



MTTK

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

Tiedote 18/89

RAILI JOKINEN

Kasvintuotannon tutkimuslaitos

Fosforin saostukseen käytettävien kemikaalien vaikutus jätevesilietteiden ominaisuuksiin sekä käyttöarvoon lannoitteena ja maanparannusaineena

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

TIEDOTE 18/89

RAILI JOKINEN

FOSFORIN SAOSTUKSEEN KÄYTETTÄVIEN KEMIKAALIEN VAIKUTUS JÄTE-
VESILIETTEIDEN OMINAISUUKSIIN SEKÄ KÄYTTÖARVOON LANNOITTEENA
JA MAANPARANNUSAINENA

Kasvintuotannon tutkimuslaitos

31600 JOKIOINEN
(916) 881 11

ISSN 0359-7652

	Sivu
1. ALKUSANAT	2
2. TIIVISTELMÄ	4
3. JOHDANTO	6
4. JÄTEVESILIIETTEIDEN OMINAISUUDET	8
4.1. Aineisto ja menetelmät	8
4.2. Tulokset ja tarkastelu	10
4.2.1. Fysikaaliset ominaisuudet	10
4.2.2. Kemialliset ominaisuudet	12
4.2.3. Lietteiden käyttöarvo analyysitulosten perusteella	19
5. JÄTEVESILIIETTEIDEN VAIKUTUS OHRAN SATOTULOSSIIN	20
5.1. Aineisto ja menetelmät	20
5.2. Tulokset	23
5.2.1. Kuiva-ainesadot	23
5.2.2. Ravinne- ja alumiinipitoisuudet	24
5.2.3. Satojen ravinteiden otto	27
5.3. Tarkastelu	31
6. JÄTEVESILIIETTEIDEN VAIKUTUS MAIDEN OMINAISUUKSIIN	33
6.1. Aineisto ja menetelmät	33
6.2. Tulokset	33
6.2.1. Maiden ominaisuudet	33
6.2.2. Jätevesilietteiden aiheuttaman kalkitus- tarpeen arviointi	36
6.3. Tarkastelu	37
7. PÄÄTELMÄT	40
8. KIRJALLISUUS	41

1. ALKUSANAT

Aluminium- ja rautayhdisteiden käyttö fosforin saostukseen jätevesistä on yleistynyt Suomessa. Keskusteluja ja epä-tietoisuutta ovat aiheuttaneet jätevesilietteiden mukana tulevien saostuskemikaalien vaikutukset maan ominaisuuksiin ja kasvien kasvuun, sillä suurin osa lietteistä käytetään viljelymaiden lannoitteeksi ja maanparannusaineeksi.

Saostuskemikaalien valmistajat tekivät vuonna 1985 aloitteen yhteistutkimuksesta, jossa selvitettäisiin eri kemikaaleilla saatujen jätevesilietteiden vaikutuksia edellä mainittuihin seikkoihin. Tutkimus toteutettiin Maatalouden tutkimuskeskusten kasvintuotannon tutkimuslaitoksella vuosina 1986-1989 astiakokeena.

Vesi- ja ympäristöhallitus hankki tutkittavat lietteet, ja ne nimettiin fosforin saostukseen käytetyn kemikaalin mukaan seuraavasti: aluminiumliete (Al -liete), rauta-aluminiumlietteet (Fe+Al -liete 1 ja Fe+Al -liete 2), kalkkiliete (Ca -liete), AVR -liete, rautaliete (Fe -liete), kalkkistabiloidut rautalietteet (kalkkistab. Fe -liete 1 ja 2) ja kalkkistabiloitu AVR -liete.

Seuraavat kemikaalien valmistajat tukivat tutkimusta taloudellisesti: Kalkitusyhdistys (Helsinki), Kemira Kemi Inc. (Helsingborg), Kemira Oy (Helsinki) ja Nokia Finnish Chemicals (Äetsä).

Tutkimuksen seurantaryhmä professori Paavo Elosen johdolla hyväksyi tutkimussuunnitelman, tarkasti kokeet vuosittain samoin kuin nyt julkaistavan loppuraportin. Esitän parhaat kiitokseni tutkimuksen rahoittajille sekä seurantaryhmän jäsenille: professori Paavo Elonen (Maatalouden tutkimuskeskus), asiakaspalvelupäällikkö Mikke Böre (Nokia Finnish Chemicals), tutkimuspäällikkö Simo Kivisaari (Kemira Oy), myyntipäällikkö Hannu Luhtala (Kemira Kemi Inc.), dipl. ins. Juhani Puolanne (Vesi- ja ympäristöhallitus), yliagronomi Simo Sallasmaa (Maatalouskeskusten Liitto) ja puheenjohtaja Risto Österman (Kalkitusyhdistys).

2. TIIVISTELMÄ

Eri kemikaaleilla saostettujen yhdeksän jätevesilietteen ominaisuuksia sekä lietteiden vaikutusta ohran satotuloksiin ja maan ominaisuuksiin tutkittiin kahdessa kaksi vuotta jatkuneessa astiakokeessa. Lietteet nimettiin fosforia saostavan alkuaineen tai tuotenimen mukaan seuraavasti: aluminiumliete (Al -liete), rautaliete (Fe -liete), kalsiumliete (Ca -liete), rauta-aluminiumlietteet 1 ja 2 (Fe+Al -liete 1, Fe+Al -liete 2), ruotsalaisella rautaa ja aluminiumia sisältävällä tuotteella saatu liete (AVR -liete), kalkkistabiloidut rautalietteet (kalkkistab. Fe -liete 1, kalkkistab. Fe -liete 2), kalkkistabiloitu AVR -liete.

Jätevesien fosforin saostukseen käytetyt aluminium, rauta ja kalsium lisäsivät näiden aineiden määrää lietteissä. Aluminiumin kokonaismäärästä (10-65 kiloa tonnissa kuiva-ainetta) oli viljavuusanalyysin hivenravinteiden määritysmenetelmän mukaan helposti uuttuvaa enintään 11 prosenttia. Raudan kokonaismäärästä (13-89 kiloa tonnissa) oli uuttuvana 11-23 prosenttia. Kalsiumia oli eniten Ca -lietteessä (172 kiloa tonnissa kuiva-ainetta) ja kalkkistabiloiduissa lietteissä (71-131 kiloa tonnissa). Viljavuusanalyysin pääravinteiden uuttomenetelmän mukaan eri lietteiden kalsiumista oli kasveille käyttökelpoista 39:stä 98:aan prosenttiin.

Fosforin kokonaismäärä oli suurin Al -lietteessä (30 kiloa tonnissa kuiva-ainetta) ja pienin Ca -lietteessä (12 kiloa tonnissa). Fosforin kokonaismäärästä vain noin yksi prosentti oli kasveille käyttökelpoista, poikkeuksena Ca -lietteen noin kolmannekseen nouseva käyttökelpoisen fosforin määrä.

Astiakokeiden tulosten mukaan Ca -liete ja kalkkistabiloidut lietteet samoin kuin Fe+Al -liete 1 ja AVR -liete olivat käyttökelpoisia maanparannusaineita ja lannoitteita kaikille maalajeille maan pH -luvusta riippumatta. Al -liete aiheutti hietasavella ja Fe+Al -liete 2 multamaalla ensimmäisenä vuonna ohran jyväsadon vähenemisen fosforilannoituksella saatuun satoon verrattuna.

Lietteet muuttivat ohran jyvien ravinnepitoisuuksia vain lievästi, olkien ravinnepitoisuuksien muutokset olivat jyviä suuremmat.

Maan pH -luvun nousu oli suurin (0.5-1.5 yksikköä) Ca -lietteellä ja kalkkistabiloiduilla lietteillä. Muut lietteet kohottivat maan pH -lukua 0.1-0.4 yksikköä, pienin muutos saatiin Fe -lietteellä ja Fe+Al -lietteellä. Näytti siltä, että Fe -lietteen kalkkistabiloinnilla olisi edullinen vaikutus lietteen käyttöarvoon.

Lietteet kohottivat uuttuvan fosforin määrää maassa melko vähän, mutta silti ohra sai riittävästi fosforia. Uuttuvan aluminiumimäärät maassa kohosivat lietteiden vaikutuksesta melko vähän, rautapitoisuuden muutokset olivat jonkin verran selvemmat. Jos lietteen kuparipitoisuus on korkea, sen leviytystä korkean kuparipitoisuuden omaavalle maalle tulee välttää.

3. JOHDANTO

Maamme väestöstä noin 70 prosenttia eli 3.5 miljoonaa asukasta kuuluu yhdyskuntien jätevesijärjestelmien piiriin (ANON. 1987a). Puhdistamoita oli vuonna 1984 yhteensä 579 (PUOLANNE 1988a). Osa teollisuudesta johtaa jätevedensä asutuksen kanssa samoihin puhdistamoihin, suurilla teollisuuslaitoksilla on kuitenkin nykyisin jo omat jätevedenpuhdistamot.

Jätevesien puhdistuksen tärkein tavoite on estää vesistöjen rehevöityminen. Vesistöjen pilaantumiseen jätevesien vaikutuksesta alettiin kiinnittää huomiota 1960 -luvulla. Silloin alkoi myös puhdistamoiden rakenteiden ja puhdistusmenetelmien laaja kehittäilytyö. Teollisuuden jätevesien puhdistusvelvoite ja päästö vesistöihin on tullut luvanvaraiseksi huomattavasti myöhemmin kuin asutuskeskusten jätevesien.

Asutuskeskusten jätevesien puhdistus tapahtuu pääpiirtein kolmessa vaiheessa (PUOLANNE 1984):

- 1) mekaaninen selkeytys = kiinteiden epäpuhtauksien poisto laskeuttamalla,
- 2) biologinen puhdistus = happea kuluttavien eloperäisten aineiden poisto pieneliöiden avulla ja
- 3) kemiallinen puhdistus = fosforin poisto fosforia saostavien kemikaalien avulla.

TUUPPA (1988) kokosi pro gradu -tutkielmaansa erilaisten puhdistamotyyppien toimintamalleista kaaviot.

Biologisen puhdistusvaiheen jätevedessä on fosforia 5-150 mg/l liukoisessa muodossa (PUOLANNE 1988b). Vesioikeuden puhdistamoille antamat toimintaluvat sisältävät määräyksen puhdistamolta lähtevän veden fosforipitoisuuden enimmäisarvosta. Se vaihtelee 0.5:sta 1.5:een milligrammaan litrassa vettä.

Tehokkaiksi fosforia saostaviksi aineiksi ovat osoittautuneet rauta- ja aluminiumyhdisteet (LARSEN ja DAMGAARD-LARSEN 1981). Hienokalkilla eli sammutetulla kalkilla saataisiin

happamien maiden maanparannusaineeksi hyvin sopivia lietteitä. Kalsium ei kuitenkaan saosta fosforia vesistä yhtä tehokkaasti kuin rauta tai aluminium.

Lietteet sisältävät runsaasti eloperäistä ainesta ja kasvien tarvitsemia ravinteita, minkä vuoksi maanviljely ja viherrakentaminen ovat lietteiden luontaisia käyttökohteita. Vuonna 1987 lietteistä otettiin hyötykäyttöön noin 75 prosenttia (LATOSTENMAA ja PUOLANNE 1989) Osa lietteistä (noin 20 prosenttia) viedään kaatopaikoille.

Vuonna 1977 lääkintöhallitus (ANON. 1977) antoi ohjeet jätevesilietteiden käytöstä maanparannusaineena ja lannoitteena. Lietteiden suurin sallittu käyttömäärä on 20 tonnia hehtaarille kuiva-ainetta viiden vuoden välein. Ohjeesta ilmenevät myös lietteiden sisältämien haitallisten metallien suurimmat sallitut pitoisuudet. Yleiskirjeen antamisesta on kulunut yli kymmenen vuotta, eivätkä sen sisältämät ohjeet enää kaikilta osin vastaa nykyisiä ympäristönsuojelullisia tavoitteita. Ohjeiston tarkistus on parhaillaan valmisteilla.

Happamuus on suomalaisten viljelymaiden luontainen ominaisuus ja aluminiumin osuus happamuutta aiheuttavien kationien määrästä korkea kivennäismaissa (KAILA 1971) ja savimaan päällä olevissa multamaissa. Viljelymaamme sisältävät runsaasti myös liukoisessa muodossa olevaa rautaa (SIPPOLA ja TARES 1978, SILLANPÄÄ 1982). Lietteiden mukana lisättävien aluminiumin ja raudan vaikutuksista maiden ominaisuuksiin samoin kuin kasvien kasvuun ja sadon ominaisuuksiin ei ole tietoja.

Tämän astiakokeena tehdyn tutkimuksen tavoitteena oli selvittää raudalla, aluminiumilla tai kalsiumilla saostettujen jätevesilietteiden ominaisuuksia sekä lietteiden vaikutuksia ohran satotuloksiin ja maiden ominaisuuksiin.

4. JÄTEVESILIIETTEIDEN OMINAISUUDET

4.1. Aineisto ja menetelmät

Vesi- ja ympäristöhallitus hankki tutkimukseen käytetyt lietteet asutuskeskusten jätevedenpuhdistamoilta Etelä- ja Länsi-Suomesta. Puhdistamot olivat biologis-kemiallisia laitoksia, vain yksi puhdistamo oli kemialliseen selkeytykseen perustuva (Taulukko 1). Selkeytyksen jälkeen lietteistä erotettiin vettä suotonauhapuristimella tai sentrifugoimalla.

Fosfori oli saostettu jätevesistä raudalla, aluminiumilla tai kalkilla (Taulukko 1). Tutkitut lietteet nimettiin fosforia saostavan alkuaineen tai kemikaalin kaupanimen mukaan: rauta-aluminiumlietteet (Fe+Al -liete 1 ja Fe+Al -liete 2, kalkkiliete (Ca -liete), rautaliete (Fe -liete) ja AVR -liete. Yksi liete oli kalkkistabiloitu puhdistamalla (kalkkistab. Fe -liete 1) ja kaksi lietettä (kalkkistab. AVR ja kalkkistab. Fe -liete 2) stabiloitiin vasta laboratorioissa lisäämällä hienokalkkia 20 prosenttia lietteen kuivapainosta.

Teollisuushienokalkki eli sammutettu kalkki saostaa jätevesien fosforin kalsiumfosfaatiksi, ferro- tai ferrisulfaatti vastaaviksi fosfaateiksi ja aluminiumsulfaatti aluminiumfosfaatiksi. Ruotsalaisen Kemira Kemi'n valmistama ja merkkinoina AVR -kemikaali sisältää aluminiumia 7.3 prosenttia (aluminiumsulfaattina) ja ferrirautaa noin 3 prosenttia (ferrisulfaattina). AVR aiheuttaa lievän jätevesien pH -luvun alenemisen, minkä vuoksi jätevesiin tulee lisätä pieni määrä hienokalkkia (17 g Ca/m³ jätevettä). Saostuskemikaaliksi käytetty jätealuminium oli peräisin teollisuuden prosessista.

Saostuskemikaalien annostuksessa puhdistamot eivät aina noudattaneet Vesi- ja ympäristöviranomaisten laatimia suosituksia. Fe+Al -liete 1 oli saatu suositusten mukaisin kemikaalimäärin. Fe+Al -liete 2:een oli käytetty noin kaksinkertaiset

kemikaalimäärät, mutta AVR:n vaatimaa happamuuden eliminointia ei tehty. Ca -liete oli saostettu vain vain kolmanneksella suositusten edellyttämästä hienokalkkimäärästä (400 g/m^3 jätevettä).

Puhdistamoilta tuodut lietteet säilytettiin ennen analyysijä 15-30 päivän ajan $+4 \text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilassa.

Taulukko 1. Jätevesistä fosforia saostaneet kemikaalit, puhdistamoiden toimintaperiaate, jätevesilietteen kuivatusmenetelmä ja jätevesien pääasialliset lähteet.

Lietteet	Puhdistamotyyppi	Saostuskemikaali	g/m ³	Kuivausmenet.	Jätevesien lähteet
Aluminiumliete (Al -liete) Kirkkonummi	Simultaani-saostus, biologinen+ kemiallinen	Jätealuminium	12	suotonauha	asutus, elintarv. teollisuus
Rauta+aluminiumliete 1 (Fe+Al -liete 1) Hyvinkää	Simultaani-saostus, biologinen+ kemiallinen	Ferrosulf. AVR Hienokalkki	53-60 47-52 27-31	suotonauha	asutus, tekst.-, lasivilla-teollisuus
Rauta+aluminiumliete 2 (Fe+Al -liete 2) Vimpeli	Simultaani- ja jälki-saostus, biologinen+ kemiallinen	Ferrosulfaatti AVR	100 100	suotonauha	asutus, peruna-jauho-teollisuus
Kalkkiliete (Ca -liete) Vöyri	Kemiallinen	Hienokalkki	150	linkous	asutus
Kalkkistabiloitu rautaliete (Kalkkistab. Fe -liete 1) Jokioinen	Simultaani-saostus, biologinen+ kemiallinen	Ferrosulfaatti Hienokalkki	190 17 % ka:sta	suotonauha	asutus, teräs-teollisuus
AVR -liete Lohja	Esisaostus, biologinen+ kemiallinen	AVR Hienokalkki	100 60	linkous	asutus, paperi-teollisuus
Rautaliete (Fe -liete) Turku	Simultaani-saostus, biologinen+ kemiallinen	Ferrosulfaatti	80	suotonauha	asutus, elintarv.-, lääke-teknoem.-teollisuus

Tuoreista lietteistä määritettiin $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ (1:2.5 tilavuus-suhde) yön yli tapahtuneen tasapainottumisen jälkeen. Helppoliukoinen tyyppi ja kalium uutettiin $\text{HCl}-\text{CaCl}_2$:lla (KEMPPAINEN 1989); tyyppi tislattiin MgO :lla boorihappoon ja kalium mitattiin atomiabsorptiospektrofotometrilla.

Muita määrittämiä varten lietteet kuivatettiin ilmastoidussa lämpökaapissa $+35\text{ }^\circ\text{C}$:ssa ilmakehiksi ja lopullinen kuiva-ainepitoisuus määritettiin pitämällä lietteitä 16 tuntia $105\text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilassa. Kuivat näytteet jauhettiin.

Lietteiden orgaanisen aineksen pitoisuus selvitettiin hehkutushäviönä (2 h, $600\text{ }^\circ\text{C}$) tai määrittämällä orgaaninen hiili LECO -laitteella (SIPPOLA 1982). Ravinteiden (P, K, Ca, Mg, Al, Fe, Cu, Zn ja Mn) kokonaismäärät mitattiin kuivapolttolla (16 h , $450\text{ }^\circ\text{C}$) saadun tuhkan typpihappouutteesta plasmaemissiospektrometrilla (ICP-ARL). Kokonaistyyppi määritettiin Kjeldahl -menetelmällä.

Kasveille käyttökelpoisiksi oletetut P, K, Ca ja Mg uutettiin lietteistä maan viljavuuden määrittämiseen käytettävällä happamalla ($\text{pH } 4.65$) ammoniumasetaatilla, HAA, (VUORINEN ja MÄKITIE 1955). Fosfori mitattiin molybdensinimenetelmällä ja muut ravinteet samoilla menetelmillä kuin kokonaismäärätkin.

Hivenravinteet Cu, Zn ja Mn sekä fosforin saostukseen käytetyt Fe ja Al uutettiin lietteistä happamalla ammoniumasetaatti-EDTA:lla, HAA-EDTA (LAKANEN ja ERVIÖ 1971) ja pitoisuudet mitattiin ICP-ARL:lla. Vaihtuva aluminium (Al^{+3}) uutettiin 1 M KCl:lla (1:10, painosuhde, BARNHISEL ja BERTSON 1982), mitattiin ICP-ARL:lla ja tulokset muunnettiin maalitraa kohti kertomalla tilavuuspainolla.

4.2. Tulokset ja tarkastelu

4.2.1. Lietteiden fysikaaliset ominaisuudet

Kalkin lisääminen lietteeseen (kalkkistabilointi) tai jätevee-teen (kalkkisaostus) tuotti lietteitä, joiden kuiva-ainepi-

toisuus oli korkeampi kuin muiden lietteiden (Taulukko 2). Kalkki lisää siis kivennäisaineksen osuutta lietteessä.

Hehkutushäviönä määritetty lietteiden eloperäisen aineksen pitoisuus oli pienin Ca -lietteessä ja kalkkistabiloidussa Fe -liete 1:ssä, 31-35 prosenttia kuiva-aineesta. Muut lietteet sisälsivät eloperäistä ainesta 43-63 prosenttia. Tuoreiden lietteiden painosta laskettu eloperäisen aineksen määrä vaihteli viiden (Ca -liete) ja 12 prosentin (Fe+Al -liete 2) välillä. Tutkitut lietteet ovat näiltä ominaisuuksiltaan samantaisia kuin aikaisemmissakin tutkimuksissa on todettu (KOSKELA 1984a, de HAAN 1984, ANON. 1987b).

Orgaaninen hiilipitoisuus (Leco -laite) ja hehkutushäviö eivät antaneet täysin toisiinsa verrattavia tietoja lietteiden eloperäisen aineksen määrästä. Hehkutushäviönä ilmoitettu orgaanisen aineksen määrä oli noin kymmenen prosenttiyksikköä korkeampi kuin hiilipitoisuuden perusteella kerrointa 1.72 käyttäen laskettu eloperäisen aineksen määrä.

Maa-analyyseissa orgaaninen hiili muunnetaan eloperäiseksi aineeksi kertomalla luvulla, jonka arvo vaihtelee 1.72 ja 1.98 välillä. Lietteiden orgaaninen aines on luonteeltaan toisenlaista kuin maan kasvinjäänteistä ja mikrobimassasta hajaantunut aines, minkä vuoksi lietteiden orgaaninen aines tulisi määrittää mieluummin hehkutushäviönä. Muiden muassa CATROUX (1982) käytti kerrointa 1.72 muuntaessaan hiilipitoisuuden orgaaniseksi ainekseksi.

Orgaanisen aineksen hajoamisnopeutta kuvataan orgaanisen hiilen ja kokonaistypen suhdeluvulla C/N. Korkea C/N (yleensä yli 10) osoittaa typen niukkuutta ja lietteen hidasta hajoamista, matala C/N taas nopeaa hajoamista. Tämän tutkimuksen lietteissä C/N oli hyvin matala (0.5-1.5). Kaikki arvot ovat selvästi pienempiä kuin esimerkiksi LEVI-MINZI ym. (1984) esittivät.

Al-, Fe+Al- ja Fe -lietteiden $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ vaihteli 6.0 ja 7.1 välillä. Kalkkistabiloitujen AVR- ja Fe -liete 2:n pH mitattiin noin kahden viikon kuluttua kalkin lisäämisestä ja kalkkistabiloidun Fe -liete 1:n noin puolen vuoden kuluttua.

Lietteiden käsittely kalkilla ei kohota pH:ta pysyvästi, vaan se asettuu melko pian kalkin lisäämisen jälkeen seitsemän ja kahdeksan välille. Ca -lietteessäkin pH ei näyttänyt olevan pitkän säilytyksen jälkeen kalkkistabiloituja lietteitä korkeampi.

4.2.2. Lietteiden kemialliset ominaisuudet

Kalsiumin kokonaismäärä oli kalkilla saostetuissa ja myös kalkkistabiloiduissa lietteissä korkeampi kuin muissa lietteissä (Taulukko 2). Lohjan puhdistamolla kalkki lisättiin lietteeseen AVR saostuksen jälkeen. Kirkkonummen Strömsbyn puhdistamolle tulee kalkkipitoisia elintaviketeollisuuden jätevesiä. Fe- ja Fe+Al -lietteet sisälsivät jonkin verran vähemmän kalsiumia kuin muut lietteet.

Kasveille käyttökelpoisen kalsiumin osuus ravinteiden kokonaismäärästä oli suurin kalkkistabiloiduissa lietteissä (85-98 prosenttia) ja muissa lietteissä vain noin 50 prosenttia. Osa kalsiumista on sitoutunut lietteiden eloperäiseen ainekseen eikä toimi kalkin tavoin. Ca -liete ja kalkkistabiloidut lietteet näyttävät analyysitulosten perusteella olevan lähes yhtä tehokkaita vähentämään maan happamuutta, sillä 20 tonnissa kuiva-ainetta tuleva kalsiummäärä vastaa 3-6 t/ha kalkkikivijauhetta, muiden lietteiden kalsium vastaa 0.1-2 t/ha kalkkia.

Fosforin saostukseen käytetty aluminium kohotti selvästi lietteiden aluminiumpitoisuutta (Taulukko 2). Tämän tutkimuksen emäksisellä jätealuminiumilla saostettu Al -liete sisälsi jonkin verran enemmän aluminiumia (60 kg/tonni) kuin eri määrillä AVR -kemikaalia saostetut lietteet (23-52 kg/tonni).

Taulukko 2. Jätevesilietteiden kuiva-aineen ja orgaanisen aineksen pitoisuudet (%) sekä fosforin ja sen saostukseen käytettyjen alkuaineiden kokonaismäärät (kg/t kuiva-ainetta) ja uuttuvien ravinteiden osuus (%) kokonaismäärästä.

Lietteet	Kuiva- aine %	Eloper. aines (hehk. häviö)		Kokonais-			
		% ka:sta	% tuor.	P	Ca	Al	Fe
				kg/t kuiva-ainetta			
Al -liete	18	62	11	30	25	65	20
Fe+Al -liete 1	13	63	8	30	13	23	77
Fe+Al -liete 2	9	55	5	27	7	34	88
Ca -liete	24	31	12	12	172	10	13
Kalkkistab. Fe -liete 1	16	35	6	14	71	24	72
AVR -liete	17	56	10	24	56	52	26
Fe -liete	17	56	10	22	17	18	89
Kalkkistab. AVR -liete	21	45	10	19	131	44	21
Kalkkistab. Fe -liete	21	43	9	17	106	18	68

	C/N	pH	HAA	HAA-EDTA			
			uuttuva	uuttuva	prosenttia kokonaismäärästä		
			P	Ca	Al	Fe	
Al -liete	0.8	6.7	0.4	50	6	41	
Fe+Al -liete 1	0.7	6.6	0.6	60	11	22	
Fe+Al -liete 2	*)	6.6	0.3	39	4	12	
Ca -liete	1.5	7.9	33.0	51	23	18	
Kalkkistab. Fe -liete 1	0.7	8.4	7.4	86	1	23	
AVR -liete	1.1	7.1	1.0	69	4	14	
Fe -liete	0.9	6.0	1.0	46	2	18	
Kalkkistab. AVR -liete	1.3	10.2	1.0	85	4	11	
Kalkkistab. Fe -liete 2	1.1	11.9	1.0	98	2	21	

*) näytettä ei riittänyt hiilimääritykseen

HAA = hapen ammoniumasettaatti

HAA-EDTA = hapen ammoniumasettaatti-EDTA

Lietteiden sisältämää aluminiumia tutkittiin eri uuttones-teillä ja pyrittiin arvioimaan kasveille haitallisen alumi-niumin määrää. Eloperäiseen ainekseen sitoutunutta alumi-niumia (HAA-EDTA:han uuttuva) lietteissä oli 0.2 kilosta (Ca -liete) 3.8 kiloon (Al -liete) tonnissa kuiva-ainetta (Tau-lukko 3). Lietteiden sisältämän aluminiumin kokonaismäärästä se edusti yhdestä (kalkkistabiloitu Fe -liete 1) yhteentoista (Al -liete) prosenttia.

Eloperäisen aineksen ja aluminiumin väliset sidokset ovat erittäin lujia, minkä vuoksi tässä muodossa oleva aluminium ei ehkä ole kasveille haitallista. Kymmenien vuosien kuluessa tapahtuvan eloperäisen aineksen hajoamisen ja aluminiumin vapautumisen määrää sekä vaikutusta kasvien juuristoon on vaikea ennustaa. Lietteiden eloperäinen aines on kuitenkin luonteeltaan toisenlaista kuin maan eloperäinen aines, eikä sidosten lujuudesta ole täsmällistä tietoa.

Kasveille haitalliseksi aluminiumiksi arvioidaan yleensä vaihtuva eli 1 M KCl uuttuva aluminium (Al^{+3}). Tutkituissa lietteissä sitä oli enintään (900 g/tonni) AVR -lietteessä ja muissa 1-58 (Taulukko 3). Eloperäiseen ainekseen sitoutuneen ja aktiivisen aluminiumin yhteismäärä oli enintään 11 prosenttia aluminiumin kokonaismäärästä.

Taulukko 3. Aluminiumin kokonaismäärät (kg/t kuiva-ainetta) lietteissä sekä HAA-EDTA:han ja 1 M KCl:iin uuttuvien fraktioiden osuus (%) kokonaismäärästä.

Lietteet	Kokon. Al	HAA-EDTA:han uuttuva		1 M KCl uuttuva	
	kg/t	kg/t	%	kg/t	%
Al -liete	64.6	3.8	5.9	0.008	0.01
Fe+Al -liete 1	23.3	2.5	10.7	0.001	0.00
Fe+Al -liete 2	33.6	1.2	3.6	0.003	0.01
Ca -liete	9.6	0.2	2.1	0.001	0.01
Kalkkistab. Fe -liete 1	23.8	0.2	0.8	0.038	0.16
AVR -liete	52.0	1.9	3.6	0.901	1.73
Fe -liete	17.6	0.4	2.0	0.058	0.33
Kalkkistab. AVR -liete	43.7	2.0	4.5	0.010	0.02
Kalkkistab. Fe -liete 2	18.4	0.3	1.6	0.009	0.05

Suomalaiset happamista kiviaineksista rapautuneet kivennäismaat sisältävät runsaasti aluminiumia. SIPPOLAN ja TAREKSEN (1978) mukaan maissa on happamaan ammoniumasettaatti-EDTA:han uuttuvaa aluminiumia 7-2100 mg/l (keskimäärin 484 mg/l). Hiekka- ja multamaat sisälsivät muita enemmän uuttuvaan aluminiumia, samoin kuin Vaasan läänin alueelta otetut maanäytteet.

Lietteiden sisältämä suurin aluminiummäärä (65 kg/t kuiva-ainetta) kohottaisi maalitran aluminiumpitoisuutta 32 mg:lla, jos lietettä levitetään yksi tonni hehtaarille ja 20 tonnia kuivaa lietettä noin 650 mg:lla. Kokonaisaluminiumista kuitenkin vain muutama prosentti oli uuttuvana, joten lietteiden aluminiumin suora vaikutus maan aluminiumpitoisuuteen lienee vähäinen.

Happamissa maissa - pH alle 5.5 - aluminium on pääasiassa kolmen arvoisena kationina (Al^{+3}). Korkeahkolla pH -alueella (yli 6) aluminium esiintyy yhdisteinä, jotka eivät ole kasveille haitallisia. Eloperäiseen ainekseen samoin kuin fosforiin sitoutunut lietteiden aluminium saattaa sidoksista vapauduttuaan olla haitallista kasveille happamassa maassa.

Saostuskemikaalina käytetyt rautayhdisteet aiheuttivat luonnollisesti raudan määrän lisääntymisen lietteissä (Taulukko 2). Kasveille käyttökelpoisen raudan osuus oli lähes kaikissa lietteissä 11 ja 23 prosentin välillä, poikkeuksena Al -lietteen sisältämän raudan korkea käyttökelpoisuusaste (41 prosenttia).

Samoin kuin aluminiumia suomalaiset maat sisältävät erittäin runsaasti kasveille käyttökelpoista rautaa, lähes 2 000 mg/l maata (SILLANPÄÄ 1982) ja raudan kokonaismäärän keskiarvokin on suomalaisissa maissa 6 000 mg/l (KÄHÄRI ym. 1987). Lietteiden käyttösuositusten ylin määrä (20 t/ha kuiva-ainetta) Fe -lietettä kokottaisi maan keskimääräistä kokonaisraudan pitoisuutta 890 mg/l:lla (15 prosentilla) ja kasveille käyttökelpoisen raudan määrää 160 mg/l:lla (8 prosentilla). Eriten rautaa sisältävänkin lietteen aiheuttamat maan rautapitoisuuden muutokset ovat vähäiset. Suuri uuttuvan raudan määrä on maassa haitallista vain, jos pH on erittäin alhainen.

Aluminiumilla saostettujen lietteiden sisältämä fosforin kokonaismäärä oli jonkin verran muita lietteitä korkeampi, mikä voi olla jätevesien korkean fosforipitoisuuden tai aluminiu-

min tehokkaan fosforinsitomiskyvyn ansiota (Taulukko 2). LARSEN ja DAMGAARD-LARSEN (1981) tutkivat Ca:n, Fe:n ja Al:n tehoa saostaa fosforia samasta jätevedestä, ja totesivat aluminiumin saostavan muita tehokkaammin.

Vähiten fosforia oli Ca -lietteessä. Huonoon puhdistustehoon saattoi olla syynä liian niukka saostuskemikaalin annostelu puhdistamalla tai dolomiittia sisältävän kalkin käyttö. Lisäksi kalsium ehkä saostaa fosforia tehottomammin kuin rauta tai aluminium (LARSEN ja DAMGAARD-LARSEN 1981). Vesien rehevöitymisen estämisessä on tehokkaalla fosforin poistolla suuri merkitys.

Enin osa lietteiden fosforista ei uuttunut viljavuusanalyysin uuttonesteeseen. Vain Ca -lietteessä ja kalkkistabiloidussa Fe -liete 1:ssa oli helppoliukoista fosforia (33 ja 7 prosenttia) enemmän kuin muissa lietteissä (alle 1 prosentti).

Vuosittainen keskimääräinen fosforilannoituksen tarve lienee noin 20 kg/ha P. Useimmissa lietteissä (20 t/ha kuiva-ainetta) saataisiin uuttuvaa fosforia alle 10 kg/ha. Parhaita fosforin lähteitä olisivat Ca -liete ja kalkkistabiloitu Fe -liete 1, joissa tulee liukoista fosforia 80 ja 40 kg/ha jo ensimmäiselle sadolle.

Hapan ammoniumasetaatti uuttaa osan lietteiden sisältämästä eloperäiseen ainekseen sitoutuneesta fosforista. Kasvien kyvystä ottaa eloperäisesti sitoutunutta fosforia ei olla varmoja. Analyysitulosten perusteella on vaikea arvioida lietteiden fosforin käyttökelpoisuutta tai sitoutuneen fosforin vapautumisnopeutta. Ruotsissa kehitellään analyysimenetelmää, jolla lietteistä voitaisiin luotettavasti analysoida kasveille käyttökelpoisen fosforin määrä (VALDMAA ja HAMMAR 1986).

Saksassa OLBERTS (1986) uutti lietteitä edellä mainitulla viljavuusanalyysin uuttonesteellä ja sai tulokseksi 3.7:n ja 5.7:n prosentin välillä olevia uuttuvan fosforin osuuksia kokonaisfosforista. Arvot olivat lähellä tässä tutkimuksessa saatuja.

Uuttuvan fosforin analysointiin on käytetty myös kaksi prosenttista sitruunahappoa (FURRER ja BOLLIGER 1980) tai maan fosforin fraktiointiin CHANGin ja JACKSONin (1957) kehittämää monivaiheista uuttoketjua (HANOTIAUX ym. 1980, HÄNI ym. 1980). Kummallakin menetelmällä saatiin uuttuvan fosforin osuudeksi 50-70 prosenttia fosforin kokonaismäärästä. Kasveille käyttökelpoista fosforia he arvioivat olevan 20 prosenttia kokonaismäärästä, koska Changin ja Jacksonin menetelmällä uuttuu kasveille käyttökeltontakin fosforia.

Typen kokonaismäärä oli Ca -lietteessä alhainen, koska kalkin lisäys lietteeseen aiheuttaa ammoniumtypen haihtumisen. Vaikka muutamat lietteet sisälsivät yli 30 kiloa typpeä tonnissa kuiva-ainetta, suurin osa typestä oli sitoutunut eloperäiseen ainekseen ja helppoliukoisena oli vain alle neljännes kokonaismäärästä (Taulukko 4). Muutamien jätevesilietteiden, esimerkiksi Ca -lietteen, merkitys typpilannoitteena on vähäinen pienen liukoisen typen määrän vuoksi. Useimmissa lietteissä oli liukoistakin typpeä lähes viljakasvien yhden vuoden tarvetta (100-120 kg/ha) vastaava määrä. Eloperäisen aineksen hajotessa vapautuva typpi korvaa levitystä seuraavina vuosina osan lannoitetypen tarpeesta. Laskelma perustuu suurimman suositellun lietemäärän käyttöön.

Kaikkien jätevesilietteiden kaliumpitoisuus oli alhainen (alle 11 kg /tonni), minkä vuoksi lietteen käytön yhteydessä viljelykasvin kaliumin saannista on huolehdittava lannoituksella (Taulukko 4).

Kalkkisaostukseen perustuvalta Vöyrin puhdistamolalta saatu Ca -liete sisälsi huomattavasti enemmän magnesiumia kuin muut lietteet, mikä viitanee dolomiittikalkin käyttöön saostuskemikaalina. Tässä lietteessä oli kasveille käyttökelpoisen magnesiumin osuus kokonaismagnesiumista yli 60 prosenttia, muissa lietteissä vastaava arvo oli 20-34 prosenttia. Kalkkistabilointi näytti hieman kohottavan kasveille käyttökelpoisen magnesiumin osuutta AVR- ja Fe -lietteissä.

Taulukko 4. Jätevesilietteiden typpi-, kalium-, magnesium-, kupari-, sinkki- ja mangaanipitoisuudet (kg/t kuiva-ainetta) sekä uuttuvien ravinteiden osuus prosenttia kokonaismäärästä.

Lietteet	Kokonais-					
	N	K	Mg	Cu	Zn	Mn
	kg/t kuiva-ainetta					
Al -liete	38	2.9	3.7	0.30	0.42	0.22
Fe+Al -liete 1	39	4.6	2.5	0.30	0.61	0.18
Fe+Al -liete 2	48	7.7	3.1	0.47	0.50	0.33
Ca -liete	11	4.8	27.8	0.10	0.47	1.43
Kalkkistab. Fe -liete 1	21	11.4	8.2	0.22	0.39	0.54
AVR -liete	24	4.8	4.1	1.35	0.30	0.48
Fe -liete	31	6.0	3.3	0.21	2.10	0.19
Kalkkistab. AVR -liete	18	4.6	5.0	1.04	0.24	0.48
Kalkkistab. Fe -liete 2	21	5.5	4.5	0.18	1.56	0.25
	Helppo- liukoin.	HAA uuttuva		HAA-EDTA uuttuva		
	prosenttia ravinteen kokonaismäärästä					
	N	K	Mg	Cu	Zn	Mn
Al -liete	10	12	26	33	52	36
Fe+Al -liete 1	12	10	34	27	67	28
Fe+Al -liete 2	8	21	23	70	79	78
Ca -liete	2	2	63	40	38	21
Kalkkistab. Fe -liete 1	1	6	20	68	46	37
AVR -liete	26	7	24	26	61	63
Fe -liete	25	15	21	18	54	30
Kalkkistab. AVR -liete	24	5	30	64	59	64
Kalkkistab. Fe -liete 2	25	6	33	43	48	51

Satojen vuosittain ottama magnesiummäärä vaihtelee viljojen (jyvät+oljet) noin kymmenestä kilosta (JOKINEN 1979) ja säilörehunurmien noin 20 kilosta (HUOKUNA ja LAPIOLAHTI 1980) sokerijuurikkaan 30-40 kiloon. Lietteet sisälsivät magnesiumia 2.5-27.8 kg/t kuiva-ainetta eli 20 tonnin kuiva-aineannos lietteitä toisi maahan magnesiumia 50-550 kg/ha, josta on kasveille käyttökelpoista vähintään viidennes. Pieninkin lietteiden sisältämä magnesiummäärä vastaa muutaman vuoden tarvetta viljan viljelyssä.

Kuparin, sinkin ja mangaanin kokonaismäärät olivat eri lietteissä lähes samat, vain harvoja poikkeuksia lukuun ottamatta. Huomattava osa hivenravinteiden kokonaismäärästä oli kasveille käyttökelpoisessa muodossa. Suurin suositeltu lietemäärä (20 tonnia kuiva-ainetta hehtaarille) riittää hivenainelannoitteeksi useiksi vuosiksi viljelykasvista riippumatta. Uuttuvien hivenravinteiden osuus niiden kokonaismäärästä oli suurin Fe+Al -liete 2:ssa. Kalkin poisjätö puhdistusprosessista saattaa tuottaa liian runsaasti kasveille käyttökelpoista kuparia sisältävää lietettä.

O'RIORDANin ym. (1986 a, b, c) tutkimat anaerobisesti hajoitettut saostamattomat lietteet sisälsivät kuiva-ainetta, eloperäistä ainesta ja ravinteita huomattavasti pienempiä määriä kuin tämän tutkimuksen jätevesilietteet.

Lietteiden sisältämiä raskasmetalleja (kadmiumia, lyijyä ja elohopeaa) ei analysoitu, vaikka niillä on selvä vaikutus lietteiden käyttöarvoon.

4.2.3. Lietteiden käyttöarvo analyysitulosten perusteella

Lietteen ominaisuuksien vaihtelu eri vuodenaikoina samallakin puhdistamolla on suuri (KOSKELA 1984b, LUOMA ja SIPIÄ 1988). Myös eri saostuskemikaaleilla näyttäisi olevan vaikutuksensa lietteiden laatuun. Tämän tutkimuksen Ca -liete oli parhain kasveille käyttökelpoisen fosforin lähde ja kalkitusaine, mutta oli muilta ominaisuuksiltaan muita lietteitä arvottomampi. Korkea lietteen fosforipitoisuus saattaa olla haitallinen, t.s. vesistöjen fosforipitoisuutta lisäävä, jos uutuvan fosforin osuus kokonaisfosforista on korkea.

Aluminiumin ja raudan käyttö saostuskemikaalina tuottaa korkean fosforipitoisuuden omaavia lietteitä hyvän jätevesien puhdistustehonsa ansiosta. Helppoliukoista fosforia näissä lietteissä näytti olevan niukasti. Aluminium ja rauta eivät liene esteenä lietteiden käytölle maanparannusaineena ja lannoitteena varsinkaan maille, jotka eivät tarvitse kalkitusta.

Koska suurista jätevesilietteiden levitysmääristä, erityisesti nestemäisten lietteiden käytöstä, on näyttänyt olevan haittaa viljelyn onnistumiselle, joskus jopa suorastaan taloudellisia menetyksiä, LUOMA ja SIPILÄ (1988) päätyivät suosittelemaan noin kymmentä tonnia kuiva-ainetta hehtaarille yhdellä levityskerralla. Se vastaa noin 50 m³:a tuoretta lietettä, jonka kuiva-ainepitoisuus on 20 prosenttia.

5. JÄTEVESILIETTEIDEN VAIKUTUS OHRAN SATOTULOSSIIN

5.1. Aineisto ja menetelmät

Kahdessa kaksi vuotta jatkuneessa astiakokeessa seurattiin edellä esiteltyjen yhdeksän jätevesilietteen vaikutuksia ohran satoon ja ravinnepitoisuuksiin.

Ohran kasvualustana oli neljä erilaista maaerää: hietasavi (HtS), liejuinen hieta (ljHT), hieno hieta (HHT) ja multamaa (Mm). Multamaahan sisältyneen kivennäismaan maalaji oli aitosavi, saveslajitetta 80 prosenttia. Maaeristä kolme oli happamia, pH 5.1-5.3 (Taulukko 5). Hienon hiedan pH oli korkea, 6.4. Hietasaven ja hienon hiedan fosforipitoisuus oli niin korkea, että maat kuuluivat viljavuusluokkaan "hyvä", liejuisen hiedan ja multamaan viljavuusluokka oli "välttävä".

Vaihtuvaa (1 M KCl uuttuvaa) aluminiumia sekä orgaaniseen ainekseen sitoutunutta (happamaan ammoniumasettaatti-EDTA:-han uuttuvaa) aluminiumia oli hienossa hiedassa selvästi muita maaeriä vähemmän. Uuttuvan raudan määrä oli multamaissa noin noin kolminkertainen muihin maihin verrattuna.

Maat punnittiin 6 litran muovikämpäreihin marraskuussa 1985. Ilmakuivaksi lasketut maamäärät olivat kokeessa 1: HtS 4.3 kg, ljHT 4.6 kg, HHT 5.0 kg ja Mm 2.0 kg sekä kokeessa 2: HtS 4.2 kg ja Mm 2.2 kg. Osa kunkin maaerän astioista kalkittiin kalsiumkarbonaatilla (lab. reag.) tavoitteena pH 6.5. Neljän kuukauden muhituksen (+10 °C:ssa) jälkeen tehdyt pH-määritykset osoittivat, että hietasaveen ja multamaahan oli lisättävä vielä pienet erät kalkkia. Kalkitsemattomien ja kalkittujen maiden avulla oli tarkoitus selvittää muutamien lietteiden vaikutusta eri pH-tasoilla.

Taulukko 5. Astiakokeisiin käytettyjen maiden ominaisuudet ennen kokeiden perustamista.

	Koe 1				Koe 2	
	Hieta-savi	lj Hieta	Hieno hieta	Multamaa	Hieta-savi	Multamaa
Saves, %	30.2	27.3	13.7	-	30.2	-
pH(H ₂ O)	5.5	5.1	6.4	5.3	5.3	5.4
Org. C, %	3.7	3.1	1.6	16.9	3.1	11.2
HAA uuttuvat:						
P, mg/l	13.2	7.1	20.4	6.3	11.1	6.5
Ca, mg/l	1480	1210	1020	2160	1720	2630
Mg, mg/l	189	171	143	223	169	275
K, mg/l	540	129	66	261	633	436
HAA-EDTA uuttuvat:						
Al, mg/l	440	353	123	1310	346	1121
Fe, mg/l	482	411	455	1585	450	1448
1 M KCl uuttuva:						
Al, mg/l	14.2	141.7	1.3	182.1	18.6	82.4

Toukokuun lopulla 1986 maihin sekoitettiin tutkittavia lietteitä 50 g kuiva-ainetta vastaavat määrät. Lietekäsittelyt valittiin vastaamaan 20 t/ha kuiva-ainetta, eli suurinta peltoviljelyyn suositeltavaa lietemäärää. Fosforia saostavan alkuaineen mukaan nimetyt lietteet olivat: Al -liete (Kirkkonummi), Fe+Al -liete 1 (Hyvinkää), Fe+Al -liete 2 (Vimpeli), Ca -liete (Vöyri) ja kalkkistabiloitu Fe -liete 1 (Jokioinen).

Keväällä 1987 perustettiin toinen astiakoe ensimmäisen kokeen hietasavelle ja multamaalle (maihin lisättiin osa uutta myöhemmin otettua maata) samoin periaattein kuin ensimmäinenkin koe, lietteinä AVR -liete (Lohja) ja Fe -liete (Turku). Näistä lietteistä tehtiin lisäksi laboratoriossa kalkkistabiloidut lietteet lisäämällä hienokalkkia 20 prosenttia lietteen kuivapainosta. Lietteet olivat kalkkistabiloituina kaksi viikkoa +4 °C:ssa ennen maahan sekoitusta. Tässä toisessa kokeessa verrattiin käsittelemättömiä lietteitä kalkitseemattomissa ja kalkituissa maissa sekä kalkkistabiloituina.

Lietteiden mukana maihin lisättyjen fosforin, kalsiumin, alumiinumin ja raudan kokonais- ja uuttuvat määrät (mg/ast) esitetään taulukossa 6. Kertomalla taulukossa esitetyt ainemäärät (mg/ast) luvulla 0.4 saadaan hehtaaria kohti tulleet määrät. Sama koskee myös jäljempänä esitettäviä lannoitemääriä. Astiakokeissa käytetään ravinteita 4-10 -kertaiset määrät peltoviljelyyn verrattuna.

Taulukko 6. Jätevesilietteiden (50 g/ast kuiva-ainetta) mukana maihin lisättyjen fosforin, kalsiumin, alumiinumin ja raudan kokonaismäärät sekä niiden uuttuvien fraktioiden määrät (mg/ast).

	Ravinteiden kokonaismäärä				HAA uuttuvaa		HAA-EDTA:han uuttuvaa		1 M KCL uuttuvaa
	P	Ca	Al	Fe	P	Ca	Al	Fe	Al
	mg/ast				mg/ast				mg/ast
Koe 1.									
Al -liete	1493	1225	3230	980	8.5	620	194	402	190
Fe+Al -liete 1	1522	650	1165	3865	9.0	390	128	850	125
Fe+Al -liete 2	1363	325	1680	4395	4.0	135	67	527	60
Ca -liete	580	8600	480	660	200.0	4375	110	119	10
Kalkkistab. Fe -liete 1	685	3550	1190	3595	52.0	3045	119	827	10
Koe 2.									
AVR -liete	1200	2815	2600	1306	8.5	1940	98	115	45.0
Fe -liete	1090	860	880	4436	9.3	389	18	720	2.9
Kalkkistab. AVR -liete	960	6535	2185	1068	11.5	5585	94	180	0.5
Kalkkistab. Fe -liete 2	845	5305	920	3407	8.5	5215	15	780	0.5

Kertomalla taulukon luvut 0.4:llä saadaan ainemäärät kiloina hehtaarille

Kummassakin astiakokeessa osa jokaista maaerää oli ilman liettettä ja sai fosforikäsittelyt P 0 (ilman fosforia) tai P 1 (400 mg P). Lietteillä käsiteltyjä astioita ei lannoitettu fosforilla.

Astiaa kohti annettu typpilannoitus oli 1000 mg N, josta osa tuli lietteiden helppoliukoisena typpinä ja loppu annettiin ammoniumnitraattina, diammoniumfosfaattina ja kaliumnitraattina. Kaliumlannoituksen kokonaismäärä oli 1000 mg/ast, josta osa tuli lietteen helppoliukoisena kaliumina ja osa lisättiin kaliumnitraattina ja -kloridina. Kaikkiin astioihin lisättiin 200 mg Mg ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$), 2 mg B (H_3BO_3), 10 mg Cu ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$), 10 mg Zn ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$), 10 mg Mn ($MnSO_4 \cdot H_2O$) ja 0.5 mg Mo ($Na_2MoO_4 \cdot H_2O$).

Kaikki lannoitteet sekoitettiin erikseen kunkin astian määreen ennen lietteiden lisäämistä. Toisena vuonna fosforilannoitus uusittiin ensimmäisenäkin vuonna lannoitettuihin astioihin, tyyppiä ja kaliumia lisättiin kaikkiin astioihin 1000 mg. Lietteiden muiden ravinteiden kuin fosforin vaikutus

satoihin ja maahan haluttiin eliminoida lisäämällä niitä riittäviksi katsotut määrät kumpanakin vuonna. Lietekäsittelyjä ei uusittu toisena vuonna.

Happamuudelle aran Ingrid -ohran siemeniä kylvettiin astioihin 25 kpl, eikä kasvustoja harvennettu orastumisen jälkeen. Sato korjattiin tuleentuneena ja kuivatettiin 105 °C:ssa yli yön. Jyvät ja oljet punnittiin erikseen ja jauhettiin analyysijä varten.

Kasvinäytteiden kuivapoltoilla (450 °C) saadusta tuskasta tehdyn typpihappouutteen fosfori-, kalsium-, kalium-, magnesium-, aluminium-, rauta-, kupari-, sinkki- ja mangaanipitoisuus määritettiin plasmaemissiospektrometrilla (ICP-ARL). Kokonaistyyppi määritettiin Kjeldahl -menetelmällä.

Lietekäsittelyillä saatujen satotulosten merkitsevyys testattiin varianssianalyysillä ja yksittäisten käsittelyiden väliset erot Tukey'n testillä (STEEL ja TORRIE 1960). Merkitsevä ero on ilmoitettu HSD -arvona, todennäköisyydellä 95 prosenttia ($p=0.05$).

5.2. Tulokset

5.2.1. Kuiva-ainesadot

Fosforilannoituksella ilman lietekäsittelyä oli merkitsevä positiivinen vaikutus ohran jyväsatoon vain liejuisella hiedalla (Kuva 3) ja multamaalla (Kuva 4), joiden fosforiluku oli luku välttävä.

Al -liete aiheutti lähes merkitsevän jyväsadon menetyksen fosforilannoituksen saaneisiin kasvustoihin verrattuna hieta-savella ensimmäisenä vuonna (Kuva 1). Lietteen sekoitus kalkittuun maahan ei muuttanut tulosta paremmaksi. Sensijaan toisena vuonna kalkittuun maahan sekoitettu Al -liete lisäsi jyväsatoa merkitsevästi fosforilannoitukseen verrattuna ja kalkitsemattomassakin maassa sato oli muutamia prosenttiyksikköjä suurempi kuin fosforilannoituksella saatu.

Muilla kivennäismailla (Kuva 2 ja 3) Al -lietteellä saatiin lähes yhtä suuret sadot kuin fosforilannoituksella kumpanakin vuonna. Multamaalla toisen vuoden sato jäi merkitsevästi fosforilannoitettua pienemmäksi (Kuva 4).

Fe+Al -lietteillä saadut jyväsadot poikkesivat ensimmäisenä vuonna toisistaan ja fosforilannoituksella saadusta sadosta melko vähän. Kalkitusmaassa Fe+Al -liete 1 ei lisännyt satoa sen enempää kuin kalkitsemattomassakaan. Multamaan tulokset poikkesivat muista maalajeista siten, että Fe+Al -liete 2:lla saatiin selvästi pienempi jyväsato kuin Fe+Al -liete 1:llä molempina vuosina.

Ca -liete ja kalkkistabiloitu Fe -liete 1 olivat keskenään ja fosforilannoitukseen verrattuna lähes samanarvoisia kaikilla maalajeilla koko koeajan.

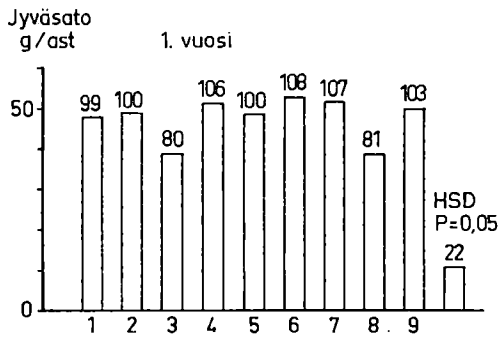
Toisessa kokeessa AVR -lietteen ja Fe -lietteen vaikutus ohran jyväsatoon ei poikennut merkitsevästi fosforilannoituksen saaneesta sadosta kummallakaan maalajilla (Kuva 5 ja 6). Kalkkistabilointikaan ei muuttanut lietteiden vaikutusta satoon. Kalkituilla mailla näillä lietteillä saatiin suurin sato, mutta ero fosforilannoitukseen verrattuna oli merkitsevää vain multamaalla toisena vuonna. Lisäksi multamaan toisen vuoden satojen perusteella näytti Fe -liete aiheuttavan merkitsevän sadon menetyksen kalkitsemattomassa maassa.

5.2.2. Ravinne- ja alumiinipitoisuudet

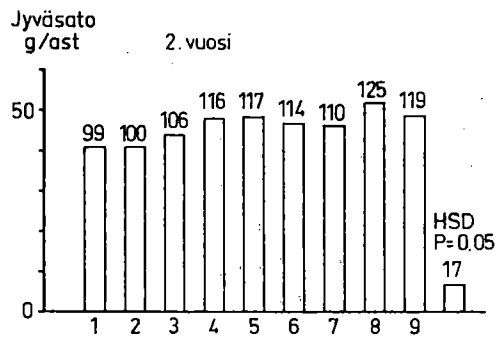
Vuosittaiseen fosforilannoitukseen verrattuna muutamilla lietteillä saatujen jyvien (LIITE 1 ja 3) tai olkien (LIITE 2 ja 4) fosforipitoisuuden erot olivat merkitseviä. Fe+Al -liete 2:lla saatiin vähiten fosforia sisältävät jyväsadot happamilla mailla, olkien fosforipitoisuuteen sillä ei ollut yhtä selvää negatiivista vaikutusta kuin jyvien pitoisuuteen.

Kalkittuihin maihin lisätyillä Al- ja Fe+Al -lietteillä saatiin jonkin verran enemmän fosforia sisältävät jyväsadot kuin ilman kalkitusta.

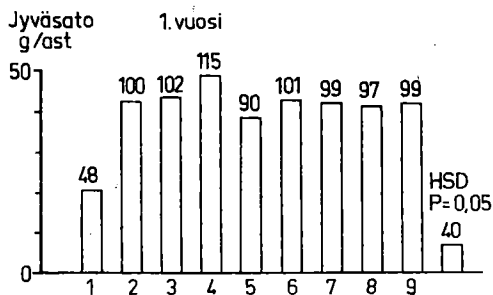
KOE 1
HIETASAVI



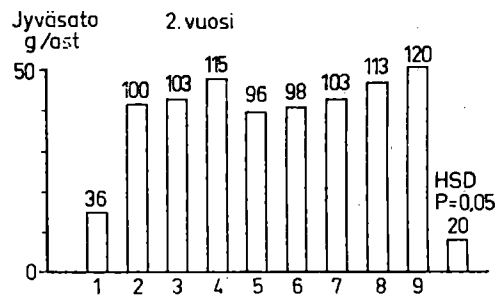
Kuva 1



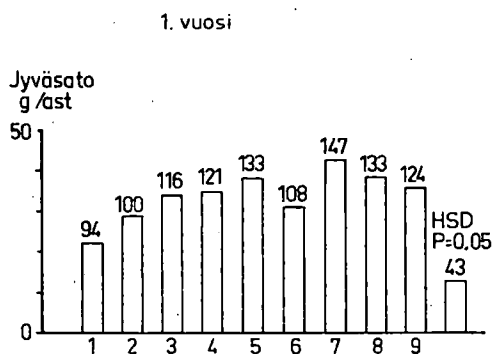
KOE 1
LIEJUINEN HIETA



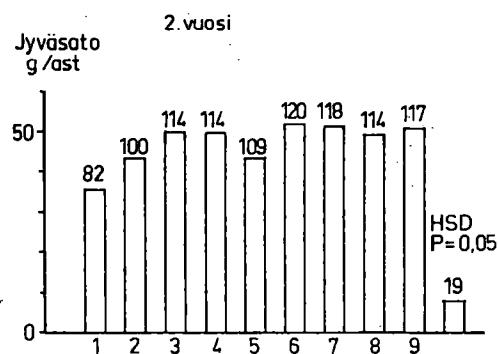
Kuva 2



KOE 1
HIENO HIETA



Kuva 3



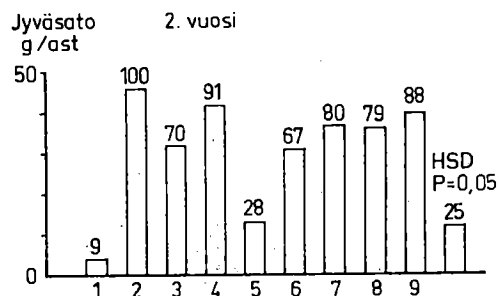
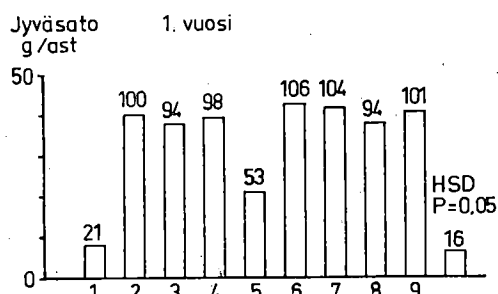
Kuvat 1-6. Jätevesilietteiden (50 g/ast kuiva-ainetta = 20 maalajeilla. Pylväiden yläpuoliset luvut osoittavat satojen suhdeluvulla 100. HSD, P=0,05 = Pienin merkitsevä ero

Käsittelyt (Koe 1):

1. Ilman lietettä + P0
2. Ilman lietettä + P1
3. Al -liete
4. Fe+Al -liete 1
5. Fe+Al -liete 2

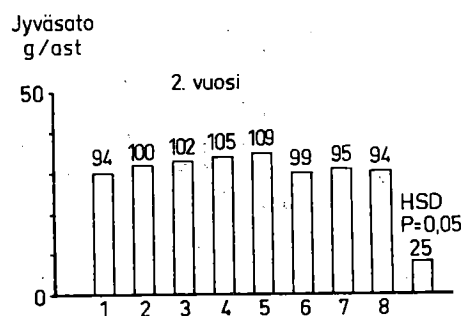
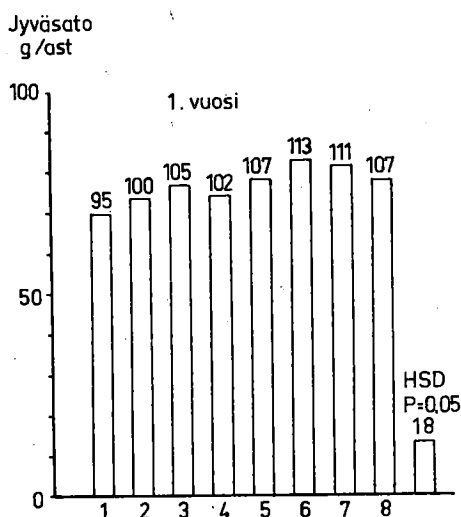
6. Ca -liete
7. Kalkkistabiloitu Fe -liete 1
8. Kalkitus pH 6.5 + Al -liete
9. Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al-liete 1

KOE 1
MULTAMAA



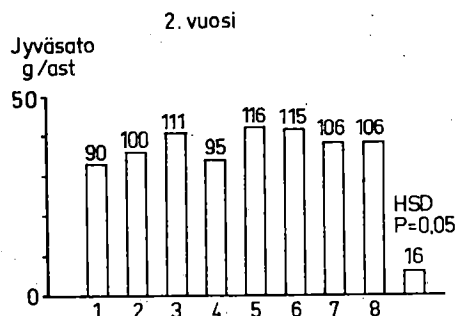
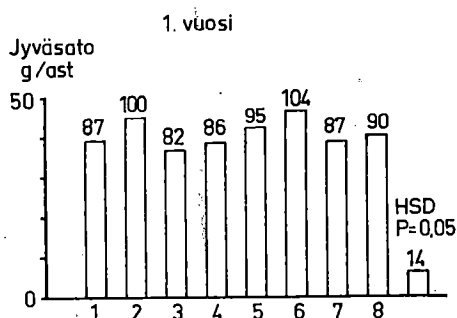
Kuva 4

KOE 2
HIETASAVI



Kuva 5

KOE 2
MULTAMAA



Kuva 6

t/ha) vaikutus ohran vuosittaisiin jyväsatoihin (g/ast) eri suhdelukuja, kun käsittely ilman lietettä + P1 on merkitty (Tukeyn t- testi).

Käsittelyt (Koe 2):

1. Ilman lietettä + P0
2. Ilman lietettä + P1
3. AVR -liete
4. Fe -liete

5. Kalkitus pH 6.5 + AVR -liete
6. Kalkitus pH 6.5 + Fe -liete
7. Kalkistabiloitu AVR -liete
8. Kalkistabiloitu Fe -liete 2

Jyvien kalsiumpitoisuus ei kovin selvästi muuttunut eri liete-käsittelyillä yhdelläkään maalajilla eikä maalajien välilläkään ollut eroa. Olkien kalsiumpitoisuutta kohottivat selvimmin maan kalkitus tai kalkilla käsitellyt lietteet.

Lietteet eivät useinkaan kohottaneet jyvien alumiinipitoisuutta, vaan korkeimmat pitoisuudet saatiin ilman lietettä ja fosforilannoitusta. Jyvien alumiinipitoisuuden vaihteluväli oli 1.0-15.2 mg/kg kuiva-ainetta. Olkien alumiinipitoisuudet olivat huomattavasti korkeammat kuin jyvien ja vaihtelivat 35:sta 249:aan mg/kg. Runsaasti alumiiniumia sisältävillä lietteillä saatiin korkeat olkien alumiinipitoisuudet.

Myös rautapitoisuuden kohdalla jyvien tulokset vaihtelivat (26-94 mg/kg) vähemmän kuin olkien (35-153 mg/kg). Eniten rautaa sisältävät jyvä- tai olkiesadot saatiin Fe -lietteellä, kalkkistabiloiduilla Fe -lietteillä tai Ca -lietteellä.

Koska lannoituksilla pyrittiin poistamaan lietteiden muiden ravinteiden vaikutukset sadon ravinnepitoisuuksiin, kovin selviä lietteiden aiheuttamia eroja ei havaittu. Ca -lietteellä saadut jyvät ja oljet sisälsivät muita vähemmän kuparia, sinkkiä ja mangaania, Fe+Al -liete 2:lla tai AVR -lietteellä saadut muita enemmän. Fe- ja AVR -lietteitä tutkittiin happamissa ja kalkituissa maissa ja todettiin kalkituksen selvimmin pienentävän sekä jyvien että olkien sinkkipitoisuutta.

5.2.3. Satojen ravinteiden otto

Lietteiden mukana maihin lisätyn helppoliukoisen fosforin määrä oli alle 10 mg/ast, vain Ca -lietteessä (200 mg/ast) ja kalkkistabiloidussa Fe -liete 1:ssä (52 mg/ast) sitä tuli muita enemmän. Lietteissä lisätyn fosforin kokonaismäärä vaihteli 580 mg:n (Ca -liete) ja 1520 mg:n välillä.

Ohran koko sadon (jyvät + oljet) fosforin otto yhteensä kahden vuoden aikana jäi Al -lietteellä ja kalkkistabiloidulla Fe -liete 1:llä hietasavessa muita pienemmäksi (Taulukko 7). Ensimmäisenä vuonna ohra sai fosforia Al -lietteestä vain

hieman runsaammin kuin fosforilla lannoittamattomasta maasta. Toisena vuonna erityisesti maan kalkitus pH 6.5 :een lisäsi Al -lietteen fosforin käyttökelpoisuutta. Kalkitsemattomissa hietamaissa Al -liete oli toisena vuonna ja koko koeaikana yhteensä hieman muita lietteitä niukempi fosforin lähde, vaikka hietamaista toinen oli hapan ja toinen lähes neutraali. Multamaassa Al -liete oli liukoisen fosforilannoituksen veroisen fosforin lähde.

Taulukko 7. Jätevesilietteiden vaikutus ohran kokonaissadon (jyvät+oljet) ottamiin fosfori-, kalsium-, aluminium- ja rautamääriin (mg/ast) eri vuosina sekä yhteensä koko koeaikana (Koe 1).

Koe 1.	1. vuosi				2. vuosi				Yhteensä			
	P	Ca	Al	Fe	P	Ca	Al	Fe	P	Ca	Al	Fe
HIETASAVI												
Ilman lietettä ja fosforia	133	257	7.7	7.4	127	198	4.7	4.4	260	455	12.4	11.8
Ilman lietettä + fosfori	224	304	11.5	9.6	214	266	5.3	5.8	438	570	16.8	15.4
Al -liete	161	210	6.2	6.5	189	297	5.4	5.5	350	507	11.6	12.0
Fe+Al -liete 1	249	322	7.0	8.2	199	282	5.8	5.9	448	604	12.8	14.1
Fe+Al -liete 2	206	403	9.3	9.7	203	290	6.0	5.9	409	693	15.3	15.6
Ca -liete	249	355	8.3	9.2	198	362	9.7	5.9	447	717	18.0	15.1
Kalkkistab. Fe -liete 1	220	382	8.7	12.4	176	328	5.2	5.2	396	710	13.9	17.6
Kalkitus pH 6.5 + Al -liete	184	228	5.5	6.5	208	346	11.1	7.6	392	576	16.6	14.1
Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al -liete 1	237	370	5.6	12.8	200	352	5.5	6.3	437	722	11.1	19.1
HSD, P=0.05	58	74	6.5	5.0	28	89	3.6	1.7	74	128	10.9	4.7
lj HIETA												
Ilman lietettä ja fosforia	59	154	3.8	3.7	56	100	1.6	2.3	115	254	5.4	6.0
Ilman lietettä + fosfori	163	287	8.5	6.9	181	224	1.8	4.9	344	511	10.3	11.8
Al -liete	177	269	7.8	6.4	135	195	3.1	3.8	312	464	10.9	10.2
Fe+Al -liete 1	210	267	8.9	7.4	161	218	4.5	4.5	371	485	13.4	11.9
Fe+Al -liete 2	139	318	12.0	9.0	133	201	3.3	4.1	272	519	15.3	13.1
Ca -liete	205	306	5.7	8.4	158	262	3.2	3.6	363	568	8.9	12.0
Kalkkistab. Fe -liete 1	162	348	6.5	6.9	151	247	2.8	3.6	313	595	9.3	10.5
Kalkitus pH 6.5 + Al -liete	197	342	6.3	10.4	177	353	3.9	4.5	374	695	10.2	14.9
Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al -liete 1	221	402	9.2	11.1	183	447	3.9	5.4	404	849	13.1	16.5
HSD, P=0.05	54	73	6.0	4.8	32	116	2.1	2.1	58	134	5.8	4.9
HIENO HIETA												
Ilman lietettä ja fosforia	103	121	5.5	4.6	94	156	2.8	2.9	197	277	8.3	7.5
Ilman lietettä + fosfori	133	118	6.3	4.9	191	182	5.1	4.4	324	300	11.4	9.3
Al -liete	149	194	4.9	4.2	152	236	3.3	3.7	301	430	8.2	7.9
Fe+Al -liete 1	170	196	5.6	5.4	176	271	4.5	4.4	346	467	10.1	9.8
Fe+Al -liete 2	173	221	8.7	7.2	171	215	2.9	3.8	344	436	11.6	11.0
Ca -liete	153	207	4.5	6.6	199	388	4.7	7.9	352	595	9.2	14.5
Kalkkistab. Fe -liete 1	194	318	7.3	7.5	167	404	4.4	5.0	361	722	11.7	12.5
Kalkitus pH 6.5 + Al -liete	171	244	6.5	5.0	163	331	4.8	4.3	334	575	11.3	9.3
Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al -liete 1	184	252	5.7	5.1	185	328	3.8	4.7	369	580	9.5	9.8
HSD, P=0.05	64	106	4.2	2.0	34	114	2.5	1.6	54	116	5.6	2.7
MULTAMAA												
Ilman lietettä ja fosforia	44	79	1.8	2.0	11	29	0.4	0.4	55	98	2.2	2.4
Ilman lietettä + fosfori	126	146	4.4	4.7	148	167	2.2	3.1	274	313	6.6	7.8
Al -liete	154	164	3.4	4.0	117	162	2.0	2.5	271	326	5.4	6.5
Fe+Al -liete 1	168	183	3.9	4.3	146	180	1.8	2.7	314	363	5.7	7.0
Fe+Al -liete 2	72	169	3.9	3.9	42	93	0.8	1.2	114	262	4.7	5.1
Ca -liete	169	194	4.9	5.8	90	104	1.1	3.3	259	298	6.0	9.1
Kalkkistab. Fe -liete 1	152	194	5.7	5.9	112	135	1.4	2.1	264	329	7.1	8.0
Kalkitus pH 6.5 + Al -liete	173	211	3.5	4.0	112	152	0.7	2.9	285	363	4.2	6.9
Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al -liete 1	189	248	5.5	6.1	148	178	1.5	6.1	337	426	7.0	12.2
HSD, P=0.05	19	53	2.0	1.9	31	34	1.5	1.7	44	147	2.9	3.0

Fe+Al -liete 1 oli paras ohran fosforin lähde kaikilla maala-jeilla, eikä maan kalkitus pH 6.5:een lisännyt sanottavasti fosforin ottoa. Fe+Al -liete 2:lla lannoitetusta liejuisesta

hiedasta ja multamaasta ohra otti fosforia selvästi vähemmän kuin muista lietteistä.

Ca -liete ei kohottanut ohran fosforin ottoa muita suuremmaksi edes happamalla multamaalla, vaan toisen vuoden sato sisäl- si melko vähän fosforia.

Hietasavella AVR ja Fe -lietteet olivat toistensa veroisia fosforin lähteitä, multamaalla Fe -liete oli toisena vuonna AVR -lietettä heikompi (Taulukko 8). Kalkkistabilointi vähen- si näiden lietteiden fosforin käyttökelpoisuutta ohralle hie- tasavella, mutta paransi multamaalla. Maan kalkituksella oli edullinen vaikutus fosforin ottoon multamaalla.

Taulukko 8. Jätevesilietteiden vaikutus ohran kokonaissadon (jyvät+oljet) ottamiin fosfori-, kalsium-, aluminium- ja rautamääriin (mg/ast) eri vuosina ja yhteensä koko koeaikana (Koe 2).

Koe 2.	1. vuosi				2. vuosi				Yhteensä			
	P	Ca	Al	Fe	P	Ca	Al	Fe	P	Ca	Al	Fe
HIETASAVI												
Ilman lietettä ja fosforia	222	166	7.6	7.8	124	138	1.3	3.1	346	304	8.9	10.9
Ilman lietettä + fosfori	331	213	4.5	7.1	174	203	2.9	4.2	505	416	7.4	11.3
AVR -liete	361	255	5.7	8.5	158	201	1.6	3.4	519	456	7.3	13.9
Fe -liete	373	243	6.4	9.3	158	203	2.3	3.8	531	446	8.7	13.1
Kalkitus pH 6.5 + AVR -liete	374	247	6.2	8.6	193	190	1.5	2.9	567	437	7.7	11.5
Kalkitus pH 6.5 + Fe -liete	344	229	6.8	9.6	139	183	1.4	2.7	483	412	8.2	12.3
Kalkkistab. AVR -liete	339	219	7.2	10.2	150	170	1.1	2.4	489	389	8.3	12.6
Kalkkistab. Fe -liete 2	348	238	6.9	13.7	139	185	1.5	2.9	487	423	8.4	16.6
HSD, P=0.05	33	119	4.0	4.0	65	45	0.9	1.0	64	132	3.9	3.7
MULTAMA												
Ilman lietettä ja fosforia	109	146	1.7	2.7	115	118	0.7	1.8	224	264	2.4	4.5
Ilman lietettä + fosfori	156	211	2.7	3.2	141	152	1.1	2.4	297	363	3.8	5.6
AVR -liete	149	176	1.8	2.5	167	183	1.3	2.7	316	359	3.1	5.2
Fe -liete	145	183	2.2	3.1	136	158	1.1	2.4	281	341	3.3	5.5
Kalkitus pH 6.5 + AVR -liete	185	303	2.5	4.4	200	212	1.8	4.4	285	515	4.3	8.8
Kalkitus pH 6.5 + Fe -liete	193	323	2.7	7.0	196	208	1.2	3.5	389	531	3.9	10.5
Kalkkistab. AVR -liete	149	201	1.8	2.5	178	206	1.5	2.9	327	407	3.3	5.4
Kalkkistab. Fe -liete 2	154	231	2.2	3.0	165	181	1.1	2.7	319	412	3.3	5.7
HSD, P=0.05	21	76	1.6	2.6	18	34	1.1	1.4	29	124	2.0	2.3

Kasvin ottaman ravinnemäärän osuus annetusta on yleensä kor- kea pienistä lannoitemääristä ja se vähenee lannoitemäärän kasvaessa. Jos tämän tutkimuksen lietteitä olisi käytetty mää- rät, joissa olisi tullut maahan 800 mg fosforia kuten kahden vuoden fosforilannoituksestakin, ohran suhteellinen fosforin otto Al- ja Fe+Al -lietteistä olisi pienempi kuin Ca -liet- teestä tai kalkkistabiloidusta Fe -liete 1:stä kaikilla maala- jeilla (Taulukko 9).

Taulukko 9. Ohran fosforin otto (mg/ast) 800 mg:sta lietteiden mukana tullutta kokonaisfosforia (lietteiden tuloksista vähennetty P₀ -käsittelyn tulos) ja otetun fosforin osuus (prosentteina) lisätystä, laskennallinen arvio.

Koe 1	Hietasavi		lj Hieta		Hieno hieta		Multamaa	
	mg/ast	%	mg/ast	%	mg/ast	%	mg/ast	%
P ₁ - P ₀	178	100	229	100	127	100	219	100
Al - P ₀	48	27	106	46	56	44	116	53
Fe+Al 1 - P ₀	99	56	135	59	78	61	136	62
Fe+Al 2 - P ₀	88	49	92	40	86	68	35	16
Ca - P ₀	256	144	340	149	212	167	279	127
Kalkkist. Fe ₁ - P ₀	158	89	230	100	191	150	243	111
pH 6.5, Al - P ₀	71	40	139	61	74	58	124	57
pH 6.5, Fe+Al ₁ - P ₀	93	52	152	66	91	72	148	68
Koe 2								
P ₁ - P ₀	159	100					73	100
AVR - P ₀	115	72					61	84
Fe - P ₀	136	86					42	58
pH 6.5, AVR - P ₀	147	93					41	56
pH 6.5, Fe - P ₀	101	64					121	166
Kalkkist. AVR - P ₀	119	75					86	118
Kalkkist. Fe ₂ - P ₀	133	84					90	123

Ohrasadon kalsiumin otto oli hietasavella ja liejuisella hiedalla runsainta, kun maat oli käsitelty Fe+Al -liete 2:lla, hienolla hiedalla ja multamaalla taas Fe+Al -liete 1:tä saaneet sadot ottivat eniten kalsiumia. Ca -liete ei aiheuttanut muita suurempaa kalsiumin ottoa muissa maissa kuin hienossa hiedassa, koska tämä maa sisälsi luontaisesti vähän kalsiumia korkeasta pH -luvustaan huolimatta. Kalkituissa maissa kalsiumin otto oli suurin Fe+Al -liete 1:llä.

AVR- tai Fe -lietteellä saatu kalsiumin otto ei poikennut toisistaan kummallakaan maalajilla. Fosforilannoitukseen verrattuna lietekäsittelyt lisäsivät kalsiumin ottoa hietasavella. Lietteiden kalkkistabilointi vähensi selvästi kalsiumin ottoa stabiloimattomiin verrattuna. Maan kalkitus pH 6.5:een hieman lisäsi lietekäsittelyillä saatua kalsiumin ottoa.

Sadon aluminiumin otto oli fosforin ja kalsiumin ottoon verrattuna huomattavan pieni. Kun verrataan eri käsittelyiden vaikutuksia todetaan, että fosforilannoituksen saaneiden kasvustojen aluminiumin otto oli kaikissa maissa niin runsas, että lietekäsittelyt vain harvoin kohottivat merkittävästi otetun aluminiumin määrää. Jyväsadon osuus koko sadon aluminiumin otosta oli keskimäärin noin viisi prosenttia.

Jyväsadon osuus koko sadon ottamasta rautamäärästä oli noin kolmannes. Kalkkistabiloitu Fe -liete 1 aiheutti ensimmäisenä vuonna hietasavella ja hienolla hiedalla koko sadon raudan oton lisääntymisen fosforilla lannoitettuun käsittelyyn verrattuna. Happamissa maissa taas kalkitus lisäsi raudan kertymistä satoon. Saman suuntainen tulos saatiin myös Ca -lietteellä lähes neutraalissa hienossa hiedassa.

5.3. Tarkastelu

Ensimmäisenä vuonna Al -lietteen hietasavella aiheuttama ohran jyväsadon menetys ja vähäinen fosforin otto fosforilannoitukseen tai muihin lietteisiin verrattuna oli riippumaton maan pH -luvusta. Muilla kivennäismailla ei todettu vastaavaa. Eloperäisellä maalla vain toisen vuoden tulokset olivat hietasaven tulosten suuntaisia. Näihin lienee syynä aluminiumin myrkyllisyys (WEBBER ym. 1982, HORST ja GÖPPEL 1986) tai fosforin puute (BUGBEE ja FRINK 1985).

Kalkitsemattomalla hietasavella toisen vuoden ohrasato ja koko sadon fosforin otto Al -lietteestä olivat suuremmat kuin ensimmäisen. JANSSONkin (1970) totesi raiheinän fosforin oton erilaisista Al -lietteistä lisääntyvän kokeen jatkuessa useampia vuosia. de HAANin (1980) mukaan aluminiumilla saostetut lietteet eivät sisällä kasveille käyttökelpoista fosforia edes vihantakauran yksivuotisessa astiakokeessa tarvitsemia määriä. Hänen tekemänsä päätelmät eri kemikaaleilla saostettujen lietteiden arvosta fosforilannoitteena perustuivat kuitenkin yksivuotisten kokeiden tuloksiin.

Fosforin saostukseen käytetty teollisuuden jättealuminium ehkä sisälsi joitakin tässä tutkimuksessa tuntemattomiksi jääneitä aineita, jotka haittasivat ohran kasvua hietasavessa ensimmäisenä vuonna. Maan fosforipitoisuuden ja sadon ottaman fosforimäärän perusteella arvioiden ohra ei ehkä kärsinyt fosforiniukkuudesta kalkitusmaassa. Jokin muukin suuren lietemäärän aiheuttama kasvuhäiriö hietasavessa saattoi olla mahdollinen, sillä muut aluminiumia sisältäneet lietteet eivät vaikuttaneet ohran kasvuun hietasavella Al -lietteen tavoin, eikä toisaalta Al -liete poikennut muista lietteistä kahdella muulla kivennäismaalla.

Runsaasti rautaa sisältävät Fe+Al -liete 2 ja Fe -liete vaikeuttivat eloperäisellä maalla, erityisesti toisena vuonna, ohran kasvua. Fe+Al -liete 2 taas aiheutti selvän sadon menetyksen kumpanakin vuonna. Näiden lietteiden sisältämää fosforia sadot ottivat vain muutaman prosentin.

JANSSON (1970) samoin kuin LARSEN ja DAMGAARD-LARSEN (1981) eivät todenneet selviä satoeroja eri kemikaaleilla saostettujen jätevesilietteiden välillä. Käsillä olevassa tutkimuksessa saadut tulokset osoittavat, että lietteiden välillä on vähäisiä saostuskemikaalien aiheuttamia eroja, jotka ilmenevät erilaisina eri maalajeilla ja pH -alueilla.

Laskennallisesti arvioitu ohran fosforin otto 800 mg:sta lietteiden fosforia oli monokalsiumfosfaattiin verrattuna Ca -lietteestä 1.3-1.7 -kertainen ja muista lietteistä 0.2- 0.9 -kertainen. McLAUGHLIN ja CHAMPION (1987) totesivat raiheinän ottaneen lietteen fosforia kahdesta savimaasta toisella 1.9 -kertaisen ja toisella 0.9 -kertaisen määrän monokalsiumfosfaattiin verrattuna, kun annetut fosforimäärät olivat yhtä suuret.

Ohran jyvien fosfori-, kalsium- ja rautapitoisuudet olivat samanlaiset kuin JAAKKOLAN ja VOGTIN (1978) tutkimuksissa, alumiinipitoisuudet olivat pienempiä kuin VOGTIN ja JAAKKOLAN (1978) tai PESSIN ym. (1974) tutkimuksissa saadut.

Olkien kalsium- ja fosforipitoisuudet olivat samanlaiset kuin JAAKKOLAN ym. (1982) tutkimuksissakin. Rautapitoisuuden vaihtelu oli pienempi kuin KÄHÄRIN ja NISSISEN (1978) analysoimisessa 2000 timoteinäytteessä. Lietteillä tai ilman lietettä saaduissa oljissa oli alumiiniumia enemmän kuin PAASIKALLIO (1978) löysi edellä mainituista timoteinäytteistä.

6. JÄTEVESILIETTEIDEN VAIKUTUS MAIDEN OMINAISUUksiIN

6.1. Aineisto ja menetelmät

Kasvukausien lopussa otettiin edellä esitettyjen astiakokeiden jokaisesta astiasta maanäyte, joka kuivatettiin 35 °C:ssa ilmakuivaksi, jauhettiin ja seulottiin 2 mm:n seulalla.

Maanäytteistä tehtiin viljavuusanalyysi (VUORINEN ja MÄKITIE 1955), uutettiin helppoliukoiset hivenravinteet ja alumiinium happamalla ammoniumasetaatti-EDTA:lla (LAKANEN ja ERVIÖ 1971) sekä vaihtuva alumiinium 1 M KCl:lla (BARNHISEL ja BERTSON 1982). Orgaaninen hiili määritettiin Leco -laitteella 1370 °C:ssa ja hiili muunnettiin humukseksi kertomalla luvulla 1.72 (SIPPOLA 1982).

6.2. Tulokset

6.2.1. Maiden ominaisuudet

Lietteet kohottivat maiden pH -lukua 0.1-0.3 yksikköä, kalkkistabiloidut lietteet noin 0.5 yksikköä ja Ca -liete yli yhden yksikön (LIITE 5). Vain Fe+Al -liete 2 ei muuttanut maan pH:ta lietteellä käsittelemättömiin verrattuna koko koeaikana. Multamaassa runsas lannoitus aiheutti johtokyvyn kohoamisen ja pH arvon pienenemisen, koska ohra kasvoi huonosti. Al -liete ja Fe+Al -liete 1 kohottivat kalkittujenkin kivennäismaiden pH -lukua.

AVR -lietteellä käsiteltyjen maiden pH oli vielä toisen kasvukauden lopussa 0.2-0.3 yksikköä korkeampi kuin Fe -lietteellä käsiteltyjen (LIITE 6). Kummallakin maalajilla näiden liet-

teiden vaikutus pH -lukuun oli saman suuntainen maan kalkituksesta tai lietteiden kalkkistabiloinnista riippumatta.

Maiden humuspitoisuus oli toisena vuonna korkeampi kuin ensimmäisenä, sillä astiakokeessa tiheä juuristomassa tuottaa eloperäistä ainesta maahan huomattavia määriä. Lietteiden positiivinen vaikutus humuspitoisuuteen oli vain muutaman kymmenesosaprosentin suuruinen. Ca -liete ja kalkkistabiloitu Fe -liete 1 kohottivat vähämultaisen hienon hiedan humuspitoisuutta vähemmän kuin muut lietteet. Useilla maalajeilla suurin humuspitoisuuden nousu saatiin Fe+Al -liete 2:lla.

Ca -liete aiheutti kivennäismaissa selvästi muita lietteitä suuremman uuttuvan fosforipitoisuuden nousun ja ero fosforilannoituksen saaneisiin verrattuna oli ensimmäisenä vuonna merkitsevä. Maan kalkitus pH 6.5:n tienoille lisäsi Al -lietteellä ja Fe+Al -liete 1:llä käsiteltyjen maiden fosforipitoisuutta selvemmin kuin ilman kalkitusta. Multamaalla Fe+Al -liete 2 aiheutti merkitsevän sadon menetyksen ja sen vuoksi kasvien fosforin otto oli vähäinen. Suurin osa lietteiden fosforista oli jäänyt maahan uuttumattomaan muotoon.

AVR- ja Fe -liete kohottivat maiden fosforipitoisuutta lähes saman verran kuin fosforilannoitus, mutta jo toisena vuonna oli lietteillä käsiteltyjen kalkitsemattomien maiden fosforipitoisuus jonkin verran pienempi kuin vuosittaisen fosforilannoituksen saaneiden maiden.

Kalkitussa maassa AVR -liete kohotti fosforipitoisuuden korkeammaksi kuin Fe -liete. Sama lietteiden välinen ero todettiin myös silloin, kun lietteet oli kalkkistabiloitu.

Satojen lietteistä ottaman fosforin ja lietteiden aiheuttaman maan uuttuvan fosforipitoisuuden nousun yhteinen osuus lisäystä fosforista vaihteli eri maalajeilla (Taulukko 10).

Taulukko 10. Kasveista ja maista analyysien selvitetty osa lietteinä lisätystä kokonaisfosforista, %.

Koe 1	Hieta- savi	lj Hieta	Hieno hieta	Multa- maa
P1	26	33	26	29
Al -liete	7	14	8	15
Fe+Al -liete 1	14	19	12	18
Fe+Al -liete 2	13	14	13	5
Ca -liete	39	47	43	35
Kalkkist. Fe -liete 1	22	30	30	31
pH 6.5, Al -liete	11	18	11	15
pH 6.5, Fe+Al -liete 1	15	21	14	19
Koe 2				
P1	24			10
AVR -liete	16			9
Fe -liete	19			6
pH 6.5, AVR -liete	21			6
pH 6.5, Fe -liete	15			16
Kalkkist. AVR -liete	18			12
Kalkkist. Fe -liete 2	20			12

Ca -lietteen mukana maihin lisättiin 200 mg uuttuvaa fosforia. Satojen ottama fosforimäärä oli kaikilla mailla suurempi kuin uuttuvana lisätty. Kokonaisfosforin määrästä lähes puolet oli analysoitavissa sadoista (27-43 prosenttia) ja maista (0-16 prosenttia) eri maalajeilla. Muiden lietteiden fosforista vain pieni osa (0-7 prosenttia) oli maassa uuttuvana ja analyysien selvitetty osa koostui suurimmalta osaltaan satojen ottamasta fosforista.

Ca -lietteellä oli selvin positiivinen vaikutus maiden uuttuvaan kalsiumpitoisuuteen kumpanakin vuonna. Seuraavaksi eniten maiden kalsiumpitoisuutta kohottivat kalkkistabiloidut lietteet, AVR -liete ja Al -liete. Fe+Al -liete 2 aiheutti hietasaven kalsiumpitoisuuden pienenemisen lietteettömään käsittelyyn verrattuna, muissa maissa tällä lietteellä ei ollut vaikutusta.

Al -lietteen sisältämä suuri aluminiumin kokonaismäärä ei aiheuttanut kovin suurta maiden HAA-EDTA:han uuttuvan aluminiumpitoisuuden nousua fosforilla lannoitettuun lietteettömään

käsittelyyn verrattuna (LIITE 5 ja 6). Pitoisuuden nousu oli merkitsevä kumpanakin vuonna hietamailla. Saman suuntainen tulos saatiin myös Fe+Al -liete 2:lla. Kalkituissa ja kahdella eri lietteellä käsitellyissä maissa uuttuvan alumiinimäärä oli hieman korkeampi kuin Ca -lietettä saaneissa.

Vaihtuvan alumiinimäärä oli kaikissa maissa ilman lietekäsittelyä korkea, eikä Fe+Al -liete 2:lla saatu muutos ollut merkitsevä (LIITE 7). Muut lietteet sitä vastoin vähensivät kaikissa maissa selvästi vaihtuvan alumiinimäärää, erityisen tehokkaita olivat Ca -liete ja kalkkistabiloidut lietteet. Fe -lietteen maan vaihtuvaa alumiinipitoisuutta vähentävä vaikutus oli selvästi heikompi kuin AVR -lietteen.

Kivennäismaissa vaihtuva alumiinipitoisuus näytti kohoavan lievästi kokeen kuluessa, multamaassa pitoisuus näytti pienevän.

Hietasaven sekä kummanakin hietamaan uuttuvaa rautapitoisuutta kohottivat lietteettömään verrattuna merkitsevästi kummatkin Fe+Al -lietteet, Fe -liete sekä kalkkistabiloidut Fe -lietteet (LIITE 5 ja 6). Multamaan luontainen rautapitoisuus oli niin korkea, että vain Fe+Al -lietteillä saatu pitoisuuden nousu oli merkitsevä kumpanakin vuonna.

Fe+Al -liete 2 ja AVR -liete sisälsivät muita enemmän kuparia, ja uuttuvan fraktion osuus kuparin kokonaismäärästä oli korkea. AVR -liete lähes kaksinkertaisti maiden uuttuvan kuparipitoisuuden, jolloin multamaan kuparipitoisuus kohosi jo arveluttavan korkeaksi (LIITE 8). Kaikkiin astioihin kokeen alussa annettu kuparilannoitus (10 mg/ast Cu) kohotti maiden kuparipitoisuutta vain 2 mg/l:lla.

6.2.2. Jätevesilietteiden aiheuttaman kalkitustarpeen arviointi

Lietteiden sisältämän kalsiumin kokonaismäärän ja maan pH -luvun nousun välinen vuorosuhde oli hieman kiinteämpi ($r=0.90^{**}$) kuin pH -luvun nousun riippuvuus lietteiden uuttuvan kalsiumin

määrästä ($r=0.80^{**}$). Kokeen aikana siis osa lietteiden sisältämästä uuttumattomasta kalsiumista vapautui ja neutraloi maiden happamuutta.

Jotta tutkittujen maiden pH olisi kohonnut keskimäärin yhdellä yksiköllä, lietteiden kalsiumpitoisuuden tulisi olla noin 100 kiloa tonnissa kuiva-ainetta, kun lietteitä lisättiin maihin 20 tonnia kuiva-ainetta vastaavat määrät. Multamaalla pH-luvun nousu oli noin puolet kivennäismailla saadusta tuloksesta.

Vaikka kalkkistabiloitujen lietteiden kalsiumpitoisuus oli korkea ja myös uuttuvan kalsiumin osuus kokonaismäärästä, nämä lietteet neutraloivat maata heikommin kuin sama määrä Ca-lietettä.

Fe+Al -lietteet ja Fe -liete muuttivat tutkittujen maiden pH-lukua vain vähän kahden kasvukauden aikana. Varsinkin Fe+Al -liete 2 ja Fe -liete sisälsivät vähän kalsiumia. Lisäksi ne aiheuttivat vaihtuvan aluminiumin määrän lisääntymisen maassa, minkä vuoksi näillä lietteillä saattaa olla kalkituksen tarvetta lisäävä vaikutus erityisesti happamissa maissa.

6.3. Tarkastelu

Al -liete kohotti kaikkien maiden uuttuvaa fosforipitoisuutta melko vähän, kalkitusmaassa fosforipitoisuuden nousu oli merkitsevä kumpanakin vuonna. Ohrasato otti kuitenkin fosforia kummastakin käsittelystä lähes saman määrän. LARSEN (1980) totesi eri saostuskemikaaleilla käsiteltyjen lietteiden vaikuttavan maan uuttuvaan fosforipitoisuuteen vain vähän, mutta silti kasvit saavat riittävästi fosforia.

Fosforin niukkuus ei ehkä ollut ohran kasvua rajoittava syy Al-lietteellä käsitellyssä hietasavessa, vaikka aluminiumfosfaatin käyttökelpoisuus kasveille on vähäinen (BUGBEE ja FRINK 1985). Tässä maassa oli runsaasti eloperäiseen ainekseen sitoutunutta aluminiumia (HAA-EDTA:han uuttuvan ja KCl uuttuvan aluminiumin erotus), joka voisi aiheuttaa lietteen ja maan helppoliukoisen fosforin joutumisen lyhytaikaisesti ohralle

käyttökelvottomaan muotoon happamassa maassa (MOKWUNYE 1975, HARTIKAINEN 1983).

Vaikka ohra on erittäin arka kasvualustan korkealle vaihtuvan alumiiniumin määrälle (WEBBER ym. 1982, HORST ja GÖPPEL 1986), alumiiniumin myrkyllisyys ei kuitenkaan ehkä ollut syynä ohran heikkoon kasvuun ensimmäisenä vuonna, sillä Al -lietteellä käsitellyssä maassa oli kasvukauden lopussa vaihtuvaa alumiiniumia vähemmän kuin esimerkiksi fosforilla lannoitetussa tai Fe+Al -lietteillä käsitellyssä hietasavessa. Al -lietteen sisältämän eloperäiseen ainekseen sitoutuneen alumiiniumin osuus kokonaismäärästä ei poikennut muista alumiiniumia sisältävien lietteiden tuloksista niin selvästi, että se vaikuttaisi ohran kasvuun.

HANOTIOUXin ym.(1980) tekemän selvityksen mukaan noin 20 prosenttia lietteiden fosforista on kasveille käyttökelpoista. Saman suuntainen tulos saatiin käsillä olevassa tutkimuksessa-kin kahden kasvukauden tulosten perusteella. Koetta olisi kuitenkin pitänyt jatkaa useampia vuosia, jotta lietteiden koko kasveille käyttökelpoinen fosforivarasto olisi käytetty.

PAGELin ym. (1985) mukaan lietteet lisäävät lisäävät fosforin kapasiteettia osoittavaa tekijää maassa ja vähentävät fosforin intensiteettiä. KOSKELAN (1980a) saama tulos, jonka mukaan 50 tonnilla kuiva-ainetta hehtaarille oli edullinen vaikutus ohran satoon vielä seitsemäntenä vuonna levityksen jälkeen, lienee osittain seuraus lietteen fosforin pitkäaikaisesta vapautumisesta maassa.

Happamassa maassa orgaanisen aineksen kyky sitoa alumiiniumia on heikko (JAMES ja RIHA 1984), sillä orgaaninen aines muodostaa helpommin kompleksiyhdisteitä raudan kuin alumiiniumin kanssa (JAMES ym. 1983) ja alumiinium jää vaihtuvaan muotoon. Orgaaninen aine sitoo muita alumiiniumin monomeereja (AlOH^{2+} , $\text{Al}(\text{OH})_2^+$) tehokkaammin kuin Al^{3+} happamassa maassa (BLOOM ym. 1979).

Lietteiden, myös alumiiniumia sisältävien lietteiden, aiheuttamaan maan pH -luvun kohoamiseen lienee syynä muiden muassa seuraavat seikat: orgaaninen aines sitoi osan luontaisesta vaihtuvasta alumiiniumista (THOMAS 1975, Hoyt 1977, HUE ym. 1986), kalkitus saosti sekä vaihtuvaa että orgaaniseen ainekseen sitoutunutta alumiiniumia (BACHE ja CROOKE 1981) ja lietteiden sisältämä uuttuva kalsium toimi maassa kalkitusaineen tavoin. Liejuisella hiedalla ja multamaalla fosforilannoitus yksinäänkin kohotti maan pH -lukua ja pienensi uuttuvia alumiiniumin määriä (BACHE ja CROOKE 1981, HARTIKAINEN 1983).

Lietteiden mukana maihin lisättiin eloperäistä ainesta 4.6-17.6 t/ha vastaavat määrät. Maiden humuspitoisuus kohosi vain enintään 0.4 prosenttiyksikköä; runsaasti humusta sisältäneen multamaankin humuspitoisuus kohosi. DIEZ (1981) totesi vähämultaisen maan humuspitoisuuden nousseen 0.3 prosenttiyksikköä 24 t/ha:lla lietteen eloperäistä ainesta. KOSKELAN (1981) tutkimuksissa runsasmultaisen maan humuspitoisuus oli 25 ja 50 tonnilla lietteiden eloperäistä ainesta 1.7 ja 2.7 prosenttiyksikköä korkeampi kuin ilman lietettä vielä seitsemän vuoden kuluttua lietteiden levityksestä.

DUNCANIN ym. (1988) mukaan lietekäsittelyt kohottivat maan humuspitoisuutta aina 40-60 senttimetrin syvyyteen asti, ja vaikutus oli pitkäaikainen. Vähämultaiset maat näyttävät hyötyvän lietteiden eloperäisestä aineksesta vähemmän kuin runsasmultaiset maat.

Ca -lietteellä käsitellyissä maissa eloperäisen aineksen pitoisuuden nousu oli vähäisin, sillä lietteen oma eloperäisen aineksen määrä oli pieni. Lisäksi Ca -liete kiihdyttää maan pieneliötoimintaa ja nopeuttaa maassa jo olevan ja lietteenä lisätyn eloperäisen aineksen hajoamista (STADELMANN ja FURRER 1981). Runsaasti rautaa sisältävä Fe+Al -liete 2 kohotti maiden humuspitoisuutta muita lietteitä enemmän, sillä rauta hidastaa eloperäisen aineksen biologista hajoamista (MOREL ja GUCKERT 1981).

7. PÄÄTELMÄT

Kalkilla saostettu liete sisälsi suhteellisesti eniten uuttuvaa fosforia ja kalsiumia, jotka kumpikin kohottivat vastavia pitoisuuksia maassa. Liete soveltuu hyvin happamien kivennäismaiden maanparannusaineeksi. Vähän fosforia sisältävällä eloperäisellä maalla sen liukoinen fosfori riitti vain yhden vuoden sadolle astiakokeessa, maan pH pysyi koko koeajan kuuden yläpuolella.

Yksinomaan AVR:llä tai sen lisäksi käytetyllä raudalla saostetut AVR -liete ja Fe+Al -liete 1 olivat käyttökelpoisia kaikilla maalajeilla maan pH -luvusta riippumatta. Kalkkistabiloinnilla ei ollut positiivista vaikutusta AVR -lietteen ominaisuuksiin maanparannusaineena.

Kaksinkertaisia kemikaalimääriä käyttämällä saatu Fe+Al -liete 2 ei ollut käyttökelpoinen maanparannusaine eloperäiselle maalle, jonka luontainen uuttuva rautapitoisuus sekä orgaaniseen ainekseen sitoutuneen ja vaihtuvan aluminiumin määrät olivat korkeat.

Kalkkistabiloidut rautalietteet näyttivät olevan happamille maille käyttökelpoisempia maanparannusaineita kuin vastaava stabiloimaton liete, koska Fe -liete ei vähentänyt vaihtuvan aluminiumin määrää maassa kuten muut lietteet eikä se kohottanut maan pH -lukua.

Näytti siltä, että runsaasti uuttuvaa kuparia sisältävät lietteet saattavat kohottaa korkean kuparipitoisuuden omaavien maiden pitoisuuden arveluttavan korkeaksi.

KIRJALLISUUS

- ANON. 1977. Ohjeet terveydellisten haittojen estämisestä jätevesilietteitä hyödynnettäessä. Yleiskirje N:o 1637. Lääkintöhallitus 3.8.1977.
- ANON. 1987a. Ympäristötilasto 1987. Tilastokeskus.
- ANON. 1987b. Användning av slam på åkermark. Naturvårdsverket Rapport 3391: 1-76.
- BACHE, B. W. & CROOKE, W. M. 1981. Interactions between aluminium, phosphorus and pH in the response of barley to soil acidity. *Plant and Soil* 61: 305-375.
- BARNHISEL, R. & BERTSON, P. M. 1982. Aluminium. *Methods of soil analysis*. *Agronomy* 9: 275-300.
- BLOOM, P. R., McBRIDE, M. B. & WEAVER, R. M. 1979. Aluminium organic matter in acid soils: Buffering and solution aluminium acidity. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 43: 488-493.
- BUGBEE, G. J. & FRINK, C. R. 1985. Alum sludge as a soil amendment: Effects on soil properties and plant growth. *Connecticut Agr. Exp. Stat. Bull.* 827: 1-7.
- CATROUX, G. 1982. Quantitative and economical criteria for sewage sludge use in agriculture. Bruce, A. M., Havelaar, A. H. & L'Hermitage, P. (Eds.) *Disinfection of sewage sludges: technical, economic and microbiological aspects*. p. 127-138. *Proc. CEC Workshop Zürich, May 11-13, 1982*. Dordrecht.
- CHANG, S. C. & JACKSON, M. L. 1957. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Sci.* 83: 113-144.
- DIEZ, T. 1981. Increasing organic matter of soils by sewage sludge. G. Catroux, P. L'Hermitage & E. Suess (Eds.) *The influence of sewage sludge application on physical and biological properties of soils*. p. 2-10. *Proc. CEC seminar Munich, June 23-24, 1981*. Dordrecht.
- DUNCAN, J., CAMPBELL, D. J. & Beckett, P. H. T. 1988. The soil solution in a soil treated with digested sewage sludge. *J. Soil Sci.* 39: 283-298.
- FURRER, O. J. & BOLLIGER, R. 1980. Phosphorus content of sludges from Swiss sewage treatment plants. Hucker, T. W. G. & Catroux, G. (Eds.) *Phosphorus in sewage sludge and animal waste slurries*. p. 91-98. *Proc. EEC seminar Haren (Gr.), June 12-13, 1980*. Dordrecht.
- HAAN, S. de. 1980. Sewage sludge as a phosphate fertilizer. Williams, G., Guidi, G. & L'Hermitage, P. (Eds.) *Phosphorus in sewage sludges and animal waste slurries*. p. 241-253. *Proc. EEC seminar Haren (Gr.), June 12-13, 1980*. Dordrecht.
- 1984. Results of large-scale field experiments with sewage sludge as an organic fertilizer for arable soils in different regions of The Netherlands. Williams, J. H., Guidi, G. & L'Hermitage, P. (Eds.) *Long-term effects of sewage sludge and farm slurries applications*. p. 57-72. *Proc. CEC seminar Pisa, September 25-27, 1984*. London.
- HANOTIAUX, G., HECK, J.-P., ROCHER, M., BARIDEAU, L. & MARLIER-GEETS, O. 1980. The content of phosphorus in the sewage sludge of Wallonian water purification plants and the form of phosphorus in these. T. W. G. Hucker & G. Catroux (Eds.) *Phosphorus in sewage sludge and animal*

- waste slurries, p. 177-189. Proc. EEC seminar Haren (Gr.), June 12, 1980. Dordrecht.
- HARTIKAINEN, H. 1983. Effect of liming on phosphorus in two soils of different organic matter content 1. Changes of native and applied phosphorus in incubation experiment. J. Scient Agric. Soc. Finl. 55: 345-354.
- HORST, W. J. & GÖPPEL, H. 1986. Aluminium-Toleranz von Ackerbohne (*Vicia faba*), Lupine (*Lupinus lutens*), Gerste (*Hordeum vulgare*) and Roggen (*Secale cereale*). 1. Spross- und Wurzelschulwachstum in Abhängigkeit vom Aluminium-Angebot. Z. Pflanzenern. Bodenk. 149: 83-93.
- HOYT, P. B. 1977. Effects of organic matter on exchangeable aluminium and pH dependent acidity of very acid soils. Can. J. Soil Sci. 57: 221-222.
- HUE, N. V., CRADDOCK, G. R. & ADAMS, F. 1986. Effect of organic acids on aluminum toxicity in subsoils. Soil Sci. Soc. Amer. J. 50: 28-34.
- HUOKUNA, E. & LAPIOLAHTI, J. 1980. Different nitrogen fertilizers on meadow fescue ley. Ann. Agric. Fenn. 19: 125-130.
- HÄNI, H., GUPTA, S. K. & FURRER, O. J. 1980. Availability of phosphorus fractions in sewage sludge. Hucker, T. W. G. & Catroux, G. (Eds.). Phosphorus in sewage sludge and animal waste slurries. p. 177-189. Proc. EEC seminar Haren (Gr.), June 12-13, 1980. Dordrecht.
- JAAKKOLA, A. & VOGT, P. 1978. The effect of mineral elements added to Finnish soils on the mineral contents of cereal, potato, and hay crop 1. Calcium, magnesium, phosphorus, potassium, copper, iron, manganese, sodium and zinc. Acta Agric. Scand. Suppl. 20: 53-68.
- , SYVÄLAHTI, J. & SAARI, E. 1982. Contents of mineral elements in Finnish cereal straw. J. Scient. Agric. Soc. Finl. 54: 385-394.
- JAMES, B. R. & RIHA, S. J. 1984 Soluble aluminum in acidified organic horizons of forest soils. Can J. Soil Sci. 64: 637-646.
- , CLARK, C. J. & RIHA, S. J. 1983. An 8-hydroxyquinoline method for labile and total aluminium in soil extracts. Soil Sci. Soc. Amer. J. 47: 893-897.
- JANSSON, S. L. 1970. Gödslingsförsök med kemiskt fällda slamtyper. Hygienisk Revy 59: 350-356.
- JOKINEN, R. 1979. The effect of magnesium, potassium and nitrogen fertilizers on the uptake of nutrients by spring cereals and cultivated grassland. Ann. Agric. Fenn. 18: 203-212.
- KAILA, A. 1971. Aluminium and acidity in Finnish soils. J. Scient. Agric. Soc. Finl. 43: 11-19.
- KEMPPAINEN, E. 1989. Nutrient content and fertilizer value of livestock manure with special reference to cow manure. Ann. Agric. Fenn. 28: 163-284.
- KOSKELA, I. 1980 a. Viemärilette käyttökelpoinen lannoite ja maanparannusaine. Koetoim. ja Käyt. 23.9.1980: 34.
- 1981. Effect of sewage sludge on soil humus content. G. Carroux, P. L'Hetmitage & E. Suess (Toim.) The influence of sewage sludge application on physical and biological properties of soils. p. 136-140. Proc. CEC seminar Munich, June 23-24, 1981. Dordrecht.
- 1984 a. Lietteiden lannoitus- ja maanparannusvaikutus. Puhdistamolietteen käyttö. Tieto Tuottamaan 33: 23-30.
- 1984 b. Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa. Koetoim. ja Käyt. 3.7.1984: 39.

- KÄHÄRI, J. & NISSINEN, H. 1978. Mineral element contents of timothy (*Phleum pratense* L.) in Finland 1. The elements calcium, magnesium, phosphorus, potassium, chromium, cobalt, copper, iron, manganese, sodium and zinc. *Acta Agric. Scand. Suppl.* 20: 26-39.
- , MÄNTYLÄHTI, V. & RANNIKKO, M. 1987. Suomen peltojen viljavuus vuosina 1981-1985. *Viljavuuspalvelu*, 105 p. Helsinki.
- LAKANEN, E. & ERVIÖ, R. 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. *Ann. Agric. Fenn.* 123: 223-232.
- LARSEN, K. E. 1980. Phosphorus effect of animal manure and sewage sludge. T. W. G. Hucker & G. Catroux (Eds.) *Phosphorus in sewage sludge and animal waste slurries*. p. 207-228. *Proc. EEC seminar Haren (Gr.)*, June 12-13 1980. Dordrecht.
- LARSEN, K. E. & DAMGAARD-LARSEN, S. 1981. Fosforvirkning af kemisk fældet slam. *Tidsskr. Planteavl* 85: 185-191.
- LATOSTENMAA, H. & PUOLANNE, H. 1989. Municipal sewage sludges: Quality, quantity and disposal in Finland. *Sewage sludges: Quality aspects and risks in connection with land application*. Mimeogr. 4 p. Seminar Workgr. "Hazardous compounds in wastewater and sewage sludge. Stockholm, April 11-12, 1989.
- LEVI-MINZI, R., RIFFALDI, R., GUIDI, G. & POGGIO, G. 1985. Chemical characterization of soil organic matter in a field study with sewage sludges and composts. J. H. Williams, G. Guidi & P. L'Hermitage (Eds.). *Long-term effects of sewage sludge and farm slurries applications*. p. 151-160. *Proc. seminar Pisa*, September 25-27, 1984. London.
- LUOMA, T. & SIPILÄ, I. 1988. Jätevesilietteiden maataloudellinen käyttöarvo ja -tekniikka. Helsingin yliopisto, Maatalousteknologian laitos, Tutkimustiedote No 55: 1-118.
- MCLAUGHLIN, M. J. & CHAMPION, L. 1987. Sewage sludge as a phosphorus amendment for sesquioxenic soils. *Soil Sci.* 143: 113-119.
- MOKWUNYE, U. 1975. The influence of pH on the adsorption of phosphate by soils from the Guinea and Sudan savannah zones of Nigeria. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 39: 481-487.
- MOREL, J. L. & GUCKERT, A. 1981 Influence of limed sludge on soil organic matter and soil physical properties. G. Catroux, P. L'Hermitage & E. Suess (Eds.). *The influence of sewage sludge application on physical and biological properties of soils*. p. 25-42. *Proc. CEC seminar Munich*, June 23-24, 1981. Dordrecht.
- OLBERTS, B. M. 1986. Untersuchungen zur Wirkung von Branntkalk auf qualitätsbestimmende Eigenschaften von entwässertem Klärschlamm unter besonderer Berücksichtigung des Verhaltens der Schwermetalle. *Lustus-Liebig-Universität, Diss.* 293 p. Giessen.
- O'RIORDAN, E. G., DODD, V. A., TUNNEY, H. & FLEMING, G. A. 1986 a. The chemical composition of Irish sewage sludges 1. Nitrogen content. *Irish J. Agric. Res.* 25: 223-229.
- DODD, V. A., TUNNEY, H. & FLEMING, G. A. 1986 b. The chemical composition of Irish sewage sludges 2. Phosphorus, potassium, magnesium, calcium and sodium content.

- Irish J. Agric. Res. 25: 231-237.
- DODD, V. A., TUNNEY, H. & FLEMING, G. A. 1986 c. The chemical composition of Irish sewage sludges 3. Trace element content. Irish J. Agric. Res. 25: 239-249.
- PAASIKALLIO, A. 1978. Mineral element contents in timothy (*Phleum pratense* L.) in Finland. 3. The elements aluminium, boron, molybdenum, strontium, lead and nickel. Acta Agric. Scand. Suppl. 20: 40-52.
- PAGEL, H., SCHIKOWSKI, R., METZ, R., BENKENSTEIN, H., KRÜGER, W. & KIELCZEWSKI, J. 1985. Zur Wirkung von Klärschlamm und Müllkompost auf den P-Zustand einer Sand-Rosterde. Archiv Acker- Pflanzenb. Bodenk. 29: 285-293.
- PESSI, Y., SYVÄLAHTI, J., SAARI, E. & YLÄNEN, M. 1974. Mineral content of grain yield of cereals and the effect of fertilization on it. J. Scient. Agric. Soc. Finl. 46: 264-270.
- PUOLANNE, J. 1984. Puhdistamiliete. Tieto Tuottamaan 33: 7-16.
- 1988 a. Lietemäärät sekä lietteiden käsittelyn ja hyödyntämisen nykytilanne. Ammattienedistämislaitos, Lietteen käsittely ja hyödyntäminen, Forssa 21.-23.3.1988, Mimeogr. 10 p. + 3 liit.
- 1988 b. Lietteiden jatkokäsittelyyn ja hyötykäyttöön liittyvät ympäristöhaitat. Ammattienedistämislaitos, Lietteiden käyttö ja hyödyntäminen, Forssa 21.-23.3.1988 Mimoeogr. 14 p.
- SILLANPÄÄ, M. 1982. Micronutrient content of soils: A global study. FAO Bulletin 48, 444 p. Rome.
- SIPPOLA, J. 1982. A comparison between dry-combustion method and a rapid wet-combustion method for determining soil organic matter. Ann Agric. Fenn. 21: 146-148.
- J. & TARES, T. 1978. The soluble contents of mineral elements in cultivated Finnish soils. Acta Agric. Scand. Suppl. 20: 11-25.
- STADELMAN, X. & FURRER, O. J. 1981. Influence of sewage sludge application on organic matter content, micro-organisms and microbial activities of a sandy loam soil. The influence of sewage sludge application on physical and biological properties of soils. p. 141-166. Dordrecht.
- STEEL, R. G. D. & TORRIE, J. H. 1960. Principles and procedures of statistics. 481 p. New York.
- THOMAS, G. W. 1975. The relationship between organic matter and exchangeable aluminum in acid soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 39: 591.
- TUUPPA, R. 1988. Jätevedenpuhdistamoilla käytettävien saostuskemikaalien vaikutus maahan ja kasviin. Pro gradu-tutkielma, 95 p. Helsingin yliopisto, maanviljelyskemian laitos.
- VALDMAA, K. & HAMMAR, O. 1986. Vad innehåller avloppsslammet? Sveriges Lantbr.univ., Konsulentavdelningen, Fakta Mark-Växter Nr 15, 4 p.
- VOGT, P. & JAAKKOLA, A. 1978. The effect of mineral elements added to Finnish soils on the mineral contents of cereal, potato, and hay crops 2. Aluminium, boron, molybdenum, strontium, chromium, cobalt, lead, and nickel. Acta Agric. Scand. Suppl. 20: 69-79.

- VUORINEN, J. & MÄKITIE, O. 1955. The method of soil testing in use in Finland. *Agrogeol. Publ.* 63: 1-44.
- WEBBER, M. D., HOYT, P. B. & CORNEAU, D. 1982. Soluble Al, exchangeable Al, base saturation and pH in relation to barley yield in Canadian Acid soils. *Can. J. Soil Sci.* 62: 395-405.

LIITE 1. Jätevesilietteiden vaikutus ohran jyvien fosfori-, kalium-, kalsium- ja magnesiumpitoisuuksiin (g/kg kuiva-ainetta) sekä alumiini-, rauta-, kupari-, sinkki- ja mangaanipitoisuuksiin (mg/kg kuiva-ainetta) eri maalaajeilla (Koe 1).

Koe 1.	N	P	K	Ca	JYVÄT	Al	Fe	Cu	Zn	Mn
					Mg					
HIETASAVI										
					g/kg kuiva-ainetta	mg/kg kuiva-ainetta				
1. vuosi										
Ilman lietettä ja fosforia		2.4	5.4	0.3	1.1	4.3	35	4.2	40	22
Ilman lietettä + fosfori		3.6	6.4	0.4	1.2	10.2	41	4.1	40	27
Al -liete		3.5	6.2	0.3	1.3	7.1	49	4.9	42	21
Fe+Al -liete 1		3.6	6.6	0.3	1.3	3.8	49	5.0	46	24
Fe+Al -liete 2		3.1	6.2	0.4	1.3	5.1	63	6.0	56	24
Ca -liete		3.8	6.2	0.4	1.3	8.3	55	4.7	35	20
Kalkkistab. Fe -liete 1		3.3	6.5	0.4	1.3	5.5	89	6.4	55	19
Kalkitus pH 6.5 + Al -liete		4.0	6.6	0.4	1.3	10.3	66	5.6	37	23
Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al -liete 1		3.8	5.6	0.4	1.3	6.5	94	6.7	48	23
HSD, P=0.05		0.1		0.2		10.1	56			
2. vuosi										
Ilman lietettä ja fosforia		2.8	5.2	0.2	1.2	4.5	28	4.1	36	23
Ilman lietettä + fosfori		3.6	5.8	0.3	1.3	4.0	42	4.0	40	28
Al -liete		3.3	5.4	0.3	1.3	3.1	30	5.0	38	20
Fe+Al -liete 1		3.5	5.5	0.3	1.3	3.6	33	4.4	43	25
Fe+Al -liete 2		3.4	5.5	0.3	1.3	3.9	32	4.7	41	27
Ca -liete		3.8	5.6	0.3	1.4	3.6	26	4.2	22	16
Kalkkistab. Fe liete 1		3.5	5.5	0.3	1.3	4.3	31	4.6	30	17
Kalkitus pH 6.5 + Al -liete		3.6	5.7	0.3	1.3	2.4	41	4.8	22	17
Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al -liete 1		3.7	5.7	0.3	1.3	4.0	43	5.1	26	15
HSD P=0.05		0.3		0.03		2.3	14			
1j HIEIJA										
1. vuosi										
Ilman lietettä ja fosforia		2.3	4.8	0.3	1.2	3.5	42	4.7	47	30
Ilman lietettä + fosfori		3.1	5.9	0.3	1.3	4.6	31	3.4	33	28
Al -liete		3.4	6.3	0.3	1.3	4.2	33	4.5	31	33
Fe+Al -liete 1		3.5	6.4	0.3	1.3	4.0	29	4.1	31	35
Fe+Al -liete 2		2.5	5.8	0.4	1.3	4.9	31	4.8	37	33
Ca -liete		3.7	6.8	0.3	1.4	4.5	72	5.3	38	27
Kalkkistab. Fe -liete 1		2.8	5.9	0.3	1.3	4.1	36	5.4	37	26
Kalkitus pH 6.5 + Al -liete		4.0	6.8	0.4	1.4	3.8	87	6.5	41	26
Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al -liete 1		3.9	6.8	0.4	1.4	5.1	82	6.8	43	27
HSD, P=0.05		0.6		0.1		3.1	37			
2. vuosi										
Ilman lietettä ja fosforia		2.7	6.2	0.3	1.4	3.2	35	5.9	44	26
Ilman lietettä + fosfori		3.3	5.6	0.3	1.3	3.9	38	3.3	33	35
Al -liete		2.9	5.2	0.3	1.3	3.6	31	4.7	38	28
Fe+Al -liete 1		3.0	5.2	0.3	1.3	4.0	29	3.7	36	34
Fe+Al -liete 2		2.8	5.3	0.3	1.3	3.0	38	5.3	39	36
Ca -liete		3.5	5.4	0.4	1.4	2.6	30	3.7	20	22
Kalkkistab. Fe -liete		3.3	5.3	0.3	1.4	3.6	32	4.3	33	26
Kalkitus pH 6.5 + Al -liete		3.4	5.4	0.4	1.4	3.6	28	5.2	23	19
Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al -liete 1		3.3	5.4	0.4	1.3	3.8	35	4.3	25	18
HSD, P=0.05		0.4		0.04		1.6	19			

LIITE 1. Jätevesilietteiden vaikutus ohran jyvien fosfori-, kalium-, kalsium- ja magnesiumpitoisuuksiin (g/kg kuiva-ainetta) sekä alumiini-, rauta-, kupari-, sinkki- ja mangaanipitoisuuksiin (mg/kg kuiva-ainetta) eri maalajeilla (Koe 1).

Koe 1.	JYVÄT										
	N	P	K	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Mn	
HIENO HIEHTÄ											
1. vuosi	g/kg kuiva-ainetta					mg/kg kuiva-ainetta					
Ilman lietettä ja fosforia	3.2	5.5	0.3	1.3	3.9	53	5.4	47	20		
Ilman lietettä + fosfori	3.8	6.1	0.3	1.4	4.7	43	3.8	41	22		
Al -liete	3.8	5.8	0.3	1.3	8.7	35	5.3	39	16		
Fe+Al -liete 1	3.8	5.9	0.3	1.4	7.9	39	5.8	48	18		
Fe+Al -liete 2	3.6	5.7	0.3	1.4	4.6	47	7.2	55	22		
Ca -liete	3.8	6.7	0.4	1.4	3.7	83	5.5	31	14		
Kalkkistab. Fe liete 1	3.8	6.3	0.4	1.4	15.2	63	5.8	32	16		
Kalkitus pH 6.5 + Al -liete	3.8	6.0	0.4	1.3	7.3	49	6.0	39	14		
Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al -liete	4.1	5.9	0.4	1.4	5.2	42	6.2	37	15		
HSD, P=0.05	0.8		0.1		10.8	26					
2. vuosi											
Ilman lietettä ja fosforia	2.4	5.0	0.3	1.2	3.2	30	4.6	34	17		
Ilman lietettä + fosfori	3.6	5.5	0.3	1.3	3.3	31	3.9	32	22		
Al -liete	2.8	5.3	0.3	1.2	3.0	30	5.0	33	14		
Fe+Al -liete 1	3.3	5.5	0.3	1.3	3.3	32	5.1	43	17		
Fe+Al -liete 2	3.3	5.5	0.3	1.3	2.7	37	5.9	44	21		
Ca -liete	3.4	5.9	0.4	1.3	2.6	72	5.6	30	14		
Kalkkistab. Fe -liete 1	3.0	5.3	0.4	1.3	2.7	40	5.1	27	10		
Kalkitus pH 6.5 + Al -liete	3.0	5.4	0.3	1.3	3.0	31	6.1	30	9		
Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al -liete 1	3.4	5.5	0.3	1.3	2.7	40	6.0	34	11		
HSD, P=0.05	0.1		0.04		1.3	14					
MULTAMA											
1. vuosi											
Ilman lietettä ja fosforia	2.7	6.7	0.4	1.3	6.0	38	5.9	41	26		
Ilman lietettä + fosfori	2.9	5.4	0.3	1.2	3.2	34	3.7	31	26		
Al -liete	3.6	5.4	0.3	1.3	2.5	34	6.1	40	26		
Fe+Al -liete 1	3.8	5.8	0.3	1.4	3.3	37	5.3	45	29		
Fe+Al -liete 2	2.5	5.1	0.3	1.2	3.7	38	4.9	39	27		
Ca -liete	3.6	6.2	0.3	1.3	3.2	43	4.7	31	22		
Kalkkistab. Fe -liete	3.2	5.7	0.3	1.3	3.4	37	6.2	40	24		
Kalkitus pH 6.5 + Al -liete	3.9	6.1	0.3	1.3	2.9	31	6.3	32	23		
Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al -liete 1	4.0	6.2	0.3	1.4	3.3	44	5.9	37	26		
HSD, P=0.05	0.3		0.04		3.9	10					
2. vuosi											
Ilman lietettä ja fosforia	2.2	6.9	0.4	1.2	2.5	28	4.0	33	22		
Ilman lietettä + fosfori	3.0	5.4	0.3	1.2	2.5	29	3.3	27	28		
Al -liete	3.1	6.8	0.3	1.3	1.5	29	7.7	42	30		
Fe+Al -liete 1	3.1	6.1	0.3	1.3	1.8	31	6.5	43	30		
Fe+Al -liete 2	2.5	6.3	0.4	1.3	2.9	36	5.0	39	29		
Ca -liete	2.7	5.8	0.3	1.2	1.4	68	5.4	38	22		
Kalkkistab. Fe liete 1	2.7	6.3	0.3	1.2	1.2	28	6.4	36	23		
Kalkitus pH 6.5 + Al -liete	2.9	6.1	0.4	1.1	1.3	46	6.1	34	21		
Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al -liete 1	3.4	6.1	0.3	1.3	2.2	90	7.0	45	22		
HSD, P=0.05	0.1		0.1		1.4	24					

LIITE 2. Jätevesilietteiden vaikutus ohran olkien fosfori-, kalium-, kalsium- ja magnesiumpitoisuuksiin (g/kg kuiva-ainetta) sekä aluminium-, rauta-, kupari-, sinkki- ja mangaanipitoisuuksiin (mg/kg kuiva-ainetta) eri maalajeilla (Koe 1).

Koe 1.

HIETASAVI	OLJET									
	N	P	K	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Mn
1. vuosi	g/kg kuiva-ainetta					mg/kg kuiva-ainetta				
Ilman lietettä ja fosforia	0.4	28	4.6	1.1	137	105	3.9	40	90	
Ilman lietettä + fosfori	0.9	27	5.5	1.1	199	145	4.3	47	94	
Al -liete	0.7	31	4.6	1.0	128	106	4.3	50	51	
Fe+Al -liete 1	0.9	28	5.4	1.1	121	102	5.1	52	78	
Fe+Al -liete 2	1.0	32	7.0	1.3	161	124	5.6	50	113	
Ca -liete	0.9	27	6.4	1.2	139	114	4.4	40	54	
Kalkkistab. Fe -liete 1	0.8	30	6.2	1.2	141	130	5.6	48	41	
Kalkitus pH 6.5 + Al -liete	0.6	29	5.3	1.0	108	96	4.2	39	59	
Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al -liete 1	0.8	29	6.1	1.0	102	143	5.8	38	75	
HSD, P=0.05	0.4		1.7		108	63				
2. vuosi										
Ilman lietettä ja fosforia	0.3	30	5.1	1.7	121	92	3.8	37	141	
Ilman lietettä + fosfori	1.6	31	6.2	1.6	124	99	4.4	41	179	
Al -liete	0.4	32	6.9	1.9	128	101	3.9	34	83	
Fe+Al -liete 1	0.7	31	6.1	1.7	128	98	4.2	50	138	
Fe+Al -liete 2	0.6	31	6.2	1.7	129	96	4.7	48	161	
Ca -liete	0.6	29	8.0	2.2	133	108	3.8	15	48	
Kalkkistab. Fe -liete 1	0.4	30	7.6	1.7	121	93	3.8	23	46	
Kalkitus pH 6.5 + Al -liete	0.4	28	7.0	1.6	148	115	4.2	17	36	
Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al -liete 1	0.5	28	7.6	1.6	119	93	4.2	17	36	
HSD, P=0.05	0.02		2.0		105	35				
lj HIETA										
1. vuosi										
Ilman lietettä ja fosforia	0.5	29	6.0	1.5	148	107	4.7	56	245	
Ilman lietettä + fosfori	0.8	17	6.5	1.9	147	127	4.7	47	225	
Al -liete	0.6	14	5.4	1.6	162	105	4.7	49	230	
Fe+Al -liete 1	0.7	17	4.9	1.6	135	115	4.8	54	238	
Fe+Al -liete 2	0.8	18	6.9	2.0	248	176	6.4	53	324	
Ca -liete	0.9	19	5.7	2.0	108	101	4.7	47	159	
Kalkkistab. Fe -liete 1	0.9	21	6.9	1.9	132	112	6.2	52	171	
Kalkitus pH 6.5 + Al -liete	0.8	21	7.1	1.6	130	142	5.0	47	143	
Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al -liete 1	1.2	16	7.9	1.9	156	153	6.2	50	164	
HSD, P=0.05	0.6		2.4		127	90				
2. vuosi										
Ilman lietettä ja fosforia	0.7	41	5.2	1.7	82	90	6.1	38	191	
Ilman lietettä + fosfori	1.0	25	5.1	1.8	89	79	4.0	20	215	
Al -liete	0.3	27	5.2	2.1	83	70	4.2	27	197	
Fe+Al -liete 1	0.4	21	5.2	1.9	109	77	3.9	33	233	
Fe+Al -liete 2	0.5	28	5.7	1.9	109	77	4.8	26	283	
Ca -liete	0.4	24	6.9	2.1	76	67	3.5	12	101	
Kalkkistab. Fe -liete 1	0.3	25	6.3	1.9	72	61	3.7	18	143	
Kalkitus pH 6.5 + Al -liete	0.3	23	8.0	2.3	88	77	3.9	11	84	
Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al -liete 1	0.4	21	9.2	2.1	80	79	3.8	13	74	
HSD, P=0.05	0.04		2.2		47	46				

LIITE 2. Jätevesilietteiden vaikutus ohran olkien fosfori-, kalium-, kalsium- ja magnesiumipitoisuuksiin (g/kg kuiva-ainetta) sekä alumiini-, rauta-, kupari-, sinkki- ja mangaanipitoisuuksiin (mg/kg kuiva-ainetta) eri maalajeilla (Koe 1.)

HIENO HIETA	N	P	K	Ca	OLJET Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Mn
1. VUOSI	g/kg kuiva-ainetta					mg/kg kuiva-ainetta				
Ilman lietettä ja fosforia	0.6	21	4.3	1.7	196	128	4.6	36	76	
Ilman lietettä + fosfori	0.8	20	4.1	1.7	249	146	3.7	29	83	
Al -liete	0.6	21	5.7	1.9	130	93	4.1	32	33	
Fe+Al -liete 1	1.0	17	5.5	1.9	153	120	4.4	50	57	
Fe+Al -liete 2	0.8	20	5.7	2.2	235	150	5.5	50	118	
Ca -liete	0.8	18	5.9	2.3	126	115	4.2	21	19	
Kalkkistab. Fe -liete 1	0.7	17	7.3	2.2	157	113	4.2	24	32	
Kalkitus pH 6.5 + Al -liete	0.6	17	6.6	2.0	159	85	4.0	30	23	
Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al -liete 1	0.9	22	6.7	2.2	155	99	4.7	36	20	
HSD, P=0.05	0.6		1.8		130	61				
2. vuosi										
Ilman lietettä ja fosforia	0.2	28	4.4	1.5	81	57	3.1	18	51	
Ilman lietettä + fosfori	1.0	25	4.9	1.6	143	89	3.7	20	85	
Al -liete	0.3	24	5.4	1.9	76	54	3.5	22	27	
Fe+Al -liete 1	0.3	24	6.4	2.1	107	68	3.9	32	51	
Fe+Al -liete 2	0.4	24	5.5	2.0	76	56	4.3	32	101	
Ca -liete	0.4	23	8.0	2.8	101	91	4.3	14	24	
Kalkkistab. Fe -liete 1	0.3	23	8.7	2.1	78	66	3.3	13	8	
Kalkitus pH 6.5 + Al -liete	0.3	25	7.7	2.2	115	76	3.8	17	6	
Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al -liete 1	0.3	24	7.8	2.3	93	67	3.9	21	9	
HSD, P=0.05	0.03		1.4		69	36				
MULTAMAA										
1. vuosi										
Ilman lietettä ja fosforia	1.2	27	4.2	1.3	99	89	5.6	36	146	
Ilman lietettä + fosfori	0.3	20	4.1	1.4	128	95	3.2	18	147	
Al -liete	0.5	22	4.7	1.7	102	84	4.3	33	162	
Fe+Al -liete 1	0.5	22	5.1	1.6	111	85	4.1	37	180	
Fe+Al -liete 2	0.6	26	5.4	1.3	114	94	4.1	28	162	
Ca -liete	0.4	18	4.5	1.8	119	99	3.4	23	99	
Kalkkistab. Fe -liete 1	0.4	23	5.0	1.9	156	116	4.3	26	131	
Kalkitus pH 6.5 + Al -liete	0.7	22	6.0	1.7	101	83	4.4	30	117	
Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al -liete 1	0.6	19	6.1	1.9	139	110	4.2	28	147	
HSD, P=0.05	0.2		1.6		57	44				
2. vuosi										
Ilman lietettä ja fosforia	0.4	29	5.1	1.3	93	69	3.6	22	124	
Ilman lietettä + fosfori	0.3	23	4.5	1.2	67	51	2.9	18	142	
Al -liete	0.8	34	6.0	2.1	78	64	6.0	53	242	
Fe+Al -liete 1	0.6	29	5.7	1.8	60	50	4.8	41	235	
Fe+Al -liete 2	0.6	43	7.2	1.7	61	56	4.7	30	234	
Ca -liete	0.3	39	4.3	1.6	47	58	5.0	22	78	
Kalkkistab. Fe -liete 1	0.5	32	5.1	1.7	56	45	5.0	32	149	
Kalkitus pH 6.5 + Al -liete	0.5	31	5.5	1.3	42	47	4.7	20	90	
Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al -liete 1	0.4	27	5.6	1.5	48	82	5.4	28	89	
HSD, P=0.05	0.04		2.5		89	63				

LIITE 3. Jätevesilietteiden vaikutus ohran jyvien fosfori-, kalium-, kalsium- ja magnesiumpitoisuuksiin (g/kg kuiva-ainetta) sekä alumiini-, rauta-, kupari-, sinkki- ja mangaanipitoisuuksiin (mg/kg kuiva-ainetta) eri maalajeilla (Koe 2.).

Koe 2.	JYVÄT									
	N	P	K	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Mn
HIETASAVI										
Lietteet	g/kg kuiva-ainetta					mg/kg kuiva-ainetta				
1. vuosi										
Ilman lietettä ja fosforia	19.4	2.9	5.1	0.3	1.3	2.6	38	3.8	43	22
Ilman lietettä + fosfori	19.5	4.0	5.6	0.3	1.3	2.9	40	3.4	40	27
AVR -liete	19.1	4.0	5.9	0.3	1.4	3.1	58	7.3	45	17
Fe -liete	21.6	4.1	5.8	0.3	1.4	2.9	63	4.4	80	23
Kalkitus pH 6.5 + AVR -liete	20.4	4.0	5.7	0.4	1.3	3.1	55	6.2	29	19
Kalkitus pH 6.5 + Fe -liete	20.1	3.6	5.6	0.4	1.3	2.6	59	4.1	45	16
Kalkkistab. AVR -liete	19.3	3.7	5.7	0.4	1.3	2.8	66	5.7	37	17
Kalkkistab. Fe -liete	20.6	3.8	6.0	0.4	1.4	2.2	92	5.4	58	17
HSD, P=0.05		0.4		0.03	1.1	1.7	19			
2. vuosi										
Ilman lietettä ja fosforia	19.0	3.8	9.4	0.3	1.3	1.3	42	6.6	40	29
Ilman lietettä + fosfori	18.1	4.5	7.1	0.4	1.4	1.8	45	5.2	44	36
AVR -liete	20.5	4.3	6.8	0.4	1.3	2.1	39	7.2	40	22
Fe -liete	19.9	4.3	6.6	0.3	1.4	1.4	43	6.9	61	29
Kalkitus pH 6.5 + AVR -liete	21.2	4.5	6.8	0.4	1.4	1.3	34	7.9	31	20
Kalkitus pH 6.5 + Fe -liete	23.2	4.1	6.6	0.4	1.3	1.2	36	7.2	41	20
Kalkkistab. AVR -liete	21.4	4.4	6.8	0.4	1.3	1.5	34	7.4	32	20
Kalkkistab. Fe -liete 2	22.3	4.3	6.8	0.4	1.3	1.2	41	6.9	42	20
HSD, P=0.05	3.8	1.2		0.1		1.9	14			
MULTAMAA										
1. VUOSI										
Ilman lietettä ja fosforia	15.8	2.5	5.5	0.2	1.2	1.5	30	4.6	30	19
Ilman lietettä + fosfori	16.2	3.2	5.2	0.2	1.3	2.4	30	3.3	31	24
AVR -liete	14.6	3.6	5.6	0.3	1.4	2.7	28	4.9	31	18
Fe -liete	16.8	3.4	5.5	0.2	1.4	2.1	35	4.2	53	22
Kalkitus pH 6.5 + AVR -liete	16.5	3.9	6.1	0.3	1.4	2.7	51	5.6	28	18
Kalkitus pH 6.5 + Fe -liete	17.7	3.8	6.2	0.3	1.5	2.2	71	5.8	47	17
Kalkkistab. AVR -liete	14.3	3.5	5.6	0.3	1.4	2.6	29	4.5	26	17
Kalkkistab. Fe -liete	15.0	3.5	5.6	0.3	1.4	2.2	31	4.5	36	16
HSD, P=0.05		0.3		0.02	1.0	1.6	19			
2. vuosi										
Ilman lietettä ja fosforia	20.9	3.3	6.2	0.3	1.3	1.1	35	7.4	40	28
Ilman lietettä + fosfori	19.1	3.7	6.0	0.3	1.3	1.3	35	4.9	30	28
AVR -liete	20.7	3.9	6.5	0.3	1.4	1.2	41	8.2	45	30
Fe liete	23.0	3.7	6.2	0.3	1.3	1.0	41	7.6	59	27
Kalkitus pH 6.5 + AVR -liete	20.9	4.4	7.0	0.4	1.4	1.2	66	8.3	32	25
Kalkitus pH 6.5 + Fe liete	21.0	4.4	6.7	0.4	1.3	1.0	56	8.0	41	24
Kalkkistab. AVR -liete	21.0	4.3	7.1	0.4	1.4	1.3	43	8.0	38	28
Kalkkistab. Fe -liete	21.2	4.0	6.8	0.4	1.4	1.6	41	8.1	49	28
HSD, P=0.05	2.5	0.6		0.1		0.8	13			

LIITE 4. Jätevesilietteiden vaikutus ohran olkien fosfori-, kalium-, kalsium- ja magnesiumpitoisuuksiin (g/kg kuiva-ainetta) sekä aluminium-, rauta-, kupari-, sinkki- ja mangaanipitoisuuksiin (mg/kg kuiva-ainetta) eri maalajeilla (Koe 2).

Koe 2.	OLJET									
	N	P	K	Ca	Mg	Al	Fe	Cu	Zn	Mn
HIETASAVI										
Lietteet	g/kg kuiva-ainetta					mg/kg kuiva-ainetta				
1. vuosi										
Ilman lietettä ja fosforia	7.5	0.4	37	6.8	1.6	111	76	3.7	28	109
Ilman lietettä + fosfori	7.5	0.8	38	6.8	1.4	63	61	3.6	20	96
AVR -liete	7.1	0.7	35	9.1	1.5	77	58	5.6	23	31
Fe -liete	9.0	0.9	39	8.2	1.6	89	66	4.0	81	73
Kalkitus pH 6.5 + AVR -liete	7.6	0.8	35	9.9	1.2	85	61	5.4	10	36
Kalkitus pH 6.5 + Fe liete	8.0	0.7	34	10.0	1.3	92	70	3.8	25	28
Kalkkistab. AVR -liete	6.6	0.6	35	9.6	1.4	96	66	5.2	16	35
Kalkkistab. Fe -liete 2	8.5	0.7	37	10.1	1.4	93	89	4.7	28	30
HSD P=0.05		0.04		2.1		58	43			
2. vuosi										
Ilman lietettä ja fosforia	6.0	0.4	39	5.5	2.1	52	78	4.3	29	78
Ilman lietettä + fosfori	6.3	1.0	44	6.5	1.8	99	95	4.3	29	95
AVR -liete	7.9	0.6	40	7.1	1.8	59	80	4.7	30	80
Fe liete	8.2	0.5	43	6.8	2.1	75	81	4.9	66	81
Kalkitus pH 6.5 + AVR -liete	7.8	0.7	38	7.5	1.8	64	71	5.0	22	71
Kalkitus pH 6.5 + Fe liete	8.8	0.6	45	7.8	1.8	64	76	4.9	24	76
Kalkkistab. AVR -liete	8.0	0.7	36	7.3	1.9	50	61	4.5	16	61
Kalkkistab. Fe -liete 2	8.3	0.6	42	7.6	1.8	64	72	4.0	27	72
HSD P=0.05		0.3		1.7		29	24			
MILTAMAA										
1. vuosi										
Ilman lietettä ja fosforia	6.1	0.3	28	4.3	1.4	51	46	3.1	18	127
Ilman lietettä + fosfori	4.8	0.3	30	5.3	1.4	63	49	2.4	14	138
AVR -liete	4.2	0.5	30	5.2	1.5	53	46	3.4	19	55
Fe liete	5.4	0.4	32	5.3	1.6	65	55	2.8	52	127
Kalkitus pH 6.5 + AVR -liete	5.0	0.5	31	7.5	1.5	53	59	3.4	13	56
Kalkitus pH 6.5 + Fe liete	5.3	0.4	31	7.3	1.5	61	84	3.4	26	46
Kalkkistab. AVR -liete	4.2	0.4	28	5.7	1.5	50	41	2.7	14	66
Kalkkistab. Fe -liete	4.6	0.4	31	6.5	1.6	62	51	2.6	21	63
HSD P=0.05		0.1		2.0		40	43			
2. vuosi										
Ilman lietettä ja fosforia	9.6	0.6	39	5.4	2.0	35	35	5.3	25	35
Ilman lietettä + fosfori	5.8	0.4	38	5.7	2.0	41	36	3.8	29	36
AVR -liete	8.1	0.4	39	6.2	2.3	45	39	4.5	26	39
Fe liete	9.7	0.5	41	6.6	2.4	47	44	5.5	51	44
Kalkitus pH 6.5 + AVR -liete	7.5	0.5	37	7.0	1.8	43	45	5.6	19	59
Kalkitus pH 6.5 + Fe liete	7.7	0.5	38	7.4	1.7	45	46	5.2	22	46
Kalkkistab. AVR -liete	7.5	0.5	40	6.9	2.2	51	47	5.3	22	47
Kalkkistab. Fe -liete	8.0	0.5	39	6.6	2.2	41	47	5.2	42	47
HSD P=0.05		0.3		1.7		21	30			

LIITE 5. Lietekäsittelyiden vaikutus maiden pH-lukuun, humuspitoisuuteen (%) sekä happamaan ammoniumasetaattiin uuttuviin fosfori- ja kalsiumpitoisuuksiin ja happamaan ammoniumasetaatti-EDTA:han uuttuviin alumiini- ja rautapitoisuuksiin (mg/l maata) eri maalajeilla kasvukausien lopussa (Koe 1).

Koe 1.	1. vuosi						2. vuosi					
	HIETASAVI											
Lietteet	pH	Humus %	P	Ca mg/l maata	Al	Fe	pH	Humus %	P	Ca mg/l maata	Al	Fe
Ilman lietettä ja fosforia	5.6	6.3	7.9	1580	371	523	5.7	8.1	7.0	1475	326	460
Ilman lietettä + fosfori	5.5	6.3	12.2	1510	354	495	5.6	7.8	14.2	1455	338	475
Al -liete	5.7	6.5	9.0	1760	391	513	5.9	8.1	8.7	1635	362	457
Fe+Al -liete 1	5.6	6.7	12.7	1600	376	721	5.7	8.3	13.4	1480	344	651
Fe+Al -liete 2	5.5	6.7	13.9	1430	407	779	5.6	8.8	12.2	1390	364	698
Ca -liete	6.7	6.7	16.9	2870	333	533	7.1	8.4	15.7	3010	267	435
Kalkkistab. Fe -liete 1	6.2	6.0	13.4	2190	338	682	6.3	8.5	10.3	2070	279	406
Kalkitus pH 6.5 + Al -liete	7.0	6.5	13.1	3540	382	585	7.1	8.5	13.2	3150	311	448
Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al -liete 1	6.8	6.2	19.6	3220	381	800	7.0	8.3	16.2	3120	302	608
HSD, P=0.05	0.2	0.9	2.2	334	45	126	0.2	1.1	4.8	132	28	77
lj HIEIÄ												
Ilman lietettä ja fosforia	5.0	5.5	6.5	1230	393	560	5.7	7.4	6.2	1230	361	536
Ilman lietettä + fosfori	5.4	5.5	9.5	1180	384	526	5.6	7.5	11.9	1180	347	502
Al -liete	5.6	5.8	6.7	1400	387	539	5.9	7.5	7.7	1280	385	493
Fe+Al -liete 1	5.5	5.7	10.9	1240	384	675	5.7	7.8	11.0	1210	367	688
Fe+Al -liete 2	5.3	5.8	11.4	1160	398	732	5.6	8.4	12.0	1180	380	725
Ca -liete	6.8	5.5	12.4	2640	321	483	7.1	8.0	10.6	2650	286	512
Kalkkistab. Fe -liete 1	6.0	5.5	9.3	1810	345	645	6.3	8.2	7.2	1730	310	572
Kalkitus pH 6.5 + Al -liete	6.8	5.7	8.0	3190	306	450	7.1	8.3	7.8	2930	293	478
Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al -liete 1	6.7	5.7	12.9	3120	318	599	7.0	8.4	12.4	2860	289	585
HSD, P=0.05	0.2	0.4	4.8	132	28	77	0.2	2.7	1.7	115	30	85
HIENO HIEIÄ												
Ilman lietettä ja fosforia	6.1	2.6	14.0	980	122	566	6.4	3.4	11.0	940	112	494
Ilman lietettä + fosfori	6.0	2.6	24.8	1010	128	570	6.2	3.4	26.3	940	124	508
Al -liete	6.3	2.9	15.2	1140	149	561	6.4	3.8	12.5	1030	161	521
Fe+Al -liete 1	6.1	2.8	21.7	1070	146	748	6.3	3.7	16.7	990	114	708
Fe+Al -liete 2	6.1	2.9	18.7	970	165	749	6.2	4.0	14.4	930	168	715
Ca -liete	7.7	2.6	43.6	2570	140	717	7.7	3.5	30.2	2560	130	678
Kalkkistab. Fe -liete 1	7.1	2.6	28.6	1680	123	856	7.2	3.5	20.2	1570	115	744
Kalkitus pH 6.5 + Al -liete	6.8	2.8	18.9	1540	143	596	7.1	3.8	14.6	1450	153	541
Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al -liete 1	6.7	2.9	25.4	1520	144	767	6.8	3.9	19.4	1340	142	762
HSD, P=0.05	0.2	0.3	6.4	189	15	123	0.3	0.6	2.8	130	15	126
MILTAMAA												
Ilman lietettä ja fosforia	5.0	30.6	6.2	2260	1350	1600	4.7	34.3	5.8	2250	1340	1495
Ilman lietettä + fosfori	5.2	30.6	7.9	2180	1250	1480	5.2	37.4	9.4	2220	1280	1440
Al -liete	5.2	31.1	6.9	2410	1230	1460	5.3	37.1	6.7	2430	1315	1445
Fe+Al -liete 1	5.2	31.0	8.1	2370	1200	1680	5.3	37.1	8.2	2250	1230	1655
Fe+Al -liete 2	5.0	31.0	9.8	2250	1300	1780	4.9	38.2	9.1	2310	1310	1635
Ca -liete	6.1	30.4	7.6	4100	1100	1440	6.3	37.3	6.1	4310	1015	1325
Kalkkistab. Fe -liete 1	5.6	30.3	6.5	3220	1200	1550	5.6	34.5	5.7	3120	1110	1150
Kalkitus pH 6.5 + Al -liete	6.3	30.6	5.2	4840	990	1370	6.3	39.2	6.9	4610	930	1235
Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al -liete 1	6.3	30.3	7.4	4930	980	1550	6.2	36.3	6.6	4660	925	1400
HSD, P=0.05	0.3	1.2	1.2	520	122	146	0.2	5.5	1.0	243	161	192

LIITE 6. Lietekäsittelyiden vaikutus maiden pH -lukuun, humuspitoisuuteen (%) sekä happamaan ammoniumasetaattiin uuttuviin fosfori- ja kalsiumpitoisuuksiin ja happamaan ammoniumasetaatti-EDTA:han uuttuviin alumiini- ja rautapitoisuuksiin (mg/l maata) eri maalajeilla kasvukausien lopussa (Koe 2).

Koe 2.	1. vuosi						2. vuosi						
	HIEITASAVI	pH	Humus %	P	Ca mg/l maata	Al mg/l maata	Fe mg/l maata	pH	Humus %	P	Ca mg/l maata	Al mg/l maata	Fe mg/l maata
Ilman lietettä ja fosforia	5.8	6.4	7.0	1505	343	445	5.5	8.8	6.3	1490	336	600	
Ilman lietettä + fosfori	5.8	6.1	9.6	1460	346	464	5.3	8.8	13.1	1500	371	538	
AVR -liete	6.1	6.3	10.3	1775	365	492	5.8	9.1	10.4	1890	379	530	
Fe -liete	5.9	6.4	10.2	1520	315	684	5.5	8.5	9.5	1540	338	752	
Kalkitus pH 6.5 + AVR -liete	7.1	6.3	15.9	2985	344	446	6.8	9.0	14.4	3040	333	444	
Kalkitus pH 6.5 + Fe -liete	6.8	6.3	11.6	2500	267	608	6.5	9.2	11.5	2690	270	572	
Kalkkistab. AVR -liete1	6.7	6.3	11.8	2385	335	435	6.4	8.6	12.0	2510	337	441	
Kalkkistab. Fe -liete 2	6.5	6.2	8.4	2205	301	647	6.3	9.1	10.5	2280	291	602	
HSD, P=0.05	0.2	0.7	1.2	156	33	119	0.1	0.3	2.4	199	27	141	
MULTAMAA													
Ilman lietettä ja fosforia	5.5	25.9	5.8	2550	1315	1540	5.4	28.9	5.1	2600	1063	1363	
Ilman lietettä + fosfori	5.4	26.0	7.5	2585	1300	1550	5.2	29.4	10.0	2560	1095	1505	
AVR -liete	5.7	25.9	8.3	3095	1295	1485	5.4	30.4	9.2	3090	1077	1308	
Fe -liete	5.5	25.8	8.6	2665	1230	1445	5.2	29.2	8.7	2660	1013	1716	
Kalkitus pH 6.5 + AVR -liete	6.8	25.2	9.3	6450	980	1360	6.6	27.4	8.6	6200	749	1138	
Kalkitus pH 6.5 + Fe -liete	6.7	25.7	8.0	5975	900	1580	6.4	29.6	6.7	5820	687	1344	
Kalkkistab. AVR -liete1	6.1	26.1	8.5	3260	1215	1445	5.8	28.8	7.2	3960	988	1279	
Kalkkistab. Fe -liete 2	5.9	25.5	7.5	3680	1160	1680	5.6	29.0	6.7	3650	943	1493	
HSD, P=0.05	0.2	1.8	1.2	385	83	110	0.1	6.6	0.8	113	121	210	

LIITE 7. Jätevesilietteiden vaikutus maiden vaihtuvaan (1 M KCl uuttuvaan) alumiinipitoisuuteen (mg/l maata) eri vuosina ja eri maalajeilla (Koe 1 ja 2).

Koe 1.	Alumiini, mg/l maata							
	HIEITASAVI		lj HIEITA		HIEENO HIEITA		MULTAMAA	
Lietteet	1986	1987	1986	1987	1986	1987	1986	1987
Ilman lietettä ja fosforia	14.3	14.6	69.1	52.3	1.9	2.9	119.8	102.1
Ilman lietettä + fosfori	15.1	21.7	54.6	58.5	2.7	4.0	88.3	83.0
Al -liete	6.1	7.6	24.4	26.4	1.5	2.0	65.3	45.0
Fe+Al -liete 1	10.0	17.0	40.7	44.0	1.9	3.4	70.5	57.1
Fe+Al -liete 2	20.8	22.3	53.2	54.6	3.9	6.1	103.0	85.4
Ca -liete	1.5	3.0	0.4	2.8	0.8	2.1	5.8	3.2
Kalkkistab. Fe -liete 1	2.2	3.3	6.6	6.8	0.6	1.7	21.8	16.0
Kalkitus pH 6.5 + Al -liete	1.4	2.0	0.8	1.9	0.8	1.1	4.1	2.8
Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al -liete 1	1.2	2.7	0.8	2.1	1.0	1.5	4.1	2.6
HSD, P=0.05	7.6	2.9	12.9	13.6	1.5	1.8	14.9	10.8
Koe 2	HIEITASAVI		MULTAMAA					
	1987	1988	1987	1988				
Ilman lietettä ja fosforia	17.5	16.5	40.3	47.1				
Ilman lietettä + fosfori	18.2	24.4	45.7	56.9				
AVR -liete	4.1	4.5	15.1	18.8				
Fe -liete	10.8	15.0	32.2	42.6				
Kalkitus pH 6.5 + AVR -liete	1.8	1.7	0.9	1.4				
Kalkitus pH 6.5 + Fe -liete	1.5	1.6	1.0	1.4				
Kalkkistab. AVR -liete	1.5	1.6	4.8	5.0				
Kalkkistab. Fe -liete 2	1.8	1.8	7.1	8.2				
HSD, P=0.05	2.6	1.9	4.2	2.4				

LIITE 8. Jätevesilietteiden vaikutus maiden happamaan ammoniumasettaatti-EDTA:han uuttuvaan kuparipitoisuuteen (mg/l maata) kokeiden lopussa.

Koe 1.	Kuparia, mg/l maata			
	Hieta- savi	lj Hieta	Hieno hieta	Multa- maa
Ilman lietettä ja fosforia	6.9	5.0	4.9	11.7
Ilman lietettä + fosfori	6.9	4.8	5.1	11.6
Al -liete	8.2	6.2	6.7	14.2
Fe+Al -liete 1	8.5	6.5	6.6	13.8
Fe+Al -liete 2	10.1	7.9	8.6	15.2
Ca -liete	8.5	6.5	6.0	13.1
Kalkkistab. Fe -liete 1	8.5	6.0	6.7	13.4
Kalkitus pH 6.5 + Al -liete	9.3	7.1	7.0	13.9
Kalkitus pH 6.5 + Fe+Al -liete 1	9.6	7.1	6.4	13.7
HSD, P=0.05	0.8	0.7	0.7	1.3
Koe 2.				
Ilman lietettä ja fosforia	6.4			11.4
Ilman lietettä + fosfori	6.4			11.8
AVR -liete	14.1			21.3
Fe -liete	7.2			12.2
Kalkitus pH 6.5 + AVR -liete	14.8			23.2
Kalkitus pH 6.5 + Fe -liete	7.4			13.4
Kalkkistab. AVR -liete	12.8			19.8
Kalkkistab. Fe -liete 2	7.2			12.4
HSD, P=0.05	1.1			1.6

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 ulkomailla. 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. 81 p.
7. MULTAMÄKI, K. & KASEVA, A. Kotimaiset lajikkeet. 10 p.
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.
11. YLÄRANTA, T. Jordanalysetoder i de nordiska länderna. 13 p.
12. LUOMA, S. & HAKKOLA, H. Avomaan vihanneskasvien lajikekokeiden tuloksia vuosilta 1979-1982. 21 p.
13. KIVISAARI, S. & LARPES, G. Kylvöajankohdan vaikutus kevätvehnän, ohran ja kauran satoon 10-vuotiskautena 1970-1979 Tikkurilassa. 54 p.
14. ERVIÖ, R. Maaperäkarttaselitys. ESPOO - INKOO. 26 p.
15. BREMER, K. Ydinkasvien tuottaminen kasvisolukkoviljelyn avulla. 63 p.

1984

1. Tiivistelmät eräistä MTTK:n julkaisuista 1983. 74 p.

2. ESALA, M. & LARPES, G. Kevätviljojen sijoituslannoitus savimailla. 35 p.
3. ETTALA, E. Ayrshire-, friisiläis- ja suomenkarjalehmien vertailu kotoisilla rehuilla. 7 p. + 18 liitettä.
4. LUOMA, S. & HAKKOLA, H. Keräkaalin lajikekokeiden tuloksia vuosilta 1975-1983. 22 p.
5. KURKI, L. Tomaattilajikkeet ja hiilidioksidin lisäys. Kasvihuonetomaatin viljelylämpötiloista. Kasvihuonekurkun tuentamenetelmien vertailua. Sijoituslannoitus ja kasvualustan ilmastus kasvihuonekurkulla ja tomaatilla. 21 p.
6. VUORINEN, M. Italianraiheinä ja viljat tuorerehuna. 17 p.
7. ANISZEWSKI, T. Lupiini viherlannoituskasvina. Arviointeja esikokeiden ja kirjallisuuden pohjalta. 11 p.
8. HUOKUNA, E. & HAKKOLA, H. Koiranheinän ja timotein kasvu ja rehuarvon muutokset säilörehuasteella. 54 p.
9. VALMARI, A. Roudan kehittymisen tilastollinen malli. 33 p.
10. HAKKOLA, H. Kuonakalkituskokeiden tuloksia 1978-1983. 42 p.
11. SIPPOLA, J. & SAARELA, I. Eräät maa-analyysimenetelmät fosforilannoitustarpeen ilmaisijoina. 20 p.
12. RAVANTTI, S. Terhi-punanata. 37 p.
13. URVAS, L. & HYVÄRINEN, S. Kolme ravinnesuhdetta Suomen maalojeissa. 10 p.
14. ANSALEHTO, A., ELOMAA, E., ESALA, M., KERSALO, J. & NORDLUND, A. Maatalouden sääpalvelukokeilu kesällä 1983. 101 p.
15. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1976-1983. 202 p. + 4 liitettä.
16. JUNNILA, S. Ympäristötekijöiden vaikutus herbisidien käyttäytymiseen maassa. Kirjallisuustutkimus. 15 p. + 4 liitettä.
17. PESSALA, R., HAKKOLA, H. & VALMARI, A. Kylvöajan merkitys porkkanan viljelyssä. 22 p.
18. NISULA, H. Uusimpia tuloksia Ruukin lihanautakokeista. 39 p.
19. SAARELA, I. Kevätöljykasvien boorilannoitus. 122 p. + 2 liitettä.
20. URVAS, L. Maaperäkarttaselitys. PORI - HARJAVALTA. 28 p. + 14 liitettä.
21. LEHTINEN, S. Avomaavihannesten lannoitus- ja kastelukokeet 1978-1983. 62 p. + 17 liitettä.

22. ANISZEWSKI, T. & SIMOJOKI, P. Rikkakasvien siementen määrä ja elinvoima eräillä MTTK:n kiertokoealueilla. Kirjallisuustutkimus ja MTTK:n kolmen tutkimusaseman näytteiden analyysi. p. 1-38.
- PALDANIUS, E. & SIMOJOKI, P. Rikkakasvien siementen määrä ja elinvoima Satakunnan ja Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemien maanäytteissä. p. 39-56.
23. RINNE, S-L. & SIPPOLA, J. Maatalouden jätteiden kompostointi. I Typpi- ja fosforilisä oljen kompostoinnissa. II Maatalouden jätteet kompostin raaka-aineina. III Kompostin arvo lannoitteena. 52 p.

1985

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1984. 67 p.
2. ANSALEHTO, A., ELOMAA, E., ESALA, M., NORDLUND, A. & PILLI-SIHVOLA, Y. Maatalouden sääpalvelukokeilu kesällä 1984. 127 p.
3. ETTALA, E. Säilörehu Maatalouden tutkimuskeskuksen lypsykarjakoikeissa 1970-luvulla. 270 p.
4. ETTALA, E. Laidun lypsykarjaruokinnassa. 220 p.
5. TUORI, M. & NISULA, H. Ruokintarutiinien merkitys naudoilla. Kirjallisuustutkimus. 38 p.
6. TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvin ja lannoitustason vaikutus typen ja fosforin huuhtoutumiseen savimaasta. 43 p.
7. AURA, E. Avomaan vihannesten veden ja typen tarve. Nitrogen and water requirements for carrot, beetroot, onion and cabbage. 61 p.
8. Puutarhaosaston tutkimustuloksia. Taimitarha ja dendrologia. 94 p.
9. KEMPPAINEN, E. Kuivikkeen vaikutus lannan arvoon. Kuivikkeiden ammoniakki sitomiskyky. 25 p.
10. JAAKKOLA, A., HAKKOLA, H., HIIVOLA, S-L., JÄRVI, A., KÖYLIJÄRVI, J. & VUORINEN, M. Terästeollisuuden kuonat kalkitusaineina. 44 p.
11. JAAKKOLA, A., ETTALA, E., HAKKOLA, H., HEIKKILÄ, R. & VUORINEN, M. Siilinjärven kalkki kalkitusaineena. 53 p.
12. TAKALA, M. Asumajätevesien imeyttäminen maahan ja energiapajun viljely imeytyskentällä. 36 p.
13. JOKINEN, R. & HYVÄRINEN, S. Eri maalajien magnesiumpitoisuus ja sen vaikutus ravinnesuhteisiin Ca/Mg ja Mg/K. 15 p.
14. JUNNILA, S. Rikkakasvien siementen itämislepo. Kirjallisuuskatsaus. 29 p.

15. MÄKELÄ, K. Talven aikana kuolleiden ryhmäruusujen versoissa esiintyvä sienilajisto vuosina 1976-1982. 13 p. + 8 liitettä.
16. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1977-1984. 168 p. + 4 liitettä.
17. SÄKÖ, J. Maatalouden tutkimuskeskuksen puutarhaosastolla Piikkiössä kokeillut ja kokeiltavana olevat omenalajikkeet. Perusrungon merkitys omenapuiden talvehtimisessä 1983-1984.
SÄKÖ, J. & LAURINEN, E. Omenapuiden harjuistutus.
HIIRSALMI, H. & SÄKÖ, J. Mansikan jalostus johtanut tulokseen.
18. ETTALA, E., SUVITIE, M., VIRTANEN, E., PITKÄNEN, T., ZITTING, M., NÄSI, M., TUOMIKOSKI, T. & NISKANEN, M. Metsä- ja maatalouden sivutuotteet lihamullien rehuna. 51 p.
19. MANNER, R. & AALTONEN, T. Pitko-syysvehnä. 6 p. + 27 liitettä.
20. MANNER, R. & AALTONEN, T. Kartano-syysruis. 5 p. + 13 liitettä.
21. ANISZEWSKI, T. Lupiini viljelykasvina. 134 p.
22. HUOKUNA, E., JÄRVI, A., RINNE, K. & TALVITIE, H. Nurmipalkokasvit puhtaana kasvustona ja heinäseoksena. p. 1-12.
HUOKUNA, E. Apilan pahkahomeen esiintymisestä. p. 13-20.
HUOKUNA, E. & HÄKKINEN, S. Englanninraiheinä säilörehunurmessa. p. 21-26.
23. VIRKKUNEN, H., KOMMERI, M., LARPES, E., MICORDIA, A. & LAMPILA, M. Eri säilöntäaineet esikuivatun ja tuoreen säilörehun valmistuksessa sekä kiinteä ja nouseva väkirehun annostus mullien kasvatuksessa. p. 1-32.
VIRKKUNEN, H., KOMMERI, M., SORMUNEN-CRISTIAN, R. & LAMPILA, M. Eri säilöntäaineet nurmirehun säilönnässä. p. 33-45.
24. RISSANEN, H., ETTALA, E., MELA, T. & MUSTONEN, L. Laitumen sadetuksen ja väkirehujen käytön vaikutus lehmien tuotoksiin. p. 1-21.
RISSANEN, H., KOSSILA, V. & VASARA, A. Urean, urea-fosforihap-po-viherjauhoyhdisteen (UPV) ja soijan vertailu raakaval-kuaislähteinä maidontuotantokokeissa lehmillä. p. 22-30.
KOSSILA, V., KOMMERI, M. & RISSANEN, H. Monokalsiumfosfaatti ja ureafosfaatti sekä käsittelemätön olki ja ammoniakilla käsitelty olki mullien ruokinnassa. p. 31-40.
25. KORTET, S. Puna-apilan paikalliskantojen ekologia. 66 p.
26. MEHTO, U. Viljojen rikkakasvien torjunta ilman herbisidejä. Kirjallisuustutkimus. 77 p.
27. HUHTA, H. & HEIKKILÄ, R. Rehuviljan viljely Pohjois-Karjalassa. 24 p. + 2 liitettä.

1986

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1985. 69 p.
2. KEMPPAINEN, E. Karjanlannan hoito ja käyttö Suomessa. 102 p. + 6 liitettä.
3. KEMPPAINEN, E. & HAKKOLA, H. Lietelanta nurmen peruslannoitteenä. 25 p.
4. NIEMELÄINEN, O. Nurmikkoheinien ominaisuudet. Kirjallisuustutkimus. Tuloksia punanatojen ja niittynurmikan virallisista nurmikon lajikekokeista vuosilta 1977-1984. 48 p.
5. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1978-1985. 128 p. + 4 liitettä.
6. NIEMELÄINEN, O. & PULLI, S. Puna-apilalajikkeiden siemenmuodostus. Tuloksia apilan virallisista siemenviljelyn lajikekokeista vuosilta 1978-1984. 42 p.
7. NIEMELÄINEN, O. Syksyn, talven ja kevään lämpö- ja valo-olojen vaikutus koiranheinän, niittynurmikan ja punanadan röyhymuodostukseen. Kirjallisuustutkimus. 51 p.
8. ERVIÖ, L-R. & ERKAMO, M. Pakettipellon viljelyn uudelleen aloittaminen herbisidien avulla. p. 1-15.
ERVIÖ, L-R. Korren vahvistaminen timotein siemenviljelyksillä. p. 16-21.
HIIVOLA, S-L. Klormekvatin käyttö timotein siemennurmilla. p. 22-27.
ERVIÖ, L-R. & HIIVOLA, S-L. Herbisidien käytön vähentäminen viljakasvustossa. p. 28-42.
9. KEMPPAINEN, E. & HAKKOLA, H. Säilörehun puristeneste ja virtsa lannoitteina. 43 p.
10. MATIKAINEN, A. & HUHTA, H. Nurmikasvilajikkeet Karjalan tutkimusasemalla. 24 p.
11. SOVERO, M. Nöpsä-kevättrypsi. 15 p. + 2 liitettä.
12. NIEMELÄ, P. Kuiviketturpeen soveltuvuus turkistarhoilla kertyvän sonnan ja virtsan käsittelyyn. 15 p. + 4 liitettä.
13. PULLI, S., VESTMAN, E., TOIVONEN, V. & AALTONEN, M. Yksivuotisten tuorerehukasvien sopeutuminen Suomen kasvuoloihin. 51 p.
14. SIMOJOKI, P., RINNE, S-L., SIPPOLA, J., RINNE, K., HIIVOLA, S-L. & TALVITIE, H. Herneaurasta saatava typpilannoitushyöty. 27 p. + 22 liitettä.
15. SÄKÖ, J. & YLI-PIETILÄ, M. Hedelmäpuiden ja marjakasvien talvehtiminen talvella 1984-1985. 28 p.
16. MANNER, R. & KORTET, S. Niina-ohra. 31 p. + liite.

17. TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvien, lannoituksen ja sadetuksen vaikutus kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, natriumin, sulfaattirikin sekä kloridin huuhtoutumiseen savimaasta. 43 p.
18. TOIVONEN, V. & LAMPILA, M. Juurikasvisäilörehujen valmistus, laatu, rehuarvo ja mahdollinen käyttö etanolin valmistuksessa. 106 p. + 23 liitettä.
19. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan monivuotinen vertailu kotovaraisella säilörehu-vilja- ja heinä-vilja-urearuokinnalla. 1. Kolmen ensimmäisen lypsykauden tuotantotulokset. 114 p. + 5 liitettä.
20. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan monivuotinen vertailu kotovaraisella säilörehu-vilja- ja heinä-vilja-urearuokinnalla. 2. Lehmien syöntikyky, ravinnonsaanti ja rehun hyväksikäyttö sekä hedelmällisyys ja kestävyys kolmen ensimmäisen tuotantovuoden aikana. 293 p. + 23 liitettä.
21. RAVANTTI, S. Iki-timotei. 33 p. + 1 liite.
22. URVAS, L. & VIRKKI, K. Maaperäkarttaselitys. Turku-Rymättylä. 34 p. + 7 liitettä.
23. VUORINEN, M. Kalkituskokeiden tuloksia saraturvemaalta 1977-1983. 22 p.

1987

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1986. 72 p.
2. PALDANIUS, E. Oljen kompostointi erilaisia seosmateriaaleja typpilähteinä käyttäen. 55 p. + 1 liite.
3. LEIVISKÄ, P. & NISSILÄ, R. Säämittauksen tuloksia Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla Ruukissa. 31 p.
4. HAKKOLA, H., HEIKKILÄ, R., RINNE, K. & VUORINEN, M. Odelman typpilannoitus, sängenkorkeus ja niittoaika. 39 p.
5. NIEMELÄ, T. & NIEMELÄINEN, O. Kasvualustan tiivistyminen ja nurmikon kulumisen nurmikon stressitekijöinä. Kirjallisuuskatsaus. p. 1-30.
NIEMELÄ, T. Siirtonurmikon kasvatus ja käyttö. Kirjallisuuskatsaus. p. 31-42.
6. LUOMA, S., RAHKO, I. & HAKKOLA, H. Kiinankaalin viljelykokeiden tuloksia 1981-1985. 25 p.
7. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1979-1986. 165 p. + 9 liitettä.
8. SEPPÄLÄ, R. & KONTTURI, M. Mallasohran reagointi typpilannoitukseen. p. 1-66.
KUISMA, T. & KONTTURI, M. Typpilannoituksen vaikutus ohralajikkeiden mallastuvuuteen. p. 67-134.

9. YLI-PIETILÄ, M., SÄKÖ, J. & KINNANEN, H. Puuvartisten koriste-
kasvien talvehtiminen talvella 1984-1985. 38 p.
10. VUORINEN, M. & TAKALA, M. Porkkanan ja punajuurikkaan sadetus,
typpilannoitus ja kalkitus poutivalla hiekkamaalla. 30 p.
11. MULTAMÄKI, K. & KASEVA, A. Kotimaiset lajikkeet. p. 1-8.
Domestic Varieties. p. 9-17.
12. TUOVINEN, T. Omenakääriäisen ennustemenetelmä. p. 1-17. Pih-
lajanmarjakoin ennustemenetelmä. p. 18-32.
13. MÄKELÄ, K. Peittauksen vaikutus kotimaisen heinänsiemenen
itävyyteen, orastuvuuteen ja sienistöön. 15 p.
14. Osa 1. YLÄRANTA, T. Radioaktiivinen laskeuma ja säteilyval-
vonta. PAASIKALLIO, A. Radionuklidien siirtyminen viljely-
kasveihin. 62 p.
Osa 2. KOSSILA, V. Radionuklidien siirtyminen kotieläimiin ja
eläintuotteisiin sekä vaikutukset eläinten terveyteen ja
tuotantoon. 109 p.
15. RAVANTTI, S. Alma-timotei. 38 p. + 2 liitettä.
16. LEHMUSHOVI, A. Ryhmäruusujen lajikekokeet vuosina 1981-1984.
29 p.
17. JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Karkeiden kivennäismaiden ja turve-
maiden kuparipitoisuus ja sen vaikutus kauran kasvuun astia-
kokeessa. p. 1-17.
Maan kuparipitoisuuden ja happamuuden vaikutus kuparilannoi-
tuksella saatuihin kauran satotuloksiin. p. 18-37.
Maan pH-luvun ja kuparilannoituksen vaikutus kauran hivenra-
vinnepitoisuuksiin. p. 38-47.
Kaura- ja ohralajikkeiden herkkyys kuparin puutteelle ja eri
kuparimäärillä saadut tulokset. p. 48-62.
Kuparilannoitelajien vertailu astiakokeessa kauralla. p.
63-68.
18. HIIRSALMI, H., JUNNILA, S. & SÄKÖ, J. Ahomansikasta suomalainen
viljelylajike. p. 1-8.
Mesimarjan jalostus johtanut tulokseen. p. 9-21.
19. TALVITIE, H., HIIVOLA, S-L. & JÄRVI, A. Satojen ja satovahin-
kojen arviointitutkimus. 87 p.
20. KEMPPAINEN, R. Puna-apilan ympäyys Rhizobium-bakteerilla.
Inoculation of red clover by Rhizobium strain. 24 p.
21. LAMPILA, M., VÄÄTÄINEN, H. & ALASPÄÄ, M. Korsirehujen vertailu
kasvavien ayrshire-sonnien ruokinnassa. p. 1-40.
ARONEN, I., HEPOLA, H., ALASPÄÄ, M. & LAMPILA, M. Erisuuruiset
väkirehuannokset kasvavien ayrshire-sonnien olkiruokinnassa.
P. 41-66.
ARONEN, I., ALASPÄÄ, M., HEPOLA, H. & LAMPILA, M. Bentsoehappo
säilörehun valmistuksessa. p. 67-86.
22. TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvien vaikutus ravinteiden
huuhtoutumiseen savimaasta Jokioisten huuhtoutumiskentällä
v. 1983-1986. 32 p. + 2 liitettä.

23. PIETOLA, L. & ELONEN, P. Peltokasvien sadetus normaalia kosteampina kasvukausina 1980-85. 76 p. + 1 värikuvaliite.

24. PIETOLA, L. Maan mekaaninen vastus kasvutekijänä. 94 p. + 3 liitettä.

1988

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1987. 83 p.

2. ANISZEWSKI, T. Puiden, pensaiden ja viljeltävän turvemaan fenologinen tutkimus. Phenological study on the trees, bushes and arable peat land. 120 p. + 5 liitettä.

3. RINNE, S-L., HIIVOLA, S-L., TALVITIE, H., SIMOJOKI, P., RINNE, K. & SIPPOLA, J. Viherkesannon vaihtoehdot rukiin viljelyssä. 53 p. sisältäen 9 liitettä.

4. JUNNILA, S. Pienannosherbisidit kevätiljoilla - Glean 20 DF, Ally 20 DF ja Logran 20 WG. p. 1-15.
Starane M kevätiljojen rikkakasvien torjunnassa. p. 16-18.
Kamilon B ja Kamilon D kevätiljojen rikkakasvien torjunnassa. p. 19-23.
Kevätiljaherbisidit Rikkahävite KH 10/77, KH 2/83 ja Impact-
ril. p. 24-31.

5. KIISKINEN, T. & MÄKELÄ, J. Kasvipöeräisten valkuaisrehujen sulavuus minkillä. Smältbarhet av vegetabiliska proteinfodermedel hos mink. Digestibility of protein feedstuffs derived from plants in mink. p. 1-13

KIISKINEN, T., MÄKELÄ, J. & ROUVINEN, K. Eri viljalajien sulavuus minkillä ja siniketulla. Smältbarhet av olika spannmål hos mink och blåräv. Digestibility of different grains in mink and blue fox. p. 14-23.

6. SIMOJOKI, P. Ohran boorinpuutos. 100 p. + 3 liitettä.

7. SIMOJOKI, P. Lupiinin viljelytekniikka. p. 3-22, 2 liitettä.

EKLUND, E. & SIMOJOKI, P. Yksivuotisen lupiinin nystyräbakteerien eristäminen ja valikoitujen siirroskantojen testaus kenttäolosuhteissa. p. 23-34, 1 liite.

ANISZEWSKI, T. Kylvöajan vaikutus lupiinin (*Lupinus angustifolius* L.) siemensatoon Keski- ja Pohjois-Suomessa. p. 35-54.

ANISZEWSKI, T. Lupiinin siementuotanto Keski- ja Pohjois-Suomessa. p. 55-90.

8. HÄMÄLÄINEN, I. & ERVIÖ, R. Maaperäkarttaselitys, Jyväskylä. 39 p. + 14 liitettä.

9. ERVIÖ, R. & HÄMÄLÄINEN, I. Maaperäkarttaselitys, Lahti. 41 p. + 2 liitettä.

10. TAKALA, M. Palkokasvien biologiasta. 18 p. + 26 taulukkoa.

11. TAKALA, M., TAHVONEN, R. & VUORINEN, M. Väkilannoitus ja "biologiset" viljelymenetelmät perunan, porkkanan ja punajuurikkaan viljelyssä. 36 p.

12. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1980-1987. 138 p. + 1 liite.
13. LUNDEN, K. & SÄKÖ, J. Koristepuiden ja -pensaiden talvehtiminen. Talvi 1986/87. 86 p. + 4 liitettä.
14. SÄKÖ, J. & LUNDEN, K. Talven 1986-87 tuhot hedelmä- ja marjatarhoissa. 34 p.
15. RINNE, K. & MÄKELÄ, J. Karitsoiden kasvu laitumella. 18 p.
16. ILOLA, A. Katovuoden 1987 kevätiljojen siemenen orastumisko-
keet. p. 1-17.
RANTANEN, O. & SOLANTIE, R. Uusi peltoviljelyn alue- ja vyöhy-
kejakoehdotus. p. 18-31.
17. RAHKONEN, A. & ESALA, M. Kevätviljojen ja -öljykasvien kylvö-
aika. 72 p.
18. JUNNILA, S. Perunaherbisidejä tehokkuustarkastuksessa. p. 1-15.
Lehvästön hävitys herneellä ja öljykasveilla. p. 16-24.
19. KEMPPAINEN, E. Didinin (disyandiamidi) vaikutus naudannan liete-
lannan tehoon ohran lannoitteena. 35 p.
20. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkar-
jan vertailu vasikka- ja hiehkokaudella säilörehu-vilja- ja
heinä-vilja-urea-ruokinnalla. 92 p.
21. PITKÄNEN, J., ELONEN, P., KANGASMÄKI, T., KÖYLIJÄRVI, J., TAL-
VITIE, H., VIRRI, K. & VUORINEN, M. Aurattoman viljelyn vai-
kutukset kevätiljojen satoon ja laatuun: kuuden koevuoden
tulokset. p. 1-61 sisältäen 3 liitettä.
Summary: Effects of ploughless tillage on yield and quality
of cereals: results after six years.

PITKÄNEN, J. Aurattoman viljelyn vaikutukset maan fysikaalisiin
ominaisuuksiin ja maan viljavuuteen. p. 62-167 sisältäen 3
liitettä.
Summary: Effects of ploughless tillage on physical and chemi-
cal properties of soil.
22. KÄNKÄNEN, H. & KONTTURI, M. Kylvötiheyden vaikutus lehtityy-
piltään erilaisten herneiden sadon muodostumiseen. 69 p.

1989

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista. 23 p.
2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONT-
TURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1981-1988.
147 p. + 8 liitettä.
3. VUORINEN, M. Turvemaan kaliumlannoitus. 17 p.
4. TAKALA, M. Saderiskien ja korjuutappioiden vähentämismahdolli-
suuksista heinäkorjuussa. 21 p. + 12 liitettä.

5. HAKKOLA, H., PULLI, S. & HEIKKILÄ, R. Nurmikasvien siemenseoskokeiden tuloksia. 57 p.
6. HAKKOLA, H. & LUOMA, S. Perunan viljelykokeiden tuloksia 1981-88. 25 p.
7. AFLATUNI, A. & LUOMA, S. Avomaan vihannesten lajikekokeiden tuloksia 1986-88. 36 p.
8. HÄRKÖNEN, M. & MUSTALAHTI, A. Perennojen menestyminen ja kukinta-ajat Pohjois-Suomessa 1979-85. 20 p. + 2 liitettä.
9. RUOTSALAINEN, S. Marjakasvien tervetaimituotanto ja sen merkitys Suomessa. 57 p.
10. UUSI-KÄMPPÄ, J. Vesistöjen suojaaminen rantapeltojen valumil-ta. 66 p.
11. Öljykasvien viljelyn edistäminen. Yhteistutkimuksen tuloksia vuosilta 1985 - 1988. Toimittanut Katri Pakkala. 95 p.
12. JUHANOJA, S. Juurrutushormonien käyttö vesiviikunan Ficus pumila L. pistokkaiden juurrutuksessa. p. 2-6.
 JUHANOJA, S. & PESSALA, T. Vuodenajan vaikutus viherkasvien pistokkaiden juurtumiseen ja taimien jatkokasvatusaikaan. p. 7-22.
 JUHANOJA, S. Ampelikasvien viljelyaikatauluja. p. 23-34.
 PESSALA, T. Sulkasaniaisen lisäys. p.35-38.
14. JOKI-TOKOLA, E. Väkiheinä ja säilörehut lihanautojen ruokintako-keissa. 46 p.
15. MÄKELÄ, K. Kesäkukkien kauppasiemenen laatu. 15 p. + 10 lii-tettä.
16. KÄNKÄNEN, H., HIIVOLA, S.-L. & HEIKKILÄ, R. Kalkitusajankohdan vaikutus kalkituksen tehoon. 38 p. + 1 liite.
17. ROUVINEN, K. & NIEMELÄ, P. Plasmasytoosi heikentää pentutulosta ja pentujen varhaiskehitystä minkillä. Plasmacytos försämrar avelsresultatet och valparnas tidiga tillväxt hos mink. Plasmacytosis impairs breeding result and early kit growth in the mink. p. 1-17.
 ROUVINEN, K. Erilaisten rasvojen sulavuus minkin ja siniketun pennuilla + emulgaattorien vaikutus. Fettsmältbarhet hos mink- och blårävsvälpar - inverkan av emulgerande ämnen. Digestibility of different fats in mink and blue fox kits - influence of emulsifying agents. p. 18-37.
18. JOKINEN, R. Fosforin saostukseen käytettävien kemikaalien vai-utus jätevesilietteiden ominaisuuksiin sekä käyttöarvoon lannoitteena ja maanparannusaineena. p. 54.
19. JÄRVI, A. Typpilannoitus ja kasvuston CCC-käsittely timotein siemennurmilla. p. 1-24.
 Timotein siemennurmen typpilannoitus, riviväli ja siemenmää-rä. p. 26-48.
 Alkuperältään erilaiset timoteilajikkeet siementuotannossa. p. 50-52.
20. URVAS, L. & TARES, T. Maanäytteen ottoaika ja viljavuusluvut. 17 p.

21. SAASTAMOINEN, M. & PÄRSSINEN, P. Yty-kaura. 29 p. + 2 liitettä.
22. RAVANTTI, S. Juliska-punanata. 51 p. + 1 liite.

1990

2. MARKKULA, M., TIITTANEN, K. & VASARAINEN, A. Torjunta-aineet maa- ja metsätaloudessa 1953 - 1987. 58 p.
3. KUMPULA, R. Mikrolisätyn mansikan emotaimiklooneissa esiintyvä muuntelu. 61 p. + 2 liitettä.

