

ERI UUTTOMENETELMIEN VERTAILUA HELPPOLIUKOISEN FOSFORIHAPON ESIINTYMISSUHTEIDEN SELVITTÄMISESSÄ ETELÄ-POHJANMAAN KASVINVILJELYSKOEASEMAN KOEKENTÄLLÄ.

MARTTI SALONEN.

Yliopiston maanviljelyskemian laitos, Helsinki.

Saapunut 3. V. 1946.

Maan lannoitustarpeen selvittäminen on koko maanviljelyskemian kehittämisajan ollut sen keskeisimpiä tutkimusaiheita, sillä kasvinravintoaineiden saanti ratkaisee pääasiassa sadon suuruuden. Fosforihapon suuri merkitys kasvintuotannossa ja yleinen niukkuus viljelysmaissa on aiheuttanut, että sen esiintymis- ja liukenemissuhteiden tutkimiseen on uhrattu kenties enemmän työtä kuin muiden kasvinravintoaineiden ominaisuuksien tutkimiseen. Kuitenkaan ei vielä ole keksitty täysin tyydyttävää menetelmää fosfaattilannoituksen tarpeen määrittämiseksi.

Kun selvisi, että tuntemalla fosforihapon, kuten yleensä muidenkin kasvinravintoaineiden, kokonaismäärät ei vielä tiedetä kasvien käytettävissä olevia määriä, on sopivan määritysmenetelmän, ennen muuta uuttomenetelmän, keksiminen ollut kasvinravintoaineiden määrittämisessä pääasia. Alalla onkin tehty paljon työtä ja esitetty suuri määrä erilaisia määritystapoja (1, 2 ja 3).

Tätä tarkoitusta varten sopivien analyysimenetelmien keksiminen ja kehittyminen on antanut työlle lisää vauhtia ja tehnyt mahdolliseksi ottaa käytäntöön sellaisia määritystapoja, jotka eivät voisi tulla kysymykseenkään esim. painoanalyttisiä työtapoja käytettäessä. Tärkeimpiä näistä uusista analyysimenetelmistä on kolorimetrinen fosfaatin määritysmenetelmä, jolla tyydyttävällä varmuudella voidaan selvittää niinkin pienet määrät kuin 0.05 mg/1 P.

Maa-analyysissä käytettäviä kasvinravintoaineiden määritystapoja voidaan erottaa kaksi eri ryhmää, biologiset ja kemialliset, sekä lisäksi välimuotoja, joista tärkein on NEUBAUERIN (13) orasanalyysi.

Kemiallisen kasvinravintoaineiden määritysmenetelmän arvon selvittämiseksi on sen antamien tulosten vertailu pellolla saatuihin tuloksiin (lannoituskoee) luonnollisin ja lopuksi ainoa pätevä peruste. Kun kuitenkin kenttäkokeiden käyttämi-

sessä tähän tarkoitukseen on monia vaikeuksia, on koetettu löytää myös muita vertailuperusteita. Parhaan tällaisen muodostaa epäilemättä tarkoituksenmukainen astiakoe (5). Sillä on kenttäkokeeseen verrattuna monia huomattavia etuja. Niitä ovat esim. riippumattomuus sääsuhteista ym. häiriöistä, jotka aina uhkaavat kenttäkoetta, sekä se, että astiakokeeseen ja kemialliseen analyysiin voidaan käyttää täysin samaa maata.

Eräs mahdollisuus vertailuperustan saamiseksi kasvinravintoaineiden määrittämismenetelmän tuloksille on käyttää aineistoa alueelta, jonka ominaisuudet ja tarpeet tunnetaan pitkäaikaisen viljelyskokemuksen perusteella. Esilläolevassa tutkimuksessa on käytetty aineistoa, joka on saatu Etelä-Pohjanmaan kasvinviljelyskoeaseman koekentältä Ylistarosta. Tämä alue sopi tarkoitukseen paitsi sen vuoksi, että sen kasvukyky on ollut v:sta 1927 alkaen monipuolisen ja pätevän tarkkailun alaisena, myös sen vuoksi, että siinä maan ominaisuudet ja lannoitustarve ovat eri osissa kenttää erilaiset.

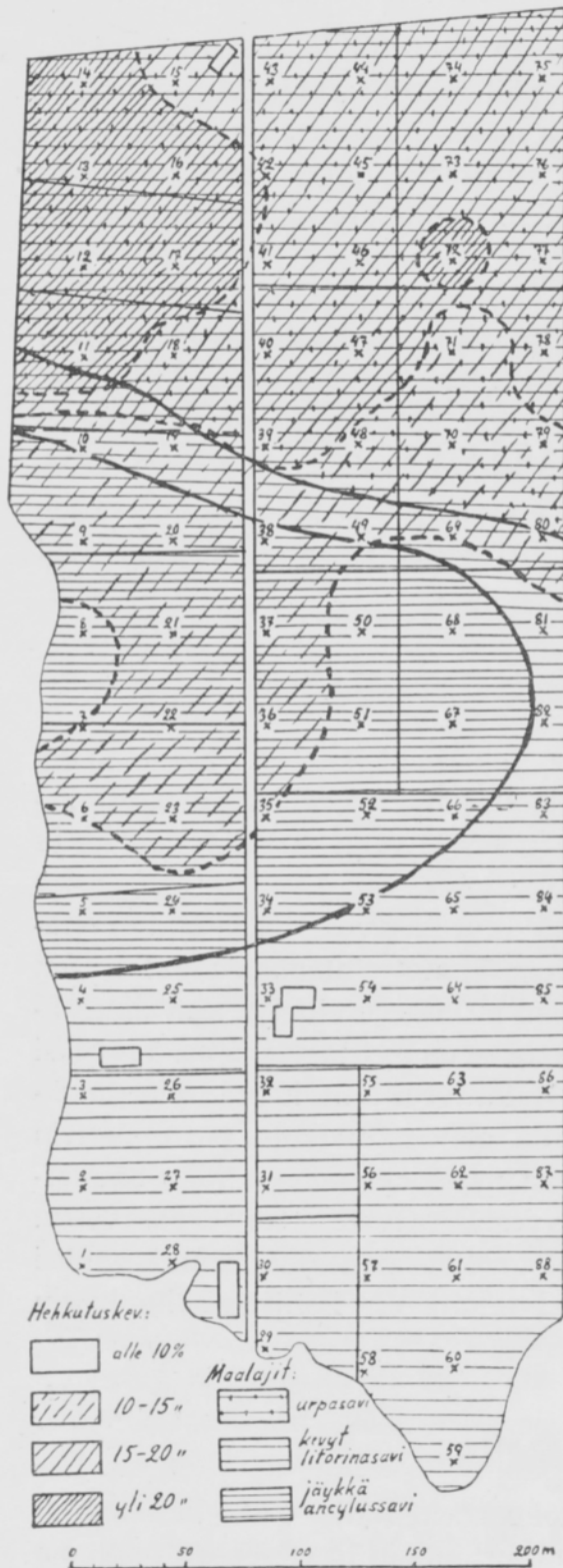
Etelä-Pohjanmaan koeaseman koekentän maaperäsuhteet.

Koekentän maalajeista on HONKAVAARA (9) julkaissut kartan. Ne nähdään myös oheisesta kartasta (kuva 1). Samasta kartasta nähdään niinkään näytteenottopaikkojen sijainti ja numerointi. Siihen on myös kuvattu hehkutuskevennys eri osissa koekenttää.

Pääosa koekenttää on Pohjanmaalla yleistä litorinasavea, joka kentän yläpäässä on säilyttänyt alkuperäisen urpasaviluonteensa, mutta alapäässä on läheisen Kyrönjoen ja melko syvän puronuoman sekä kauan jatkuneen viljelyksen vaikutuksesta pintakerroksesta siinä määrin muuttunut, että se on nyt luettava ns. kevyeksi saveksi, joskin pohjalla on samaa sulfidipitoista »pikisavea» kuin kentän yläpäässäkin. Keskivaiheilla koekenttää esiintyy pohjalla olevan, paikoin parin metrin päähän tulevan kallioselänteen päällä vanhempaa ns. ancylussavea, joka ominaisuuksiltaan huomattavasti poikkeaa sekä kevyestä savesta että urpasavesta. Kentän peräosa on aikoinaan ollut ohuen turvekerroksen peittämä, minkä vuoksi se on hyvin multavaa. Tällainen hapan urpasavimulta on Pohjanmaalla hyvin yleistä kauempana jokivarresta olevilla pelloilla.

Aineiston hankkiminen.

Tutkimusaineiston keräsin kesällä 1939. Koko koekentälle, 12.84 ha, suunniteltiin näytteenottoverkosto 40×40 m:n välimatkoin, jolloin näytteenottopaikkoja tuli keskim. 6.8 kpl/ha. Maanäytteet otettiin maakairalla (Maatalouskoelaitoksen maatutkimusosaston käyttämää mallia) siten, että kustakin näytteenottopaikasta otettiin 1 m²:n alalta 10 kairausta, jotka yhdistettiin. Samalla tehtiin havainnot kyntömullan paksuudesta, joka kauan jatkuneen tasaisen kynnön vuoksi ei paljoa vaihdellut. Kyntömultanäytteet otettiin sen koko paksuudelta. Samalla tavalla otettiin myös jankkonäytteet välittömästi kyntömullan alta muusta pohjamaasta erottuvasta 5—10 sm paksusta kerroksesta, ja pohjamaanäytteet 50—80 sm:n



Kuva 1. Näytteenottoapaikat, maalajit ja hehkuskevenys.

Fig. 1. Places where soil samples are taken, soil classes and loss of ignition.

Hehkuskevenys = loss of ignition. Maalajit = soil classes. Urpasavi = muddy clay, kevyt litorinasavi = light litorina clay, jäykkä ancyllussavi = heavy ancyllus clay.

¹ Vaihtuvan kalkin määritykset on tehnyt maat. ja metsät. kand. RISTO VALTONEN 1945 Yliopiston maanviljelyskemian laitoksella laudaturtyönsä yhteydessä.

syvyydestä. Näytteet saivat kuivua ilma-kuiviksi, hienonnettiin huhmarissa ja seulottiin 2 mm:n seulalla.

Happamuus ja kalkkipitoisuus.

Fosfaattien liukoisuussuhteet riippuvat suuressa määrässä maan happamuudesta ja kalkkipitoisuudesta (7 ja 23). Niinpä tutkimusaineistosta selvitettiin nämä perustavaa laatua olevat ominaisuudet.

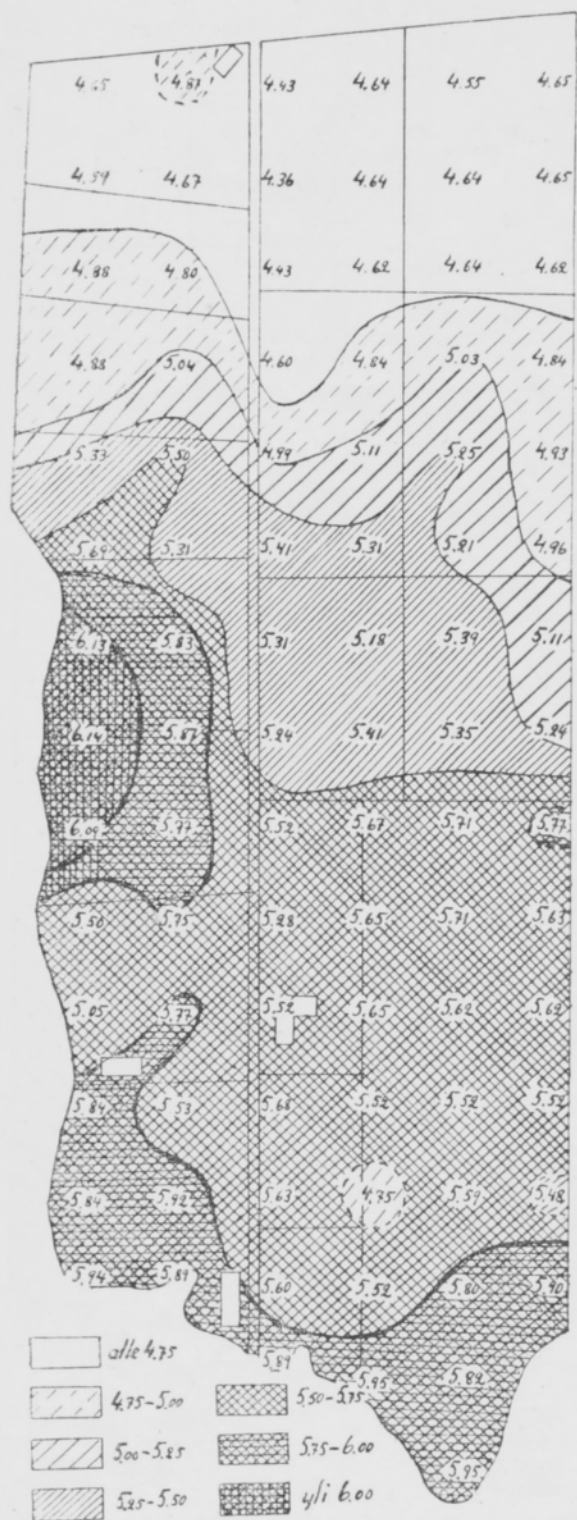
pH-mittaukset tehtiin kuivaamisen ja homogenisoimisen jälkeen tavalliseen tapaan vesilietoksesta. Niiden tulosten mukaan on piirretty happamuuskartta alueesta, kuva 2. Nähdään että maan happamuus lisääntyy suuresti kentän perälle päin. Vähiten happamia ovat ancyllussaven alue ja kentän etupää.

Kalkkipitoisuus selvitettiin TUORILAN (22) esittämällä menetelmällä käyttäen uuttamiseen 1 n. NH_4Cl suhteessa 1:50.¹ Vaihtuvan kalkin määrät nähdään kartasta, kuva 3, jossa luvut merkitsevät kg/ha Ca kyntömultakerroksessa. Kun kalkkipitoisuuskarttaa verrataan happamuuskarttaan, huomataan niissä melkoinen samannäköisyys. Huomattavin poikkeus on kentän keskivaiheilla pitkälle ulottuva, vähän vaihtuvaa kalkkia sisältävä alue, josta ei näy vaikutusta happamuuskartassa. Myöskään suurimman kalkkipitoisuuden ja korkeimman pH:n alueet eivät käy yhteen. TUORILA (22) on osoittanut, että pH ja kalkkipitoisuus eivät läheskään aina ole suorassa suhteessa.

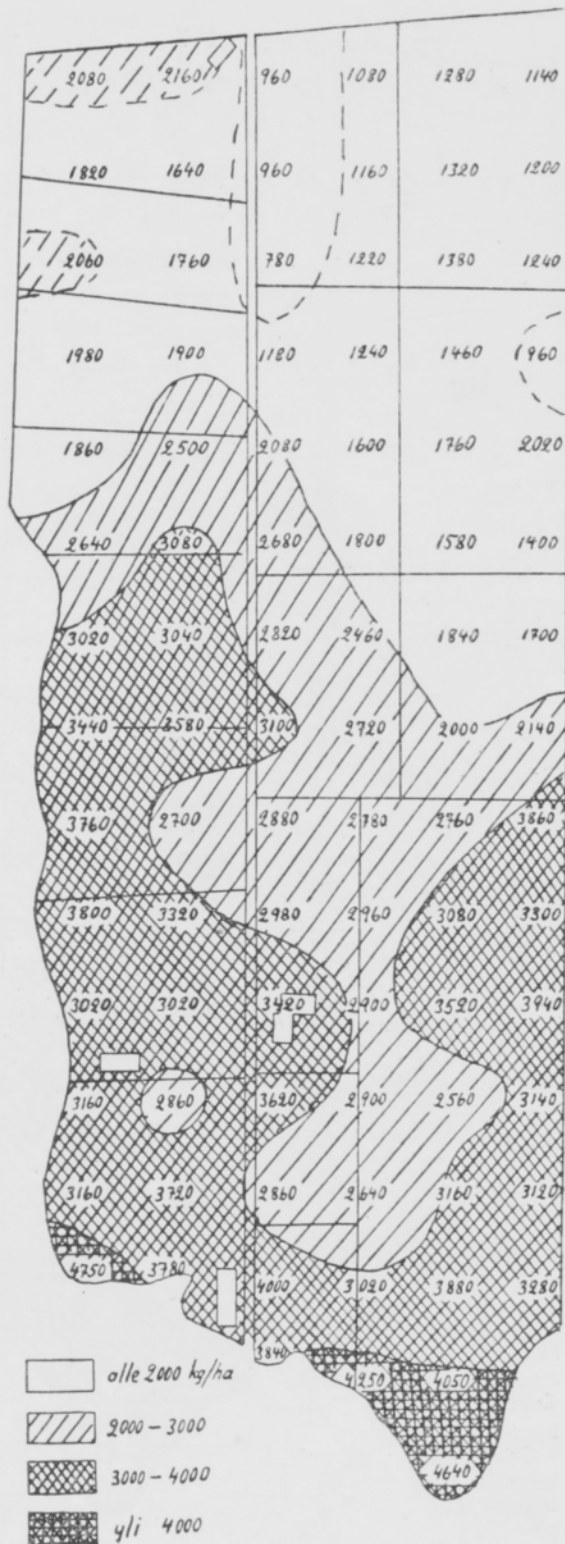
Helppoliukoinen fosfori eri menetelmillä.

SPURWAYN kenttämenetelmä.

Amerikkalainen SPURWAY (19) on esittänyt tärkeimpien kasvinravintoaineiden määrien selvittämiseksi nopeasti ja vähin apukeinoin suoritettavia puolikvantitatiiv-

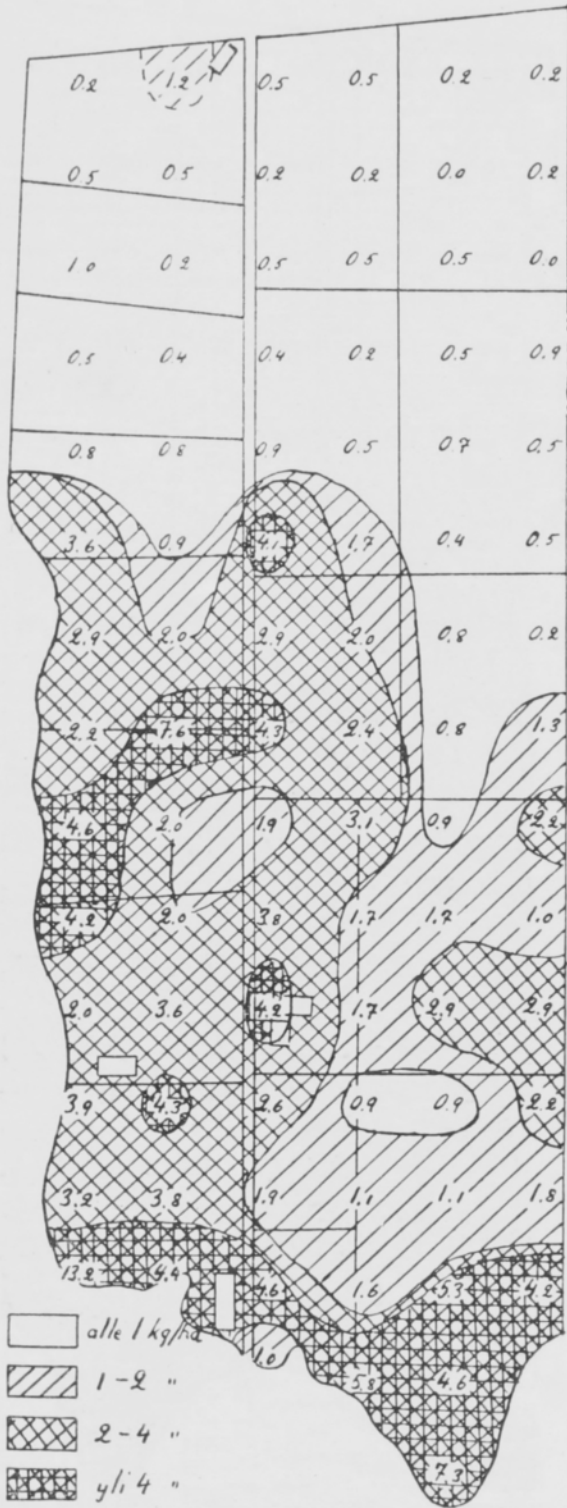


Kuva 2. Koekentän happamuussuhteet.
Fig. 2. Acidity relations of the experiment field.

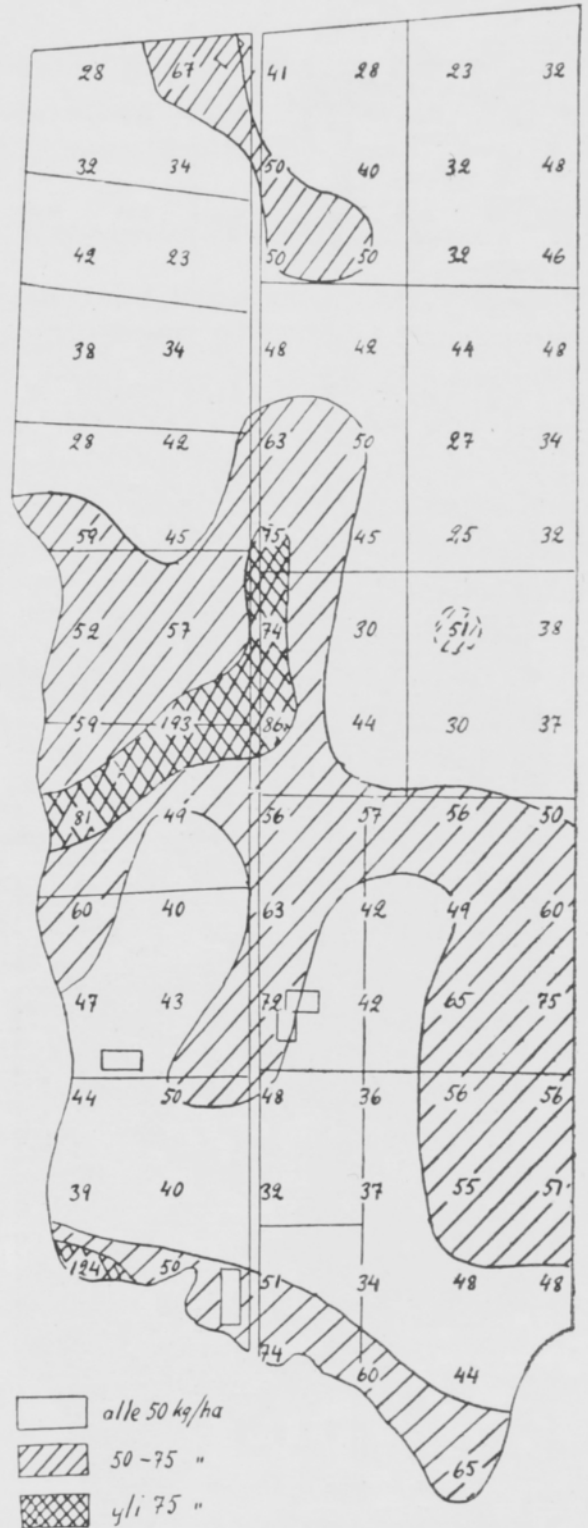


Kuva 3. Vaihtuva kalkki kg/ha Ca.
Fig. 3. Exchangeable calcium kg/ha Ca.

visia »testejä». Samantapaisia kenttämenetelmiä ovat esittäneet useat muutkin amerikkalaiset maaperäntutkijat. Niiden soveltamista on Suomessakin yritetty (16), eivätkä tulokset ole olleet kielteisiä ainakaan paljon suuritöisempiin laboratoriomenetelmiin verrattuna (11).

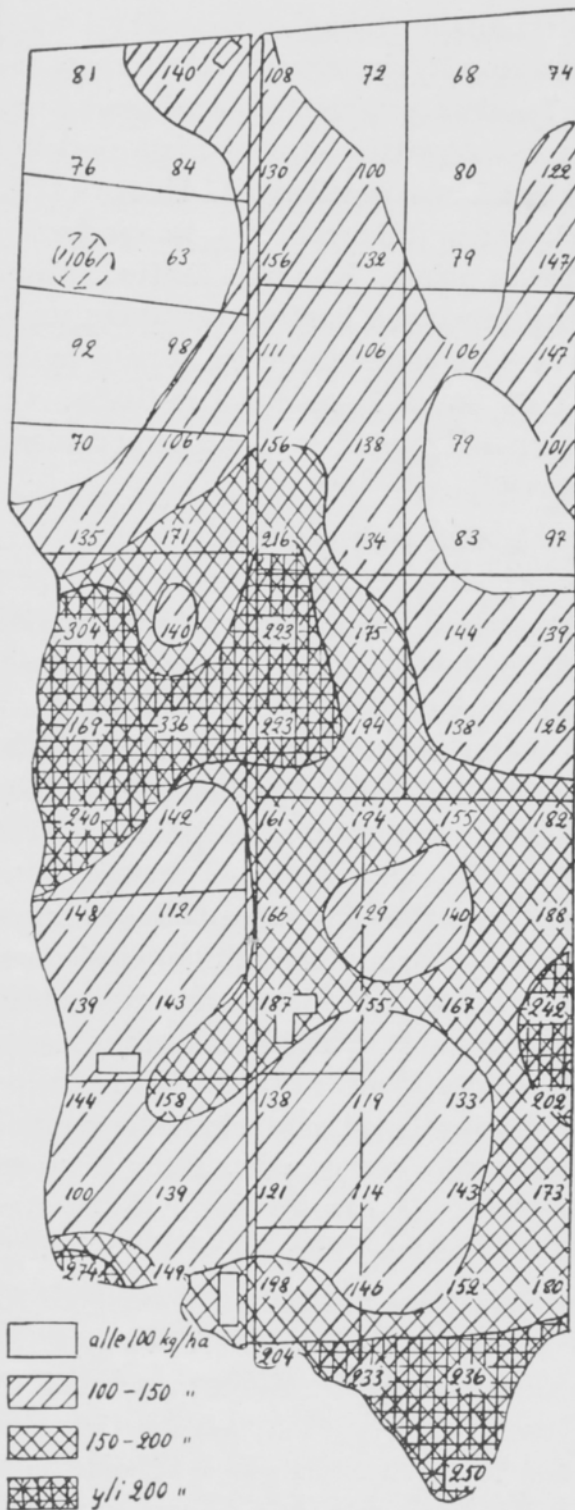


Kuva 4. SPURWAYN menetelmän mukaan liukeneva fosforihappo kg/ha P.
 Fig. 4. Phosphoric acid dissolved by SPURWAY's method kg/ha P.

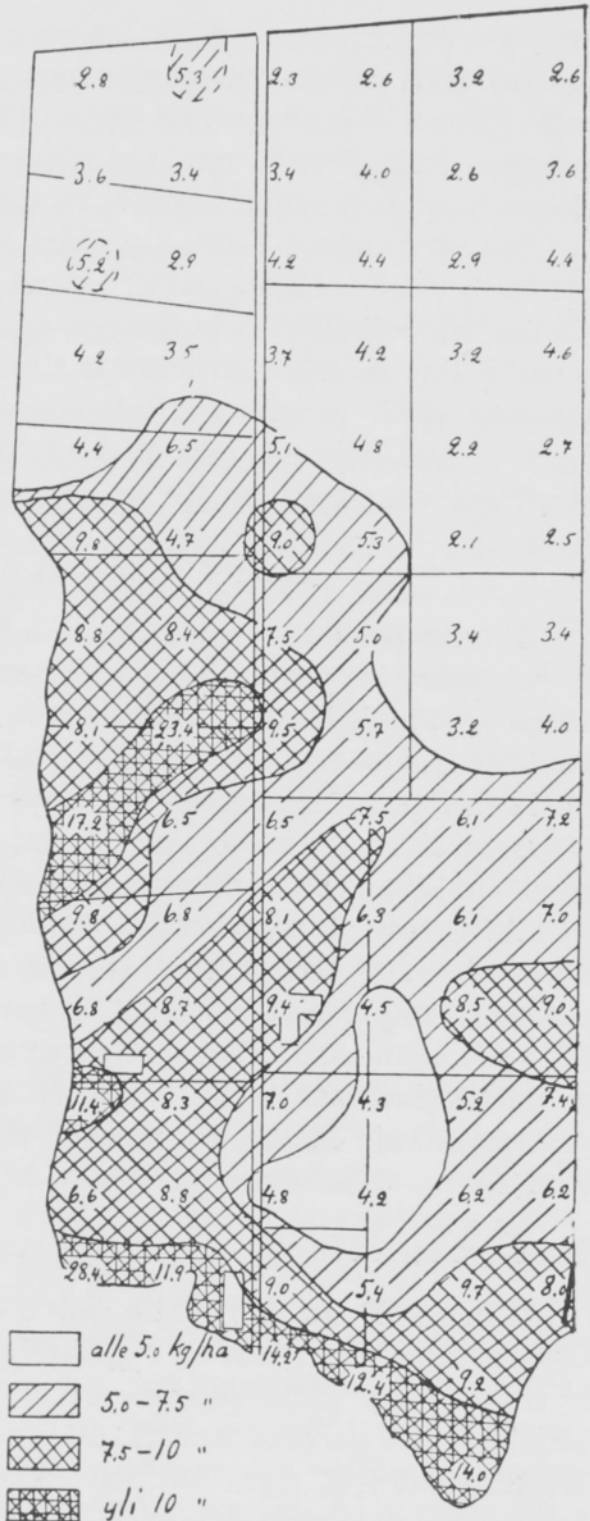


Kuva 5. EGNERIN menetelmän mukaan liukeneva fosforihappo kg/ha P.
 Fig. 5. Phosphoric acid dissolved by EGNER's method kg/ha P.

Esilläolevasta aineistosta tein Etelä-Pohjanmaan koasemalla kesällä 1939 helppoliukoisien fosforin määritykset SPURWAYN esittämällä menetelmällä. Tein pieniä muutoksia menettelytapaan saadakseni sen hieman täsmällisemmäksi.



Kuva 6. TRUOGIN ja DEANIN menetelmän mukaan liukeneva fosforihappo kg/ha P.
 Fig. 6. Phosphoric acid dissolved by TRUOG's and DEAN's method kg/ha P.



Kuva 7. Asetaattipuskurimenetelmän mukaan liukeneva fosforihappo kg/ha P.
 Fig. 7. Phosphoric acid dissolved by the acetate buffer method kg/ha P.

SPURWAYN esittämä menettelytapa on epämääräinen käytettävien kovin pienien maamäärien vuoksi ja sen vuoksi, että reagenssien lisääminen tapahtuu tiputtamalla ja syntyvää väriä verrataan paperille painettuun skaalaan. Käyttämäni

muunnos oli seuraava: 5 ml maata (mitattu erityisellä mittakauhalla) ja 30 ml 0.025 n. CH_3COOH pantiin 100 ml:n pulloon ja ravistettiin hyvin sekaisin. Uuttoneste sai vaikuttaa 2 t, jona aikana ravistettiin 4 kertaa. Suodatetusta uutteensta tehtiin kolorimetrinen fosfaatinmääritys koeputkessa ja värejä verrattiin samanlaisissa putkissa oleviin vertailuväreihin. SnCl_2 -liuos oli tehty SnCl_2 :sta ja väkeväästä HCl :sta (15).

Saadut tulokset laskettiin P:ksi kg/ha kyntömultakerroksessa ja merkittiin karttaan, kuva 4. Saadut fosforimäärät ovat hyvin pieniä. Kun näin saatua, äärimmäisen helppoliukoisten fosfaattien esiintymistä kuvaavaa karttaa verrataan vaihtuvan kalkin määriä esittävään karttaan, kuva 3, huomataan niiden olevan hyvin samannäköisiä. Ainoastaan havaintopisteessä 26 (kuva 1) on selvä ristiriita. On ilmeistä, että näin miedolla käsittelyllä, uutteen pH n. 4.0, saadaan liukenemaan etupäässä vain kalsium- (ja magnesium-)fosfaatteja.

E G N É R i n l a k t a a t t i m e n e t e l m ä .

EGNÉR (5 ja 6) on esittänyt helppoliukoisen fosforihapon määrittämiseksi menetelmän, jossa uuttamiseen käytetään kalsiumlaktaatin ja suolahapon seosta. Tämä pitkälle kehitetty menetelmä on tullut Ruotsissa yleiseen ja erittäin laajaan käyttöön. Myös Saksassa se oli voimakkaasti valtaamassa alaa ja olisi todennäköisesti ennen pitkää syrjäyttänyt siellä jo aikaisemmin suhteellisen laajaan käytäntöön päässeen NEUBAUERIN orasanalyysin. Siellä varsinkin RIEHM (14) kehitti tätä menetelmää todellista pikamenetelmää kohti.

Aineistostani tein kesällä 1945 EGNÉRIN mukaan liukenevan fosforihapon määritykset. Työssä seurasin tarkoin EGNÉRIN ohjeita, mutta lukuihin ei ole kuitenkaan tehty hänen esittämiään korrektoita maan savi- ja humuspitoisuuden sekä pH:n mukaan. Nämäkin luvut laskettiin kg/ha P kyntömultakerroksessa ja merkittiin karttaan, kuva 5. Kuten kartasta näkyy, ovat EGNÉRIN luvut paljon suurempia kuin SPURWAYN mukaan saadut. Ne sijoittuvat myös kartalle melkoisesti toisin, eivätkä seuraa läheskään kalkkipitoisuuskartan piirteitä.

T R U O G i n r i k k i h a p p o - j a a m m o n i u m s u l f a a t t i m e n e t e l m ä .

TRUOG ja DEAN (20) ovat esittäneet maan fosfaattien uuttamiseksi menetelmän 0.002 n. H_2SO_4 :llä, jossa on 3 g/l $(\text{HN}_4)_2\text{SO}_4$. Liuoksen pH on 3.0. Tätä käytetään hyvin väljässä uuttosuhteessa 1 : 200 ja huiskutetaan $\frac{1}{2}$ t. Tämä menetelmä on kirjallisuuden mukaan Amerikassa hyvin arvossa pidetty ja laajassa käytännössä. Kesällä 1945 tein myös TRUOGIN menetelmällä fosfaattimääritykset aineistostani. Saadut luvut ovat vieläkin suurempia kuin EGNÉRIN menetelmällä saadut. Ne esitetään kartassa 6 laskettuina kg/ha P kyntömultakerroksessa. Lukujen sijoittumisessa on melkoista samantapaisuutta EGNÉRIN menetelmällä saatujen lukujen kanssa, vain havaintopisteissä 21, 85 ja 86 on suurehko ristiriita.

M e n e t e l m ä a s e t a a t t i p u s k u r i l i o k s e l l a .

Kuultuani Etelä-Pohjanmaan koeaseman johtajan maist. T. HONKAVAARAN mielipiteen edellä esitettyjen tulosten yhteen käymisestä sen käsityksen kanssa,

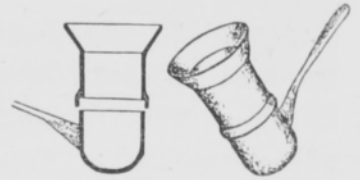
mikä hänellä oli koekentän eri osien fosfaattilannoituksen tarpeesta, yritin sommitella menetelmää, jonka tulokset mahdollisimman suuressa määrässä kävisivät yksiin saatujen viljelyskokemuksien kanssa. Menetelmän olisi samalla oltava käytännöllinen suorittaa. Saatujen kokemusten mukaan sen tuli muistuttaa SPURWAYN menetelmää, mutta uuttonesteen piti käsitykseni mukaan olla hieman vahvempi. Menetelmän tuli olla myös täsmällisempi kuin SPURWAYN menetelmä.

Uuttonesteeksi valitsin tavallisen asetaattipuskurin pH 3.7 (4), 180 ml 1 n. etikkahappoa ja 20 ml 1 n. natriumasettaaitta litrassa. Natriumasettaatin vaihdoin ekvivalenttiin määrään kalsiumasettaattia, jotta uute olisi paremmin kirkastuvaa. Asetaattipuskurilla on laktaattipuskuriin verrattuna muutamia etuja. Se ei ole lainkaan altis pilaantumaan mikrobiologisesti, mikä laktaattiliuoksessa on melkoinen haitta. Lisäksi se ei näinkään suuressa konsentraatiossa häiritse kolorimetristä fosfaatinmäärittystä, kuten laktaatti tekee. Asetaatti kyllä lisää sinisen värin intensiteettiä, mutta sen huomioonottaminen ei tuota vaikeuksia. Uuttonesteen otin näin väkeväksi, 0.18 n. etikkahapon suhteen, sen vuoksi, että pidin tarpeellisena, ettei uutteen pH muuttuisi käytettävässä ahtaanlaisessa uuttosuhteessa, 1:10, vaikka jossakin maanäytteessä olisi runsaastikin happoja neutraloivia aineita. Uuttosuhteen halusin nimenomaan 1:10, sillä silloin on tulosten laskeminen helpointa. Analyysiin käytettävän maamäärän otin mittaamalla. Tuloshan on kuitenkin aina laskettava tilavuusyksikköä kohti. Jos analyysiin otetaan suoraan tilavuusmitta maata, päästään tilavuuspainon määrittämisestä ja yhdestä laskutoimituksesta.

Maaerän mittaamisessa yritin soveltaa EGNÉrin (5) esittämää periaatetta. Tarkoitusta varten teetin erityisen mittakauhan, kuva 8. Siinä on varrellinen, varsinainen mittakauha, jonka tilavuus on 10 ml, ja sen päälle asetettava, suppilolla varustettu ja irroitettava apuholkki. Laite täytetään maalla ja koputetaan tiukkaan, kuten EGNÉR on esittänyt. Sen jälkeen holkki poistetaan ja kauhan sisältö tasataan esim. veitsen hamaralla. Näin saadaan 10 ml maata. Laitteella sain tyydyttävän tasaisia painomääriä, mutta sen käyttö osoittautui hitaaksi. Punnitseminen on paljon nopeampaa. Ainoastaan siinä tapauksessa, että maasta tehdään vain tämä yksi määrittäminen tai näin saadusta uuttesta tehdään useampia määrittämyksiä, on tällaisen mittakauhan käyttö edullista. Nopeampaan mittaukseen voitaisiin todennäköisesti päästä, jos keksittäisiin jokin riittävän täsmällinen puristamismenetelmä.

Itse uutttaminen tehtiin siten, että 10 ml maata pantiin 200 ml:n pulloon, lisättiin 100 ml esitettyä uuttonestettä ja huiskutettiin 1 t.

Kokeilin myös mahdollisuutta suodattamisen pois jättämiseksi. Uute kirkastuu riittävästi, jos se saa seistä 2—4 vrk, mutta tänä aikana vähenee sen fosfaattipitoisuus joko mikrobiologisista syistä tai pidättymisen vuoksi. Yhden vrk:n aikana ei ilmiö vielä tule tuntuvaksi, mutta uute on useimmissa tapauksissa hieman samea. Uutteen pipetoiminen laskeutuneen maakerroksen päältä analyysiä varten käy kyllä, kun noudatetaan sopivaa menettelytapaa. Jos uutteen analysoiminen suodatta-



Kuva 8. Maaerän mittaamiseen käytetty kauha.

Fig. 8. Spoon used for measuring the quantity of soil.

matta kävisi päinsä, säästäisi se melkoista työtä ja kustannuksia. — Tässä esitetyt tulokset on saatu tavalliseen tapaan suodatetuista uutteisista.

Menetelmällä saadut luvut nähdään kartasta 7. Väljemmästä uuttosuhteesta ja väkevämmästä uuttoneesteestä johtuen ovat luvut tuntuvasti suurempia kuin SPURWAYN menetelmällä saadut, kartta 4, mutta niiden mukaan piirretty kartta muistuttaa kuitenkin suuresti SPURWAYN luvuista saatua.

Käytetyillä menetelmillä saatujen tulosten vertailua eri maakerroksissa.

Viljelystoimenpiteillä on suuri vaikutus kasvinravintoaineiden esiintymis- ja liukenemissuhteisiin samoinkuin moniin muihinkin maan ominaisuuksiin. Myös humuspitoisuudella on tunnetusti suuri vaikutus fosfaattien liukenemissuhteisiin (8 ja 23). Jotta olisi saatu selvitystä siihen, missä määrin mainittujen tekijöiden (humuksen määrää ilmentää tässä hehkuskevennys) vaikutus tulee näkyviin tässä vertailtavana olevien menetelmien antamissa luvuissa, tehtiin muutamista näytteenottopisteistä määritykset myös jankko- ja pohjamaanäytteistä, jolloin molempien tekijöiden vaikutus vähenee alaspäin mentäessä.

Saadut tulokset nähdään taulukosta 1. Havaintopisteiden sijainti nähdään kartasta 1. Lukujen tarkastelussa voidaan ensiksikin havaita, että eri havaintopisteistä saadut pH-luvut ja vaihtuvan kalkin määrät vaihtelevat eri maalajeille luonteenomaiseen tapaan. Happamuus lisääntyy alaspäin mentäessä muissa paitsi ancylossavessa. Kalkkipitoisuus vähenee hiukan alaspäin mentäessä.

Tässä on otettu mukaan myös helposti liukeneva (0.01 n. HCl uuttosuhteessa 1:50) rauta. Yhtä hyvin tai ehkä paremminkin olisi voitu selvittää helposti liukeneva aluminium, mutta sen määrittämiseen ei ollut tilaisuutta. Raudan ja aluminiumin liukenemissuhteet ovat kuitenkin siinä määrin samanlaiset (17), että toisen perusteella saadaan käsitys toisestakin. Kyntömullassa ei raudan liukenemisluvuilla ole suurta eroa eri havaintopisteissä, mutta kuitenkin voidaan havaita, että urpasavesta sitä liukenee hieman enemmän kuin muista maalajeista. Viljelyksen vaikutuksen ja humuksen määrän vähentyessä jankkoon mentäessä erot raudan liukenemissuhteissa selvenevät, ja teroittuvat yhä pohjamaahan mentäessä. Urpasavessa ja kevyessä savessa liukenee pohjamaasta paljon enemmän rautaa kuin kyntömullasta, kun taas ancylossavessa raudan liukeneminen on pohjamaassa sama kuin kyntömullassakin.

Fosfaattien liukenemisessä eri kerroksista on yleisenä piirteenä, että liukeneminen vähenee alaspäin mentäessä. Hyvin selvä ja kaikissa maalajeissa ilmenevä tämä väheneminen on heikoilla uuttotavoilla, SPURWAYN menetelmällä ja asetaattipuskurimenetelmällä. Myös EGNÉrin menetelmällä on tämä väheneminen selvä urpasavessa, vähemmän selvä ancylossavessa ja pienin kevyessä savessa. TRUOGin menetelmällä saadut luvut poikkeavat tässä suhteessa melkoisesti muista. Urpasaven ja kevyen saven kohdalla on kyllä havaittavissa vähenemistä alaspäin mentäessä, mutta ancylossaven kohdalla huomataan melkoista lisääntymistä. Uutto-menettelmän antamat tulokset ovat tässä suhteessa verrattavissa puhtaalla mineraalihilapolla saataviin (17).

Taulukko 1. Eri menetelmillä saatu helppoliukoinen fosfori muutamissa havaintopisteissä kyntö-
mullassa, jankossa ja pohjamaassa. — Table 1. Easily soluble phosphorus, received by different
methods, in some observation points in ploughing layer and subsoil.

Näytteenoittopaikka Place where sample has been taken	Maalaji Soil	Hehkuskevennys % Loss of ignition %	pH	Vaihtuva kalkki Ca mg/l maata Exchangeable Ca mg/l soil	Helppoliukoinen P mg/1 maata Easily soluble P mg/1 soil				0.001 n. H ₂ SO ₄ 1:50 liuke- neva rauta Fe mg/1 maata 0.001 N H ₂ SO ₄ 1:50 soluble iron Fe mg/1 soil
					SPURWAY	EGNER	TRUOG	Asetaattipuskuri Acetate buffer	
Kyntömulta — Ploughing layer									
15	Urpasavi — Muddy clay	16.74	4.87	900	0.5	29	61	2.3	90
17	»	26.45	4.80	985	0.1	13	35	1.6	66
19	»	13.98	5.50	1660	0.5	28	71	4.3	64
21	Ancylussavi — Ancylus clay	11.70	5.83	2020	1.3	38	93	5.6	76
23	»	11.57	5.77	1600	1.1	27	79	3.6	64
25	Kevyt savi — Light clay	8.61	5.77	1770	2.1	25	84	5.1	66
27	»	8.94	5.92	2070	2.1	22	77	4.9	48
44	Urpasavi — Muddy clay	16.85	4.64	540	0.25	14	36	1.3	103
46	»	18.01	4.62	610	0.25	25	66	2.2	55
48	»	11.90	5.11	800	0.25	25	69	2.8	66
50	Ancylussavi — Ancylus clay	8.60	5.18	1640	1.3	26	117	3.2	76
52	»	9.36	5.67	1850	2.1	38	129	5.0	70
54	Kevyt savi — Light clay	7.31	5.65	1930	1.1	28	101	3.0	83
56	»	8.01	4.75	1200	0.5	17	52	1.9	83
J a n k k o — Upper subsoil									
15	Urpasavi — Muddy clay	6.25	4.34	388	0.25	7	16	0.5	128
17	»	10.84	4.63	412	0.0	7	23	0.5	49
19	»	8.02	5.14	608	0.1	9	32	0.9	70
21	Ancylussavi — Ancylus clay	8.23	5.78	1470	0.25	18	141	2.3	52
23	»	6.66	5.77	1580	0.8	15	200	1.8	36
25	Kevyt savi — Light clay	5.87	5.68	1075	0.25	21	71	1.7	71
27	»	5.73	5.69	1430	0.5	14	59	1.3	71
44	Urpasavi — Muddy clay	6.06	4.36	496	0.1	5	14	0.2	183
46	»	4.22	4.30	358	0.25	9	35	0.7	100
48	»	6.52	4.80	358	0.25	12	35	0.9	88
50	Ancylussavi — Ancylus clay	6.91	5.41	1570	0.8	16	139	1.8	47
52	»	6.43	5.62	1600	0.5	21	165	2.3	47
54	Kevyt savi — Light clay	4.37	5.55	1430	0.5	19	85	1.9	69
56	»	4.60	4.94	640	0.1	13	24	0.7	202
P o h j a m a a — Under subsoil									
15	Urpasavi — Muddy clay	4.14	4.21	890	0.1	6	24	0.2	232
17	»	4.84	4.19	282	0.0	3	19	0.3	200
19	»	4.32	4.62	840	0.0	1	30	0.1	168
21	Ancylussavi — Ancylus clay	4.52	5.90	1780	0.1	3	180	0.5	73
23	»	4.26	6.19	2020	0.1	3	315	0.8	63
25	Kevyt savi — Light clay	2.69	5.11	764	0.25	25	34	0.9	282
27	»	3.58	4.88	584	0.25	24	38	1.0	262
44	Urpasavi — Muddy clay	5.04	4.13	320	0.1	3	18	0.2	240
46	»	4.17	4.08	272	0.1	4	19	0.3	220
48	»	4.50	4.47	344	0.25	2	34	0.3	243
50	Ancylussavi — Ancylus clay	4.46	5.74	1570	0.25	5	218	1.1	57
52	»	4.44	6.04	1750	0.25	10	224	1.3	79
54	Kevyt savi — Light clay	4.09	5.62	1350	0.25	20	74	1.7	98
56	»	3.09	4.55	412	0.0	22	35	0.8	303

Taulukko 2. Eri menetelmillä liukeneva helppoliukoinen fosfori verrattuna juuriliukoiseen fosforiin mg/l maata.

Table 2. Easily soluble phosphorus, being dissolved by different methods, compared with NEUBAUER method gained phosphorus, mg/l soil.

Maanäytteen merkki Sample of soil	Orasanalyysi P mg/l NEUBAUER ana- lysis P mg/l		SPUR- WAY	EGNÉR	TRUOG	Ase- taatti- puskuri Acetate buffer
	I. sato I. har- vesti	I. 2. ja 3. sato yhteensä I. 2. and 3. harvest in all				
1. Kevyt savi, kyntöm. — Light clay, ploughing layer	12.8	31.7	0.64	6.6	87	1.2
2. Aitosavi, pohjam. — Heavy clay, sub- soil	22.4	72.1	2.60	29.4	502	4.7
3. Urpasavi, kyntöm. — Muddy clay, ploughing layer	7.4	9.0	0.24	4.0	22	0.9
4. Urpasavi, pohjam. — Muddy clay, subsoil	2.9	12.2	0.00	0.0	9	0.1
5. Aitosavi, kyntöm. — Heavy clay, ploughing layer	17.0	28.3	1.42	16.5	104	2.3
6. Aitosavi, pohjam. — Heavy clay, subsoil	13.5	59.4	3.00	38.4	518	8.8
7. Hietasavi, kyntöm. — Sandy clay, ploughing layer	22.3	43.0	1.27	12.5	102	2.0
8. Hietasavi, pohjam. — Sandy clay, subsoil	13.8	17.3	0.56	6.0	111	1.2
9. Hiekka, kyntöm. — Sand, ploughing layer	0.5	7.0	0.86	21.0	42	1.8
10. Hiekka, pohjam. — Sand, subsoil....	0.0	0.1	0.08	2.6	11	0.5
Ancylussavi 37, pohjam. — Ancylus clay 37, subsoil	1.5	7.0	0.06	1,2	140	0.1
Kevyt savi 32, pohjam. — Light clay 32, subsoil	6.4	9.1	0.30	31.0	36	1.8

Eri menetelmillä saadut luvut juuriliuokseen fosforiin verrattuina.

Johtuuko edellä esitetty eri maakerroksissa ilmenevä erilainen helppoliukoisten fosfaattien esiintyminen viljelystoimenpiteistä vaiko humuksen erilaisista määristä, ei ole tämän tutkimuksen perusteella selvitetävissä. Tässä yhteydessä onkin kiinnostavampaa tietää, mikä verrattavista menetelmistä antaa kasvien käytettävissä olevien määrien kanssa parhaiten yhteen käyviä tuloksia.

Kasveille käyttökelpoisen fosforin määrittämiseen oli kirjoittajalla käytettävissä vain NEUBAUERIN orasanalyysi (13). Sillä on tähän tarkoitukseen käytettäväksi omat heikkoutensa, ennen kaikkea se, että kasvit joutuvat toimimaan siinä kovin keinotekoisissa olosuhteissa ja se, että tuloksissa on aina jonkin verran epävarmuutta, mutta kuitenkin täytyy sillä saaduille tuloksille antaa jonkinlainen arvo,

Taulukko 3. Eri menetelmillä liukeneva fosfori % kolmella peräkkäisellä oras-analyysillä saadusta fosforista.

Table 3. The percentage of phosphorus dissolved by different methods, attained by three successive NEUBAUER analyses.

Maanäytteen merkki <i>Sample of soil</i>	Menetelmä — Method			
	SPURWAY	EGNÉR	TRUOG	Asetaatti- puskuri <i>Acetate buffer</i>
1. Kevyt savi, kyntöm. — <i>Light clay, ploughing layer</i>	2.0	21	274	3.7
2. Aitosavi, pohjam. — <i>Heavy clay, subsoil</i>	3.6	41	696	6.5
3. Urpasavi, kyntöm. — <i>Muddy clay, ploughing layer</i>	2.7	45	244	10.0
4. Urpasavi, pohjam. — <i>Muddy clay, subsoil</i>	—	—	74	0.8
5. Aitosavi, kyntöm. — <i>Heavy clay, ploughing layer</i> ..	5.0	58	367	8.1
6. Aitosavi, pohjam. — <i>Heavy clay subsoil</i>	5.1	65	872	14.8
7. Hietasavi, kyntöm. — <i>Sandy clay, ploughing layer</i>	3.0	29	237	4.7
8. Hietasavi, pohjam. — <i>Sandy clay, subsoil</i>	3.2	35	642	6.9
9. Hiekka, kyntöm. — <i>Sand, ploughing layer</i>	12.3	300	600	25.7
10. Hiekka, pohjam. — <i>Sand, subsoil</i>	80.0	2600	11000	500.0
Ancylussavi 37, pohjam. — <i>Ancylus clay 37, subsoil</i> ..	0.9	17	2000	1.4
Kevyt savi 32, pohjam. — <i>Light clay 32, subsoil</i>	3.3	340	396	19.8

sillä ne osoittavat kasvien todella käyttämiä määriä. Saksassa sitä on melko paljon käytetty kemiallisten menetelmien arvoa tutkittaessa. Tulosten varmuuden lisäämiseksi käytin menettelyä, jossa oraiden kasvatusta tehdään useita kertoja samasta maanäyttestä (18).

Käytetyssä varsinaisessa tutkimusaineistossa olivat maanäytteet liian pieniä orasanalyysiin. Sen vuoksi käytin tähän tarkoitukseen toista aineistoa, jota aikaisemmin olen tutkinut muissa yhteyksissä (17 ja 18). Siinäkin maanäytteet on otettu samasta paikasta kyntömullasta ja pohjamaasta. Lisäksi otin kesällä 1945 Etelä-Pohjanmaan koeaseman koekentältä havaintopisteistä 32 ja 37 pohjamaanäytteet, joista myös tein orasanalyysit.

Orasanalyysistä erikseen ensimmäisessä kasvatuksessa ja yhteensä kolmessa kasvatuksessa saadut tulokset nähdään taulukossa 2 laskettuina mg P litrassa maata, kuten verrattavina olevien kemiallisten menetelmienkin luvut. Kemiallisten menetelmien tulosten vertailemiseksi on laskettu myös, montako % ne ovat samasta näyttestä saadusta kolmen peräkkäisen orasanalyysin yhteenlasketusta tuloksesta, taulukko 3. Aineiston pienuuden vuoksi ei ole käytetty mitään tilastollisia vertailutapoja.

Lukuja tarkasteltaessa on huomattava, että hiekkamaista yleensä liukenee uuttamalla suhteellisesti enemmän fosfaatteja kuin savimaista. Tämä on yleensä otettu huomioon, kun on esitetty fosfaattipitoisuuden rajalukuja eri maalajeille. Nähdään, että SPURWAYN menetelmällä saatujen lukujen suhdeluvut, taulukko 3, ovat tasaisimmat, paljon muista poikkeavia ovat vain urpasavi 4 ja ancylussavi 37. EGNÉRIN menetelmälläkin saadut suhdeluvut on melko tasaisia, mutta muista pal-

jon poikkeavaksi tulee edellisten lisäksi kevyt savi 32. Seuraavalle sijalle tulee tässä suhteessa asetaattipuskurimenetelmä. Kaikkein epätaşaisimmat suhdeluvut on saatu TRUOGIN menetelmällä. Siinä tulevat ancylussavi 37:n ja kevyt savi 32:n suhteet päinvastaisiksi kuin muissa.

Tämän vertailun tuloksena voidaan sanoa, että TRUOGIN menetelmä antaa orasanalyysin kanssa huonosti yhteen käyviä tuloksia. SPURWAYN menetelmän luvut sensijaan käyvät melko hyvin yksiin orasanalyysin kanssa. Muista menetelmistä on tämän vertailun perusteella vaikea sanoa mitään varmaa.

Tulosten tarkastelua.

Tutkittavana olevan koekentän perällä vallitsee viljelyskokemuksien mukaan erittäin suuri fosfaattien tarve. Se ilmenee mm. eräästä perunalla suoritetusta levitystapakoikeesta v. 1945 (10). Koe sijaitti havaintopisteiden 43 ja 44 välissä. Superfosfaatti, jo 100 kg/ha, antoi selvän sadonlisäyksen levitetynä istutusvakoihin. Tavalliseen tapaan hajalle levitetynä antoi 200 kg/ha vain puolet siitä, eikä edes 400 kg/ha hajalle levitetynä vielä antanut niin suurta sadonlisäystä kuin 100 kg/ha vakoihin. Tämä viittaa siihen, että fosfaattien voimakas pidättyminen tässä maassa haittaa niiden käyttöä. Koekentän etupää ei ole suurestikaan fosfaattilannoituksen puutteessa. Niinpä havaintopisteiden 31 ja 32 välillä olevassa karjalannan ja eri väkilannoitteiden jatkuvan käytön vaikutuksia selvittävässä kokeessa 0-ruudut vielä antavat hyviä satoja, vaikka ovat olleet täysin ilman lannoitusta koko kokeen ajan v:sta 1931 alkaen.

Maisteri HONKAVAARAN lausunnon mukaan vastaavat SPURWAYN menetelmällä saadut luvut, kartta 4, parhaiten koekentän eri osien fosfaattilannoituksen tarvetta, mutta myös asetaattipuskurimenetelmällä saadut luvut, kartta 7, vastaavat niitä hyvin. Sensijaan EGNÉrin ja TRUOGIN menetelmällä saaduissa tuloksissa on useita kohtia, jotka eivät käy yksiin viljelyskokemusten kanssa. EGNÉrin menetelmällä tulee havaintopisteiden 15, 41, 42 ja 46 edustama alue ympäristöään fosfaattirikkaammaksi, ja TRUOGIN menetelmällä sama alue erottuu vielä suuremmissa määrässä ja laajempina ympäristöstään. Viljelyskokemusten mukaan on tämän alueen fosfaattilannoituksen tarve kuitenkin paljon suurempi kuin koekentän etuosan, johon EGNÉrin ja TRUOGIN menetelmien mukaan tulee laaja fosfaattiköyhä alue. Ainoastaan havaintopisteiden 31, 55, 56, 62 ja 63 tienoilla tuntuu viljelyskokemustenkin mukaan olevan ympäristöään fosfaattiköyhempi alue, mutta fosfaattilannoitteiden vaikutus ei siinä kuitenkaan ole läheskään niin suuri kuin kentän peräosassa. Parhaiten tämä tulee näkyviin SPURWAYN mukaan tehdyssä kartassa 4 ja verraten hyvin myös asetaattipuskurimenetelmän mukaan tehdyssä kartassa 7.

Eri maakerroksista tehdyistä lisätutkimuksista nähdään, että TRUOGIN menetelmä antaa humusköyhässä ancylussaven pohjamaassa hyvin suuria lukuja. Orasanalyysin mukaan ei siinä kuitenkaan ole sellaisia määriä kasveille käyttökelpoista fosfaattia. Orasanalyysin mukaan on myös urpasaven ja kevyen saven humusköyhässä pohjamaassa jonkinverran kasveille sopivaa fosforia, vaikkei niissä tässä käy

tettyjen kemiallisten menetelmien, TRUOGin menetelmää lukuunottamatta, mukaan ole lainkaan helppoliukoista fosfaattia.

Tässä käytetyissä menetelmissä on suurin ero uuttosuhteessa. Toinen voimakkaasti vaikuttava tekijä, happamuus, ei niissä ole suurestikaan erilainen. Happaminta, pH 3.0—3.1, uute on TRUOGin menetelmässä ja vähiten hapanta, pH 4.0—4.2 SPURWAYN menetelmässä. Tällainen eroavaisuus uutteen happamuudessa ei vielä aiheuta varsin suurta eroa tuloksiin. TUORILA ja TERÄSVUORI (21) ovat tutkineet uuttosuhteen merkitystä fosfaattien liukenemisessä maasta. Kun uuttosuhdetta väljennetään, liukenee painoyksikköä kohti maata yhä enemmän fosfaattia, jolloin kuitenkin eri maanäytteillä saadaan erilaisia tuloksia. Erityisesti saadaan liukenemaan ferri- ja aluminiumfosfaatteja, kun käytetään hyvin väljää uuttosuhdetta. TRUOG ja DEAN (20) käyttävät tätä ilmiötä analyysissä hyväksi siten, että samasta maasta tehdään paitsi tavallisella uuttosuhteella 1:200 uutteen myös suhteilla 1:400 ja 1:800. Jos uutteen fosfaattipitoisuudella on taipumus pysyä jokseenkin samana väljennetyistä uuttosuhteista huolimatta, se osoittaa heidän mukaansa ferrifosfaattien runsasta esiintymistä. Kalsiumfosfaatti sensijaan liukenee jokseenkin täydellisesti jo ahtaammassa uuttosuhteessa. Ferri- ja aluminiumfosfaattien käyttökelpoisuus on kuitenkin epäselvä, ja ainakin vaihtelee suuresti eri tapauksissa riippuen siitä, mikä on fosforin ja aktiivisten ferri- ja aluminiumoksidigeelien suhde. Kun viimeksimainittujen määrittäminen on joka tapauksessa suuritöistä, mikäli se yleensä on mahdollistakaan (12), ja vaatii lisätulkinnan, on käyttökelpoisten fosfaattien määrän selvittämiseksi löydettävä menetelmä, joka ottaa huomioon niidenkin vaikutuksen. Saadut tulokset viittaavat siihen, että suhteellisen ahdas uuttosuhte on tässä suhteessa suositeltava. Siinä tulee maan absorptiokyky paremmin näkyviin kuin väljässä uuttosuhteessa. Ahdas uuttosuhte on myös lähempänä niitä olosuhteita, joissa kasvinjuuret joutuvat työskentelemään. Myös itse analyysin suorittamisessa on ahtaasta uuttosuhteesta etua, sillä silloin kuluu vähän uuttonestettä ja kuitenkin voidaan ottaa analyysiin riittävän suuri määre.

On epäiltävää, onko paikallaan käyttää niin vahvasti puskuroitua uuttones-tettä kuin tässä käytetty asetaattipuskuriliuos on. Silloin tulee kaikissa maissa niiden ominaisuuksista riippumatta uuttaminen tapahtumaan samassa pH:ssa. Tuntuu tarpeelliselta, että maan ominaisuudet myös tässä suhteessa pääsisivät vaikuttamaan.

Yhteenveto.

Esilläolevassa tutkimuksessa on vertailtu muutamien kemiallisten fosfaatinmääritysmenetelmien tuloksia viljelysaluella, jonka kasvuominaisuudet tunnetaan lähes 20:n vuoden ajalta. Fosfaatinmääritykset on tehty koekentältä järjestelmällisesti otetuista näytteistä ja muutamista toisaalta otetuista suuremmista ja muissa yhteyksissä tarkemmin tutkituista maanäytteistä.

Vertailuun on otettu SPURWAYN esittämä kenttämenetelmä 0.025 n. etikahapolla uuttosuhteessa 1:6, EGNÉRIN esittämä menetelmä kalsiumlaktaatin ja suolahapon seoksella uuttosuhteessa 1:50, TRUOGin esittämä menetelmä 0.002 n.

rikkihapolla, jossa on 3 g/l ammoniumsulfaattia, uuttosuhteessa 1: 200, ja uusi menetelmä kalsiumasetaatipuskurilla, jonka pH on 3,7, uuttosuhteessa 1: 10.

Käytetyistä menetelmistä antoi SPURWAYN menetelmä parhaiten viljelyskokeuksien kanssa yhteen käyviä tuloksia. Lähes yhtä hyvin kävivät asetaatipuskurilla saadut tulokset yhteen niiden kanssa. Huonempi oli yhteenkäyminen EGNÉRIN menetelmän tuloksilla ja kaikkein huonoin TRUOGIN menetelmän tuloksilla.

KIRJALLISUUTTA.

- (1) BEHRENS, W. U., Methoden zur Bestimmung des Kali- und Phosphorsäurebedarfs landwirtschaftlich genutzter Böden. Berlin 1935.
- (2) » Die Fortschritte in der Bestimmung des Kali- und Phosphorsäurebedarfs der Böden. Forschungsdienst 4, 1937, s. 463—477.
- (3) » Die Fortschritte in der Bestimmung des Kali- und Phosphorsäurebedarfs der Böden II. Forschungsdienst 9, 1940, s. 237—253.
- (4) BRITTON, H. T. S., Hydrogen ions. London, 1932.
- (5) EGNÉR, H., Metod att bestämma löslig fosforsyra i åkerjord. Medd. Nr 425 från Centralanstalten för försöksväsendet på jordbruksområdet. Avd. för landbrukskemi Nr 51, 1932.
- (6) » G. KÖHLER und F. NYDAHL, Die Laktatmethode zur Bestimmung leichtlöslicher Phosphorsäure in Ackerböden. Lantbrukshögskolans Annaler 6, 1938 s. 253—298.
- (7) GAARDER, T., Die Bindung der Phosphorsäure im Erdboden. Medd. Nr 14 fra Vestlandets forstl. forsøkstation, 1930.
- (8) » und O. GRAHL-NIELSEN, Die Bindung der Phosphorsäure im Erdboden II, Medd. Nr 18 fra Vestlandets forstl. forsøkstation, 1935.
- (9) HONKAVAARA, T., Tuloksia viljelyskasvien laatukokeista Etelä-Pohjanmaan kasvinviljelyskoe-
asemalla. Valtion maatalouskoetöiminnan tiedonantoja 116, 1936.
- (10) » Fosfaattien levittämisestä kylvösiemenen mukana. Koetöiminta ja käytäntö 3, vihko 4, 1946.
- (11) KIVINEN, E., Tutkimuksia maan lannoitustarpeen määräämisestä. Agrogeologia julkaisuja 52, 1941.
- (12) MATTSON, S. and N. KARLSSON, The electrochemistry of soil formation: II. The phosphate complex. Lantbrukshögskolans Annaler 6, 1938, s. 109—157.
- (13) NEUBAUER, H., Die Keimpflanzenmethode. Berlin 1939.
- (14) RIEHM, H., Die Bestimmung der laktatlöslichen Phosphorsäure im Boden unter Verwendung eines
lichtelektrischen Kolorimeters. Bodenkunde und Pflanzenernährung 9/10, 1938, s. 30—50.
- (15) SAARINEN, P., Fosforiläpon määräämisestä veressä. Maataloustiet. Aikak. 10, 1938, s. 128—139.
- (16) SALONEN, M., Ameriikkalaisten pikamenetelmien käytöstä maan fosfaatti- ja kalilannoitustarpeen
määräämiseksi. Maataloustiet. Aikak. 11, 1939, s. 271—291.
- (17) » Fosforin esiintymismuodoista Suomen maalajeissa. Acta Agraria Fennica 48, 1941.
- (18) » Kalkituksen vaikutuksista maaperän orgaaniseen ja helppoliukoiseen fosforiin. Maa-
taloustiet. Aikak. 18, 1946, s. 1—10.
- (19) SPURWAY, C. H., Soil testing. A practical system of soil diagnosis. Agr. Exp. Stat. Michigan State
College, Techn. bull. 132, 1935 (revised).
- (20) TRUOG, E. and L. A. DEAN, Determination of the phosphate and potash needs of soil by chemical
analysis. Trans. of the third Int. Congr. of Soil Sci., Vol. 1, p. 106—108, London 1935.
- (21) TUORILA, P. ja A. TERÄSVUORI, Untersuchungen über die Anwendbarkeit der Bodenanalytischen
Methoden für die Bestimmung des Düngebedürfnisses. I. Der Phosphorsäuregehalt
von salpetersauren Bodenauszügen und die mit Phosphatdüngung erzielten Heumehr-
erträge. Valt. maat. koet. julk. 56, 1933.
- (22) TUORILA, P., Några problem rörande kalkningsfrågan. Svenska Vall- och Mosskulturföreningens
Kvartalskrift 7, 1945, s. 83—101.
- (23) ÅSLANDER, A., Kalkfrågans nuvarande läge. Kungl. Lantbruksakademiens Tidskrift 78, s. 11—34, 1939.

SUMMARY

COMPARISON OF DIFFERENT EXTRACTING METHODS FOR DETERMINATION OF EASILY SOLUBLE PHOSPHORIC ACID ON THE FIELDS OF THE AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION OF SOUTHERN EAST-BOTHNIA.

MARTTI SALONEN.

Institute of Agricultural Chemistry, University of Helsinki.

For the basis of comparison of results attained by different chemical extracting methods for phosphate determination have most been taken the results of field- or pot-experiments. Even if it has to be admitted, that especially the firstmentioned experiments are of great importance when deciding definitely about the usefulness of a method, particularly in the beginning, when methods for the definite comparison are chosen, also other ways of comparison may be used. One of these methods is a comparison of results on a field, the qualities of which are known through long cultivation experience.

In this investigation the experiment field of the agricultural experiment station in Southern East-Bothnia have been taken as the basis for comparison, the cultivation characteristics of which have been observed since the foundation of the institution in 1927. The soils of the experiment field are characteristic for this considerable cultivation area. The front part of the experiment field consists of so-called light clay, which is typical for valleys of the rivers in East-Bothnia and is very suitable for cultivation. It has probably originally been muddy clay, but under the influence of the near-by river-bed of the Kyrö-river it has on the surface lost its original qualities and is now considered as so-called light clay. In the middle of the field there is older, heavier so-called ancyclus clay on a rock ridge, which reaches nearly the earth's surface. This ancyclus clay is considerably less acid than other clays in East-Bothnia. It is also very suitable for cultivation, but when rains are scarce, the dryness is detrimental. The back part of the experiment field is typical muddy clay, which is very acid and rich in humus (map 1).

The material for this investigation has been taken in summer 1939, but it has not been possible to examine it before. The samples have been taken at a distance of 40×40 m from each other with a soil auger, for each sample 10 borings from an area of 1 m².

The pH of several parts of the field appears from map 2. The quantities of the exchangeable calcium has been determined by the TUORILA method, map 3.

Of the methods for phosphate determination, taken for this investigation, SPURWAY's field method has been used here somewhat changed from SPURWAY's directions, in a more precise way, as 5 ml soil and 30 ml 0.025 N acetic acid was shaken together in a bottle. It was left under the influence of the extracting liquid for 2 hours, during which time the bottles were shaken 4 times. The phosphate determinations were made colorimetrically in test tubes and the colours were compared with colour standards in similar tubes. The results are shown on map 4. As a second comparing method EGNÉR's method with a solution of calcium lactate and hydrochloric acid in an extracting ratio 1 : 50 has been used. The results appear from map 5. With TRUOG's and DEAN's method with 0.002 N sulfuric acid, containing 3 g/l ammonium sulphate, the results attained appear from map 6. At last also a new method with a calcium acetate buffer solution (180 ml 1 N acetic acid and 20 ml 1 N calcium acetate in a liter) pH 3.7, extracting ratio 1 : 10, was used. The soil has been taken with a special measuring spoon, fig. 8, which has an additional arrangement for stamping the soil for measurement. By that equipment a satisfactory accuracy was attained, but it is slow in use. If soil sample is taken for analysis by measuring and not by weighing, the determination of the volume weight and one process of calculation will be spared. The results gained by that method appear from map 7.

The results gained by different methods, those of SPURWAY's methods correspond most of all with the cultivation experience. On the second place are the results attained by acetate buffer method, which also comparatively well correspond with cultivation experience. By the methods of EGNÉR

and TRUOG very similar phosphate maps have been achieved, though by TRUOG's method considerably larger quantities have been dissolved. According to the both last mentioned methods, the area represented by the observation points 15, 41, 42 and 45 (map 1) becomes richer in phosphates than the surroundings, which has no equivalent in reality. In the front part of the experiment field both these methods will indicate an area poorer in phosphates than the surroundings, which also does not correspond with the experience attained by cultivation. It seems that on account of the wide extracting ratio comparatively too much ferri- and aluminium phosphates are dissolved.
