, kusjuures elektrolüüdi toimele on mõõduandev ta kolloidaktiivsus. Leelis- ja leelismullasoolade puhul on muutused plasmas algastmeil pöörduvad, esimeste toimel kergemini kui viimaste puhul. Raskemetallsoolade ja hapete toimel tekib plasmale pöördumatu kile. Elektrolüütide toimest plasmasse võib järeldada, et ta pindkihtides on rikkalikult lipoidseid aineid. Viimastel on ainevahetusel suur tähtsus.

On tähelepanndav, et ka loomaplasma suhtumine elektrolüütidesse on analoogne taimeplasma omaga.

Heilbrunn (1930, a, b) meresüüli plasma kolloidkeemilisi muutumisi uurides leidis, et ta munarakkude vigastusel plasma rakust välja tulles eritab pinnale kile. Viimane tekib vaid kaltsiumi sisaldavais lahuseis ning plasmakolloidide sadestuse tagajärjel (surface precipitation reaction). Kui kaltsiumi sisaldavale veele juurde lisada leelissoola-lahuseid, siis takistavad viimased kile tekkimist — $\text{NH}_4 > \text{Na} > \text{K} > \text{Li}$. Autori arvamisel moodustavad kile peamiselt lipoidsed ained (vrd. ka Spek, 1921).

Plasmolüüsi kohta esitatud andmete täienduseks toome veel mõningad vaatlused plasmolüüsi erivormide üle.

Cholodny (1924) kirjeldab oma vaatlusi plasmolüüsi kuju üle maa- ja veetaimedel. Plasmolüüserivaiks aineiks tarvitab ta elektrolüütideist: kaalium-, naatrium-, ammonium- ja kaltsiumkloriide, -nitraate, -fosfaate ning -sulfaate; anelektrolüütideist: sahharoosi, glütseriini, manniiti ja uriinainet; lahuste kontsentratsioon oli 1 mol., plasmale mürgistele sooladele, nagu kaaliumisoolad j. t., lisati alati kaltsiumkloriidi juurde. Suurema-arvuliste vaatluste najal leidis ta, et ei ole nimetamisväärilist vahet elektrolüütide ja anelektrolüütide toimel plasmolüüsisse ¹⁾. Küll aga on maa- ja veetaimede plasmolüüsipilt erisugune. Maataimede lehe-epidermise ja varre rakkudel jääb plasmolüüsil plasma kohati kaua rakuseinte külge reeglipäraselt kinni või eemaldudes seinast on viimasega plasmaniitidega ühenduses. Selle tagajärjel oli plasmolüüsitud protoplastil kuju ebareeglipärase, sopiliste äärtega ja nõgusate piirjoontega (konkaav-pl.). Veetaimil oli plasmakuju plasmolüüsil üldiselt ümmargune (konveks-pl.), lähematel rakkudel puudusid plasmaniidid sootuks, pikematel olid mõned vähesed protoplasti ümmaratel otstel.

Konveks-plasmolüüsi esinemine veetaimil tuletab meelde vees hoitud maataimede preparaate. Fitting (1915) leidis, et *Rhoeo* lehelõikudel saabub plasmolüütiline tasakaal lühema aja vältel, kui preparaadid enne mõni aeg (kuni 24 t.) vees on olnud. Samuti leidis ka Höfler (1918), et lõikudel, mis enne plasmolüüsi

¹⁾ See teiste uurijate vaatlustele vasturääkiv leidus on arvatavasti seletatav asjaoluga, et Cholodny üksikute sooladega ei katsetanud, vaid tarvitab neid alati segudes CaCl_2 -ga.

lүүsi vees olnud, plasma seinast kergemini vabaneb ja lõppstaadium (konveks-pl.) varemini esile tuleb. Nähtavasti vähendab vesi plasma viskoossust nii vee- kui maataimil, kui viimaste rakud teatav aeg on veega kontaktis olnud.

Mitmesuguseid uurimusi plasmolüüsi üle leidub Weber'i (1924, a, b; 1925, a, b) töödes. Muuseas kirjeldab ta üht plasmolüüsi kuju, mis harvemini esineb ja mille ta esmakordselt *Spirogyra*'l leidis ning „krampplasmolüüsiks“ nimetas. Teatavatel juhtudel eemaldub sellel taimel plasmolüüsi puhul protoplast rakuseintest kohati sel viisil, et seinale kinnijäänud plasmaosad lahtiläinud osadega kaunis reeglipäraselt vahelduvad; protoplasti välised piirjooned tuletavad meelde saehambaid. Pärast leidis ta krampplasmolüüsi *Vicia Faba* õhulõhede sulgrakkudel, kui õhulõhe oli avatud. Sulgunud olekus oli plasmolüüs harilik. Weber järeldas sellest, et avatud õhulõhe sulgrakkudel on plasmaviskoossus suurem kui suletul.

Höfler (1928) *Allium Cepa* soomuse epidermisrakke leelissooladega plasmolüüsides leidis, et tugevamais lahuseis ovaalsete protoplastide ümmarad otsad intensiivselt paisuvad ja läbi-paistvaks lähevad, nii et plasmakiht otstel on ligi 10 korda paksem kui külgedel („Kappenplasmolyse“). Leelismullasoolade lahustes jäi paisumine ära.

Terve rea plasmolüüsi erivorme leidis veel Küster (1928) *Allium Cepa*'l; olgu siin ta teosele osutatud.

Kokku võttes esitatud andmeid plasmolüüsi üle näeme, et 1. kõik plasmolüüsivad lahused, eriti elektrolüüdid, nii või teisiti toimivad plasmasse, ta viskoossust teisendavad ja ta kolloidide dispersiooniastet pöörduvalt muudavad. Muutused algavad esmajoonselt plasma pindkihtides, mis nähtavasti kergemini reageerivad kui siseosad. 2. Mainitud muutused olenevad peamiselt plasmolüütikumi keemilisest iseloomust, kusjuures teatavat osa etendab ka kontsentratsioon. 3. Pindkihi kolloidide kolloidoleku muutumine on mõõduandev protoplasma läbilaskmisvõimele (permeablusele). Nende teeside järelalusena tekkis autoril järgmine küsimus: kuidas muutub plasmolüüsile järgnev deplasmolüüs, kui plasmolüüs on tehtud erinevate elektrolüütidega? Et deplasmolüüsil on tegemist vee filtrimisega läbi plasma, siis peaksid mitmesugused keemilised ained sellesse toimima, ühed plasma läbi-

laskvust veele suurendama, teised vähendama. Selle tagajärjeks oleks, et deplasmolüüs ühel juhul kiiremini soorduks kui teisel. Käesolevat küsimust on sellest seisukohast siia maani vähe puudutatud.

Sel alal on ilmunud Höfler'i (1930), Höfler ja Huber'i (1930) ning de Haan'i (1933) uurimused. Höfler uuris leselehel (*Majanthemum bifolium*) veefiltratsiooni läbi varrerakude plasma, plasmolüüsi ja deplasmolüüsi abil. Ta leidis, et plasma vee liikumisele suurt takistust omab ja veehulgad, mis teatavas ajahikus läbi plasma lähevad, on üllatavalt väikesed. Uuringul tarvitatud plasmolüütikumide suhtes ütleb ta järgmist: „Kokku võttes võib öelda, et plasmolüüs *Majanthemum*'il mitmesuguseis aineis, leelissoolades ja roosuhkrus, väikeste ning suurte molekulitega, kergesti ja raskemini diffundeeruvates plasmolüütikumides soordub kaunis samase tempoga“... ja edasi: „kõikide katsete tuemuseks on, et deplasmolüüs võrreldes sama kontsentratsiooni vahega (Gefälle) kiiremini toimub, kui eelkäiv plasmolüüs“. Nagu sellest tsitaadist näha, on autor vähe tähelepanu osutanud üksikute soolade toimele, sest et ta uurimine oli teisale suunatud.

Huber ja Höfler'i (1930) uurimus on eelmise järg, laiendatud mitmesugustele taimedele. Autorid mõõdavad aeg-ajalt vakuooli pikkust plasmolüüsil ja arvutavad sellest nn. plasmolüüsiastme. Paigutades koordinaatidele -- vertikaalteljele plasmolüüsiastme suurused ja horisontaalteljele plasmolüüsiaja minutites, saavad nad plasmolüüsikäigu kõvera; samuti saadakse ka deplasmolüüsikäigu kõver. Nende abil arvutavad nad plasmolüüsile resp. deplasmolüüsile jäädava „K“. Näit. $K = 0,2$ tähendab, et protoplast 1 minuti vältel, kontsentratsiooni vahe juures 1 mol, 0,2 oma mahust muudab. Autorid määravad ära K-suurused mitmesuguseil kõrgemal, alamal, vee- ning maataimedel.

De Haan¹⁾ (1933) analüüsib oma teoses (diss.) deplasmolüüsikäiku kinematograafi abil, käsitleb mõningate soolade toimet deplasmolüüsisse, uurib temperatuuri mõju sellele ning vaatleb plasmolüüsi ja deplasmolüüsi kahjulikku mõju plasmale. Sooladele on väiksem osa tööst pühendatud. Ta võtab vaatlemi-

¹⁾ De Haan'i töö ilmus peale seda, kui käesoleva uurimuse katseline osa oli juba lõpetatud.

sele kuus nitraati, ühe sulfaadi ja ühe rodaniidi. Ta töö tulemusi käsitleme allpool.

Et selles teoses peamiselt nitraadid uurimisele on võetud ja suuremat hulka neutraalsole pole uuritud, siis pole sooladega saadud andmed kaugeltki küllaldased selleks, et täielikumat ülevaadet saada nende toimest.

Käesolevas töös on katsetatud järgmiste sooladega: RbNO_3 , Rb_2SO_4 , CsBr , CsCl , Cs_2SO_4 , NH_4CNS , äädikhape NH_4 , NH_4Cl , hapu sidrunihapu NH_4 (dicitr.), $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, KCNS , KBr , KNO_3 , äädikhape K , KCl , viinahapu K , sidrunihapu K , K_2SO_4 , NaCNS , NaBr , NaNO_3 , äädikhape Na , NaCl , viinahapu Na , sidrunihapu Na , Na_2SO_4 , LiBr , LiNO_3 , äädikhape Li , LiCl , sidrunihapu Li , Li_2SO_4 , roosuhkur (K a h l b a u m'i preparaadid).

Enne kui katsete kirjeldusele asuda, tuleb veel puudutada üht tähtsat küsimust. Nimelt kas plasmolüüsitud rakkudega saadud tulemused on mõõduandvad terveile (intaktsetele) rakkudele ja kudedele? Muutub ju plasmolüüsil rakuplasma väliskiht vigastatuks, kui mitte sootuks ärarebituks. Kas ei muutu selle tagajärjel plasma? See küsimus on igapidi õigustatud ja sageli ka mitmelt poolt tõusetatud.

Esimesena vastas sellele küsimusele ühe lihtsa katsega N ä g e l i. Ta leidis, et kui *Hydrocharis*'e juurekarvake kateklaasi all värvilahuses katki pigistada, nii et plasma tilkadena rakukestast värvilahusesse pääseb, siis on igal tilgal täpsalt terve plasma osmootsed omadused, värv ei tungi tilkadesse samuti kui tervesse protoplasti. Arvatavasti eritavad plasmatilgad, tekkides adsorptsiooni tõttu pinnale, pindkihi aineid (vrd. Walter 1921), mis plasmale nn. selektiivsed omadused annavad.

Uuemal ajal on korjunud rida mõjuvaid tõendusasi sellele, et plasmolüüsi abil leitud seadusepärased on mõõduandvad tervele rakkudele. Nimelt on kõik plasmolüütilisel teel saadud andmed tõendatud ka teiste uurimismeetoditega, keemilise analüüsiga, elektrijuhtivuse, koepinevuse muutumise meetoditega j. t.; põhimõttelisi erinevusi pole selle juures leitud. Viimasel ajal on veel huvitavaid katseid tehtud paljaste protoplastidega. On võimaldunud teataval viisil vabastada protoplasti kestast (H u b e r ja H ö f l e r, l. c.) ja katseid korraldada. Sääraste katsete tulemused ei erine milleski normaalsete rakkudega saadud andmeist. On leitud veel kõrgemal taimil kestata protoplaste. Viimased

esinevad K ü s t e r'i (1928) järgi mahlakates viljades. Vilja valmimisel lahustub osal rakkudel ühes keskkihiga ka rakukest, nii et viljalihas esinevad paljad protoplastid. Eriti soodsad nende saamiseks on mõningate *Solanaceae* viljad, nagu *Solanum nigrum*, *S. villosum*, *S. miniatum*, *Atropa belladonna* j. t. Katsed nendega on näidanud, et osmootsed ja teised füsioloogilised omadused ei ole erinevad harilikkude rakkude omadest.

Kokku võttes peab tähendama, et plasmolüüsil ei muuda protoplasti lahtitulemine rakukestast ta füsioloogilisi omadusi kvalitatiivselt ja et plasmolüütilist meetodit võib nende omaduste uurimiseks täie õigusega rakendada.

Katsed.

Katsed tehti *Allium Cepa* epidermiserakkudega. Sibula soomuste seesmine marrasknahk (mofoloogiliselt pealmine) on neil alloleva koega kaunis nõrgasti kinni ja tuleb kergesti suurte tükidena nähtavasti vigastamatult lahti. See asjaolu võimaldas ühelt soomuselt mitukümmet preparaati katseiks saada.

Jõuks, mis deplasmolüüsil vee liikuma paneb, on vakuoliinainete osmootne väärtus; ta on plasmolüütilise tasakaalu saabu-des isotoonne plasmolüütikumile. Sellest järgneb kaks asjaolu, mida käesolevas uurimuses on silmas peetud: 1. plasmolüüsiks võeti isotoonsed lahused ja 2. deplasmolüüsi alati plasmolüütilise tasakaalu saabumisel.

Plasmolüüsivate ühendite soodsamat kontsentratsiooni uurides selgus, et leelissooladel andsid kõige ülevaatlikumad tulemused need lahused, mille isotoonsus võrdus 0,4 mol KNO_3 -ga. Kõik katsetel tarvitatud lahused on selle isotoonsusega. Kõrgemates kontsentratsioonides venib plasmolüüsi aeg veidi pikaks ja ühes sellega liiga tugeva lahuse toime plasmale kahjulikuks. Nõrgemate kontsentratsioonide puhul tasanduvad plasmolüütikumide toimete vahed, deplasmolüüs läheb ebaühtlasemaks ja on märksa raskem täpsalt määrata keskmist deplasmolüüsi aega; katseviga osutub selle tagajärjel suuremaks. Autori endised kogemused on näidanud, et seadusepärased tulevad soolade toimel selgemini nähtavale, kui plasmolüütikumide kontsentratsioonid ei ole liiga madalad; sellepärast on ka käesoleval juhul võetud nad sellistena, kus tuleb esile keskmine plasmolüüs ning millised vigastamatud

rakud suurema kahjuta välja kannatavad. Lähtudes nende katsete tulemustest on pärast juba kerge nõrgemate lahuste toimet uurida.

On olemas terve rida vaatlusi selle üle, et kiiresti toimuv ja eriti järgnev deplasmolüüs võib plasmale kahjulik olla (Küster (1929), Brenner (1920), Weis (1925), Karzel (1926) Albach (1930)). Kahjulikuks teguriks on nähtavasti liiga suur kontsentratsioonide vahe plasmolüüsi ja deplasmolüüsi alul. Kõrge plasmolüütikumi kontsentratsiooni tugeva osmootse jõu tõttu rebitakse plasma plasmolüüsi alul rakukestast järsku lahti, seejuures võib plasma vigastusi saada, mis ta ära surmavad, eriti kui plasmakiht on õhuke. Deplasmolüüsi alul on kontsentratsioonide vahe veelgi suurem. Vakuoli tungiv tugev veevool venitab plasmakoti liiga järsku laiali, kusjuures elastsusepiir võib kergesti ületuda ja plasmas praod tekkida. On küllalt ühest väikesest praokesest, et plasmata surmata. Madala kontsentratsiooni puhul algab plasmolüüs aeglaselt ja sellepärast on nõrga plasmolüüsi toime hoopis vähem kahjulik, olenemata plasmolüüseriva lahuse spetsiaalsest toimest.

Et eriti deplasmolüüsi kahjulik mõju on plasmolüüsi omast suurem, seda näeme järgmisest. Kui rakumahla osmootne väärtus on o ja plasmolüütikumil p , siis on plasmolüüsi alul $p - o = n$, kus $n < p$ ja n osmootne väärtus määrab ära plasmolüüsi suuruse. Plasmolüütilise tasakaalu korral on rakumahla osmootne väärtus $o = p$; deplasmolüüsi alul destilleeritud vees $n = p$ ja sellega on osmootse väärtuse vahe palju suurem kui plasmolüüsil. Võtame näite. Lehe-epidermise rakkude mahla osmootne väärtus KNO_3 moolides on taimedel: *Plantago media* 0,48, *Bellis perennis* 0,42, *Fagopyrum esculentum* 0,25, *Helodea canadensis* (leherakud) 0,25, *Alisma Plantago* 0,40 — neist keskmine 0,39 mol $KNO_3 = 15,95$ atmosfääri. Plasmolüüsil 0,6 mol KNO_3 lahuses, mille osmootne väärtus on 24,5 atm., võrdub alul osmootsete väärtuste vahe 24,5 atm. — 15,95 atm. = 8,55 atm.; deplasmolüüsi alul dest. vees on plasmolüüsitud protoplasti osm. väärtus 15,95 atm. ja kontsentratsioonide vahe 15,95 atm. — 0 atm. = 15,95 atm. Sellest näitest näeme, et osmootne jõud, mis plasmolüüsi alates vee liikuma paneb, on üle 8 atm., deplasmolüüsil aga ligi 16 atm., s. o. poole suurem. Sellega on minu arvates seletatav asjaolu, mis pärast deplasmolüüsi on sageli kahjulikum plasmolüüsil.

Leidub rakke, mis tugeva plamolüüsi korduvalt nähtava vigastuseta välja kannatavad. Näitena võiks tuua *Tradescantia virginica* tolmukaniitide karvakeste rakke. Arvatavasti on siin resistentsus tingitud paksust plasmakihist, mis esineb karvakeste keskosa ja otsarakudel, mis on resistentsemad õhema plasma-korraga basaarakkudest. Selle väite kasuks räägib Al bach'i (l. c.) avastatud asjaolu, et *Rhoeo* lehtedel kannatavad noored rakud plasmolüüsi toimel palju vähem kui vanemad. Teatavasti on noortes rakkudes plasmakiht hoopis paksem kui vanades. Iga tahe on plasma resistentsuse olenevus ta kihi paksusest rakkudes omaette probleem, mida siia maani veel pole puudutatud.

Selle töö eelkatsed on näidanud, et väiksemad rakud üldiselt osutusid resistentsemaks katsetingimustele. Sibula välissoomuste rakud on suuremad ja nad omavad isotoonsetes lahustes veidi suuremat plasmolüüsi, rakumahla vähema osmootse väärtuse tõttu. Need rakud vigastuvad kergemini ja sellepärast eelistati katseteks preparaate sibula keskmistelt soomustelt. Viimaste rakud on väiksemad, annavad ühtlasema plasmolüüsi ja ei vigastu nii kergesti.

Arvesse võttes eespoolkäsiteldud plasmolüüsi kahjulikku toimet, sooritati kõik plasmolüüsi ja deplasmolüüsi katsed astmeliselt. Preparaadid pandi alul üheks minutiks lahustesse, mille osmootne väärtus oli isotoonne 0,2 mol KNO_3 , ja peale selle viidi nad üle lõppkontsentratsiooniga lahustesse. Et soolade spetsiaalne toime kahjulikuks ei osutuks, võeti üldine plasmolüüsi aeg võimalikult lühike, nimelt 5—10 min., arvestades soola iseloomu; näit. rodaniididel — 5 min., kloriididel j. t. — 8 min., sulfaatidel 10 min. Analoogselt plasmolüüsile toimetati ka deplasmolüüsil: preparaadid pandi minutiks (juhul, kui deplasmolüüs soordus kiiresti — pooleks min.) samasesse nõrgemasse lahusesse kui plasmolüüsil ja peale selle harilikku (veevärgi) vette. Destill. vesi on palju kahjulikum harilikust veest ka sel korral, kui destillatsioon korduvalt ette võetakse, kas plaatinajahutajaga või klaasist klaasi (K e m m e r 1928, B ä r l u n d 1929, A l b a c h 1930). Arvatavasti teeb dest. vee kahjulikuks liiga tugev plasmapaisumine, mis harilikus vees kaltsiumi j. t. soolade mõjul ära jääb. Sellest küljest läheneb harilik vesi nn. tasakaalustatud lahustele.

Deplasmolüüsi vaadeldi preparaatides valitud kohtades, kus ühesuurused rakud esinesid ja deplasmolüüs toimus enam-vähem

ühtlaselt. Keskmisest tüüpilisest deplasmolüüsikäigust erinevaid kõrvalekaldumisi, mida võisid põhjustada osaline vigastus preparaadi valmistamisel j. t., ei arvestatud. Vaatlemine toimus ultramikroskoopiliselt; see andis märksa rohkem soodustusi tähelepanekuteks käesoleval objektil. Deplasmolüüsi saabumisel tähendati üles stopp-uuriga kaks deplasmolüüsiaega: 1. kui enamik rakke oli deplasmolüüsunud ja 2. kui kõikidel oli deplasmolüüs lõppenud. Deplasmolüüsikäiku kui säärast ei analüüsitud, sest see esineb üksikasjaliselt Höfler'i (1930) ja Huber ja Höfler'i (1930) töodes.

Üldine deplasmolüüsi pilt oli kõigil katseil enam-vähem samane. Plasmolüüsitud rakkude üleviimisel deplasmolüütikumi muutus õõnes resp. kramplasmolüüs varsti kumeraks, protoplast omandas ovaalse või keraja kuju ja paisus mahult. Et veenduda selles, kas deplasmolüüsitud rakud on veel elus, tehti kiiresti 0,5 mol CaCl_2 -ga teiskordne plasmolüüs, millel vaadeldi vaid algust.

A. Kloriidid.

Plasmolüüsikuju kõikides kloriidides harilik, nõgus. Plasmolüüsiaeg — 8 min.

Tseesiumkloriid.

Deplasmolüüsiaeg.

| Katse | I. | | II. | | K. | |
|--------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| Nr. | | | | | | |
| 1 | 4 min. | 20 sek. | 4 min. | 42 sek. | 4 min. | 31 sek. |
| 2 | 5 „ | 00 „ | 5 „ | 20 „ | 5 „ | 10 „ |
| 3 | 3 „ | 57 „ | 4 „ | 21 „ | 4 „ | 9 „ |
| 4 | 6 „ | 37 „ | 6 „ | 49 „ | 6 „ | 43 „ |
| 5 | 5 „ | 00 „ | 5 „ | 10 „ | 5 „ | 5 „ |
| 6 | 4 „ | 45 „ | 4 „ | 59 „ | 4 „ | 52 „ |
| Keskm. | 4 min. | 57 sek. | 5 min. | 13 sek. | 5 min. | 5 sek. |

Kaaliumkloriid.

Deplasmolüüsi aeg.

| Nr. | I. | | II. | | K. | |
|--------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| | | | | | | |
| 7 | 5 min. | 24 sek. | 5 min. | 40 sek. | 5 min. | 32 sek. |
| 8 | 4 „ | 40 „ | 4 „ | 50 „ | 4 „ | 45 „ |
| 9 | 6 „ | 30 „ | 6 „ | 42 „ | 6 „ | 36 „ |
| 10 | 5 „ | 40 „ | 5 „ | 46 „ | 5 „ | 43 „ |
| 11 | 7 „ | 00 „ | 7 „ | 00 „ | 7 „ | 00 „ |
| 12 | 6 „ | 31 „ | 6 „ | 45 „ | 6 „ | 38 „ |
| Keskm. | 4 min. | 57 sek. | 6 min. | 7 sek. | 6 min. | 2 sek. |

Ammooniumkloriid.

Deplasmolüüsi aeg.

| Nr. | I. | | II. | | K. | |
|--------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| 13 | 6 min. | 15 sek. | 6 min. | 21 sek. | 6 min. | 18 sek. |
| 14 | 7 „ | 25 „ | 7 „ | 39 „ | 7 „ | 32 „ |
| 15 | 5 „ | 42 „ | 5 „ | 52 „ | 5 „ | 47 „ |
| 16 | 7 „ | 20 „ | 7 „ | 26 „ | 7 „ | 23 „ |
| 17 | 6 „ | 15 „ | 6 „ | 23 „ | 6 „ | 19 „ |
| 18 | 6 „ | 40 „ | 7 „ | 20 „ | 7 „ | 00 „ |
| Keskm. | 6 min. | 36 sek. | 6 min. | 50 sek. | 6 min. | 43 sek. |

Naatriumkloriid.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | | II. | | K. | |
|--------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| 19 | 7 min. | 00 sek. | 7 min. | 18 sek. | 7 min. | 9 sek. |
| 20 | 5 „ | 29 „ | 5 „ | 35 „ | 5 „ | 32 „ |
| 21 | 7 „ | 45 „ | 7 „ | 45 „ | 7 „ | 45 „ |
| 22 | 8 „ | 25 „ | 8 „ | 33 „ | 8 „ | 29 „ |
| 23 | 6 „ | 30 „ | 6 „ | 30 „ | 6 „ | 30 „ |
| 24 | 7 „ | 50 „ | 8 „ | 10 „ | 8 „ | 00 „ |
| Keskm. | 7 min. | 10 sek. | 7 min. | 18 sek. | 7 min. | 14 sek. |

Liitiumkloriid.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | | II. | | K. | |
|--------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| 25 | 6 min. | 40 sek. | 6 min. | 58 sek. | 6 min. | 49 sek. |
| 26 | 6 „ | 20 „ | 6 „ | 30 „ | 6 „ | 25 „ |
| 27 | 7 „ | 23 „ | 7 „ | 41 „ | 7 „ | 32 „ |
| 28 | 8 „ | 33 „ | 8 „ | 53 „ | 8 „ | 43 „ |
| 29 | 8 „ | 51 „ | 8 „ | 63 „ | 8 „ | 57 „ |
| 30 | 6 „ | 1 „ | 6 „ | 7 „ | 6 „ | 4 „ |
| Keskm. | 7 min. | 18 sek. | 7 min. | 32 sek. | 7 min. | 25 sek. |

Eelmiste katsete põhjal on kloriidide keskmised deplasmolüüsiajad minutites järgmised:

| | | | | |
|----------------|----------------|--------------------|-----------------|-----------------|
| CsCl | KCl | NH ⁴ Cl | NaCl | LiCl |
| 5 ⁵ | 6 ² | 6 ⁴³ | 7 ¹⁴ | 7 ²⁵ |

Neist näeme, et CsCl kloriididest deplasmolüüsi kõige rohkem kiirendab ja LiCl võrdlemisi kõige vähem. Deplasmolüüsi olenevust katioonidest teisendub üldse võrdlemisi vähe. Kindlamad toimevahed on Li ja Cs ning Li ja K vahel; Na ja Li vahe piisib katsevea piires, ka on Cs ja K vahe väike.

Üldse võiks uuritud katioone liigitada kahte rühma, kus

ühes on Cs ja K, teises Na ja Li. Vahepealne NH_4 võib liituda mõnel juhul ka emmale-kummale rühmale ja ta kohta ei või kindlaks pidada.

Plasmolüüsi ja deplasmolüüsi käik on uuritud kloriididel üldiselt samane. Nimetamisväärilisi lahkuminekuid polnud märgata.

B. Sulfaadid.

Plasmolüüsikuju ebaühtlane: nõgus, kohati krampplasmolüüs. Plasmolüüsiaeg — 10 min.

Liitiumsulfaat.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 31 | 12 min. 13 sek. | 12 min. 51 sek. | 12 min. 32 sek. |
| 32 | 11 „ 34 „ | 11 „ 56 „ | 11 „ 45 „ |
| 33 | 13 „ 00 „ | 13 „ 28 „ | 13 „ 14 „ |
| 34 | 12 „ 37 „ | 12 „ 55 „ | 12 „ 46 „ |
| 35 | 12 „ 12 „ | 12 „ 30 „ | 12 „ 21 „ |
| 36 | 12 „ 30 „ | 13 „ 22 „ | 12 „ 56 „ |
| Keskm. | 12 min. 21 sek. | 12 min. 50 sek. | 12 min. 35 sek. |

Rubiidiiumsulfaat.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 37 | 7 min. 11 sek. | 7 min. 41 sek. | 7 min. 26 sek. |
| 38 | 8 „ 28 „ | 8 „ 42 „ | 8 „ 35 „ |
| 39 | 8 „ 40 „ | 9 „ 6 „ | 8 „ 53 „ |
| 40 | 7 „ 27 „ | 7 „ 55 „ | 7 „ 41 „ |
| 41 | 7 „ 10 „ | 7 „ 40 „ | 7 „ 25 „ |
| 42 | 9 „ 28 „ | 9 „ 56 „ | 9 „ 42 „ |
| Keskm. | 8 min. 4 sek. | 8 min. 30 sek. | 8 min. 17 sek. |

Naatriumsulfaat.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 43 | 10 min. 14 sek. | 11 min. 00 sek. | 10 min. 37 sek. |
| 44 | 9 „ 11 „ | 9 „ 57 „ | 9 „ 31 „ |
| 45 | 11 „ 0 „ | 11 „ 32 „ | 11 „ 16 „ |
| 46 | 10 „ 22 „ | 11 „ 10 „ | 10 „ 46 „ |
| 47 | 9 „ 19 „ | 10 „ 25 „ | 9 „ 52 „ |
| 48 | 10 „ 30 „ | 10 „ 58 „ | 10 „ 44 „ |
| Keskm. | 10 min. 6 sek. | 10 min. 50 sek. | 10 min. 28 sek. |

Ammooniumsulfaat.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 49 | 6 min. 24 sek. | 7 min. 20 sek. | 6 min. 52 sek. |
| 50 | 7 „ 3 „ | 7 „ 45 „ | 7 „ 24 „ |
| 51 | 5 „ 0 „ | 5 „ 30 „ | 5 „ 15 „ |
| 52 | 7 „ 4 „ | 7 „ 32 „ | 7 „ 18 „ |
| 53 | 6 „ 7 „ | 6 „ 39 „ | 6 „ 23 „ |
| 54 | 6 „ 35 „ | 7 „ 15 „ | 6 „ 57 „ |
| Keskm. | 6 min. 22 sek. | 7 min. 1 sek. | 6 min. 41 sek. |

Kaaliiumsulfaat.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 55 | 10 min. 12 sek. | 10 min. 40 sek. | 10 min. 26 sek. |
| 56 | 10 „ 25 „ | 10 „ 55 „ | 10 „ 40 „ |
| 57 | 9 „ 15 „ | 9 „ 31 „ | 9 „ 23 „ |
| 58 | 10 „ 10 „ | 10 „ 22 „ | 10 „ 16 „ |
| 59 | 9 „ 16 „ | 9 „ 30 „ | 9 „ 23 „ |
| 60 | 9 „ 0 „ | 9 „ 24 „ | 9 „ 12 „ |
| Keskm. | 9 min. 43 sek. | 10 min. 4 sek. | 9 min. 53 sek. |

Tseesiumsulfaat.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 61 | 8 min. 30 sek. | 9 min. 2 sek. | 8 min. 46 sek. |
| 62 | 7 „ 24 „ | 7 „ 40 „ | 7 „ 32 „ |
| 63 | 9 „ 42 „ | 9 „ 58 „ | 9 „ 50 „ |
| 64 | 9 „ 36 „ | 9 „ 0 „ | 8 „ 48 „ |
| 65 | 8 „ 1 „ | 8 „ 13 „ | 8 „ 7 „ |
| 66 | 7 „ 19 „ | 7 „ 27 „ | 7 „ 43 „ |
| Keskm. | 8 min. 25 sek. | 8 min. 33 sek. | 8 min. 28 sek. |

Sulfaatide toimel soordub deplasmolüüsi kiirus minutites järgmiselt:

| | | | | | |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | Rb_2SO_4 | Cs_2SO_4 | K_2SO_4 | Na_2SO_4 | Li_2SO_4 |
| 6 ⁴⁵ | 8 ¹⁷ | 8 ²⁶ | 9 ⁵³ | 10 ²⁸ | 12 ³⁵ |

Eeltoodud andmed võime liigitada nelja rühma. Esimesse kuulub $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, mille toimel teostub deplasmolüüs kahtlemata kõige kiiremini, teise — Rb_2SO_4 ja Cs_2SO_4 . Nende toimevahe käesolevates katsetingimustes on liiga väike, et sellele suuremat rõhku panna, ja nähtavasti mõjuvad nad katsetatud kontsentratsioonid kaunis ühesuguselt. Kolmandasse rühma kuuluvad K_2SO_4 ja Na_2SO_4 . Võrreldult eelmise rühmaga pidurdavad nad veidi

deplasmolüüsi, ka nende toimevahe püsib katsevea piirides. Neljandasse võime eraldada Li_2SO_4 , mille lahuses toimub sulfaatidest deplasmolüüs kõige aeglasemalt. Plasmolüüs soordus sulfaatides üldiselt aeglasemalt, mille tõttu ka keskmiseks plasmolüüsi ajaks tuli 10 min. võtta. Plasmolüüsipilt pole igal pool samane. Nõgusa plasmolüüsi kõrval esineb sageli siin ja seal ka krampplasmolüüs ja on näha, et plasma rakuseinast nii kergesti ei eraldu. Osmootsele jõule töötab vastu plasma tugevam adhesioon kestale, mis on nähtavasti ta suurema viskoossuse tagajärg sulfaatide lahuses.

C. Nitraadid.

Plasmolüüsi kuju kõikides nitraatides — nõgus. Plasmolüüsi aeg — 8 min.

Rubiidiumnitraat.

Deplasmolüüsi aeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 67 | 4 min. 57 sek. | 5 min. 7 sek. | 5 min. 2 sek. |
| 68 | 4 „ 24 „ | 4 „ 32 „ | 4 „ 28 „ |
| 69 | 5 „ 12 „ | 5 „ 20 „ | 5 „ 16 „ |
| 70 | 4 „ 1 „ | 4 „ 11 „ | 4 „ 6 „ |
| 71 | 6 „ 37 „ | 6 „ 45 „ | 6 „ 41 „ |
| 72 | 6 „ 2 „ | 6 „ 12 „ | 6 „ 7 „ |
| Keskm. | 5 min. 12 sek. | 5 min. 21 sek. | 5 min. 17 sek. |

Kaaliumnitraat.

Deplasmolüüsi aeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|---------------|----------------|----------------|
| 73 | 7 min. 3 sek. | 7 min. 9 sek. | 7 min. 6 sek. |
| 74 | 5 „ 10 „ | 5 „ 16 „ | 5 „ 13 „ |
| 75 | 5 „ 15 „ | 5 „ 23 „ | 5 „ 19 „ |
| 76 | 8 „ 21 „ | 8 „ 35 „ | 8 „ 28 „ |
| 77 | 6 „ 0 „ | 6 „ 6 „ | 6 „ 3 „ |
| 78 | 5 „ 2 „ | 5 „ 10 „ | 5 „ 6 „ |
| Keskm. | 6 min. 8 sek. | 6 min. 16 sek. | 6 min. 12 sek. |

Naatriumnitraat.

Deplasmolüüsi aeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 79 | 6 min. 24 sek. | 6 min. 40 sek. | 6 min. 32 sek. |
| 80 | 7 „ 23 „ | 6 „ 55 „ | 7 „ 39 „ |
| 81 | 7 „ 41 „ | 7 „ 57 „ | 7 „ 49 „ |
| 82 | 5 „ 15 „ | 5 „ 15 „ | 5 „ 15 „ |
| 83 | 5 „ 55 „ | 6 „ 9 „ | 6 „ 2 „ |
| 84 | 5 „ 0 „ | 5 „ 16 „ | 5 „ 8 „ |
| Keskm. | 6 min. 16 sek. | 6 min. 32 sek. | 6 min. 24 sek. |

Liitiumnitraat.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 85 | 8 min. 20 sek. | 8 min. 26 sek. | 8 min. 23 sek. |
| 86 | 6 „ 14 „ | 6 „ 20 „ | 6 „ 17 „ |
| 87 | 7 „ 27 „ | 7 „ 37 „ | 7 „ 32 „ |
| 88 | 5 „ 35 „ | 5 „ 51 „ | 5 „ 43 „ |
| 89 | 7 „ 51 „ | 8 „ 17 „ | 8 „ 4 „ |
| 90 | 6 „ 45 „ | 6 „ 59 „ | 6 „ 52 „ |
| Keskm. | 7 min. 2 sek. | 7 min. 15 sek. | 7 min. 9 sek. |

Uuritud nitraatide toime deplasmolüüsisse kujuneb järgmiselt (minutites):

| RNO_3 | KNO_3 | NaNO_3 | LiNO_3 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 5 ¹⁷ | 6 ¹² | 6 ²⁴ | 7 ⁹ |

Sellest kokkuvõttest näeme, et deplasmolüüsi kõige enam kiirendab RbNO_3 . Veidi aeglasemalt toimub ta KNO_3 ja NaNO_3 lahustes, milliste toime on kaunis ühesugune ja ei osuta suurt vahet. Veidi pikemaks venib ta LiNO_3 toimel, mis nitraatidest kõige enam pidurdab deplasmolüüsi.

D. Bromiidid.

Plasmolüüsikuju — harilik, nõgus. Plasmolüüsiaeg — 8 min.

Kaaliumbromiid.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 91 | 5 min. 14 sek. | 5 min. 20 sek. | 5 min. 17 sek. |
| 92 | 6 „ 0 „ | 6 „ 0 „ | 6 „ 0 „ |
| 93 | 6 „ 15 „ | 6 „ 31 „ | 6 „ 23 „ |
| 94 | 3 „ 43 „ | 3 „ 49 „ | 3 „ 46 „ |
| 95 | 5 „ 20 „ | 5 „ 32 „ | 5 „ 26 „ |
| 96 | 4 „ 16 „ | 4 „ 40 „ | 4 „ 28 „ |
| Keskm. | 5 min. 8 sek. | 5 min. 18 sek. | 5 min. 13 sek. |

Tseesiumbromiid.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 97 | 4 min. 20 sek. | 4 min. 40 sek. | 4 min. 30 sek. |
| 98 | 3 „ 12 „ | 3 „ 12 „ | 3 „ 12 „ |
| 99 | 5 „ 36 „ | 6 „ 0 „ | 5 „ 48 „ |
| 100 | 4 „ 20 „ | 4 „ 32 „ | 4 „ 26 „ |
| 101 | 3 „ 30 „ | 3 „ 30 „ | 3 „ 30 „ |
| 102 | 5 „ 3 „ | 5 „ 15 „ | 5 „ 9 „ |
| Keskm. | 4 min. 20 sek. | 4 min. 31 sek. | 4 min. 26 sek. |

Naatriumbromiid.

Deplasmolüüsiageg

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 103 | 5 min. 25 sek. | 5 min. 35 sek. | 5 min. 30 sek. |
| 104 | 5 „ 16 „ | 5 „ 20 „ | 5 „ 18 „ |
| 105 | 7 „ 23 „ | 7 „ 41 „ | 7 „ 32 „ |
| 106 | 6 „ 22 „ | 6 „ 50 „ | 6 „ 36 „ |
| 107 | 7 „ 11 „ | 7 „ 57 „ | 7 „ 34 „ |
| 108 | 5 „ 53 „ | 6 „ 11 „ | 6 „ 2 „ |
| Keskm. | 6 min. 15 sek. | 6 min. 36 sek. | 6 min. 25 sek. |

Liitiumbromiid.

Deplasmolüüsiageg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 109 | 6 min. 2 sek. | 6 min. 30 sek. | 6 min. 16 sek. |
| 110 | 8 „ 10 „ | 8 „ 38 „ | 8 „ 24 „ |
| 111 | 6 „ 40 „ | 6 „ 50 „ | 6 „ 45 „ |
| 112 | 7 „ 51 „ | 8 „ 15 „ | 8 „ 3 „ |
| 113 | 7 „ 0 „ | 7 „ 14 „ | 7 „ 7 „ |
| 114 | 6 „ 12 „ | 6 „ 48 „ | 6 „ 30 „ |
| Keskm. | 6 min. 59 sek. | 7 min. 22 sek. | 7 min. 10 sek. |

Ülalesitatud andmete põhjal on bromiidide toime deplasmolüüsisse järgmine (andmed minutites):

| CsBr | KBr | NaBr | LiBr |
|------|-----|------|------|
| 426 | 513 | 625 | 710 |

Bromiidid seisavad oma toime poolest väga lähedal nitraatidele. Nende toimevahed ei ole suured ja sellepärast ei saa reas kõrvalseisvate soolade mõjude vahest kindlalt rääkida. Kui võtame aga reas üksteisest kaugemal seisvad soolad, nagu CsBr ja NaBr, CsBr ja LiBr, või KBr ja LiBr, siis on nende toimevahed kaunis selged ja erinevad. Üldiselt kuuluvad bromiidid soolade hulka, mis deplasmolüüsi võrdlemisi hästi kiirendavad.

Atsetaadid.

Plasmolüüsikuju harilik, nõgus. Plasmolüüsiageg — 8 min.

Ammooniumatsetaat.

Deplasmolüüsiageg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 115 | 3 min. 38 sek. | 3 min. 50 sek. | 3 min. 44 sek. |
| 116 | 4 „ 2 „ | 4 „ 14 „ | 4 „ 8 „ |
| 117 | 4 „ 0 „ | 4 „ 10 „ | 4 „ 5 „ |
| 118 | 3 „ 20 „ | 3 „ 44 „ | 3 „ 32 „ |
| 119 | 3 „ 27 „ | 3 „ 41 „ | 3 „ 34 „ |
| 120 | 3 „ 22 „ | 4 „ 0 „ | 3 „ 41 „ |
| Keskm. | 3 min. 38 sek. | 3 min. 56 sek. | 3 min. 47 sek. |

Liitiumatsetaat.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 121 | 3 min. 34 sek. | 3 min. 50 sek. | 3 min. 42 sek. |
| 122 | 4 " 0 " | 4 " 6 " | 4 " 3 " |
| 123 | 4 " 18 " | 4 " 36 " | 4 " 27 " |
| 124 | 3 " 48 " | 4 " 0 " | 3 " 54 " |
| 125 | 3 " 38 " | 3 " 54 " | 3 " 46 " |
| 126 | 4 " 2 " | 4 " 14 " | 4 " 8 " |
| Keskm. | 3 min. 53 sek. | 4 min. 7 sek. | 4 min. 0 sek. |

Kaaliumatsetaat.

Deplasmolüüsiaeg.

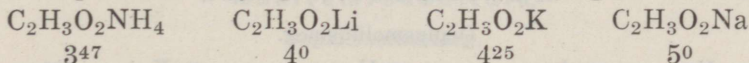
| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 127 | 4 min. 40 sek. | 5 min. 8 sek. | 4 min. 54 sek. |
| 128 | 4 " 34 " | 4 " 50 " | 4 " 42 " |
| 129 | 4 " 2 " | 4 " 10 " | 4 " 6 " |
| 130 | 4 " 24 " | 4 " 42 " | 4 " 33 " |
| 131 | 4 " 0 " | 4 " 8 " | 4 " 4 " |
| 132 | 4 " 8 " | 4 " 20 " | 4 " 14 " |
| Keskm. | 4 min. 18 sek. | 4 min. 33 sek. | 4 min. 25 sek. |

Naatriumatsetaat.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 133 | 4 min 28 sek. | 4 min. 42 sek. | 4 min. 35 sek. |
| 134 | 5 " 2 " | 5 " 20 " | 5 " 11 " |
| 135 | 4 " 35 " | 4 " 53 " | 4 " 44 " |
| 136 | 5 " 5 " | 5 " 19 " | 5 " 12 " |
| 137 | 5 " 20 " | 5 " 40 " | 5 " 30 " |
| 138 | 4 " 36 " | 5 " 0 " | 4 " 48 " |
| Keskm. | 4 min. 51 sek. | 5 min. 9 sek. | 5 min. 0 sek. |

Kokku võttes andmeid äädikhappe-soolade toime üle näeme, et nad deplasmolüüsi järgmiselt mõjustavad (aeg minutites):



Äädikhappe-sooladel on tugev toime deplasmolüüsisse, ta toimub nende lahustes väga kiiresti. Eriti kiirendavad neist deplasmolüüsi äädikhapu ammoonium, liitium ja kaalium, kuna naatriumi toime on pisut vähem. Huvitav on tähendada, et liitium ühenduses teiste hapetega kiirendab deplasmolüüsi võrdlemisi märksa vähem ja seisab igal pool viimasel kohal. Ka plas-

molüüsi saabumisel on atsetaadid erikohal. Neis soolades, mille lahustes toimub deplasmolüüs kiiremini, saabub reeglipäraselt ka plasmolüüs varemini. Olgu siin ette tähendatud, et näit. rodaniidide lahustes soordub deplasmolüüs umbes 3—4 minutiga ja plasmolüüsi tasakaal saabub umbes 4—5 min. vältel. Atsetaatidel on plasmolüüs võrdlemisi aeglasem kui deplasmolüüs. Selle nähtuse arvatavatest põhjustest lähemalt allpool.

Tsitraadid.

Plasmolüüsikuju ebaühtlane, kohati nõgus, sageli ka krampplasmolüüs. Plasmolüüsiaeg — 10 min.

Kaaliumtsitraat.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 139 | 7 min. 50 sek. | 7 min. 54 sek. | 7 min. 52 sek. |
| 140 | 8 „ 10 „ | 8 „ 32 „ | 8 „ 21 „ |
| 141 | 8 „ 50 „ | 9 „ 18 „ | 9 „ 4 „ |
| 142 | 7 „ 22 „ | 7 „ 50 „ | 7 „ 36 „ |
| 143 | 8 „ 10 „ | 9 „ 14 „ | 8 „ 42 „ |
| 144 | 8 „ 41 „ | 10 „ 55 „ | 9 „ 48 „ |
| Keskm. | 8 min. 10 sek. | 8 min. 57 sek. | 8 min. 33 sek. |

Naatriumtsitraat.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 145 | 7 min. 26 sek. | 8 min. 10 sek. | 7 min. 48 sek. |
| 146 | 8 „ 30 „ | 9 „ 58 „ | 9 „ 14 „ |
| 147 | 10 „ 15 „ | 10 „ 57 „ | 10 „ 36 „ |
| 148 | 8 „ 40 „ | 9 „ 26 „ | 9 „ 8 „ |
| 149 | 8 „ 35 „ | 9 „ 15 „ | 8 „ 50 „ |
| 150 | 9 „ 4 „ | 9 „ 44 „ | 9 „ 24 „ |
| Keskm. | 8 min. 45 sek. | 9 min. 35 sek. | 9 min. 10 sek. |

Ammooniumditsitraat.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|-----------------|-----------------|
| 151 | 10 min. 0 sek. | 10 min. 40 sek. | 10 min. 20 sek. |
| 152 | 8 „ 10 „ | 9 „ 14 „ | 8 „ 42 „ |
| 153 | 9 „ 30 „ | 10 „ 20 „ | 9 „ 55 „ |
| 154 | 7 „ 6 „ | 8 „ 30 „ | 7 „ 48 „ |
| 155 | 10 „ 14 „ | 10 „ 58 „ | 10 „ 36 „ |
| 156 | 9 „ 25 „ | 10 „ 21 „ | 9 „ 53 „ |
| Keskm. | 9 min. 4 sek. | 10 min. 0 sek. | 9 min. 32 sek. |

Liitiumtsitraat.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | | II. | | K. | |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 157 | 11 min. | 0 sek. | 12 min. | 0 sek. | 11 min. | 30 sek. |
| 158 | 12 „ | 12 „ | 13 „ | 20 „ | 12 „ | 46 „ |
| 159 | 12 „ | 5 „ | 12 „ | 45 „ | 12 „ | 25 „ |
| 160 | 11 „ | 20 „ | 12 „ | 0 „ | 11 „ | 40 „ |
| 161 | 13 „ | 0 „ | 13 „ | 31 „ | 13 „ | 15 „ |
| 162 | 11 „ | 52 „ | 12 „ | 32 „ | 12 „ | 12 „ |
| Keskm. | 11 min. | 55 sek. | 12 min. | 41 sek. | 12 min. | 18 sek. |

Sidrunihappe-soolad mõjustavad eespoolesitatud andmeil deplasmolüüsi järgmiselt (aeg minutites):

| K-tsitraat | Na-tsitraat | NH ₄ -ditsitraat | Li-tsitraat |
|-----------------|-----------------|-----------------------------|------------------|
| 8 ³³ | 9 ¹⁰ | 9 ³² | 12 ¹⁸ |

Oma toimelt seisavad tsitraadid sulfaatidele väga lähedal ja kuuluvad soolade hulka, mille lahustes deplasmolüüs kõige aeglasemalt soordub. Sidrunihapu kaaliumi ja naatriumi toimevahe pole nii suur, et nende erinevusest rääkida, kuna liitium jääb viimasele kohale, vee tulemist raku kõige enam pidurdades. Ta sarnaneb selle poolest täitsa oma väävelhapu soolaga ja teistes katsetingimustes võiks ta isegi veefiltratsiooni viimasega võrreldes pisut enam takistada, kuna kaalium ja naatrium üldiselt vee tulemist raku veidi enam soodustavad kui vastavad sulfaadid. Ammooniumiditsitraati ei saa teiste sidrunihappe-sooladega otsest võrrelda ta keemilise erinevuse tõttu, ehk ta oma toimelt küll teiste tsittraatidega sammu peab. Oma käigult ja kujult sarnaneb plasmolüüs tsittraatides sulfaatide omaga.

Rodaniidid.

Plasmolüüsikuju nõgus. Plasmolüüsiaeg — 5 min.

Kaaliumrodaniidid.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | | II. | | K. | |
|--------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| 163 | 2 min. | 36 sek. | 2 min. | 56 sek. | 2 min. | 46 sek. |
| 164 | 2 „ | 9 „ | 2 „ | 15 „ | 2 „ | 12 „ |
| 165 | 3 „ | 8 „ | 3 „ | 20 „ | 3 „ | 14 „ |
| 166 | 3 „ | 21 „ | 3 „ | 45 „ | 3 „ | 33 „ |
| 167 | 1 „ | 50 „ | 2 „ | 16 „ | 2 „ | 3 „ |
| 168 | 2 „ | 55 „ | 3 „ | 9 „ | 3 „ | 2 „ |
| Keskm. | 2 min. | 40 sek. | 2 min. | 57 sek. | 2 min. | 48 sek. |

Ammooniumrodaniid.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 169 | 3 min. 10 sek. | 3 min. 18 sek. | 3 min. 14 sek. |
| 170 | 2 „ 0 „ | 2 „ 8 „ | 2 „ 4 „ |
| 171 | 3 „ 1 „ | 3 „ 9 „ | 3 „ 4 „ |
| 172 | 2 „ 40 „ | 3 „ 0 „ | 2 „ 50 „ |
| 173 | 3 „ 12 „ | 3 „ 20 „ | 3 „ 16 „ |
| 174 | 2 „ 7 „ | 2 „ 13 „ | 2 „ 10 „ |
| Keskm. | 2 min. 42 sek. | 2 min. 51 sek. | 2 min. 47 sek. |

Naatriumrodaniid.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 175 | 3 min. 15 sek. | 3 min. 29 sek. | 3 min. 22 sek. |
| 176 | 4 „ 0 „ | 4 „ 4 „ | 4 „ 2 „ |
| 177 | 2 „ 28 „ | 2 „ 40 „ | 2 „ 34 „ |
| 178 | 3 „ 20 „ | 3 „ 36 „ | 3 „ 28 „ |
| 170 | 3 „ 34 „ | 4 „ 0 „ | 3 „ 47 „ |
| 180 | 3 „ 30 „ | 3 „ 40 „ | 3 „ 35 „ |
| Keskm. | 3 min. 21 sek. | 3 min. 35 sek. | 3 min. 28 sek. |

Rodaniidide lahustes toimub deplasmolüüs järgmiselt (aeg minutites):

KCNS

248

NH₄CNS

247

NaCNS

328

Rodaniidid soodustavad uuritud sooladest deplasmolüüsi kõige enam. Kaaliumi ja ammooniumi toime on väga ühesugune, naatriumi toimele läheb veefiltratsioon veidi aeglasemalt, kuid võrdlemisi siiski väga kiirelt. Plasmolüüsi tasakaal saabub rodaniidide lahustes võrdlemisi lühikese aja jooksul. Plasma vabaneb rakukestast kergesti, plasmolüüsikuju on alguses nõgus, kuid muutub varsti kohati kumeraks, — nähtus, mis esineb vaid rodaniidide lahustes.

Tartraadid.

Plasmolüüsikuju ebahütlane, enamalt jaolt nõgus, kohati krampplasmolüüs. Plasmolüüsiaeg — 10 min.

Naatriumtartraat.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 181 | 6 min. 41 sek. | 6 min. 55 sek. | 6 min. 48 sek. |
| 182 | 5 „ 46 „ | 5 „ 48 „ | 5 „ 47 „ |
| 183 | 7 „ 4 „ | 7 „ 10 „ | 7 „ 7 „ |
| 184 | 6 „ 25 „ | 6 „ 45 „ | 6 „ 35 „ |
| 185 | 5 „ 42 „ | 6 „ 14 „ | 5 „ 58 „ |
| 186 | 6 „ 35 „ | 6 „ 51 „ | 6 „ 43 „ |
| Keskm. | 6 min. 22 sek. | 6 min. 37 sek. | 6 min. 30 sek. |

Kaaliuhtartraat.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 187 | 7 min. 5 sek. | 7 min. 19 sek. | 7 min. 12 sek. |
| 188 | 7 „ 29 „ | 7 „ 39 „ | 7 „ 34 „ |
| 189 | 7 „ 36 „ | 7 „ 56 „ | 7 „ 46 „ |
| 190 | 7 „ 27 „ | 5 „ 55 „ | 5 „ 41 „ |
| 191 | 8 „ 24 „ | 8 „ 40 „ | 8 „ 32 „ |
| 192 | 7 „ 37 „ | 8 „ 17 „ | 7 „ 57 „ |
| Keskm. | 7 min. 16 sek. | 7 min. 38 sek. | 7 min. 27 sek. |

Viinahappe-soolade toime deplasmolüüsile on kokkuvõttes järgmine (aeg minutites):

Na-tartraat

K-tartraat

6³⁰7²⁷

Esitatud tartraadid seisavad oma toimelt deplasmolüüsile kau-
nis lähedal kloriidide omale, kuid on väga võimalik, et nad teistes
kontsentratsioonides siiski deplasmolüüsi pisut rohkem takistavad
kui kloriidid. Seda näitab vahetevahel krampplasmolüüsi esine-
mine, mida kloriididel harvemini, sulfaatidel ja tsitraatidel sage-
damini ette tuleb. Naatrium kiirendab veefiltratsiooni rohkem
kui kaalium, — asjaolu, mis teiste naatriumisooladega võrreldes
siin esmakordselt esineb, kuna kaalium oma toimelt harilikult
naatriumi ees seisab. Väga võimalik, et seda põhjustab hüdro-
lüüs, mis suuremal määral esineb orgaaniliste anioonidega soo-
ladel.

Sahharoos.

Plasmolüüsikuju — konkaav-kramp. Plasmolüüsiaeg — 20 min.

Deplasmolüüsiaeg.

| Nr. | I. | II. | K. |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 193 | 7 min. 18 sek. | 8 min. 25 sek. | 7 min. 40 sek. |
| 184 | 6 „ 25 „ | 7 „ 11 „ | 6 „ 48 „ |
| 195 | 7 „ 30 „ | 8 „ 34 „ | 8 „ 2 „ |
| 196 | 7 „ 0 „ | 7 „ 32 „ | 7 „ 16 „ |
| 197 | 8 „ 5 „ | 8 „ 43 „ | 8 „ 24 „ |
| 198 | 8 „ 21 „ | 8 „ 41 „ | 8 „ 31 „ |
| Keskm. | 7 min. 26 sek. | 8 min. 7 sek. | 7 min. 47 sek. |

Roosuhkur ajaga 7⁴⁷ seisab ühelt poolt tartraatide (6³⁰—7²⁷)
ja teiselt poolt tsitraatide (8³⁸—12¹⁸) vahel.

Katsete tulemustest.

Deplasmolüüsi sõltumine katioonidest.

Analüüsides leelissoolade toimet katioonide toime seisukohast näeme, et erinevused deplasmolüüsikiirusel pole kuigi suured. Sellest küljest esineb analoogia permeaablusega sooladele ja rea teiste füsioloogiliste resp. kolloidkeemiliste protsessidega, kus katiooni toime väljendub vähem selgesti (K a h o 1921 j. t., S p e k 1921, H ö b e r 1926). Uuritud sooladest leiame valdaval enamusel rea: Rb, Cs, K, Na, Li, mille järgi veefiltratsioonikiirus alaneb. Rubiidiumi- ja tseesiumisooladega katsetati vähem, kuid neist ja teistest autoril olevaist andmeist selgub, et Rb ja Cs koht leelikatioonide esirinnas on täiesti õigustatud; kummagi toimevahe on väike. Atsetaatidel ja tartraatidel on mõne katiooni suhteline aktiivsus veidi erinev; mainitud soolad on enam-vähem hüdrolüüsitud ja sellega on erinevus nähtavasti põhjustatud. Sama asjaolu on mõõduandev ka NH_4 -iooni suhtes; teatava reservatsiooniga võiks teda K ja Na vahele paigutada. Mis puutub ülesseatud katioonidereasse, siis tuleb arvestada asjaolu, et nende toimevahed on võrdlemisi väikesed ja enamalt jaolt katsevea piirides. Võiks reeglina võtta asjaolu, et sooladel, mille lahustes toimub deplasmolüüs aeglasemalt, väljenduvad ka katioonide toimevahed selgemini, näit. tsitraatidel ja sulfaatidel paremini kui kloriididel ja nitraatidel. Edasi on tõenäoline, et kui katsetingimusi muuta (nõrgemas kontsentratsioonis j. t.), siis võivad mõned teisendused eespool ülesseatud tüüpilises katioonidereas esineda. D e H a a n (l. c.) leidis nitraatide toimele järjekorra, mis on täpsalt vastupidine meie omale. Deplasmolüüs toimub ta katsetes (aeg minutites):

Li : Na : K

91 96 92^s

Erinevus on seletatav erilise katsetetodikaga. Ta plasmolüüsis rakke soola ja roosuhkru segus: sooladest valmistati lahused, isotoonsed 0,2 mol suhkrulahusele (= umbes 1,2 mol KNO_3); neile lisati suhkrut niipalju juurde, et segud said isotoonseiks 0,646 mol sahharoosi lahusele. Katioonide toimevahed on siin samuti katsevea piirides; katseviga võiks olla 1 minuti ümber. Võib arvata, et soolakontsentratsiooni vähenedes eriti katioonide toime piiritlemine selle meetodiga raskemaks läheb. Seepärast püüti käesolevas töös kõrgemaid kontsentratsioone uurida; selle

tõttu väljendub seadusepärasmus selgemini. Huvitava tulemusena tuleks ära märkida asjaolu, et iga leelissool katiooni toime seiskohast mõjustab vee liikumist vastavalt sellele, kuidas ta ise plasmasse tungib, kiiresti permeerivad soolad kiirendavad ka vee filtratsiooni rakku, aeglaselt tungivad — takistavad resp. kiirendavad vähem vee liikumist. Nii tungivad kloriidid isomolekulaarsetest lahustest *Lupinus luteus*'e juurerakkudesse esimesel vaatlusetunnil proportsionaalselt arvudele ¹⁾ (K a h o 1921, 1923):

$$K : Na : Li = 82 : 51 : 36.$$

Käesolevates katsetes filtreerub sama hulk vett läbi plasma kiirusega ¹⁾:

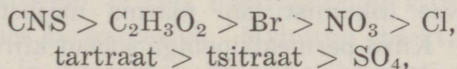
$$K : Na : Li = 112 : 107 : 90.$$

Kõrvutiseadmine näitab kahtlemata parallelismi soolade permeatsiooni ja toime vahel vee liikumisele. S. C. B r o o k s (1932) leidis hiljuti, et soolad korjuvad merevetika *Valonia macrophysa* rakku ühe päeva jooksul vastavalt arvudele: RbCl : KCl : NaCl = = 120 : 20 : 1. Veefiltratsioonikatsetel viibisid rakud vaid mõned minutid lahustes ja sellepärast ei saa mainitud soolad nii suurt mõju avaldada. M i c h a e l i s'e (1925) järgi on leeliskatioonide diffusioonikiirus läbi kolloomiumikile: Cs > K > Na > Li; see on täielikus kooskõlas meie poolt saadud andmetega vee filtratsioonis.

Kokku võttes esitatud andmeid näeme olevat küllaldaselt tõestatud väite, et leeliskatioonid mõjustavad vee liikumist oma plasmasse tungimiskiiruse kohaselt; nende toimerida Rb, Cs > K > Na > Li esineb ühtlasi ka permeatsioonireana.

D e p l a s m o l ü ü s i s õ l t u m i n e a n i o o n i d e s t.

Vee liikumist deplasmolüüsil mõjustavad leelissooladel anioonid hoopis rohkem kui katioonid. Deplasmolüüsile on mõõduandev anioonide rida:



kus deplasmolüüsi kiirus langeb pikkamisi rodaniididelt sulfaatidele. See rida on identne samade soolade permeatsiooni reale (K a h o, l. c.):

CNS > Br > NO₃ > Cl > tartraat > SO₄, tsitraat
ja näitab katioonide korral käsitletud analoogiat soolade tungi-

¹⁾ Esitatud arvud näitavad vaid soolade permeatsiooni resp. veefiltratsioonikiiruste vahekordi mõlemal protsessil eraldi ja nad pole võrreldavad.

miskiiruse ja vee liikumise mõjustamise vahel. Soolade permeatsioonikiiruste vahekorda sõltumuses anioonitoimest selgitavad arvud (K a h o, l. c.):

Na-soolade permeatsiooni suhtelised kiirused ühe tunni jooksul.

| Br | NO ₃ | Cl | tartraat | SO ₄ |
|----|-----------------|----|----------|-----------------|
| 59 | 35 | 26 | 16 | 11 |

Kaaliumisoolade toimel on veefiltreerimiskiirus proportsionaalne arvudele (vt. märkus lk. 27):

| Br | NO ₃ | Cl | tartraat | SO ₄ |
|----|-----------------|----|----------|-----------------|
| 49 | 44 | 44 | 36 | 26 |

D e H a a n (l. c.) leidis sahharoosi ja kaaliumisoolade segudes järgmise deplasmolüüsikiiruse (aeg minutites):

| CNS | NO ₃ | SO ₄ |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| 6 ₂₄ | 9 ₂₈ | 10 ₀ |

Käesoleva töö katsetingimustes on deplasmolüüsiajad järgmised:

| | CNS | C ₂ H ₃ O ₂ | Br | NO ₃ | Cl | tartr. | tsitr. | SO ₄ |
|-----|-----------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Na: | 3 ²⁸ | 5 ⁰ | 6 ²⁵ | 6 ²⁴ | 7 ¹⁴ | 6 ³⁰ | 9 ¹⁰ | 10 ²⁸ |
| K: | 2 ⁴⁸ | 4 ²⁵ | 5 ¹³ | 6 ¹² | 6 ² | 7 ²⁷ | 8 ³³ | 9 ⁵³ |

Need andmed kooskõlastuvad D e H a a n'i omadega võrdlemisi hästi; võiks vaid tähendada, et tal on nitraadi ja sulfaadi toimevahe katsevea piirides ja suurema hulga soolade korral tuleb liitroopne sõltuvus ebaselgemalt esile. Nähtavasti takistab liiga suur sahharoosi hulk lahustes selle seadusepärasuse avaldumist. D e H a a n ei tee oma katseist järeldusi soolade permeatsiooni ja veefiltratsiooni mõjustamise analoogia kohta, katioonide vastupidise toime tõttu (vrd. lk. 26).

Kokku võttes leelissoolade toimet deplasmolüüsile, peab ütleva, et soolad vee liikumist läbi plasma mõjustavad vastavalt permeaablusele. Kiire permeatsiooniga soolad kiirendavad, aeglaselt plasmasse tungivad — peatavad seda. See vastavus peegeldus soolade toimes nii anioonide kui katioonide seisukohalt. Esitatud reegel on maksev leelis- ja leelismullasoolade suhtes eraldi ja selle põhjal pole võimalik võrrelda mõlema rühma soolade toimet teineteisega. Et kiiresti permeerivad soolad teiste soolade tungimist soodustavad, seda näitavad ka meie varemalt tehtud uurimused (K a h o 1923). Kui näit. kaaliumkloriidile $\frac{1}{10}$ osa kiiremini tungivat KBr juurde lisada, siis võib KCl permeatsioonikiirus teatavates katsetingimustes kuni 50% võrra suurened. Edasi

leidis meie laboratooriumis Port (1925), et H-ioonide tungimist edendavad kergesti permeerivad ammooniumi- j. t. soolad. Butkevitsch (1929) näitas, et ühtede ionide diffusioonikiirus läbi kolloodiumikiledé ka teiste ionide liikumisele mõju avaldab. Mida liikumisvõimelisem on katioon, seda kiiremini diffundeerib ka anioon ja ümberpöördukt. H-ioonide kontsentratsiooni tõusmine lahuses edendab anioonide diffusiooni.

Kui võrrelda deplasmolüüsi isotoonsetes saharoosilahustes, siis selgub, et suurem hulk uuritud elektrolüüte kiirendab deplasmolüüsi, nii keskmiselt võttes —

| | | | |
|------------|---------------------------|------|-------|
| rodaniidid | kiirendavad deplasmolüüsi | 158% | võrra |
| atsetaadid | „ „ | 73% | „ |
| bromiidid | „ „ | 35% | „ |
| nitraadid | „ „ | 25% | „ |
| kloriidid | „ „ | 20% | „ |
| tartraadid | „ „ | 11% | „ |
| tsitraadid | peatavad | 27% | „ |
| sulfaadid | „ „ | 21% | „ |

Madalamates kontsentratsioonides muutuvad esitatud vahekorrad nähtavasti anioonide toimevahede tasandumise suunas ja eriti väheneb tsitraatide ja sulfaatide peatav toime deplasmolüüsisse. De Haan (l. c.) leidis, et kõik tema poolt uuritud soolad kiirendavad deplasmolüüsi, võrreldes suhkruga. Nagu eespool mainitud, on ta katsetes nitraadi ja sulfaadi toimevahe väga väike, millest võib järeldada, et nõrgemates lahustes eriti lüotroop-rea viimaste liikmete toime kiiremalt väheneb kui esimestel. Edasi on põhjust arvata, et toimevahed sooladel sõltuvad plasmakihi paksusest. Meie katsed ¹⁾ *Tradescantia virginica* tolmuksaniitide karvakestega näitavad, et kõik neutraalsoolad kiirendavad deplasmolüüsi, võrreldes saharoosiga. Mainitud objektil on plasmakiht võrdlemisi paks ja lühiaegseis katseis nähtavasti ei tule küllaldaselt maksvusele nende soolade toime, mis aeglaselt plasmasse diffundeerivad (tartraadid, tsitraadid ja sulfaadid).

Soolade toime põhjustest.

Rööbiti seades soolade toimet deplasmolüüsile nende permeatsioonivõimega, oleks loomulik otsida selle toime põhjusi kolloid-

¹⁾ Praegu veel avaldamata.

keemilisis plasmamuutuis, mis tingivad erinevat permeaablust sooladele.

Aastat kaksteistkümmend tagasi seati üles permeaablusteooria (K a h o, 1921, 1923), mille järgi neutraalsoolade tungimine plasmasse on tingitud nende kolloidaktiivsusest, võimest lütroopselt muuta plasmakolloidide hüdratsiooniastet, millest sõltub soolade permeatsiooni kiirus, nimelt hüdratsiooni tõustes suureneb rööbiti ka nende diffusiooni kiirus. Soolade toime on aditiivse iseloomuga ja resulteerub ta ionide vastupidiseist toimest. Katioonid toimivad plasmakolloididesse dehüdratiseerivalt resp. koaguleerivalt ja vähendavad permeaablust vastavalt reale: $Ca > Ba > Mg > Li > Na > K$; anioonid toimivad hüdratiseerivalt resp. peptiseerivalt ja suurendavad läbilaskvust: $CNS > Br > NO_3 > Cl > tartraat > SO_4$. Tegelik soolaefekt on summa, mille liidetavatena esinevad anioonid positiivse ja katioonid negatiivse märgiga.

Seda puht füüsiko-keemilise iseloomuga teooriat¹⁾ on siiani võetud tööhüpoteesina, ja niikaua kui kolloidide hüdratsiooni protsessid ja soolade lütroopne toime pole lõplikult ära seletatud füüsiko-keemilisest seisukohast, ei saa otsustada, missuguses suunas teda tuleks täiendada. Ta seati üles katsete alusel, mis sooritati hüpertooniliste lahustega. Viimased ei esine kunagi looduslikes tingimuses, kuid teevad tulemused hoopis lihtsamaks ja ülevaatlikumaks. Edasi olid katsed lühiaegsed, et vältida komplikatsioone, mille esinemine oleks võimalik pikema katseaja puhul. Sel viisil saadud tulemused olid lähtekohaks pärastisele süvenemisele sellesse väga keerulisse probleemi, ja peab ütleva, et nad on teatava määrani seda ülesannet ka täitnud (vrđl. Hansteen-Cranner (1922), Lepeschkin (1924), Ruhland ja Hoffmann (1925), Gurewitsch (1929), Wieringa (1930), Brauner (1932), Lundegårdh (1932)).

Kauaaegseis katseis füsioloogiliselt normaalsete kontsentratsioonidega on tingimused niivõrt keerulised, et vaatamata arvurikastele juba ammu tehtud katsetele, kas kultuuride näol või teisiti, pole osutunud võimalikuks leida füüsiko-keemilisi seadusepärastisi soolade toimes plasmasse ega avastada lähtekehti, mis oleksid võinud olla kindlamaks aluseks igakülgele uurimisele. Andmed, mis säärastel juhtudel esinevad, kujunevad väga kirjuks pildiks, nad on ettenägemata tegurite mõjul sageli üksteisele vasturääkivad ja teevad õige tee leidmise sellest labürindist hoopis raskeks.

Järgmine samm probleemisse süvenemisel oleks küsimuste lahendamine: 1) kuidas muutub soolade permeatsioon kontsentratsiooni langedes füsioloogilisele nivoole; 2) kas jäävad erisuguste

¹⁾ Tol ajal, kui ta üles seati, domineeris vaade, et plasmal on n. n. selektiivne võime, s. t. ta võib aktiivselt valida põhjalahustest soolaid, mis füsioloogiliselt vajalikuks osutuvad.

soolade permeatsioonisuhted samaseks või muutuvad; viimasel juhul — missuguses suunas; 3) permeaabluse selgitamine ultrafiiltri-teooria seisukohast, mille raamidesse soolade permeatsioon ei näi mahtuvat.

Mõningaid vaatlusi esimese punkti suhtes leiame Ruhland ja Hoffmann'i (l. c.) uurimisis. Autorid leidsid, et *Beggiatoa mirabilis* rakkudesse diffundeerub nõrgemaist lahuseist suhteliselt rohkem soola kui tugevamaist. Nii 0,5 mol $MgCl_2$ -lahusest diffundeerub 18³⁰ min. jooksul rakku keskmiselt minutis — 0,027 moli soola; 0,09 mol lahusest 2⁴⁰ min. jooksul keskm. minutis — 0,0342 moli; 0,06 mol lahusest 1¹⁰ min. jooksul ühes minutis — 0,0533 moli. Sellest järeldavad autorid, et soolalahuse difusioon läbi plasma ei vasta Fick'i seadusele. Tuleb siin nentida, et Fitting (1915) ja Tröndle (1918) leidsid seda teistel asjaoludel. Plasmolüütilis katseis, eriti pikema aja vältel, jääb soola tulemine rakku järk-järgult aeglasemaks, nii et järgnevais ajühikuis diffundeeruv soolahulk pikkamööda väheneb. Fitting'i katseis *Rhoeo* rakkudega diffundeerus rakku esimese tunni jooksul kuni 0,01 mol soola. Järgnevatel tundidel vähenes soolahulk ja langes 12—20 tunni järel nullini. Permeaabluse lange mine läheb seda kiiremini, mida suurem oli ta soolale alguses. Fitting kindlat seisukohta selle nähtuse suhtes ei võta. Ta avaldab ühes mõningate teiste võimalikkude põhjustega ka arvamist, et see võiks sõltuda soola toimest plasmasse.

Tröndle (l. c.) oma eksperimentides *Lupinus albus*'ega leidis, et ta juurerakkudesse tungib 5 min. jooksul 0,101 moli KCl, 15 min. jooksul — 0,073 moli ja 30 min. vältel — 0,034 moli minutis. Selle nähtuse põhjust arvab ta nägevat plasma ärritatuses. Sool ärritab alguses plasmataugevasti, kuid varsti saabub teatav väsimus, mis mõjub soolatranspordile selle vähenemise mõttes. See väsimus kasvab Weber'i seaduse järgi. Nagu näha, on Tröndle seletus puhtfüsioloogilist laadi.

Esitatud andmed ei luba teha kindlamaid järeldusi taimesse vastuvõetud soolade hulga sõltuvuse üle kontsentratsioonist. Nad näitavad kauema viibimise kahjulikkust plasmale kõrge koondusega lahuses; plasma kolloidne struktuur muutub nähtavasti tihedamaks, — asjaolu, mis kooskõlastub kogemustega kolloidsete kilede permeaabluse uurimisel. Seepärast on arusaadav, et soola tungimine ei või kauavältavais katseis alistuda Fick'i seadusele. Võib arvata Ruhland'i katsete põhjal, et nõrgematest lahustest

algul suhteliselt suurem hulk soola rakku tuleb, arvesse võttes aga erisuguseid vaatluseaegu katsetel, näit. 0,5 moli puhul umbes 18 min., 0,09 moli juures 2⁴⁰ min., pole võimalik ühe minuti keskmistest otseselt sellist järeldust teha. Madalamais koondusis võib analoogselt kõrgemaile difusioonikiirus katse vältates langeda.

Käsitluses oleva küsimusega on teatava määrani seoses G u r e w i t s c h'i (l. c.) ja B r a u n e r'i (l. c.) vaatlused elektroliütide difusiooni üle eluta taimekestade läbi (nisutera ja Aesculus'e seemnekest). Mainitud uurijate vaatluste järgi näitab difusioon ka siin kõrvalekaldumisi F i c k'i seadusest. Kõrgemais koondusis saabus „küllastuskünnis“ (Sättigungsstrom), mille ületamise järel lahuse koonduse suurenemine difusioonikiirusele enam ei mõjunud. G u r e w i t s c h'i arvamise järgi saabub kitsa-poorsetel kiledel kontsentratsiooni tõustes olukord, kus vabade pooride valendus täitub diffundeeruva aine jaokestega ja selle tagajärjel järgnevais ajaühikuis difusioonivoolu suurus konstantseks jääb ka suurema kontsentratsiooni puhul. Oletades elektroliütide lüotroopset mõju membraani pundumisele, tuleb G. järgi arvestada ka pooride permeaablust, nende valenduse suuruse muutumise mõttes diffundeeruva aine mõjustusel. Taimerakule G. ja B. tulemusi üksikasjus üle viia pole võimalik, kuid teatavates punktides on analoogia vastuvaidlemata olemas.

Vaatame edasi, kuidas muutuvad kvantitatiivselt soolade permeaabluse vahekorrad nõrgemates kontsentratsioonides. Et see küsimus on seoses eelmisega, siis esineb korduvalt võimalus esimesele tagasi tulla. Võtame esialgseks orienteerumiseks agaar-hüdrogeeli ja vaatleme ta pundumist mitmesuguseis soolakoondusis. S a m e c'i järgi on looduslik agaar geloosivävelhappe naatriumi ja kaltsiumi sool, mis reageerib veidi alkaalselt. Ta sisaldab mainitud soole adsorptiivselt ka kauemini leotatult ¹⁾ ja on selle tagajärjel vähe tundlik nõrgemate soolade lahustele, ka on ta hüdratatsioonivõime väga väike. Sellele vaatamata tuleb agaari eelistada želatiinile, plasmale samasuguse, negatiivse laengu tõttu, ehk küll analoogia viimasega on kaunis kauge. Želatiin on positiivne kolloid ja vahekorrad sooladega osutuvad keerulisemaks. Vastandina želatiinile mõjustavad soolad analoogse meetodikaga

¹⁾ Allesitatud D o k a n'i (l. c.) katsetes oli agaari tuhasisaldus 1,39%.

agaari pundumist peatavalt. Kui võtta pundumist kui niisugust, siis on ta ümmargustes arvudes D o k a n'i (1924) järgi:

Kloriidid.

Agaari pundumise % (H₂O = 100).

| | Li | Na | K | Ca | Ba | Mg |
|---------|----|----|----|----|----|----|
| 1 n. | 47 | 38 | 29 | 44 | 37 | 44 |
| 0,1 „ | 60 | 56 | 49 | 52 | 48 | 50 |
| 0,01 „ | 80 | 77 | 79 | 66 | 61 | 64 |
| 0,001 „ | 95 | 92 | 92 | 84 | 83 | 84 |

Need andmed näitavad, et soolakontsentratsiooni vähenedes pundumine tõuseb. Katioonid annavad kaunis kirju pildi, nende suhteline aktiivsus muutub kontsentratsiooniga, ja pole võimalik üles seada leelis- ja leelismulla-soolade ühist kindlat toimerida. Arvestades pundumist 0,01 n — 0,0001 n piirides näeme, et valentsusereegel tuleb nähtavale: kaheväärised katioonid peatavad pundumist tugevamini ühevääristest¹⁾ Ba > Mg > Ca ja K > Na > Li. Leeliskatioonide aktiivsus on agaari suhtes erinev, võrreldes valkudega. Negatiivse (ioniseeritud) valgu koagulatsioon väheneb rea järgi: Li > Na > K (P a u l i ja H a n d o w s k y 1910).

Kontsentritud lahustes (4 n) pöörduv agaaril leeliskatioonide rida: Li > Na > K (D o k a n 1925); pöördumine toimub samuti $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{40}$ n HCl juurdelisamisel.

Anioonide toime seisukohast mõjustasid kaaliumisoolad agaari pundumist järgmiselt:

| | % | | | | | |
|---------|-----|-----------------|----|----|---------------------|-----------------|
| | CNS | NO ₃ | Br | Cl | CH ₃ COO | SO ₄ |
| 1 n. | 65 | 52 | 40 | 33 | 25 | 23 |
| 0,1 „ | 58 | 57 | 54 | 50 | 53 | 50 |
| 0,01 „ | 68 | 66 | 64 | 63 | 65 | 62 |
| 0,001 „ | 81 | 83 | 80 | 82 | 83 | 85 |

Kui äädikhapu kaaliumi vahelduvat kohta mitte arvestada (hüdrolüüs?), on 1 n — 0,01 n piires pundumisele mõõduandev lüotroop-rida CNS —> SO₄. Nõrgemais lahuseis on read vähem reeglipärased, mis oleneb agaari vähesest tundlikkusest; igatahes pole siin tegemist ümberlaadimis-tendentsiga. D o k a n'il (1925) ei läinud korda, analoogselt katioonidega, kontsentritud lahustes või HCl juurdelisamisega aniooniderea pöördumist esile kutsuda.

Ridade pöördumist katioonidel seletab ta adsorptsiooniga ja dehüdratatsiooniga. Adsorbeeruvad vastupidiselt laetud ionid ja kannavad kolloididele üle oma hüdratatsioonitendentsid. Lahusesse jäänud ionid mõjuvad dehüdratiseerivalt. Nõrgemais lahuseis on ülekaalus adsorptsioon ja katioonide toimerida on ühtlasi ka nende adsorptsioonirida. Tugevamates kontsentratsioonides

¹⁾ Üksikute katioonide toimevahed kummaski rühmas pole kuigi suured ja püsivad arvatavasti katsevea piirides.

on ülekaalul vabade ionide dehüdratatsioonitoime, millest osa võtavad mõlemadioonid, sõltumata kolloidi laengust, ja rida pöörduv selle tagajärjel. Edasi etendab osa veel kolloidilaengu mõjustamine vabadeltioonidelt.

Kokkuvõetult oleneb kolloidoleku muutumine agaaril *Dokan'i* järgi: 1. laengu mõjustamisest; 2. hüdratatsioonist adsorbeeritud ionide mõjul; 3. dehüdratatsioonist vabade ionide toimel („Fernwirkung“).

Käsitlеме nüüd taimedel mõningaid erisuguste soolade transpordi kohta käivaid andmeid nõrkadest lahustest.

Niklowski, Kraus ja Lemańczyk (1928) määrasid kvantitatiivselt kaaliumisoolade korjumist odra juurerakkudesse. Selleks kasvatati taimed umbes ühe kuu jooksul *Pfefferi* toitlahuses ja viidi üle 18 tunniks üksikute soolade lahustesse (0,025 n). Kõigis lahuseis esines permeaabluse olenevus anioonist. Nad soodustasid soola korjumist lütroop-rea järgi: $\text{NO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4 > \text{H}_2\text{PO}_4$. Edasi on mainitud autorite andmeist näha, et *K* tuleb palju suuremal hulgal juurerakkudesse kui *Ca*. *Lundegårdh* (1932) leidis väga laiaulatuseliste katsete põhjal, et nisutaimed üksikute *K*-soolade lahuseist (0,01 n — 0,005 n) 6 päeva jooksul absorbeerisid järgmised kaaliumihulgad:

| | | |
|--------------------------|---------|-----------|
| KNO_3 | lahuses | 2,120 mg. |
| KCl | „ | 1,691 „ |
| KH_2PO_4 | „ | 1,612 „ |
| K_2SO_4 | „ | 1,268 „ |

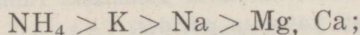
Neis andmeis väljendub selgesti lütroopne sõltuvus anioonist: $\text{NO}_3 > \text{Cl} > \text{H}_2\text{PO}_4 > \text{SO}_4$, millele *L.* ka osutab.

Katioonide korjumise kiirust selgitavad alljärgnevad *Lundegårdh'i* arvud (keskmised 10-st kultuurist mgr-des).

| | KCl | MgCl_2 | NaCl | CaCl_2 |
|---------|------------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|
| 0,01 n | 9,92 | — | 1,622 | 1,828 |
| 0,002 „ | 9,16 | 6,22 | 3,652 | — |
| | $\text{K} > \text{Mg} > \text{Ca}$ | | | |
| | Na | | | |

Kooskõlas ülal-ettetooduga leidsid *Pirschle* ja *Mengdehl* (1931) hernekultuurides kaaliumil kiirema permeatsiooni nitraadist kui sulfaadist ja monofosfaadist; permeatsiooni soodustamise mõttes oli NO_3 toime üldiselt tugevam *Cl*-st.

Wieringa (1930) määras kvantitatiivselt soolade vastuvõttu pärmirakkudesse nõrkadest lahustest 48 t. jooksul. Katioonide vastuvõtu seisukohast tungisid uuritavad soolad pärmiraku:



anioonide toime kohaselt: $\text{NO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$ ja formiaat $>$ atsetaat $>$ tsitraat $>$ tartraat; W. leiab soolade lüotroopse toime selgelt väljendatud olevat.

Tsung-Lê Loo (1931) uuris neutraalsoolade toimet NH_4NO_3 permeatsioonile maisi, nisu ja herne veekultuurides. Selleks lisas ta 0,005 moli NH_4NO_3 lahusele juurde leelis- ja leelismullasoolle (harilikult 0,01 ja 0,001 mol), nii et vaatlusel oli alati kahe soola vastastikune toime. Ära määrati vaid permeeriv NH_4NO_3 hulk. Katioonid peatavad NH_4NO_3 mõlemaiooni vastuvõttu taimedesse rea järgi: $\text{K}, \text{Na}, \text{Li} < \text{Mg} < \text{Ca}, \text{Sr} < \text{Ba}$. Anioonid takistavad NH_4 tungimist:

$\text{Cl} < \text{Br} < \text{SO}_4 < \text{CNS} < \text{J}$, ja NO_3 korjumist:

$\text{SO}_4 < \text{Cl} < \text{Br} < \text{CNS} < \text{J}$.

Edasi korraldati kultuurid järgmises toitlahuses: $\text{MgSO}_4 + \text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{CaCl}_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3$. Sellele lahusele füsioloogilises koonduses lisati juurde ühte sooladest: NaCNS , NaCl , Na_2SO_4 (0,01 n ja 0,001 n) ja määrati ära NH_4NO_3 hulgad taimis 12—120 tunni pärast. Need katsed näitasid, et lühiaegsetes kultuurides (24 t.) soodustas rodaniid NH_4 neelumist rohkem kui kloriid ja sulfaat ($\text{CNS} > \text{Cl}, \text{SO}_4$). Pikema aja jooksul tuleb rodaniidi kahjulik toime juurerakkudesse nähtavale. Viimased ei neela enam tarvilisel määral vett ja taimedel hakkavad lehed närtsima. Kolmepäevastes kultuurides soodustas NH_4 absorptsiooni $\text{NaCl} > \text{Na}_2\text{SO}_4$.

Nende andmetega piirdun ning tähendan, et viimasel ajal on rida töid ilmunud, mille tulemused üldjoonis kooskõlastuvad eelmistega, niipalju kui nad puudutavad permeaabluseprobleemi (vrd. Schmalzfuss 1932, Hoagland 1923, Reed ja Haas 1923, Rippel 1926, Lundgårdh ja Moravek 1924 j. t.).

Kokku võttes kõiki soolade permeatsiooni kohta käivaid andmeid füsioloogilistes koondustes näeme, et nad kaunis heas kooskõlas on sellistega, mis on saavutatud lühiaegseis katseis hüpertooniliste lahustega.

Kultuurides pikema aja vältel, kus soolad esinevad taimile toitesooladena, ei saa iga kord arvestada ühendeid, mida taim otseselt ei vaja. Sellest seisukohast ei ole katsed õigesti korraldatud, kui toitesooladele lisaks pannakse leelissoolade rodaniide, bromiide, jodiide, samuti ka mõningaid teisi, looduslikes tingimuis haruldasemalt esinevaid ühendeid. Kõik mainitud soolad sobivad lühiaegseiks laboratooriumikatseiks mõne tunni vältel ja nende abil on tähtsad kolloidkeemilised vahekorrad avastatud. Neil sooladel

pole toiteväärtust, nad toimivad vaid plasmasse kui kolloidisse, korjudes peamiselt rakkudesse, mis on nendega vahenditult kontaktis ja ei levi taimes analoogselt toitesooladele. Kultuurilahustes pole kõne all olevad soolad toitesooladega võrdsetes tingimustes. Toitesooladel on taime suhtes kaks ülesannet: 1. anda tarvilist materjali rakkude ja kudede ehituseks; 2. luua oma toimega plasmasse kui kolloidisse ainevahetuseks soodsaid tingimusi. Lühiaegseis katseis ei tule esimene ülesanne arvesse, uuritakse vaid teise põhi-jooni, ja sellest seisukohast on kõik soolad võrdse tähtsusega. On arusaadav, kui rodaniidid, jodiidid ja bromiidid, mis juba lühikese aja vältel tugevasti edendavad hüdrogeelide hüdratatsiooni, pikema aja jooksul kultuurides vaid kahjulikult toimivad, plasmakolloididel n. ü. ülehüdratatsiooni esile kutsudes, mille tagajärjel plasma varsti desorganiseerub. Alguses, kui soolade kolloidkeemilisest toimest plasmasse igasugune ülevaade puudus (Fitting 1915, Tröndle 1918 ei püüagi sellist põhjendada) ja üleskerkis küsimus, kas on soolade toimes elusplasmasse mõnesugust analoogiat eluta kolloididega, oli õigustatud asjaolu, et võeti plasmat kui lihtsat hüdrogeeli ja mõjustati ühenditega, mis omavad viimaste suhtes suurimat efekti. Ka käesolevais katseis, soolade toime uurimisel deplasmolüüsisse ning eo ipso vee filtratsioonisse, on see asjakohane, sest küsimus on veel hoopis vähe selgitatud. Võib küll öelda, et ilma lühiaegsete katseteta hüpertoonilistes lahustes, kus selgesti avanesid puht füüsiko-keemilised seaduspärasused, poleks need vahekorrad toitlahustes nii arusaadavad olnud kui praegu, esiteks sellepärast, et ei teatud, kust neid otsida, ja teiseks, et nad osutuvad seal hoopis keerulisemaks.

Toitsooladest võtab taim normaalseis tingimuis, nagu viimasel ajal mitmelt poolt on näidatud, ka aliumi ja magneesiumi tugevamini kui kaltsiumi — $K > Mg > Ca$, ning anioone: $NO_3 > Cl > H_2PO_4 > SO_4$, — asjaolu, mis väga hästi kooskõlas seisab lühiaegsete laboratooriumikatsetega. Eriti viimast on täpsate ja väga laiaulatuseliste katsetega põhjendanud Lundegårdh (1932). Oma raamatus, kus väga täielikult on kokku võetud kõik, mis sel alal saavutatud, ütleb ta (lk. 118): „kui me eesolevaid katseid (ta oma kultuurkatset; H. K.) ... ja selliseid 2—3 tunni vältusega vaatleme, siis on üllatav, et nad nii paljudes suhteis kooskõlastuvad. Permeaablusekatsetel, sageli kontsentreeritumate lahustega, tulid esiplaanile ionide „kolloidaktiivsed“ toimed ja ionide vastuvõtu kiirus, samutigi nende vastastikune toime sellesse näitab tähelepanuväärivat kooskõla kolloidkeemiast tuntud sadestamis- ning paisumisriidadega... Ka normaalsel ionide vastuvõtul nõrkadest lahustest valitsevad üldiselt samad seaduspärasused, mis vägagi kunstlikel plasmolüüsiitingimuis peamiselt kvalitatiivselt kindlaks tehti... Sellepärast on õigustatud järe-

dus, et loomulik soolade vastuvõtt kaugeleulatuvalt reguleeritakse protoplasma kolloidoleku kaudu...“

Kui silmas pidada soolade kvantitatiivset vastuvõttu toitlahustest, siis ei leia me seal ka väga nõrgas koonduses ionide-ridade pöördumist, mis lubaks oletada plasma ümberlaadimist. Väikesed muudatused ridades võib katsevea arvele panna. Tuleks nentida, et ka D o k a n'il (l. c.) agaarikatsetes korda ei läinud anioonide rea pöördumist saavutada. Nähtavasti on ümberlaadimine seotud nii suurte struktuurimuudatustega, et ta pole mõeldav elusplasma.

Mõningate analoogiate juures soolade toimel eluta hüdrogeelidesse ja plasmasse tuleb osutada ühele erinevusele soolade vastuvõtul, nimelt, et nad läbi plasma rakuvakuoli lähevad. Plasma etendab siin nagu filtri osa sooladele. Viimasel ajal on R u h l a n d ja ta kaastöölised püüdnud põhjendada ultrafiltri-teooriat. Juba T r a u b e (1867), eksperimentides n. n. sadekiledega, avaldas arvamise, et plasma suhtub ühenditesse „molekulisöelana“, läbi lastes vaid teatava suurusega osakesi. Viimasel ajal on eriti C o l l a n d e r (1924 j. t.) ja rida teisi (M i c h a e l i s 1925, A n s e l m i n o 1928, B e c h h o l d 1929) uurinud mitmesuguste ühendite filtratsiooni läbi kolloidkiled. Nende uurimustest võib järeldada, et permeatsioon sõltub peamiselt molekuli suurusest: väiksema mahuga molekulid permeerivad kiiremini kui suuremaga. Teatud suuruse puhul näit. piimahappe molekuli suurusele vastavad osakesed enam läbi kolloodiumikile ei pääse. Umbes sama asjaolu leidsid R u h l a n d ja H o f f m a n n (1925), S c h ö n f e l d e r (1930) *Beggiatoa mirabilis*'el elektrolüütide suhtes. Üldjoontes oli umbes kahekümne uuritud ühendi permeatsioonil nende molekulimahu ja plasma läbitungivuse kiiruse vahel kaunis selge sõltuvus. Eriti hästi väljendus see n. n. indifferentsetel anelektrolüütidel, kuna pindaktiivsed või eetris lahustuvad ühendid võrreldes esimestega suuremat permeatsioonikiirust omasid. Aga ka neil tuli sõltuvus molekulimahust homologsetes ridades esile¹⁾. Soolade suhtes asusid nimetatud uurijad käesoleva kirjutise autori seisukohale (K a h o 1921, 1924).

¹⁾ *Beggiatoa mir.*, millega R u h l a n d ja ta õpilased katsetasid, omab plasma pinnal kaks kilet (arvatavasti pektiinaineist), mis plasmaga on tugevasti ühendatud ja ei eraldu hüpertoonsetes lahustes. Võib arvata, et mainitud kiled ultrafiltri osa etendavad. Seda tõestab asjaolu, et lahuste

Soolade molekulid on elektriliselt neutraalsed, vähe hüdratiseeritud, omavad võrdlemisi väikest mahtu ja peaksid kaunis kiiresti läbi plasma tungima. See asjaolu on põhjust andnud oletusele, et ioonid üldse läbi plasma ei lähe, vaid peamiselt molekulid (vrd. kokkuvõte Kostyschew 1931). Teiselt poolt väidab rida autoreid ühes molekulidega ka ionide permeatsiooni. Kahtlemata räägib palju selle poolt, et soolade molekulid, kui nad lahuses leiduvad, võrdlemisi kergesti raku vastu võetakse, samuti kui väikese molekuliga anelektrolüüdid. Soolad pole pindaktiivsed ega oma lipoidlahustuvust ja seepärast pole põhjust, et nende permeatsioon erineks n. n. indifferentsete anelektrolüütide omast, kui võtta neid vaid molekulidena; neid saavad ioonid looksid oma toimega plasmale vastavad eeldused permeatsioonile. On mõningaid uurimusi, mis näitavad permeeruva soolahulga suurenemist dissotsiatsiooni tagasi minnes (Wieringa 1930, Bouillenne 1930 j. t.). Oma tähelepanekuist võin osutada äädikhappe sooladele, mis on teistest leelissooladest vähem dissotsieeritud, kuid kiiremini raku tungivad, kui see järgneks nende liotroopsest toimest.

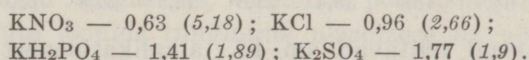
Uuemate uurimuste põhjal näib olevat tõsiasi, saanud väide, et tugevatel elektrolüütidel (tugevad happed ja leelised, suurem hulk neutraalsoole) ka kontsentreeritud lahustes molekulid puuduvad ja dissotsiatsioon täielikult aset võtab (Hückel 1924, Bjerrum 1926, Auerbach 1922, Nernst 1926). Elektrijuhtivuse, keemilise aktiivsuse j. t. vähenemist kontsentratsiooni tõusmisega ei seletata dissotsiatsiooni vähenemisega, s. t. molekulide arvu suurenemisega lahuses, vaid ionide vastastikuste elektrostaatiliste tungidega, mille mõjul ionide vaba liikumine väheneb; kõrgemas koonduses kasvab anioonide ja kationide

diffusioon surmatud *Beggiatoa* plasmasse umbes sama seadusepärasuse järgi aset võtab kui elusa *B.* plasmasse. (Vrd. Ruhland 1925.) Seepärast tuleb mainitud katseobjektile kui erandile vaadata. Harilikude elutegevate rakkude plasma, peale tselluloosse kesta, mis ainevahetust ei reguleeri, ei oma kilesid. Elutegev plasma on vedelas olekus ja see teeb ultrafiltri-teooria rakendamisele raskust. Võiks ainult juttu olla plasma pindkihtide suuremast viskoossusest, ta mitsellide lähemale koondumise tõttu. Sel puhul väheneksid ka intermitsellaar-ruumid. Ultrafiltri-teooria eeldab tiheda konsistentsiga, püsivat kilet (umbes nagu n. n. sadekiled), milline elutegev plasmas puudub.

elektrolüütiline hõõrumine ja ionide ümber oleva elektrivälja muutumisega kasvavad nende veekatted.

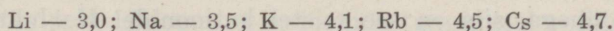
Mis puutub ionide tungimisse rakku, siis tõendab seda asjaolu, et soolade vastupidiselt laetud ioone leitakse rakus mittevõrdsel hulgal (Meurer 1909, Nathanson 1907, Pantanelli 1915, Redfern 1922, Stiles 1924, Niklewski j. t. l. c.). Ühel juhul on rohkem katioone, teisel — anioone; nende hulgaline vahekord varieerub tugevasti, olenedes taimest, toitlahuste koosseisust j. t. tingimustest. Näib tõenäoline olevat, et kation: anioon liiga tugev ja ebareeglipärane teisendumine tuleb teatava määranil panna ka katsevee arvele analüüsil, eriti kui katsetatakse tundmata koosseisuga keskuses kasvanud taimedega, mille ionide hulka on võimata kontrollida enne katseid. Seejärel näitavad mainitud vahekorda paremini need andmed, mis on saadud seemneist kindla koosseisuga lahustes kasvatatud taimest.

Niklewski, Kraus ja Lemańczyk (l. c.) leidsid eespoolkirjeldatud katsetes odrajuurtes (kultuurilahus 0,025 n) ebavõrdselt absorbeerunud ioone vastavalt ekvivalentsuhetele kation: anioon (arvud sulgudes — mg/ekvivalent):



Need arvud näitavad kaaliumnitraadil umbes $1\frac{1}{2}$ korda suuremat vastuvõttu anioonil kui kationil; kloriidil on mõlemate ionide hulgad ligikaudselt võrdsed; fosfaadil ja sulfaadil absorbeeritakse anioone märksa vähem kui katioone. Üldine neelatud soolahulk väheneb $\text{NO}_3 \rightarrow \text{SO}_4$, s. o. lüotroop-rea järgi. Ettetoodud arvud osutavad kahtlemata seadusepärasusele ionide permeatsioonil. Ka Pantanelli (l. c.) andmeist on näha sulfaatidel suuremat vastuvõttu kationil kui anioonil; nitraatidel väljendub vastupidine vahekord.

Ioonid on mahult molekulidest märksa väiksemad, kuid pääsevad oma laengu ja hüdratatsiooni tõttu raskemini läbi plasma. Kationide mahu suurus tõuseb rea järgi: $\text{Li} < \text{Na} < \text{K} < \text{Rb} < \text{Cs}$, nende läbimõõt 10^{-7} mm-tes on Bragg'i¹⁾ järgi:



Hüdratatsiooni arvud näitavad väiksematel ionidel märksa

1) Lundegårdh'i järgi ümmargustes arvudes.

tugevamat hüdratatsiooni kui suurematel (H_2O molide hulk 1 molioonile) :

Li — 120; Na — 66; K — 17; Rb — 14; Cs — 13.

Hüdratatsiooni tagajärjel omavad ruumalalt väiksemad ioonid ühes veekihiga palju suuremat mahtu, — asjaolu, mis tunduvalt takistab nende liikumist plasma läbi. Leelismulla katioonide hüdratatsioon on nende kahekordse laengu tõttu veelgi suurem kui alkalikatsioonidel ja väheneb rea järgi: $Mg > Ca$, $Sr > Ba$; vahed ei ole siin nähtavasti suured. Anioonide hüdratatsioon arvatakse üldiselt väiksem olevat kui katioonidel ja neil pole, mis puutub ühevääristesse ioonidesse, kuigi suured vahed, peale sulfaat-iooni, mille kahekordne laeng põhjustab suurema veekihi. Nende hüdratatsioon tõuseb: $Br < I < Cl < NO_3 < SO_4$. Ioonide hüdratatsiooni ja ta suurust järeldatakse mitmest füüsiko-keemilisest nähtusest, nii mahukoondumisest elektrolüütide lahustusel vees, liikumiskiirusest elektriväljal j. t. Eriti kataforeetilise liikumiskiirus annab kujutluse ioonide hüdratatsioonist. Sellekohased arvud näitavad meile järgmist (Collander 1924) :

| K | Na | Li | Ba | Ca | Sr | Mg |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 64,7 | 43,6 | 33,4 | 27,8 | 25,9 | 25,8 | 23,0 |

Nagu arvud näitavad, on Li alkalikatsioonest elektriväljal umbes poole vähem liikumiskiirus kui K, vaatamata sellele, et ta on mahult vähim ioon. Sellest järeldatakse, et Li tugevamini hüdratiseeritud, paks veekatte teeb ta üldise mahu neist kõige suuremaks ja takistab liikumist. Anioonide liikumiskiirust näitavad meile alljärgnevad arvud :

| Br | I | Cl | NO_3 | SO_4 |
|------|------|------|--------|--------|
| 67,6 | 66,4 | 65,4 | 61,8 | 34,2 |

Neist võib jäeldada, et anioonidel $Br \rightarrow NO_3$ on hüdratatsioon üldiselt väike ja ei erine, nende veekihid vastavad umbes kaaliumiooni omadele; vähima kiirusega SO_4 -ioon peaks omama tublisti paksema veekatte. Ioonide veekihid paksenevad kontsentratsiooni tõusmisega. Hüdratatsiooni mõju avaldub selgesti ka diffusioonikiirusele vee sees. Kui K-iooni diffusioonikiirus võtta võrdseks ühega, siis on see teistel katioonidel Kohlrausch'i järgi :

| Li | Na | K | Rb |
|------|------|---|------|
| 0,52 | 0,65 | 1 | 1,04 |

Permeatsioonil läbi kolloodiumikile (M i c h a e l i s l. c.) lähivad nende ionide läbitungimise kiirusevahed suurema takistuse tõttu arusaadavalt suuremaks:

| Li | Na | K | Rb |
|-------|------|---|-----|
| 0,048 | 0,14 | 1 | 2,8 |

Et diffusioonil K on Li umbes poole kiirem, näeme kile läbistamisel vahekorda muutuvat umbes 1:20.

Vee liitumisele hüdratatsioonil tuleb vaadata kui adsorptsioonitaolisele protsessile, mis otseselt ei alistu stöhhiomeetrilistele seadustele. Teatavad asjaolud lubavad oletada vees molekulide komplekside olemasolu; need tekiavad sel viisil, et mitmed dipoolid üksteisele reastuvad. Blüh' (1923), Ebert'i (1926) j. t. järgi on molekulide kompleksidel amfoteerne iseloom, neil dissotsieerub ühes otsas positiivne vesinik-ioon, teises — negatiivne hüdroksüül-ioon. Sel teel moodustunud aggregaat on dipool tugeva elektrilise momendiga. Ioonide laeng tekitab teatavasti sümmeetrilise keraja elektrivälja; veemolekulid liituvad ionidele, orienteerudes vastavalt oma dipoolstruktuurile.

Oma laengu tõttu ei saa ionid üksikult läbi plasma permeeruda, vaid see peab toimuma paariviisi. Näit. diffusioonil, kui anioon liigub kationist kiiremini, või ümberpöörduvalt, siis jäävad nad ikkagi teatud kaugusesse, kusjuures potentsiaalide vahe esile tuleb. Üksikute ionide tungimine plasmasse on võimalik vaid ionide vahetuse teel. Anioonide vahetust permeatsioonil on punastel vereliblel eriti mitmekülgsest uuritud. Hamburger (1894), Koeppe (1897), Doisy ja Eaton (1921), Mukai (1921) j. t. leidsid, et CO₂ verrelaskmisel tõuseb libledes kloorisisaldus, kuna seerumis suureneb alkalihulk. Koeppe püstitas hüpoteesi, mille järgi süsihappe reageerub libledes alkalivalkudega ja vabanenud süsihappe anioonid väljuvad seerumisse; nende asemele permeerub libledes ekvivalentne hulk kloor-ioone. Bönniger'i (1907), Rohonyi (1916) j. t. järgi tungib NaBr-lahuses verelibledesse Br-ioone ja eksosmeerub ekvivalentne hulk kloori; Ca(NO₃)₂-lahuses permeerub NO₃-ioon libledes nii suure hulganä, et viimaseist kloor-ioonid sootuks väljuvad. Wichman'i (1921), Iversen'i (1921) j. t. järgi on anioonide permeatsioonile verelibledesse mõõduandev rida: Br, Cl > NO₃ > HPO₄ > SO₄. Kokku võttes peab ütlema, et anioonide tungimisel verelibledesse ionide vahetus esivalentsetes hulkades aset leiab.

Ei ole põhjust oletada, et taimerakus see teisiti toimuks. Niklewski j. t. (l. c.) katsetes võtavad odrajuured soolade-

ioone vahetuse teel: Ca- ja vähemal määral Mg-ioonid eksosmeeruvad ekvivalentsetes hulkades teiste katioonide (näit. K-i) sissetungimisel. Lundegårdh (l. c.) avaldab kahtlust, ja meie arvates täie õigusega, kas taimele väärtuslikud Ca-ioonid, mille hulk on tavaliselt piiratud, võiks olla katioonidele peamiseks vahetusvahendiks. Rakus on alati olemas rida teisi katioone, näit. Na-, ning eriti suure hulganähtav H-ioone, mis vahetusel võiksid arvesse tulla. Mainitud autori katseis jäi seisma Ca- ja osalt Mg-ioonide vastuvõtt rakku, niipea kui lahuse pH-kontsentratsioon kaldus leelisesele poolele. Anioonide vahetuseks on taimelt rikkalikult HCO_3 -ioone, mis tekivad hingamisel ja teistel protsessidel; samuti võivad ka OH-ioonid tähtsust omada.

Ioonide permeatsioon paarikaupa (anioon + kation) on enesest mõistetav. Takistuseks sellele on sageli katiooni ja aniooni ebahühtlane liikumiskiirus. Näit. K_2SO_4 puhul pidurdab SO_4 suurema hüdratatsiooni tõttu kaaliumi-ioonide liikumist ja osa viimaseid tungib rakku nähtavasti vahetuse teel; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ suhtes on asi vastupidine; KCl puhul on mõlemate ionide liikumiskiirus ligikaudselt sama ja katselised andmed tõendavad ka nende võrdset vastuvõttu. Peab veel juurde lisama, et kiiresti liikuv kation võib aeglaselt liikuva aniooni permeatsioonikiirust suurendada ja ümberpöörduvalt, piltlikult öeldes: üksioon võib teist kiiremini edasi vedada. Et aeglaselt permeeriva soola vastuvõttu rakku võivad teised kiirema difusiooniga soolad edendada, on ammugi juba katseliselt avastatud (Kaho 1923). Butkewitsch (1929), uurides elektrolüütide difusiooni kolloidkilede läbi, leidis järgmise seadusepärasuse: mida kiiremini liigub kation, seda kergemini diffundeerub ka anioon ja ümberpöörduvalt. Ioonide väärisuse suurenemine mõjub takistavalt nende permeatsioonile.

Vesiniku-ioonide kontsentratsiooni teisendumine võib soodustada aniooni või katiooni vastuvõttu. On leitud, et mõnel juhul nõrk-leelisesest keskkonnast katioonid ja happelisest — anioonid kergemini rakku tungivad. Ka Butkewitsch'i (l. c.) katseis soodustasid H-ioonid anioonide ja OH-ioonid katioonide difusiooni läbi membraani.

Leelise reaktsiooni puhul on väliskeskkonnas OH-ioonide ülekaal, võrreldes rakumahlaga, kus domineerivad H-ioonid; viimased võivad vahetuda sissetungivate katioonidega. Kui välislahuses on H-ioonidel suurem ülekaal kui rakus, siis on samal põhi-

mõttel soodustatud anioonide vastuvõtt. Lundgårdh'i (l. c.) järgi pole see n. n. Robbins'i efekt kõrgematel taimedel alati kooskõlas katseliste andmetega; tal olla maksvus hallituste suhtes. Enese kogemuste põhjal formuleerib ta vesinik-ioonide toimet järgmiselt: on välislahuses H-ioonide kontsentratsioon madalam (pH kõrgem) kui rakus, siis soodustab see füüsiko-keemilisel põhjusil katioonide vastuvõttu; kui H-ioonid on välislahuses tihedamini koondunud (pH madalam) kui rakus, siis soodustub anioonide vastuvõtt.

Mitme soola segus on ionide permeatsioon soodsam selles mõttes, et neil esineb valikuvõimalus ja ühtlasema kiirusega resp. hüdratatsiooniga ionid võivad paariviisi kiiremini rakku tungida. Lähtudes eeldusest, et toitlahustes puuduvad molekulid või nende hulk on minimaalne ja soolad on peaaegu täielikult dissotsieeritud, tuleb arvestada ionide spetsiifilist permeatsioonikiirust, kusjuures nende vastuvõtt rakku on võimalik vaid paariviisi või vahetuse teel. See asjaolu raskendab nende difusiooni plasma läbi, ja sellest seisukohast on arusaadav, mispärast üksiksoolahuses alkalisulfaatide ja leelismullasoolade transport eksperimentis väga aeglaseks osutub. Kui oletada vastuvõttu peamiselt molekulidena ja vaid vähemal määral ioonidena, nagu seda väidab rida uurijaid, siis ei võiks permeatsiooni vahe ülalnimetatud soolade ja näit. alkalinitraatide vahel nii suur olla, kui seda katse näitab, sest nad on endise vaate järgi umbes samal määral dissotsieeritud ja molekulid mahult võrdlemisi väikesed. Kuid see väide ei lahenda veel küsimust, kas soolad molekulidena või ioonidena rakku pääsevad. Igatahes seal, kus molekulid lahuses leiduvad, peaks nende tungimine läbi plasma üldiselt kergem olema kui ioonidel (näit. atsetaatidel).

Soolade ionide hüdratatsioonil on veel teine tähtsus, mis arvatavasti on peamiselt mõõduandev nende permeaablusele. Kui ma üles seadsin põhimõtte, et soolade vastuvõtul toimuvad raku katioonid dehüdratiseerivalt plasmakolloididesse ja tihendades plasmat vähendavad permeaablust: $Ca > Mg > Na > K$, siis ei puudutatud küsimust, kas soolad ionide või molekulide näol rakku tulevad; mõeldav oli, et nad sel ja teisel kujul vastu võetakse. Praegu räägivad andmed rohkem vastuvõtu kasuks ionide näol.

Ioonid, mis rakku ümbritsevad, mõjustavad ühel või teisel viisil plasmakolloide. Kas võime käesoleval momendil rääkida plasma tihendamisest või hõrendamisest? On korjunud mõjuvaid

andmeid vaate kasuks, et ainetevahetusel mõjustavad permeaablust plasma lipoidsed komponendid ja ilma nende kaasabita on raske permeaabluse nähtusi seletada. Viimasel ajal on peale H a n s t e e n - C r a n n e r'i teedrajava uurimuse plasma fosfaatide üle rida teisi autoreid: L e p e s c h k i n (1926), G r a f e (1927), C o l l a n d e r (1924, 1927 j. t.), P o i j ä r v i (1928), K a h o (1921, 1923), B ä r l u n d (1929), G u r e w i t s c h (1929) j. t. oma töödes lipoidide tähtsust ainetevahetusel toonitanud. Mitmesuguseid ühendeid želatiini j. t. kilede läbi filtreerides tuli C o l l a n d e r otsusele, et pole võimalik taimeraku permeaablust ära seletada ilma lipoidideta. L e p e s c h k i n seletab selektiivset permeaablust plasma valkude ja lipoidide ühendusega ja toob sellele järgmised tõendused: plasma sureb ära temperatuuris (50° — 60°), mis veel ei toimi lipoididesse, ja see tõestab plasmas valkude olemasolu; teiselt poolt diffundeerivad suhkrud ja soolad hea lahustuvuse tõttu väga kiiresti valkudes, plasma valkained ei saaks nende transporti sel määral reguleerida, nagu see tavaliselt toimub; selle järgi peaks selektiivne permeaablus sõltuma lipoididest. Viimaseid tõestab ka lipoidides hästi lahustavate narkootiliste ainete kiire diffusioon läbi plasma. Mõlemate ühendusele osutab asjaolu, et valkainete nõrk keemiline muutumine juba hävitab lipoidide reguleeriva toime, ja edasi, et narkootiliste ühendite kontsentratsioonid, mis esile kutsuvad plasma valkude koagulatsiooni, hoopis erinevad sellistest eluta valkude suhtes: mida suurem narkootikumi lipoidlahustuvus, seda madalam on ta künnisväärtus plasma proteiinide kalgestusel, võrreldes albumiinilahustega in vitro.

Elusplasma ei värvu pea kunagi (erandina väga nõrgalt), surnud plasma värvub intensiivselt. On teada, et proteiinid ja proteiidid värvaineid enestesse hästi võtavad (L o e w e 1922). Et plasma põhimass vitaalvärvimisel värvituks jääb, siis tõendab see, et ta valkained vabad ei ole; surma puhul laguneb nende ühendus lipoididega.

H a n s t e e n - C r a n n e r'i järgi annavad maataimed kergergi vees lahustuvaid ja lahustumata lipoide fosfatiidide näol, ja see osutab nende rohkusele plasma pindkihtides.

Kõrvale jättes H a n s t e e n - C r a n n e r'i tähtsat avastust, näitab juba keemiline analüüs läbi plasma tulevate ühendite mõnesugust sõltumist plasma fosforitsaldavaist aineist: tärklis ja tei-

sed ainevahetuseproduktid sisaldavad alati veidi fosforit, ka soodustavad fosforiühendid hingamist ja käärimist (vrd. Grafe, l. c.).

Lepeschkin'i hüpotees vajab meie arvates täiendamist selles suhtes, et lipoidid (fosfatiidid) peale komplekside valk + lipoid võivad ainevahetusel ka iseseisvalt tähtsat osa etendada. Nad võivad kergesti isomeriseeruda, on tugevasti pindaktiivsed, adsorbeeruvad hästi ning korjuvad pinnale. Grafe (l. c.), kes oma kaastöolistega pikema aja jooksul jätkas Hansteen-Cranner'i uurimusi, leidis, et peale mainitud omaduste annavad fosfatiidid kergesti adsorptsioon-ühendeid elektrolüütidega kui ka anelektrolüütidega ja on spetsiifilised eriliikidele, arvatavasti ka sama taime eriorganitele. Fosfatiidid on väga tundlikud menetlusele reaktiividega. Orgaanilistes solventides killustub rida lahustumatuid rühmi ja jääb järele resistentsem letsitiinuum. Külgrühmade äralangemine letsitiinuumast muudab oluliselt lahustuvust ja teisi füüsiko-keemilisi omadusi. Grafe järgi moodustavad vees lahustumatud fosfatiidid plasma pindkile, mis oleks tugevasti hüdrofiilse iseloomuga ja laseks läbi peale lipoidlahustuvate ühendite vett ja vees lahustuvaid fosfatiide. Viimased sooritavad suhkrute, soolade j. t. transporti. Grafe näitas katseliselt, et plasma pindkihtides leiduvad fosfatiidid on väga tundlikud, nii välistingimustele kui ka keemilistele ainetele: CO_2 j. t. gaaside korjumine, temperatuuri muutumine jne. võivad mõjustada nende lahustuvust ja ühes sellega ka permeaablust. Juba Hansteen-Cranner leidis, et 0,5 mol glükoosilahus sadestab vees lahustuvaid fosfatiide, millest võib järeldada, et taimes kõige harilikumad ja kolloidide suhtes inaktiivsed ained plasma kolloididel pöörduvaid muutusi võivad põhjustada. Grafe järgi kutsuvad soolad fosfatiididel esile, sõltudes koondusest ja soola iseloomust, sadestust või lahustust, mis omakorda vastavalt mõjustab permeaablust.

Kokku võttes võib tähendada, et uurimused plasma fosfatiidide alal meile küllaldase aluse annavad oletada plasma kolloidide tihenumist ja hõrendumist elektrolüütide toimel normaalsel ainevahetusel, kusjuures tuleb arvestada fosfatiidide suurt tundlikkust ja domineerivat tähtsust permeaablusel.

Kõrvale jättes plasma kolloidjaokeste kahekordse elektrilise kihi, võtame siin vaid tõsiasjana, et ta mitsellid (kolloidjaokesed) omavad negatiivset laengut ja on analoogselt hüdrofiilsetele kolloididele hüdratiseeritud, kusjuures liitunud veemolekulide ahelad orienteeruvad vastavalt dipoolstruktuurile. Nõrkades lahustes kannavad katioonid, liitudes plasmamitsellidele, neile oma hüdratatsioonitendentsid üle. Seejuures võib katiooni ja mitselli ühine hüdratatsioon võrreldes endisega tõusta, kuid väheneb mitselli endine hüdratatsioonivõime, sest et katioon vastavalt oma hüdratatsioonivõimele kolloidjaokestelt hüdratatsioonivett ära võtab resp. elektrilaengut neutraliseerib. Selle tagajärjel nihkuvad osaliselt dehüdratiseerunud mitsellid ühes katioonidega koomale, suurema katioonide koonduse korral võivad nad täiesti dehüdratiseeruda ja kokku liituda; — toimuks koagulatsioon. Viimane oleks äärmine juhus, mis normaalselt ei esine, vaid on mõeldav katsetes. Mitsellide koomale nihkudes väheneb arusaadavalt plasma läbilaskmis-võime. Teine äärmine juhus esineks meil, kui madalais katioonide kontsentratsioones mitsellid oma suhtelise seisuga võrreldes endisega säilitaksid ja lähemale ei koonduks. Ka sel puhul oleks permeaablus katioonide toimel vähendatud. Mitsellidele liitunud katioonid vähendavad suurte veekihtide tõttu intermitsellaar-ruume, neid nagu teatava määrani ummistades. A n s e l m i n o (1928) näitas, et želatiinikiledel on suurem hulk vett pundumisel H-ioonide toimel (HCl — pH 3,2—9,5) selliselt seotud, et ta ei ole vaba glükoosi difusioonile. M i c h a e l i s (l. c.) seletab aeglast katioonide difusiooni läbi kollooidiumikilede sellega, et tugevasti hüdratiseeritud katioonid (Li) ei saa vabalt liikuda läbi kilepooride, vaidiooni veekiht puutub kokku pooriümbrisevate kolloidjaokeste veekihi, s. t. nad satuvad teineteise mõjude piirkonda.

Analoogselt takistavad ka plasmamitsellidele liitunud katioonid oma veekihtidega teiste ionide liikumist läbi plasma, sest üheiooni hüdratatsiooni veekiht pole nähtavasti kuigi soodus teiseiooni difusiooniks; erisuguste hüdratatsioonitendentside tõttu tekkinud tungid raskendavad läbi plasma pääsemist.

Eeltoodud kaks äärmist juhtu oleksid teataval viisil raamiks, milles soorduks katioonide toime. Tuleb veel tähendada, et plasmakolloididesse ei toimi mitte ainult liitunud, vaid ka vabad katioonid, mis satuvad mitsell + katiooni mõju piirkonda. Vabade katioonide hulk on adsorbeerunuist hoopis suurem, nad ujutavad

üle plasma kolloidjaokesed, nende laengut kompenseerides ja neid dehüdratiseerides (vrd. D o k a n „Fernwirkung“ lk. 34).

Katioonide liitumine plasmale toimub teatavasti adsorptsiooni teel. Permeaablust käsitlevas kirjanduses antakse tavaliselt elektrolüütide adsorptsioonile liiga suurt tähtsust. Sageli oletatakse soolade läbitungimist vaid adsorptsiooni teel. Peab tähendama, et adsorptsioon ei või otseselt soodustada soolade permeatsiooni läbi plasma, sest mida tugevamini sool resp. katioon adsorbeerus plasmale, seda vähem võib ta plasmakilest läbi tungida (vrd. Lepeschkin 1924). Adsorptsioonireeglite järgi adsorbeeruvad vastupidiselt laetud ionid, s. t. plasmale — katioonid ja kaheväärised tugevamini kui üheväärised. Kahjuks puuduvad otsesed uurimused leelis- ja leelismullasoolade suhtelise adsorptsioonivõime üle plasmale. Katioonide adsorptsioonivõime mulla kolloididele väheneb K e l l e y ja B r o w n'i (1925), M a t s o n'i (1931) järgi vastavalt reale: $Ca > Mg > K > Na$. M u k e r j e e (1921) leidis negatiivsetele kolloididele rea: $Ca > Mg > K > Na$. Nende andmete põhjal adsorbeeruvad katioonid eluta negatiivsetele kolloididele: $Ca > Mg > K > Na$.

Kui seda rida võrrelda katioonide permeaabluse reaga, siis ei leia me mingisugust kooskõla. Leeliskatioonidest võetakse raku kõige enam kaaliumi ja kõige vähem liitiumi, K adsorbeerub aga suhteliselt tugevamini ja Li — nõrgemini. Leelismulla katioonidele on mõõduandev vastupidine olukord: kaltsium adsorbeeritakse tugevamini kui magneesium, kuid tungib aeglasmalt raku, võrreldes magneesiumiga. Sellest kõrvutisest näeme, et adsorptsioon ei ole otseselt mõõduandev katioonide permeaablusele. Kui aga vaadelda permeaablust katioonide hüdratatsiooni seisukohalt, siis on kooskõla hoopis parem:

hüdratatsioon — $Mg > Ca > Li > Na > K > Rb > Cs$, permeatsioon — $Ca > Mg > Li > Na > K > Cs, Rb$. Leeliskatioonidel on ühtelangemine kaunis täielik, Rb ja Cs hüdratatsiooni vahe on väike (vrd. lk. 40), nende läbitungimis-kiiruste vahe püsib tavaliselt katsevea piirides, Li, Na ja K suhtes on kooskõla täielik ja neil on ka hüdratatsiooni veehulgad hoopis erinevad; Ca ja Mg hüdratatsioon on kaunis ühesugune, vahe pole kuigi suur. Esitatud kooskõla näitab, et permeaablusele on esijoones mõõduandvad katioonide hüdratatsioonitendentsid ja mitte adsorptsioon. Viimasel võib olla tähtsus kahevalentsete katioon-

nide suhtes ja eriti soolade segudes, kuna ühevääriste adsorptsioon on hoopis väikese tähtsusega. Tugeva hüdratatsioonitungi tõttu toimivad Ca ja Mg dehüdratiseerivalt plasmakolloididesse, milline veelgi suureneb Ca-ioonil domineeriva adsorptsiooni tagajärjel. Teatavasti tõrjuvad tugevamini adsorbeeruvad ioonid nõrgemini adsorbeerituid ja sellega on osaliselt seletatav Ca antagonistlik toime: Ca juurdelisamisel kiiresti permeeruvale soolale, mille ioonid plasmat mõjustavad suurema läbilaskvuse suunas, tõrjub ta nad kolloidjaokestelt ära ja liitudes mitsellidele dehüdratiseerib neid teatava määraneni resp. vähendab elektrilaengut, või ummistab intermitsellaar-ruume oma veekihtidega. Nii või teisiti väheneb selle tagajärjel läbilaskmis-võime sooladele.

Katioonide dehüdratatsioonivõimet plasmakolloidide suhtes me ei tunne, sest puuduvad otsesed uurimused sel alal. On võimalik mõningaid järeldusi teha vaid analoogia põhjal eluta kolloididega. Pauli ja Handowsky (1910) leidsid katioonidele madalais kontsentratsioones (0,01—0,05 n) alkalimunavalgele (negatiivne valk) järgmise dehüdratatsiooniaktiivsuse: $K < Na < Li < Mg < Ca$. Need andmed näitavad kaunis täielikku kooskõla katioonide vastuvõtukiirusega, iseäranis katsetes lühema aja jooksul, nimelt, permeatsioon on vastupidine sellele reale. Pikaajalistes katsetes kultuurlahustega jääb naatriumil suhteline vastuvõetud hulk kaaliumist ja magneesiumist maha sel põhjusel, et taim naatriumi otseselt ei vaja ja see ta korjumist takistab.

Kokku võttes kõike ülaltoodud katioonide toime üle soolade vastuvõtul rakkude, võib tulla otsusele, et nende tegevus on suunatud nii või teisiti plasma läbilaskvuse vähendamisele; lihtne reegel: katioonid „tihendavad“ plasmat — on õigustatud ka uueimate uurimuste seisukohast. Tuleb veel alla kriipsutada seda, et katioonide suhetes plasmaga on mõõduandvad kolm asjaolu. Esiteks on neil erisuguse hüdratatsiooni tagajärjel mahud (ioon + veekiht) väga ebavõrdsed ja see põhjustab nende liikumiskii-ruse ebahütlust plasma läbi selles mõttes, et suurema üldise mahuga ioonid aeglasemalt diffundeeruvad; teiseks omavad suurema üldise mahuga katioonid suuremat dehüdratatsioonivõimet plasmakolloidide suhtes ja osaline veekaotus viimastel viib intermitsellaar-ruumide vähemale läbilaskvusele, dehüdra-

tatsioon tõuseb ühes ionide kontsentratsiooniga ja oleneb nii adsorbeerunud kui vabadest ionidest¹⁾; kolmandaks teevad katioonide liitudes mitsellidele suuremate veekihtidega ionid mitsellide vaheruumid väiksemaks, sest ionide difusioon hüdratatsioonivees on raskendatud, kui ta seal üldse on võimalik. Kõik kolm tegurit mõjustavad permeaablust samas suunas, s. o. ta vähenemise mõttes. Võib tekkida küsimus: missugune neist omab suurimat tähtsust? Otsustada seda ühe või teise kasuks on raske. On tegemist kõige kolme koosmänguga, ja olenedes soola kontsentratsioonist, lüotroopsest toimest (mis arvatavasti on ühenduses ionide hüdratatsiooniga), osalt ka adsorptsioonist, võib olukorral see või teine tegur domineerida; pole veel küllaldaselt andmeid, et ühte neist teisele alaliselt eelistada. Nõrkades lahustes on tavaliselt soolade dehüdratatsioonivõime lüüfiilsete kolloidide suhtes väike, kuid ka siin on suur vahe nende toimel elektriliselt nõrgalt laetud (natiivne valk) ja ioniseeritud valgul. Viimase koagulatsioon esineb juba võrdlemisi madalal kontsentratsioones (vrd. Pauli ja Handowsky). Kahtlemata puudutab soolade toime esijoonel plasmalipoide — fosfaatiide, mille tundlikkus on hoopis suurem kui valkudel ja sellepärast ka dehüdratatsioon füsioloogiliselt normaalseis elektroliitide koondusis võimalik.

Kultuuride andmed näitavad meile, et Mg suhteliselt kiiremini raku vastu võetakse kui Ca. Mg on veidi enam hüdratiseeritud kui Ca, viimasel on aga pisut suurem dehüdratatsiooniaktiivsus; Mg leiab uue plasma ehitusel suhteliselt rohkem tarvitamist võrreldes Ca-ga, viimane on ka rakuseinale adsorbeerunud.

Vaatleme edasi anioonide toimet soolade tungimisel raku. Ülesseatud lause kohaselt hüdratiseerivad anioonid plasmakolloidide ja suurendavad läbilaskvust rea järgi: $CNS > Br > NO_3 > Cl > SO_4$. Anioonid omavad plasma kolloididega samsugust laengut ja sellepärast ei saa oletada nende adsorptsiooni mitsellidele. Tugevad elektrostaatiliselt tungid, mis anioonide ja katioonide vahel aset võtavad, ei luba aniooni katioonist

¹⁾ Dokan (l. c.) oletab, et agaarile adsorbeerunud katioonid ta hüdratatsiooni suurendavad. Võib arvata, et süsteemil kolloidjaoke + katioon üldine seotud veehulk suureneb, kuid on tõenäoline, et katioonid selles süsteemis kolloidjaokestelt vett ära võtavad, sest agaari pundumine on soolade lahustes väiksem kui destill. vees.

kaugele eemalduda, välja arvatud juhud, kui potentsiaalide vahe teiste ionide poolt või muul viisil tasandatakse. Seepärast jäävad anioonid plasma liitunud katioonide ja mitsellide mõjupiirkonda. Ühesuguse laengu tõttu mitsellidega mõjustavad nad viimaseid nende laengu suurenemise mõttes ja töötavad katioonidele vastu. Anioonide toimel suureneks mitsellide hüdratatsioon; tegelikult vastab ta katioonide ja anioonide mõju differentstile.

Analoogiliselt vabadele katioonidele avaldavad oma mõju ka vabad anioonid, mis on nendega enam-vähem seoses¹⁾. Anioonide hüdratiseerimisaktiivsuse mõõduks plasmakolloidide suhtes on nende eneste hüdratatsiooni suurus, kusjuures vähemate veekihtidega anioonidel on suurem hüdratatsioonitoime; viimane väheneb liitroop-rea järgi $CNS > \rightarrow SO_4$. Mitsellide hüdratatsioon viib plasma permeaabluse suurenemisele.

Anioonide toime soolade tungimisel rakku on üldiselt suurem katioonide omast. Seda tõestab kiirem vee filtratsioon läbi plasma soolade mõjustusel kui suhkru toimel; edasi on anioonide toimevahed katioonide omadest märksa suuremad. Veefiltratsioonikatsed leelismullasooladega (*Tradescantia virginica*) on näidanud, et kaheväärised katioonid (0,3 mol) ei erine oma toime poolest ühevääristest, kuna anioonidel on hoopis suurem toime. Ka agaari pundumisele ei avalda kaheväärised neutraalsoolade katioonid keskmistes koondustes suuremat mõju kui üheväärised (Dokan). Eriti suur hüdratatsiooniaktiivsus plasma suhtes on liitroop-rea esimestel liikmetel — rodaniididel ja jodiididel. Nagu juba eespool tähendatud, on neil ionidel ainult kolloidkeemiline toime ja pole toiteväärtust; neid ei transporteerita edasi kudedesse, vaid nad korjuvad nendega kontaktis olevatesse rakkudesse. On arusaadav, et aja vältel desorganiseerib liiga suur hüdratatsiooniaktiivsus normaalse plasma struktuuri.

Tsung-Lê Loo katsetes (lk. 35) soodustab rodaniid esimese 24 t. jooksul NH_4 -vastuvõttu enam kui kloriid ja sulfaat. Järgnevatel päevadel osutub rodaniidi korjumine juurerakkudesse kahjulikuks: need ei absorbeerigi enam tarvilisel määral vett ja

¹⁾ Dokan (l. c.) oletab, et kõik vabad ionid, s. t. nii anioonid kui katioonid mõjustavad agaari dehüdratiseerivalt. On arusaamata, mispärast nii vastupidise kui sama laenguga ionidel negatiivse kolloidi suhtes, miline on agaar, on ühesugune toime. See väide on vastuolus Hardy koagulatsioonireeglga.

taimed hakkavad närtsima; soodsaks osutuvad nüüd kloriidid ja sulfaadid. Rodaniidi „mürgisus“ ei ole spetsiifiline, ta ei reageeri mõnesuguse plasmakomponendiga, ta toime on põhimõtteliselt teiste neutraalsoolade sarnane. Tsung-Lê Loo katsed seletavad ära asjaolu, mis pärast mitmepäevastes katsetes keskmiste koondustega (0,1—0,01 n), rodaniidide ja teiste lüotroopreas lähedal seisvate anioonide toimet taimeorganites üldine veesisaldus võib vähem olla kui lüotroop-rea teise poole anioonide toimel. Oleks täiesti ekslik sellest järeldada, et rodaniidid j. t. plasma hüdratatsiooni vähendavad ja sulfaadid näit. suurendavad. Üldine veehulk taimeorganites näitab vaid vee filtreerumist läbi plasma, mitte kunagi aga ta kolloidide pundumist. Plasma elutegevusele on soodus kindlates piirides kõikuv hüdratatsiooni-potentsiaal; nende piiride ületamine üles- või allapoole võib võrd-selt kahjulikuks saada.

Anioonidest on taime arenemisele kõige soodsam NO_3 -ioon; et ta hüdratatsiooniaktiivsus on võrdlemisi suur, siis mõjub ta alati permeaablust suurendavalt; teiselt poolt on ta laialt tarvitusel plasma ehitusematerjalina ning jaotub ühetasaselt taimes. Viimane asjaolu takistab korjumist absorbeerivaisse rakkudesse ja ühekülselt kolloidkeemilist toimet. Rodaniidil ja jodiidil on kultuurides lühiaegne soodus mõju, viimase kõverjoon tõuseb kiiresti kõrgele ja hakkab varsti langema, kuna ta nitraadil aeglasmalt tõuseb ja madalamale püsima jääb. Läbilõiked neist kõveraist erisuguseil ajavahemikel näitavad väga mitmesugust suhtelist aktiivsust: kord näeme, et rodaniid soodustab permeaablust enam kui nitraat, kord aga vastupidiselt.

Anioonide toimet käsitledes rääkisime nende hüdratatsioonivõimest plasmajaokeste suhtes. Me ei saa otseselt pundumisest (Quellung) rääkida, sest viimase all mõistetakse tavaliselt hüdratatsiooni kõrgemat astet, kus vee sidumist võib näidata kaaluga. Samuti ei saa elutegeva plasma puhul juttu olla sadestamisest (koagulatsioon) kationide toimel, sest koagulatsioon on dehüdratatsiooni lõppstaadium. Mõlemad, pundumine ja sadestamine, hävitavad plasma kolloidstruktuuri ja surmavad ta. Me võime permeaabluse käsitlusel neist protsessidest kõige kitsamais piirides rääkida ja kui sel alal ilmunud töödes sageli juttu tehakse pundumisest ja sadestamisest, siis tuleb selle all mõista plasma hüdratatsiooni ja dehüdratatsiooni ta elutegevuse raamides. Nende mõistete tarvitamisel on kirjanduses arusaamatusi tekkinud.

Lundegårdh (l. c.) näit. ütleb, et plasmapundumine ei või permeaablusele mõõduandev olla, sest Dokan'i ja Brau-

ner'i katsete järgi tuleb ta esile vaid soolade kõrgemais kontsentratsioones. D o k a n (1924) eksperimenteeris agaariga, mis on vähe tundlik soolade toimele. Võib julgesti oletada, et plasmakolloidid resp. fosfatiidid on sajad korrad tundlikumad keemilisile aineile ja kolloidoleku muutumised, mis esinevad agaaril vaid kõrgemais kontsentratsioones, võivad mõõduandvad olla plasmale füsioloogiliselt normaalseis tingimuses. Sedasama võib öelda B r a u n e r'i katsete kohta seemnekestadega; viimased on veelgi vähem tundlikud. Et punduminegi väga nõrgas elektrolüüdilahuses võib aset võtta, seda näitas C h i a r i (1911). Ta võrdles puhastatud glutiini (želatiini) pundumist juhtivusevees ja harilikult destill. vees ning leidis, et viimases on pundumine märksa suurem. Selle põhjuseks on destill. vees olev CO_2 (destill. vee pH on 6 ümber), mis juhtivusevee valmistamisel kõrvaldatakse. Kahjuks pole C h i a r i katsed küllaldast tähelepanu leidnud permeaabluseküsimumuste käsitlusel.

Kokku võttes anioonide toimet soolade tungimisel raku võime öelda, et nende suhtes varemalt ülesseatud lause peab ka praegu paika: anioonid mõjustavad plasma mitselle hüdratiseerivalt, nende laengut suurendades, resp. töötavad katioonide dehüdratatsioonile vastu, kusjuures on tähtsus nii anioonidel, mis adsorbeerunud katioone saadavad, kui ka vabalt lahuses olevatel anioonidel. Selle tagajärjel suurendavad nad permeaablust lüotrooprea $\text{CNS} > \rightarrow \text{SO}_4$ järgi. Seda väidet tõestab palju suurem toimevahe anioonidel võrreldes katioonidega ja asjaolu, et soolad vee filtratsiooni läbi plasma üldiselt rohkem soodustavad kui suhkur. D e H a a n (l. c.) leidis sibularakkudel keskmise plasmolüüsi tagasimineku aja vees 20 min. ümber; kui osa suhkrut asendati umbes 0,1 mol $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ -ga, soordus deplasmolüüs 11 min. pärast, s. o. umbes poole kiiremini kui suhkrulahuses. Teiste soolade puhul oli vahe veelgi suurem. Mainitud autori ja meie omad katsed lubavad oletada, et 0,1—0,4 mol lahustes anioonide toime ületab katioonide oma ja anioonid mõjustavad plasmata permeaabluse suurenemise mõttes.

Me peatusime pikemalt soolade permeatsiooni juures. See küsimus on orgaaniliselt seotud kõne all olevate katsetega ja lähtekohad mõlema lahenduseks on ühised. Vesi tungib läbi plasma molekulidena, ta jaokesed on võrdlemisi väikesed, ja võiks arvata, et neutraalsoolad ei toimi suuresti nende diffusioonile. Nagu katsetest näha, põhjustavad mitmesugused soolad, sama

osmootse jõu mõjul, erisuguse veeliikumiskiiruse; see oleneb kahtlemata soolade hüdratatsioonitoimest resulteeruvast plasmaviskoossuse muutumisest. Asjaolu, et leelissoolad vee filtratsiooni mõjustavad vastavalt permeatsiooni kiirusele, lubaks järeldada, et ka soolad peamiselt molekulidena raku tungivad. Leelismullasoolade ja soolasegude toime vee filtratsioonile, millest teisel kohal sõna võtame, ei tõesta seda järeldust. Leelismullasooladel tuleb anioonide mõju umbes samuti esiplaanile kui leelisühenditel, kationide toime ei erine aga alkalikationide omast. See asjaolu räägib väite poolt, et soolad vaid ionidena raku vastu võetakse, kooskõlas Lundegårdh'i arvamisega, vastandina levinumale vaatele, mille järgi soolad peamiselt molekulidena raku tulevad. Seepärast on analoogia soolade permeatsioonil ja vee liikumise mõjustamisel vaid osaline, puudutades seda osa, milles käsitlesime soolade toimet plasmale kui kolloidile. Tungides läbi plasma ionidena, on viimastel mõõduandvad veel nende spetsiaalsed omadused, mis veemolekulidel puuduvad.

Käesolevate katsete põhjal tuleme otsusele, et ka füsioloogiliselt normaalsetes koondustes toitesoolad veeabsorptsiooni võivad mõjustada vee kiirema läbikäigu mõttes. Loomulikes tingimustes on tegemist ionide kombinatsioonidega ja neis domineerivad ionid, nagu nitraadid ja kloriidid, mis vee neelamist eriti soodustavad ja vähem soodsate (sulfaadid) toimet tasakaalustavad. Toitesooladel on taime suhtes, peale toitmise, veel teine, mitte vähem tähtis ülesanne, millele siimamaani veel pole osutatud: luua oma toimega eeldusi kiiremale vee läbikäigule taimes.

REFERAT.

Über den Einfluss von Alkalisalzen auf die Deplasmolyse der Pflanzenzellen.

In der Arbeit werden zunächst die in der Literatur beschriebenen Plasmolyseformen bzw. die Fadenbildung bei der Plasmolyse besprochen. Der Verfasser kommt zu dem Schluss, dass alle Plasmolytika, insbesondere Elektrolyte, kolloidchemische Zustandsänderungen in den Pflanzenzellen hervorrufen, und zwar beeinflussen sie in reversibler Weise die Viskosität (vgl. hierzu Weber 1921) und den Dispersitätsgrad bzw. die Fällungen der Plasmakolloide. Diese Änderungen beginnen in erster Linie in den oberflächlichen Schichten des Plasmas, die aller Wahrscheinlichkeit nach leichter reagieren als die inneren Plasmateile. Die kolloidchemischen Zustandsänderungen hängen von der chemischen Natur des Plasmolytikums, sowie von der Konzentration und der individuellen Beschaffenheit der verschiedenen Plasmen ab, und es verändert sich dabei die Permeabilität in reversibler Weise. Auch durch Zucker, wie diesbezügliche Erfahrungen mit Glykose zeigen (und vermutlich auch bei Saccharose u. a.), können die Oberflächenkolloide (Phosphatide) gefällt bzw. dehydratisiert (Hansteen-Cranner, Weis, Grafe) und die Permeabilität beeinflusst werden. Entsprechende Versuche wurden mit jungen Zwiebelepidermiszellen (*Allium Cepa*) ausgeführt. Da den Erfahrungen des Autors nach die kolloidchemischen Gesetzmässigkeiten bei höheren Konzentrationen deutlicher hervortreten, wurden die Salzlösungen als Plasmolytika isotonisch (0,4 Mol KNO_3) benutzt. Verfasser meint, dass die auf diese Weise gewonnenen Ergebnisse als Ausgangspunkt für Untersuchungen mit physiologisch-normalen Konzentrationen dienen könnten, bei welchen die Verhältnisse häufig verwickelter sind, und dass die nach dieser Methode vorgenommenen Salzpermeabilitätsuntersuchun-

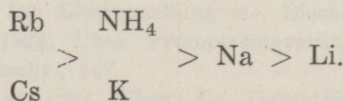
gen brauchbare Resultate ergeben haben. Bei den Versuchen wurde die Plasmolyse resp. Deplasmolyse stufenweise ausgeführt und bei der Deplasmolyse, soweit reines Wasser in Betracht kam, Leitungswasser benutzt. Es werden die Nachteile der plasmolytischen Methode diskutiert; der Autor hält es für angezeigt die Versuche mit jüngeren Zellen vorzunehmen, da plasmareichere Zellen gegen Plasmolyse resp. Deplasmolyse resistenter sind. Um den schädlichen Einfluss der Salze zu vermindern, wurden möglichst kurze Plasmolysezeiten gewählt, für schneller plasmolyisierende Salze kürzere als für langsamer plasmolysierende; so betrug die Plasmolysezeit für Rhodanide 5 Min., für Bromide, Nitrate, Chloride und Azetate — 8 Min., für Tartrate, Zitrone und Sulfate — 10 Min.; für Saccharose — 20 Min.

Die Deplasmolysezeiten (Mittelwerte in Sekunden) sind in der nachstehenden Übersichtstabelle zusammengestellt.

Übersichtstabelle der Deplasmolysezeiten.
Mittelwerte in Sekunden.

| An. ↓ Kat.→ | Rb | Cs | K | NH ₄ | Na | Li |
|--|------------------|-----|-----|-------------------|-----|-----|
| CNS | — | — | 168 | 167 | 208 | — |
| C ₂ H ₃ O ₂ | — | — | 265 | 227 | 300 | 240 |
| Br | — | 266 | 313 | — | 385 | 230 |
| NO ₃ | 317 | — | 372 | — | 384 | 429 |
| Cl | — | 305 | 362 | 403 | 434 | 445 |
| Tartrat | — | — | 447 | — | 390 | — |
| Zitrat | — | — | 513 | 572 ¹⁾ | 550 | 738 |
| SO ₄ | 497 | 506 | 593 | 405 | 628 | 755 |
| | Saccharose — 467 | | | | | |

Die Kationenwirkung ist weniger ausgeprägt als die der Anionen. Die Kationen fördern den Wasserdurchtritt in folgender Reihenfolge:



Die Förderung der Wasserpermeabilität durch die Anionen nimmt in folgender Reihenfolge ab: CNS > C₂H₃O₂ > Br > > NO₃ > Cl, Tartrat > Zitrat > SO₄.

¹⁾ NH₄ — Dizitrat.

Die Alkalisalze beeinflussen die Wasserfiltration durch das Plasma entsprechend ihrer Eindringungsfähigkeit: je schneller ein Salz in das Plasma eindringt, desto schneller geht die in seiner Lösung ausgeführte Plasmolyse zurück. Die schnell das Plasma durchdringenden Alkalisalze fördern die Wasserfiltration ebenso, wie sie die Aufnahme anderer, langsam eindringender Salze fördern ¹⁾. Aus den Versuchen wird der Schluss gezogen, dass die Neutralsalze bzw. Nährsalze vorwiegend in Ionenform aufgenommen werden, im Gegensatz zu der verbreiteten Meinung, als geschähe deren Aufnahme in Molekelform (vgl. Kostyschew 1931).

Durch die verschiedene Hydratationsaktivität der Salze wird die Durchlässigkeit des Plasmas alteriert, was in der grösseren oder kleineren Geschwindigkeit, mit der das Wasser durch das Plasma filtriert wird, zum Ausdruck kommt. Auch haben die Versuche zu der Annahme geführt, dass Lipoide (Phosphatide im Sinne Hansteen-Cranner's und Grafe's) bei den Permeabilitätsvorgängen eine hervorragende Rolle spielen.

Tartu, Estland.

Pflanzenphysiologisches Laboratorium des
Botan. Instituts der Universität.
November 1933.

¹⁾ Die letztere Tatsache ist schon früher vom Verfasser und von anderen experimentell bewiesen worden (vgl. Kaho 1923, Lundegårdh und Morávek 1924).

Literatur.

- Albach, W., 1930, Über die schädigende Wirkung der Plasmolyse und Deplasmolyse. *Protoplasma*, 12.
- Anselmino, K. J., Untersuchungen über die Durchlässigkeit künstlicher kolloidaler Membranen. *Biochem. Zeitschr.*, 192.
- Auerbach, F., 1922, Die neuen Wandlungen der Theorie der elektrolytischen Dissoziation. *Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften*, 1.
- Bärlund, H., 1929, Permeabilitätsstudien an Epidermiszellen von *Rhoeo discolor*. *Acta Botanica Fennica*, 5.
- Bechhold, H., 1929, *Die Kolloide in Biologie und Medizin*. Dresden.
- Bjerrum, N., 1926, Die elektrischen Kräfte zwischen den Ionen und ihre Wirkungen. *Ergebnisse der exakt. Naturwiss.*, 5.
- Blinks, L. R., 1930, The variation of electrical resistance with applied potential. *Journ. of Gen. Physiol.*, 13.
- Blüh, O., 1923, Zur Frage der Existenz des Zwitterions. *Zeitschr. für physik. Chemie*, 106.
- Born, M., 1920, Über die Beweglichkeit der elektrolytischen Ionen. *Zeitschr. für Physik*, 1; *Zeitschr. für Elektrochemie*, 26; *tsiteerit. Blüh järgi*.
- Bouilenne, R., 1930, *Compt. Rend.*, 103. Paris.
- Brauner, L., 1930, Untersuchungen über die Elektrolyt-Permeabilität und Quellung einer leblosen natürlichen Membran. *Jahrb. für wiss. Bot.* 73.
- Brenner, W., 1920, *Berichte der Deutschen Botan. Ges.*, 38.
- Brooks, M. M., 1923, Studies on the permeability of living and dead cells. *Public Health Reports*, No 845.
- Brooks, S. C., 1932, The rate of penetration of rubidium into living cells of *Valonia*. *Journ. of Cellular and Comparative Physiol.*, 2.
- Butkewitsch, W. W., 1929, Zur Frage über den Mechanismus der Nahrungsaufnahme durch die Pflanze. *Journ. landwirtsch. Wissensch. Moskau*, 6.
- Chiari, R., 1911, Die Glutinquellung etc. *Biochem. Zeitschr.*, 33.
- Cholodny, N., 1924, Über Protoplasmaveränderungen bei Plasmolyse. *Biochem. Zeitschr.*, 147.
- Collander, R., a) 1924, Über die Durchlässigkeit der Kupferferrocyanidniederschlagsmembran für Nichtelektrolyte. *Kolloidchem. Beih.*, 19.
- b) 1925, Über die Durchlässigkeit der Kupferferrocyanidmembran für Säuren nebst Bemerkungen zur Ultrafilterfunktion des Protoplasmas. *Kolloidchem. Beih.*, 20.

- c) 1926, Über die Permeabilität von Kollodiummembran. Soc. Sci. Fennica, Comm. Biol., II 6.
- d) Einige Permeabilitätsversuche mit Gelatinemembranen. Protoplasma, 3.
- Dokan, Sh., a) 1924, Die Wirkung der Elektrolyte auf die Quellung des Agar. Kolloid-Zeitschr., 34.
- b) 1925, Der Einfluss der Elektrolyte auf das Glykenogel und die Entstehung und die Umkehrung der Hofmeister'schen Ionenreihen. Kolloid-Zeitschr., 37.
- Ebert, L., 1926, Über die Deutung der dielektrischen Polarisierung wässriger Lösungen. Zeitschr. für physik. Chemie, 122.
- Fitting, H., 1915, Untersuchungen über die Aufnahme von Salzen etc. Jahrb. für wiss. Bot., 56.
- Gardiner, W., 1884, On the continuity of the protoplasm etc. Arb. Bot. Inst. Würzburg, 3.
- Grafe, V., 1927, Das Lipoidproblem. Die Naturwissenschaften, 15.
- Gurewitsch, A., 1929, Untersuchungen über die Permeabilität der Hülle des Weizenkorns. Jahrb. für wiss. Bot., 70.
- Haan, de, Iz., 1933, Protoplasmaquellung und Wasserpermeabilität. Rec. des Travaux Botaniques Néerlandais, 30.
- Hansteen-Cranner, B., a) 1919, Beiträge zur Physiologie der Zellwand etc. Ber. der Deutsch. Bot. Ges., 30.
- b) 1922, Zur Biochemie und Physiologie der Grenzschichten lebender Pflanzenzellen. Meldninger fra Norges Landbrukshøiskole, 2.
- Hecht, K., 1912, Studien über den Vorgang der Plasmolyse. Beiträge zur Biologie der Pflanzen, 11.
- Heilbrunn, L. V., a) 1930, The surface precipitation reaction of living cells. Proc. of the American Philosoph. Soc., 59.
- b) 1930, The action of various salts on the first stage of the surface precipitation reaction in *Arbacia* egg protoplasm. Protoplasma, 11.
- Hoagland, D. R., 1923, The absorption of ions by plants. Soil Science, 16; peale selle veel H. tööd ühes Davis'ega.
- Höber, R., 1926, Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe. Leipzig.
- Höfler, K., a) 1918, Eine plasmolytisch-volumetrische Methode. Denkschr. Akad. Wien, 95.
- b) 1928, Über die Kappenplasmolyse. Ber. der Deutsch. Bot. Ges., 46.
- c) 1930, Über Eintritts- und Rückgangsgeschwindigkeit der Plasmolyse. Jahrb. für wiss. Bot., 73.
- Hofmeister, Fr., 1887, Zur Lehre von der Wirkung der Salze. Arch. für exp. Pathol. und Pharm., 24.
- Huber, B. ja Höfler, K., 1930, Die Wasserpermeabilität des Protoplasmas. Jahrb. für wiss. Bot., 73.
- Hückel, E., 1924, Zur Theorie der Elektrolyte. Ergebnisse der exakten Naturwiss., 3.
- Kaho, H., a) 1921, Zur Kenntnis der Neutralsalzwirkungen auf das Pflanzenplasma. Biochem. Zeitschr., 120.

- b) 1921, Ein Beitrag zur Permeabilität des Pflanzenplasmas für die Neutralsalze. *Biochem. Zeitschr.*, 123.
 - c) 1923, Über die physiologische Wirkung der Neutralsalze auf das Pflanzenplasma. *Acta et Comm. Universitatis Tartuensis*, A V. 4.
 - d) 1926, Das Verhalten der Pflanzenzelle gegen Salze. *Ergebnisse der Biologie*, 1.
 - e) 1926, Ein Beitrag zur Theorie der antagonistischen Ionenwirkungen der Erdalkalien auf das Pflanzenplasma. *Biochem. Zeitschr.*, 167.
 - g) 1933, Das Verhalten der Pflanzenzelle gegen Schwermetallsalze. *Planta*, 18.
- Karzel, R., 1926, Über die Nachwirkungen der Plasmolyse. *Protoplasma*, 12.
- Kelley, W. P. ja Brown, S. M., 1931, *Soil Science*, 21; tsit. *Lundegårdh'i järgi*.
- Kemmer, E., 1928, Beobachtungen über die Lebensdauer isolierter Epidermen. *Arch. für experiment. Zellforschung*, 7.
- Kostyschew ja Went, 1931, *Pflanzenphysiologie II*. Berlin.
- Küster, E., a) 1910, Über Veränderungen der Plasmaoberfläche bei Plasmolyse. *Zeitschr. für Bot.*, 2.
- b) 1928, Über Gewinnung nackter Protoplasten. *Protoplasma*, 3.
 - c) 1929, Pathologie der Pflanzenzelle. Berlin.
 - d) 1909, Über die Verschmelzung nackter Protoplasten. *Ber. der Deutsch. Bot. Ges.*, 27.
- Lepeschkin, W. W., a) 1924, *Kolloidchemie des Protoplasmas*. Berlin.
- b) 1926, Über die chemische Zusammensetzung der lebenden Materie. *Biochem. Zeitschr.*, 171.
- Loewe, S., 1922, *Zur physikalischen Chemie der Lipoide*. *Biochem. Zeitschr.*
- Lundegårdh, H., 1932, *Die Nährstoffaufnahme der Pflanze*. Jena.
- Lundegårdh ja Morávek, 1924, Untersuchungen über die Nährsalzaufnahme der Pflanzen. *Biochem. Zeitschr.*, 151.
- Matson, S., 1925, *Laws of soil colloid behavior*. *Soil Science*, 37.
- Meurer, R., 1909, *Jahrb. für wiss. Bot.*, 46.
- Michaelis, L., 1925, Contributions to the theory of permeability of membranes for electrolytes. *Journ. Gen. Physiol.*, 7.
- Mukerjee, J. N., 1920—21, *Trans. Faraday Society*, 16; tsiteerit. *Lundegårdh'i järgi*.
- Nathansohn, A., 1907, *Jahrb. für wiss. Bot.*, 39.
- Nernst, W., 1926, *Theoretische Chemie*. Berlin.
- Niklewski, B., Krause, A., Lemańczyk, K., 1928, Zur Kenntnis der Aufnahmemechanik der Mineralbestandteile durch die Wurzeln der Pflanze. *Jahrb. für wiss. Bot.*, 69.
- Pantaneli, E., 1915, *Jahrb. für wiss. Bot.*, 56; *Protoplasma*, 7.
- Pauli, W. o., 1902, Verhalten der Eiweisskörper gegen Elektrolyte. *Beitr. zur chem. Physiol. und Pathol.*, 3.
- Pauli, W. o. ja Handowsky, H., 1910, Untersuchungen über physikalische Zustandsänderungen der Kolloide. *Biochem. Zeitschr.*, 24.

- Pirschle, K. ja Mengdehl, H., 1931, Ionenaufnahme aus Salzlösungen durch höhere Pflanzen. *Jahrb. für wiss. Bot.*, 74.
- Pojjärvi, L. A., 1928, Über die Basenpermeabilität pflanzlicher Zellen. *Acta Bot. Fennica*, 4.
- Port, J., 1925, Über die Wirkung der Neutralsalze auf das Durchdringen der H- und OH-Ionen durch das Protoplasma I. *Biochem. Zeitschr.*, 166.
- Pringsheim, E. G., 1924, Über Plasmolyse durch Schwermetallsalze. *Beih. z. Bot. Zentralblatt*, 47.
- Pringsheim, N., 1854, *Bau und Bildung der Pflanzenzelle*. Berlin.
- Redfern, G., 1922, *Annals of Botany*, 36.
- Reed, H. S. ja Haas, A. R. C., 1923, Pseudo-antagonism of sodium and calcium. *Journ. Agr. Res.*, 24; tsit. Tsung-Lê Loo järgi.
- Reinhardt, 1899, *Plasmolytische Studien zur Kenntnis der Zellmembran*. Schwendener-Festschr.
- Rippel, A., 1926, *Quantitative Untersuchungen über Kationenaustausch in der Pflanze*. *Jahrb. für wiss. Bot.*, 65.
- Сабинин, Д. А., 1925, О корневой системе, как осмотическом аппарате. *Изв. Биол. Инст. при Пермском унив.*, III, 4.
- Schmalzfuss, K., 1932, *Untersuchungen über den Eiweißstoffwechsel von Kalimangelpflanzen*. *Phytopathol. Zeitschr.*, 5.
- Spek, J., 1921, *Der Einfluss der Salze auf die Plasmakolloide von Actinosphaerium Eichhorni*. *Acta Zoologica*.
- Stiles, W., a) 1924, *Permeability*. *New Phytologist*, 13.
— b) 1924, *Annals of Botany*, 38.
- Strasburger, E., 1901, *Über Plasmaverbindungen pflanzlicher Zellen*. *Jahrb. für wiss. Bot.*, 30.
- Traube, M., 1867, *Arch. für Anat. und Physiol*.
- Tröndle, A., 1918, *Sur la perméabilité du protoplasme vivant pour quelques sels*. *Arch. des sciences phys. et nat.*, 45.
- Tsung-Lê Loo, 1931, *Further studies on the absorption of ammonia and nitrate by the root system of the higher plants*. *Bull. Dep. Biol. Coll. of Sc. Sun Yatsen Univ.*, 10.
- Vries, de, H., a) 1884, *Eine Methode zur Analyse der Turgorkraft*. *Jahrb. für wiss. Bot.*, 14.
— b) 1887, *Untersuchungen über die mechanischen Ursachen der Zellstreckung*. *Habilitationsschrift*.
— c) 1885, *Plasmolytische Studien über die Wand und Vakuolen*. *Jahrb. für wiss. Bot.*, 16.
- Walter, H., 1921, *Biochem. Zeitschr.*, 122.
- Weber, F., a) 1921, *Das Fadenziehen und die Viskosität des Protoplasmas*. *Österr. Botan. Zeitschrift*, Nr. 6—8.
— b) 1924, *Krampfplasmolyse bei Spirogyra*. *Pflügers Arch.*, 206.
— c) 1924, *Plasmolyseform und Protoplasmaviskosität*. *Österr. Botan. Zeitschr.*, 73.

- d) 1925, Plasmolyseform und Kernform funktionierender Schliesszellen. *Jahrb. für wiss. Bot.*, 64.
- e) 1925, Plasmolyseform und Ätherwirkung. *Ber. der Deutsch. Bot. Ges.*, 43.
- Weis, A., 1925, Beiträge zur Kenntnis der Plasmahaut. *Planta*, 1.
- Wieringa, K. T., 1930, Quantitative Permeabilitätsbestimmungen. *Protoplasma*, 8.
-

A - 13286

i 3306359x