

MTTK — MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

Tiedote 10/83

INTO SAARELA

Maanviljelyskemian ja -fysiikan osasto

**Soklin fosforimalmi fosforilannoitteena
Humuspitoiset lannoitteet**

**JOKIOINEN 1983
ISSN 0359-7652**

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

TIEDOTE 10/83

INTO SAARELA sivut

Soklin fosforimalmi fosforilannoitteena 1-13

INTO SAARELA

Humuspitoiset lannoitteet 14-20

Maanviljelyskemian ja -fysiikan osasto
31600 JOKIOINEN
(916) 133 33

ISSN 0359-7652

Into Saarela:

SOKLIN FOSFORIMALMI FOSFORILANNOITTEENA

| <u>Sisältö</u> | Sivu |
|------------------------|------|
| Tiivistelmä | 1 |
| Johdanto | 2 |
| Aineisto ja menetelmät | 2 |
| Tulokset | 6 |
| Tarkastelu | 11 |
| Kirjallisuutta | 12 |

TIIVISTELMÄ

Soklin fosforirikastetta ja viittä malminäytettä verrattiin astiakokeissa superfosfaattiin. Tutkimuksessa selvitettiin alustavasti mahdollisuuksia käyttää Soklin fosforia peltöjen lannoitteeksi ilman kemiallista jalostusta.

Hienoksi jauhetut näytteet paransivat kauran ja raiheinän kasvua happamalla, niukasti fosforia sisältävällä maalla, mutta niiden fosforin käyttökelpoisuus superfosfaattiin verrattuna oli huono. Happaman turpeen kalkitus esti tehokkaasti Soklin fosfaattien vaikutusta. Riviin sijoitettuun fosforirikasteeseen sekoitettu rikkijauhe, josta maassa muodostuu rikkihappoa, paransi hiukan fosforin käyttökelpoisuutta.

Tulosten mukaan Soklin fosforin käyttö peltöjen lannoitteeksi edellyttää fosforin käyttökelpoisuutta parantavaa prosessointia.

Johdanto

Soklin fosforimalmiesiintymä sijaitsee Itä-Lapissa Savukosken kunnassa. Rikkaan malmion syvemmät kerrokset ovat kiille- ja kalsiittipitoista laimeaa apattiittimalmia, kuten Siilinjärven esiintymäkin. Rapautuneessa pintakerroksessa apattiitti on rikastunut ja muuttunut helppoliukoisemmaksi. Soklin fosforimalmin käyttö lannoitteiden valmistukseen on teknillisesti ratkaistu, mutta syrjäisestä sijainnista johtuvat korkeat kuljetuskustannukset ovat toistaiseksi olleet esiintymän taloudellisen hyödyntämisen esteenä.

Maatalouden tutkimuskeskuksen maanviljelyskemian ja -fysiikan osastossa 1970-luvun alussa suoritetussa astiakokeessa Soklin fosforirikasteen fosfori on ollut kauralle käyttökelpoista erittäin happamalla rahkaturpeella, mutta ei happamalla hiedalla (KAHARI 1975). Rapautuneen pintakerroksen frankoliittisen malmin on Metsäntutkimuslaitoksen kokeissa todettu soveltuvan metsän lannoitukseen ilman kemiallista käsittelyä. Haitallista kadmiumia Soklin malmissa on hyvin vähän.

Soklin fosforesiiintymän omistajan Rautaruukki Oy:n pyynnöstä aloitettiin Maatalouden tutkimuskeskuksen maanviljelyskemian ja -fysiikan osastossa keväällä 1981 tutkimus, jonka tarkoituksena oli selvittää alustavasti Soklin fosforin käyttömahdollisuuksia peltojen lannoitukseen ilman kemiallista jalostusta. Keväällä 1981 perustetussa 2-vuotisessa astiakokeessa verrattiin fosforirikastetta ja kolmea jauhettua malminäytettä superfosfaattiin ja muihin lannoitteisiin kahdella maatalajilla koekasvina kaura. Joulukuussa 1981 kasvihuoneessa aloitetussa toisessa kokeessa tutkittiin fosforirikasteeseen sekoitettujen rikkijauheen ja ammoniumsulfaatin sekä lannoitteiden sijoituksen ja kalkituksen vaikutusta fosforin käyttökelpoisuuteen ja kokeiltiin lisäksi kahta uutta näytettä. Kokeessa oli kolme maalajia ja koekasveina kaura ja raiheinä. Kokeiden 228:sta viiden litran astiasta on kertynyt 994 satonäytettä.

Tutkimuksen suunnitteluun ovat osallistuneet Maanviljelyskemian ja -fysiikan osaston johtaja professori Paavo Elonen ja apulaisjohtaja Rainer Tuovinen Rautaruukki Oy:sta.

Aineisto ja menetelmät

Rautaruukki Oy:n keväällä 1981 lähettämistä näytteistä jauhettiin Maanviljelyskemian ja -fysiikan osastossa astiakokeeseen 1 tarvittavat muutaman kymmenen

gramman erät huumareessa. Koerikastamossa tuotettu fosforirikaste oli jauhettua (<0,6 mm). Loitson alueen (suuren esiintymän osa) fosforimalmi (loits. P-m.), frankoliittinen kova fosforimalmi (frank. P-m.) ja karbonatiitti olivat karkeita murskeita (<6 m). Syksyllä 1981 tulleet näytteet olivat hienoja jauheita. "P-tuote" on jauhettua frankoliittista malmia ja "P-näyte" on koerikastuksen esikäsitellyssä erotettua lietettä, joka kemiallisessa jalostuksessa joutuisi hukkaan.

Kokeissa verrattujen näytteiden hiukkaskoko sekä fosforipitoisuus ja fosforin sitruunahappoliukoisuus sekä muita alkuainepitoisuuksia on esitetty taulukossa 1. Hienoin hiukkaskoko (<0,06 mm) vastaa hienofosfaattia. Vertailulannoitteena käytetty hienofosfaatti oli vanha marokkolainen näyte ja superfosfaatti, jonka fosforipitoisuus Valtion maatalouskemian laitoksen analyysin mukaan oli korkeampi kuin vakuustodistuksessa ilmoitettu, oli kaupasta ostettua.

Taulukko 1. Soklin näytteiden ja vertailulannoitteiden ominaisuuksia

| Näyte | Hiukkaskoko Ø mm | Fosforia (P) % | P:sta sitr.h. liuk. % | Ca % | Mg % | Fe % | Al % |
|----------------|---------------------|-------------------|--------------------------|---------|---------|---------|---------|
| P-rikaste | <0,06 | 16,2 | 14 | 36 | 0,1 | | |
| " | <0,6 | 16,2 | 12 | | | | |
| Loits. P-malmi | <0,06 | 10,5 | 19 | 24 | 0,9 | | |
| " | <0,6 | 10,5 | 16 | | | | |
| Frank. P-malmi | <0,06 | 12,8 | 18 | 29 | 0,2 | 8 | 1 |
| " | <0,6 | 12,8 | 14 | | | | |
| " fraktio | <0,6 | 12,1 | 14 | | | | |
| " " | 0,6-2 | 13,8 | 6 | | | | |
| Karbonatiitti | <0,6 | 1,9 | 1 | 34 | 2,2 | | |
| P-tuote | (hieno) | 13,0 | | 30 | 0,1 | 8 | 2 |
| P-näyte | (hieno) | 9,7 | | 21 | 1,2 | 12 | 1 |
| Superfostaatti | (rakeinen) | 9,7 | 97 | 20 | | | |
| Hienofosfaatti | <0,06 | 12,7 | 38 | | | | |

Taulukko 2. Astiakokeiden maiden happamuus ja ravinteisuus

| Maaerä | pH (H ₂ O) | Happamaan ammoniumasetattiin uuttuvaa mg/l | | | |
|----------|--------------------------|--|-----|------|------|
| | | P | K | Ca | Mg |
| Savi | 6,4 | 1,3 | 350 | 2600 | 1550 |
| Turve | 4,9 | 2,7 | 50 | 1800 | 490 |
| Savi II | 5,6 | 2,6 | 270 | 1950 | 600 |
| Hieta | 6,2 | 20 | 130 | 650 | 80 |
| Turve II | 4,9 | 3,9 | 60 | 2100 | 650 |

Kokeisiin pyrittiin saamaan fosforiköyhää maata, jotta fosforilannoituksen vaikutus näkyisi kasvien kasvussa (taulukko 2.). Sen tähden maat otettiin pääosin kyntökerroksen alta. Savi II on otettu metsästä 5-15 cm:n syvyydestä läheltä toisen savierän ottopaikkaa. Savet ovat lihavaa hiesusavea. Turve-erät ovat kohtalaisen niukasti maatonutta saraturvetta. Hienon hiedan "helppoliukoisen" fosforin pitoisuus, joka voitiin määrittää vasta kokeen perustamisen jälkeen, oli yllättävän korkea.

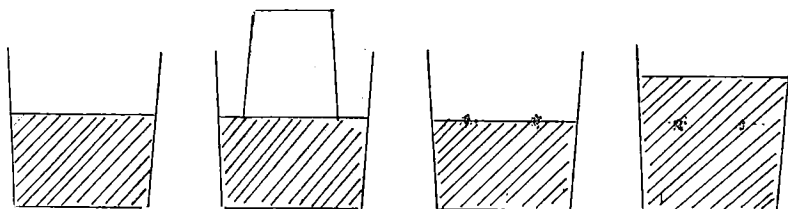
Maaerät homogenisoitiin ja astioihin annosteltiin samat määrät maata punnitsemalla. Kokeen kaikissa astioissa samanlainen aluslannoitus (taulukko 3) lisättiin liuksina, jotka valmistettiin p.a.-luokan kemikaaleista ja sekoitettiin perusteellisesti maahan, paitsi ensimmäiselle raiheinäsadolle (RHI) lannoitteet sekoitettiin matalaan pintakerrokseen ja toiselle ja kolmannelle raiheinäsadolle annettiin pintaan. Käytettäessä diammoniumfosfaattia fosforilannoitteena vähennettiin muuta typpilannoitusta siten, että kaikkiin astioihin tuli typpeä yhtä paljon. Aluslannoituksen suunnittelussa pyrittiin siihen, etteivät muiden ravinteiden kuin fosforin saannin vaihtelut vaikuttaisi kasvuun.

Taulukko 3. Aluslannoitus, mg/astia alkuaineina

| Ravinne | Koe 1 | | Koe 2 Kaura | RHI | RHII | RHIII | Kaura |
|------------|-------|------|----------------|-----|------|-------|-------|
| | 1.v. | 2.v. | | | | | |
| Typpi | 1500 | 1500 | - | 750 | 750 | 750 | 1000 |
| Kalium | 1500 | 1500 | 1500 | 750 | 750 | 750 | 1000 |
| Magnesium | 400 | 200 | 400 | 100 | - | - | 200 |
| Rikki | 540 | 270 | 540 | 135 | - | - | 270 |
| Kupari | 20 | 10 | 20 | 5 | - | - | 10 |
| Sinkki | 20 | 10 | 20 | 5 | - | - | 10 |
| Mangaani | 20 | 10 | 20 | 5 | - | - | 10 |
| Boori | 2 | 2 | 2 | 1 | - | - | 1 |
| Molybdeeni | 1 | 1 | 1 | 0,5 | - | - | 0,5 |

Fosforilannoitus ja kalkitus sekä kokeen 2 ensimmäisen sadon typpilannoitus on esitetty koejäsenittäin tulosten yhteydessä (taulukot 4, 5 ja 6). Vertailulannoitteina käytetyillä superfosfaatilla ja diammoniumfosfaatilla oli tasot 200 ja 400 mg P/astia. Muiden lannoitteiden fosforimäärä oli 400 mg/astia, kokeessa 1 kuitenkin epätarkasti, koska tarkkoja pitoisuuksia ei tunnettu koetta perustettaessa.

Kalkki ja koejäsenille erikseen annetut lannoitteet sekoitettiin maahan perusteellisesti, paitsi sijoitetut koejäsenet kokeessa 2. Rivilannoitusta jäljittelevä sijoitus suoritettiin oheisissa piirroksissa esitetyllä tavalla:



Astia täytettiin vähän yli puolilleen; tasoitettuun maan pintaan painettiin pienemmällä astialla ympyrän muotoinen ura; ripoteltiin keskenään sekoitetut ja 10 g:lla savea "rakeistetut" lannoitteet ja rikki uraan; lisättiin loppu maa. Sijoitusastiat kylvettiin lannoituksesta kuukauden kuluttua koskematta lannoiteriveihin. Kauran siemeniä asetettiin astioihin kolmen sentin syvyyteen 25 kappaletta. Raiheinän siementä kylvettiin 250 mg astiaan.

Kokeen 1 tuleentuneet kaurasadot sekä kokeen 2 toinen vihantakaura ja viimeinen raiheinäsato osittain kasvatettiin ulkoilmassa verkkohäkissä. Kokeen 2 muut sadot kasvatettiin kasvihuoneessa. Astiat kasteltiin ulkona päivittäin, kasvihuoneessa 2-4 kertaa viikossa. Vihantakaurat leikattiin röyhylle tulon jälkeen, raiheinät ennen tähkimistä. Sadot kuivatettiin kuivatusseuloilla kuumailmakaapissa 105 °C:ssa, jonka jälkeen ne punnittiin. Sadoista määritettiin fosforipitoisuus (KAHARI ja NISSINEN 1978).

Kokeen lopussa maasta määritettiin happamaan ammoniumasetaattiin uuttuva, ns. helppoliukoinen fosfori (VUORINEN ja MAKITIE 1955). Maan pH määritettiin kokeesta 1 molempina syksyinä ja kokeesta 2 ensimmäisen kauran korjuun jälkeen ja lopussa. Ensimmäisellä kerralla kokeesta 2 pH määritettiin sijoitus-astioista sekä lannoiterivin kohdalta että astian keskeltä. pH mitattiin potentiometrisesti 0,01 M CaCl₂-lietteestä, jonka maa:liuos -tilavuussuhde oli 1:2,5.

Kokeessa 1 oli kerranteita neljä ja kokeessa 2 kolme. Tulostaulukoissa esiintyvät pienimmät merkitsevät erot (pme) on laskettu viiden prosentin riskillä, mutta on huomattava, että verrattaessa ristikkäin useampaa kuin kahta keskiarvoa, riski suurenee. Verrattaessa kutakin koejäsentä samaan verranteeseen riski on viisi prosenttia.

Tulokset

Kokeen 1 tulokset ovat taulukoissa 4 ja 5 ja kokeen 2 tulokset taulukossa 6. Savimaa kokeessa 1 läpäisi vettä niin hitaasti, että kaura kärsi ensimmäisenä vuonna esiintyneiden runsaiden sateiden aikana liikamärkydestä. Kokeessa 1 oli myös turpeella kahdella koejäsenellä tavallista suurempia kerranteiden välisiä eroja (johtuivat ehkä epätasaisesta kalkin sekoituksesta). Edellä esitetyistä

Taulukko 4. Kauran sadot kokeessa 1, g/astia

| Maa- laji | Kalkitus g CaCO ₃ | Fosforilannoitus | | | Ensimmäinen vuosi | | | Toinen vuosi | | | |
|--------------|---------------------------------|------------------|---------|--------|-------------------|--------|--------|--------------|-------|-------|------|
| | | Lannoite | Ømm | g/ast. | mg.P | jyvät | oljet | yht. | jyvät | oljet | yht. |
| Savi | - | - | | | 0 | 14.3 | 21.4 | 35.7 | 14.3 | 17.1 | 31.5 |
| " | - | Superfosf. | | 2.3 | 200 [*] | 31.7 | 48.8 | 80.4 | 27.3 | 26.6 | 53.9 |
| " | - | " | | 4.6 | 400 [*] | 37.6 | 55.1 | 92.7 | 34.2 | 34.1 | 68.2 |
| " | - | P-rik. | <0.06 | 2.52 | 408 | 16.9 | 24.9 | 41.9 | 15.1 | 17.2 | 32.3 |
| " | - | " | <0.6 | 2.52 | 408 | (13.9) | (23.6) | (37.4) | 17.7 | 20.8 | 38.4 |
| " | - | Loits.P-m. | <0.06 | 4.60 | 485 | 17.8 | 27.7 | 45.5 | 20.9 | 21.6 | 42.5 |
| " | - | Frank.P-m. | <0.06 | 3.18 | 408 | 17.5 | 26.8 | 44.3 | 15.8 | 19.3 | 35.1 |
| " | - | " | <0.6 | 3.18 | 408 | 16.7 | 23.2 | 39.9 | 13.0 | 17.1 | 30.1 |
| | | | | | pme | 4.7 | 2.7 | 5.2 | 5.0 | 4.1 | 8.2 |
| Turve | - | - | | | 0 | 10.3 | 17.8 | 28.0 | 9.1 | 12.3 | 21.3 |
| " | - | Superfosf. | | 2.3 | 200 [*] | 28.7 | 49.8 | 78.5 | 22.7 | 26.0 | 48.7 |
| " | - | " | | 4.6 | 400 [*] | 26.0 | 53.7 | 79.7 | 30.2 | 39.7 | 69.9 |
| " | - | Diamm.f. | | 2.0 | 400 | 29.7 | 54.0 | 83.7 | 28.7 | 32.5 | 61.2 |
| " | - | P-rik. | <0.06 | 2.52 | 408 | 26.8 | 31.2 | 58.0 | 17.3 | 18.2 | 35.6 |
| " | - | " | <0.6 | 2.52 | 408 | 22.2 | 28.7 | 50.9 | 17.1 | 17.9 | 35.0 |
| " | - | Loits.P-m. | <0.06 | 4.60 | 485 | 29.0 | 37.8 | 66.7 | 20.7 | 23.4 | 44.1 |
| " | - | Frank.P-m. | <0.06 | 3.18 | 408 | 29.7 | 33.9 | 63.6 | 22.2 | 23.7 | 45.9 |
| " | - | " | <0.6 | 3.18 | 408 | 22.0 | 26.6 | 48.6 | 18.2 | 18.5 | 36.9 |
| " | - | " | 0.6-2.0 | 3.18 | 438 | 15.5 | 20.7 | 36.2 | 12.0 | 14.9 | 26.9 |
| " | - | Karbonat. | <0.6 | 20.4 | 388 | 8.4 | 10.8 | 19.2 | 7.7 | 9.6 | 17.3 |
| " | - | Marokkofosf. | <0.06 | 3.18 | 403 | 29.3 | 56.1 | 85.4 | 32.6 | 41.3 | 74.0 |
| | | | | | pme | 5.3 | 3.1 | 7.8 | 3.3 | 2.8 | 5.1 |
| Turve | 12 | - | | | 0 | 9.5 | 12.2 | 21.6 | 8.6 | 10.5 | 19.0 |
| " | " | Superfosf. | | 2.3 | 200 [*] | 28.2 | 46.3 | 74.5 | 22.9 | 24.3 | 47.2 |
| " | " | " | | 4.6 | 400 [*] | 25.4 | 53.9 | 79.3 | 34.4 | 40.9 | 75.3 |
| " | " | Diamm.f. | | 1.0 | 200 | 29.5 | 48.5 | 78.1 | 19.3 | 21.3 | 40.7 |
| " | " | " | | 2.0 | 400 | 28.2 | 54.2 | 82.5 | 31.8 | 36.8 | 68.6 |
| " | " | P-rik. | <0.06 | 2.52 | 408 | 10.8 | 13.5 | 24.2 | 11.6 | 12.4 | 23.9 |
| " | " | " | <0.6 | 2.52 | 408 | 10.6 | 13.1 | 23.7 | 10.4 | 11.2 | 21.6 |
| " | " | Loits.P-m. | <0.06 | 4.60 | 485 | 11.2 | 15.3 | 26.5 | 15.9 | 17.6 | 33.6 |
| " | " | Frank.P-m. | <0.06 | 3.18 | 408 | (10.6) | (14.0) | (24.5) | 14.9 | 15.6 | 30.5 |
| " | " | " | <0.6 | 3.18 | 408 | 10.1 | 12.8 | 22.9 | 10.2 | 11.3 | 21.5 |
| | | | | | pme | 5.5 | 3.1 | 7.1 | 3.9 | 4.2 | 5.6 |

* Vakuustodistuksen mukaan, Maatalouskemian laitoksen analyysien mukaan 223 ja 446
() Sulkeilla merkityissä kerranteiden väliset erot suuret

Taulukko 5. Kauran fosforipitoisuus (mg/g) ja fosforin otto (mg/astia) ensimmäisenä vuonna sekä maan pH ja "helppoliukoinen" fosfori (mg/l) kokeessa I.

| Maa- laji | Kalkitus g CaCO ₃ | Fosforilannoitus | | mg.p. | Fosforipitoisuus | | Fosforia mg/astia jyvässä oljissa yht. | Maan pH _{CaCl2} | | Maan fosfori kok.lopussa | | |
|--------------|---------------------------------|------------------|---------|-------|------------------|-------|---|--------------------------|-------------|-----------------------------|--------|-----|
| | | Lannoite | g/ast. | | Jyvät | oljet | | l.v.syks. | kok.lopussa | | | |
| Savi | - | - | 2,3 | 0 | 3,5 | 0,8 | 48 | 17 | 65 | 5,53 | 5,54 | 0,7 |
| " | - | Superfosf. | 2,3 | 200* | 3,3 | 0,7 | 104 | 32 | 136 | 5,39 | 5,48 | 0,7 |
| " | - | " | 4,6 | 400* | 3,5 | 0,7 | 127 | 39 | 165 | 5,29 | 5,42 | 1,4 |
| " | - | P-rik. | <0,06 | 408 | 3,3 | 0,8 | 56 | 21 | 76 | 5,62 | 5,65 | 0,6 |
| " | - | " | <0,06 | 408 | 3,8 | 1,0 | (50) | (23) | (73) | 5,45 | 5,55 | 0,7 |
| " | - | Loits.P-m. | <0,06 | 485 | 3,6 | 0,8 | 62 | 24 | 87 | 5,59 | 5,69 | 0,7 |
| " | - | Frank.P-m. | <0,06 | 408 | 3,4 | 0,9 | 59 | 24 | 83 | 5,59 | 5,69 | 0,7 |
| " | - | " | <0,06 | 408 | 3,4 | 0,8 | 57 | 18 | 75 | 5,48 | 5,60 | 0,6 |
| " | - | " | pme | | 0,4 | 0,2 | 15 | 5 | 16 | 0,13 | 0,10 | 0,1 |
| Turve | - | - | 2,3 | 0 | 3,1 | 0,8 | 31 | 15 | 46 | 4,19 | 4,16 | 1,0 |
| " | - | Superfosf. | 4,6 | 200* | 3,6 | 0,9 | 102 | 43 | 145 | 4,33 | 4,42 | 1,5 |
| " | - | " | 2,0 | 400* | 4,7 | 2,2 | 121 | 118 | 239 | 4,29 | 4,37 | 2,4 |
| " | - | Diamm.f. | 2,52 | 408 | 4,5 | 1,8 | 134 | 99 | 233 | 4,08 | 4,23 | 2,0 |
| " | - | P-rik. | <0,06 | 408 | 2,7 | 0,6 | 72 | 17 | 89 | 4,40 | 4,40 | 1,4 |
| " | - | " | <0,06 | 408 | 2,7 | 0,7 | 59 | 20 | 79 | 4,36 | 4,38 | 1,3 |
| " | - | Loits.P-m. | <0,06 | 485 | 2,8 | 0,6 | 81 | 21 | 101 | 4,42 | 4,46 | 1,5 |
| " | - | Frank.P-m. | <0,06 | 408 | 2,6 | 0,4 | 77 | 15 | 92 | 4,39 | 4,48 | 1,6 |
| " | - | " | <0,06 | 408 | 2,8 | 0,6 | 60 | 17 | 77 | 4,36 | 4,39 | 1,3 |
| " | - | " | 0,6-2,0 | 433 | 3,0 | 0,7 | 46 | 14 | 59 | 4,26 | 4,23 | 1,2 |
| " | - | Karbonat. | <0,06 | 388 | 2,7 | 0,4 | 23 | 4 | 28 | 5,43 | 5,11 | 1,3 |
| " | - | Marokkofosf. | <0,06 | 403 | 4,4 | 1,3 | 128 | 73 | 202 | 4,41 | 4,51 | 2,4 |
| " | - | " | pme | | 0,4 | 0,2 | 13 | 10 | 15 | 0,05 | 0,04 | 0,3 |
| Turve 12 | - | - | 2,3 | 0 | 2,7 | 0,5 | 25 | 6 | 32 | 5,13 | 4,89 | 1,2 |
| " | - | Superfosf. | 4,6 | 200* | 3,4 | 0,6 | 94 | 29 | 122 | 5,29 | 5,25 | 1,9 |
| " | - | " | 2,0 | 400* | 4,6 | 1,4 | 115 | 75 | 188 | 5,28 | 5,20 | 3,4 |
| " | - | Diamm.f. | 2,52 | 408 | 3,2 | 0,7 | 93 | 33 | 126 | 5,05 | 5,01 | 1,8 |
| " | - | " | <0,06 | 408 | 4,3 | 1,1 | 120 | 60 | 180 | 4,98 | 5,01 | 2,3 |
| " | - | P-rik. | <0,06 | 408 | 2,7 | 0,5 | 28 | 7 | 35 | 5,14 | 4,93 | 1,4 |
| " | - | " | <0,06 | 408 | 2,6 | 0,5 | 28 | 7 | 34 | 5,15 | 4,91 | 1,2 |
| " | - | Loits.P-m. | <0,06 | 485 | 3,1 | 0,6 | 33 | 11 | 44 | (5,15) | (4,31) | 1,7 |
| " | - | Frank.P-m. | <0,06 | 408 | 2,9 | 0,6 | (29) | (9) | (37) | (5,15) | (4,89) | 1,4 |
| " | - | " | <0,06 | 408 | 2,7 | 0,5 | 27 | 7 | 34 | 5,14 | 4,89 | 1,3 |
| " | - | " | pme | | 0,4 | 0,2 | 13 | 10 | 12 | 0,07 | 0,12 | 0,2 |

* Vakuustodistuksen mukaan, Maatalouskemian laitoksen analyysien mukaan 223 ja 446

() Sulkeilla merkityissä kerranteiden väliset erot suuret

syistä normaalia enemmän toisistaan poikkeavista kerranteista lasketut tulokset ovat taulukoissa 4 ja 5 sulkeissa eivätkä niiden virheet sisälly pme:oihin.

Fosforilannoitteiden väliset suuret erot kasvussa johtuivat epäilemättä suurimaksi osaksi fosforin saannista. Kokeessa 1 ensimmäisenä vuonna kauran jyvä/olki-suhde oli ankaran rengasruoste-epidemian takia tavallista alhaisempi varsinkin parhaiten kasvaneissa astioissa. Sen tähden ensimmäisenä vuonna kokeessa 1 olki-sato ja kokonaissato osoittavat fosforilannoituksen vaikutusta paremmin kuin jyväsato. Toisena vuonna kaura kehittyi normaalisti tuleentumiseen saakka. Kasvun ollessa fosforin puutteen takia heikkoa jyväsadon osuus kokonaissadosta aleni hyvin vähän tai ei lainkaan, vaikka kokonaissato oli jopa vain neljännes normaalia. Kokeessa 1 karbonatiitti alensi satoa kuten kalkkikin ilman fosforilannoitusta. Kalkitus esti tehokkaasti muiden kolmen Soklin fosfaatin vaikutusta, jotka muutenkin olivat heikkoja superfosfaattiin ja marokkolaiseen hienofosfaattiin verrattuna. Vaikealiukoisten fosfaattien suhteellinen vaikutus ei ollut toisena vuonna parempi kuin lannoitusvuonnakaan (taulukko 7).

Kokeessa 2 rikkilisäys ja ammoniumtyppi tehostivat Soklin fosfaattien vaikutusta, mutta kuitenkin melko heikosti ja lyhytaikaisesti. Kalkitus ja sijoitettaessa myös nitraattityppi estivät vaikealiukoisen fosforin vaikutuksen jopa kokonaan (taulukko 6). Lannoitteiden sekoittaminen maahan oli vaikealiukoisen fosforin hyväksikäytön kannalta edullisempää kuin riviin sijoittaminen.

Fosforin näennäinen hyväksikäyttö eli sadon fosforisisällön ja ilman fosforilannoitusta kasvatetun sadon fosforisisällön erotus jaettuna lannoitteen fosforisisällöllä (taulukko 8) osoittaa Soklin näytteiden fosforin käyttökelpoisuuden huonoksi. Turpeessa II vaikealiukoinen fosfori on liuennut ja siirtynyt kasviin kuitenkin monta kertaa runsaammin kuin toisessa hyvin samankaltaisessa turverässä ja muilla mailla.

Vaikka maan happamuus ja sen säätely kalkituksella vaikuttivat tehokkaasti Soklin fosfaattien käyttökelpoisuuteen, happamuus ei selitä turve-erien erilaista reagoitua, koska molempien erien pH-luvut olivat samalla tasolla (taulukot 5 ja 6). Niissä tapauksissa, joissa kalkitus on estänyt vaikealiukoisen fosforin hyväksikäytön, pH ei ole aina noussut yli viiden. Maan liukoisen fosforin pitoisuudet kokeiden lopussa olivat hietaa lukuunottamatta alhaisia. Niiden erot ovat usein merkitseviä ja samansuuntaisia kuin satoerot.

Taulukko 7. Suhteelliset kokonaissadot kokeessa 1 vuosittain

| Fosforilannoitus Lannoite | mg P | Savi | | Turve | | Kalkittu turve | | |
|------------------------------|-------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| | | 1.v. | 2.v. | 1.v. | 2.v. | 1.v. | 2.v. | |
| - | 0 | 39 ^a | 46 ^a | 35 | 30 ^a | 27 ^a | 25 ^a | |
| Superfosfaatti | 200 | 87 | 79 | 99 ^e | 70 ^c | 94 ^b | 63 | |
| " | 400 | 100 | 100 | 100 ^e | 100 | 100 ^b | 100 | |
| Fosforirikaste | <0.06 | 408 | 45 ^a | 47 ^a | 73 ^{bc} | 51 ^b | 31 ^a | 32 ^a |
| " | <0.6 | 408 | 40 ^a | 56 ^a | 64 ^{ab} | 50 ^b | 30 ^a | 29 ^a |
| Loitson P-m. | <0.06 | 485 | 49 ^a | 62 ^a | 84 ^d | 63 ^c | 33 ^a | 45 ^b |
| Frankol. P-m. | <0.06 | 408 | 48 ^a | 51 ^a | 80 ^{cd} | 66 ^c | 31 ^a | 41 ^b |
| " | <0.6 | 408 | 43 ^a | 44 ^a | 61 ^a | 53 ^b | 29 ^a | 29 ^a |
| Karbonatiitti | <0.6 | 388 | - | - | 24 | 25 ^a | - | - |
| Hienofosfaatti | <0.06 | 403 | - | - | 107 ^e | 106 | - | - |

Samalla kirjaimella merkitys saman sarakkeen luvut eivät eroa Duncanin multiple range -testin mukaan merkitsevästi toisistaan (P=0,05).

Taulukko 8. Fosforin näennäinen hyväksikäyttö (%).

Kokeessa 1. ensimmäisenä vuonna

| | Superfosf. | | P-rikaste | | Loits. P-m. < 0.06 | Frank. P-m. < 0.06 | P-m. < 0.6 |
|----------------------|------------|-------|-----------|-------|-----------------------|-----------------------|---------------|
| | 200 P | 400 P | < 0.06 | < 0.6 | | | |
| Savella | 36 | 25 | 2 | 2 | 5 | 4 | 2 |
| Turpeella | 50 | 48 | 9 | 7 | 11 | 11 | 8 |
| Kalkitulla turpeella | 45 | 39 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 |

Kokeessa 2 neljä satoa yhteensä (NH₄NO₃ ilman CaCO₃)

| | Superfosf. | P-rikaste | P-tuote | P-näyte |
|--------------------|------------|-----------|---------|---------|
| Turpeella 1 (sij.) | 46 | 8 | - | - |
| Turpeella 2 (sek.) | 72 | 33 | 38 | 43 |

Tarkastelu

Soklin näytteet eivät olleet afrikkalaiseen raakafosfaattiin rinnastettavia, mutta hienofosfaatin käytöstä fosforilannoitteena saadut koetulokset saattavat olla vaikealiukoisten fosforilannoitteiden käyttömahdollisuuksia arvioitaessa hyödyllisiä.

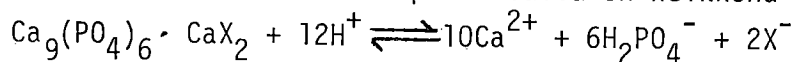
Maanviljelyskemian ja -fysiikan osaston 31 koetta ja 157 koesatoa käsittävässä koesarjassa hienofosfaatilla saadut sadonlisäykset ovat olleet keskimäärin ensimmäisinä vuosina 40-50 %, 6-7 vuodessa 80-85 % ja 10 vuodessa yli 90 % superfosfaatilla saaduista sadonlisäyksistä (TAINIO 1958).

Leteensuon koeaseman mutasuolla ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 4,2-4,6) pitkäikäisen nurmen pintalannoituksessa hienofosfaatti on tuottanut vähemmän fosforia sisältävää heinää kuin superfosfaatti (KAILA 1958), mutta pitänyt satotason lähes yhtä korkeana kuin superfosfaatti ja 4-7-kertaisena ilman fosforilannoitusta saatuun satoon verrattuna (TAKALA 1961).

Keski-Suomessa hienolla hiedalla ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 5,5) ja multamaalla ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 6,0) hienofosfaatti on nostanut enemmän apilan kuin heinien fosforipitoisuutta (KAILA ja HANNINEN 1960), on ollut syysrukiilla selvästi huonompi kuin superfosfaatti (KAILA ja HANNINEN 1961) ja hienofosfaatin jälkivaikutuskin on ollut heikompi kuin superfosfaatin (KAILA 1969).

Hienofosfaatin osuus myydystä lannoitefosforista oli 1970-luvun alussa vielä kaksi prosenttia, mutta nykyisin sitä ei maataloudessa käytetä (TAKAMÄKI 1982).

Maan happamuudella on kalsiumfosfaattien liukenemiseen ratkaiseva vaikutus. Liukeneminen tapahtuu maassa saman yhtälön mukaisesti kuin tehtaassa superfosfaatin valmistuksessa, mutta rikkihapon tilalla on heikkona happona toimiva maa:



Hyvin happamassa rahkaturpeessa erittäin vaikealiukoinen Siilinjärven apatiittikin (alle 1 % P:sta sitruunahappoliukoista) on ollut männylle ja kauralle käyttökelpoista (SALONEN 1968). Rahkaturpeen kalkitus pH-tasolle 4,0 on tehokkaasti estänyt kauran fosforin saantia apatiitista, mutta Soklin fosforirikaste on turvannut kauran kasvun vielä pH-tasolla 4,5, vaikka fosforin otto onkin vähentynyt kalkitusta lisättäessä (KAHARI 1975).

Rikin lisäämistä raakafosfaatin liukenemisen tehostamiseksi on kokeiltu Uudessa Seelannissa hyvin tuloksin. Pehmeä kalsiumfosfaatti on tullut jopa superfosfaatin veroiseksi, mutta rauta-alumiinifosfaattipitoisella raakafosfaatilla rikkilisäyksen teho on ollut huonompi (RAJAN 1981). Alkuainerikin hapettuessa *Thiobacillus*-bakteerien vaikutuksesta maan pH laskee jopa alle kolmen. Myös ammoniumtyppi lisää maan happamuutta ammoniumionien hapettuessa nitraatti-ioneiksi tai kasvien ravinteiden ottoon liittyvän ioninvaihdon välityksellä. Palkokasvien heinäkasveja parempi kyky käyttää vaikealiukoista fosforia perustuu ainakin osittain maan pH:n alenemiseen niiden juurten läheisyydessä (AGUILAR ja VAN DIEST 1981).

pH-mittaukset osoittivat, että rikistä ja ammoniumtypeistä muodostui vety-ioneja, jotka lisäsivät lannoiterivin happamuutta (taulukko 6). Rikistä muodostunut happo näyttää kuitenkin diffundoituneen ja kastelun johdosta virranneen ympäröivään maahan liuottamatta fosforia tehokkaasti. Veteen liukenematon rikki ei liiku maassa, mutta ammoniumtyppi on turpeessa liikkuvaa, kuten riveihin sijoitetun ammoniumsulfaatin vaikutuksen ulottuminen astian keskelle osoittaa.

Vaikka johdonmukaista onkin, että vaikealiukoisten lannoitteiden suhteellinen vaikutus on sitä parempi mitä pitempi ravinteiden liukenemisaika on, ajan vaikutus lannoitusaineiden suhteelliseen hyvytyteen oli vähäinen, kuten muissakin samantyyppisissä kokeissa (CAPALA-ROSAND ja WILD 1982a). Myös kenttäkokeissa on saatu samansuuntaisiakin tuloksia (KAILA 1969), vaikka joissakin kokeissa hienofosfaatin suhteellinen vaikutus on ratkaisevasti parantunut koeajan pidentyessä (TAINIO 1958). Kalsiumfosfaatin stabiloituminen maassa esim. alumiinin saostuessa hiukkasten pinnalle lienee mahdollista. Tähän viittaa se, ettei fosforin vapautuminen näyttänyt astiakokeissa nopeutuvan kokeen aikana tapahtuneen pH:n alenemisen vaikutuksesta.

Kalkituksen haitallinen vaikutus kauran fosforin saantiin ja kasvuun kokeessa I johtui ilmeisesti fosforin mikrobiologisesta pidätyksestä (KAILA 1948). Myös Soklin fosfaattien verrattain hyvä vaikutus turpeella II perustui ilmeisesti mikrobiologisiin tekijöihin, mahdollisesti siinä olleisiin mykoritsasieniin. Joissakin tapauksissa mykoritsasieniympäryksellä on voitu tehostaa vaikealiukoisen fosforin hyväksikäyttöä (CAPALA-ROSAND ja WILD 1982b).

Kirjallisuutta

- AGUILAR, S. A. & van DIEST, A. 1981. Rock-phosphate mobilization induced by the alkaline uptake pattern of legumes utilizing symbiotically fixed nitrogen. *Plant and Soil* 61: 27-42.
- CAPALA-ROSAND, P. & WILD, A. 1982a. Direct use of low grade phosphate rock from

- Brazil as fertilizer. I. Effect of reaction time in soil. *Plant and Soil* 65: 351-362.
- CAPALA-ROSAND, P. & WILD, A. 1982b. Direct use of low grade phosphate rock from Brazil as fertilizer. II. Effect of mycorrhizal inoculation and nitrogen source. *Plant and Soil* 65: 363-373.
- KAILA, A. 1948. Viljelysmaan orgaanisesta fosforista. Summary: On the organic phosphorus in cultivated soils. *Valt. Maatal.koetoim. Julk.* 129: 118 p.
- 1958. Effect of various kinds of phosphorus fertilizers on a peat soil. Selostus: Fosforilannoitteiden vaikutuksesta turvemaalla. *Maatal.tiet. Aikak.* 30: 213-222.
- 1969. Residual effect of rock phosphate and superphosphate. Selostus: Hienofosfaatin ja superfosfaatin jälkivaikutuksesta. *Maatal.tiet. Aikak.* 41: 82-88.
- & Hänninen, P. 1960. Response of ley plants to rock phosphate and superphosphate. Selostus: Hienofosfaatti ja superfosfaatti nurmikasvien fosforin lähteenä. *Maatal.tiet. Aikak.* 32: 52-61.
- & Hänninen, P. 1961. Response of winter rye to hyperphosphate and superphosphate. Selostus: Hienofosfaatti ja superfosfaatti rukiin fosforin lähteenä. *Maatal.tiet. Aikak.* 33: 39-50.
- KAHARI, J. 1975. Siilinjärven apatiitti ja Soklin fosforiitti fosforilannoitteena. *Koetoim. ja Käyt.* 32: 12.
- & Nissinen, H. 1978. The mineral element contents of timothy (*Phleum pratense* L.) in Finland. I. Calcium, magnesium, phosphorus, potassium, cobalt, copper, iron, manganese, sodium and zinc. *Acta Agr. Scand. Suppl.* 20: 26-39.
- RAJAN, S. S. S. 1981. Use of low grade phosphate rocks as biosuper fertilizer. *Fert. Res.* 2: 199-210.
- SALONEN, M. 1968. Apatite as a phosphorus fertilizer. Selostus: Apatiitti fosforilannoitteena. *Maatal.tiet. Aikak.* 40: 209-218.
- TAINIO, A. 1958. Hienofosfaatin lannoitusarvosta superfosfaattiin verrattuna. Kiinteillä koekentillä suoritettujen kokeiden tuloksia v. 1947-1956. *Valt. Maatal.koetoim. Julk.* 168: 22 p.
- TAKALA, M. 1961. Super-, Thomas- ja hienofosfaatin vaikutuksesta mutasuolla. Summary: On the effects of superphosphate, basic slag and hyperphosphate on fen soil. *Maatal.tiet. Aikak.* 33: 57-63.
- TAKAMAKI, K. 1982. Lannoitteiden myynnin jakautuminen maatalouskeskusalueittain lannoitusvuonna 1981-82. *Kemira Oy Helsinki:* 16 p.
- VUORINEN, J. & Mäkitie, O. 1955. The method of soil testing in use in Finland. Selostus: Viljavuustutkimuksen analyysimenetelmästä. *Agrogeol. Julk.* 63: 44 p.

Into Saarela:

HUMUSPITOISET LANNOITTEET

Kylvölannoitukseen soveltuvia humuslannoitepellettejä kokeiltiin ohran lannoitteena. Humuspitoisten lannoitteiden vaikutus oli samanlainen kuin tavallisten väkilannoitteiden vaikutus, kun kasveille käyttökelpoiset ravinnemäärät olivat eri lannoitteissa samat. Laimeita humuslannoitteita pitäisi käyttää paljon suurempia määriä kuin väkilannoitteita.

Eloperäinen aines parantaa maan rakennetta ja viljavuutta. Se helpottaa kasvin juurten toimintaa ja edistää veden sekä hapen ja typen ynnä muiden ravinteiden saantia. Kivennäismaahan lisätty turve ja muut kasvinjätteet häviävät kuitenkin muutamassa vuodessa melkein kokonaan. Vain pieni osa eloperäisestä maanparannusaineesta muuttuu hitaasti hajoavaksi humukseksi.

Suurilla määrillä turvetta ja puunkuorirouhetta on aikaisemmissa kokeissa saatu huomattavia sadonlisäyksiä. Hyvä vaikutus on kestänyt kuitenkin vain muutamia vuosia. Parhaissa tapauksissa 400 m³ turvetta hehtaarilla on lisännyt jyväsatoa kuuden vuoden aikana yhteensä noin viisi tonnia. Tällöin on tonnilla turpeen kuiva-ainetta tuotettu noin sata kiloa jyviä.

Turvetta olisi saatavana

Polttoturpeen tuotantoon valmistettavilta soilta kuoritaan lähivuosina suuret määrät polttoaineeksi soveltumatonta, mutta maanparannusaineeksi hyvin soveltuvaa pintaturvetta. Kiuruveden kunta ja JP-Energy Oy suunnittelevat pintaturpeen hyödyntämistä humuspitoisten lannoitteiden raaka-aineena ja toimittivat tuotteiden koe-eriä MTTK:n maanviljelyskemian ja -fysiikan osastoon kokeiltaviksi. Koviksi pelleteiksi puristettujen humuslannoitteiden muut osat olivat urea ja superfosfaatti tai Soklin "raakafosfaatti" ja kalisuola sekä turpeen tuhka.

Aluksi suoritetussa astiakokeessa humuslannoitteet vaikuttivat vähämltaisella savisella hiedalla Pomo-ohraan käyttökelpoisen ravinnesisältönsä mukaisesti (taulukko 1). Niillä saatiin jyviä enemmän kuin oulunsalpietarilla mutta vähemmän kuin typpirikkaalla ja normaalilla Y-lannoksella. Humuslannoitteilla ja salpietarilla ohran lehdet olivat terveempiä kuin Y-lannoksilla, joiden boori aiheutti kasvihuoneolosuhteissa ohran lehtien kärkien ruskettumista. Lehtien kärkien kuiva-aineen booripitoisuudet olivat Y-lannoksia käytettäessä välillä 75-200 mg/kg, muissa astioissa välillä 18-40 mg/kg.

Kasvatuksen jälkeen astioissa olevan maan pH-luvut (CaCl_2) olivat humuslannoitteilla ja Kemiran tuotteilla keskimäärin aivan samat, 4,53 (määritystarkkuus 18 kerranteella $\pm 0,032$ yksikköä). Ilman lannoitusta ja viisinkertaiset annokset turpeen ja tuhkan seosta lisättäessä pH-luvut olivat 0,1 yksikköä korkeampia. Turpeen tuhka on siten kalkinnut oman painonsa verran hapanta turvetta happaman kivennäismaan tasolle. Turpeen ja tuhkan seos ei vaikuttanut ilman ravinnelisäystä lainkaan ohran kasvuun eikä parantanut oulunsalpietarin vaikutusta (taulukko 1).

Kenttäkokeissa oli tarkoitus verrata lannoitteita sadan ja viidenkymmenen typpikilon tasoilla. Noin kuusi prosenttia typpeä sisältävien humuslannoitteiden suurempi määrä olisi ollut siten 1700 kg/ha. Tume-kylvölannoittimella saatiin sijoitetuksi kuitenkin vain 1540 kg/ha, mikä merkitsi lannoitemäärien vähennystä kymmenellä prosentilla. Muuten sijoittaminen onnistui hyvin, joskin humuslannoitteet olivat tahraavia.

Humuslannoitteilla saatiin sekä savimaalla että multamaalla ohrasta hiukan pienempiä jyväsatoja kuin normaalilla Y-lannoksella (taulukko 2). Savimaalla ero johtui ilmeisesti kokonaan käyttökelpoisen typen määrästä, kun humuslannoitteiden tpestä osa oli turpeeseen sidottuna käyttökeltotonta kasveille. Sijoitetun urean typpi oli tehokasta. Kasvuston typpipitoisuus oli orasasteella eri lannoitteilla sama, mutta tuppiasteella humuslannoitteiden niukempi typpiannos johti pienempiin pitoisuuksiin kasveissa (taulukko 3).

Multamaalla satoerojen aiheuttajana oli fosfori. Koelannoitteiden N-P-K-prosentit olivat suunnilleen 6-2-4 ja -määrät 45-15-30 kg/ha. Normaalissa Y-lannoksessa fosforia tuli 20 kg/ha. Humuslannoitteessa RK fosforilähteenä oli Soklin "raakafosfaatti", joka Maanviljelyskemian ja -fysiikan osastossa suoritetuissa tutkimuksissa on osoittautunut liian vaikealiukoiseksi peltokäyttöön. Nyt saadut tulokset vahvistavat aikaisemmin muodostunutta käsitystä. Kasvuston fosforipitoisuudet olivat "raakafosfaatilla" sekä orasvaiheessa että tuppiasteella aivan samat kuin oulunsalpietarilla. Humuslannoitteeseen S fosfori oli lisätty superfosfaattina, mutta turpeen tuhkan rauta ja alumiini huononsivat ilmeisesti sen käyttökelpoisuutta kasveille sitomalla liukoista fosforia vaikealiukoiseksi.

Kannattaako humusta ostaa peltoon

Maan kasvukunnon ylläpito pitkällä tähtäyksellä on tärkeämpää kuin välittömän maksimaalisen tuoton ahnehtiminen, mutta todettakoon kuitenkin satoeron olleen

arvoltaan noin 300 mk/ha humuspitoisten lannoitteiden tappioksi. Humuslannoitteiden painosta turvetta, tuhkaa ja lannoitteita oli kutakin noin kolmannes. Lisätyn turpeen kuiva-ainemäärät olivat noin 200 ja 400 kg/ha. Mikäli kovien pellettien turpeen vaikutus olisi käytettyjen määrien suhteessa sama kuin suurten irtoturvemäärien vaikutus parhaimmillaan, suurempikin annos lisäisi jyväsatoa yhtenä vuonna vain kymmenen kiloa hehtaarilla.

Maan humuspitoisuuden pitkän aikavälin kehitykseen vaikuttaa myös tavallinen mineraalilannoitus, kuten muutkin satotasoon vaikuttavat viljelytekniset toimet. Mitä runsaampi sato saadaan, sitä enemmän kasvinjätettä jää maahan mikrobien ravinnoksi ja mullan raaka-aineeksi. Esim. eräissä 12-vuotuisissa kokeissa Tikkurilassa NPK-lannoitus lisäsi maan kokonaistyyppi- ja kokonaishiilipitoisuutta lannoittamatta viljelyyn verrattuna.

Normaalin Y-lannoksen kasvattama suurempi sato korvasi osaltaan humuslannoitteiden turpeen vaikutusta maan humusvaroihin. Multamaalla normaali Y-lannos tuotti ilmeisesti niin paljon enemmän olki- ja juurimassaa, että sen jälkeen maahan jäi enemmän eloperäistä ainetta kuin humuslannoitteiden jälkeen.

Koelannoitteisiin lisätyn turpeen tuhkan kalkitusvaikutus oli niin heikko ja ravinnesisältö vähäinen, ettei sellaisen käyttö lannoitteen raaka-aineena suunnitellulla tavalla ole tarkoituksenmukaista. Näin arvotonta ainetta kannattaa käyttää vain tuotantopaikan läheisyydessä suoraan pellolle ajamalla.

Taulukko 1. Astiakokeen tulokset.

| Lannoitus, g/astia | N g/astia ¹⁾ | Jyväsat | 01kisato | Koko sato | Jyvien osuus | Maan pH (CaCl ₂) |
|-----------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|------------------------------|
| Lannoittamaton | 0 | 3,3 ^a | 5,9 ^a | 9,2 ^a | 36,2 ^{abc} | 4,63 ^{bc} |
| Turve ja tuhka 61,5 | 0 | 5,5 ^a | 7,5 | 13,0 ^a | 42,3 ^{bcde} | 4,65 ^c |
| Oulunsalpietari 4,36 | 1,2 | 26,2 ^{bcde} | 28,9 ^{efg} | 55,1 ^c | 47,2 ^{cdde} | 4,54 ^{abc} |
| Salpietari-turve-tuhka | 1,2 | 25,4 ^{bcde} | 32,0 ^{efgh} | 57,4 ^c | 44,1 ^{bcde} | 4,58 ^{abc} |
| Edell. sijoitettuna | 1,2 | 23,9 ^{bcd} | 30,7 | 54,6 | 43,8 | 4,57 |
| Typpirikas Y 3 | 0,6 | 17,4 ^b | 21,6 ^{bc} | 38,9 ^b | 39,0 ^{abcd} | 4,59 ^{abc} |
| Typpirikas Y 6 | 1,2 | 33,4 ^{def} | 33,0 ^{gh} | 66,4 ^{de} | 50,3 ^{de} | 4,51 ^{abc} |
| Edell. sijoitettuna | 1,2 | 34,4 | 32,0 | 66,3 | 51,8 | 4,54 |
| Normaali Y 3,75 | 0,6 | 26,7 ^f | 22,8 ^{cd} | 49,5 ^c | 53,9 ^e | 4,55 ^{abc} |
| Normaali Y 7,5 | 1,2 | 39,7 | 34,1 | 73,9 ^{ef} | 53,6 | 4,48 ^a |
| Humuslann. "N-rikas" 8,31 | 0,6 | 20,4 ^{bc} | 18,1 ^b | 38,5 ^b | 53,0 ^{de} | 4,58 ^{abc} |
| Humuslann. "N-rikas" 16,62 | 1,2 | 30,5 ^{de} | 25,9 ^{ef} | 56,3 ^c | 54,1 ^{cde} | 4,55 ^{abc} |
| Edell. sijoitettuna | 1,2 | 27,6 ^{cde} | 27,3 | 55,0 | 50,0 | 4,54 |
| Humuslann. "normaali" 12,24 | 0,6 | 27,6 ^{cde} | 25,6 ^{de} | 53,2 ^f | 51,7 ^{de} | 4,53 ^{abc} |
| Humuslann. "normaali" 24,49 | 1,2 | 26,1 ^{bcde} | 55,4 ⁱ | 81,5 ^f | 31,9 ^{ab} | 4,47 ^a |
| Edell. sijoitettuna | 1,2 | 20,3 ^{bc} | 57,1 | 77,4 | 25,9 ^a | 4,50 |

Samalla kirjaimella merkityt luvut eivät eroa toisistaan DUNCANin testissä (0,05)

1) "N-rikas" humuslannoite näyttää sisältäneen tyyppeä vähemmän ja "normaali" humuslannoite enemmän kuin ainemäärin laskemisessa käytetyt valmistajien ilmoittamat luvut osoittivat.

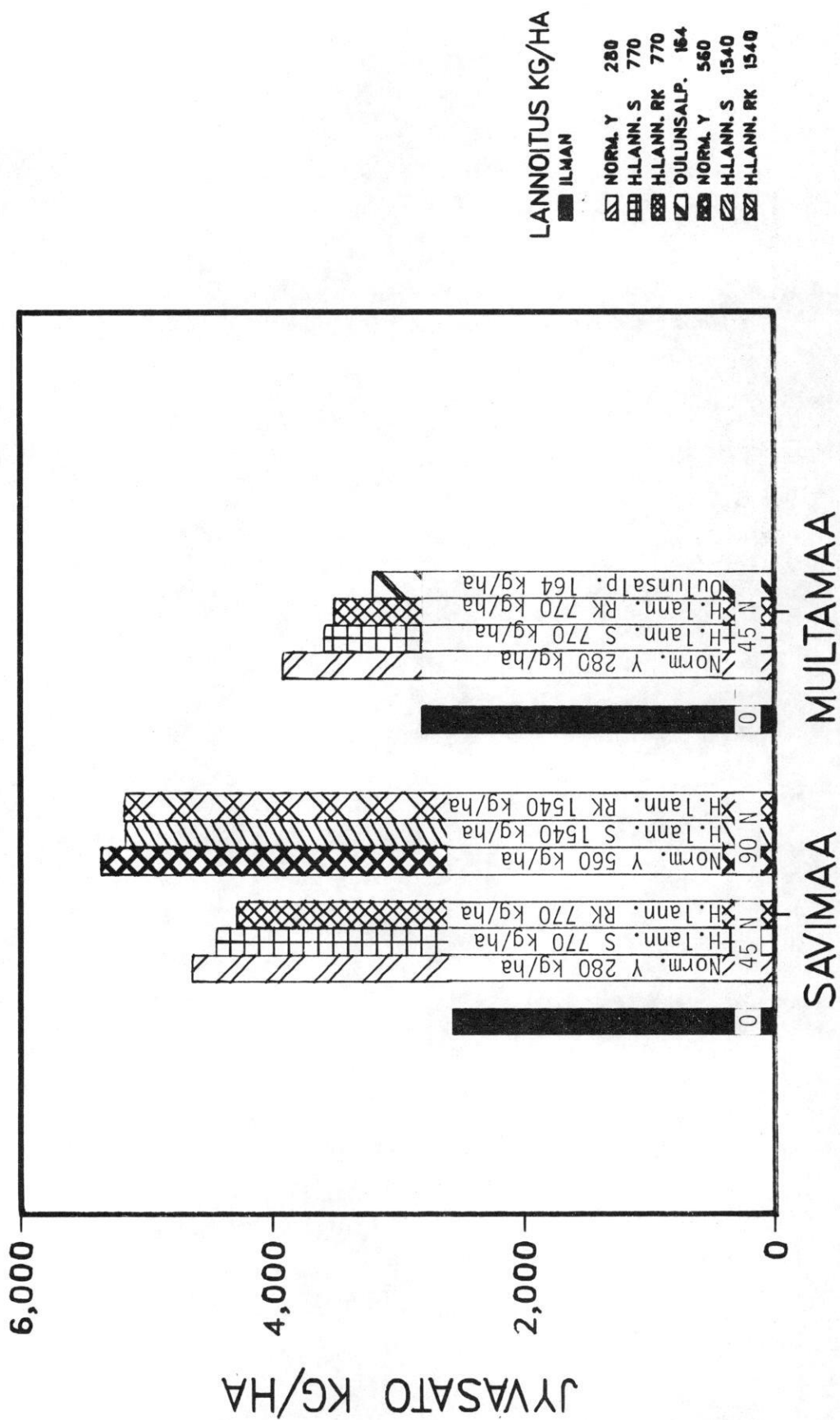
Taulukko 2. Turvetta ja turpeen tuhkaa sisältävien pelletöityjen mekaanisten lannoiteseosten kokeilu Arra-ohralla Jokioisissa 1983, jyväsadot.

| Lannoitus | | Sato kg/ha | Sadonlisäys kg/ha | suhdeluku |
|------------------|-----------|---------------|----------------------|-----------|
| <u>Savimaa</u> | | | | |
| Ilman | | 2560 | - | - |
| Normaali Y | 280 kg/ha | 4640 | 2080 | 100 |
| Humuslannoite S | 770 " | 4450 | 1890 | 91 |
| Humuslannoite RK | 770 " | 4290 | 1730 | 83 |
| Normaali Y | 560 " | 5360 | 2800 | 100 |
| Humuslannoite S | 1540 " | 5170 | 2610 | 93 |
| Humuslannoite RK | 1540 " | 5180 | 2620 | 94 |
| | pme | 250 | 250 | 12 |
| <u>Multamaa</u> | | | | |
| Ilman | | 2810 | - | - |
| Normaali Y | 280 kg/ha | 3920 | 1110 | 100 |
| Humuslannoite S | 770 " | 3590 | 780 | 70 |
| Humuslannoite RK | 770 " | 3510 | 700 | 63 |
| Oulunsalpietari | 164 " | 3200 | 390 | 35 |
| | pme | 370 | 370 | 33 |

Taulukko 3. Ohrakasvuston ravinnepitoisuudet humuspitoisten lannoitteiden kokeilussa (g/kg k.a.)

| Lannoite | N kg/ha | 30 cm:n pituinen oras | | | | | Tuppiaste | | | | |
|------------------|---------|-----------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------------------|
| | | N | P | K | Ca | Mg | N | P | K | Ca | Mg |
| Savimaa | | | | | | | | | | | |
| - | 0 | 30,6 | 4,9 | 43,1 | 4,9 | 1,9 | 19,3 | 3,8 | 32,3 | 4,1 | 1,7 |
| Normaali Y | 45 | 39,1 ^a | 5,0 ^a | 52,3 ^a | 5,6 ^a | 1,9 ^a | 24,0 ^b | 3,7 ^a | 40,4 ^b | 4,2 ^a | 1,6 ^a |
| Humuslannoite S | 45 | 39,1 ^a | 4,8 ^a | 50,5 ^a | 5,5 ^a | 1,9 ^a | 21,9 ^{ab} | 3,5 ^a | 37,1 ^{ab} | 4,0 ^a | 1,6 ^a |
| Humuslannoite RK | 45 | 38,1 ^a | 4,9 ^a | 51,7 ^a | 5,3 ^a | 1,9 ^a | 21,6 ^a | 3,5 ^a | 36,9 ^a | 4,0 ^a | 1,6 ^a |
| Normaali Y | 90 | 47,0 ^b | 4,9 ^b | 58,9 ^b | 6,5 ^b | 2,1 ^b | 27,6 ^c | 3,7 ^b | 43,4 ^c | 4,5 ^b | 1,7 ^b |
| Humuslannoite S | 90 | 47,0 ^b | 4,9 ^b | 58,6 ^b | 6,4 ^b | 2,1 ^b | 26,8 ^c | 3,7 ^b | 43,6 ^c | 4,7 ^b | 1,7 ^b |
| Humuslannoite RK | 90 | 46,0 ^b | 4,9 ^b | 58,6 ^b | 6,3 ^b | 2,0 ^b | 27,0 ^c | 3,7 ^b | 43,0 ^c | 4,7 ^b | 1,7 ^b |
| Multamaa | | | | | | | | | | | |
| - | 0 | 30,8 | 2,5 ^a | 39,7 | 4,4 | 1,5 ^a | 20,0 ^a | 2,8 ^b | 33,4 | 3,5 ^a | 1,2 ^a |
| Normaali Y | 45 | 38,8 ^a | 3,0 ^b | 49,8 ^a | 5,1 ^a | 1,5 ^a | 20,9 ^{ab} | 2,6 ^a | 38,5 ^a | 3,5 ^{ab} | 1,2 ^a |
| Humuslannoite S | 45 | 39,4 ^a | 2,7 ^{ab} | 47,9 ^a | 5,4 ^a | 1,5 ^{ab} | 22,1 ^{ab} | 2,6 ^{ab} | 37,3 ^a | 3,6 ^{ab} | 1,1 ^a |
| Humuslannoite RK | 45 | 38,9 ^a | 2,5 ^a | 47,0 ^a | 5,1 ^a | 1,5 ^{ab} | 22,6 ^{bc} | 2,8 ^b | 39,1 ^a | 3,6 ^{ab} | 1,2 ^a |
| Oulunsalpietari | 45 | 40,5 ^a | 2,6 ^a | 48,3 ^a | 5,6 ^a | 1,6 ^b | 23,5 ^a | 2,8 ^b | 37,9 ^a | 3,9 ^b | 1,2 ^a |

ARRA-OHRAN JYVASADOT HUMUSLANNOITTEIDEN KOKEILUSSA JOKIOISSA 1983



MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUKSEN TIEDOTTEET

1983

1. Maatalouden tutkimuskeskuksen yksiköiden tiedotteet 1975-1982.
48 p.
2. KONTTURI, M. Mallasohra - kirjallisuuskatsaus. 42 p.
3. NORDLUND, A. & ESALA, M. Maatalouden sääpalvelut ulkomailta.
Kirjallisuustutkimus. 66 p.
4. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L.
Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1975-1982.
186 p. + 4 liitettä.
5. SUONURMI-RASI, R. & HUOKUNA, E. Kaliumin lannoitustason ja -tavan
vaikutus tuorerehunurmien satoihin ja maiden K-pitoisuuksiin.
13 p. + 8 liitettä.
6. KEMPPAINEN, E. & HEIMO, M. Förbättring av stallgödselns
utnyttjande. Litteraturöversikt. 18 p.
7. MULTAMÄKI, K. & KASEVA, A. Kotimaiset lajikkeet.
8. LÖFSTRÖM, I. Kasvien sisältämät aineet tuholaiistorjunnassa. 26 p.
9. HEIKINHEIMO, O. Kirvojen preparointi ja määrittäminen. 67 p.
+ 12 liitettä.
10. SAARELA, I. Soklin fosforimalmi fosforilannoitteena. p. 1-13.
- Humuspitoiset lannoitteet p. 14-20.

