

# KARJANLANTA KASVIEN FOSFORIN LÄHTEENÄ.

ARMI KAILA.

*Maatalouskoelaitos, maanviljelyskemian ja -fysiikan osasto, Tikkurila.*

Saapunut 8. 7. 1950.

Kysymys karjanlannan fosforin käyttökelpoisuudesta ja etenkin sen arvosta väkilannoitteiden fosforiin verrattuna on jo vuosikymmeniä ollut tutkimuksen kohteena. Mutta ristiriitaisten tulosten, tai ehkäpä oikeastaan tulosten harhaanjohtavan tulkinnan takia on päädytty varsin erilaisiin käsityksiin. Vanhojen saksalaisten julkaisujen mukaan (15, 16, 18) kasvit ottavat karjanlannan fosforia miltei kaksi kertaa niin tehokkaasti kuin väkilannoitteiden, mutta uudemmat tiedot (5, 6, 13, 14) osoittavat karjanlannan fosforin olevan korkeintaan samanarvoista väkilannoitteiden fosforin kanssa. Karjanlannan fosforihan ei ole yhtenäinen ja erikoista fosforin esiintymismuotoa edustava käsite, vaan erilaisten epäorgaanisten ja orgaanisten fosforiyhdisteiden koostumukseltaan vaihteleva kompleksiksi (8). Väkilannoitteiden fosfori käsittää huomattavasti yhtenäisemmän ainerihmän, mutta sekin sisältää liukenevuudeltaan ja muilta ominaisuuksiltaan huomattavasti toisistaan poikkeavia yhdisteitä veteenliukenevasta monokalsiumfosfaatista erilaisiin apatiittimineraaleihin asti. On siis syytä kysyä, onko asiallista yrittää vertailla kahden näinkin epähomogeenisen aineryhmän kuin karjanlannan ja väkilannoitteiden fosforin käyttökelpoisuutta. Karjanlantahan ei sitä paitsi sellaisenaan ole fosforilannoite, eikä käytännössä ole kysymys siitä, onko edullisempää käyttää karjanlantaa vai superfosfaattia. Mutta sen sijaan on syytä olla selvillä, miten paljon superfosfaattia tai muita fosforilannoitteita on käytettävä karjanlannan lisäksi, jotta fosfori ei joutuisi minimitekijäksi.

Meikäläisessä karjanlannassa todettiin (8) olevan 0.09—0.47 %, keskimäärin 0.19 %  $P_2O_5$  eli jonkin verran vähemmän kuin maatalouskalentereiden arvot osoittavat, vaikka tutkittu aineisto oli suureksi osaksi koeasemilta ja siis keskitasoa parempaa. Karjanlannan fosforista on 30—70 %, keskimäärin 60 %, epäorgaanisena, loput orgaanisina yhdisteinä, joista suurin osa nukleiinihappoina ja niiden johdannaisina (8). Lannan orgaaniset fosforiyhdisteet eivät ilmeisesti sellaisenaan kelpaa kasvien fosforin lähteeksi, ja koska ne edustavat lähes puolta lannan fos-

forin kokonaismäärästä, niiden mineraloitumisnopeus vaikuttaa olennaisesti lannan arvoon kasvien fosforiravintona. Toisena, ehkä vielä tärkeämpänä tekijänä on otettava huomioon, miten nopeasti ja tehokkaasti karjanlannan fosfori pidättyy maahan.

*Lannan orgaanisten fosforiyhdisteiden mineraloitumisesta.*

Karjanlannan palaessa on yleensä havaittavissa jatkuvaa orgaanisen fosforin mineraloitumista, niin pian kuin mineraloitumisen raja-arvo, vähintään 0.4 % orgaanista fosforia ( $P_2O_5$ ) kuiva-aineesta, on saavutettu (9). Mineraloituminen hidastuu kuitenkin vähitellen ja on hyvin heikkoa, kun epäorgaanisen fosforin osuus kokonaisfosforista on kohonnut 70 %:n vaiheille (vrt. 8, p. 72). Ilmeisesti lannan jällellä oleva orgaaninen fosfori on suurimmaksi osaksi yhdisteinä, joita mikro-organismit eivät pysty sanottavasti käyttämään energian tai ravinnon lähteenään ja jotka eivät myöskään joudu autolyyttisten entsyymien toiminnan kohteeksi. Nämä yhdisteet sijoittuvat lannan fosforia fraktioitaessa (8, p. 69) veteen ja 0.5-n suolahappoon liukenemattomaan jäännökseen, jonka on otaksuttu edustavan nukleiinihappojen johdannaisia tai proteiineihin sitoutunutta orgaanista fosforia.

Nukleiinihappojen entsymaattinen hajaantuminen ei näytä tapahtuvan kvantitatiivisesti, vaan osa fosforista jää jällelle orgaanisena, luultavasti nukleotidien kaltaisena jäännöksenä (4). Mahdollisesti hyvin palaneen karjanlannan nukleiinifraktio edustaa tämän tapaisen hajoituksen lopputuotetta ja sellaisena erittäin vaikeasti hajaantuvaa ainesta. Jos taas tämän fraktion fosfori on lujasti kytkeytyneenä lannan proteiinikompleksiin, ei lannan valkuaistypen hidas mobilisoituminen (1) anna aiheutta odottaa fosforinkaan nopeaa mineraloitumista.

Lannan nukleiinifraktion mineraloitumisen tutkimista varten valmistettiin melko hyvin palaneesta naudanlannan näytteestä PA 1 tarvittavaa preparaattia tavalliseen tapaan (8) etanolilla, vedellä ja 0.5-n suolahapolla peräkkäin uuttaen. Sitä punnittiin ilmakeivana 1 g 200 ml:n erlenmeyer-pulloihin, joista osaan lisättiin 1.2 mg  $P_2O_5$  dikaliumfosfaattiliuoksena ja osaan sitä paitsi glukoosia 1 g. Epäorgaanista fosforia annettiin, jotta käyttökelpoisen fosforin puute ei olisi hidastanut mikrobien toiminnan alkuun pääsyä, ja glukoosia voimakkaan kasvuston kehittämiseksi. Huomattakoon, että glukoosigramman täydellinen hajaantuminen vaatii noin 5 mg  $P_2O_5$  (9), joten mikrobien on käytettävä lisäksi joko nukleiinifraktion tai aikanaan mineraloituvan pieneliöaineksen fosforia. Hapan lantamassa neutraloitiin kalsiumkarbonaattisuspensiolla ja siirrostettiin lopuksi 1 ml:lla multalietettä. Kaikissa pulloissa oli kokeen alussa 10 ml nestettä, josta annettiin haihtua niin paljon, että lannan kosteus oli noin 60—80 %. Pulloja pidettiin +27°C:ssa 5 kk. tarpeen mukaan kostuttaen homeitten ja sädesienipesäkkeitten peittämää massaa. Koeajan päätyttyä analysoitiin veteen ja 0.5-n suolahappoon liukeneva epäorgaaninen ja orgaaninen fosfori sekä liukenemattoman jäännöksen fosfori tavalliseen tapaan. Kokeen tulokset ovat taulukossa 1.

Taulukko 1. Karjanlannan nukleiinifraktion fosforin mineraloituminen 5 kk:n muhituksessa.

Table 1. Mineralization of the nuclein phosphorus in farm manure within an incubation period of 5 months.

	Tot.	Epäorg. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		Org. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Inorg. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		liukenevaa	jäännöksessä	
	mg/g	mg/g	%	soluble	in residue	
				mg/g	mg/g	%
1. Sellaisenaan — No treatment						
Alussa — Initial .....	4.34	0.19	4	0.59	3.56	82
Lopussa — At end .....	4.69	1.65	35	0.60	2.44	52
2. Lisätty 1.2 mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /g added						
Alussa — Initial .....	5.39	1.29	24	0.60	3.50	65
Lopussa — At end .....	5.77	2.73	47	0.70	2.34	41
3. Lisätty 1.2 mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +1 g glu- koosia/g — With 1.2 mg. of P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 1 g. of glucose/g.						
Lopussa — At end .....	5.84	2.28	39	1.28	2.28	39

Noin kolmasosa nukleiinifraktion fosforista on mineraloitunut tai muuttunut happoon tai veteen liukenevaksi 5 kk:n muhituksen aikana. Epäorgaanisen fosforin ja energianlähteen lisääminen on vain hiukan parantanut nukleiinifosforin mobilisointumista. Edellä esitetty käsitys tämän fosforin muodon arvosta kasvien fosforin lähteenä näyttää siis olevan jotensakin oikea. Maassa, jossa happamuus ja ennen kaikkea tehokas pidäytyminen maan kolloidaiinekseen estää huomattavasti orgaanisen fosforin mineraloitumista (2), on nukleiinifraktionkin fosforin mobilisointuminen varmasti vielä paljon hitaampaa kuin tämän kokeen olosuhteissa.

Lannan tai sen eri fraktioiden orgaanisen fosforin mineraloitumista maassa on tutkittu toistaiseksi hyvin vähän, osittain luotettavien analyysimenetelmien puutteen takia. On melko vaikeata todeta karjanlannan fosforin muodoissa tapahtuvia muutoksia, kun esimerkiksi maahan, jonka muokkauskerroksessa on 2000 kg epäorgaanista ja 1000 kg orgaanista fosforia hehtaarilla, lisätään 20 tonnia karjanlantaa, jossa tulee hehtaaria kohti ehkä 30 kg epäorgaanista ja 10 kg orgaanista fosforia. Jotta analyysissä saataisiin karjanlannan vaikutus näkyviin, on käytettävä paljon suurempia lantamääriä, mutta samalla joudutaan olosuhteisiin, jotka eivät vastaa käytäntöä.

PEARSON, NORMAN ja HO (11), jotka tutkivat tuoreen lehmän sonnan fosforin mineraloitumista maassa laboratorikokein, käyttivät BOWERIN (2) menetelmää mineraloitumisen toteamiseen. Tämä tapa, jossa 1-n rikkihappoon liukenevan epäorgaanisen fosforin lisääntymisen katsotaan osoittavan orgaanisen fosforin mineraloitumista kokeen aikana, ei kuitenkaan sovellu käyttöön muita kuin reaktioltaan lähellä neutraalia olevia maita tutkittaessa (17). Sen sijaan saadaan happamista-kin maista melko luotettavia tuloksia, kun uuttonesteenä käytetään 4-n rikkihappoa. Maan orgaanisen fosforin väheneminen ja 4-n rikkihappoon liukenevan epäorgaanisen fosforin lisääntyminen eräissä muhituskokeissa selviävät seuraavista arvoista. Näytteiden orgaaninen fosfori oli määritetty happo-emäsuutolla (7).

	Org. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> vähentynyt <i>Decrease in organic P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i> mg/g	4-n rikkihappoon liukeneva epäorg. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> lisääntynyt <i>Increase in inorganic P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i> <i>soluble in 4 N sulfuric acid</i> mg/g
Hieta — <i>Loam</i> .....	0.04	0.04
Jäykkä savi — <i>Heavy clay</i> .....	0.09	0.08
Urpasavi — <i>Muddy clay</i> .....	0.04	0.03
Hiekkamulta — <i>Sandy mull</i> .....	0.04	0.05
Rahkaturve — <i>Bog peat</i> .....	0.11	0.10

Tätä analyysitekniikkaa käyttäen suoritettiin useita laboratorikokeita, joilla yritettiin selvittää lannan orgaanisen fosforin mineraloitumista maassa. Kokeet järjestettiin siten, että 5 g ilmakeivää maata ja 100 mg ilmakeivää lantajauhetta sekoitettiin pieniin erlenmeyerpulloihin, kostutettiin kenttäkapasiteettia vastaavasti, jolloin myös lantajauheen vaatima kosteus otettiin huomioon, ja muhitettiin tavallisesti laboratorion lämpötilassa 1 tai 3 kk. Koesarjoihin kuului säännöllisesti ilman lantaa oleva koejäsen, ja analyysit kuivina säilytetyistä ja juuri ennen tutkimista kostutetuista rinnakkaisnäytteistä suoritettiin samalla kuin muhitetuista, jotta mitkään häiritsevät tekijät, esimerkiksi lämpötilan vaihtelut, eivät pääsisi vaikuttamaan. Kokeissa oli säännöllisesti vähintään kolme kerrannaista.

Analysoiminen tapahtui seuraavasti: 25 ml 4-n rikkihappoa mitattiin pulloihin, sekoitettiin useita kertoja muutaman tunnin aikana ja annettiin seistä yli yön. Seuraavana päivänä suodatettiin kvantita-

Taulukko 2. Olkilannan orgaanisen fosforin mineraloituminen maassa.

Table 2. Mineralization of manure organic phosphorus in soil.

	Koe- aika kk.  <i>Incubation period months</i>	Happoonliukenevaa epäorgaanista P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> g/kg maata <i>Acid-soluble inorganic P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> g./kg. of soil</i>		
		Maa <i>Soil</i>	Maa + pala- maton lanta <i>Soil + unfer- mented manure</i>	Maa + palanut lanta <i>Soil + fermented manure</i>
Hiekkamulta pH 5.75 .....	0	3.47	3.54	3.70
<i>Sand</i> .....	1	3.47	3.48	3.73
	3	3.47	3.50	3.72
Savimulta pH 6.25 .....	0	1.20	1.31	1.43
<i>Clay</i> .....	1	1.20	1.27	1.41
	3	1.21	1.27	1.45
Urpasavi pH 4.68 .....	0	1.94	2.04	2.16
<i>Muddy clay</i> .....	1	1.98	2.03	2.12
	3	1.91	2.03	2.15

tiivisen paperin läpi 250 ml:n mittapulloihin, maa pestiin pullossa kahdesti 25 ml:lla ja kerran 50 ml:lla 1-n rikkihappoa sekä lopuksi tislattulla vedellä. Suodokset täytettiin 250 ml:ksi, ja epäorgaaninen fosfori määritettiin tavalliseen tapaan riittävästi laimennetuista uutteista.

Kun tähän tapaan tutkittiin parin lantanäytteen nukleini fosforin mineraloitumista maassa, ei ainoassakaan tapauksessa ollut todettavissa epäorgaanisen fosforin lisääntymistä edes kolmen kuukauden muhituksessa. Lannan nukleini fraktion fosforista ei siis näytä olevan sanottavaa hyötyä kasveille ainakaan ensimmäisenä kasvukautena.

Muittenkaan muhituskoekielten tulokset eivät viitanneet siihen, että lannan orgaaninen fosfori mineraloituisi maassa nopeasti. Eräänä esimerkkinä esitetään taulukossa 2 tulokset, jotka saatiin palamattoman ja 5 kk. palaneen naudanlannan muhituksessa. Palamattomassa lannassa oli 10.41 g  $P_2O_5$ /kg, siitä 48 % orgaanisena. Palaneen näytteen vastaavat arvot olivat 16.85 g/kg ja 31 %. Kummankin näytteen mukana tuli maahan 0.08 g orgaanista  $P_2O_5$  maakiloa kohti, palamattomassa epäorgaanista 0.09 g ja palaneessa 0.23 g.

Näyttää siltä, että palamaton olkilanta on aiheuttanut lievää fosforin biologista pidättymistä heikosti happamissa maissa. Palaneen lannan orgaaninen fosfori on ehkä hiukan mineraloitunut etenkin hiekkamaassa, mutta urpasavessa ei ole havaittavissa tällaisia muutoksia. Kokeessa käytetty karjanlannan määrä vastaa noin 200 tonnia hehtaaria kohti, mutta sittenkin lannan orgaanisen fosforin osuus maan fosforista on virherajoissa, eikä tulosten perusteella siis voida tehdä varmoja johtopäätöksiä. Onhan lisäksi otettava huomioon, että muhituksen aikana on saattanut tapahtua myös maan omien fosforivarojen mobilisoitumista tai immobilisoitumista.

Isotooppien käyttö tarjoaa mahdollisuuksia tällaisten kysymysten selvittämiseen, joissa tutkimuksen kohteena olevan ravinteen muutokset voivat peittyä maan omien yhdisteiden muutoksiin. Sitä onkin jo sovellettu Amerikassa lannan orgaanisen fosforin arvon määrittämiseen. McAULIFFE, PEECH ja BRADFIELD (10) ovat laajahkossa italialaisella raiheinällä suorittamassaan astiakokeessa käyttäneet fosforin lähteenä mm. lampaan lannan proteiinifraktiota, joka vastannee suunnilleen edellä käsiteltyä lannan veteen ja happoon liukenematonta orgaanista fosforia. Kasvit ottivat tätä fosforia 48 lb/A:n erästä 1.07 lb/A:a eli noin 2 %. Lannan ja superfosfaatin fosforista käytettiin samassa kokeessa suunnilleen kymmenkertainen määrä. Tämä koe saattaa antaa liian positiivisen kuvan hyvin palaneen tavallisen karjanlannan orgaanisen fosforin kelpoisuudesta kasveille, sillä kyseessä ollut lampaan lanta oli palanut vain kuukauden ja sisälsi normaalia paljon enemmän fosforia runsaan kaliumfosfaatin syötön takia.

Edellä esitetyn perusteella näyttää siltä, että karjanlannan fosforin tehoa arvioitaessa on varmintä jättää ainakin sen nukleini fraktion fosforin määrä huomioon ottamatta. Mitä taas tulee palaneen karjanlannan veteen ja 0.5-n suolahappoon liukenevaan orgaaniseen fosforiin, niin eräitten nesteviljelminä suoritettujen mikrobiologisten laboratoriokokeiden mukaan se näyttää olevan mikrobeille verrattain kelpoista fosforiravintoa ja joutunee näin ollen maassakin mukaan aktiiviseen fosforin kiertoon. Hyvin palaneessa karjanlannassa on kuitenkin tavallisesti siksi

vähän muuta orgaanista fosforia kuin nukleinihappojen johdannaisia, että sen merkitys jää joka tapauksessa vähäiseksi.

*Lannan epäorgaanisen fosforin pidättymisestä maahan.*

Tutkijat (15, 18), jotka ovat kokeittensa perusteella väittäneet, että karjanlannan fosfori on lannoitusarvoltaan parempaa kuin väkilannoitteiden fosfori, ovat tavallisesti selittäneet tämän johtuvan siitä, että karjanlannan fosfori ei pidäty maahan yhtä tehokkaasti kuin väkilannoitteiden epäorgaaniset yhdisteet. Teoreettisesti voidaankin pitää mahdollisena, että lannan humaatti-ionit kilpailevat fosfaattianionien kanssa maan kolloidien positiivisista varauksista. Todennäköisempää kuitenkin on, että maahan joutuneen lantakokkareen fosfori ei pääse riittävän lähelle maan aineosia reagoidakseen niiden kanssa.

Jos karjanlannan humaateilla on osuutta fosfaatin maahan pidättymisen vähentäjänä, pitäisi jo lannan veteenliukenevan orgaanisen aineksen vaikuttaa lannan veteenliukenevan fosforin pidättymiseen. Tätä tutkittiin huiskuttamalla maata lannan vesiuutteessa ja vertaamalla liuokseen jääneen fosfaatin määrää vastaavalla tavalla saatuun arvoon, kun uuttonesteenä oli kaliumfosfaattiliuos.

Kokeen järjestely oli seuraavanlainen: Palanutta naudan lantaa uutettiin puoli tuntia kymmenkertaisessa vesimäärässä ja uutis suodatettiin harsokankaan läpi. Trikaliumfosfaatista valmistettiin liuos, joka vastasi fosforinpitoisuudeltaan lantauutteen epäorgaanisen fosforin väkevyyttä. 20 g:n maaeriä huiskutettiin 2 tai 24 tuntia 100 ml:ssa vettä, lantauutetta tai kaliumfosfaattiliuosta, suodatettiin imua käyttäen ja suodoksen epäorgaaninen fosfori määritettiin. Uutot suoritettiin neljänä rinnakkaisena.

Taulukossa 3 esitetyt tulokset osoittavat, että suurin osa sekä lantauutteen että fosfaattiliuoksen fosforista on pidähtynyt kaikkiin maanäytteisiin jo 2 tunnin huiskutuksen aikana. Pidähtyneen fosforin määrä, 40—50 mg  $P_2O_5$ /l, on maauiutettiin jääneiden lannan ja kaliumfosfaatin fosforin määrien rinnalla siksi suuri, ettei

Taulukko 3. Uuttonesteen fosforin pidähtyminen maahan.

*Table 3. Adsorption by soil of phosphorus in the extraction solution*

Uuttoneste <i>Extraction solution</i>	Uuttones- teessä $P_2O_5$ mg/l  <i>in extrac- tion solution</i>	$P_2O_5$ mg/l uuteessa — <i>in soil extract</i>					
		Hiikkamulta pH 5.75  <i>Sand</i>		Savimulta pH 6.25  <i>Clay</i>		Urpasavi pH 4.68  <i>Muddy clay</i>	
		Uuttoaika, tuntia — <i>Time of extraction, hours</i>					
		2	24	2	24	2	24
Vesi — <i>Water</i> . . . . .	—	0.18	0.27	0.38	0.41	0.04	0.04
Lantauute — <i>Manure extract</i>	51.60	1.52	1.47	2.78	2.23	0.38	0.10
$K_3PO_4$ -liuos — <i>solution</i> . . . . .	45.90	3.15	1.72	7.03	4.77	0.37	0.12

Taulukko 4. Lannan vesiutteesta ja kaliumfosfaattiliuoksesta maahan pidättyneen fosforin uuttuminen

Table 4. Solubility of the manure phosphorus and of the potassium phosphate phosphorus adsorbed by soil.

Pidättyneestä fosforista uuttuu prosentteina <i>Percentage of adsorbed phosphorus extracted</i>	Hiekkamulta		Urpasavi		Savimulta	
	<i>Sand</i>		<i>Muddy clay</i>		<i>Clay</i>	
	Pidättymisaika, tuntia — <i>Time of adsorption, hours</i>					
	2	24	2	24	2	24
veteen — <i>by water</i>						
lannan P — <i>manure P</i> .....	7	6	10	8	1	1
K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> — P .....	4	3	8	7	1	1
0.5-n etikkahappoon — <i>by N/2 acetic acid</i>						
lannan P — <i>manure P</i> .....	10	9	21	20	3	2
K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> — P .....	10	9	17	16	3	2
1 % sitruunahappoon — <i>by 1 % citric acid</i>						
lannan P — <i>manure P</i> .....	61	37	60	58	47	39
K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> — P .....	64	50	65	59	52	49
»vaihtuvana» — <i>as »exchangeable»</i>						
lannan P — <i>manure P</i> .....	80	80	77	73	86	85
K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> — P .....	93	82	93	84	95	87

näiden pienillä eroilla ole merkitystä, vaan voidaan todeta, että karjanlannan veteenliukenevan fraktion fosfori pidättyy ainakin yhtä nopeasti ja täydellisesti kuin epäorgaanisen fosfaattiliuoksen fosfori.

Pidättymisen tehokkuudessakaan ei ole huomattavaa eroa: sen osoittavat taulukossa 4 olevat tulokset, jotka ilmoittavat, montako prosenttia lantauutteesta ja kaliumfosfaattiliuoksesta maahan pidättynyttä fosforia liukenee erilaisiin uuttonesteisiin. Edellä selostetun fosfaatin pidättymiskokeen mahdollisimman kvantitatiivisesti talteenotetuista, ilmakuivista maanäytteistä määritettiin veteen, 0.5-n etikkahappoon ja 1 % sitruunahappoon puolessa tunnissa uuttosuhteessa 1:10 liukeneva fosfori sekä n.s. vaihtuva fosfori PIPERIN (12, p. 195) ohjeiden mukaan. Lantauutteesta tai fosfaattiliuoksesta peräisin olevan fosforin määrä laskettiin vähentämällä näillä uuttonesteillä edellisessä kokeessa käsiteltyjen maitten antamista fosforin arvoista vastaavat pelkällä vedellä käsitellyistä näytteistä saadut tulokset. Tämä ei tosin ole teoreettisesti aivan oikein, koska on mahdollista, että vesi, lantauute ja kaliumfosfaattiliuos ovat vaikuttaneet eri tavoin maan fosforivarojen liukenemissuhteisiin.

Näitten melko puutteellisten kokeitten tulokset eivät anna aihetta otaksua, että lannan veteenliukenevilla humaateilla on sanottavaa merkitystä lannan fosforin pidättymisen estäjänä. Ilmeisesti liukenevan ammoniumhumaatin määrä on suhteellisen pieni, ja maan kalsiumionit saostavat senkin nopeasti.

Jos lannan veteenliukenemattomilla ainesosilla on vaikutusta lannan fosforin pidättymiseen, täytyy liuokseen jäädä enemmän fosforia silloin, kun maata ja lantaa uutetaan yhdessä, kuin silloin, kun lannan tilalla on yhtä paljon liukenevaa fosforia epäorgaanisena yhdisteenä ja uutto tapahtuu samassa pH:ssa. Tällainen

Taulukko 5. Lanta ja superfosfaatti maauutteen fosforin väkevyyden kohottajana.

Table 5. Influence of manure and of superphosphate on the increase in the phosphorus concentration of soil extract.

	Vesiuutteessa P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/l <i>in water extract</i>			Etikkahappouutteessa P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/l <i>in acetic acid extract</i>		
	Hiekka- multa	Savi- multa	Urpa- savi	Hiekka- multa	Savi- multa	Urpa- savi
	<i>Sand</i>	<i>Clay</i>	<i>Muddy clay</i>	<i>Sand</i>	<i>Clay</i>	<i>Muddy clay</i>
Maa — Soil .....	0.19	0.44	0.01	6.84	1.45	1.43
Maa + lanta — Soil + manure ..	0.36	1.41	0.05	6.50	2.15	1.52
Maa + superfosf. — Soil + superph.	0.20	0.67	0.02	7.52	2.04	1.66

koe suoritettiin huiskuttamalla maanäytteitä 24 tuntia vedessä tai 0.5-n etikkahapossa uuttosuhteen ollessa 1: 2. Osaan huiskutuspulloista oli lisätty karjanlantana tai superfosfaattina 30 mg veteenliukenevaa epäorgaanista fosforia nestelitraa kohti. Taulukossa 5 esitettyjen tulosten perusteella ei näytä olevan syytä pitää lannan fosforia vaikeammin maahan pidäytyvänä kuin superfosfaatin fosforia.

Taulukko 6. Maan ja lannan fosforin liukeneminen veteen peräkkäisissä uutossa.  
P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mg/kg maata.

Table 6. Dissolution of soil and manure phosphorus in water during successive extractions.  
P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mg./kg. of soil.

	Maa		Maa + olkilanta		Maa + turvepehkulanta	
	<i>Soil</i>		<i>Soil + straw manure</i>		<i>Soil + peat manure</i>	
	Epäorg. <i>Inorg.</i>	Org.	Epäorg. <i>Inorg.</i>	Org.	Epäorg. <i>Inorg.</i>	Org.
<i>Hiekka — Sand</i>						
I uutto — <i>extraction</i> .....	0.6	1.3	4.9	3.2	6.4	2.8
II » » .....	0.5	0.5	2.2	0.9	2.0	0.9
III » » .....	0.3	0.4	1.6	0.4	2.0	0.5
<i>Muhitettuna — after incubation</i>						
I uutto — <i>extraction</i> .....	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3
II » » .....	0	0.2	0.1	0.2	0	0.3
<i>Jäykkä savi — Heavy clay</i>						
I uutto — <i>extraction</i> .....	0.9	5.2	2.3	5.4	2.3	5.6
II » » .....	0.8	1.2	2.5	1.8	2.0	1.6
III » » .....	0.5	0.8	1.5	1.2	1.2	1.0
<i>Muhitettuna — after incubation</i>						
I uutto — <i>extraction</i> .....	0	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4
II » » .....	0.1	0.7	0.3	0.5	0.3	0.5



Taulukko 7. Karjanlanta maan liukenevan fosforin lisääjänä.

Table 7. Influence of manure on the amount of soluble phosphorus in soil.

	Maan Soil	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/kg maan kuiva-ainetta P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg./kg. of soil dry matter					
		pH 1 vrk. at the first day			etikkahappoon liukenevaa acetic acid soluble		
		veteen liukenevaa water-soluble			Time of incubation, days		
		Muhitusaika, vrk. —			1 14 60		
		1	14	60	1	14	60
Savimulta — Clay . . . . .	6.19	4.3	3.7	3.2	55	53	55
lannoitettuna — manured	6.16	10.0	6.4	5.2	64	63	67
Hiekkamulta — Sand . . . . .	7.57	10.9	11.4	11.8	263	278	287
lannoitettuna — manured..	7.44	15.1	13.0	14.3	278	292	295
Urpasavi — Muddy clay . . . . .	4.87	0.1	0.2	2.1	4.2	3.7	4.2
lannoitettuna — manured ..	4.83	0.6	0.7	1.8	7.5	6.1	5.8
Mutasuoturve — Swamp peat ..	4.22	1.5	1.1	5.3	6.6	3.2	5.3
lannoitettuna — manured ..	4.38	2.1	1.3	4.1	7.3	4.0	6.0

Vaikka karjanlannan fosfori pidättyykin maahan tehokkaasti, on mahdollista että lanta pystyy kuitenkin jatkuvasti ylläpitämään kasvien juurten ympärillä tiettyä, joskin ehkä pientä fosforin väkevyyttä. Tätä yritettiin tutkia peräkkäisin uuttokokein, joissa DREYSPRINGIN (3) laitteita käyttäen määritettiin pelkästä maasta sekä lannasta ja maasta veteen liukeneva fosfori. Koemaina olivat hiekka, jonka pH oli 6.15, ja jäykkä savi, pH:ltaan 5.95. Lisätty kuiva olkilantajauho sisälsi maakiloa kohti laskettuna 20.4 mg veteenliukenevaa epäorgaanista ja 3.1 mg orgaanista fosforia. Turvepehkulannan vastaavat arvot olivat 41.3 ja 2.6 mg. Maan ja uuttonesteen suhde oli 1: 5, huiskutusaika ½ tuntia. Kolmen peräkkäisen uuton jälkeen maat saivat muhia huiskutuspulloissaan kaksi viikkoa huoneen lämpötilassa, jonka jälkeen suoritettiin vielä kaksi uuttoa. Tulokset ovat taulukossa 6.

Kun verrataan pelkästä maasta sekä lannasta ja maasta saatuja arvoja keskenään, näyttää siltä, että sekä olkilannan että turvepehkulannan epäorgaanista fosforia on liuennut toisessa ja kolmannessa uutossa niin paljon, että fosforin arvot ovat pysyneet 1—2 mg/kg suurempina kuin ilman lantaa olevista näytteistä saadut tulokset. Ensimmäisessä uutossa pidättyneestä lannan orgaanisesta fosforista liukenee seuraavissa uutoissa kuitenkin suhteellisesti suurempi osa kuin pidättyneestä epäorgaanisesta. Molempien pidättyminen on ollut tehokkaampaa savimaahan kuin hiekkaan. Muhituksessa lannan epäorgaaninen ja orgaaninen fosfori on pidätynyt täydellisesti veteen liukenemattomaksi. Näitten tulosten perusteella näyttää siltä, että lannan fosfori pystyy jonkin aikaa tarjoamaan kasveille jatkuvasti uusiutuvan, erittäin helposti liukenevan fosforin varaston, mutta ennen pitkää maa pidättää lannankin fosforin enemmän tai vähemmän tehokkaasti.

Edellä selostetuissa kokeissa lannan fosforin pidättymistä on tutkittu olosuhteissa, jotka poikkeavat suuresti luonnossa vallitsevista. Jonkin verran lähemmäksi todellisuudessa tapahtuvia ilmiöitä yritettiin päästä järjestämällä muhituskoe,

Taulukko 8. Muhituksen vaikutus lannan fosforin ottoon rypsikokeissa.

Table 8. Influence of incubation on the uptake of manure phosphorus by turnip rape seedlings.

Lannoitus <i>Treatment</i>		Rypsin taimet ottaneet P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/kg maata <i>Phosphorus uptake by seedlings, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mg./kg. of soil</i>			
		ilman muhitusta <i>without incubation</i>		muhituksen jälkeen <i>after incubation</i>	
Näyte <i>Sample</i>	Epäorg. P <i>Inorg. P</i>	yht. <i>tot.</i>	lannasta <i>from manure</i>	yht. <i>tot.</i>	lannasta <i>from manure</i>
Jäykkä savi — <i>Heavy clay, pH 5.95</i>					
0		22.2	—	18.2	—
PA 1	— 160 mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	36.2	14.0	26.0	7.8
PA 8	— 190 mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	35.6	13.4	29.6	11.4
P 90	— 330 mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	73.4	51.2	45.6	27.4
Urpasavi — <i>Muddy clay, pH 4.65</i>					
0		0	—	0	—
PA 1	— 160 mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	14.0	14.0	11.6	11.6
PA 8	— 190 mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	11.6	11.6	8.4	8.4
P 90	— 330 mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	22.8	22.8	11.8	11.8

jossa suoraan pellostä otettuja maanäytteitä lannoitettiin tuoreella karjanlannalla ja lannan fosforin pidättymistä seurattiin määrittämällä sopivin väliajoin maista veteen tai 0.5-n etikkahappoon liukeneva fosfori. Jotta kuivatus ei muuttaisi maan ja lannan fosforin liukenevuussuhteita, suoritettiin analyysit suoraan tuoreista näytteistä.

Kokeen järjestely oli seuraava: 10 g palanutta lantaa sekoitettiin 0.5 kiloon luonnontilaisen kostea savimultaa, hiekkamultaa ja urpasavea tai 0.3 kiloon mutasuoturvettä. Näytteet saivat muhia laboratorion lämpötilassa lasitölkeissä. Vuorokauden, kahden viikon ja kahden kuukauden kuluttua otettiin edustavat näytteet, jotka analysoitiin heti. Fosfori määritettiin uuttamalla näytteitä puoli tuntia vedellä tai 0.5-n etikkahapolla uuttosuhteen ollessa 1: 10.

Maakiloa kohti lisätyssä lantamäärässä oli veteen liukenevaa fosforia (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 11 mg ja etikkahappoon liukenevaa 33 mg. Taulukossa 7 esitetyt tulokset osoittavat, että jo vuorokaudessa — ja uuton aikana — lannan fosfori oli ehtinyt pidäytyä maahan niin lujasti, ettei lannoitetun ja lannoittamattoman maan fosforiarvojen erotus vastaa muitten kuin savimullan veteenliukenevan ja hiekkamullan etikkahappoon liukenevan fosforin kohdalla edes puolta lannoituksena lisäystä fosforista. Muhitusajan kasvaessa lannan fosfori pidättyy yleensä yhä tehokkaammin, niin että kahden kuukauden kuluttua vain keskimäärin neljännes lannan liukenevasta fosforista on säilynyt uuttokelpoisena hiekkamullassa ja savimullassa. Pidättyminen on kuitenkin ollut suhteellisesti heikompaa kuin huiskutuskokeissa (vrt. taulukko 5), mikä osoittaa sen seikan merkitystä, että lannan fosfori on huolellisesta sekoittamisestakin huolimatta joutunut muhituskokeessa olemaan maassa pesäk-

keinä, eikä siten ole päässyt reagoimaan maan ainesosien kanssa yhtä tehokkaasti kuin pitkäaikaisen huiskutuskokeen olosuhteissa. Happamen urpasaven ja mutasuoturpeen lannoitetun ja lannoittamattoman koejäsenen fosforin arvojen välillä ei muhituskokeen alussakaan ole sanottavaa erotusta, mikä johtunee siitä, että näiden maiden seksvioksidit pystyvät pidättämään karjanlannan fosforin jo lyhyen huiskutuksen aikana.

Myös kasvikokein on todettavissa, että karjanlannan fosfori pidättyy maassa vähitellen yhä vaikeammin otettavaksi. Kun rypsiä kasvatettiin Neubauer-analyysien tapaan kolme viikkoa maanäytteissä, joista osa oli saanut muhia laboratorion lämpötilassa 5 kk. lannoitettuna, osa taas kostutettiin juuri ennen kokeen alkua, saatiin tulokset, jotka osoittavat, että rypsit pystyvät ottamaan lannan fosforia ainakin jonkin verran paremmin muhittamattomista näytteistä. Taulukossa 8 olevien tulosten mukaan 5 kk:n aikana tapahtunut pidättyminen on kuitenkin suhteellisen vähäistä: muhitetuista maista saadut arvot ovat tuskin puolta pienemmät kuin muhittamattomien antamat luvut. Kasvien käyttämät lannan fosforin määrät ovat siksi pienet lisättyihin määriin verrattuna — PA 1 sisälsi 160 mg, PA 8 190 mg ja superfosfaatilla talteenotettu P 90 330 mg epäorgaanista fosforia maakiloa kohti —, että lienee syytä otaksua lannan fosforin pidättyneen muhittamattomissa näytteissä suureksi osaksi jo sinä aikana, jolloin rypsit vielä kasvoivat siemensä fosforin turvin.

Edellä käsitellyt kokeet eivät tietenkään riitä selvittämään, miten suuri osa karjanlannan fosforista pidättyy erilaisissa maissa ja erilaisten viljelykasvien ollessa kysymyksessä niin hitaasti, että kasvit pystyvät käyttämään sen hyväkseen. Mutta nämä kokeet eivät kuitenkaan anna aiheutta otaksua, että karjanlannan epäorgaaninen fosfori suhtautuisi maassa eri tavoin kuin muista lähteistä peräisin olevat vastaavasti liukenevat fosfaatit. Jos lannan fosfori joutuu välittömään kosketukseen maan ainesosien kanssa, se näyttää pidättyvän ainakin yhtä tehokkaasti kuin epäorgaanisten yhdisteiden fosfaatti-ionit: mitään selvää lannan humuksen suojelevaa vaikutusta ei näissä kokeissa ole ilmennyt. Jos lannan fosforin todetaan pidättyvän maahan hitaammin kuin epäorgaanisten yhdisteiden, johtunee tämä lähinnä siitä, että lantakokkareen sisällä oleva fosfori ei pääse reagoimaan maan aineosien kanssa.

### *Karjanlanta fosforin lähteenä.*

GERICKE (5), joka on laajoin astia- ja kenttäkokein selvittänyt karjanlannan ja väkilannoitteiden fosforin käyttökelpoisuutta kasvien fosforin lähteenä, väittää tulostensa perusteella, että karjanlannan fosforin arvo on keskimäärin 70 % väkilannoitteiden fosforin arvosta. Tällöin on vertailtu karjanlannan kokonaisfosforia väkilannoitteen veteen tai sitruunahappoon liukenevaan määrään. Koska palaneen lannan orgaanisella fosforilla ei kuitenkaan ole ainakaan ensimmäisenä vuotena sanottavaa merkitystä kasvien fosforinsaannille, ei liene oikein suorittaa vertailua tällä tavoin. On perustellumpaa käyttää lannan kokonaisfosforin sijasta sen epäorgaanisen fosforin määrää tai ehkä veteen ja laimeaan happoon liukenevan fosforin

määrää, koska näihin liuottimiin uuttuvat lannan orgaaniset yhdisteet edustanevat suhteellisen helposti mineraloituvaa ainesta. Palaneessa karjanlannassa on keskimäärin 60 % epäorgaanista fosforia ja suunnilleen 10 % veteen ja happoon liukenevaa orgaanista fosforia (8), yhteensä siis noin 70 % kasveille todennäköisesti kellovasta tai sellaiseksi verraten helposti muuttuvaa fosforia. Tältä pohjalta lähtien päädytään vertailussa siihen tulokseen, että karjanlannan veteen ja happoon liukeneva fosfori on täysin väkilannoitteiden vastaavan fosforin veroista kasvien ravinnonlähteenä.

Useat tutkijat (6, p. 288, 13) ovat kokeittensa perusteella todenneet karjanlannan kokonaisfosforin ja väkilannoitteiden fosforin käyttökelpoisuudeltaan yhtä hyviksi. Tällaisissa tapauksissa on ilmeisesti lannan pesäkevaikutus hidastanut fosforin pidättymistä maahan, tai lannan muut ainesosat ovat edistäneet kasvien hyvinvointia ja tehostaneet siten sen fosforin ottoakin.

Jos lannoituksena annetaan 20 tonnia meikäläistä karjanlantaa hehtaaria kohti, tulee siinä keskimäärin vajaan 40 kiloa fosforia peltoon. Siitä on noin 60 % epäorgaanisena, siis vähän yli 20 kiloa. Jos liukenevan orgaanisen fosforin määrä otetaan huomioon, saadaan suunnilleen 25 kilon fosforilannoitus, joka vastannee tehoaan 125—140 kiloa superfosfaattia. Kunnollisten satojen turvaamiseksi on karjanlannan ohella siis ehdottomasti käytettävä fosforilannoitteita.

Koska karjanlannan fosforin pitoisuus samoin kuin sen epäorgaanisen fosforin osuus kokonaisfosforista vaihtelee huomattavasti ruokinnasta, ulosteiden talteenotosta ja palamisasteesta riippuen (8), on lannoituskokeita järjestettäessä syytä analysoida käytettävät lantaerät eikä tyytyä kalenterien antamiin arvoihin. Laimahekkoon happoon liukenevan epäorgaanisen fosforin määrä on tällöin tärkeämpi kuin näytteen kokonaisfosforin arvo.

### P ä ä t e l m ä t.

Tutkimuksessa, jossa selvitettiin karjanlannan arvoa kasvien fosforin lähteenä lähinnä laboratoriokokeiden perusteella, päädyttiin seuraaviin tuloksiin.

Todettiin, että palaneen karjanlannan orgaanisella fosforilla, joka on etupäässä nukleiinifraktioon kuuluvia hitaasti ja epätäydellisesti mineraloituvia yhdisteitä, ei näytä olevan sanottavaa merkitystä lannan fosforin käyttökelpoisuutta määrää arvioitaessa.

Lannan fosforin pidättymistä selvittävät kokeet eivät antaneet aihetta otaksua, että lannan epäorgaaninen fosfori suhtautuisi maassa eri tavoin kuin muista lähteistä peräisin olevat vastaavasti liukenevat fosfaatit. Mitään selvää lannan humaattien suojelevaa vaikutusta ei voitu todeta suoritetuissa kokeissa. Jos karjanlannan fosfori pidättyy maahan hitaammin kuin epäorgaanisten yhdisteiden liukeneva fosfori, on syynä todennäköisesti lannan pesäkkeellisyys, joka estää lannan fosforia joutumasta yhtä välittömään kosketukseen maan ainesosien kanssa kuin hajalleen levitetyn jauheisen väkilannoitteen fosfori.

Karjanlannan epäorgaanista ja veteen ja laimeaan happoon liukenevaa orgaanista fosforia on pidettävä väkilannoitteiden fosforin veroisena, liukenematonta orgaanista fosforia ei ole syytä ottaa huomioon palaneen karjanlannan fosforilannoitusarvoa määritettäessä. Meikäläisessä karjanlannassa annetaan 20 tonnissa keskimäärin 25 kilon fosforilannoitus, joten väkilannoitteiden käyttö on useimmiten välttämätöntä satojen fosforin tarpeen tyydyttämiseksi.

---

#### KIRJALLISUUTTA.

- (1) BARTHEL, Chr. 1931. Ladugårdsgödselkvävet's utnyttjande. *Maat. Aikak.* 3, p. 109—116.
- (2) BOWER, C. A. 1949. Studies on the forms and availability of soil organic phosphorus. *Iowa Agr. Exp. Sta., Res. Bul.* 362, p. 961—996.
- (3) DREYSPRING C. & HEINZ, W. 1935. Eine neue Saugapparatur zur restlosen Trennung des Bodenauszugs vom Bodenkörper. *Zeitschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk.* 38, p. 213—221.
- (4) DYER, W. J. & WRENSHALL, C. L. 1941. Organic phosphorus in soils: III. The decomposition of some organic phosphorus compounds in soil cultures. *Soil Sci.* 51, p. 323—329.
- (5) GERICKE, S. 1943. Wirkung und Leistung der Stallmistphosphorsäure. *Bodenk. u. Pflanzenern.* 31, p. 138—184.
- (6) ——— 1943. Wird die Stallmist-Phosphorsäure besser verwertet? *Forschungsdienst* 16, p. 283—291.
- (7) KAILA, A. 1948. Viljelysmaan orgaanisesta fosforista. *Valt. maatalouskoet.* julk. 129, 118 p.
- (8) ——— 1949. Karjanlannan fosforista. *Maat. Aikak.* 21, p. 67—82.
- (9) ——— 1949. Biological absorption of phosphorus. *Soil Sci.* 68, p. 279—289.
- (10) MCAULIFFE, C., PEECH, M. & BRADFIELD, R. 1949. Utilization by plants of phosphorus in farm manure: II. Availability to plants of organic and inorganic forms of phosphorus in sheep manure. *Soil Sci.* 68, p. 185—195.
- (11) PEARSON, R. W., NORMAN, A. G. & HO, C. 1941. The mineralization of the organic phosphorus of various compounds in soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 6, p. 168—175.
- (12) PIPER, C. S. 1947. *Soil and plant analysis.* Adelaide, 368 p.
- (13) SAUERLANDT, W. 1936. Untersuchungen über die pflanzenphysiologische Bewertung der Phosphorsäure in den wirtschaftseigenen Düngemitteln. *Zeitschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk.* 42, p. 187—229.
- (14) ——— 1940. Die Phosphorsäurefrage unter besonderer Berücksichtigung der Stallmistphosphorsäure. *Phosphorsäure* 8/9, p. 285—291.
- (15) SCHNEIDEWIND, W. 1928. *Die Ernährung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen.* Berlin, 543 p.
- (16) SCHULZE, B. 1911. Leistung und Geldwert des Stalldüngers nach den Ergebnissen von acht Feldversuchen je vierjähriger Dauer. *A. D. L. G., Heft* 198, p. 1—333.
- (17) THOMPSON, L. M., BLACK, C. A. & CLARK, F. E. 1949. Accumulation and mineralization of microbial organic phosphorus in soil materials. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 13, p. 242—245.
- (18) WAGNER, P. 1915. Die Wirkung von Stallmist und Handelsdüngern. *A. D. L. G., Heft* 279, p. 1—544.

## SUMMARY.

## FARM MANURE AS A SOURCE OF PHOSPHORUS FOR PLANTS.

ARMI KAILA.

*Agricultural Research Centre, Department of Agricultural Chemistry and Physics,  
Tikkurila, Finland.*

The organic phosphorus in farm manure seems as such to be unavailable for plants. Therefore, the value of manure as a phosphorus fertilizer largely depends on the rapidity with which the mineralization of its organic phosphorus takes place. In fermenting manure the decomposition of organic phosphorus compounds will become more effective than their microbiological synthesis as soon as the amount of its organic phosphorus (P) exceeds circa 0.2 per cent of the manure dry matter (9). From thence a continual increase in the relative amount of inorganic phosphorus can be detected, until about 70 per cent of the total phosphorus occurs in inorganic form (8, p. 72). The largest part of the remaining organic phosphorus does not dissolve in ethanol, in water, or in N/2 hydrochloric acid, probably representing nucleic acid derivatives, or organic phosphorus combined with proteines (8). An incubation experiment performed with this insoluble residue of fractionation of a manure sample indicated a relatively slow mineralization of its phosphorus (Table 1). Addition of inorganic phosphorus and glucose in order to stimulate the microbiological activity did not remarkably increase the mineralization. No mineralization of the phosphorus in this fraction was found to take place in soil, neither any reliable increase in inorganic phosphorus could be detected when samples of manure were incubated in soil (Table 2). The technique used in these laboratory experiments was similar to that developed by BOWER (2) and PEARSON et. al. (11), except that instead of 1 N sulfuric acid 4 N sulfuric acid was used in extraction, because the latter was found to give relatively reliable results even when acid soils were in question (p. 110). Difficulties in the determination of changes in manure phosphorus in soil without the help of radioactive phosphorus were discussed.

Since the mineralization of the in water and in N/2 hydrochloric acid insoluble organic phosphorus of manure seems to occur in soil very slowly, this fraction may not represent any available phosphorus source for plants, at least not during the first summer. The soluble organic phosphorus was found to be available food for microorganisms, and this was taken to mean that this fraction of manure phosphorus may take part in the active phosphorus cycle in soil.

It has been claimed that the manure phosphorus does not become fixed by soil as rapidly as inorganic phosphates, and that it thus remains more available for plants than the latter (16, 18). This may be explained by the facts that the soluble humates of manure compete with phosphate anions for the exchange position of the adsorbing soil complex, or that the manure comes into soil in pieces which decrease the contact between manure phosphorus and soil particles. Results obtained from experiments where soil was shaken in water extract of manure and in potassium phosphate solution (Table 3), and where the solubility of the adsorbed phosphorus was determined (Table 4), did not indicate any protective action of soluble manure organic matter against the fixation of phosphorus by soil. Nor did manure increase the phosphorus concentration of soil extract more than superphosphate when equal amounts of soluble inorganic phosphorus in form of manure or of superphosphate were shaken with soil in water (Table 5). The adsorption of phosphorus on slightly acid soils seemed to be less efficient when samples of fermented manure were incubated with soil, and the amounts of water-soluble and N/2 acetic acid-soluble phosphorus determined in fresh samples taken at different intervals (Table 7). This proves how the occurrence of manure in lumps or pieces protects its phosphorus against fixation by soil. The acid soils seemed to fix even the manure phosphorus very efficiently, apparently owing to the rapid fixation by sesquioxides during extraction.

Successive extractions of soil and of soil with manure (Table 6) showed that manure may be able to maintain for a short period a rather constant concentration of inorganic phosphorus, but that before long its remaining phosphorus becomes firmly fixed. Not only the solubility of manure phosphorus, but also its availability for plants was found to decrease on account of incubation in soil (Table 8).

Owing to the fact that the difficultly soluble or insoluble organic phosphorus in farm manure seems to mobilize in soil very slowly, only the inorganic and perhaps the easily soluble organic phosphorus can be taken into consideration when the estimation of manure as a phosphorus fertilizer is in question. In Finnish farm manure there is, on the average, only 0.19 per cent  $P_2O_5$ , and about 60 per cent of it may occur in inorganic form (8). If the amount of soluble organic phosphorus, corresponding in fermented manure approximately 10 per cent of total phosphorus, is included, it can be calculated that 20 tons of farm manure contains about 25 kg. of available or easily mobilizable  $P_2O_5$ . Therefore, in order to provide phosphorus for maximum plant growth it is nearly always necessary to apply mineral phosphate fertilizers in addition to our farm manure.

---