

SUOLALISÄYKSEN VAIKUTUKSESTA MAAN REAKTIOON.

MARTTI SALONEN.

Yliopiston maanviljelyskemian laitos, Helsinki.

Saapunut 12. VIII. 1946

Väkilannoitteissa annetaan viljelysmaahan suoloja, joilla on kasvinravintoainevaikutuksen ohella muitakin vaikutuksia. Kirjallisuudessa näkee paljon tutkimuksia erilaisten väkilannoitteiden vaikutuksista maan reaktioon. Tunnettu on nitraattien fysiologinen emäksisyys ja ammoniumsuolojen fysiologinen happamuus. Varsinkin viimeksimainittu on, huolimatta siitä, että lannoitetta yleensä annetaan pieniä määriä, sangen tuntuva. Tavallinen annos on 200 kg/ha, joka vastaa 100 mg = 20 mg N/l maata, jos lasketaan 20 sm muokkauskerrosta kohti. Jo näinkin pienen määrän on huomattu mitattavassa määrässä vaikuttavan happamuutta lisäävästi, ja jos on kysymyksessä ennestään hapan maa ja vaateliäs viljelyskasvi, ilmenee myös haittoja kasvussa.

Muillakin suoloilla kuin fysiologisesti emäksisillä tai happamilla voi olla maan reaktioon vaikutusta. Tunnettua on, miten happamuudenmäärityksissä suolaliuosta uuttoaaineena käyttäen saadaan huomattavasti pienempiä pH-lukuja kuin pelkkää vettä käyttäen. Tämä johtuu siitä, että käytetyn suolan kationit vaihtavat maakolloidien pinnoilta muita kationeja, myös H-ioneja, liuokseen, jonka happamuus silloin lisääntyy. Etenkin Saksassa oli laajassa käytössä pH-määritystapa, jossa lietos tehdään 1 n. KCl-liuoksella. On selitetty, että näin saatava happamuusluku antaa selvemmän käsityksen kuin vesilietos siitä, onko maan happamuus haitallisen suuri, kun siinä vaikuttaa myös pidättyneenä oleva H-ionimäärä.

Jos hapanta maata käsitellään suolaliuoksella, joka sitten poistetaan, vähenee siis maan happamuus. Jatkamalla käsittelyä voidaan saada kaikki H-ionit vaihtamaan metallikationeihin ja maan neutraaliksi tai emäksiseksi (1). Käytännössä ei tällainen tietenkään tule kysymykseen kuin poikkeustapauksissa, esim. silloin kun kasteluun käytetään suolaista vettä. HALLGREN (3) on tehnyt meriveden vaikutuksia selvittävän tutkimuksen, josta ilmenee, että niinkin pienet määrät kuin 25 mm sadetta vastaava määrä 0.5 % suoloja sisältävää keinotekoista merivettä, voivat selvästi vähentää maan happamuutta. Tässä tutkimuksessa huuhdottiin lopuksi suolat pois tislattulla vedellä, jota käytettiin mainitussa tapauksessa 175

mm sadetta vastaava määrä. Ilman tätä huuhtomista olisi varmastikin ilmennyt suolan happamuutta lisäävä vaikutus.

TERÄSVUORI (11, s. 92) sanoo perusteellisessa maan suolapitoisuuden ja happamuuden välisiä suhteita selvittävässä tutkimuksessaan, ettei tavallisessa väkilannoitteiden käytössä ole pelkoa suolojen happamuutta lisäävästä vaikutuksesta muuta kuin erittäin suolaköyhissä maissa (ei koske ammoniumsuoloja). Näin onkin varmasti asianlaita, jos käytetään pieniä määriä, 100—200 kg/ha, ja ne saadaan tasaisesti sekaantumaan maahan. Huolessellakaan levittämällä ja multaamisella ei lannoitteita kuitenkaan saada läheskään tasaisesti sekoittumaan koko muokkauskerrokseen, vaan aina jää pesäkkeitä, joissa suolaväkevyys muodostuu melkoiseksi. Lisäksi on muistettava, että viljelyskasvit, joille käytetään suurimpia määriä väkilannoitteita (500—1000 kg/ha), esim. sokerijuurikas ja monet vihanneskasvit, ovat myös arimpia pientenkin happamuuden lisäysten suhteen. KAPPEN (5) huomauttaa mahdollisuudesta, että suolat saattavat aktivoida happamuutta niin paljon, että siitä voi koitua haittoja kasvillisuudelle.

Suolojen lisäämis- ja huuhtomiskoe pienoiskoossa.

Suolojen lisäämisen ja sen jälkeen tapahtuvan huuhtoutumisen vaikutuksia seuratakseni tein pienen kokeen astioissa. Sopivien lasiastioiden puuttuessa käytin koeastioina parafinoituja pahvitölkkejä, joiden pohjaan puhkaistiin reikä, jotta kasteluun käytetty vesi voisi valua pois. Astiat olivat katkaistun kartion muotoisia, sillä suoraseinäisiä ei ollut saatavissa. Kokeessa pantiin kaikkiin astioihin sama tilavuusmäärä, 325 ml maata, jolloin maakerros oli n. 7 sm paksu ja sen yläpinta oli n. 50 sm². Kivennäismaanäytteiden tilavuuspainot määritettiin EGNERIN tunnetulla koputusmenetelmällä. Turpeiden tilavuuspainojen määrittämissä käytettiin tilavuuden määrittämiseen tuoreita näytteitä (8). Erilaiset suolat lisättiin liuoksina (CaCO₃ ja CaSO₄ lukuunottamatta), sekoitettiin perusteellisesti maahan ja maa kostutettiin kyllästyskosteuteen, ennenkuin se pantiin astiaan. Kaikkia suoloja käytettiin 26.4 mg ekv. astiaa eli 81.3 mg ekv./l kohti maata. Kokeeseen käytetyt maat ja suolat nähdään taulukosta 1.

Astiat täytettiin ja ensimmäiset näytteet pH-määrittäystä varten otettiin 9/10 —45. Tämän jälkeen astioita kasteltiin tislattulla vedellä aikoina ja vesimäärillä, jotka nähdään taulukosta 2. Kun maan pinta astiassa oli 50 sm², vastaa 100 ml vettä 20 mm sadetta. Kastelut tehtiin tapahtumia luonnossa jäljitellen pitkän ajan kuluessa antaen maiden välillä enemmän tai vähemmän kuivua. Astiasta valunut vesi mitattiin heti, määrät nähdään taulukosta 2. Käytetty vesi ei läheskään kokonaisuudessaan joutunut valumaan maakerroksen läpi, vaan huomattava osa siitä jäi maahan, jossa haihtumisen johdosta varmastikin tapahtui myös suolojen liikettä ylöspäin kuten luonnossakin. pH-mittauksia tehtiin aikoina, jotka samaten kuin maiden silloinen likimääräinen kosteustila nähdään taulukosta 2. pH-mittaukset tehtiin tavalliseen tapaan vesilietoksesta 1 : 2,5.

7/3 —46, jolloin kasteluun oli käytetty kaikkiaan 1450 ml vettä eli 290 mm sadetta vastaava määrä, tehtiin valuneista vesistä kvalitatiiviset Cl-määritykset

Taulukko 1. — Table 1.

No	Ilmak. maata astiaan <i>Air-dry soil per pot</i>	Tilavuus- paino <i>Volume weight</i>	Hehkutus- kevennys % <i>Loss of ignition</i>	Käytetty suola <i>Salt used</i>
<i>Urpasavi, Ylistaro — Muddy clay</i>				
1	250 g	0.77	7.5	—
2	»			CaCO ₃
3	»			CaSO ₄
4	»			MgCl ₂
5	»			NH ₄ Cl
6	»			CaCl ₂
7	»			KCl
8	»			NaCl
<i>Aitosavi, Leppävaara — Heavy clay</i>				
9	380 g	1.17	8.0	—
10	»			CaCl ₂
11	»			KCl
<i>Hiekka, Haaga — Sand</i>				
12	440 g	1.35	5.1	—
13	»			CaCl ₂
14	»			KCl
<i>Mutasuoturve, Leteensuu — Swamp peat</i>				
15	115 g	0.35	81.1	—
16	»			CaCl ₂
17	»			KCl
<i>Rahkaturve, Leteensuu — Sphagnum peat</i>				
18	50 g	0.15	82.8	—
19	»			CaCl ₂
20	»			KCl

AgNO₃:lla; tällöin saatiin seuraavat tulokset (+++ ja ++ selvä samennus, + heikko samennus, ? samennus epävarma, 0 samennusta ei lainkaan):

Astian no <i>Pot No.</i>	Samennuksen voimakkuus <i>Turbidity</i>	Astian no <i>Pot No.</i>	Samennuksen voimakkuus <i>Turbidity</i>
1	0	12	0
2	0	13	0
3	0	14	0
4	+++		
5	+	15	0
6	+	16	++
7	?	17	+++
8	?		
		18	0
9	0	19	+
10	?	20	0
11	?		

Nähdään, että kloori on eräissä tapauksissa jo täysin huuhtoutunut, mutta toisissa sitä on vielä jäljellä.

Kastelemista ja pH:n seuraamista jatkettiin, kunnes kaikkiaan oli käytetty 2350 ml vettä. Tämä vastaa 470 mm sadetta, joka on lähes vuotuinen sademäärä maassamme.

Tulosten tarkastelua.

Happamuussuhteet eri aikoina.

Selvemmän käsityksen saamiseksi on tulokset eri aikoina tehdyistä pH-määrittämisistä esitetty paitsi taulukossa 2 myös graafisesti piirroksissa 1—5 (urpasavesta vain osittain). Läpi valunut vesimäärä on merkitty abskissalle mm:inä ja pH on merkitty ordinaatalle.

Nähdään, että suolalisäys on aluksi tuntuvasti alentanut pH:ta, mutta kun vettä on valunut maan läpi jokin määrä, pH nousee suolalisäyksen saaneissa. Kaliumkloridia saaneissa pH:n nousu tapahtuu etenkin hiekkamaassa hyvin nopeasti ja menee yleensä selvästi yläpuolelle 0:sta saatujen lukujen. KCl on siis kyennyt neutraloimaan maata. Kalsiumkloridiakin saaneissa pH nousee, mutta paljon hitaammin ja näyttää jäävän samaan tasoon kuin ilman suolalisäystä olevissa astioissa.

Piirroksista nähdään myös, että pH-arvot ovat kovin horjuvia. Etenkin koe-kauden alkupuolella voi samasta astiasta eri aikoina saaduissa luvuissa olla suurempia eroja kuin eri astioiden luvuissa. Ettei tämä johdu suolojen epätasaisesta jakaantumisesta, nähdään siitä, että vaihtelut ovat samanlaisia astioissa, joihin suoloja ei ole lisätty. Voidaan todeta, että se seikka, onko maa ennen pH-mittauksia ollut märkää vai kuivaa, vaikuttaa saatavaan arvoon. Niinpä melkein kaikissa on kolmannen mittauksen tulos huomattavasti korkeampi kuin muut. Se johtuu nähtävästi siitä, että maat silloin olivat olleet märkiä yli 5 viikkoa. Viidennen mittauksen tulos (samalla pystysuoralla linjalla kuin neljäs) taas on melkein kaikkialla huomattavan alhainen. Se johtuu siitä, että maat ennen sitä olivat saaneet melko tarkkaan kuivua. Tällaisesta pH-arvojen muuttumisesta ja horjuvuudesta mainitsee mm. TUORILA (12).

Selostettavana olevan pikku kokeen tuloksista näkyy, että neutraalisuolat maassa aluksi selvästi lisäävät happamuutta, mutta kun vapautuneet H-ionit huuhtoutuvat pois, pH-luku voi nousta alkuperäistä suuremmaksi, jolloin siis neutraalisuola vaikuttaa happamuutta vähentävästi. Kokeessa käytetyt määrät, $81.3 \text{ mg ekv./l} = 2 \times 81.3 \text{ kg ekv./ha}$ 20 sm kerroksessa vastaten siis esim. 12000 kg/ha KCl, ovat niin suuria, etteivät ne käytännössä tule kysymykseen missään olosuhteissa, mutta runsaita määriä epätasaisesti mullattaessa voi syntyä pesäkkeitä, joissa suolamäärä saattaa lähennellä mainittua suuruusluokkaa. Useita vuosia runsasta lannoitusta käytettäessä tekevät yhteenlasketut määrät niinkään huomattavia summia, mutta silloin tapahtuvat myös metallikationien aiheuttama H-ionien vapautuminen ja huuhtoutuminen pitkän ajan kuluessa ja vähin erin.

Taulukko 2. Maakerroksen läpi valuneet vesimäärät ja pH eri aikoina. — Table 2. Amount of water percolated through soil and pH at different times.

	Urpasavi — Muddy clay						Aitosavi Heavy clay		Hiekka — Sand		Mutasuoturve Swamp peat		Rahkaturve Sphagnum peat							
	CaCO ₃	CaSO ₄	MgCl ₂	NH ₄ Cl	CaCl ₂	KCl	NaCl	0	CaCl ₂	KCl	0	CaCl ₂	KCl	0	CaCl ₂	KCl				
pH suolalisäyksen jälkeen 15/10 —45. — pH after addition of salts 15/10 —45.	4.27	6.76	4.05	3.92	3.92	3.80	3.80	4.00	5.78	5.27	5.36	6.76	6.24	6.49	4.68	4.19	4.34	4.34	3.31	3.64
Lisätty vettä 100 ml vastaten 20 mm sadetta. — 100 ml water added, corresponding to 20 mm rain.																				
Siitä valunut ulos ml. — Escaped water in ml.	15	3	8	8	10	8	13	15	20	23	21	1	7	5	18	24	22	9	6	11
pH sen jälkeen 21/10, maat vielä märkiä. — pH after this 21/10, soils still wet. . .	4.31	6.45	3.98	3.97	3.85	3.83	3.85	4.05	5.61	5.39	5.39	7.17	6.98	7.61	4.56	4.24	4.51	4.39	3.44	3.95
Lisätty vettä yht. 175 ml vastaten 35 mm sadetta. — Total of 175 ml water added, corresponding to 35 mm rain.																				
Valunut ulos yht. ml. — Total of water escaped in ml.	47	43	54	36	58	61	70	70	69	73	65	56	66	63	63	65	63	53	29	55
pH sen jälkeen 26/10, maat vielä märkiä. — pH after this 26/10, soils still wet. . .	4.33	7.15	4.11	3.99	3.99	3.95	4.12	4.29	5.85	5.71	5.41	7.32	7.20	7.71	4.83	4.28	4.56	4.56	3.48	4.09
Lisätty vettä yht. 275 ml vastaten 55 mm sadetta. — Total of 275 ml water added, corresponding to 55 mm rain.																				
Valunut ulos yht. ml. — Total of water escaped in ml.	82	76	75	85	110	109	109	128	94	118	107	118	124	125	106	105	97	87	45	94
pH sen jälkeen 7/11, maat kosteita. — pH after this 7/11, soils moist.	4.17	7.14	4.07	4.02	4.06	3.95	3.99	4.26	5.90	5.47	5.41	7.20	7.10	7.51	4.70	4.26	4.48	4.36	3.33	3.92
Tällä välillä ei vettä lisätty, vaan maat saivat kuivua. — In this interval no water was added and the soils were allowed to dry																				
pH kuivuneesta 4/12. — pH of the dry soils 4/12.	4.46	6.78	4.05	4.02	3.95	3.98	3.85	4.22	5.69	5.34	5.49	6.84	6.79	7.03	4.51	4.26	4.41	4.26	3.58	3.68
Lisätty vettä yht. 650 ml vastaten 130 mm sadetta. — Total of 650 ml water added, corresponding to 130 mm rain.																				
Valunut ulos yht. ml. — Total of water escaped in ml.	255	250	260	277	304	318	330	317	315	325	320	329	339	344	232	244	256	254	192	244
pH kuivuneesta 4/1 —46. — pH of the dry soils 4/1 —46.	4.51	6.97	4.19	4.32	4.44	4.42	4.59	4.81	5.85	5.85	6.12	6.89	7.08	7.71	4.70	4.42	4.73	4.42	3.58	4.26

Lisätty vettä yht. 900 ml vastaten 180 mm sadetta. — Total of 900 ml water added, corresponding to 180 mm rain.

Valunut ulos yht. ml. — Total of water escaped.	352	348	363	388	416	448	480	471	467	455	445	476	465	492	371	356	331	397	347	384
pH kuivuneesta 23/1. — pH of the dry soils 23/1.	4.53	7.05	4.19	4.37	4.78	4.53	4.80	4.83	6.08	6.01	6.39	6.97	7.15	7.74	4.76	4.39	4.76	4.32	3.75	4.66

Lisätty vettä yht. 1150 ml vastaten 230 mm sadetta. — Total of 1150 ml added, corresponding to 230 mm rain.

Valunut ulos yht. ml. — Total of water escaped in ml.	467	473	504	521	564	578	646	648	650	595	583	633	596	667	545	479	432	556	508	541
pH kuivuneesta 14/2. — pH of dry soils 14/2.	4.66	6.97	4.42	4.76	5.00	4.73	4.93	5.02	6.12	6.01	6.39	7.06	7.06	7.71	4.97	4.66	4.86	4.66	4.22	4.90

Lisätty vettä yht. 1450 ml vastaten 290 mm sadetta. — Total of 1450 ml of water added, corresponding to 290 mm rain.

Valunut ulos yht. ml. — Total of water escaped in ml.	633	644	676	690	741	773	848	854	870	787	770	831	785	867	750	652	581	772	701	752
pH kuivuneesta 7/3. — pH of dry soils 7/3.	4.59	7.13	4.26	4.59	4.83	4.56	4.86	4.86	6.15	6.22	6.40	7.06	7.13	7.59	4.98	4.66	5.10	4.59	4.32	5.10

Lisätty vettä yht. 1850 ml vastaten 370 mm sadetta. — Total of 1850 ml water added, corresponding to 370 mm rain.

Valunut ulos yht. ml. — Total of water escaped in ml.	810	823	850	871	932	961	1049	1057	1094	994	974	1038	979	1079	919	808	721	988	906	955
pH kuivuneesta 1/4. — pH of dry soil 1/4.	4.63	7.03	4.46	4.63	4.80	4.71	5.03	4.88	6.05	6.18	6.40	7.06	6.97	7.47	5.00	4.85	5.05	4.66	4.42	5.20

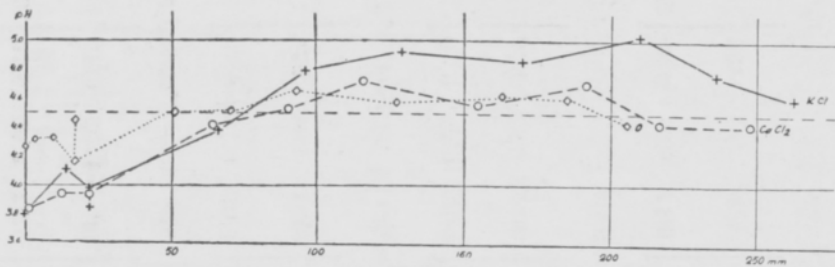
Lisätty vettä yht. 2100 ml vastaten 420 mm sadetta. — Total of 2100 ml water added, corresponding to 420 mm rain.

Valunut ulos yht. ml. — Total of water escaped in ml.	923	952	969	983	1045	1084	1181	1196	1276	1127	1117	1173	1096	1217	1045	886	799	1144	1058	1113
pH kuivuneesta 27/4. — pH of dry soils 27/4.	4.60	7.07	4.12	4.39	4.67	4.43	4.77	4.72	5.92	5.95	6.15	6.97	6.97	7.43	4.73	4.73	5.04	4.60	4.36	5.24

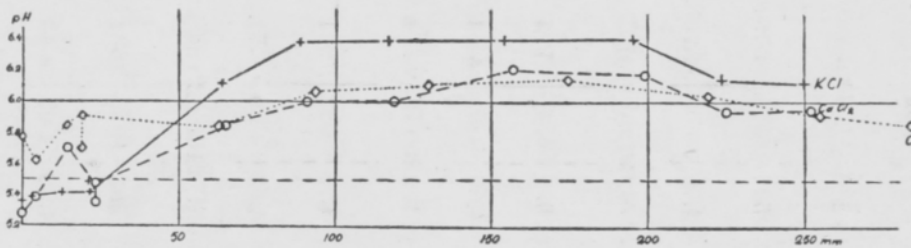
Lisätty vettä yht. 2350 ml vastaten 470 mm sadetta. — Total of 2350 ml water added, corresponding to 470 mm rain.

Valunut ulos yht. ml. — Total of water escaped in ml.	1031	1065	1075	1102	1158	1209	1316	1331	1430	1260	1251	1295	1215	1347	1153	963	888	1267	1152	1222
pH täysin ilmakeivasta 5/8. — pH of the completely air-dried soils 5/8.	4.44	6.88	4.10	4.47	4.47	4.44	4.61	4.50	5.86	5.96	6.13	6.74	6.91	7.34	4.57	4.71	4.88	4.27	4.33	4.94

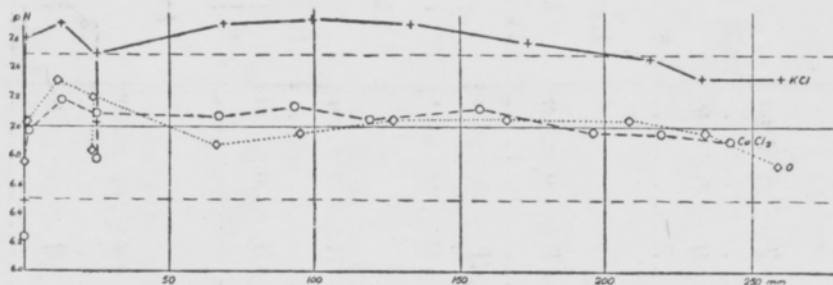
Kuinka nopeasti ja täydellisesti vapautuneiden H-ionien (ja yleensä liuenneiden aineiden) huuhtoutuminen tapahtuu, riippuu maan läpi tihkuvasta vesimäärästä, joka taas puolestaan riippuu sademäärästä ja siitä, suuriko osa sateena tulleesta vedestä joutuu kulkemaan maan läpi. FLODKVISTIN (2, s. 306) havaintojen mukaan Ruotsissa joutuu koko sademäärästä 26—37 % salaojiin, mikä siis on maan läpi tihkunut osa. Meillä on vuotuinen sademäärä n. 600 mm, josta edellisen mukaan suunnilleen kolmannes = 200 mm tihkuu maan läpi. Määrä riippuu luonnollisesti suuresti maan kaltevuudesta, tiiviydestä, sateiden jakaantumisesta ym. Selostetun kokeen mukaan tämä vesimäärä riittää hyvin huuhtomaan vapautuneen H-ionin. Vuotuisen sademäärän riittäminen tähän voidaan päätellä myös siitä, että meillä lannoitteiden mukana maahan tullut kloori yleensä huuhtoutuu nopeasti pois.



Kuva 1. pH:n vaihtelut urpasavessa.
Fig. 1. Changes of pH in muddy clay.



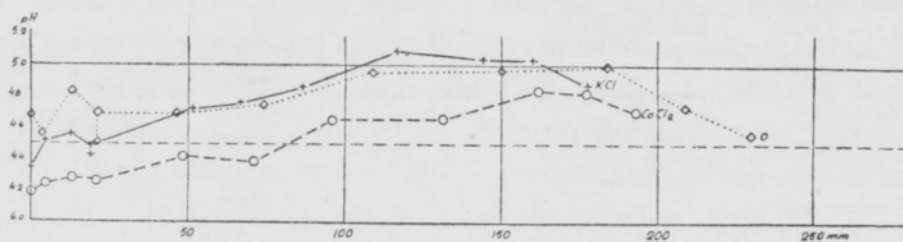
Kuva 2. pH:n vaihtelut aitosavessa.
Fig. 2. Changes of pH in heavy clay.



Kuva 3. pH:n vaihtelut hiekassa.
Fig. 3. Changes of pH in sand.

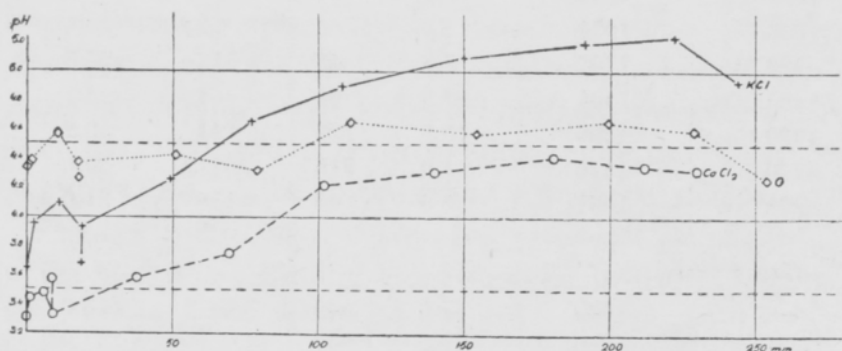
SALOHEIMO (10) on tehnyt kenttäkokeessa havaintoja kalisuolalannoituksen vaikutuksesta maan happamuuteen. Valitettavasti ovat kokeessa tehdyt pH-mittaukset jonkin verran epämääräisiä. Näiden mukaan on runsas kalisuolojen

käyttö (350 kg/ha 40 % kalisuolaa vuodessa, 8 vuoden aikana yhteensä 2800 kg/ha) alentanut maan pH:ta jopa lähes puoli pH-astetta, mutta hän tulee kuitenkin tulokseen, että muutos ei ole niin suuri, että siihen tarvitsisi kiinnittää huomiota. Nämä havainnot on tehty vuosina 1929—36, jolloin maassamme oli pitkä suhteellisen vähäsateinen kausi.



Kuva 4. pH:n vaihtelut mutasuoturpeessa.

Fig. 4. Changes of pH in swamp peat.



Kuva 5. pH:n vaihtelut rahkaturpeessa.

Fig. 5. Changes of pH in Sphagnum peat.

Pidättyneet kalium ja kalsium.

Suoloissa maahan saatetut uudet kationit vaihtavat paitsi H-ioneja muitakin kationeja liuokseen. Nämä voivat uuttua maan läpi tiikkuvan veden mukana pois maasta. Tein kokeen loputtua myös pidättyneinä olevien kaliumin ja kalsiumin määritykset koemaista TUORILAN (12) esittämällä menetelmällä, jossa maata uutetaan 1 n. NH_4Cl :lla uutussuhteessa 10 : 250. Kaliumin määrittämistä varten haihdutin 100 ml uutetta kuiviin ja hehkutin jäännöksen sähköuunissa 600° :ssa ammoniumin poistamiseksi. Itse kaliuminmäärityksen tein tavallisella menettelytavalla natriumkobolttinitriitillä saostamalla ja hapettamalla pestyn nitriittisakan kaliumpermanganaatilla. Kalsiumin määritin TUORILAN ohjeiden mukaan ammoniumoksaalaatilla saostamalla ja hapettamalla sakan kaliumpermanganaatilla. Saadut tulokset nähdään taulukosta 3. Siihen on myös laskettu, kuinka suuren huuhtoutumisen erilaiset suolalisäykset ovat aiheuttaneet, kun on lähtökohdaksi otettu ilman suolalisäystä olevassa havaittu ja suolalisäyksessä maahan annetut määrät. Selvemmän käsityksen saamiseksi on kaikki laskettu litraa kohti maata.

Maahan lisätty kalsium ei ole sanottavasti vähentänyt vaihtuvaa kaliumia, enemmän ovat sitä vähentäneet vastaavat määrät magnesiumia ja natriumia (urpasavessa). Lisätystä kaliumista on kyllä melkoinen osa pidättynyt vaihtuvaan muotoon, mutta huuhtoutuminen on sittenkin ollut kovin suuri. Tämän tutki-

Taulukko 3. — Table 3.

Kokeen loputtua eri maissa olleet vaihtuvat K ja Ca.
Exchangeable K and Ca present in the different soils on end of experiment.

Astian no <i>Pot No</i>	Suolalisäyksen		Vettä käytetty kaikkiaan 2350 ml = 470 mm sadetta, siitä valunut ulos ml <i>Total of water used 2350 = 470 mm rain, amount escaped in ml</i>	Vaihtuvaa kaliumia, K <i>Exchangeable K</i>			Vaihtuvaa kalsiumia, Ca <i>Exchangeable Ca</i>		
	laatu	määrä mg/l maata		mg/100 g	mg/l maata mg/l of soil	huuh- toutunut mg/l maata washed away mg/l of soil	mg/100 g	mg/l maata mg/l of soil	huuh- toutunut mg/l maata washed away mg/l of soil
	<i>Added salt</i>								
	<i>kind</i>	<i>amount mg/l of soil</i>							
<i>Urpasavi — Muddy clay</i>									
1	—	—	1031	21.2	163	—	33.4	257	—
2	CaCO ₃	1630 Ca	1065	11.2	86	77	239.0	1840	47
3	CaSO ₄	1630 Ca	1075	11.2	86	77	126.5	975	912
4	MgCl ₂	980 Mg	1102	5.8	45	118	25.8	199	58
5	NH ₄ Cl	1465 NH ₄	1158	12.9	99	64	23.2	179	78
6	CaCl ₄	1630 Ca	1209	15.8	122	41	59.2	456	1431
7	KCl	3170 K	1316	41.0	316	3017	20.6	159	98
8	NaCl	1870 Na	1331	5.8	45	118	31.0	238	19
<i>Aitosavi — Heavy clay</i>									
9	—	—	1430	47.0	550	—	213.0	2490	—
10	CaCl ₂	1630 Ca	1260	47.0	550	0	234.0	2740	1380
11	KCl	3170 K	1251	87.0	1020	2700	162.0	1900	590
<i>Hiekka — Sand</i>									
12	—	—	1295	16.8	226	—	172.0	2320	—
13	CaCl ₂	1630 Ca	1215	10.0	135	91	187.0	2520	1430
14	KCl	3170 K	1347	30.3	409	2987	147.0	1985	335
<i>Mutasuoturve — Swamp peat</i>									
15	—	—	1153	47.0	165	—	965.0	3380	—
16	CaCl ₂	1630 Ca	963	58.0	203	+38	1040.0	3640	1370
17	KCl	3170 K	888	392.0	1370	1965	845.0	2960	420
<i>Rahkaturve — Sphagnum peat</i>									
18	—	—	1267	108.0	162	—	840.0	1260	—
19	CaCl ₂	1630 Ca	1152	84.0	126	36	1050.0	1580	1310
20	KCl	3170 K	1222	475.0	713	2619	535.0	803	457

muksen perusteella ei tosin ole ratkaistavissa, suuriko osa on todella huuhtoutunut ja suuriko on pidätynyt vaihtumattomaksi (6), kun valuneiden vesien pitoisuuksia ei ole selvitetty. Todennäköistä on kuitenkin, että suurin osa kalista on uuttunut pois valuneen veden mukana. Parhaiten on lisätty kalium pidätynyt mutasuoturpeeseen, sen jälkeen aitosaveen ja rahkaturpeeseen, huonommin hiekkaan ja kaikkein vähiten, omituista kyllä, urpasaveen. Voidaan ajatella, että urpasaven suuri happamuus on vaikeuttanut kaliumin pidättymistä (4 ja 9), mutta miksei

rahkaturpeen vähintään yhtä suuri happamuus ole sitä estänyt yhtä paljon? Seli-tyksenä voinee olla adsorboivien aineiden erilaisuus (6 s. 32 ja seur.).

Vaihtuvaa kalsiumia on lisätty kalium vähentänyt selvästi. Kaliumin vaikutus kalsiumin huuhtoutumisen edistäjänä onkin yleisesti tunnettu. Urpasavessa käytetyt Mg, NH₄ ja Na ovat aiheuttaneet kalsiumin vähenemistä paljon lievemmin. Lisätystä kalsiumista on CaCO₃:na annettu pidättynyt kaikkein parhaiten, CaSO₄:nä annettu sensijaan paljon huonommin, mikäli saatu luku sekään kokonaisuudessaan on todella pidättyneenä ollutta kalsiumia, sillä ammoniumkloridi liuottaa myös maassa olevaa kipsiä (13, s. 324). CaCl₂:na annettu kalsium on parhaiten pidättynyt mutasuoturpeeseen, aitosaveen ja hiekkaan, paljon heikommin rahkaturpeeseen ja urpasaveen. Nähdään, että happamaan maahan annettu kalsium pidättyy melko heikosti, ellei samalla tapahdu neutralisaatiota.

Suolojen vaikutus muutamiiin maan fysikaalisiin ominaisuuksiin.

Maan suhtautuminen veteen riippuu huomattavassa määrässä siitä, mitä kationeja on sen adsorptiokehissä (13). Kun selostetussa kokeessa maahan lisättiin suuria määriä erilaisia suoloja, tein kokeen loputtua muutamia havaintoja myös koemaiden vedenpidätyskyvystä ja hygroskooppisuudesta. Vesikapasiteetin määritin yleisesti käytetyllä tavalla, jossa maan annetaan määrättyissä olosuhteissa imeä vettä ja todetaan pidättynyt vesimäärä (7, s. 41). Vedenpidätyskyvyssä ei kuitenkaan ollut havaittavissa mitään eroja suolakäsittelyn johdosta, joten saatuja lukuja ei esitetä.

Hygroskooppisuudet määritin samoin yleisesti käytetyllä tavalla, jossa maanäytettä pidetään ohennetussa ilmassa eksikaattorissa, jossa on 10 %:ista H₂SO₄ (7, s. 47). Sain eri maista taulukossa 4 esitetyt tulokset.

Taulukko 4. — Table 4.

Hygroskooppisuus eri maissa kokeen jälkeen.
Hygrosopic moisture in the different soils on end of experiment.

Astian no <i>Pot No</i>	Käsittely <i>Treatment</i>	Hygros- kooppinen kosteus % <i>Hygrosco- pic mois- ture %</i>	Astian no <i>Pot No</i>	Käsittely <i>Treatment</i>	Hygros- kooppinen kosteus % <i>Hygrosco- pic mois- ture %</i>
Uipasavi — <i>Muddy clay</i>			Hiekka — <i>Sand</i>		
1	—	4.02	12	—	2.05
2	CaCO ₃	4.23	13	CaCl ₂	2.16
3	CaSO ₄	4.18	14	KCl	2.00
4	MgCl ₂	4.15	Mutasuoturve — <i>Swamp peat</i>		
5	NH ₄ Cl	4.05	15	—	22.6
6	CaCl ₂	4.08	16	CaCl ₂	21.7
7	KCl	3.98	17	KCl	20.7
8	NaCl	4.07	Rahkaturve — <i>Sphagnum-peat</i>		
Aitosavi — <i>Heavy clay</i>			18	—	22.0
9	—	4.48	19	CaCl ₂	21.6
10	CaCl ₂	4.43	20	KCl	22.8
11	KCl	4.57			

Hygroskooppisuusluvuissakin on vain aivan pienet erot. Sellaisetkaan vahvasti hydratisoituvat ionit kuin Na ja Mg eivät kokeen olosuhteissa ole tuntuvasti lisänneet maan hygroskooppisuutta. Rahkaturvetta ja aitosavea lukuunottamatta kalsium on aiheuttanut hieman suuremman hygroskooppisuuden kuin kalium.

Yhteenveto.

Selostetun kokeen tuloksista nähdään, että neutraalisuolaisuus happamassa maassa aluksi selvästi lisää maan happamuutta ajaessaan pidättynyttä H-iona adsorptiovaipeista liukseen. Kun sen jälkeen tapahtuu maan huuhtoutumista, jolloin maanesteeseen tulleet H-ionit joutuvat siitä pois, vähenee näin aiheutunut happamuus. Suuri suolamäärä saattaa jopa nostaa maan pH:n entistä korkeammallekin. Tämä vaikutus on kaliumionilla tehokkaampi kuin kalsiumionilla. Näyttää siltä, että vuotuisesta sademäärästä maan läpi tihkuva vesi riittää huuhtomaan näin vapautuvan H-ionin.

KIRJALLISUUTTA.

- (1) AARNIO, B., Die Einwirkung von adsorbierten Ionen auf die Bodenreaktion. Verhandlungen der zweiten Kommission der Int. Bodenk. Ges. Teil A, s. 2—4, Budapest 1929.
- (2) FLODKVIST, H., Kulturtechnische Grundwasserforschungen. Sveriges Geologiska Undersökning, Årsbok 25, N:o 4, 1931.
- (3) HALLGREN, G., On the physical and chemical effects of saline irrigation water on soils. Lantbrukshögskolans Annaler 12, s. 23—50, 1945.
- (4) HISSINK, D. J., Der Basenaustausch im Boden. Transactions of the third int. congr. of Soil Sc., Vol. II, s. 60—74, 1935.
- (5) KAPPEN, H., Die Bodenazidität. Berlin 1929.
- (6) KERÄNEN, T., Kaliumista Suomen maalajeissa. Acta Agraria Fennica 63, 1946.
- (7) LEMMERMANN, O., Methoden für Untersuchung des Bodens I. Berlin 1932.
- (8) LUNDBLAD, K., Om bestämning av organogena jordars volymvikt. Lantbrukshögskolan Jordbruksförsöksanstalten, Meddelande Nr 11, 1945.
- (9) MATTSON, S., The pedography of hydrologic soil series V. The distribution of K and P and the Ca/K ratios on relation to the Donnan equilibrium. Lantbrukshögskolans Annaler 12, s. 119—130, 1945.
- (10) SALOHEIMO, L., Kalisuolan vaikutuksesta maan reaktioon. Suomen Suoviljelysyhdistyksen Vuosikirja 41, s. 137—161, 1937.
- (11) TERÄSVUORI, A., Über die Bodenazidität mit besonderer Berücksichtigung des Elektrolytgehaltes der Bodenaufschlammungen. Valt. Maatalouskoet. Julk. N:o 29, 1930.
- (12) TUORILA, P., Några problem rörande kalkningsfrågan. Sveriges Vall- och Mosskulturföreningens Kvartalskrift 7, s. 83—101, 1945.
- (13) VAGELER, P., Der Kationen- und Wasserhaushalt des Mineralbodens. Berlin 1932.

SUMMARY.

SOIL ACIDITY REACTION TO ADDED SALTS.

MARTTI SALONEN.

Institute of the Agricultural Chemistry, University of Helsinki.

The object of the investigation described was to determine how added salts reduce the pH of the soil and how soon the latter rises when the soil is irrigated and percolated by water.

The experiment was performed in paraffined cardboard containers with holes in their bottoms to let the water out. The 5 different soil types used appear in Table 1. A same volume, 325 ml, of all the different soils was used, and the weight in grammes as well the volume weight and the loss of ignition are shown in Table 1. 26.4 mg ekv. of each kind of salt were used per pot = 81.3 mg ekv./l of soil. The salts used also appear in Table 1. From time to time the pots were watered with distilled water and in the intervals were left to dry more or less, as happens in nature. The soil area of the pots being 50 cm², 100 ml water used in irrigation corresponds to 20 mm rain. The amount of water used at different times as well as the outflow of water are given in Table 2, which also shows the pH observed at different periods. In order to give a clear view of the proceedings graphic representations of the chief results are given in Figs. 1—5, in which the outflow of water is marked on the abscissa and the pH values on the ordinate.

The results show that the addition of salts (with the exception of CaCO₃) has initially clearly reduced the pH of the test soils, but on irrigation the percolating water has washed away the released H-ion and the pH of the soil rises. This rise appears most swiftly and clearly when KCl is used. It can be stated that it will eventually have raised the pH definitely above that of the untreated soil. An addition of CaCl₂ also causes the pH to rise but more slowly and leaves it at about the same level as the pH of the untreated soil. In general an outflow of 100 mm water seems already sufficient to wash away from the soil the H-ion released by the addition of salts. As the amount of water which in Finland yearly percolates the soil, may be estimated to average 200 mm of rain, it may be concluded that neutral salts cannot cause a permanent increase in the acidity of soil but may on the contrary cause a slight decrease.

Table 3 shows the amount of exchangeable K and Ca found in the soil on the end of the experiment. The added K has effected a considerable washing away of Ca, and similarly the added Ca has to some extent caused the K to be washed away. The greater part of the added K and Ca (omitting the CaCO₂) has been washed away from the soil.

Table 4 shows the hygroscopic moisture of the soil on the end of the experiment. It has been only slightly influenced by the added salts.
