



*Autorilt*

# RASKEMETALLSOOLADE KIHVTISUSEST TAIMEPLASMA KOHTA

HUGO KAHO

---

MIT EINEM REFERAT:  
ÜBER DIE SCHWERMETALLGIFTWIRKUNG IN BEZUG AUF  
DAS PFLANZENPLASMA

---

TARTU 1922

A - 75094

# **RASKEMETALLSOOLADE KIHVTISUSEST TAIMEPLASMA KOHTA**

**HUGO KAHO**

---

MIT EINEM REFERAT:  
ÜBER DIE SCHWERMETALLGIFTWIRKUNG IN BEZUG AUF  
DAS PFLANZENPLASMA

---

TARTU 1922

*Acta et Commentationes Universitatis Dorpatensis A IV. 4*

621851578

**TARTU ÜLIKOOLI  
RAAMATUKOGU**

---

K. Mattiesen, Tartus.

## Sissejuhatavad märkused.

Raskemetallsoolad on, nagu teada, väga energilised kolloidolluste kalgestajad. Nende tegevus eraldub kaugelt lehelis- ja lehelismulla-sooladest, mis lüofiilkolloidide koagulatsiooni esile kutsuvad soola suurema hulgaga, kusjuures mõlemadioonid on tegevad teineteisest olenemata, kuna raskemetallsooladel ainult katioonil on peatähtsus.

Raskemetallsoolade tegevus natiivse munavalge ja letsitiini suhtes tuleb esile juba üsna madalatel kontsentratsioonidel ( $\frac{1}{10.000}$ ) ja koagulatsioon avaldab alati tagasipööramatut iseloomu<sup>1)</sup>.

Sellepärast on arusaadav raskemetallsoolade suur kihvtisus protoplasma suhtes, nii looma- kui ka taimerakkudel ja mõnede soolade (elavhõbeda, hõbeda) võime juba väga väikeses koonduses piselukate arenemist peatada, mille tõttu need soolad desinfitseerivate vahenditena on tarvitusele võetud.

Kolloidolluste kalgestamisel raskemetallsooladega etendab tähtsat osa nende elektrolüütiline lahustuvustensioon<sup>2)</sup>. Siin leiti empiirilisel teatav vahekord tensiooni suuruse ja soolade kihvtitegevuse vahel. Mitmed uurijad, nagu Mathews<sup>3)</sup>, Neisser ja Friedemann<sup>4)</sup>, Kahlenberg ja True<sup>5)</sup>, Heald<sup>6)</sup>, Porodko<sup>7)</sup> leidsid, et raskemetallsoolade aktiivsus protoplasma suhtes väheneb nende elektrolüütilise tensiooni suurenemisega, s. o. mida suurem on metallil ionide moodustamise kaldvus resp. mida tugevamini katioon oma elektrilaengu kinni hoiab, seda väiksem on ta füsioloogiline tegevus ja ümberpöördu.

Füüsikokeemiliselt seisukohalt on see kolloidkeemiline fenomen veel täiesti seletamata.

Et järele katsuda, kui kaugelt kõrgemate taimede plasma-koagulatsioon raskemetallsooladega allub ülalmainitud seaduse-

1) Höber, *Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe*. 1914, lk. 326.  
Л. Кассуго, *Общая коллоидная химия*. 1915, lk. 110.

2) H. Bechhold, *Zeitschr. für physikal. Chemie*. Bd. 48. 1904, lk. 385.  
Porges und Neubauer, *Biochem. Zeitschr.* Bd. 7. 1907, lk. 169, 170.

3) Tsit. Höberi järele, l. c. lk. 485.

4) Neisser und Friedemann, *Münch. med. Wochenschr.* 1904. № 19.

5) Kahlenberg und True, *Zeitschr. für physik. Chemie*. Bd. 22, 1897, lk. 473. Vrdl. Höber, l. c. lk. 486.

6) Heald, *Zeitschr. für physik. Chemie*. Bd. 22, lk. 476 (referaat).

7) Породко, *Зап. Новоросс. О-ва Естествовѣд.* Т. 41, 1916, lk. 414, 419.

pärasusele, on allpool ettetoodud katsed tehtud. Seesuguseid katseid kõrgemate taimedega pole siiani veel kellegi poolt toime pandud.

### Metoodika kohta.

Katseobjektidena tarvitatakse kaht taime: punast kapsast ja *Zebrina pendula*'t (*Tradescantia Zebrina*).

Esimeselt tarvitatakse epidermislõikusid, mis lehe pealmis-poolt võetud, teiselt — lõikusid lehe alumis-poolt. Lõigud olid neljanurgelised, ühepaksused ja pinnasuurusega umbes 1—2 mm<sup>2</sup>. Säärased lõigud pandi katsetatavasse lahustesse ja võeti sealt välja kümne kaupa võrdsete ajajärkude järele, mis peale nad plasmolüseerivasse suhkrulahusesse üle viidi, et koaguleerinud resp. elusrakke igal lõigul ära määrata. Punase kapsa lõikudel määrati ära plasmolüseeritud pinna osa, nagu see tabelites üles tähendatud, ja sellest oli võimalik välja arvata igal kümnel lõigul plasmolüseeritud pinna protsent.

*Zebrina pendula* lõikudel määrati ära koaguleerunud rakud kui ka üldine rakkude hulk äralugemise teel, mille põhjal ka elusrakkude % välja arvutatud.

Pikema üksikasjalise katsemetoodika kirjelduse toome järgmises töös.

### Katsed.

Katsetaim — punane kapsas. Temperatuur 17—19° C.

Tabel 1.

$CuCl_2$  0,175 mol.

Lõikude vil- bimise aeg lahuses.	Plasmolüseerunud pinna osa lõikudel.					10 lõigu plasmolü- seerunud pinna %.
	4/4	3/4	2/4	1/4	0	
1 min.	5	4	1	—	—	85,0
3 "	2	4	4	—	—	70,0
5 "	—	7	3	—	—	67,5
7 "	—	7	3	—	—	67,5
10 "	—	4	5	—	1	55,0
12 "	—	2	4	3	1	42,5
15 "	—	—	4	5	1	32,5
17 "	—	1	5	2	2	37,5
20 "	—	—	3	3	4	22,5
22 "	—	—	2	3	5	17,5
25 "	—	—	3	3	4	22,5

Tabel 2.

$AlCl_3$  0,175 mol.

Lõikude vil- bimise aeg lahuses.	Plasmolüseerunud pinna osa lõikudel.					10 lõigu plasmolü- seerunud pinna %.
	4/4	3/4	2/4	1/4	0	
15 min.	10*)	—	—	—	—	100,0
30 "	10*)	—	—	—	—	100,0
45 "	10*)	—	—	—	—	100,0
60 "	4	5	1	—	—	82,5
75 "	2	5	3	—	—	65,0
90 "	—	5	5	—	—	62,5
105 "	—	2	6	2	—	50,0
2 tundi	—	1	4	4	1	37,5
2,5 "	—	—	2	4	4	20,0
3 "	—	—	1	5	4	17,5
3,5 "	—	—	—	4	6	10,0
4 "	—	—	—	2	8	5,0

\*) Lõikude äärtes mõned üksikud rakud siniseks läigud.

Tabel 3.

 $Pb(C_2H_3O_2)_2$  0,175 mol.

Lõikude viibimise aeg lahuses.	Plasmolüüeerunud pinna osa lõikudel.					10 lõigu plasmolüüeerunud pinna %
	4/4	3/4	2/4	1/4	0	
1 tund		10	—	—	—	100,0
2 "	Lõikude hulk	5	4	1	—	85,0
3 "		—	6	4	—	65,0
4 "		2	5	3	—	72,5
4,5 "		1	4	5	—	65,0
5 "		—	5	4	1	60,0
5,5 "		—	3	5	2	52,5
6 "		—	4	4	2	55,0
6,5 "		—	2	2	4	35,0
7 "		—	—	1	3	17,5
8 "	—	—	1	2	10,0	
9 "	—	—	—	3	7,5	

Tabel 4.

 $ZnSO_4$  0,175 mol.

Lõikude viibimise aeg lahuses.	Plasmolüüeerunud pinna osa lõikudel.					10 lõigu plasmolüüeerunud pinna %	
	4/4	3/4	2/4	1/4	0		
0,5 tundi		10	—	—	—	100,0	
1 tund	Lõikude hulk	10	—	—	—	100,0	
1,5 "		9	1	—	—	97,5	
2 "		8	2	—	—	95,0	
2,5 "		8	2	—	—	95,0	
3 "		—	7	3	—	67,5	
4 "		—	1	3	2	4	27,5
4,5 "		—	2	3	3	2	37,5
5 "		—	—	2	4	4	20,0
5,5 "		—	—	1	2	7	10,0
6 "	—	—	—	1	9	2,5	

Tabel 5.

 $CoCl_2$  0,175 mol.

Lõikude viibimise aeg lahuses.	Plasmolüüeerunud pinna osa lõikudel.					10 lõigu plasmolüüeerunud pinna %	
	4/4	3/4	2/4	1/4	0		
0,5 tundi		10	—	—	—	100,0	
1 "	Lõikude hulk	10	—	—	—	100,0	
1,5 "		9	1	—	—	97,5	
2 "		8	2	—	—	95,0	
3 "		4	4	2	—	80,0	
4 "		1	5	3	1	65,0	
5 "		1	4	2	2	1	55,5
6 "		1	2	3	3	1	47,5
7 "		—	2	3	2	3	45,0
16 "		—	—	—	2	8	5,0
18 "		—	—	—	—	10	0

Tabel 6.

 $FeSO_4$  0,175 mol.

Lõikude viibimise aeg lahuses.	Plasmolüüeerunud pinna osa lõikudel.					10 lõigu plasmolüüeerunud pinna %	
	4/4	3/4	2/4	1/4	0		
1 tund		10	—	—	—	100,0	
2 "	Lõikude hulk	4	6	—	—	85,0	
2,5 "		3	7	—	—	82,5	
3 "		2	8	—	—	80,0	
4 "		5	5	—	—	87,5	
5 "		1	3	5	1	60,0	
6 "		1	4	4	1	62,5	
6,5 "		—	3	4	3	—	50,0
7 "		—	2	3	3	2	37,5
7,5 "		—	—	3	4	3	25,0
8 "	—	—	3	3	4	22,5	
9 "	—	—	—	3	7	7,5	

Tabel 7.  
 $MnCl_2$  0,175 mol.

Lõikude viibimise aeg lahuses.	Plasmoltseerunud pinna osa lõikudel.					10 lõigu plasmoltseerunud pinna %.
	$\frac{4}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{1}{4}$	0	
1 tund	Lõikude hulk	10	—	—	—	100,0
2 "		9	1	—	—	97,5
3 "		8	2	—	—	95,0
4 "		8	2	—	—	95,0
5 "		8	2	—	—	95,0
6 "		8	2	—	—	95,0
7 "		8	2	—	—	95,0
18 "		6	2	2	—	80,0
24 "		4	4	2	—	80,0
28 "		1	6	2	1	67,5

Tabel 8.  
 $CdCl_2$  0,175 mol.

Lõikude viibimise aeg lahuses.	Plasmoltseerunud pinna osa lõikudel.					10 lõigu plasmoltseerunud pinna %.
	$\frac{4}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{1}{4}$	0	
1 tund	Lõikude hulk	10	—	—	—	100,0
2 "		10	—	—	—	100,0
3 "		9	1	—	—	97,5
4 "		10	—	—	—	100,0
5 "		8	2	—	—	95,0
6 "		9	1	—	—	97,5
7 "		9	1	—	—	97,5
18 "		8	2	—	—	95,0
24 "		6	4	—	—	90,0
28 "		2	5	2	1	70,0

Tabel 9.  
 $NiSO_4$  0,175 mol.

Lõikude viibimise aeg lahuses.	Plasmoltseerunud pinna osa lõikudel.					10 lõigu plasmoltseerunud pinna %.
	$\frac{4}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{1}{4}$	0	
2 tundi	Lõikude hulk	10	—	—	—	100,0
4 "		10	—	—	—	100,0
6 "		9	1	—	—	97,5
8 "		10	—	—	—	100,0
10 "		8	2	—	—	95,0
12 "		8	2	—	—	95,0
16 "		9	1	—	—	97,5
20 "		8	2	—	—	95,0
24 "		5	5	—	—	87,5
28 "		6	4	—	—	90,0

Tabel 10.  
 $CaCl_2$  0,175 mol.

Lõikude viibimise aeg lahuses.	Plasmoltseerunud pinna osa lõikudel.					10 lõigu plasmoltseerunud pinna %.
	$\frac{4}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{1}{4}$	0	
2 tundi	Lõikude hulk	10	—	—	—	100,0
4 "		10	—	—	—	100,0
6 "		10	—	—	—	100,0
8 "		10	—	—	—	100,0
10 "		10	—	—	—	100,0
12 "		10	—	—	—	100,0
16 "		10	—	—	—	100,0
20 "		10	—	—	—	100,0
24 "		10	—	—	—	100,0
28 "		10	—	—	—	100,0

Kõikides ülal ettetoodud lahustes värvusid koaguleerunud (surnud) rakud siniseks. See sinine värv on ühel juhtumisel intensiivsem, teisel — nõrgem ja nüansseerib väga mitmet moodi.

$AgNO_3$  0,175 mol lahuses koaguleerub tsütoplasma rakkudes silmpilkselt, ka  $HgCl_2$  0,175 mol lahuses koaguleerub plasma õige ruttu, hõbenitraadiga võrreldes aga siiski veidi aeglasemalt, nõnda et hõbenitraadi kihvitegevus sublumaadi omast tugevam on.

Järgnevas ülevaate-tabelis 11. on ette toodud kõik pea-andmed, mis saavutatud katsetes *Zebrina pendula*'ga.

Ülevaate-tabel 11.  
 Katsetaim — *Zebrina pendula*.  
 Lahuste kontsentratsioon 0,025 mol.  
 Temperatuur 20° C.

Lõikude viibimis-aeg lahuses.	$AgNO_3^*)$	$HgCl_2^*)$	$CuCl_2$	$CuSO_4$	$ZnSO_4$	$Pb(C_2H_3O_2)_2$	$NiSO_4$	$FeSO_4$	$CdCl_2$	$CoCl_2$	$AlCl_3$	$MnCl_2$	$CaCl_2$
	Iga arv tähendab plasmolüseerunud rakkude hulga keskmist % kümnes lõigus.												
5 min.	0	46,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10 "	0	10,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20 "	—	0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
30 "	—	—	75,0	70,0	75,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1 tund	—	—	13,8	28,1	25,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2 "	—	—	6,7	5,1	12,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
3 "	—	—	7,4	7,2	10,9	78,7	69,0	88,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
4 "	—	—	2,2	3,8	7,7	37,5	53,3	58,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
5 "	—	—	0	0	6,3	14,3	41,4	53,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
6 "	—	—	—	—	0	8,1	31,1	36,4	100,0	97,2	100,0	100,0	100,0
7 "	—	—	—	—	—	0	3,6	28,9	80,9	66,0	100,0	100,0	100,0
8 "	—	—	—	—	—	—	0	13,7	43,3	70,2	100,0	100,0	100,0
10 "	—	—	—	—	—	—	—	6,5	41,1	75,5	100,0	100,0	100,0
12 "	—	—	—	—	—	—	—	0	30,0	54,3	100,0	100,0	100,0
22 "	—	—	—	—	—	—	—	—	0	10,6	7,4	62,8	100,0
24 "	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13,4	14,4	55,5	100,0

\*) Lahuste kontsentratsioon — 0,005 mol.



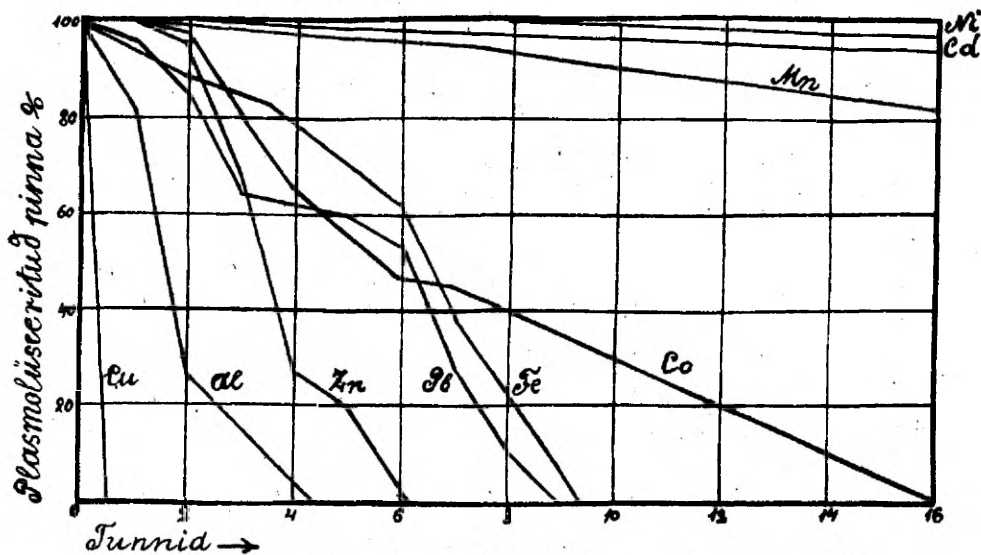
### Katsete resultaattidest.

Et punase kapsa lõikudega saavutatud andmeid kergem oleks üle vaadata, vaatame järele kõverjooni, mis nende andmete põhjal joonestatud (veidi skematiseeritud).

Kui siia veel juurde lisada *Ag* ja *Hg*, siis langevad raske-metallsoolad oma tegevuse järele järgmistesse rühmadesse.

I rühm. Siia kuuluvad kõige energilisemad plasma koaguleerijad — *Ag*, *Hg* ja *Cu*.

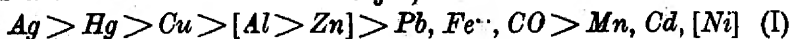
II rühm. Koaguleeriv energia palju nõrgem. Siia kuuluvate kolme katiooni — *Pb*, *Fe* ja *Co*'i tegevus on meie katsetingimustes peaaegu võrdne, mille tõttu nende kõverjooned üksteisega põimuvad.



Esimese ja teise rühma vahele paigutuvad oma aktiivsuse järele *Al* ja *Zn*.

III rühm. Koagulatsioonivõime üsna väike. — *Mn*, *Cd*, *Ni*.  
Oma aktiivsuse järele seisavad need katioonid juba neutraalsooladele lähemal kui raskemetallidele ja *Al*'le. Sellepärast seisavad ka nende kõverjooned teiste metallide omadest kaugel ja eraldatuna.

Kui kõik metallid väheneva aktiivsuse järele ritta seada, siis moodustavad nad säärase järjekorra.



Katioonid, mille aktiivsuste vahe katsevea piirides, on selles reas üksteisest komadega lahutatud.

Võrdleme ülal-ettetoodud rida elektrolüütilise tensiooni reaga<sup>1)</sup>.

$Ag < Hg < Cu < Pb < Ni < Co < Fe \cdot < Cd < Zn < Mn < Al < Ca$ .

Kui me esialgu kolme katiooni — *Al*, *Zn* ja *Ni* erilise seisu peale oma tähelepanu ei juhi, siis näeme, et mõlemad read on üldiselt väga sarnased. Kõrvalseisvate katioonide koha vahetuse, nagu näit.  $Fe \cdot, CO - CO > Fe \cdot$  asemel ja ka  $Mn, Cd - Cd > Mn$  asemel, võib käesoleval juhtumisel katsevea arvesse panna, sellepärast et nende katioonide tegevuste vahe väga väikene ja tarvitatud meetodikaga seda polnud võimalik kindlaks teha.

*Al* ja *Ni* kõrvalekaldumine tensiooni reast on tõsiasi, mis ei olene mitte katsete meetodist, sest samasugune juhtumine esineb ka Porodko<sup>2)</sup> uurimistes. See autor leidis, et *Lupinus albus*'e juurtel olenevad negatiivse kemotropismi nähtused katioonidest, mille aktiivsus muutub vastupidi proportsionaalselt nende elektrofüütilisele lahustuvustensioonile. Porodko poolt üles seatud katioonide reas (vaata lk. 12) seisab *Al* oma aktiivsuse järel *Cu* kõrval, *Ni* aga — *Mn* ja *Cd*'ga ühes rühmas. Nõnda esineb siin just samane kõrvalekaldumine tensiooni reast, kui meie katsetes.

See on väga arusaadav, sest plasma (kui lüfofilse kolloidi) koagulatsioon ja negatiivsed kemotroobilised ärritused, mis raskemetallsoolade mõjul esinevad, on sama järgu nähtused, nad eralduvad ainult hulgaliselt ja olenevad tsütoplasma biokolloidide dehüdratatsioonist, sest äärmiselt tugevasti sündinud negatiivne kemotroobiline ärritus võib samuti ka taimeplasma koagulatsioonile viia<sup>3)</sup>.

Mis nüüd puutub *Zn*'i eriti kõrgesse aktiivsusesse, siis peame tähendama, et samane kõrvalekaldumine tuleb ette ka Mathews'i<sup>4)</sup> katsetes. Ta uuris raskemetallsoolade mõju *Fundulus heteroclitus*'e munarakkude arenemise peale ja määras ära soolade hulga, mis tarvis läheb, et munade arenemist peatada. Minimaalne soola kontsentratsioon, mille juures protoplasma ära sureb, on —  $ZnCl_2 - \frac{1}{800}$ , kuna tensiooni reas *Zn*'i kõrval seisvad

1) Д. Вокер, Введение в физическую химию. 1915, lk. 414.

В. Оствальд, Основы физической химии. 1910, lk. 623.

2) Породко, l. c. lk. 417.

3) Idem, l. c. lk. 423, 444.

4) Tsit. Höber'i järel, l. c. lk. 485.

metallid plasmokoagulatsiooni sünnitavad  $MnCl_2$  —  $\frac{1}{4}$ ,  $FeCl_2$  —  $\frac{1}{10}$  ja  $CoCl_2$  —  $\frac{1}{12}$ . Teised raskemetallkatioonid vastavad tensioonireale.

Nõnda esineb siin samuti, kui meie katsetes, tsingisoolal palju kõrgem kihvtisus, kui see oleks järeldunud käsiteldavast seadusepärasusest. H ö b e r seletab *Zn*-soolade suurt aktiivsust nende lahuste kõrge hüdroolüüsi-astmega (l. c.). Et aga tsingisoolade erakordselt tugev mürgisus plasma suhtes ka väga nõrkades lahustes alale jääb, kus hüdroolüüsi mõju väga väikene on, siis võib arvata, et siin peale hüdroolüüsi veel teised tegurid, mis meile seni tundmata, kaasa mängivad.

*Al* ja *Ni* eralduvale tegevusele pole siiani veel seletust leitud. Alumiiniumi, kui kolmeväärise metalli soolad on lahustes kaugeleminevalt hüdroolüüeeritud ja kui ainult sellega tema suurt kihvtitegevust seletada, siis on arusaamata, mispärast nõrgemates lahustes ta oma kohale asetub, s. o. oma aktiivsuse järele *Mn* kõrvale tuleb, kuna aga *Zn* ka veel siin *Cu* kõrval seisab. Ka võiks vaevalt seletada *Ni*'i koaguleeriva energia vähenemist nõrgas lahuses sellega, et siin esineb n. n. „tegevuse miinimumi tsoon“<sup>1)</sup>, mis, nagu teada, raskemetallsooladel kolloidolluste suhtes äset võtab<sup>2)</sup>, sest et raskemetallsoolad kutsuvad esile tagasipööramatu koagulatsiooni kolloididel (näit. munavalgel) juba väga madalates kontsentratsioonides ja sademe lahustumine soolakoonduse tõusmisega lahuses, s. täh. tsooni esinemine, kus soolategevus nõrgaks jääb ehk täiesti puudub, oleneb kompleks ühenduste tekkimisest (polümerisatsioon<sup>3)</sup>), mis uute omadustega<sup>4)</sup>, asjaolu, mille tõttu elusaine samutigi, kui koagulatsiooni puhul, ära sureks.

1) N. n. „koagulatsiooni tsoonide“ ilmumist raskemetallsoolade tegevusel leidis B e c h h o l d ainult kolmevääristel metallidel: alumiiniumil ja raual (Zeitschr. für physikal. Chemie. Bd. 48, lk. 418). Ta seletab seda nende lahuste hüdroolüüsil kolloidsete hüdroksüüdide tekkimisega. Ka P a u l i arvamise järele oleneb raskemetallide suur kolloidsadendamisvõime nende hüdroksüüdidest. Viimaste tekkimisega seletab P a u l i ka n. n. „oligodünaamilisi nähtusi“ taimedel (Nägeli) (Beitr. zur chem. Physiol. und Pathol. Bd. 6. 1904, lk. 257). Igatahes leidis P a u l i ka kahevääristel metallidel ( $ZnSO_4, Pb(NO_3)_2$ ) kaks koagulatsioonitsooni (P a u l i und F l e c k e r, Biochem. Zeitschr. Bd. 41. 1914, lk. 489).

Kahjuks ei saa me kasutada ülalmainitud tõstasju rakufüsioloogia alal, sest meil pole midagi teada hüdroksüüdide tungimisvõimest plasmasse.

2) W o. P a u l i, Beitr. zur chem. Physiol. und Pathol. Bd. 6. 1904, lk. 234.

3) H a n d o w s k y, Leitfaden der Kolloidchemie. 1922, lk. 114.

4) P a u l i, l. c.

Rohkem kokkukõlas lahustuvustensioonireaga on katioonide rida, mis *Zebrina pendula* lõikudega saavutatud, nõrkades raske-metallsoolade lahustes (0,025 mol).

Ülevaate-tabeli 11. andmete põhjal väheneb katioonide aktiivsus järgmise rea järele:

$Ag > Hg > Cu [Zn] > Pb, Ni > Fe > Cd > Co > Al, Mn > Ca$  (II). Nagu näha, on siin, I reaga võrreldes, *Ni* ja *Al* oma koha peale paigutatud, esimene *Pb* kõrvale ja teine *Mn* ja lehelismulla-metallide lähedusesse, ainult *Zn*'ile jääb alale tema liiga suur aktiivsus.

Kõikides kirjeldatud katsetes läksime välja väitest, et raske-metallsoolade aniooni mõju on niivõrt väike, võrreldes katiooni omaga, et teda sugugi arvesse ei saa võtta<sup>1)</sup>, Seda tõendavad ka tab. 11. andmed. Mõlematel vasesooladel ( $CuCl_2$ ,  $CuSO_4$ ), selle peale vaatamata, et anioonid mitmesugused, on täiesti võrdne tegevus. Tekib aga küsimus, kas see asjaolu on ka mõõduandev teistele metallidele, mis vähem tegevad on, nagu *Mn*, *Cd* ja t. Vasesoolad kuuluvad taimedele mürgisemate olluste hulka<sup>2)</sup> ja nagu näeme, on nad ka tensioonirea eesotsas (meie katioonide paigutamiskiisi järele) ja neil energiliselt tegev kation katab kinni aniooni mõju. Nõrgematel raskemetallsooladel võib aga ka aniooni mõju avalduda, iseäranis orgaanilistel anioonidel<sup>3)</sup>, ja arvatavasti seda enam, mida kaugemal metall seisab tensioonirea otsast. Selle küsimuse üksikasjalisele lahutamisele tuleme tulevikus veel tagasi. Igatahes ligemaks tutvumiseks tugevasti hüdrolüüeeritud raskemetallsoolade tegevusega on vaja kõige pealt teada raskemetallide hüdrosüüdide mõju taimeraku peale.

Lõpuks võrdleme katioonide ridu, mis saavutatud mitmesuguste uurijate poolt, raskemetallsoolade füsioloogilist tegevust elusaine peale järele katsudes. Seame nad kõrvuti elektrolüütilise lahustuvustensiooni reaga.

Metallide tensioonirida:

$Ag < Hg < Cu < Pb < Ni < Co < Fe < Cd < Zn < Mn < Al < Ca$ . Agglutiniinbakterite sadendamise (Neisser ja Friedemann)<sup>3)</sup>.

$Hg > Pb > Cu > Cd > Ni > Co > Ba, Ca > Zn > Mg$ .

1) Handowsky, l. c., lk. 112 ja 118.

2) H. Bechhold, Kolloide in Biologie und Medizin. 4. Aufl., lk. 415. Czapek, Biochemie der Pflanzen. I Aufl., II Bd., lk. 910.

3) Neisser und Friedemann, l. c.

*Fundulus heteroclitus*'e munarakkude plasmakoagulatsioon (Mathews)<sup>1)</sup>

$Ag > Hg > Cu > Cd > Pb > Zn > Ni > Co > Fe > Mn.$

Juurte negatiivne kemotropism (Pordko)<sup>2)</sup>.

$Hg, Ag > Pb, Cu, Al > Fe^{++}, Co, Zn > Cd, Mn, Ni, Mg > Ba, Sr, Ca.$

Antitoksiline tegevus *NaCl* suhtes, katseobjektiks *Arenicola* larvi epiteelkude (Lillie)<sup>3)</sup>.

$UO_2 < Cu < Zn < Pb < Cd < Ni < Co < Fe < Mn <$  lehelismulla metallid.

Kõrgemate taimede tsütoplasma koagulatsioon.

Punane kapsas 0,175 mol.

$Ag > Hg > Cu > Al > Zn > Pb, Fe^{++} Co > Mn, Cd, Ni.$

*Zebrina pendula* 0,025 mol.

$Ag > Hg > Cu, Zn > Pb, Ni > Fe > Cd > Co > Al, Mn > Ca.$

Sellest kõrvutiseadest näeme, et kõik katioonide read rohkem või vähem metallide tensioonireaga ühte lähevad; peale selle selgub veel, et ka igas reas esinevad need või teised kõrvalekaldumised, mis tõenähtlikult säärastes füsioloogilistes katsetes on möödapääsmatud.

Meie poolt saavutatud read on arvatavasti mainitud üldise seaduspärasuse uus väljendus, iseäranis, kui arvesse võtta katioonide rida, mis saavutatud katsetel lahustega 0,025 mol., kontsentratsiooniga, mis nähtavasti kõige sündsam on katseteks raskemetallsooladega.

Nõnda võime küllalt tõendatuks lugeda, et raskemetallkatioonide kihvtisus protoplasma suhtes peajoontes rohkem või vähem oleneb nende laengu püsivusest: mida kergemini annab katioon oma laengu ära ja läheb üle aatomiks, seda mürgisem on ta, seda energilisemalt koaguleerib ta plasmad. Katioonide vääriskus pole siin sugugi mööduandev: *Pb*-ioon mõjub koguni teisiti kui *Ba*-ioon, *Ag*-ioon teisiti kui *K*-ioon, ehk neil küll ühesugused laengud. Raskemetallsoola koaguleerimisvõime kohta on peaaesjalikult tema katiooni suhteline seis tensiooni reas mööduandev. Handowsky ütleb selle kohta järgmiselt: „Die Ladung

1) Mathews, tsiteer. Hõber'i järelle, l. c., lk. 485.

2) Породко, l. c., lk. 128 ja 136.

3) Tsit. Hõber'i järelle, l. c., lk. 532.

spielt bei den Fällungen keine Rolle . . . soweit elektrochemische Wirkungen in Betracht kommen, ist vielmehr die Stellung der Metalle in der Spannungsreihe massgebend“ (l. c. lk. 115).

Siiski peab tunnistama, et mõne katiooni kõrvalekaldumised annavad põhjust oletada, et siin teataval määral mängivad kaasa faktorid, mille iseloomu me veel lähemalt ei tunne ja mida Bechhold „spetsiifilisteks mõjudeks“ nimetab (l. c). Viimased tulevad nähtavale iseäranis kõrgetes soolakoondustes. Nende mõjudega tutvumine olgu meile lähemaks ülesandeks.

Tartu Ülikooli Taimefüsioloogia-laboratoorium.

---

## Über die Schwermetallgiftwirkung in bezug auf das Pflanzenplasma.

Die vorliegenden Versuche haben gezeigt, dass in der koagulierenden Wirkung der Schwermetallsalze und des *Al* in bezug auf das Pflanzenplasma (Epidermisschnitte von Rotkraut und *Zebrina pendula*) der elektrolytische Lösungsdruck der Schwermetallionen massgebend ist und die Giftwirkung und die Kolloidfällung im grossen ganzen parallel gehen. In höheren Konzentrationen (0,175 Mol) treten Abweichungen bei *Al*· *Ni*· auf. Das erste Kation weist eine viel grössere Giftwirkung auf, als man dies nach der Lösungsdruckreihe hätte erwarten können, dagegen ist die Wirkung des *Ni*-Ions viel zu schwach. In der niederen Konzentration der Lösungen (0,025 Mol) ist die Übereinstimmung der Plasmakoagulationsreihe mit der der Lösungstension vollständiger, indem die obenangeführten Kationen ihre richtigen Stellen in der Reihenfolge einnehmen. Das *Zn*-Ion zeigt dagegen in allen Konzentrationen ein abweichendes Verhalten durch seine zu grosse Koagulationskraft.

---