

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
TIEDOTE

16/94

ERKKI KEMPPAINEN

**Naudan liettelannan ja ketun lannan ravinteiden
huuhtoutuminen lysimetrikokeessa**

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
TIEDOTE 16/94

ERKKI KEMPPAINEN

**Naudan lietelannan ja ketun lannan ravinteiden
huuhtoutuminen lysimetrikokeessa**

***Summary: Leaching of nutrients from cow slurry and fox manure in a
lysimeter trial***

Maatalouden tutkimuskeskus
Kainuun tutkimusasema
88600 SOTKAMO
Puh. (986) 666 1741

Jokioinen 1994
ISSN 0359-7652

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	5
SUMMARY	6
1 JOHDANTO	8
2 AINEISTO JA MENETELMÄT	9
2.1 Lysimetrikentän perustaminen	9
2.2 Kokeen perustaminen ja hoito	9
3 TULOKSET	13
3.1 Maan läpi valuneen veden määrä	13
3.2 Kokonaistypen huuhtoutuminen	13
3.3 Eri typpifraktioiden huuhtoutuminen	13
3.4 Kokonaisfosforin huuhtoutuminen	19
3.5 Liukoisen fosforin huuhtoutuminen	20
3.6 Kiintoaineen huuhtoutuminen	22
3.7 Kaliumin huuhtoutuminen	24
3.8 Kalsiumin huuhtoutuminen	25
3.9 Magnesiumin huuhtoutuminen	27
3.10 Ohran jyvä- ja olkisadot	28
3.11 Sadon typpipitoisuus	30
3.12 Sadon typenotto	33
3.13 Lannoitetyypen laskennallinen osuus sadossa ja valumavedessä	35
3.14 Sadon fosforipitoisuus	35
3.15 Sadon fosforinotto	36
3.16 Lannoitefosforin laskennallinen osuus sadossa ja valumavedessä	39
4 TULOSTEN TARKASTELU	40
4.1 Valunta	40
4.2 Typen huuhtoutuminen	40
4.3 Fosforin huuhtoutuminen	42
4.4 Kiintoaineen sekä kaliumin, kalsiumin ja magnesiumin huuhtoutuminen	43
4.5 Sadot	43
4.6 Sadon typpi ja typpitase	43
4.7 Sadon fosfori ja fosforitase	44
KIRJALLISUUS	45
2 LIITETTÄ	

KEMPPAINEN, E. Naudan lietalannan ja ketun lannan ravinteiden huuhtoutuminen lysimetrikokeessa. (Summary: Leaching of nutrients from cow slurry and fox manure in a lysimeter trial.) Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 16/94. 46 p. + 2 liitettä.

Avainsanat: maalaji, saraturve, karkea hieta, levitysaika, nitrifikaatio, nitrifikaatioinhibiittori, Didin, typpi, nitraatti, ammonium, orgaaninen typpi, fosfori, liukoinen fosfori, kalium, kalsium, magnesium, kiintoaine, ohra

TIIVISTELMÄ

Maatalouden tutkimuskeskuksen Kainuun tutkimusasemalla Sotkamossa tehtiin vuosina 1989–1992 lysimetrikoe, jossa tutkittiin maalajin, levitysaajan ja nitrifikaatioinhibiittorin (Didin) vaikutusta naudan lietalannan ja ketun lannan ravinteiden huuhtoutumiseen. Kokeessa käytettiin pienoislysimetrejä, joiden halkaisija on 30 cm ja korkeus 90 cm. Niiden sisältämät maat ovat monoliitteja.

Lysimetreihin annettu ketun lanta sisälsi kokonaistyyppä 3,4-kertaisen määrän ja fosforia 19-kertaisen määrän naudan lietalantaan verrattuna. Kokeessa käytetyt maalajit olivat saraturve ja karkea hieta ja lannan levitysaajat syyskuu, joulukuu ja toukokuu. Didiniä käytettiin vain syyskuun levityksen yhteydessä. Verranteina olivat lannoittamaton koejäsen sekä kaksi väkilannoitetasoa. Koekäsittelyt tehtiin vain kerran, syksystä 1989 kevääseen 1990, minkä jälkeen vuosina 1991 ja 1992 seurattiin käsittelyjen jälkivaikutusta. Lysimetreissä kasvatettiin ohraa vuosina 1990, 1991 ja 1992.

Turvemaan valunta ja kokonaistypen huuhtoutuma olivat hietaan verrattuna noin kaksinkertaisia. Nitraattityypen huuhtoutumisessa maalajien välillä ei ollut eroa, mutta turvemaalta huuhtoutui ammoniumtyypeä 45-kertainen määrä ja orgaanista tyyppä noin kolmekertainen määrä hietaan verrattuna. Edelleen turpeesta huuhtoutui 23-kertainen määrä kokonaisfosforia ja 39-kertainen määrä liukoista fosforia hietaan verrattuna. Turpeesta huuhtoutui hietaan verrattuna kolmekertainen määrä kiintoainetta ja hieman enemmän myös magnesiumia. Kaliumin ja kalsiumin huuhtoutuminen oli kuitenkin hiedasta suurempaa kuin turpeesta.

Ketun lannan ja naudan lietalannan välinen ero eri typpifraktioiden huuhtoutumisessa oli pieni. Ketun lannasta huuhtoutui turvemaalla keskimäärin kolmekertainen määrä fosforia naudan lietalantaan verrattuna, mutta hiedalla, jossa fosforin huuhtoutuminen yleensäkin oli vähäistä, lantalajien välinen ero oli pieni. Lantalajeilla ei ollut eroja kiintoaineen, kaliumin, kalsiumin tai magnesiumin huuhtoutumisessa.

Lannan ravinteita sekä kiintoainetta huuhtoutui yleensä vähiten toukokuun levityksestä. Merkittävä poikkeus oli turvemaalle levitetty ketun lanta, jonka fosforin huuhtoutumiseen levitysaajalla ei ollut edellä mainittua vaikutusta. Myös levitysaajan vaikutus ammoniumtypen ja fosforin huuhtoutumiseen hiedalta jäi vähäiseksi, kun näiden ravinteiden huuhtoutuminen hiedasta oli yleensäkin pientä. Didin ei vähentänyt typen huuhtoutumista merkitsevästi.

Ohra tuotti turvemaalla huomattavasti suurempia satoja kuin hiedalla. Ketun lanta osoittautui selvästi naudan lietalantaan tehokkaammaksi lannoitteeksi. Naudan lietalanta tuotti suurimman ohrasadon toukokuussa levitetynä mutta ketun lanta syyskuussa Didinin kera levitetynä.

Ohran jyvä- ja olkisadossa sekä valumavedessä tavattiin laskennallisesti yhteensä 30–55 % lannassa annetusta kokonaistypen määrästä (24–41 % sadossa ja 4–21 % valumavedessä). Lannassa annetun kokonaisfosforin määrästä tavattiin ohran jyvä- ja olkisadossa sekä valumavedessä yhteensä 6–36 % (6–35 % sadossa ja 0,01–1,3 % valumavedessä).

SUMMARY

LEACHING OF NUTRIENTS FROM COW SLURRY AND FOX MANURE IN A LYSIMETER TRIAL

The effects of soil type, spreading time and use of a nitrification inhibitor (Didin) on the leaching of nutrients from cow slurry and fox manure were studied in a lysimeter trial in Sotkamo, Northern Finland, during 1989–1992. Small lysimeters (diameter 30 cm, height 90 cm) containing monolithic soils were used.

Cow slurry was applied 48 t/ha and fox manure 23 t/ha. However, the amount of total nitrogen in fox manure was 3.4-fold and that of phosphorus 19-fold the amounts in cow slurry. The soils used were fine sand and Carex peat, and the spreading times were September, December and May. Didin was used only in September. The control treatments were no fertilization and two levels of mineral fertilizer. Experimental treatments were carried out only once, during September 1989 - May 1990. After that, the residual effects of treatments were studied until December 1992. Barley was cultivated in the lysimeters in 1990, 1991 and 1992.

In peat soil, the runoff volume and leaching of total nitrogen were double those in fine sand soil. There was no essential difference in the leaching of nitrate nitrogen, but the amount of ammonium nitrogen leached from peat soil was 45-fold and that of organic nitrogen about 3-fold the amounts leached from fine sand soil. The amount of total phosphorus leached from peat soil was 23-fold and that of soluble phosphorus 39-fold the amounts leached from fine sand soil. The amount of solid particles leached from peat soil was 3-fold that leached from fine sand soil. Slightly more magnesium was leached from peat soil but more calcium and potassium from fine sand soil.

There were only minor differences between cow slurry and fox manure in the leaching of nitrogen. In peat soil, the amount of phosphorus leached from fox manure was about 3-fold that leached from cow slurry. In fine sand soil, however, the difference was very small. There were no essential differences between cow slurry and fox manure in the leaching of solid particles, potassium, calcium and magnesium.

In general, leaching of nutrients and solid particles was least following manure application in May. However, leaching of phosphorus from fox manure (679 kg P/ha) seemed not to be dependent on the time manure was applied. The effect of spreading time on the leaching of ammonium nitrogen and phosphorus from fine sand soil was rather small, too. Didin did not have any significant effect on nitrogen leaching.

Considerably higher barley yields were harvested from peat soil as compared to fine sand soil. Fox manure proved a much more effective fertilizer than cow slurry. Cow slurry had the best effect when spread in May but fox manure when spread in September with Didin.

Of the amount of total nitrogen applied in manure, 24–41 % was recovered in barley yield (grain+straw) and 4–21 % in percolated water, of the amount of phosphorus applied in manure, 6–35 % and 0.01–1.3 %, respectively.

Key words: peat soil, fine sand soil, soil type, spreading time, nitrification, nitrification inhibitor, nitrogen, nitrate, ammonium, organic nitrogen, phosphorus, soluble phosphorus, solid particles, calcium, magnesium, potassium

1 JOHDANTO

Maassamme on tutkittu väkilannoitteiden huuhtoutumista jo 1970-luvun puolivälistä asti, mutta karjanlannan ravinteiden huuhtoutumista toistaiseksi varsin vähän. MELKAS teki lannan ravinteiden huuhtoutumisesta kirjallisuusselvityksen vuonna 1985. Tutkimustuloksia kenttäkokeista ovat esittäneet MELANEN ym. (1985) ja NIINIOJA (1993). Nämä tutkimukset osoittavat, että karjanlannan käytöstä voi aiheutua merkittävää ravinteiden huuhtoutumista. Samaa osoittaa nykyisin jo hyvin kattava alan kansainvälinen kirjallisuus (esim. BRINK ym. 1979, VETTER ja STEFFENS 1981, BRINK ja JERNLÅS 1982, HERRMANN ym. 1983).

Lantaa muodostuu monilla tiloilla levitykseen käytävissä olevaa peltoalaa kohden hyvin paljon, mikä johtaa suuriin levitysmääriin. Ylilannoitus lienee melko tavallista myös siksi, ettei lannan ravinnesisältöä tai edes levitysmäärää tunneta tarkasti (KEMPPAINEN 1986). Niukkojen varastotilojen vuoksi noin 1/3 Suomessa muodostuvasta lantamäärästä joudutaan levittämään syksyllä ja jonkin verran jopa talvella (KEMPPAINEN 1986).

Lukuisat tutkimukset ovat osoittaneet, että kevät on lannan tehon kannalta huomattavasti syksyä ja talvea parempi ajankohta (VETTER ja STEFFENS 1981, TVEITNES ja HÅLAND 1989, AMBERGER 1991a). KEMPPAINEN (1989) tutkimusten mukaan vain 20–30 % syksyllä pintaan levitetyn naudon lietelannan liukoisesta tuestä on ohran viljelyssä keväällä levitetyn väkilannoitetyypen veroista. Keväällä levitetyn lannan liukoinen tyyppi taas vaikuttaa lähes yhtä hyvin kuin väkilannoitetyppi.

Syksyllä tai talvella levitetyn lannan tyyppi on vaarassa huuhtoutua syvempiin maakerroksiin ja sieltä edelleen pohjaveteen tai salaojien kautta pintavesistöön (VETTER ja STEFFENS 1977, 1981, IVARSSON ja BRINK 1985, BRINK 1987, BERTILSSON 1988, NIINIOJA 1993). Tätä vaaraa on yritetty välttää estämällä lannan ammoniumtyypen hapettuminen n.s. nitrifikaatioinhibiittoreilla. Inhibiittoreilla on usein saatu varsin hyviä tuloksia lannan syyslevityksen yhteydessä, mutta niiden käytön kannattavuus on kuitenkin jäänyt kyseenalaiseksi (AMBERGER 1981, KJELLERUP 1986, PAIN ym. 1987, GÖRLITZ ym. 1988, KEMPPAINEN 1988,

TVEITNES ja HÅLAND 1989, GÖRLITZ 1990, MEISSNER ym. 1991, NILSSON 1991).

Muita keinoja syksyllä levitetyn lannan typen huuhtoutumisen estämiseksi ovat mm. välikasvin käyttö ja kasvinjätteiden (olki) muokkaus maahan lannan levityksen yhteydessä (STEFFENS ja VETTER 1984, ASMUS ja HUBNER 1985, BERTILSSON 1988, GÖRLITZ ym. 1988, ASMUS 1989, STEENVOORDEN 1989, AMBERGER 1991a). Kasvinjätteiden maahankyntö näyttää kuitenkin vähentävän typen huuhtoutumista vain väliaikaisesti muutaman vuoden ajan, minkä jälkeen kasvinjätteeseen sitoutunut tyyppi on taas vaarassa huuhtoutua (HENIN 1989).

Typen lisäksi myös lannan sisältämä fosfori on pelloilta pois huuhtoutuessaan riski vesistöille. Usein jo pienehköissäkin lanta-annoksessa maahan tulee fosforia yli viljelykasvin tarpeen. Lisäksi on todettu, että karjanlannan fosfori liikkuu maassa ja myös huuhtoutuu siitä pois helpommin kuin väkilannoitefosfori (VETTER ja STEFFENS 1981). Kyseessä lienee jonkinlainen ”humusvaikutus”, jossa orgaaninen aines hidastaa lannan sisältämän fosfaattifosforin reagointia maan rauta- ja alumiiniyhdisteiden kanssa.

Fosforin huuhtoutumista kivennäismaan läpi ei ole pidetty merkittävänä vaaratekijänä, joskin esim. NIINIOJAN (1993) tutkimus antaa tässä suhteessa ajattelemisen aihetta. NIINIOJAN (1993) kokeissa lietelannan talvilevitys aiheutti savimaalla fosforihuuhtoutuman, jonka suuruus oli 2,6 kg/ha/vuosi. Sen sijaan on jo pitkään tiedetty, että happamilta turvemailta voi tapahtua merkittävää fosforin huuhtoutumista (SCHEFFER ym. 1981, VETTER ja STEFFENS 1981). Tähän riskiin ei ehkä kuitenkaan ole kiinnitetty tarpeeksi huomiota Suomessa, jossa yli viidesosa peltoalasta on turvemaita.

Erytinen ongelma ympäristönsuojelun suhteen on turkiseläinten lanta. Minkin ja ketun lannat ovat esimerkiksi naudon lietelantaan verrattuna typen suhteen noin 10 kertaa ja fosforin suhteen jopa 30 kertaa väkevempiä (KEMPPAINEN 1984). Turkiseläinlannat aiheuttavat usein melkoisia ympäristöongelmia jo tarhalla. PEDERSEN (1991) havaitsi, että tarha-alueelta poistuva pohjavesi sisälsi tyyppiä noin 10-kertaisen määrän (jopa 1000 mg NO₃-N/l) alueelle virtaavaan pohjaveteen verrattuna. Tur-

kiseläinten lantoja ei myöskään levitettäne peltoon koskaan niin pieniä määriä, ettei niissä tulisi kasvien tarpeeseen nähden ylimäärin ravinteita. Lisäksi monilla turkiseläintiloilla lannan levitykseen käytettävissä oleva peltoala on kärjistetyn pieni.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kahden erityyppisen lantalajin, naudnan lietalannan ja ketun lannan ravinteiden huuhtoutumista. Naudnan lietalanta valittiin siksi, että sen lannoitusvaikutuksesta on maassamme pitkäaikaisia kenttäkoetuloksia. Ketun lanta on puolestaan suuren väkevyytensä vuoksi kiinnostava vertailukohde ja sinälläänkin merkittävä lantalaji Itä- ja Pohjois-Suomessa. Koemaiksi valittiin kaksi Pohjois-Suomelle tyypillistä maalajia: saraturve ja karkea hieta. Tutkimuksessa selvitettiin lanta- ja maalajin lisäksi lannan levityksajan sekä nitrifikaation estoaineen Didinin vaikutusta ravinteiden huuhtoutumiseen.

Tutkimukseen saatiin rahoitusta maa- ja metsätalousministeriöstä sekä ympäristöministeriöstä. Vesinäytteiden analysoinnista vastasivat ylitarkastaja Sirkka-Liisa Markkanen Kainuun vesi- ja ympäristöpiiristä sekä tutkija Eila Turtola Maatalouden tutkimuskeskuksesta. Kasvinäytteiden analysoinnista vastasi erikoistutkija Martti Esala Maatalouden tutkimuskeskuksesta. Tekijä esittää parhaat kiitoksensa tutkimuksen rahoitukseen ja toteutukseen osallistuneille.

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Lysimetrikentän perustaminen

Maatalouden tutkimuskeskuksen Kainuun tutkimusasemalle Sotkamoon (64° 06'N, 28° 20'E) perustettiin kesällä 1989 pienoislysimetrikenttä, jossa on kaikkiaan 66 lysimetriä. PVC-muovista valmistettujen lysimetrien korkeus on 90 cm ja halkaisija 30 cm. Lysimetrit on upotettu maahan siten, että noin 5 cm putkista on maanpinnan yläpuolella. Kunkin lysimetrin alla on maahan upotettuna 10 litran vetoinen muovinen vedenkeräilysäiliö, johon lysimetrin maan läpi tihkuva vesi kulkeutuu muovilettoa myöten. Vedenkeräilysäiliö tyhjennetään sähköpumpulla säiliöstä maan pinnalle tulevan muoviputken kautta (Kuva 1).

Puolet putkista on täytetty karkealla hiedalla ja puolet saraturpeella. Putket täytettiin painamalla ne traktorin etukuormaajan kauhalla (turvema) tai erillisen kairan avulla (hieta) maan läpi. Siten eri

maakerrokset ovat putkessa samalla tavalla kuin pellossa eli lysimetrit ovat monoliitteja. Koemaata on kussakin lysimetrissä 60 cm:n syvyydeltä. Sen alapuolella on 25 cm:n kerros kvartsihiekkaa ja alimpana suodatinkangas, kvartsikiviä sekä tiivis lasikuituinen pohja.

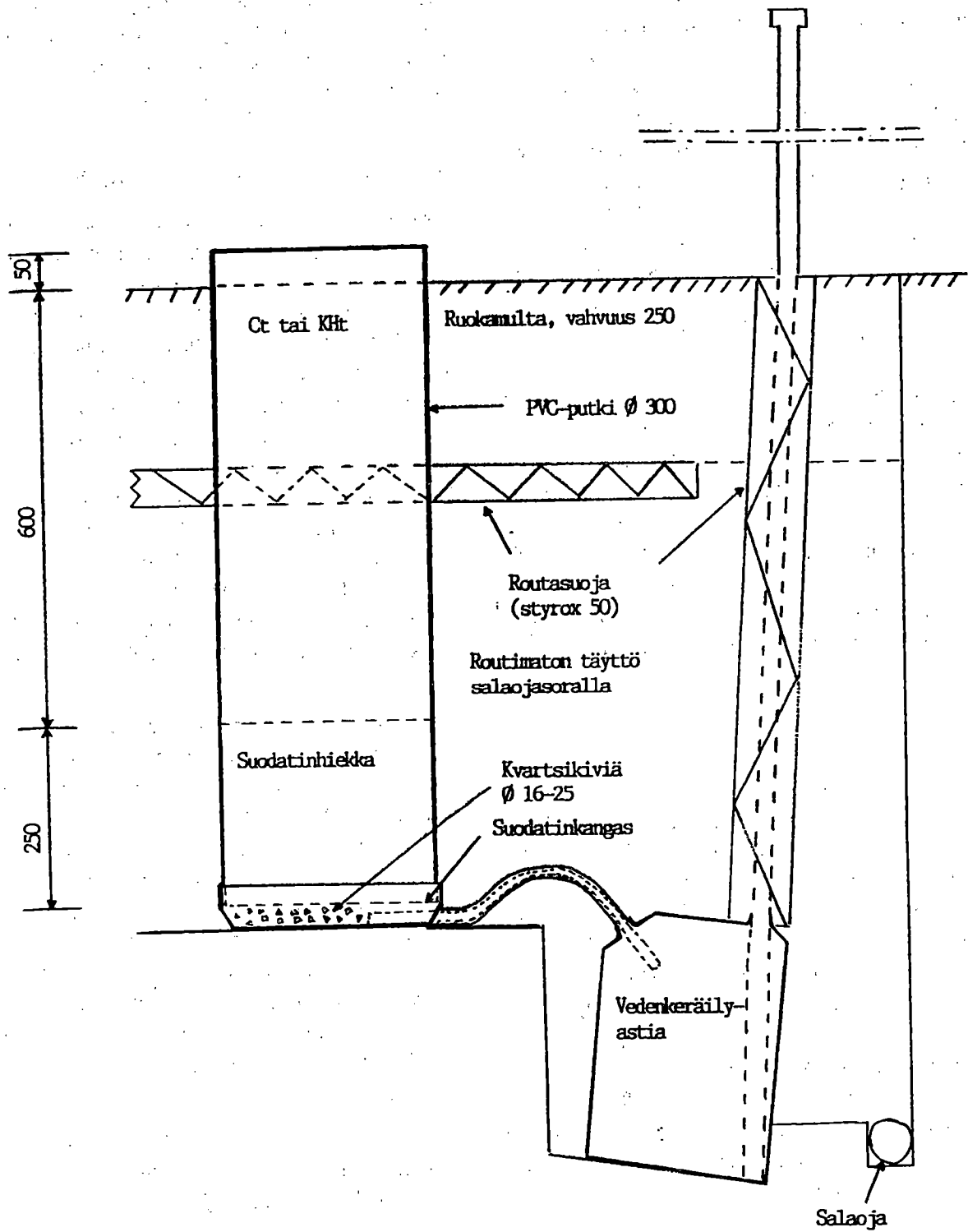
Koemaat olivat viljeltyjä peltomaita (Taulukko 1). Saraturve oli hapanta ja vähäravinteista. Karkean hiedan viljavuusarvot olivat huomattavasti paremmat, pH:n osalta jopa luokkaa "hyvä".

2.2 Kokeen perustaminen ja hoito

Lysimetreihin levitettiin naudnan lietalantaa tai ketun lantaa kolmena eri ajankohtana: 26.9.1989, 19.12.1989 ja 11.5.1990 (Taulukko 2). Naudnan lietalantaa levitettiin 50 m³/ha (48 t/ha) ja ketun lantaa 20 m³/ha (23 t/ha). Ensimmäisellä levityskerralla yhteen koejäseneseen lisättiin lannan seassa typen huuhtoutumisen estoainetta Didiniä, jota käytettiin 15 kg/ha. Verranteina olivat lannoittamaton sekä 250 kg/ha ja 500 kg/ha Typpirikas Ylannos 3 (17-6-12). Väkilannoitetasot on taulukoissa merkitty lyhenteinä 1/2 NPK ja 1 NPK, ja niiden sisältämät typpimäärät olivat 43 ja 85 kg N/ha. Väkilannoitteet levitettiin 14.5.1990. Turve- ja hiedalle tehtiin täsmälleen samanlaiset koejäsenet. Kerranteiden lukumäärä oli kolme.

Ennen kokeen aloittamista kaikkien lysimetrien maa käännettiin noin 10 cm:n syvyydeltä. Syyskuussa 1989 lysimetreihin levitetty lanta muokattiin maahan haraamalla sen jälkeen kun se oli kuivahtanut eli noin kolmen tunnin kuluttua levityksestä. Joulukuun levitys tehtiin roudalle, joten lantaa ei voitu mullata lainkaan. Lanta levitettiin tällöin 3-4 cm vahvuisen lumipeitteen päälle. Toukokuussa lanta levitettiin lysimetreihin, joiden maa oli ensin äestystä mukailien harattu noin 10 cm:n syvyyteen. Lanta mullattiin haraamalla kolmen päivän kuluttua levityksestä.

Kokeessa käytetty naudnan lietalanta oli ravinnepitoisuudeltaan hyvin lähellä keskimääräistä suomalaista naudnan lietalantaa. Ketun lanta oli naudnan lietalantaan verrattuna hyvin väkevää: väkevyysero oli kokonaistypen ja liukoisen typen suhteen noin 7-kertainen ja fosforin suhteen noin 40-kertainen. Lantojen ravinnepitoisuus ja eri koejäsenien saama lannoitus esitetään taulukossa 3.



Kuva 1. Lysimetrin kaavakuva.

Taulukko 1. Koemaiden ominaisuudet viljavuusanalyysissä (ravinteet mg/l).

Maalaji	pH	Ca	K	Mg	P
Karkea hieta (KHt)	6,25	1170	110	79	10,4
Saraturve (Ct)	4,95	800	43	239	3,0

Taulukko 2. Lysimetrien koekäsittelyt.

Koejäsen	Maalaji	Lantalaji/ lannoitus	Lannan levitysaika	Didin- lisäys
1	Ct	Naudan liete	Syyskuu	-
2	"	"	"	+
3	"	"	Joulukuu	-
4	"	"	Toukokuu	-
5	"	Ketun lanta	Syyskuu	-
6	"	"	"	+
7	"	"	Joulukuu	-
8	"	"	Toukokuu	-
9	"	Lannoittamaton	-	-
10	"	TR3 250 kg/ha	Toukokuu	-
11	"	TR3 500 kg/ha	"	-
12	KHt	Naudan liete	Syyskuu	-
13	"	"	"	+
14	"	"	Joulukuu	-
15	"	"	Toukokuu	-
16	"	Ketun lanta	Syyskuu	-
17	"	"	"	+
18	"	"	Joulukuu	-
19	"	"	Toukokuu	-
20	"	Lannoittamaton	-	-
21	"	TR3 250 kg/ha	Toukokuu	-
22	"	TR3 500 kg/ha	"	-

Taulukko 3. Lysimetreihin lisätyn lannan ravinnepitoisuus (g/kg) sekä lannassa ja väkilannoitteen lysimetreihin annettu ravinnemäärä (kg/ha).

Ravinne	g/kg		kg/ha			
	Naudan	Ketun	Naudan	Ketun	1/2NPK	1 NPK
Kok. N.	3,47	24,55	167	565	43	85
Liuk. N.	2,15	14,32	103	329	43	85
P	0,72	29,50	35	679	15	30
K	3,63	9,27	174	213	30	60

Lysimetreissä viljeltiin kesinä 1990–1992 Arra-ohraa. Kylvömäärä oli 500 kpl itävää siementä/m², ja ohra kylvettiin neljän senttimetrin syvyyteen. Vuonna 1990 lysimetreihin ei annettu muuta lannoitusta kuin taulukossa 2 esitetyt koekäsittelyt. Kuivan kevään vuoksi lysimetrit kasteltiin 31.5.1990 lisäämällä kuhunkin putkeen 10 mm vettä. Vuodet 1991 ja 1992 olivat jälkivaikutusvuosia, jolloin kaikki lysimetrit lannoitettiin väkilannoitteella. Väkilannoite sijoitettiin kahdeksan

senttimetrin syvyyteen. Tietoja viljelytoimenpiteistä on kerätty taulukkoon 4.

Lysimetrien läpi valuneen veden määrä mitattiin punnitsemalla, ja veden sisältämät ravinteet mitattiin. Näytteistä määritettiin Kainuun vesi- ja ympäristöpiirin laboratoriossa kokonaistyyppi, nitraattityppi, ammoniumtyppi, kokonaisfosfori, liukoinen fosfori ja kiintoaine (Standardit SFS 3031, SFS 3030, SFS 3032, SFS 3026 ja SFS 3037). Fosfori

Taulukko 4. Lysimetrien viljelytoimenpiteitä kesinä 1990–1992.

Lannoitus	1990	1991	1992
	Koekäsittelyt	500 kg/ha TR3	500 kg/ha TR3
Kylvö	14.5.	7.6.	27.5.
Korjuu	30.8.	6.9.	21.8.
Syysmuokkaus	16.9.	25.10.	25.8.
Ruiskutus	18.6. Actril S	8.7. Actril S	17.6. Actril S

määritettiin rikkihapolla kestäväidystä näytteestä, mikä on saattanut vaikuttaa fosforin liukoisuuteen. Kalium, kalsium ja magnesium analysoitiin Maatalouden tutkimuskeskuksen Kasvintuotannon tutkimuslaitoksella (TURTOLA ja JAAKKOLA 1986). Orgaanisen typen määrä laskettiin vähentämällä kokonaistypen määrästä nitraatti- ja ammoniumtyypen määrä.

Lysimetreistä otettiin vesinäytteet kokeen aikana kaikkiaan 13 kertaa. Nämä näytteenotokerrat yhdistettiin suuremmiksi valuntakausiksi seuraavasti: (valuntakauden numero ja näytteenottopäivämäärä):

I
20.12.1989
19. 4.1990
9. 5.1990

II
15. 8.1990
28.11.1990
8. 5.1991
28. 5.1991

III
18. 7.1991
16.10.1991
12.12.1991
15. 5.1992

IV
24. 8.1992
5.11.1992

Ensimmäinen valuntakausi alkoi kokeen perustamisesta 26.9.1989 ja päättyi 9.5.1990. Sen tulos kuvaa syksyllä ja talvella levitetyn lannan ravinteiden välitöntä huuhtoutumista ennen kasvukauden alkua. Toinen valuntakausi alkoi 10.5.1990 ja päättyi 28.5.1991, ja se kuvaa lannoitteiden välitöntä vaikutusta ensimmäisen kasvukauden sekä sitä

seuraavan syksyn ja talven aikana. Kolmas valuntakausi kesti 29.5.1991 ja 15.5.1992 välisen ajan ja neljäs 16.5.1992 ja 5.11.1992 välisen ajan, ja ne olivat molemmat selvästi jälkivaikutuskausia.

Useimmat lysimetrit ovat toimineet hyvin. Muutamista on kuitenkin tullut niin vähän vettä, että ne on jätetty pois tulosten laskennasta. Laskennasta pois jätettyjen lysimetrien vuoksi verrankekoejäsenten n:o 9 ja 10 (turve, lannoittamaton ja 1/2 NPK) tulos perustuu vain kahteen kerranteeseen ja verrankekoejäsenen n:o 20 (hieta, lannoittamaton) tulos vain yhteen kerranteeseen.

Lysimetrien pienen koon takia vesinäytettä ei aina saatu niin paljon, että sitä olisi riittänyt kaikkiin analyyseihin. Typpi ja fosfori pyrittiin määrittämään aina, mutta kalium, kalsium, magnesium sekä kiintoaine jäivät muutaman kerran määrittämättä. Tämän vuoksi tulokset eivät tältä osin edusta tarkalleen ravinteiden kokonaishuuhtoutumista. Tärkeintä tuloksissa ovat eri koejäsenten väliset erot.

Ravinteiden huuhtoutumisen lisäksi lysimetreistä määritettiin ohran jyvä- ja olkisato sekä sadon typpi- ja fosforipitoisuus. Ravinteet määritettiin Maatalouden tutkimuskeskuksen Kasvintuotannon tutkimuslaitoksella vakiintunein kasvianalyysimenetelmin (KÄHÄRI ja NISSINEN 1978).

Kokeen alussa otetuista maanäytteistä tehtiin viljavuusanalyysi Viljavuuspalvelu Oy:ssä VUORISEN ja MÄKITTEN (1955) ohjeen mukaan. Lantanäytteet analysoitiin Maatalouden tutkimuskeskuksen Kasvintuotannon tutkimuslaitoksella KEMPPAISEN (1984) ohjeen mukaan.

Kokeen aikaisia säätietoja esitetään liitteissä 1 ja 2. Maan lämpötila laski syksyllä 1989 lannan levityksen jälkeen muutamassa päivässä noin 11 °C:sta 3-4 °C:n tasolle ja pysyi hyvin matalana aina maan routaantumiseen saakka (Liite 2).

Koe perustettiin ja sen tulokset laskettiin osaruutumenetelmän mukaisesti. Laskenta tehtiin MTT:n VAX-tietokoneella SAS-ohjelmistoa käyttäen (SAS Institute 1985). Tuloksissa on tilastollisen luotettavuuden merkinä käytetty tähtiä siten, että yksi tähti (*) merkitsee luotettavuutta 5 %:n riskillä, kaksi tähteä (**) luotettavuutta 1 %:n riskillä ja kolme tähteä (***) luotettavuutta 0,1 %:n riskillä. Tukeyn HSD-arvoa on käytetty taulukoissa siten, että keskenään verrattavat lukuarvot on merkitty samalla yläviiteellä silloin, kun ne eivät eroa toisistaan merkitsevästi ($P < 0,05$).

3 TULOKSET

3.1 Maan läpi valuneen veden määrä

Karjanlannalla lannoitetun turvemaan läpi valui vettä kokeen aikana keskimäärin 820 mm ja karjanlannalla lannoitetun hietamaan läpi 406 mm (Taulukko 5). Nämä luvut ovat 49 % ja 24 % vastaavan ajan sadannasta. Turvemaan ja hiedan välinen ero läpi valuneen veden määrässä oli tilastollisesti merkitsevä ensimmäisellä ja toisella valuntakaudella sekä valunnan kokonaismäärässä.

Naudan lannalla lannoitetuista lysimetreistä valui vettä enemmän kuin ketun lannalla lannoitetuista. Tämä ero oli merkitsevä toisella ja kolmannella valuntakaudella sekä valunnan kokonaismäärässä. Lantalajin vaikutus valuntaan riippui kuitenkin ensimmäisellä ja toisella valuntakaudella maalajista siten, että ketun lanta vähensi valuntaa nimenomaan hiedalla kun taas turpeella lantalajien välinen ero oli hyvin pieni.

Kokeessa oli kaiken aikaa havaittavissa sellainen suuntaus, että valunta oli muita vähäisempää niistä lysimetreistä, joihin lanta levitettiin keväällä. Tämä ero oli tilastollisesti merkitsevä kahtena viimeisenä valuntakautena sekä valunnan kokonaismäärässä.

Verrannekoejäsenien valunta oli yleensä samaa luokkaa kuin karjanlannalla lannoitettujen lysimetricien. Lannoittamattomasta turpeesta veden valunta

oli kuitenkin huomattavasti muita turvelysimetrejä vähäisempää.

3.2 Kokonaistypen huuhtoutuminen

Karjanlannalla lannoitetuista turvelysimetreistä huuhtoutui kokonaistyppeä kokeen aikana keskimäärin 69 kg/ha ja karjanlannalla lannoitetuista hietalysimetreistä 35 kg/ha (Taulukko 6). Maalajien välinen ero oli kuitenkin tilastollisesti merkitsevä vain toisella valuntakaudella.

Naudan lietalannan ja ketun lannan välillä ei ollut merkitsevää eroa kokonaistypen huuhtoutumisessa. Kuitenkin tuloksista on nähtävissä, että ketun lannasta huuhtoutui naudan lantaan verrattuna vähän kokonaistyppeä hietamaalla kun taas turvemaalla lantalajien välinen ero oli melko pieni ja päinvastainen. Tämä yhdysvaikutus oli tilastollisesti merkitsevä toisella valuntakaudella ja huuhtoutumisen kokonaismäärässä.

Syyskuussa levitetystä lannasta huuhtoutui kokeen aikana kokonaistyppeä 1,7-kertainen määrä ja joulukuussa levitetystä lannasta 1,5-kertainen määrä toukokuussa levitettyyn lantaan verrattuna. Didinin käyttö näytti vähentävän kokonaistypen huuhtoutumista kahdella ensimmäisellä valuntakaudella hieman (keskimäärin noin 13 %), mutta vaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Lannoitus niin karjanlannalla kuin väkilannoitteelakin kohotti yleensä selvästi kokonaistypen huuhtoutumista lannoittamattomiin koejäseniin verrattuna. Kuitenkaan typen huuhtoutuminen keväällä levitetystä lannasta ei ollut sen suurempaa kuin väkilannoitteestakaan, vaikka etenkin ketun lannan sisältämä typpimäärä oli hyvin suuri.

3.3 Eri typpifraktioiden huuhtoutuminen

Nitraattitypen huuhtoutuminen ei riippunut merkitsevästi maalajista (Taulukko 7). Turvemaasta näytti huuhtoutuvan ensimmäisellä valuntakaudella hieman vähemmän nitraattityppeä kuin hiedasta mutta myöhemmillä valuntakausilla taas hieman enemmän.

Lantalaji ei kokonaisuutena vaikuttanut merkitsevästi nitraattitypen huuhtoutumiseen. Kuitenkin tuloksista on nähtävissä, että hiedalla ketun lannasta huuhtoutui selvästi vähemmän nitraattityppeä kuin naudan lietteestä, mutta turpeella lantalajien väli-

Taulukko 5. Lysimetrien läpi valuneen veden määrä eri valuntakausina. Erojen merkitsevyys testattiin vain niiden koejäsenten osalta, jotka lannoitettiin naudan tai ketun lannalla.

Maalaji	Lantalaji	Käsittely	Valunta eri kausina, mm				Yht.
			I	II	III	IV	
Turve	Naudan	Syyskuu	181	193	371	153	898
"	"	" + Didin	192	183	390	181	946
"	"	Joulukuu	172	195	368	135	869
"	"	Toukokuu	130	138	286	67	621
"	Ketun	Syyskuu	182	195	347	133	857
"	"	" + Didin	169	180	352	125	826
"	"	Joulukuu	192	188	328	140	848
"	"	Toukokuu	165	137	285	108	694
Hieta	Naudan	Syyskuu	138	96	274	105	614
"	"	" + Didin	99	59	247	77	482
"	"	Joulukuu	120	68	254	99	541
"	"	Toukokuu	124	48	155	73	400
"	Ketun	Syyskuu	107	10	156	69	342
"	"	" + Didin	129	1	198	86	413
"	"	Joulukuu	37	1	151	25	213
"	"	Toukokuu	48	22	145	33	247
\bar{x} Turvemaa	(n=24)		173 ^a	176 ^a	341 ^a	130 ^a	820 ^a
\bar{x} Hietamaa	(n=24)		100 ^b	38 ^b	198 ^a	71 ^a	406 ^b
\bar{x} Naudan lanta	(n=24)		145 ^a	122 ^a	293 ^a	111 ^a	671 ^a
\bar{x} Ketun lanta	(n=24)		129 ^a	99 ^b	245 ^b	90 ^a	555 ^b
\bar{x} Syyskuu	(n=12)		152 ^a	123 ^a	287 ^a	115 ^a	678 ^a
\bar{x} Syyskuu + Didin	(n=12)		147 ^a	105 ^a	297 ^a	117 ^a	667 ^a
\bar{x} Joulukuu	(n=12)		130 ^a	113 ^a	275 ^{ab}	100 ^{ab}	618 ^{ab}
\bar{x} Toukokuu	(n=12)		117 ^a	86 ^a	218 ^b	70 ^b	490 ^b
Merkitsevät yhdysvaikutukset:							
– maalaji × lantalaji			*	*			
Turve	Lannoittamaton		61	103	125	4	294
"	1/2 NPK		178	193	376	135	882
"	1 NPK		174	143	352	115	784
Hieta	Lannoittamaton		101	97	217	113	528
"	1/2 NP		105	87	212	65	469
"	1 NPK		81	7	208	75	370

Samalla yläviiteellä merkityt keskiarvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan ($P=0,05$) kyseisen ryhmän sisällä. Yhdysvaikutuksissa * = merkitsevä 5 %:n riskillä.

nen ero oli melko pieni ja päinvastainen. Toisena valuntakautena ja huuhtoutumisen kokonaismäärässä tämä yhdysvaikutus oli tilastollisesti merkitsevä.

Kahdella ensimmäisellä valuntakaudella toukokuussa levitetystä lannasta huuhtoutui merkitsevästi vähemmän nitraattitypeä kuin syyskuussa

levitetystä. Myös kahdella viimeisellä valuntakaudella toukokuu oli tässä mielessä paras, joskaan erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Lannoitus kohotti nitraattitypen huuhtoutumista yleensä selvästi lannoittamattomiin koejäseniin verrattuna. Nitraattitypen huuhtoutuminen keväällä karjanlannalla lannoitetuista lysimetreistä ei kui-

Taulukko 6. Lysimetreistä huuhtoutuneen kokonaistypen määrä eri valuntakausina. Erojen merkitsevyys testattiin vain niiden koejäsenten osalta, jotka lannoitettiin naudan tai ketun lannalla.

Maalaji	Lantalaji	Käsittely	Typen huuhtoutuminen, kg/ha Valuntakausi n:o				
			I	II	III	IV	Yht.
Turve	Naudan	Syyskuu	12,9	13,4	42,3	10,3	78,9
"	"	" + Didin	9,9	10,4	37,7	10,8	68,7
"	"	Joulukuu	8,0	12,6	40,7	10,3	71,8
"	"	Toukokuu	3,4	9,4	25,8	5,1	43,7
"	Ketun	Syyskuu	15,5	15,6	34,9	9,7	75,6
"	"	" + Didin	14,1	14,4	38,7	9,3	76,5
"	"	Joulukuu	10,9	14,5	41,7	11,8	78,9
"	"	Toukokuu	3,4	10,8	33,6	8,4	56,3
Hieta	Naudan	Syyskuu	10,4	9,2	25,8	5,9	51,3
"	"	" + Didin	10,6	4,8	21,6	4,0	41,1
"	"	Joulukuu	9,3	5,8	30,6	5,6	51,3
"	"	Toukokuu	1,9	1,7	16,8	3,7	24,1
"	Ketun	Syyskuu	10,0	1,6	16,7	4,1	32,4
"	"	" + Didin	12,8	0,0	27,2	5,4	45,4
"	"	Joulukuu	2,0	0,0	12,3	2,8	17,1
"	"	Toukokuu	1,9	10,8	14,0	1,5	18,5
\bar{x} Turvema	(n=24)		9,8 ^a	12,6 ^a	36,9 ^a	9,5 ^a	68,8 ^a
\bar{x} Hietama	(n=24)		7,4 ^a	3,0 ^b	20,6 ^a	4,1 ^a	35,2 ^a
\bar{x} Naudan lanta	(n=24)		8,3 ^a	8,4 ^a	30,2 ^a	7,0 ^a	53,9 ^a
\bar{x} Ketun lanta	(n=24)		8,8 ^a	7,3 ^a	27,4 ^a	6,6 ^a	50,1 ^a
\bar{x} Syyskuu	(n=12)		12,2 ^a	9,9 ^a	29,9 ^a	7,5 ^a	59,6 ^a
\bar{x} Syyskuu + Didin	(n=12)		11,8 ^{ab}	7,4 ^{ab}	31,3 ^a	7,4 ^a	57,9 ^a
\bar{x} Joulukuu	(n=12)		7,6 ^b	8,2 ^{ab}	31,3 ^a	7,6 ^a	54,8 ^a
\bar{x} Toukokuu	(n=12)		2,7 ^c	5,8 ^b	22,5 ^a	4,7 ^a	35,6 ^b
Merkitsevät yhdysvaikutukset:							
– maalaji × lantalaji				*			*
Turve	Lannoittamaton		3,4	5,1	11,0	0,4	19,9
"	1/2 NPK		3,4	8,4	29,9	10,8	52,5
"	1 NPK		3,4	7,5	35,2	8,5	54,6
Hieta	Lannoittamaton		1,9	3,1	10,0	3,8	18,8
"	1/2 NP		1,9	3,4	24,7	4,0	34,1
"	1 NPK		1,9	0,2	13,1	3,7	19,0

Samalla yläviiteellä merkityt keskiarvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan ($P=0,05$) kyseisen ryhmän sisällä. Yhdysvaikutuksissa * = merkitsevä 5 %:n riskillä.

tenkaan ollut sen suurempaa kuin väkilannoitetuista lysimetreistä.

Turvemaasta huuhtoutui kokeen aikana ammoniumtyppeä keskimäärin 45-kertainen määrä hietamaan huuhtoutumaan verrattuna (Taulukko 8). Maalajien välinen ero oli tilastollisesti merkit-

sevä kolmella ensimmäisellä valuntakaudella sekä huuhtoutumisen kokonaismäärässä.

Lantalajin vaikutus ammoniumtypen huuhtoutumiseen oli kokonaisuutena vähäinen. Vain toisena valuntakautena ketun lannasta huuhtoutui merkitsevästi enemmän ammoniumtyppeä kuin naudan

Taulukko 7. Lysimetreistä huuhtoutuneen nitraattitypen määrä eri valuntakausina. Erojen merkitsevyys testattiin vain niiden koejäsenten osalta, jotka lannoitettiin naudan tai ketun lannalla.

Maalaji	Lantalaji	Käsittely	NO ₃ -N huuhtoutuminen, kg/ha Valuntakausi n:o				Yht.
			I	II	III	IV	
Turve	Naudan	Syyskuu	5,6	6,2	24,6	5,4	41,9
"	"	" + Didin	2,7	3,2	16,7	6,3	28,8
"	"	Joulukuu	1,4	2,5	24,3	6,0	34,2
"	"	Toukokuu	0,8	2,1	15,9	3,3	22,1
"	Ketun	Syyskuu	3,7	7,0	20,3	4,9	36,0
"	"	" + Didin	4,5	5,4	17,7	4,4	32,0
"	"	Joulukuu	1,8	7,5	25,1	7,4	41,7
"	"	Toukokuu	0,8	6,5	21,2	4,8	33,3
Hieta	Naudan	Syyskuu	7,8	7,0	22,3	4,8	41,8
"	"	" + Didin	7,6	3,8	18,9	3,8	34,1
"	"	Joulukuu	8,0	5,1	23,1	4,6	40,7
"	"	Toukokuu	1,4	1,4	10,3	3,3	16,4
"	Ketun	Syyskuu	5,6	1,4	11,3	3,7	22,0
"	"	" + Didin	9,7	0,0	23,8	4,8	38,3
"	"	Joulukuu	1,7	0,0	11,0	2,7	15,3
"	"	Toukokuu	1,4	1,0	11,4	1,1	14,8
\bar{x} Turvema	(n=24)		2,7 ^a	5,1 ^a	20,7 ^a	5,3 ^a	33,8 ^a
\bar{x} Hietama	(n=24)		5,4 ^a	2,4 ^a	16,5 ^a	3,6 ^a	27,9 ^a
\bar{x} Naudan lanta	(n=24)		4,4 ^a	3,9 ^a	19,5 ^a	4,7 ^a	32,5 ^a
\bar{x} Ketun lanta	(n=24)		3,6 ^a	3,6 ^a	17,7 ^a	4,2 ^a	29,2 ^a
\bar{x} Syyskuu	(n=12)		5,7 ^a	5,4 ^a	19,6 ^a	4,7 ^a	35,4 ^a
\bar{x} Syyskuu + Didin	(n=12)		6,1 ^a	3,1 ^{ab}	19,3 ^a	4,8 ^a	33,3 ^a
\bar{x} Joulukuu	(n=12)		3,2 ^{ab}	3,8 ^{ab}	20,9 ^a	5,1 ^a	33,0 ^a
\bar{x} Toukokuu	(n=12)		1,1 ^b	2,7 ^b	14,7 ^a	3,1 ^a	21,6 ^a
Merkitsevät yhdysvaikutukset:							
- maalaji × lantalaji				**			*
Turve	Lannoittamaton		0,8	1,8	7,2	0,3	10,0
"	1/2 NPK		0,8	4,3	21,6	5,8	32,4
"	1 NPK		0,8	3,5	19,6	4,5	28,5
Hieta	Lannoittamaton		1,4	2,8	7,6	3,2	15,1
"	1/2 NP		1,4	2,8	20,5	3,9	28,6
"	1 NPK		1,4	0,2	10,6	2,7	14,9

Samalla yläviiteellä merkityt keskiarvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan ($P=0,05$) kyselyn ryhmän sisällä. Yhdysvaikutuksissa * = merkitsevä 5 %:n riskillä, ** = merkitsevä 1 %:n riskillä.

lietelannasta. Lantalajin vaikutus ammoniumtyypen huuhtoutumiseen riippui kuitenkin maalajista siten, että turvemaalla ketun lannasta huuhtoutui enemmän ammoniumtyyppiä kuin naudan lietelannasta, mutta hietamaalla lantalajien väliin ero oli melko pieni ja päinvastainen. Tämä yhdysvaikutus oli ti-

lastollisesti merkitsevä toisena valuntakautena ja huuhtoutumisen kokonaismäärässä.

Ammoniumtyypen huuhtoutuminen oli suurinta syyskuussa levitetystä lannasta ja vähäisintä toukokuussa levitetystä. Levitysaikojen väliset erot oli-

Taulukko 8. Lysimetreistä huuhtoutuneen ammoniumtyypen määrä eri valuntakausina. Erojen merkitsevyys testattiin vain niiden koejäsenten osalta, jotka lannoitettiin naudan tai ketun lannalla.

Maalaji	Lantalaji	Käsittely	NH ₄ -N huuhtoutuminen, kg/ha Valuntakausi n:o				
			I	II	III	IV	Yht.
Turve	Naudan	Syyskuu	3,94	2,53	7,37	2,39	16,24
"	"	" + Didin	4,00	2,42	6,48	2,40	15,30
"	"	Joulukuu	3,41	3,15	8,06	1,66	16,28
"	"	Toukokuu	1,42	1,19	3,80	0,77	7,19
"	Ketun	Syyskuu	6,95	3,11	7,80	1,79	19,65
"	"	" + Didin	5,22	4,29	8,64	2,16	20,31
"	"	Joulukuu	5,38	3,02	6,32	1,80	16,52
"	"	Toukokuu	1,42	1,48	5,77	1,15	9,81
Hieta	Naudan	Syyskuu	0,11	0,03	0,12	0,07	0,33
"	"	" + Didin	0,19	0,03	0,13	0,06	0,41
"	"	Joulukuu	0,14	0,05	0,06	0,19	0,44
"	"	Toukokuu	0,03	0,02	0,56	0,02	0,64
"	Ketun	Syyskuu	0,13	0,00	0,08	0,08	0,29
"	"	" + Didin	0,11	0,00	0,16	0,06	0,33
"	"	Joulukuu	0,03	0,00	0,07	0,00	0,10
"	"	Toukokuu	0,03	0,01	0,10	0,02	0,16
\bar{x} Turvema	(n=24)		3,97 ^a	2,65 ^a	6,78 ^a	1,77 ^a	15,16 ^a
\bar{x} Hietama	(n=24)		0,10 ^b	0,02 ^b	0,16 ^b	0,06 ^a	0,34 ^b
\bar{x} Naudan lanta	(n=24)		1,66 ^a	1,18 ^a	3,32 ^a	0,95 ^a	7,10 ^a
\bar{x} Ketun lanta	(n=24)		2,41 ^a	1,49 ^b	3,62 ^a	0,88 ^a	8,40 ^a
\bar{x} Syyskuu	(n=12)		2,78 ^a	1,42 ^{ab}	3,84 ^a	1,08 ^a	9,13 ^a
\bar{x} Syyskuu + Didin	(n=12)		2,38 ^a	1,68 ^a	3,85 ^a	1,17 ^a	9,09 ^a
\bar{x} Joulukuu	(n=12)		2,24 ^a	1,56 ^{ab}	3,63 ^a	0,91 ^a	8,34 ^{ab}
\bar{x} Toukokuu	(n=12)		0,73 ^b	0,68 ^b	2,56 ^a	0,49 ^a	4,45 ^b
Merkitsevät yhdysvaikutukset:							
- maalaji × lantalaji				*			*
- maalaji × käsittely			**	*			**
Turve	Lannoittamaton		1,42	1,20	0,76	0,02	3,40
"	1/2 NPK		1,42	0,82	2,75	0,60	5,59
"	1 NPK		1,42	1,23	8,19	2,04	12,88
Hieta	Lannoittamaton		0,03	0,02	0,09	0,02	0,16
"	1/2 NP		0,03	0,11	0,07	0,05	0,26
"	1 NPK		0,03	0,00	0,20	0,07	0,31

Samalla yläviitteellä merkityt keskiarvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan ($P=0,05$) kyseisen ryhmän sisällä. Yhdysvaikutuksissa * = merkitsevä 5 %:n riskillä, ** = merkitsevä 1 %:n riskillä.

vat suurimmillaan ensimmäisellä ja toisella valuntakaudella. Levitysajan vaikutus ammoniumtyypen huuhtoutumiseen riippui kuitenkin maalajista siten, että turvemaalla erot olivat suuria mutta hiedalla varsin pieniä. Ammoniumtyypen huuhtoutumisen

kokonaismäärät olivat turvemaalla keskimäärin 17,9 kg/ha (syyskuu), 17,8 kg/ha (syyskuu+Didin), 16,4 kg/ha (joulukuu) ja 8,5 kg/ha (toukokuu). Hiedalla vastaavat lukemat olivat 0,3 kg/ha, 0,4 kg/ha, 0,3 kg/ha ja 0,4 kg/ha.

Taulukko 9. Lysimetreistä huuhtoutuneen orgaanisen typen määrä eri valuntakausina. Erojen merkitsevyys testattiin vain niiden koeläsenten osalta, jotka lannoitettiin naudan tai ketun lannalla.

Maalaji	Lantalaji	Käsittely	Org. N huuhtoutuminen, kg/ha				Yht.
			Valuntakausi n:o				
			I	II	III	IV	
Turve	Naudan	Syyskuu	3,3	4,6	10,3	2,5	20,8
"	"	" + Didin	3,2	4,8	14,5	2,1	24,6
"	"	Joulukuu	3,2	7,0	8,3	2,7	21,2
"	"	Toukokuu	1,2	6,1	6,0	1,1	14,4
"	Ketun	Syyskuu	4,8	5,4	6,8	3,0	20,0
"	"	" + Didin	4,3	4,7	12,4	2,8	24,2
"	"	Joulukuu	3,7	4,0	10,3	2,6	20,7
"	"	Toukokuu	1,2	2,8	6,6	2,5	13,2
Hieta	Naudan	Syyskuu	2,5	2,2	3,4	1,1	9,2
"	"	" + Didin	2,8	1,0	2,5	0,2	6,6
"	"	Joulukuu	1,2	0,7	7,4	0,8	10,2
"	"	Toukokuu	0,5	0,3	5,9	0,4	7,1
"	Ketun	Syyskuu	4,3	0,2	5,3	0,4	10,2
"	"	" + Didin	3,0	0,0	3,3	0,5	6,8
"	"	Joulukuu	0,3	0,0	1,3	0,1	1,7
"	"	Toukokuu	0,5	0,1	2,5	0,4	3,5
\bar{x} Turvema	(n=24)		3,1 ^a	4,9 ^a	9,4 ^a	2,4 ^a	19,9 ^a
\bar{x} Hietama	(n=24)		1,9 ^a	0,6 ^a	4,0 ^b	0,5 ^b	6,9 ^b
\bar{x} Naudan lanta	(n=24)		2,2 ^a	3,3 ^a	7,3 ^a	1,4 ^a	14,2 ^a
\bar{x} Ketun lanta	(n=24)		2,8 ^a	2,2 ^a	6,1 ^a	1,5 ^a	12,5 ^a
\bar{x} Syyskuu	(n=12)		3,7 ^a	3,1 ^a	6,5 ^a	1,7 ^a	15,0 ^a
\bar{x} Syyskuu + Didin	(n=12)		3,3 ^a	2,6 ^a	8,2 ^a	1,4 ^a	15,5 ^a
\bar{x} Joulukuu	(n=12)		2,1 ^{ab}	2,9 ^a	6,8 ^a	1,6 ^a	13,5 ^{ab}
\bar{x} Toukokuu	(n=12)		0,8 ^b	2,3 ^a	5,3 ^a	1,1 ^a	9,5 ^b
Merkitsevät yhdysvaikutukset:							
– maalaji × lantalaji							*
Turve	Lannoittamaton		1,2	2,1	3,0	0,1	6,5
"	1/2 NPK		1,2	3,3	5,6	4,4	14,5
"	1 NPK		1,2	2,7	7,4	2,0	13,3
Hieta	Lannoittamaton		0,5	0,2	2,3	0,6	3,6
"	1/2 NP		0,5	0,5	4,2	0,0	5,2
"	1 NPK		0,5	0,0	2,3	0,9	3,8

Samalla yläviiteellä merkityt keskiarvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan ($P=0,05$) kyseisen ryhmän sisällä. Yhdysvaikutuksissa * = merkitsevä 5 %:n riskillä.

Lannoitus niin karjanlannalla kuin väkilannoitteellakin kohotti ammoniumtypen huuhtoutumista turvemaasta selvästi lannoittamattomaan verrattuna. Sen sijaan lannoituksen vaikutus hietamaalla oli erittäin pieni.

Orgaanista typpeä huuhtoutui kokeen aikana karjanlannalla lannoitetusta turvemaasta 2,9-kertainen määrä karjanlannalla lannoitettuun hietaan verrattuna (Taulukko 9). Maalajien välinen ero oli merkitsevä kahtena viimeisenä valuntakautena sekä huuhtoutumisen kokonaismäärässä.

Lantalaji ei juurikaan vaikuttanut orgaanisen typen huuhtoutumiseen. Neljäntenä valuntakautena ketun lannasta huuhtoutui turvemaalla enemmän orgaanista tyyppiä kuin naudan lannasta, mutta hiedalla taas naudan lannasta hieman enemmän kuin ketun lannasta.

Toukokuussa levitetystä lannasta huuhtoutui ensimmäisenä valuntakautena merkitsevästi vähemmän orgaanista tyyppiä kuin syyskuun levityksistä. Tämä ero oli tilastollisesti merkitsevä myös huuhtoutumisen kokonaismäärässä.

Orgaanisen typen huuhtoutuminen lannoittamattomasta turvemaasta näytti olevan selvästi vähäisempää kuin väkilannoitteella lannoitetusta, mutta tämä johtunee vain lannoittamattomien lysimetrien poikkeuksellisen pienestä valunnasta. Hieta-lysimetreissä vastaavaa eroa ei ole todettavissa.

Väkilannoitteella lannoitettujen ja karjanlannalla lannoitettujen lysimetrien vertailu osoittaa, ettei keväällä levitetty lanta juurikaan lisännyt orgaanisen typen huuhtoutumista. Sen sijaan syksyllä tai talvella levitetty lanta lisäsi orgaanisen typen huuhtoutumista selvästi etenkin turvemaalla.

Ensimmäisen valuntakauden aikana turvemaasta huuhtoutuneesta kokonaistypestä 28 % oli nitraattimuodossa, 41 % ammoniummuodossa ja 31 % orgaanisessa muodossa (Taulukko 10). Kokeen loppuun mennessä nitraattitypen osuus huuhtoutuman kokonaistypestä kasvoi 28 %-yksikköä, mutta ammoniumtypen osuus pieneni 22 %-yksikköä ja orgaanisen typen osuus 6 %-yksikköä.

Taulukko 10. Eri typpifraktioiden osuus huuhtoutuman kokonaistypestä eri valuntakausina.

Valuntakausi	% kokonaistypestä		
	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Org. N
	Turvemaalla		
I	28	41	31
II	40	21	39
III	56	18	26
IV	56	19	25
	Hietamaalla		
I	73	2	25
II	80	1	19
III	80	1	19
IV	88	2	10

Hietamaasta huuhtoutuneesta kokonaistypestä oli ensimmäisenä valuntakautena nitraattimuodossa 73 %, ammoniummuodossa 2 % ja orgaanisessa muodossa 25 %. Nitraattitypen osuus huuhtoutuman kokonaistypestä nousi kokeen loppuun mennessä 15 %-yksikköä, ammoniumtypen osuus pysyi käytännössä samana, mutta orgaanisen typen osuus pieneni 15 %-yksikköä.

3.4 Kokonaisfosforin huuhtoutuminen

Karjanlannalla lannoitetusta turpeesta huuhtoutui kokeen aikana kokonaisfosforia keskimäärin 23-kertainen määrä karjanlannalla lannoitettuun hietaan verrattuna (Taulukko 11). Maalajien väliset erot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä, joskin hyvin lähellä sitä (esim. toisena valuntakautena ja huuhtoutuman kokonaismäärässä riskitaso oli 5,5 %).

Kokonaisfosforia näytti huuhtoutuvan naudan lannasta aina vähemmän kuin ketun lannasta, mutta ero oli tilastollisesti merkitsevä vain huuhtoutuman kokonaismäärässä. Lantalajin vaikutus riippui maalajista siten, että turvemaalla ketun lannasta huuhtoutui huomattavasti enemmän kokonaisfosforia kuin naudan lietelannasta, mutta hiedalla lantalajien välinen ero oli hyvin pieni. Tämä yhdysvaikutus oli tilastollisesti merkitsevä huuhtoutuman kokonaismäärässä.

Kokonaisfosforin huuhtoutuminen riippui levitysjasta merkitsevästi ainoastaan ensimmäisenä valuntakautena, jolloin lannan levitys syyskuussa lisäsi huuhtoutumista toukokuun levitykseen (siltoin vielä käsittelemätön) verrattuna. Yksittäisten koejäsenten tuloksista nähdään, että turvemaalle levitetystä naudan lietelannasta huuhtoutui kokonaisfosforia selvästi vähemmän kevätlevityksen jälkeen kuin syys- tai talvilevityksen jälkeen. Sen sijaan kevätlevitys ei näyttänyt vähentävän turvemaalle levitetyn ketun lannan kokonaisfosforin huuhtoutumista. Kokonaisfosforin huuhtoutuminen hiedalta oli aina hyvin vähäistä, ja levitysjajan vaikutus siihen oli yleensä pieni.

Lannoittaminen niin karjanlannalla kuin väkilannoitteellakin kohotti selvästi kokonaisfosforin huuhtoutumista turvemaalta lannoittamattomaan verrattuna. Kuitenkaan keväällä levitetty naudan lietelanta ei kohottanut kokonaisfosforin huuhtoutumista suuremmaksi kuin väkilannoitefosforin

Taulukko 11. Lysimetreistä huuhtoutuneen kokonaisfosforin määrä eri valuntakausina. Erojen merkittävyys testattiin vain niiden koejäsenten osalta, jotka lannoitettiin naudan tai ketun lannalla.

Maalaji	Lantalaji	Käsittely	Fosforin huuhtoutuminen, g/ha				Yht.
			Valuntakausi n:o				
			I	II	III	IV	
Turve	Naudan	Syyskuu	115	113	627	494	1348
"	"	" + Didin	113	86	514	502	1215
"	"	Joulukuu	175	131	691	420	1416
"	"	Toukokuu	24	79	329	93	524
"	Ketun	Syyskuu	657	467	1213	717	3054
"	"	" + Didin	229	104	805	580	1718
"	"	Joulukuu	254	246	2276	1832	4609
"	"	Toukokuu	24	345	2262	1598	4228
Hieta	Naudan	Syyskuu	12	17	41	30	99
"	"	" + Didin	7	5	69	16	97
"	"	Joulukuu	12	9	33	33	86
"	"	Toukokuu	10	6	66	24	105
"	Ketun	Syyskuu	11	2	39	16	68
"	"	" + Didin	16	0	28	42	87
"	"	Joulukuu	9	0	139	7	155
"	"	Toukokuu	10	1	73	11	96
\bar{x} Turvema	(n=24)		199 ^a	196 ^a	1090 ^a	780 ^a	2264 ^a
\bar{x} Hietama	(n=24)		11 ^a	5 ^a	61 ^a	22 ^a	99 ^a
\bar{x} Naudan lanta	(n=24)		58 ^a	56 ^a	296 ^a	201 ^a	611 ^a
\bar{x} Ketun lanta	(n=24)		151 ^a	146 ^a	854 ^a	600 ^a	1752 ^b
\bar{x} Syyskuu	(n=12)		199 ^a	150 ^a	480 ^a	314 ^a	1142 ^a
\bar{x} Syyskuu + Didin	(n=12)		91 ^{ab}	49 ^a	354 ^a	285 ^a	779 ^a
\bar{x} Joulukuu	(n=12)		112 ^{ab}	96 ^a	785 ^a	573 ^a	1567 ^a
\bar{x} Toukokuu	(n=12)		17 ^b	108 ^a	682 ^a	431 ^a	1238 ^a
Merkitsevät yhdysvaikutukset:							
- maalaji × lantalaji							*
Turve	Lannoittamaton		24	62	144	10	239
"	1/2 NPK		24	62	215	104	405
"	1 NPK		24	75	384	226	709
Hieta	Lannoittamaton		10	13	24	15	62
"	1/2 NP		10	23	65	22	121
"	1 NPK		10	7	83	24	124

Samalla yläviteellä merkityt keskiarvot eivät eroa merkittävästi toisistaan ($P=0,05$) kyseisen ryhmän sisällä. Yhdysvaikutuksissa * = merkitsevä 5 %:n riskillä.

huuhtoutuminen oli. Hiedallakin fosforilannoitus näkyi huuhtoutumisen kokonaismäärässä, mutta fosforin huuhtoutuminen hiedalta oli yleensä ottaen erittäin vähäistä turvemaahan verrattuna.

3.5 Liukoisen fosforin huuhtoutuminen

Liukoisen fosforin huuhtoutuminen oli hyvin sa-

mantyyppistä kuin kokonaisfosforin huuhtoutuminen (Taulukko 12). Turvemaasta näytti huuhtoutuvan liukoista fosforia huomattavasti enemmän kuin hiedasta; ero huuhtoutumisen kokonaismäärässä oli 39-kertainen. Nämä erot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä, joskin hyvin lähellä sitä (riskitaso toisena valuntakautena 6,4 % ja huuhtoutumisen kokonaismäärässä 6,6 %).

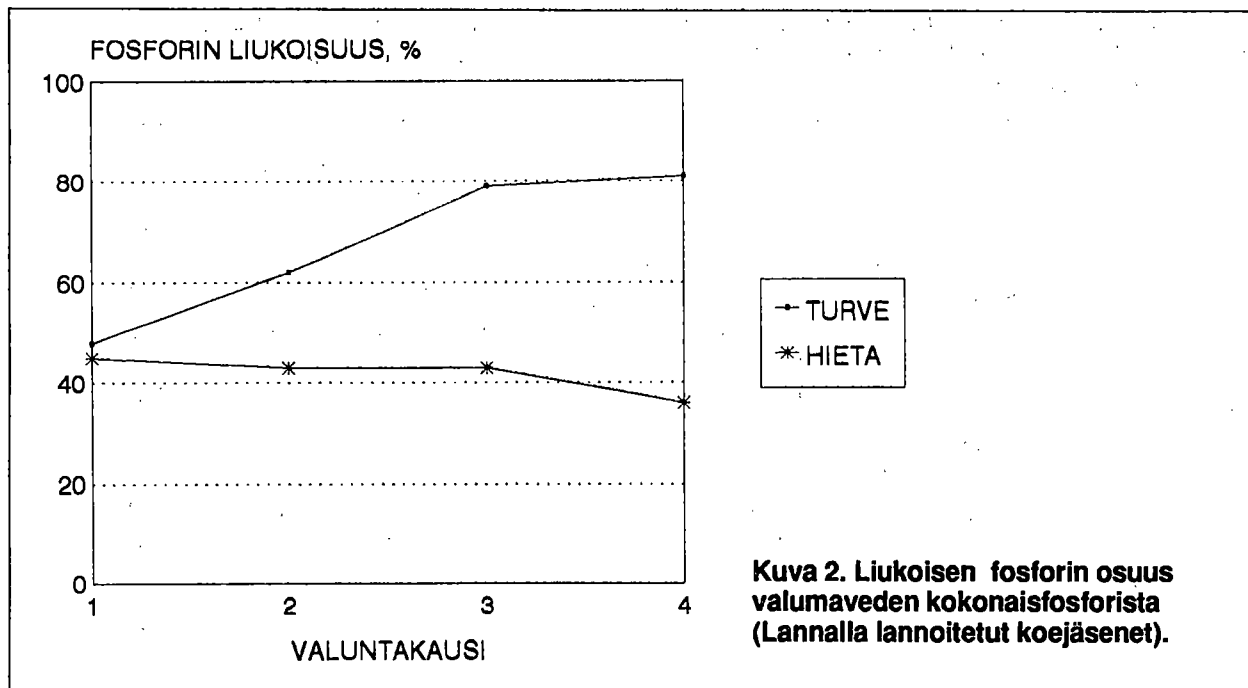
Taulukko 12. Lysimetreistä huuhtoutuneen liukoisen fosforin määrä eri valuntakausina. Erojen merkitsevyys testattiin vain niiden koejäsenten osalta, jotka lannoitettiin naudnan tai ketun lannalla.

Maalaji	Lantalaji	Käsittely	Fosforin huuhtoutuminen, g/ha				Yht.
			Valuntakausi n:o				
			I	II	III	IV	
Turve	Naudan	Syyskuu	58	65	444	438	1005
"	"	" + Didin	54	46	404	426	929
"	"	Joulukuu	80	73	541	352	1047
"	"	Toukokuu	9	46	242	65	362
"	Ketun	Syyskuu	494	370	1047	601	2513
"	"	" + Didin	100	60	637	480	1276
"	"	Joulukuu	118	190	1998	1617	3923
"	"	Toukokuu	9	252	2051	1415	3727
Hieta	Naudan	Syyskuu	7	5	15	17	44
"	"	" + Didin	2	2	35	7	46
"	"	Joulukuu	5	4	8	7	23
"	"	Toukokuu	5	2	24	12	44
"	Ketun	Syyskuu	5	1	13	6	25
"	"	" + Didin	9	0	10	9	27
"	"	Joulukuu	4	0	99	4	106
"	"	Toukokuu	5	1	52	2	60
\bar{x} Turvema	(n=24)		115 ^a	138 ^a	921 ^a	674 ^a	1848 ^a
\bar{x} Hietamaa	(n=24)		5 ^a	2 ^a	32 ^a	8 ^a	47 ^a
\bar{x} Naudan lanta	(n=24)		27 ^a	30 ^a	214 ^a	166 ^a	437 ^a
\bar{x} Ketun lanta	(n=24)		93 ^a	109 ^a	738 ^a	517 ^a	1457 ^a
\bar{x} Syyskuu	(n=12)		141 ^a	110 ^a	380 ^a	265 ^a	897 ^a
\bar{x} Syyskuu + Didin	(n=12)		41 ^a	27 ^a	271 ^a	230 ^a	570 ^a
\bar{x} Joulukuu	(n=12)		52 ^a	67 ^a	662 ^a	495 ^a	1275 ^a
\bar{x} Toukokuu	(n=12)		7 ^a	75 ^a	592 ^a	374 ^a	1048 ^a
Merkitseviä yhdysvaikutuksia ei ollut							
Turve	Lannoittamaton		9	31	62	4	106
"	1/2 NPK		9	36	141	66	252
"	1 NPK		9	48	274	190	520
Hieta	Lannoittamaton		5	5	5	5	19
"	1/2 NP		5	11	30	12	57
"	1 NPK		5	1	19	8	33

Samalla yläviiteellä merkityt keskiarvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan ($P=0,05$) kyseisen ryhmän sisällä.

Ketun lannalla lannoitetuista lysimetreistä huuhtoutui kokeen aikana liukoista fosforia 3,3-kertainen määrä naudnan lannalla lannoitettuihin verrattuna. Tämä ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä, joskin varsin lähellä sitä etenkin huuhtoutumisen kokonaismäärässä (riskitaso 5,3 %). Turvemaalla ketun lannasta näytti huuhtoutuvan

huomattavasti enemmän liukoista fosforia kuin naudnan lietelannasta, mutta hiedalla lantalajien välinen ero oli pieni. Tämä yhdysvaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä, mutta hyvin lähellä sitä huuhtoutumisen kokonaismäärässä (riskitaso 5,5 %).



Kuva 2. Liukoisesta fosforista valumaveden kokonaisfosforista (Lannalla lannoitetut koejäsenet).

Liukoisesta fosforista huuhtoutuminen ei riippunut merkittävästi lannan levityksajasta. Yksittäisten koejäsenten tuloksia tarkasteltaessa nähdään, että turvemaalle levitetystä naudan lietalannasta huuhtoutui liukoista fosforia selvästi vähemmän kevätlevityksen jälkeen kuin syys- tai talvilevityksen jälkeen. Sen sijaan kevätlevitys ei näyttänyt vähentävän turvemaalle levitetyn ketun lannan liukoisesta fosforista huuhtoutumista. Liukoisesta fosforista huuhtoutuminen hiedasta oli aina hyvin vähäistä, ja levityksajan vaikutus siihen oli yleensä pieni.

Lannoittaminen niin karjanlannalla kuin väkilannoitteellakin kohotti selvästi liukoisesta fosforista huuhtoutumista turvemaalta lannoittamattomaan verrattuna. Kuitenkaan keväällä levitetty naudan lietalanta ei kohottanut liukoisesta fosforista huuhtoutumista suuremmaksi kuin väkilannoitefosforista huuhtoutuminen oli. Hiedallakin fosforilannoitus näkyi huuhtoutumisen kokonaismäärässä, mutta fosforista huuhtoutuminen hiedalta oli yleensä ottaen erittäin vähäistä turvemaahan verrattuna.

Ensimmäisellä valuntakaudella liukoisesta fosforista osuus huuhtoutuman kokonaisfosforista oli turpeella ja hiedalla lähes sama, hieman alle 50 % (Kuva 2). Kokeen kuluessa huuhtoutuman fosforista liukoisuus laski hieman hiedalla, mutta kohosi turpeella jopa yli 80 %:n. Tämä tapahtui samanaikaisesti

kun liukoisesta fosforista huuhtoutumisen määrä kasvoi (Taulukko 12).

3.6 Kiintoaineen huuhtoutuminen

Karjanlannalla lannoitetusta turvemaasta huuhtoutui kokeen aikana kiintoainetta keskimäärin 3-kertainen määrä karjanlannalla lannoitettuun hietaan verrattuna (Taulukko 13). Maalajien välinen ero oli tilastollisesti merkitsevä toisella, kolmannella ja neljännellä valuntakaudella sekä huuhtoutumisen kokonaismäärässä.

Ketun lannalla lannoitetuista lysimetreistä huuhtoutui hieman enemmän kiintoainetta kuin naudan lietalannalla lannoitetuista, mutta ero oli tilastollisesti merkityksetön.

Lannan levitysaika vaikutti kiintoaineen huuhtoutumiseen siten, että huuhtoutumisen kokonaismäärä oli toukokuun levityksen jälkeen merkittävästi pienempi kuin syyskuun (+Didin) tai joulukuun levityksen jälkeen. Suuri osa tästä erosta syntyi jo ensimmäisellä valuntakaudella, mutta yllättävän suuria eroja oli myös neljännellä valuntakaudella. Turvemaalla eniten kiintoainetta huuhtoutui joulukuun levityksestä ja vähiten toukokuun levityksestä ja käsittelyjen väliset erot olivat melko suuria. Hiedalla sen sijaan eniten kiintoainetta huuhtoutui syyskuun levityksestä ja vähiten toukokuun levi-

Taulukko 13. Lysimetreistä huuhtoutuneen kiintoaineen määrä eri valuntakausina. Erojen merkitsevyys testattiin vain niiden koejäsenten osalta, jotka lannoitettiin naudan tai ketun lannalla.

Maalaji	Lantalaji	Käsittely	Kiintoaineen huuhtoutuminen, kg/ha Valuntakausi n:o				Yht.
			I	II	III	IV	
Turve	Naudan	Syyskuu	7,5	4,4	11,1	11,0	34,0
"	"	" + Didin	7,5	5,8	10,0	12,8	36,1
"	"	Joulukuu	8,9	5,7	11,5	11,0	37,1
"	"	Toukokuu	3,4	3,5	11,5	6,9	25,3
"	Ketun	Syyskuu	7,5	7,8	11,0	13,0	39,3
"	"	" + Didin	19,8	7,5	12,6	14,7	54,7
"	"	Joulukuu	14,2	7,0	18,6	23,3	63,1
"	"	Toukokuu	3,4	5,6	5,9	13,3	28,2
Hieta	Naudan	Syyskuu	0,7	2,0	5,9	9,2	17,9
"	"	" + Didin	0,2	0,6	7,3	7,0	15,1
"	"	Joulukuu	1,1	1,2	4,0	11,2	17,4
"	"	Toukokuu	0,2	0,8	3,7	7,7	12,4
"	Ketun	Syyskuu	0,4	0,3	5,8	8,5	15,0
"	"	" + Didin	0,5	0,0	4,5	9,3	14,3
"	"	Joulukuu	0,1	0,0	4,2	2,0	6,3
"	"	Toukokuu	0,2	0,2	5,6	1,7	7,7
\bar{x} Turvemaa (n=24)			9,0 ^a	5,9 ^a	11,5 ^a	13,3 ^a	39,7 ^a
\bar{x} Hietamaa (n=24)			0,4 ^a	0,6 ^b	5,1 ^b	7,1 ^b	13,3 ^b
\bar{x} Naudan lanta (n=24)			3,7 ^a	3,0 ^a	8,1 ^a	9,6 ^a	24,4 ^a
\bar{x} Ketun lanta (n=24)			5,8 ^a	3,6 ^a	8,5 ^a	10,7 ^a	28,6 ^a
\bar{x} Syyskuu (n=12)			4,0 ^a	3,6 ^a	8,5 ^a	10,4 ^a	26,6 ^{ab}
\bar{x} Syyskuu + Didin (n=12)			7,0 ^a	3,5 ^a	8,6 ^a	11,0 ^a	30,1 ^a
\bar{x} Joulukuu (n=12)			6,1 ^a	3,5 ^a	9,6 ^a	11,9 ^a	31,0 ^a
\bar{x} Toukokuu (n=12)			1,8 ^a	2,5 ^a	6,7 ^a	7,4 ^a	18,4 ^b
Merkitsevät yhdysvaikutukset:							
- maalaji × käsittely *							
- maalaji × lantalaji × käsittely *							
Turve	Lannoittamaton		3,4	4,3	6,9	1,0	15,5
"	1/2 NPK		3,4	5,3	10,1	21,7	40,5
"	1 NPK		3,4	3,7	10,3	11,8	29,2
Hieta	Lannoittamaton		0,2	1,8	2,3	10,0	14,3
"	1/2 NP		0,2	1,8	6,5	6,1	14,6
"	1 NPK		0,2	1,8	14,0	7,3	23,3

Samalla yläviiteellä merkityt keskiarvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan ($P=0,05$) kyseisen ryhmän sisällä. Yhdysvaikutuksissa * = merkitsevä 5 %:n riskillä.

tyksestä ja käsittelyjen väliset erot olivat huomattavasti pienempiä.

Kun vertailukohdaksi otetaan lannoittamattoman koejäsenen tulos, havaitaan, ettei lannoituskäsittelyillä ollut juurikaan vaikutusta kiintoaineen

huuhtoutumiseen hiedasta. Turpeella eri lannoituskäsittelyt näyttivät kohottavan kiintoaineen huuhtoutumista lannoittamattomaan verrattuna huomattavastikin, mutta tämä ilmiö johtunee osaksi lannoittamattoman koejäsenen pienestä valunnasta.

Taulukko 14. Lysimetreistä huuhtoutuneen kaliumin määrä eri valuntakausina. Erojen merkitsevyys testattiin vain niiden koejäsenten osalta, jotka lannoitettiin naudan tai ketun lannalla.

Maalaji	Lantalaji	Käsittely	Kaliumin huuhtoutuminen, kg/ha				Yht.
			Valuntakausi n:o				
			I	II	III	IV	
Turve	Naudan	Syyskuu	5,5	0,9	10,5	4,2	21,1
"	"	" + Didin	6,3	2,4	12,9	5,1	26,7
"	"	Joulukuu	5,4	2,5	11,6	3,4	23,0
"	"	Toukokuu	1,3	1,4	9,7	2,1	14,5
"	Ketun	Syyskuu	6,4	0,9	12,1	3,9	23,3
"	"	" + Didin	7,2	2,1	12,1	3,3	24,7
"	"	Joulukuu	6,0	1,9	11,7	3,8	23,4
"	"	Toukokuu	1,3	0,3	11,6	3,3	16,5
Hieta	Naudan	Syyskuu	12,2	6,1	43,4	13,9	75,7
"	"	" + Didin	9,6	0,8	33,9	9,5	53,8
"	"	Joulukuu	10,5	3,4	39,7	14,8	68,4
"	"	Toukokuu	7,1	1,6	22,0	10,4	41,1
"	Ketun	Syyskuu	11,8	0,0	33,0	12,6	57,4
"	"	" + Didin	16,1	0,0	50,6	21,3	88,1
"	"	Joulukuu	7,1	0,0	17,0	5,3	29,4
"	"	Toukokuu	7,1	0,0	24,4	4,7	36,3
\bar{x} Turvema	(n=24)		4,9 ^a	1,6 ^a	11,5 ^a	3,7 ^a	21,7 ^a
\bar{x} Hietama	(n=24)		10,2 ^a	1,5 ^a	33,0 ^a	11,6 ^a	56,3 ^a
\bar{x} Naudan lanta	(n=24)		7,3 ^a	2,4 ^a	23,0 ^a	7,9 ^a	40,5 ^a
\bar{x} Ketun lanta	(n=24)		7,9 ^a	0,7 ^a	21,6 ^a	7,3 ^a	37,4 ^a
\bar{x} Syyskuu	(n=12)		9,0 ^a	2,0 ^a	24,8 ^a	8,7 ^{ab}	44,4 ^a
\bar{x} Syyskuu + Didin	(n=12)		9,8 ^a	1,3 ^a	27,4 ^a	9,8 ^a	48,3 ^a
\bar{x} Joulukuu	(n=12)		7,3 ^{ab}	1,9 ^a	20,0 ^a	6,8 ^{ab}	36,0 ^{ab}
\bar{x} Toukokuu	(n=12)		4,2 ^b	0,8 ^a	16,9 ^a	5,1 ^b	27,1 ^b
Merkitsevät yhdysvaikutukset:							
– lantalaji × käsittely						*	*
– maalaji × lantalaji × käsittely						**	*
Turve	Lannoittamaton		1,3	1,1	7,3	0,0	9,7
"	1/2 NPK		1,3	1,2	6,8	2,3	11,6
"	1 NPK		1,3	0,2	7,7	2,0	11,1
Hieta	Lannoittamaton		7,1	7,9	21,0	11,0	47,1
"	1/2 NP		7,1	2,5	35,5	10,3	55,5
"	1 NPK		7,1	0,0	27,0	10,3	44,4

Samalla yliviiteellä merkityt keskiarvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan ($P=0,05$) kyseisen ryhmän sisällä. Yhdysvaikutuksissa * = merkitsevä 5 %:n riskillä, ** = merkitsevä 1 %:n riskillä.

3.7 Kaliumin huuhtoutuminen

Karjanlannalla lannoitetusta hiedasta huuhtoutui kokeen aikana kaliumia 2,6-kertainen määrä karjanlannalla lannoitettuun turpeeseen verrattuna, mutta tämä ero ei ollut tilastollisesti merkitsevää (Taulukko 14). Lantalajin vaikutus kaliumin huuhtoutumiseen oli merkityksettömän pieni.

Lannan levitysaika vaikutti kaliumin huuhtoutumiseen siten, että huuhtoutuminen oli aina vähäisintä toukokuun levityksestä. Turvemaalla kaliumia huuhtoutui suunnilleen sama määrä syyskuun levityksistä (ilman Didiniä ja sen kanssa) ja joulukuun levityksestä. Sen sijaan hiedalla joulukuun levityksestä kaliumia huuhtoutui keskimäärin vain yhtä paljon kuin toukokuun levityksestä.

Taulukko 15. Lysimetreistä huuhtoutuneen kalsiumin määrä eri valuntakausina. Erojen merkittävyys testattiin vain niiden koejäsenten osalta, jotka lannoitettiin naudana tai ketun lannalla.

Maalaji	Lantalaji	Käsittely	Kalsiumin huuhtoutuminen, kg/ha Valuntakausi n:o				
			I	II	III	IV	Yht.
Turve	Naudan	Syyskuu	55	2	29	9	94
"	"	" + Didin	50	6	23	10	88
"	"	Joulukuu	25	3	24	7	60
"	"	Toukokuu	20	2	17	3	43
"	Ketun	Syyskuu	40	2	29	9	80
"	"	" + Didin	66	6	27	7	105
"	"	Joulukuu	27	4	24	9	63
"	"	Toukokuu	20	0	28	9	57
Hieta	Naudan	Syyskuu	71	11	43	12	137
"	"	" + Didin	50	2	35	9	95
"	"	Joulukuu	42	8	54	15	120
"	"	Toukokuu	30	2	23	9	63
"	Ketun	Syyskuu	67	0	44	12	122
"	"	" + Didin	80	0	71	18	170
"	"	Joulukuu	29	0	16	5	50
"	"	Toukokuu	30	0	25	4	59
\bar{x} Turvemaa (n=24)			38 ^a	3 ^a	25 ^a	9 ^a	74 ^a
\bar{x} Hietamaa (n=24)			50 ^a	3 ^a	39 ^a	10 ^a	102 ^a
\bar{x} Naudan lanta (n=24)			43 ^a	4 ^a	31 ^a	9 ^a	87 ^a
\bar{x} Ketun lanta (n=24)			45 ^a	2 ^a	33 ^a	9 ^a	88 ^a
\bar{x} Syyskuu (n=12)			58 ^a	4 ^a	36 ^{ab}	10 ^a	108 ^a
\bar{x} Syyskuu + Didin (n=12)			61 ^a	3 ^a	39 ^a	11 ^a	114 ^a
\bar{x} Joulukuu (n=12)			31 ^b	4 ^a	30 ^{ab}	9 ^a	73 ^b
\bar{x} Toukokuu (n=12)			25 ^b	1 ^a	23 ^b	6 ^a	56 ^b
Merkittävät yhdysvaikutukset:							
- lantalaji × käsittely					*		*
- maalaji × lantalaji × käsittely					*	**	
Turve	Lannoittamaton		20	3	5	0	28
"	1/2 NPK		20	5	21	6	52
"	1 NPK		20	1	23	6	50
Hieta	Lannoittamaton		30	14	25	10	79
"	1/2 NP		30	3	28	8	70
"	1 NPK		30	0	29	9	68

Samalla yliviitteellä merkityt keskiarvot eivät eroa merkittävästi toisistaan ($P=0,05$) kyselyn ryhmän sisällä. Yhdysvaikutuksissa * = merkittävä 5 %:n riskillä, ** = merkittävä 1 %:n riskillä.

Väkilannoitus kohotti kaliumin huuhtoutumista kokeen aikana muutamia kiloja/ha lannoittamattomiin koejäseniin verrattuna. Naudan lanta kohotti kaliumin huuhtoutumista keskimäärin 12 kg/ha ja ketun lanta 9 kg/ha.

3.8 Kalsiumin huuhtoutuminen

Karjanlannalla lannoitetusta hiedasta huuhtoutui kokeen aikana kalsiumia keskimäärin 1,4-kertainen määrä karjanlannalla lannoitettuun turvemaaan verrattuna, mutta maalajien välinen ero ei ollut tilastollisesti merkittävä (Taulukko 15). Lantala-

Taulukko 16. Lysimetreistä huuhtoutuneen magnesiumin määrä eri valuntakausina. Erojen merkitsevyys testattiin vain niiden koejäsenten osalta, jotka lannoitettiin naudana tai ketun lannalla.

Maalaji	Lantalaji	Käsittely	Magnesiumin huuhtoutuminen, kg/ha				
			Valuntakausi n:o				
			I	II	III	IV	Yht.
Turve	Naudan	Syyskuu	10,5	1,2	19,6	5,6	36,9
"	"	" + Didin	8,5	2,7	14,6	5,5	31,3
"	"	Joulukuu	4,5	1,6	15,8	4,5	26,3
"	"	Toukokuu	2,2	0,9	11,5	2,3	16,8
"	Ketun	Syyskuu	10,0	1,3	19,6	5,5	36,4
"	"	" + Didin	12,6	3,8	17,6	4,0	38,0
"	"	Joulukuu	5,8	2,2	15,4	5,9	29,3
"	"	Toukokuu	2,2	0,2	18,2	5,5	26,1
Hieta	Naudan	Syyskuu	7,1	3,3	14,6	4,0	29,0
"	"	" + Didin	6,2	0,6	14,3	3,4	24,5
"	"	Joulukuu	8,5	1,6	13,9	4,3	28,2
"	"	Toukokuu	6,7	0,5	8,3	3,2	18,8
"	Ketun	Syyskuu	6,2	0,0	15,1	4,2	25,5
"	"	" + Didin	7,1	0,0	22,7	5,7	35,4
"	"	Joulukuu	6,5	0,0	7,3	1,7	15,6
"	"	Toukokuu	6,7	0,0	12,0	1,2	19,9
\bar{x} Turvema	(n=24)		7,0 ^a	1,7 ^a	16,5 ^a	4,8 ^a	30,1 ^a
\bar{x} Hietama	(n=24)		6,9 ^a	0,7 ^a	13,5 ^a	3,5 ^a	24,6 ^a
\bar{x} Naudan lanta	(n=24)		6,8 ^a	1,5 ^a	14,1 ^a	4,1 ^a	26,5 ^a
\bar{x} Ketun lanta	(n=24)		7,1 ^a	0,9 ^a	16,0 ^a	4,2 ^a	28,3 ^a
\bar{x} Syyskuu	(n=12)		8,5 ^a	1,4 ^a	17,2 ^a	4,8 ^a	31,9 ^a
\bar{x} Syyskuu + Didin	(n=12)		8,6 ^a	1,8 ^a	17,3 ^a	4,6 ^a	32,3 ^a
\bar{x} Joulukuu	(n=12)		6,3 ^{ab}	1,4 ^a	13,1 ^a	4,1 ^a	24,9 ^{ab}
\bar{x} Toukokuu	(n=12)		4,5 ^b	0,4 ^a	12,5 ^a	3,0 ^a	20,4 ^b
Merkitsevät yhdysvaikutukset:							
- maalaji × käsittely			***	*			
- maalaji × lantalaji × käsittely						*	
Turve	Lannoittamaton		2,2	1,3	4,4	0,0	7,8
"	1/2 NPK		2,2	1,6	12,8	3,9	20,6
"	1 NPK		2,2	0,3	15,9	3,8	22,1
Hieta	Lannoittamaton		6,7	4,6	9,1	3,9	24,3
"	1/2 NP		6,7	0,7	11,1	2,9	21,5
"	1 NPK		6,7	0,0	9,8	3,5	20,1

Samalla yläviiteellä merkityt keskiarvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan ($P=0,05$) kyseisen ryhmän sisällä. Yhdysvaikutuksissa * = merkitsevästi 5 %:n riskillä, *** = merkitsevä 0,1 %:n riskillä.

jilla ei ollut mitään vaikutusta kalsiumin huuhtoutumiseen.

Lannan levitysaika vaikutti kalsiumin huuhtoutumiseen siten, että huuhtoutuminen oli aina vähäisintä toukokuun levityksestä. Turvemaalla kalsiumia huuhtoutui suunnilleen sama määrä syyskuun levityksistä ja joulukuun levityksestä, mutta

hiedalla kalsiumia huuhtoutui joulukuun levityksestä vain yhtä paljon kuin toukokuun levityksestä.

Lannoitus niin karjanlannalla kuin väkilannoitteella kohotti kalsiumin huuhtoutumista turvemaasta selvästi lannoittamattomaan verrattuna. Hiedalla karjanlanta kohotti kalsiumin huuhtoutumista lan-

Taulukko 17. Lysimetrien ohrasato vuonna 1990. Erojen merkitsevyys testattiin vain niiden koejäsenten osalta, jotka lannoitettiin naudan tai ketun lannalla.

Maalaji	Lantalaji	Käsittely	Ohran sato vuonna 1990, kg/ha	
			Jyvät (85 % k.a.)	Oljet (k.a.)
Turve	Naudan	Syyskuu	6380	3830
"	"	" + Didin	6410	3900
"	"	Joulukuu	5110	3060
"	"	Toukokuu	6840	4280
"	Ketun	Syyskuu	9910	7740
"	"	" + Didin	10910	8380
"	"	Joulukuu	7520	4990
"	"	Toukokuu	10940	7350
Hieta	Naudan	Syyskuu	2360	1450
"	"	" + Didin	3550	1840
"	"	Joulukuu	2920	1520
"	"	Toukokuu	4220	2900
"	Ketun	Syyskuu	9290	6450
"	"	" + Didin	10230	6570
"	"	Joulukuu	5690	3270
"	"	Toukokuu	7740	5080
\bar{x} Turvermaa	(n=24)		8000 ^a	5440 ^a
\bar{x} Hietamaa	(n=24)		5750 ^b	3640 ^b
\bar{x} Naudan lanta	(n=24)		4720 ^b	2850 ^b
\bar{x} Ketun lanta	(n=24)		9030 ^a	6230 ^a
\bar{x} Syyskuu	(n=12)		6990 ^a	4870 ^a
\bar{x} Syyskuu + Didin	(n=12)		7770 ^a	5170 ^a
\bar{x} Joulukuu	(n=12)		5310 ^b	3210 ^b
\bar{x} Toukokuu	(n=12)		7440 ^a	4900 ^a
Merkitsevät yhdysvaikutukset:				
- maalaji \times käsittely			**	***
Turve	Lannoittamaton		1830	1220
"	1/2 NPK		5140	3380
"	1 NPK		6970	4570
Hieta	Lannoittamaton		1280	810
"	1/2 NP		3330	2300
"	1 NPK		4680	3770

Samalla yläviiteellä merkityt keskiarvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan ($P=0,05$) kyseisen ryhmän sisällä. Yhdysvaikutuksissa ** = merkitsevä 1 %:n riskillä, *** = merkitsevä 0,1 %:n riskillä.

noittamattomaan koejäseneseen verrattuna mutta väkilannoituksella ei ollut juurikaan vaikutusta.

3.9 Magnesiumin huuhtoutuminen

Karjanlannalla lannoitetusta turvemaasta huuhtoutui kokeen aikana magnesiumia hieman enemmän kuin hiedasta, mutta ero ei ollut tilastollisesti mer-

kitsevä (Taulukko 16). Myös lantalajin vaikutus magnesiumin huuhtoutumiseen oli merkityksellömän pieni.

Magnesiumia huuhtoutui vähiten toukokuussa levitetystä lannasta, ja usein myös joulukuun levityksestä vähemmän kuin syyskuun levityksistä. Ensimmäisenä ja toisena valuntakautena turve-

Taulukko 18. Lysimetrien ohrasato vuonna 1991. Erojen merkitsevyys testattiin vain niiden koejäsenten osalta, jotka lannoitettiin naudnan tai ketun lannalla.

Maalaji	Lantalaji	Käsittely	Ohran sato vuonna 1991, kg/ha	
			Jyvät (85 % k.a.)	Oljet (k.a.)
Turve	Naudan	Syyskuu	6160	4050
"	"	" + Didin	5610	4050
"	"	Joulukuu	6030	4080
"	"	Toukokuu	5440	4030
"	Ketun	Syyskuu	6730	5340
"	"	" + Didin	7220	5310
"	"	Joulukuu	6430	5010
"	"	Toukokuu	8050	5680
Hieta	Naudan	Syyskuu	4760	3980
"	"	" + Didin	4700	3930
"	"	Joulukuu	4960	4110
"	"	Toukokuu	4200	3590
"	Ketun	Syyskuu	5320	4170
"	"	" + Didin	5430	4590
"	"	Joulukuu	5900	4470
"	"	Toukokuu	4930	3860
\bar{x} Turvema	(n=24)		6460 ^a	4690 ^a
\bar{x} Hietama	(n=24)		5020 ^a	4090 ^a
\bar{x} Naudan lanta	(n=24)		5230 ^a	3980 ^b
\bar{x} Ketun lanta	(n=24)		6250 ^a	4800 ^a
\bar{x} Syyskuu	(n=12)		5740 ^a	4380 ^a
\bar{x} Syyskuu + Didin	(n=12)		5740 ^a	4470 ^a
\bar{x} Joulukuu	(n=12)		5830 ^a	4420 ^a
\bar{x} Toukokuu	(n=12)		5660 ^a	4290 ^a
Merkitseviä yhdysvaikutuksia ei ollut				
Turve	Lannoittamaton		5230	3260
"	1/2 NPK		5630	3580
"	1 NPK		6010	3810
Hieta	Lannoittamaton		4390	4050
"	1/2 NP		4050	3390
"	1 NPK		4220	3610

Samalla yläviiteellä merkityt keskiarvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan ($P=0,05$) kyseisen ryhmän sisällä.

maasta huuhtoutui eniten magnesiumia syyskuun levityksestä Didinin kanssa, mutta hietamaasta taas joulukuun levityksestä (1. kausi) ja syyskuun levityksestä ilman Didiniä (2. kausi).

Kun vertailukohdaksi otetaan lannoittamattoman koejäsenen tulos, havaitaan, että sekä karjanlanta että väkilannoite kohottivat magnesiumin huuhtoutumista turpeesta. Sen sijaan lannoituksella ei näyt-

tänyt olevan suurtakaan vaikutusta magnesiumin huuhtoutumiseen hiedasta.

3.10 Ohran jyvä- ja olkisadot

Turvemaasta saatiin aina parempi jyvä- ja olkisato kuin hiedasta, ja ensimmäisenä vuonna maalajien

Taulukko 19. Lysimetrien ohrasato vuonna 1992. Erojen merkitsevyys testattiin vain niiden koejäsenten osalta, jotka lannoitettiin naudnan tai ketun lannalla.

Maalaji	Lantalaji	Käsittely	Ohran sato vuonna 1992, kg/ha	
			Jyvät (85 % k.a.)	Oljet (k.a.)
Turve	Naudan	Syyskuu	5180	3140
"	"	" + Didin	4520	3210
"	"	Joulukuu	5310	2850
"	"	Toukokuu	4520	2780
"	Ketun	Syyskuu	4690	3160
"	"	" + Didin	4710	3390
"	"	Joulukuu	4650	3170
"	"	Toukokuu	6020	3670
Hietä	Naudan	Syyskuu	3620	2160
"	"	" + Didin	3320	2120
"	"	Joulukuu	3760	1980
"	"	Toukokuu	4050	2120
"	Ketun	Syyskuu	4220	2540
"	"	" + Didin	4180	2560
"	"	Joulukuu	4800	2950
"	"	Toukokuu	5130	3060
\bar{x} Turvemaa	(n=24)		4950 ^a	3170 ^a
\bar{x} Hietamaa	(n=24)		4130 ^a	2440 ^a
\bar{x} Naudan lanta	(n=24)		4290 ^b	2550 ^a
\bar{x} Ketun lanta	(n=24)		4800 ^a	3060 ^a
\bar{x} Syyskuu	(n=12)		4430 ^{ab}	2750 ^a
\bar{x} Syyskuu + Didin	(n=12)		4180 ^b	2820 ^a
\bar{x} Joulukuu	(n=12)		4630 ^{ab}	2740 ^a
\bar{x} Toukokuu	(n=12)		4930 ^a	2910 ^a
Merkitsevät yhdysvaikutukset:				
- maalaji \times lantalaji			***	
- lantalaji \times käsittely			*	
Turve	Lannoittamaton		4090	2970
"	1/2 NPK		4000	3140
"	1 NPK		6000	3220
Hietä	Lannoittamaton		3930	2530
"	1/2 NP		4510	2860
"	1 NPK		3800	2390

Samalla yläviiteellä merkityt keskiarvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan ($P=0,05$) kyseisen ryhmän sisällä. Yhdysvaikutuksissa * = merkitsevä 5 %:n riskillä, *** = merkitsevä 0,1 %:n riskillä.

välinen ero oli tilastollisesti merkitsevä (Taulukot 17–19).

Ketun lanta tuotti huomattavasti suuremmat jyvä- ja olkisadot kuin naudnan lietalanta, ja merkitseviä eroja oli nähtävissä myös jälkivaikutusvuosina.

Ensimmäisenä koevuonna ketun lanta tuotti naudnan lietalantaan verrattuna 1,9-kertaisen jyväsadon, toisena koevuonna 1,2-kertaisen ja kolmantena koevuonna 1,1-kertaisen. Viimeisenä koevuonna maalajin ja lantalajin välillä oli tilastollisesti erittäin merkitsevä yhdysvaikutus.

Tällöin ketun lannan etu naudan liettelantaan nähden oli turvemaalla melko pieni (+130 kg/ha), mutta hiedalla varsin suuri (+900 kg/ha).

Ensimmäisenä koevuonna joulukuun levitys antoi selvästi huonomman sadon kuin muut käsittelyt. Joulukuu osoittautui erityisen huonoksi levitysjaksiksi ketun lannalla, jolla parhaan ja huonoimman käsittelyn välinen jyväsadon ero oli keskimäärin 3 970 kg/ha. Naudan liettelantaa käytettäessä parhaan ja huonoimman käsittelyn välinen jyväsadon ero oli keskimäärin vain 1 510 kg/ha. Paras käsittely oli naudan lannalla levitys toukokuussa ja ketun lannalla levitys syyskuussa Didinin kera.

Toisena koevuonna levityskäsittelyjen välillä ei ollut merkitseviä eroja, mutta kolmantena koevuonna taas oli pieniä eroja. Tällöin lannan kevätlevytys osoittautui merkitsevästi paremmaksi kuin levitys syyskuussa Didinin kera. Itse asiassa kuitenkin eri käsittelyjen erot olivat naudan lannalla varsin pieniä, mutta ketun lannalla toukokuun levitys oli selvästi muita käsittelyvaihtoehtoja parempi.

Kun lannoituskäsittelyjen satoja verrataan lannoittamattomista lysimetreistä saatuihin satoihin, havaitaan, että koekäsittelyillä saatiin ensimmäisenä vuonna erittäin suuria sadonlisäyksiä (Taulukko 17). Parhailta naudanlantakäsittelyillä saatiin lähes samanveroinen sato kuin suuremmalla väkilannoitemäärällä, mutta ketun lannan lannoitusvaikutus ylitti suuremman väkilannoitemäärän vaikutuksen erittäin selvästi. Ketun lannalla saatiin hietamaalla parhaimmillaan yli kaksinkertainen jyväsato suuremman väkilannoitemäärän tuottamaan verrattuna.

Toisena koevuonna naudan lannalla näyttää olleen 300–600 jyväkilon jälkivaikutus hehtaaria kohden lannoittamattomaan verrattuna, turvemaalla suurempi kuin hiedalla (Taulukko 18). Ketun lannan jälkivaikutus oli vastaavasti 1 000–1 900 kg/ha. Väkilannoitteella oli jälkivaikutusta lähinnä vain turpeella.

Kolmantena koevuonna naudan liettelannalla näyttäisi olleen 800 jyväkilon jälkivaikutus turpeella muttei lainkaan hiedalla. Ketun lannalla oli turpeella keskimäärin 900 kg:n jälkivaikutus hehtaa-

ria kohden ja hiedalla keskimäärin 650 kg:n jälkivaikutus.

3.11 Sadon typpipitoisuus

Jyväsadon typpipitoisuus oli kaikkina koevuosina turvemaalla korkeampi kuin hiedalla (Taulukko 20). Ensimmäisenä koevuonna ero oli pieni mutta jälkivaikutusvuosina varsin suuri ja tilastollisesti merkitsevä. Maalajin vaikutus olkisadon typpipitoisuuteen oli hyvin samansuuntainen (Taulukko 21).

Ketun lannalla lannoitetun ohran jyväsadon typpipitoisuus oli ensimmäisenä koevuonna kokonaisuutena ottaen merkitsevästi suurempi kuin naudan lannalla lannoitetun. Lantalajin vaikutus riippui kuitenkin maalajista siten, että turvemaalla ketun lanta tuotti 3,5 %-yksikköä korkeamman mutta hiedalla 1,1 %-yksikköä alhaisemman typpipitoisuuden naudan lantaan verrattuna. Toisena vuonna lantalajilla ei ollut merkitsevää vaikutusta jyväsadon typpipitoisuuteen, mutta kolmantena koevuonna ketun lanta tuotti taas kokonaisuutena ottaen typpipitoisempaa viljaa. Silloin lantalajien välillä ei turvemaalla ollut mitään eroa, mutta hiedalla ketun lanta tuotti 1,4 %-yksikköä typpipitoisempaa viljaa naudan lantaan verrattuna.

Lantalajilla ei ollut kokonaisuutena ottaen vaikutusta oljen typpipitoisuuteen. Ensimmäisenä koevuonna maalajin ja lantalajin välillä oli kuitenkin merkitsevä yhdysvaikutus. Turvemaalla ketun lanta tuotti 0,8 %-yksikköä typpipitoisempaa olkea kuin naudan lanta, mutta hiedalla naudan lanta taas tuotti 1,8 %-yksikköä typpipitoisempaa olkea kuin ketun lanta.

Jyväsadon typpipitoisuus oli ensimmäisenä koevuonna pienin toukokuussa lannoitetulla koejäsenellä ja suurin Didinin kera syyskuussa lannoitetulla koejäsenellä. Didin kohotti myös merkitsevästi syyskuussa levitetyn lannan tehoa tässä suhteessa. Sillä oli kuitenkin merkittävä vaikutus vain ketun lannan ohella, jolloin se kohotti jyväsadon typpipitoisuutta 3,4 %-yksikköä. Naudan liettelannan ohella käytettynä Didinin vaikutus oli -0,4 %-yksikköä.

Naudan lannalla lannoitettaessa vain toukokuussa lannoitetun ohran jyväsadon typpipitoisuus oli

Taulukko 20. Lysimetrien ohran jyväsadon typpipitoisuus vuosina 1990, 1991 ja 1992. Erojen merkitsevyys testattiin vain niiden koejäsenten osalta, jotka lannoitettiin naudan tai ketun lannalla.

Maalaji	Lantalaji	Käsittely	Jyväsadon typpipitoisuus, g/kg		
			1990	1991	1992
Turve	Naudan	Syyskuu	16,5	16,6	17,8
"	"	" + Didin	16,7	15,2	18,1
"	"	Joulukuu	16,0	17,9	18,6
"	"	Toukokuu	15,3	15,0	18,0
"	Ketun	Syyskuu	19,0	17,3	18,9
"	"	" + Didin	23,5	17,2	17,9
"	"	Joulukuu	17,1	16,7	17,7
"	"	Toukokuu	18,9	16,8	18,1
Hieta	Naudan	Syyskuu	18,8	14,2	15,0
"	"	" + Didin	17,8	14,7	14,8
"	"	Joulukuu	18,1	13,7	14,0
"	"	Toukokuu	14,5	15,2	14,4
"	Ketun	Syyskuu	15,5	14,0	16,1
"	"	" + Didin	17,7	15,3	16,0
"	"	Joulukuu	15,9	14,7	15,9
"	"	Toukokuu	15,6	14,6	15,7
\bar{x} Turvemaa	(n=24)		17,9 ^a	16,6 ^a	18,1 ^a
\bar{x} Hietamaa	(n=24)		16,7 ^a	14,6 ^b	15,2 ^b
\bar{x} Naudan lanta	(n=24)		16,7 ^b	15,3 ^a	16,3 ^b
\bar{x} Ketun lanta	(n=24)		17,9 ^a	15,8 ^a	17,0 ^b
\bar{x} Syyskuu	(n=12)		17,4 ^b	15,5 ^a	16,9 ^a
\bar{x} Syyskuu + Didin	(n=12)		18,9 ^a	15,6 ^a	16,7 ^a
\bar{x} Joulukuu	(n=12)		16,8 ^{bc}	15,8 ^a	16,5 ^a
\bar{x} Toukokuu	(n=12)		16,1 ^c	15,4 ^a	16,5 ^a
Merkitsevät yhdysvaikutukset:					
– maalaji × lantalaji			**		*
– maalaji × käsittely			*	*	
– lantalaji × käsittely			***		
– maalaji × lantalaji × käsittely				*	
Turve	Lannoittamaton		23,7	16,4	18,3
"	1/2 NPK		16,7	17,0	17,9
"	1 NPK		17,5	16,7	18,8
Hieta	Lannoittamaton		19,7	13,3	14,7
"	1/2 NP		14,8	14,7	14,9
"	1 NPK		12,8	13,4	14,8

Samalla yläviiteellä merkityt keskiarvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan ($P=0,05$) kyseisen ryhmän sisällä. Yhdysvaikutuksissa * = merkitsevä 5 %:n riskillä, ** = merkitsevä 1 %:n riskillä, *** = merkitsevä 0,1 %:n riskillä.

merkittävästi (2,1–2,5 %-yksikköä) muita alhaisempi. Sen sijaan ketun lannalla lannoitettaessa jyväsadon typpipitoisuus poikkesi merkittävästi muista ainoastaan syyskuussa lannan ohella Di-

diniä saaneessa koejäsenessä. Käsittelyn vaikutus jyväsadon typpipitoisuuteen ei ollut jälkivaikutusvuosina kokonaisuutena ottaen merkitsevä.

Taulukko 21. Lysimetrien ohran olkisadon typpipitoisuus vuosina 1990, 1991 ja 1992. Erojen merkitsevyys testattiin vain niiden koejäsenten osalta, jotka lannoitettiin naudan tai ketun lannalla.

Maalaji	Lantalaji	Käsittely	Olkisadon typpipitoisuus, g/kg		
			1990	1991	1992
Turve	Naudan	Syyskuu	5,21	6,76	6,89
"	"	" + Didin	6,03	6,15	6,94
"	"	Joulukuu	5,64	6,94	7,57
"	"	Toukokuu	5,28	5,47	8,03
"	Ketun	Syyskuu	6,56	6,31	7,87
"	"	" + Didin	7,15	6,21	7,95
"	"	Joulukuu	5,77	6,22	7,84
"	"	Toukokuu	5,98	6,34	6,99
Hieta	Naudan	Syyskuu	7,82	5,24	5,85
"	"	" + Didin	6,97	5,11	5,81
"	"	Joulukuu	8,15	5,31	5,64
"	"	Toukokuu	4,91	5,99	5,48
"	Ketun	Syyskuu	4,87	5,16	5,69
"	"	" + Didin	5,22	5,27	5,67
"	"	Joulukuu	5,61	5,58	5,66
"	"	Toukokuu	4,98	5,59	5,74
\bar{x} Turvemaa	(n=24)		5,95 ^d	6,30 ^a	7,51 ^a
\bar{x} Hietamaa	(n=24)		6,07 ^a	5,41 ^b	5,69 ^a
\bar{x} Naudan lanta	(n=24)		6,25 ^a	5,87 ^a	6,53 ^a
\bar{x} Ketun lanta	(n=24)		5,77 ^a	5,84 ^a	6,68 ^a
\bar{x} Syyskuu	(n=12)		6,12 ^{ab}	5,87 ^a	6,58 ^a
\bar{x} Syyskuu + Didin	(n=12)		6,34 ^a	5,69 ^a	6,59 ^a
\bar{x} Joulukuu	(n=12)		6,29 ^a	6,01 ^a	6,68 ^a
\bar{x} Toukokuu	(n=12)		5,29 ^b	5,85 ^a	6,56 ^a
Merkitsevät yhdysvaikutukset:					
– maalaji × lantalaji			*		
– maalaji × käsittely			*	*	
– maalaji × lantalaji × käsittely					*
Turve	Lannoittamaton		11,86	7,02	7,50
"	1/2 NPK		5,83	6,61	7,12
"	1 NPK		5,38	6,25	6,75
Hieta	Lannoittamaton		9,57	5,24	5,67
"	1/2 NP		5,89	5,85	5,73
"	1 NPK		5,30	5,36	5,58

Samalla yläviiteellä merkityt keskiarvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan ($P=0,05$) kyseisen ryhmän sisällä. Yhdysvaikutuksissa * = merkitsevä 5 %:n riskillä.

Käsittelyn vaikutus olkisadon typpipitoisuuteen oli samansuuntainen kuin sen vaikutus jyväsadon typpipitoisuuteen. Ensimmäisenä koevuonna toukokuussa lannoitetun ohran oljen typpipitoisuus oli kaikkein pienin, mutta jälkivaikutusvuosina käsittelyjen välillä ei ollut eroja.

Lannoittamattoman ohran jyvien ja oljen typpipitoisuus oli selvästi muita korkeampi ensimmäisenä koevuonna, jolloin se oli todellinen 0-koejäsen. Jälkivaikutusvuosina lannoittamattoman ohran typpipitoisuus ei juurikaan eronnut muista käsittelyistä.

Taulukko 22. Lysimetrien ohrasadon (jyv + olki) typenotto vuosina 1990, 1991 ja 1992. Erojen merkitsevyys testattiin vain niiden koejäsenten osalta, jotka lannoitettiin naudnan tai ketun lannalla.

Maalaji	Lantalaji	Käsittely	Ohrasadon typenotto, kg/ha		
			1990	1991	1992
Turve	Naudan	Syyskuu	109	114	100
"	"	" + Didin	114	98	92
"	"	Joulukuu	88	120	105
"	"	Toukokuu	112	91	91
"	Ketun	Syyskuu	211	133	100
"	"	" + Didin	277	139	99
"	"	Joulukuu	139	123	95
"	"	Toukokuu	217	150	119
Hieta	Naudan	Syyskuu	47	78	59
"	"	" + Didin	66	79	54
"	"	Joulukuu	57	79	56
"	"	Toukokuu	66	76	61
"	Ketun	Syyskuu	154	85	72
"	"	" + Didin	189	95	71
"	"	Joulukuu	95	99	81
"	"	Toukokuu	128	82	85
\bar{x} Turvema	(n=24)		158 ^a	121 ^a	100 ^a
\bar{x} Hietama	(n=24)		100 ^b	84 ^b	67 ^b
\bar{x} Naudan lanta	(n=24)		82 ^b	92 ^b	77 ^b
\bar{x} Ketun lanta	(n=24)		176 ^a	113 ^a	90 ^a
\bar{x} Syyskuu	(n=12)		130 ^b	103 ^a	83 ^a
\bar{x} Syyskuu + Didin	(n=12)		161 ^a	103 ^a	79 ^a
\bar{x} Joulukuu	(n=12)		95 ^c	105 ^a	84 ^a
\bar{x} Toukokuu	(n=12)		131 ^b	100 ^a	89 ^a
Merkitsevät yhdysvaikutukset:					
– maalaji × lantalaji					**
– lantalaji × käsittely			***		
Turve	Lannoittamaton		48	96	85
"	1/2 NPK		93	105	83
"	1 NPK		129	109	118
Hieta	Lannoittamaton		28	70	63
"	1/2 NP		54	71	74
"	1 NPK		71	68	61

Samalla yläviteellä merkityt keskiarvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan ($P=0,05$) kyseisen ryhmän sisällä. Yhdysvaikutuksissa ** = merkitsevä 1 %:n riskillä, *** = merkitsevä 0,1 %:n riskillä.

3.12 Sadon typenotto

Ohrasato otti kaikkina koevuosina turvemaasta merkitsevästi enemmän tyypeä kuin hiedasta (Taulukko 22).

Ensimmäisenä koevuonna ohrasadon typenotto ketun lannalla lannoitetuista lysimetreistä oli 2,1-kertainen naudnan lannalla lannoitettuihin verrattuna. Jälkivaikutusvuosina ohran typenotto ketun lannalla lannoitetuista lysimetreistä oli 1,2-kertainen naudnan lannalla lannoitettuihin verrattuna, ja sil-

Taulukko 23. Lannoitteen kokonaistypen laskennallinen määrä vuosien 1990–1992 ohrasadossa (jyvää + olki) sekä valumavedessä 26.9.1989–5.11.1992 välisenä aikana. Kustakin lukemasta on vähennetty vastaavan lannoittamattoman koejäsenen typpisisältö.

Maalaji	Lantalaji	Käsittely	Kokonaistyyppiä, kg/ha			Typpi- lannoitus kg/ha
			Sadossa	Vedessä	Yhteensä	
Turve	Naudan	Syyskuu	94	59	153	167
"	"	" + Didin	75	49	124	167
"	"	Joulukuu	84	52	136	167
"	"	Toukokuu	65	24	89	167
"	Ketun	Syyskuu	215	56	271	565
"	"	" + Didin	286	57	343	565
"	"	Joulukuu	128	59	187	565
"	"	Toukokuu	257	36	293	565
Hieta	Naudan	Syyskuu	23	33	56	167
"	"	" + Didin	38	22	60	167
"	"	Joulukuu	31	33	64	167
"	"	Toukokuu	42	5	47	167
"	Ketun	Syyskuu	150	14	164	565
"	"	" + Didin	194	27	221	565
"	"	Joulukuu	114	-2	112	565
"	"	Toukokuu	134	0	134	565
\bar{x} Turvema	(n=24)		151	49	200	366
\bar{x} Hietamaa	(n=24)		91	17	108	366
\bar{x} Naudan lanta	(n=24)		57	35	92	167
\bar{x} Ketun lanta	(n=24)		185	31	216	565
\bar{x} Syyskuu	(n=24)		121	41	161	366
\bar{x} Syyskuu + Didin	(n=24)		148	39	187	366
\bar{x} Joulukuu	(n=24)		89	36	125	366
\bar{x} Toukokuu	(n=24)		125	16	141	366
Turve	1/2 NPK		52	33	85	43
"	1 NPK		127	35	162	85
Hieta	1/2 NPK		38	15	53	43
"	1 NPK		39	0	39	85

loinkin lantalajien välinen ero oli tilastollisesti merkitsevä. Viimeisenä koevuonna lantalajin vaikutus riippui kuitenkin maalajista siten, että turvemaalla ketun lannan etu naudana lantaan verrattuna oli varsin pieni (6 kg/ha) mutta hiedalla suuri (20 kg/ha).

Ensimmäisenä koevuonna ohrasadon typenotto oli suurinta käsittelystä, johon lanta levitettiin syyskuussa Didinin kera, ja pienintä joulukuussa levitetyistä lannasta. Käsittelyn vaikutus riippui kuitenkin

erittäin merkitsevästi lantalajista. Naudan liete-
lannalla eri käsittelyjen väliset erot olivat melko pieniä ja toukokuun levitys oli samanveroinen kuin lannan levitys syyskuussa Didinin kera. Eri käsittelyjen tuottamat typenotot olivat tällöin keskimäärin 78 kg/ha (syyskuu), 90 kg/ha (syyskuu+Didin), 73 kg/ha (joulukuu) ja 89 kg/ha (toukokuu). Ketun lannalla eri käsittelyjen väliset erot olivat hyvin suuria ja toukokuun levitys jäi selvästi parhaasta käsittelystä. Eri käsittelyjen tuottamat typenotot olivat tällöin vastaavasti keskimäärin 182 kg/ha,

233 kg/ha, 117 kg/ha ja 173 kg/ha. Jälkivaikutusvuosina käsittelyllä ei ollut merkitsevää vaikutusta ohrasadon typenottoon.

Sekä karjanlanta että väkilannoitus kohottivat ensimmäisenä koevuonna ohrasadon typenottoa lannoittamattomaan verrattuna erittäin selvästi. Ketun lanta oli tässä suhteessa vielä huomattavasti väkilannoitetta tai naudnan lantaa tehokkaampaa. Toisena koevuonna naudnan lannan jälkivaikutus ohrasadon typenotossa näytti olevan 8–10 kg N/ha ja ketun lannan 20–40 kg/ha. Kolmantena koevuonna naudnan lietelannalla oli 12 typpikilon jälkivaikutus turvemaalla muttei lainkaan hiedalla. Ketun lannan jälkivaikutus ohrasadon typenotossa oli tällöin 14–18 kg/ha. Typpijälkivaikutus oli aina turpeella suurempi kuin hiedalla.

3.13 Lannoitetypen laskennallinen osuus sadossa ja valumavedessä

Turvemaalla kasvaneen ohran typenotto ja siitä huuhtoutuneen kokonaistypen määrä oli yhteensä keskimäärin 200 kg/ha eli 55 % lannassa annetun kokonaistypen määrästä (Taulukko 23). Keskimäärin 41 % annetusta tyypestä tavattiin sadosta ja 14 % valumavedestä.

Hiedalla kasvaneen ohran typenotto ja siitä huuhtoutuneen kokonaistypen määrä olivat yhteensä keskimäärin 108 kg/ha eli 30 % lannassa annetun kokonaistypen määrästä. Keskimäärin 25 % annetusta tyypestä tavattiin sadosta ja 5 % valumavedestä.

Naudan lannassa annetusta kokonaistyypestä 55 % eli 92 kg/ha tavattiin sadossa ja valumavedessä. Keskimäärin 34 % annetusta tyypestä tavattiin sadosta ja 21 % valumavedestä. Ohran typenotto oli keskimäärin 57 kg/ha ja huuhtoutuma 35 kg/ha.

Ketun lannassa annetusta kokonaistyypestä 38 % eli 216 kg/ha tavattiin sadossa ja valumavedessä. Keskimäärin 33 % annetusta tyypestä tavattiin sadosta ja 5 % valumavedestä. Ohran typenotto oli keskimäärin 185 kg/ha ja huuhtoutuma 31 kg/ha.

Eniten ohrasadon ja huuhtoutuman kokonaistyyppiä tavattiin käsittelyssä, jolle annettiin lanta syyskuussa Didinin kera. Vähiten sadon ja huuhtoutuman kokonaistyyppiä tavattiin joulukuussa

lannoitetuista lysi metreistä. Lannassa annetusta kokonaistyypestä tavattiin sadossa 33 % (syyskuu), 40 % (syyskuu+Didin), 24 % (joulukuu) ja 34 % (toukokuu). Lannassa annetusta kokonaistyypestä huuhtoutui vastaavasti 11 %, 11 %, 10 % ja 4 %.

Sadossa ja valumavedessä yhteensä tavattu kokonaistyyppimäärä oli molemmissa väkilannoitteella lannoitetussa turvekoejäsenessä selvästi suurempi kuin niihin annettu typpimäärä. Sama päti pienemmän väkilannoitemäärän saaneeseen hietaan. Sen sijaan suuremman väkilannoitemäärän saaneen hiedan sadossa ja valumavedessä tavattiin yhteensä vain 46 % annetusta typpimäärästä, ja tämä määrä oli kokonaan sadossa.

3.14 Sadon fosforipitoisuus

Turvemaalla kasvaneen ohran jyväsadon fosforipitoisuus oli joka vuosi hieman korkeampi kuin hiedalla kasvaneen, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä (Taulukko 24). Sen sijaan hiedalla kasvaneen ohran oljen fosforipitoisuus oli ensimmäisenä koevuonna merkitsevästi korkeampi kuin turvemaalla kasvaneen (Taulukko 25).

Ketun lannalla lannoitetun ohran jyvän ja oljen fosforipitoisuus oli naudnan lannalla lannoitettua korkeampi niin ensimmäisenä koevuonna kuin molempina jälkivaikutusvuosinakin. Ketun lannan ja naudnan lannan välinen ero oli molemmilla maa-lajeilla samansuuntainen, mutta turvemaalla huomattavasti suurempi kuin hiedalla.

Levitysjalla tai Didinin käytöllä ei ollut kokonaisuutena ottaen merkitsevää vaikutusta jyvän tai olkisadon fosforipitoisuuteen. Ensimmäisenä koevuonna käsittelyn vaikutus oljen fosforipitoisuuteen riippui kuitenkin lantalajista siten, että naudnan lietelannalla käsittelyjen väliset erot olivat melko pieniä mutta ketun lannalla verraten suuria. Naudnan lietelannalla korkein oljen fosforipitoisuus saatiin joulukuun levityksellä mutta ketun lannalla toukokuun levityksellä.

Väkilannoituksella oli vaikutusta jyvän ja oljen fosforipitoisuuteen lähinnä vain ensimmäisenä koevuonna, jolloin se pienensi selvästi sadon fosforipitoisuutta kokonaan lannoittamattomaan verrattuna. Jälkivaikutusvuosina, jolloin kaikki lysi-metrit saivat saman väkilannoituksen, eroja ei

Taulukko 24. Lysimetrien ohran jyväsadon fosforipitoisuus vuosina 1990, 1991 ja 1992. Erojen merkitsevyys testattiin vain niiden koejäsenten osalta, jotka lannoitettiin naudana tai ketun lannalla.

Maalaji	Lantalaji	Käsittely	Jyväsadon fosforipitoisuus, g/kg		
			1990	1991	1992
Turve	Naudan	Syyskuu	3,74	3,63	2,54
"	"	" + Didin	3,53	3,49	2,90
"	"	Joulukuu	3,69	3,59	2,66
"	"	Toukokuu	3,26	3,37	2,82
"	Ketun	Syyskuu	4,58	4,50	3,93
"	"	" + Didin	4,87	4,44	4,10
"	"	Joulukuu	4,55	4,72	4,38
"	"	Toukokuu	4,68	4,44	4,13
Hieta	Naudan	Syyskuu	3,98	3,55	3,11
"	"	" + Didin	3,97	3,24	3,05
"	"	Joulukuu	4,04	3,46	3,05
"	"	Toukokuu	3,94	3,54	2,98
"	Ketun	Syyskuu	3,87	3,96	3,49
"	"	" + Didin	4,10	4,14	3,53
"	"	Joulukuu	4,33	3,97	3,56
"	"	Toukokuu	4,32	4,22	3,73
\bar{x} Turvema	(n=24)		4,11 ^a	4,02 ^a	3,43 ^a
\bar{x} Hietama	(n=24)		4,07 ^a	3,76 ^a	3,31 ^a
\bar{x} Naudan lanta	(n=24)		3,77 ^b	3,48 ^b	2,89 ^b
\bar{x} Ketun lanta	(n=24)		4,41 ^a	4,30 ^a	3,85 ^a
\bar{x} Syyskuu	(n=12)		4,04 ^a	3,91 ^a	3,27 ^a
\bar{x} Syyskuu + Didin	(n=12)		4,12 ^a	3,83 ^a	3,39 ^a
\bar{x} Joulukuu	(n=12)		4,15 ^a	3,94 ^a	3,41 ^a
\bar{x} Toukokuu	(n=12)		4,05 ^a	3,89 ^a	3,41 ^a
Merkitsevät yhdysvaikutukset:					
– maalaji × lantalaji			**	**	*
Turve	Lannoittamaton		3,90	3,32	2,95
"	1/2 NPK		3,83	3,57	2,82
"	1 NPK		3,66	3,58	2,71
Hieta	Lannoittamaton		4,50	3,43	3,02
"	1/2 NP		3,96	3,38	3,11
"	1 NPK		3,45	3,25	3,04

Samalla yliviitteellä merkityt keskiarvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan ($P=0,05$) kyseisen ryhmän sisällä. Yhdysvaikutuksissa * = merkitsevä 5 %:n riskillä, ** = merkitsevä 1 %:n riskillä.

juurikaan ollut. Naudan lannalla lannoitetun sadon fosforipitoisuudet olivat samaa luokkaa kuin väkilannoitteella lannoitetun sadon. Sen sijaan ketun lannalla lannoitetun sadon fosforipitoisuudet olivat selvästi väkilannoitteella lannoitetun sadon pitoisuuksia korkeammat niin varsinaisena koevuonna kuin molempina jälkivaikutusvuosinakin.

3.15 Sadon fosforinotto

Ohrasato otti kaikkina koevuosina turvemaasta merkitsevästi enemmän fosforia kuin hietamaasta (Taulukko 26).

Taulukko 25. Lysimetrien ohran olkisadon fosforipitoisuus vuosina 1990, 1991 ja 1992. Erojen merkitsevyys testattiin vain niiden koejäsenten osalta, jotka lannoitettiin naudan tai ketun lannalla.

Maalaji	Lantalaji	Käsittely	Olkisadon fosforipitoisuus, g/kg		
			1990	1991	1992
Turve	Naudan	Syyskuu	0,33	0,66	0,33
"	"	" + Didin	0,36	0,56	0,33
"	"	Joulukuu	0,40	0,59	0,43
"	"	Toukokuu	0,34	0,44	0,53
"	Ketun	Syyskuu	0,69	1,02	0,72
"	"	" + Didin	0,74	0,93	0,72
"	"	Joulukuu	0,88	1,03	0,78
"	"	Toukokuu	0,82	0,90	0,59
Hieta	Naudan	Syyskuu	0,73	0,54	0,35
"	"	" + Didin	0,77	0,48	0,32
"	"	Joulukuu	0,83	0,52	0,34
"	"	Toukokuu	0,51	0,67	0,27
"	Ketun	Syyskuu	0,49	0,68	0,34
"	"	" + Didin	0,50	0,77	0,37
"	"	Joulukuu	0,82	0,68	0,38
"	"	Toukokuu	1,02	0,86	0,39
\bar{x} Turvema	(n=24)		0,57 ^b	0,77 ^a	0,55 ^a
\bar{x} Hietama	(n=24)		0,71 ^a	0,65 ^a	0,35 ^a
\bar{x} Naudan lanta	(n=24)		0,53 ^b	0,56 ^b	0,36 ^b
\bar{x} Ketun lanta	(n=24)		0,75 ^a	0,86 ^a	0,54 ^a
\bar{x} Syyskuu	(n=12)		0,56 ^a	0,73 ^a	0,44 ^a
\bar{x} Syyskuu + Didin	(n=12)		0,59 ^a	0,69 ^a	0,44 ^a
\bar{x} Joulukuu	(n=12)		0,73 ^a	0,70 ^a	0,48 ^a
\bar{x} Toukokuu	(n=12)		0,67 ^a	0,72 ^a	0,45 ^a
Merkitsevät yhdysvaikutukset:					
- maalaji \times lantalaji			*	*	*
- lantalaji \times käsittely			**		
- maalaji \times lantalaji \times käsittely			*		**
Turve	Lannoittamaton		1,02	0,54	0,42
"	1/2 NPK		0,40	0,54	0,43
"	1 NPK		0,35	0,45	0,29
Hieta	Lannoittamaton		1,41	0,53	0,32
"	1/2 NP		0,56	0,55	0,32
"	1 NPK		0,47	0,46	0,34

Samalla yläviitteellä merkityt kesklarvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan ($P=0,05$) kysoisen ryhmän sisällä. Yhdysvaikutuksissa * = merkitsevä 5 %:n riskillä, ** = merkitsevä 1 %:n riskillä.

Ensimmäisenä koevuonna ohrasadon fosforinotto ketun lannalla lannoitetuista lysimetreistä oli 2,4-kertainen naudan lannalla lannoitettuihin verrattuna. Jälkivaikutusvuosina ohran fosforinotto ketun lannalla lannoitetuista lysimetreistä oli 1,5-kertainen naudan lannalla lannoitettuihin lysimetreihin

verrattuna, ja silloinkin lantalajien välinen ero oli tilastollisesti merkitsevä.

Ohrasadon fosforinotto oli ensimmäisenä koevuonna merkitsevästi muita pienempi käsittelyssä, johon lanta levitettiin joulukuussa. Tämä ilmiö oli

Taulukko 26. Lysimetrien ohrasadon (jyvä + olki) fosforinotto vuosina 1990, 1991 ja 1992. Erojen merkitsevyys testattiin vain niiden koejäsenten osalta, jotka lannoitettiin naudnan tai ketun lannalla.

Maalaji	Lantalaji	Käsittely	Ohrasadon fosforinotto, kg/ha		
			1990	1991	1992
Turve	Naudan	Syyskuu	21,7	21,6	12,3
"	"	" + Didin	20,9	18,9	12,2
"	"	Joulukuu	17,5	20,7	13,1
"	"	Toukokuu	20,6	17,5	12,2
"	Ketun	Syyskuu	43,9	31,2	17,9
"	"	" + Didin	51,2	32,1	18,9
"	"	Joulukuu	33,7	31,0	19,8
"	"	Toukokuu	48,5	34,5	22,9
Hieta	Naudan	Syyskuu	8,8	16,5	10,3
"	"	" + Didin	13,3	14,8	9,3
"	"	Joulukuu	11,3	16,7	10,4
"	"	Toukokuu	15,6	15,0	10,9
"	Ketun	Syyskuu	33,7	20,7	13,3
"	"	" + Didin	39,0	22,7	13,5
"	"	Joulukuu	23,6	22,9	15,5
"	"	Toukokuu	33,6	20,8	17,4
\bar{x} Turvema	(n=24)		32,3 ^a	25,9 ^a	16,1 ^a
\bar{x} Hietama	(n=24)		22,3 ^b	18,8 ^b	12,6 ^b
\bar{x} Naudan lanta	(n=24)		16,2 ^b	17,7 ^b	11,3 ^b
\bar{x} Ketun lanta	(n=24)		38,4 ^a	27,0 ^a	17,4 ^a
\bar{x} Syyskuu	(n=12)		27,1 ^a	22,5 ^a	13,4 ^b
\bar{x} Syyskuu + Didin	(n=12)		31,1 ^a	22,1 ^a	13,5 ^b
\bar{x} Joulukuu	(n=12)		21,5 ^b	22,8 ^a	14,7 ^{ab}
\bar{x} Toukokuu	(n=12)		29,6 ^a	21,9 ^a	15,8 ^a
Merkitsevät yhdysvaikutukset:					
– lantalaji × käsittely			**		
Turve	Lannoittamaton		6,9	16,5	11,2
"	1/2 NPK		18,2	19,1	10,9
"	1 NPK		23,6	19,9	14,8
Hieta	Lannoittamaton		5,8	15,0	10,8
"	1/2 NP		12,3	13,6	12,9
"	1 NPK		15,5	13,3	10,6

Samalla yliviitteellä merkityt keskiarvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan ($P < 0,05$) kyseisen ryhmän sisällä. Yhdysvaikutuksissa ** = merkitsevä 1 %:n riskillä.

erityisen selvä ketun lannalla lannoitettaessa. Toisena koevuonna käsittelyjen välillä ei ollut merkitseviä eroja, mutta kolmantena koevuonna ohran fosforinotto oli toukokuun levityksessä merkitsevästi korkeampi kuin syyskuun levityksissä.

Sekä karjanlanta että väkilannoitus kohottivat ensimmäisenä koevuonna ohrasadon fosforinottoa

lannoittamattomaan verrattuna erittäin selvästi. Ketun lanta oli tässä suhteessa vielä huomattavasti väkilannoitetta tai naudnan lantaa tehokkaampaa. Toisena koevuonna naudnan lannan jälkivaikutus ohrasadon fosforinotossa näytti olevan 1–3,5 kg P/ha ja ketun lannan 7–16 kg P/ha. Kolmantena koevuonna naudnan lietelannalla oli 1,3 fosforikilon jälkivaikutus turvemaalla muttei lainkaan hiedalla.

Taulukko 27. Lannoitteen kokonaisfosforin laskennallinen määrä vuosien 1990–1992 ohrasadossa (jyv + oiki) sekä valumavedessä 26.9.1989–5.11.1992 välisenä aikana. Kustakin lukemasta on vähennetty vastaavan lannoittamattoman koejäsenen fosforisisältö.

Maalaji	Lantalaji	Käsittely	Kokonaisfosforia, g/kg			Fosfori lannoitus
			Sadossa	Vedessä	Yhteensä	
Turve	Naudan	Syyskuu	20,88	1,11	21,99	35
"	"	" + Didin	17,41	0,98	18,39	35
"	"	Joulukuu	16,67	1,18	17,85	35
"	"	Toukokuu	15,71	0,29	16,00	35
"	Ketun	Syyskuu	58,39	2,82	61,21	679
"	"	" + Didin	67,60	1,48	69,08	679
"	"	Joulukuu	49,81	4,37	54,18	679
"	"	Toukokuu	71,27	3,99	75,26	679
Hieta	Naudan	Syyskuu	4,09	0,04	4,13	35
"	"	" + Didin	5,88	0,04	5,92	35
"	"	Joulukuu	6,77	0,02	6,79	35
"	"	Toukokuu	9,93	0,04	9,97	35
"	Ketun	Syyskuu	36,12	0,01	36,13	679
"	"	" + Didin	43,53	0,03	43,56	679
"	"	Joulukuu	30,40	0,09	30,49	679
"	"	Toukokuu	40,13	0,03	40,16	679
\bar{x} Turve (n=24)			39,72	2,03	41,75	357
\bar{x} Hieta (n=24)			22,11	0,04	22,14	357
\bar{x} Naudan lanta (n=24)			12,17	0,46	12,63	35
\bar{x} Ketun lanta (n=24)			49,66	1,60	51,26	679
\bar{x} Syyskuu (n=24)			29,87	1,00	30,87	357
\bar{x} Syyskuu + Didin (n=24)			33,61	0,63	34,24	357
\bar{x} Joulukuu (n=24)			25,91	1,42	27,33	357
\bar{x} Toukokuu (n=24)			34,26	1,09	35,35	357
Turve	1/2 NPK		13,55	0,17	13,72	15
"	1 NPK		23,63	0,47	24,10	30
Hieta	1/2 NP		7,25	0,06	7,31	15
"	1 NPK		7,84	0,06	7,90	30

Ketun lannan jälkivaikutus ohrasadon fosforinotossa oli tällöin 4–9 kg/ha. Fosforijälkivaikutus oli aina turpeella suurempi kuin hiedalla.

3.16 Lannoitefosforin laskennallinen osuus sadossa ja valumavedessä

Turvemaalla kasvaneen ohran fosforinotto ja siitä huuhtoutuneen kokonaisfosforin määrä olivat yhteensä keskimäärin 41,75 kg/ha eli 11,7 % lannassa annetun kokonaisfosforin määrästä (Taulukko 27). Keskimäärin 11,1 % annetusta fosforista tavattiin sadosta ja 0,6 % valumavedestä.

Hiedalla kasvaneen ohran fosforinotto ja siitä huuhtoutuneen kokonaisfosforin määrä olivat yhteensä keskimäärin 22,14 kg/ha eli 6,2 % lannassa annetun kokonaisfosforin määrästä. Vain 0,01 % annetusta kokonaisfosforista tavattiin valumavedessä.

Naudan lannassa annetusta kokonaisfosforista 36,1 % eli 12,63 kg/ha tavattiin sadossa ja valumavedessä yhteensä. Keskimäärin 34,8 % annetusta fosforista tavattiin sadosta ja 1,3 % valumavedestä. Ohran fosforinotto oli keskimäärin 12,17 kg/ha ja huuhtoutuma 0,46 kg/ha.

Ketun lannassa annetusta kokonaisfosforista 7,5 % eli 51,26 kg/ha tavattiin sadossa ja valumavedessä yhteensä. Keskimäärin 7,3 % annetusta fosforista tavattiin sadosta ja 0,2 % valumavedestä. Ohran fosforinotto oli keskimäärin 49,66 kg/ha ja huuhtoutuma 1,60 kg/ha.

Eniten ohrasadon ja huuhtoutuman kokonaisfosforia tavattiin käsittelyssä, jolle annettiin lanta toukokuussa. Vähiten sadon ja huuhtoutuman kokonaisfosforia tavattiin joulukuussa lannoitetuista lysimetreistä. Lannassa annetusta kokonaisfosforista tavattiin sadossa 8,4 % (syyskuu), 9,4 % (syyskuu+Didin), 7,3 % (joulukuu) ja 9,6 % (toukokuu). Lannassa annetusta kokonaisfosforista huuhtoutui vastaavasti 0,28 %, 0,18 %, 0,40 % ja 0,31 %.

Turvemaalle annetun pienemmän väkilannoitemäärän kokonaisfosforista tavattiin 91,5 % (13,72 kg/ha) sadossa ja valumavedessä yhteensä. Annetusta kokonaisfosforista 90,4 % oli sadossa ja 1,1 % valumavedessä. Suuremman väkilannoitemäärän kokonaisfosforista 80,3 % (24,10 kg/ha) tavattiin sadossa ja valumavedessä yhteensä. Annetusta kokonaisfosforista 78,8 % oli sadossa ja 1,5 % valumavedessä.

Hiedalle annetun pienemmän väkilannoitemäärän kokonaisfosforista 48,7 % (7,31 kg/ha) tavattiin sadossa ja valumavedessä yhteensä. Annetusta kokonaisfosforista 48,3 % oli sadossa ja 0,4 % valumavedessä. Suuremman väkilannoitemäärän kokonaisfosforista 26,3 % (7,90 kg/ha) tavattiin sadossa ja valumavedessä yhteensä. Annetusta kokonaisfosforista 26,1 % oli sadossa ja 0,2 % valumavedessä.

4 TULOSTEN TARKASTELU

4.1 Valunta

Karjanlannalla lannoitetun turvemaan läpi valui koekauden aikana melko tarkalleen puolet sadan määräästä, mutta vastaavasti lannoitetun hiedan läpi vain noin neljäsosa. Tämä ero johtunee maalajien luontaisesta erosta tässä suhteessa; hietamaa hukkasi enemmän vettä evaporaation kautta. Samansuuntaisen eron ovat todenneet mm. JAAKKOLA ja YLÄRANTA (1985).

Valunta oli ketun lannalla lannoitetuista lysimetreistä selvästi vähäisempää kuin naudon lietalannalla lannoitetuista, ja yhdysvaikutus osoitti ketun lannan vähentävän valuntaa nimenomaan hiedalla. Tämä johtunee siitä, että ketun lanta tuotti huomattavasti runsaamman sadon kuin naudon liete. Ero ohran jyväsadoissa oli ketun lannan hyväksi ensimmäisenä koivuonna 4 300 kg/ha, toisena koivuonna 1 000 kg/ha ja kolmantena 500 kg/ha. Ketun lannan etu naudon lietalantaan verrattuna oli hiedalla keskimäärin 500 kg/ha suurempi kuin turpeella. Runsaamman lannoituksen ja sen myötä rehevemmän kasvun on yleensä todettu vähentävän valuntaa selvästi (EDER 1985, JAAKKOLA ja YLÄRANTA 1985, STAUFFER ja ENGGIST 1990).

Valunta näytti olevan hieman muita vähäisempää lysimetreistä, jotka lannoitettiin keväällä. Ilmiö oli siinä suhteessa erikoinen, että ero ilmeni tilastollisesti merkitsevänä vasta kahtena viimeisenä valuntakautena. Vertailu eri vuosien satotuloksiin oikeuttaa päätelmään, että ilmeisesti tässäkin valunnan väheneminen johtuu kyseisten lysimetricien muita rehevämmästä kasvusta.

Lannoittamattomista turvelysimetreistä valui koekauden aikana melko vähän vettä muihin kojeseniin verrattuna. Tämä on voinut vaikuttaa ravinteiden ja etenkin kiintoaineen huuhtoutumiseen merkittävästi. Syytä lannoittamattomien turvelysimetricien vähäiseen valuntaan ei saatu selville.

4.2 Typen huuhtoutuminen

Turvemaasta huuhtoutui enemmän kokonaistyyppä kuin hiedasta. Maalajien välinen ero johtuu todennäköisesti turvemaan hietaa suuremmasta luonnonhuuhtoutumasta. Kokonaistypen suurta huuhtoutumista turvemaasta edisti sen hietamaahan nähden kaksinkertainen valunta.

Maalajien välillä ei ollut eroa nitraattitypen huuhtoutumisessa, mutta ammoniumtyypeä karjanlannalla lannoitetusta turpeesta huuhtoutui 45-kertainen määrä karjanlannalla lannoitettuun hietaan verrattuna. Ammoniumtypen merkittävä huuhtoutuminen turvemaasta johtunee turpeen typen voimakkaasta mobilisaatiosta ja siitä, että nitrifikaatio oli happamassa turpeessa melko hidasta. Merkittävää ammoniumtypen huuhtoutumista turvemaasta ovat todenneet myös JAAKKOLA ja YLÄRANTA (1985).

Ammoniumtypen huuhtoutuminen kivennäismaasta on yleensä hyvin vähäistä, kuten tämäkin tutkimus osoitti. NIINIOJA (1993) havaitsi kuitenkin naudän lietalannan talvilevityksen johtavan savi- maalla merkittävään ammoniumtypen huuhtoutumiseen.

Turvemaasta huuhtoutui myös orgaanista tyypeä selvästi enemmän kuin hiedasta, mikä viittaa luonnonhuuhtoutuman suureen merkitykseen turpeessa. Ketun lannasta ei huuhtoutunut enempää kokonaistyypeä, nitraattityyppiä tai orgaanista tyyppiä kuin naudän lietalannasta, vaikka siinä annettu kokonaistyyppimäärä oli 3,4-kertainen naudän lantaan verrattuna. Ketun lannan naudän lietettä suurempi typpisisältö näkyi ainoastaan ammoniumtypen huuhtoutumisessa turvemaalla. Huomattavaa ammoniumtypen huuhtoutumista havaitsi myös PEDERSEN (1991) tutkiessaan ravinteiden huuhtoutumista turkiseläintarhan alueelta.

Itse asiassa ketun lannasta huuhtoutui hiedalla jopa vähemmän kokonaistyyppiä, nitraattityyppiä ja orgaanista tyyppiä kuin naudän lannasta. Tämä ero johtunee ketun lannalla lannoitettujen hietalysimetrien pienestä valunnasta, mikä taas on seurausta näiden lysimetrien rehevästä kasvusta.

Levitysaajan vaikutus kokonaistypen, nitraattitypen, ammoniumtypen ja orgaanisen typen huuhtoutumiseen näkyi hyvin ensimmäisinä valuntakausina, jolloin tyyppiä huuhtoutui kevätlevityksestä selvästi vähiten ja syyskuun levityksistä eriten. Saatu tulos vastaa hyvin kirjallisuustietoja (VETTER ja STEFFENS 1977, 1981, BRINK ja JERNLÅS 1982, DIJK 1985, IVARSSON ja BRINK 1985, BRINK 1987, GÖRLITZ 1989, TORSTENSSON 1992).

Didinillä näytti olevan hienoista vaikutusta kokonaistypen huuhtoutumiseen ensimmäisinä valuntakausina, mutta vaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Didinin heikko teho tuntuu oudolta, kun sillä useissa tutkimuksissa on ollut hyvin selvä vaikutus typen huuhtoutumiseen (AMBERGER 1989, ASMUS 1989, GÖRLITZ 1989). AMBERGERIN (1991b) mukaan merkittävä syy nitrifikaatioinhibiittorin heikkoon tehoon on liian aikainen levitysaika, jolloin inhibiittori itse ehtii hajota ja menettää tehonsa ennen talvea. AMBERGER (1991b) suosittelee, että (Saksan oloissa) nitrifikaatioinhibiittorilla käsitelty liete tulee levittää mahdollisimman myö-

hään, ei ennen marras-joulukuuta ja mieluiten tammi-helmikuussa jopa vasta hieman jäätyneeseen maahan.

Tässä tutkimuksessa Didinillä käsitelty liete levitettiin 26. syyskuuta, mikä KEMPPAISEN (1988) tekemien levitysaikakokeiden perusteella on oloisamme Didinin käytön kannalta edullisinta aikaa. Maan lämpötila on tällöin yleensä jo niin alhainen, ettei Didin itse hajoa kovin nopeasti. Toisaalta maan lämpötila ei yleensä vielä ole laskenut niin alas (alle 4 °C), ettei lannan tyyppi nitrifioituisi (MAIDL ja FISCHBECK 1989). Syyskuun 26. päivän jälkeen maan lämpötila laski muutaman päivän aikana noin 11 °C:sta 3–4 °C:n tasolle ja pysyi hyvin matalana aina maan routaantumiseen saakka marraskuun lopulle. Siten on hyvin epätodennäköistä, että Didin olisi menettänyt tehonsa hajoamalla syksyn aikana. Pikemminkin on voinut käydä niin, että maan lämpötila oli jo liian alhainen merkittävälle nitrifikaatiolle ja tällöin Didinin vaikutus jäi vähäiseksi. Tätä päätelmää tukee se, että ensimmäisen valuntakauden aikana karjanlantalysimetreistä huuhtoutuneet nitraattityppimäärät olivat lopulta melko pieniä, enimmillään noin 10 kg/ha.

Päätelmiä maan lämpötilan vaikutuksesta ammoniumtypen hapettumiseen ja Didinin tehoon vaikeuttaa se tosiasia, että karjanlannan käyttö siinänsä kiihdyttää nitrifikaatiota. MAIDL ja FISCHBECK (1989) havaitsivat kokeissaan, että karjanlannalla lannoitetuissa pelloissa tapahtuu merkittävää nitrifikaatiota sangen alhaisissakin lämpötiloissa, aina lähes 0 °C:een saakka. Väkilannoitteilla lannoitetuissa pelloissa nitrifikaatiota ei kuitenkaan juuri tapahdu alle +4 °C:n lämpötiloissa (MAIDL ja FISCHBECK 1989).

Ammoniumtypen osuus kokonaistypen huuhtoutumasta osoittaa, että lannan ammoniumtypen nitrifikaatio oli hiedassa hyvin nopeaa mutta turpeessa varsin hidasta. Turpeen nitrifikaation hitaus johtunee sen suuresta happamuudesta (pH 4,95). ALEXANDERIN (1991 s. 252) mukaan nitrifikaatio hidastuu merkittävästi maan pH:n laskiessa alle 6,0:n ja on erittäin hidasta pH-arvon 5,0 alapuolella. Ammoniumtypen hitaan hapettumisen happamissa maissa ovat todenneet myös WADMAN ym. (1993). Orgaanisen typen huuhtoutumisosuuden pieneneminen kokeen edistyessä osoittanee, että lan-

nasta huuhtoutui myös orgaanista tyypeä kokeen alkupuolella.

4.3 Fosforin huuhtoutuminen

Turvemaasta huuhtoutui hietaan verrattuna 23-kertainen määrä kokonaisfosforia ja 39-kertainen määrä liukoista fosforia. Syynä maalajien väliseen eroon on turpeen huono kyky pidättää fosfaattia huuhtoutumattomaan muotoon. SIPPOLAN ja SAARELAN (1992) tutkimuksessa osoittautui, että maanesteen 0,5 mg/l-fosforikonsentraatiota vastaava viljavuustutkimuksen fosforiluku oli eloperäisillä mailla vain 14 mg/l, kun se oli karkeilla kivennäismailla 53 mg/l ja savimailla 70 mg/l.

Huomattavia eroja turvemaiden ja kivennäismaiden fosforin huuhtoutumisalttiudessa ja huuhtoutumisessa ovat todenneet myös STEENVORDEN ja OOSTEROM (1981) sekä UHLEN ja ÖSTERUD (1992). BARTELSin ja SCHEFFERin (1987) tutkimuksessa 40 m³/ha sian lietelantaa aiheutti syväturpeisella maalla vuosittain keskimäärin 9 kg:n fosforihuuhtoutuman hehtaaria kohden. SCHEFFER ym. (1981) havaitsivat fosforihuuhtoutuman rahkaturpeesta olevan keskimäärin 4,3 kg/ha/vuosi, kun sian lietettä levitettiin 30–50 m³/ha, ja keskimäärin 7,7 kg/ha/vuosi, kun lietemäärä oli 60–90 m³/ha. Enimmillään fosforia huuhtoutui 55 m³:sta sian lietelantaa 21 kg/ha/vuosi ja 110 m³:sta sian lietelantaa jopa 48 kg P/ha/vuosi (SCHEFFER ym. 1981).

Varastoidun karjanlannan fosfori on pääosin (yli 80 %) epäorgaanisessa muodossa (FAASSEN ja DIJK 1987, RIEMSDIJK ym. 1987). Valtaosa epäorgaanisesta fosforista on kalsiumfosfaattisakkana. Vain 1–2 % lannan kokonaisfosforista on liukoista orgaanista fosforia. Lannan orgaanisella fosforilla ei tutkimusten mukaan ole sanottavaa lannoitusvaikutusta (FAASSEN ja DIJK 1987, RIEMSDIJK ym. 1987). Siten olisi luultavaa, ettei lannan fosforin huuhtoutuminen juurikaan poikkeaisi väkilannoitteen fosforin huuhtoutumisesta.

Kuitenkin on osoitettu, että lannan fosfori huuhtoutuu helpommin kuin väkilannoitteen fosfori (VETTER ja STEFFENS 1981). Orgaaninen aines ilmeisesti hidastaa lannan epäorgaanisen fosforin pidättymistä maan rauta- ja alumiiniyhdisteisiin. CHANG ym. (1983) puolestaan päätyivät viemäri- lietteellä lannoitettuja maita tutkiessaan päätel-

mään, että eloperäisestä lannoitteesta huuhtoutuu nimenomaan orgaanista fosforia.

Fosforin huuhtoutuminen ketun lannasta oli selvästi suurempaa kuin naudon lietelannasta. Ero oli erityisen selvä turvemaalla, joka pidätti fosforia heikosti ja jossa valunta oli selvästi hietaa suurempi. Enimmillään kokonaisfosforia huuhtoutui ketun lannalla lannoitetusta turpeesta kokeen aikana 4,6 kg/ha, ja fosforin huuhtoutuminen jatkui todennäköisesti merkittävänä kokeen jälkeenkin. Syynä fosforin erityisen suureen huuhtoutumiseen ketun lannasta on siinä maahan annettu fosforimäärä, joka oli 19-kertainen naudon lannassa annettuun verrattuna. Kuitenkin ketun lannan fosforin huuhtoutuminen turvemaasta jäi melko vähäiseksi SCHEFFERin ym. (1981) ja BARTELSin ja SCHEFFERin (1987) esittämiin huuhtoutumiin verrattuna.

Lannan levitysjalla näyttää olevan vaikutusta fosforin huuhtoutumiseen turvemaasta silloin, kun lannassa maahan tuleva fosforimäärä ei ole kasvien tarpeeseen nähden kohtuuttoman suuri. Näin tapahtui käytettäessä lannoitteena naudon lietelantaa, joka sisälsi kokonaisfosforia 35 kg/ha. Syksyllä tai talvella levitetystä lannasta huuhtoutui kokonaisfosforia noin 2,5-kertainen määrä keväällä levitettyyn lantaan verrattuna. Keväällä levitetystä lannasta fosforia ei huuhtoutunut sen enempää kuin väkilannoitteestakaan. Tulos vastaa hyvin NII-NIOJAN (1993) Liperin huuhtoutumiskokeesta saamia tuloksia.

Kevätlevitys ei kuitenkaan vähentänyt fosforin huuhtoutumista turvemaalle levitetystä ketun lannasta, kun fosforin määrä oli kasvien tarpeeseen nähden aivan liian suuri (679 kg P/ha). Hiedalla levitysaika taas ei juurikaan vaikuttanut fosforin huuhtoutumiseen, kun huuhtoutuminen jäi kaikista koejäsenistä hyvin pieneksi.

Turvemaalta huuhtoutuneen liukoisen fosforin osuus kokonaisfosforista kasvoi kokeen aikana noin 50 %:sta yli 80 %:iin. Tämä fosforin liukoisuuden kasvu tapahtui samaan aikaan kun turvemaan kokonaisfosforin huuhtoutuminen kasvoi. Turvemaalta huuhtoutuneen fosforin liukoisuus oli samaa luokkaa kuin HUHDAN (1989) tutkimuksessa. Hiedasta huuhtoutuneen kokonaisfosforin liukoisuus oli selvästi pienempi, ja se laski hieman kokeen aikana.

4.4 Kiintoaineen sekä kaliumin, kalsiumin ja magnesiumin huuhtoutuminen

Turvemaalta huuhtoutui kokeen aikana kiintoainetta noin kolminkertainen määrä hietaan verrattuna. On todennäköistä, että turvemaasta huuhtoutunut kiintoaine on pääasiassa turpeen luontaisia humusyhdisteitä eikä niinkään karjanlannan orgaanista ainetta. Toisaalta lannan levitysajalla oli nimenomaan turvemaalla vaikutusta kiintoaineen huuhtoutumiseen, mikä taas oikeuttaisi päinvastaisen tulkintaan.

BARTELS ja SCHEFFER (1987) totesivat lietelannoituksen lisäävän merkittävästi orgaanisen aineen huuhtoutumista turvemaasta. Tutkijat eivät kuitenkaan kyenneet osoittamaan, oliko huuhtoutumisen kasvussa kyse lannan ainesosien huuhtoutumisesta vai lisääntyneestä turpeen ainesosien huuhtoutumisesta.

Väkilannoitteella lannoitetut verrankekoejäsenet osoittavat, että turvemaasta huuhtoutuu luonnostaankin enemmän kiintoainetta kuin hiedasta. Lannoittamattoman koejäsenen tuloksissa tätä eroa ei näy, mutta tämä johtunee vain lannoittamattoman turpeen poikkeuksellisen vähäisestä valunnasta.

Hiedalta näytti huuhtoutuvan enemmän kaliumia ja kalsiumia kuin turpeelta, mutta turpeelta taas hiedan enemmän magnesiumia. Nämä erot johtunevat eroista maiden alkuperäisessä viljavuudessa. Lantalajin vaikutus näiden ravinteiden huuhtoutumiseen oli hyvin pieni. Kaliumia, kalsiumia ja magnesiumia huuhtoutui aina vähiten toukokuussa levitetystä lannasta.

Merkittävää alkali- ja maa-alkalimetallien huuhtoutumista lannasta ovat havainneet myös UHLEN (1978, 1989), HERRMANN ym. (1983), BÖHMER ja WEISE (1985), EDER (1985) sekä THUM ja LAVES (1989). BÖHMERin ja WEISEn (1985) suurilla lietemäärillä tekemissä kokeissa lannan kaliumista huuhtoutui maalajista riippuen 2–20 %, lannan kalsiumista 28–46 % ja lannan magnesiumista 15–53 %.

4.5 Sadot

Turvemaa oli huomattavasti parempikasvuista kuin hieta. Jo lannoittamattomanakin turve tuotti hiedan suuremman ohrasadon kuin hieta, ja sen pa-

remmuus vain kasvoi lannoitettuna. Kuitenkin kokeessa käytetty saraturve oli alunperin varsin hapanta ja hyvin vähäravinteista. Tärkein syy turpeen paremmuuteen lienee sen typen voimakas mobilisaatio.

On myös mahdollista, että lannoitusaineiden sisältämä fosfori vaikutti merkittävästi ohrasatoon ja että se vaikutti turvemaalla tehokkaammin kuin hiedalla. Tämä selittäisi sen, että turpeen suhteellinen paremmuus vain kasvoi lannoitettuna.

Ketun lanta osoittautui ohran jyväsadon kannalta selvästi naudan lietelantaa tehokkaammaksi ja pitkävaikutteisemmaksi lannoitteeksi. Syynä tähän on ketun lannan suuri ravinnepitoisuus. Molemmilla lannoilla oli selvä jälkivaikutus, ketun lannalla kuitenkin huomattavasti naudan lietelantaa suurempi.

Ketun lannalla ohran jyväsadon kannalta paras levitysaika oli syyskuu (+Didin), mutta naudan lietelannalla taas toukokuu. Naudan lannan antama tulos kuvaa tilannetta silloin, kun lanta-annos on mitoitettu viljelykasvin tarpeisiin, ja se vastaa hyvin levitysaajan vaikutuksesta muissa kokeissa saatuja tuloksia (KEMPPAINEN 1989). Ketun lanta sisälsi viljelykasvin tarpeisiin nähden ylimäärin ravinteita, ja tällöin kevätleivitys ei välttämättä ole sadon määrän kannalta edullisin ratkaisu. Samaan päätelmään tuli VIRTANEN (1977, 1982) levitettyään ohran lannoitteeksi 80–100 t/ha sian lietelantaa eri vuodenaikoina.

4.6 Sadon tyyppi ja tyypitase

Sadon tyypipitoisuus ja kasvien typenotto osoittavat, että turvemaa luovutti kasvien käyttöön enemmän tyyppiä kuin hieta. Turpeesta myös huuhtoutui enemmän tyyppiä kuin hiedasta. Kun nämä erot näkyivät myös lannoittamattomissa koejäsenissä, syynä lienee turpeen typen merkittävä mobilisaatio. Turvemaan typpihuuhtoutuman suuruus johtuu toisaalta suuresta valunnasta.

Ohrasadon typenotto ketun lannasta oli moninkertainen naudan lietelantaan verrattuna. Samanaikaisesti ketun lannasta huuhtoutui kokonaistyyppiä vain sama määrä kuin naudan lietteestä, vaikka ketun lannassa annettu typpimäärä oli naudan lantaan verrattuna 3,4-kertainen. Syynä tähän ilmiöön lienee se, että ketun lannalla lannoitettu rehevä kasvusto kulutti tehokkaasti vettä ja valunta jäi vastaa-

vasti selvästi naudon lannalla lannoitettuja koejäseniä vähäisemmäksi.

Edellä kuvattu ilmiö, että suurempi ravinnemäärä johtaa vain sadon ja sen ottaman ravinnemäärän kasvuun muttei lainkaan huuhtoutuman kasvuun, on mahdollinen vain silloin, kun muut kasvutekijät eivät oleellisesti rajoita kasvua. Lysimetreissä oli yllättävän hyvät kasvuolosuhteet, kun ohra pystyi käyttämään hyväkseen ketun lannassa annetut suuret kokonaistypen ja liukoisen typen määrät (565 ja 329 kg/ha). Ketun lannan sisältämä suuri fosforimäärä saattoi myös edesauttaa sen typen hyväksikäyttöä. Tältä osin tutkimuksen tulokset eivät kuitenkaan ole vertailukelpoisia peltoviljelyyn, jossa typen huuhtoutuminen viljan viljelyssä alkaa kasvava voimakkaasti jo huomattavasti alhaisemmalla typpilannoitustasolla.

Jyväsadon typpipitoisuus ensimmäisenä koevuonna oli pienin toukokuun levityksellä, mikä johtuu tämän koejäsenen suuresta sadosta. Korkein typpipitoisuus oli koejäsenessä, joka sai lannan syyskuussa Didinin kera. Kun tämän koejäsenen sato oli myös hyvin suuri, Didin näyttää todella tehostaneen lannan typen hyväksikäyttöä. Didinin vaikutus oli selvä nimenomaan ketun lannan ohella käytettynä. Vastaavanlaisia havaintoja Didinin vaikutuksesta sadon typpipitoisuuteen on tehnyt myös NILSSON (1991).

Eniten sadon ja huuhtoutuman kokonaistyppeä tavattiin käsittelyssä, joka sai lannan syyskuussa Didinin kera ja vähiten joulukuussa lannoitetusta. Erot käsittelyjen välillä johtunevat pääosin ammoniakkin haihtumisen eroista. Joulukuun huono tulos johtuu siitä, että vaikka ilman lämpötila olikin tällöin varsin alhainen, lantaa ei voitu lainkaan mullata routaiseen maahan. Syyskuun hyvän tuloksen peruste taas on se, että lanta mullattiin hyvin nopeasti levityksen jälkeen (kolme tuntia levityksestä). Keväällä levitetty lanta jätettiin maan

pintaan kolmeksi päiväksi ennen multausta, mikä näkyy tältä osin syyslevitystä huonompana tuloksena. On kuitenkin vaikea selittää sitä, että Didin vaikutti hyvin edullisesti syyskuussa levitetyn lannan tehoon vaikutuksen kuitenkaan näkymättä typen huuhtoutumisessa.

Etenkin turvemaan väkilannoitekoejäsenistä tavattiin sadossa ja huuhtoutumassa huomattavasti enemmän typpeä kuin niihin oli lannoitteessa annettu. Tämä johtuu taas typen mobilisaatiosta, jota lannoitus ja sitä seurannut kasvun paraneminen näyttää vielä vilkastuttaneen.

4.7 Sadon fosfori ja fosforitase

Maalajien välillä ei ollut suurtakaan eroa ohran jyväsadon fosforipitoisuudessa. Ohran jyvä- ja olkisadon sisältämä fosforimäärä oli kuitenkin turvemaalla selvästi suurempi kuin hiedalla turvemaan suuremmista sadoista johtuen. Turvemaan sadossa ja huuhtoutumassa fosforia tavattiin yhteensä lähes kaksinkertainen määrä hietaan verrattuna. Maalajien välinen ero johtuu osittain turvemaan hietaa paremmasta kasvukunnosta, jolloin suuri kasvimassa otti maasta runsaasti fosforia. Toinen merkittävä tekijä lienee turvemaan heikko fosforinpidätyskyky hietaan verrattuna (SIPPOLA ja SAARELA 1992).

Ketun lannan suurta fosforivaikutusta osoittaa se, että sillä lannoitetun ohran jyvän ja oljen fosforipitoisuus oli selvästi suurempi kuin naudon lannalla tai väkilannoitteella lannoitetun, etenkin turvemaalla. Samanaikaisesti ketun lanta tuotti huomattavasti suuremman sadon kuin naudon liete. Niinpä sadon fosforinotto ketun lannalla lannoitetuista lysimetreistä oli keskimäärin 1,8-kertainen naudon lannalla lannoitettuihin verrattuna. Ohrasadosta ja huuhtoutumasta tavattiin ketun lannan fosforia 4-kertainen määrä naudon lantaan verrattuna.

KIRJALLISUUS

- ALEXANDER, M. 1991. Introduction to Soil Microbiology. 2nd Ed. Malabar, Florida. 467 p.
- AMBERGER, A. 1981. Dicyanamid ("Didin") als Nitrifikationshemmstoff. Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch 7/81: 845-853.
- 1989. Research on dicyandiamide as a nitrification inhibitor and future outlook. Communications in Soil Science and Plant Analysis 20: 1933-1955.
- 1991a. Strategien zur Gülleanwendung in ökologischer und ökonomischer Hinsicht. VDLUFA. Kongressband 1991 Ulm. VDLUFA Schriftenreihe 33/1991: 105-110.
- 1991b. Slurry fertilization with the aim of low nitrate leaching. Recent Developments in Animal Waste Utilization. FAO. REUR Technical Series 17: 223-225.
- ASMUS, F. 1989. Untersuchungen zur Reduzierung der N-Verlagerung nach Gülledüngung in Sand-Rosterde. Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkd. 33: 573-579.
- & HUBNER, C. 1985. Untersuchungen zur N-Immobilisierung nach Strohdüngung. Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkd. 29: 39-45.
- BARTELS, R. & SCHEFFER, B. 1987. Limitations for slurry application to peat grassland. Animal Manure on Grassland and Fodder Crops. Fertilizer or Waste? p. 365-367. Dordrecht.
- BERTILSSON, G. 1988. Lysimeter studies of nitrogen leaching and nitrogen balances as affected by agricultural practices. Acta Agric. Scand. 38: 3-11.
- BRINK, N. 1987. Kväve och fosfor från stallgödsblad åker. Ekohydrologi 1987, 24: 38-39.
- , GUSTAFSON, A. & PERSSON, G. 1979. Förluster av kväve, fosfor och kalium från åker. Ekohydrologi 1979, 4: 7-57.
- & JERNLÅS, R. 1982. Utlakning vid spridning höst och vår av flytgödsel. Ekohydrologi 1982, 12: 3-14.
- BÖHMER, B.-M. & WEISE, K. 1985. Nährstoffauswaschung bei Applikation hoher Gaben Gülleflüssigkeit. Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkd. 29: 759-765.
- CHANG, A.C., PAGE, A.L., SUTHERLAND, F.H. & GRGUREVIC, E. 1983. Fractination of Phosphorus in Sludge-Affected Soils. J. Environ. Qual. 12, 2: 286-290.
- DIJK, T.A. van. 1985. De uitspoeling van mineralen op bouwland waaraan jaarlijks drijfmest wordt toegevend. (Summary: Leaching of plant nutrients from arable land as affected by annual applications of cattle slurry). Instituut voor Bodemvruchtbaarheid. Rapport 2/85: 1-61.
- EDER, G. 1985. Der Einfluss steigender Güllegaben auf den Boden, den Pflanzenertrag, die Futterqualität und das Sickerwasser. Veröffentlichungen der Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft, Gumpenstein. Heft 3: 1-19.
- FAASSEN, H.G. van & DIJK, H. van. 1987. Manure as a source of nitrogen and phosphorus in soils. Animal Manure on Grassland and Fodder Crops. Fertilizer or Waste. p. 27-45. Dordrecht.
- GÖRLITZ, H. 1989. Verringerung der N-Verlagerung im Boden nach Gülledüngung durch Einsatz von Nitrifikationsinhibitoren - Ergebnisse aus Lysimeteruntersuchungen. Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkd. 33: 567-572.
- 1990. Gülleinsatz mit Nitrifikationsinhibitoren im Herbst zu Wintergetreide. Agrobiological Research 43, 3: 253-259.
- , ASMUS, F., VÖLKER, U., BENTHIN, K. & MÜLLER, H. 1988. Verminderung der Stickstoffauswaschung nach Gülledüngung durch Einsatz von Nitrifikationsinhibitoren und Kombination mit Strohdüngung. Zentralblatt für Mikrobiologie 143: 323-330.
- HENIN, S. 1989. Les problemes de pollution par les nitrates: interpretations actuelles des observations realisees de 1931 a 1949 sur les cases lysimetriques mises en place a Versailles par A. Demolon. Comptes Rendus de l'Academie d'Agriculture de France 1989, 8: 79-85.
- HERRMANN, V., GÖRLITZ, H. & ASMUS, F. 1983. Lysimeteruntersuchungen zur Nährstoffverlagerung nach Gülledüngung in einer Sand-Rosterde - Phosphor, Kalium und Magnesium. Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkd. 27: 687-692.
- HUHTA, H. 1989. Typen ja fosforin huuhtoutumien turvemaan nurmesta ja viljapellosta. Koetoiminta ja Käytäntö 46: 47.
- IVARSSON, K. & BRINK, N. 1985. Utlakning från en grovmojord i Halland. Ekohydrologi 1985, 20: 13-25.
- JAAKKOLA, A. & YLÄRANTA, T. 1985. Typen huuhtoutumien ja hyväksikäyttö lysimetrikokeessa. SITRA. Biologisen typensidonnain ja ravinnetyypin hyväksikäytön projekti. Julkaisu 22: 1-38.
- KEMPPAINEN, E. 1984. Karjanlannan ravinnepitoisuus ja syyt sen vaihteluun. SITRA. Biologisen typensidonnain ja ravinnetyypin hyväksikäytön projekti. Julkaisu 11: 1-80.
- 1986. Karjanlannan hoito ja käyttö Suomessa. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 2/86: 1-102.
- 1988. Didinin (dicyandiamidi) vaikutus naudan lietalannan tehoon ohran lannoitteena. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 19/88: 1-35.
- 1989. Nutrient content and fertilizer value of livestock manure with special reference to cow manure. Ann. Agric. Fenn. 28: 163-284.
- KJELLERUP, V. 1986. Nitrogen effect of slurry mixed with nitrification inhibitors: field experiments. Efficient Land Use of Sludge and Manure. p. 2-6. London.
- KÄHÄRI, J. & NISSINEN, H. 1978. The mineral element contents of timothy (Phleum Pratense) in Finland. I. Acta Agric. Scand. Suppl. 20: 26-39.
- MAIDL, F.X. & FISCHBECK, G. 1989. Effects of Long-term Applications of Slurry on Soil Nitrogen Mineralization. J. Agronomy & Crop Science 162: 310-319.

- MEISSNER, R., KRAMER, D., TAEGER, H. & SCHONERT, P. 1991. Lysimeterversuchsergebnisse über die Wirkung der Nitrifizide "Dicyandiamid" (DCD) und "1-Carbamoyl-3(5)-methylpyrazol" (CMP). Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkd. 35: 411-423.
- MELANEN, M., JAAKKOLA, A., MELKAS, M., AHTIAINEN, M. & MATINVESI, J. 1985. Leaching resulting from land application of sewage sludge and slurry. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 61. 124 p.
- MELKAS, M. 1985. Pellolle levitetystä karjanlannasta aiheutuva huuhtoutuminen. Vesihallituksen monistesarja 370. 26 p.
- NIINIOJA, R. 1993. Lietelannan levitys ja ravinteiden huuhtoutuminen. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja A 150: 1-90.
- NILSSON, L.G. 1991. Nitrifikationshämmare - flytgödsel. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för Markvetenskap. Rapport 181: 1-28.
- PAIN, B.F., THOMPSON, R.B., De la LANDE CREMER, L.C.N. & Ten HOLTE, L. 1987. The use of additives in livestock slurries to improve their flow properties, conserve nitrogen and reduce odours. Animal Manure on Grassland and Fodder Crops. Fertilizer or Waste? p. 229-246. Dordrecht.
- PEDERSEN, J.B. 1991. Forurening fra pelsdyrfarme. Miljøstyrelsen (Danmark). Miljøprojekt nr.163: 1-96.
- RIEMSDIJK, W.H. van, LEXMOND, Th.M., ENFIELD, C.G. & ZEE, S.E.A.T.M. van der. 1987. Phosphorus and heavy metals: accumulation and consequences. Animal Manure on Grassland and Fodder Crops. Fertilizer or Waste. p. 213-227. Dordrecht.
- SAS Institute 1985. SAS User's Guide: Statistics, Version 5 Edition. Gary, NC. 956 p.
- SCHEFFER, B. von, KUNTZE, H. & BARTELS, R. 1981. Zum Phosphataustrag aus mit Gülle gedüngtem Hochmoorboden. Landwirtsch. Forsch. Sonderh. 40: 288-296.
- SIPPOLA, J. & SAARELA, I. 1992. Suomen maalajien fosforinpidätysominaisuudet ja niiden merkitys vesien kuormituksen kannalta. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 359: 27-36.
- STAUFFER, W. & ENGGIST, A. 1990. Einfluss von Gülleausbringtermin, Kultur und Wiesenumbruch auf die Nitratauswaschung in einem Lysimeterversuch. Landwirtschaft Schweiz 3, 7: 373-379.
- STENVOORDEN, J.H.A.M. 1989. Agricultural practices to reduce nitrogen losses via leaching and surface runoff. Management Systems to reduce Impact of Nitrates. p. 72-84. Barking, UK.
- & OOSTEROM, H.P. 1981. Natural and artificial sources of nitrogen and phosphate pollution of surface waters in the Netherlands. Nitrogen Losses and Surface Run-off from Landspreading of Manures. p. 307-333. The Hague.
- STEFFENS, G. & VETTER, H. 1984. Stickstoffverlagerung nach Gülledüngung mit und ohne Zwischenfruchtanbau. Landwirtsch. Forsch. Sonderh. 40: 354-362.
- THUM, J. & LAVES, D. 1989. Guteuntersuchungen an Dränabflüssen bei Güllefugat-Verregnung zu Ackergras. Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkd. 33: 41-49.
- TORSTENSSON, G. 1992. Kväveutlakning i storrute-försök med stallgödsel. Hudrygödnings, Resurse - Miljö. NJF Utredningar-Rapporter 74: 97-101.
- TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. 1986. Viljelykasvin, lannoituksen ja sadetuksen vaikutus kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, natriumin, sulfaattirikin sekä kloridin huuhtoutumiseen savimaasta. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 17/86: 1-43.
- TVEITNES, S. & HÅLAND, Å. 1989. Influence of the nitrification inhibitor Dicyandiamide (DCD) on the nitrogen efficiency of cattle slurry. Norwegian Journal of Agricultural Sciences 3: 343-350.
- UHLEN, G. 1978. Nutrient leaching and surface runoff in field lysimeters on a cultivated soil. II. Meld. Norges Landbr.högsk. 57, 28: 1-23.
- 1989. Nutrient leaching and surface runoff in field lysimeters on a cultivated soil. Nutrient balances 1974-81. Norwegian Journal of Agricultural Sciences 3: 33-46.
- & ÖSTERUD, J.G. 1992. Nitrogen, fosfor og kalium i grøftevannsprøver fra dyrket mark. Norsk Landbruksforskning 6: 61-72.
- VETTER, H. & STEFFENS, G. 1977. Der Einfluss gestaffelter Güllemengen und verschiedener Düngungszeitpunkte auf die Nährstoffverlagerung in tiefere Bodenschichten und in das Wasser. Landwirtsch. Forsch. Sonderh. 34: 238-246.
- & STEFFENS, G. 1981. Nährstoffverlagerung und Nährstoffeintrag in das oberflächennahe Grundwasser nach Gülledüngung. Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung 22: 159-172.
- VIRTANEN, E. 1977. Lietelannan levitysjän vaikutus satoon. Koetoiminta ja Käytäntö 1977: 34.
- 1982. Sikalan lietalanta levitysaikakokeissa. Koetoiminta ja Käytäntö 1982: 2-3.
- VUORINEN, J. & MÄKITIE, O. 1955. The method of soil testing in use in Finland. Agrogeol. Publ. 63: 1-44.
- WADMAN, W.P., NEETESON, J.J. & WIJNEN, G.J. 1993. Field experiments with slurry and dicyandiamide: response of potatoes and effects on soil mineral nitrogen. Netherlands Journal of Agricultural Science 41: 95-109.

Säätietoja Kainuun tutkimusasemalta Soikamosta.

	1989		1990		1991		1992	
	Keskilämpö- tila (°C)	Sademäärä (mm)	Keskilämpö- tila (°C)	Sademäärä (mm)	Keskilämpö- tila (°C)	Sademäärä (mm)	Keskilämpö- tila (°C)	Sademäärä (mm)
Tammikuu			-12,7	44,6	-10,4	25,3	-6,2	21,6
Helmikuu			-0,6	35,9	-11,6	11,7	-5,6	23,4
Maaliskuu			-2,9	17,8	-6,6	33,9	-1,2	31,6
Huhtikuu			2,5	18,4	1,6	11,5	-2,7	18,8
Toukokuu			6,6	10,6	5,6	50,7	9,2	18,8
Kesäkuu			11,9	47,6	12,7	149,0	14,4	26,9
Heinäkuu			14,4	114,9	15,9	45,5	13,9	71,2
Elokuu			13,5	76,8	15,2	60,7	11,4	139,5
Syyskuu	9,2	42,0	6,2	15,2	7,6	85,4	10,4	84,0
Lokakuu	4,2	35,6	2,5	21,5	4,7	37,6	-3,5	42,2
Marraskuu	-1,6	35,0	-7,0	35,9	1,1	64,2	-6,8	45,3
Joulukuu	-9,9	23,2	-4,3	32,9	-5,0	29,6	-1,4	40,3
Roudan lähtö pvm.			3,5(Hs)	25,5(Ct)	29,4(Hs)	15,5(Ct)	8,5(Hs)	11,5(Ct)
Roudan tulo pvm.	20.11.		8.11.		6.12.		10.10	
Lumen lähtö pvm.			17,4.		14,4.		2,5.	
Lumen tulo pvm.	21.11.		10.11.		8.12.		17.10.	
Kasvukausi alkoi	26.4.		23,4.		11,5.		11,5.	
Kasvukausi loppui	29.9.		21,9.		19.10.		6.10.	
Tehoisan lämpö- tilan summa °C	1 218,9		903,9		1 051,2		1 053,6	

**Maan lämpötilan kehitys syksyllä 1989 lannan levityk-
sestä maan routaantumiseen. Mittaus 12,5 cm:n sy-
vyydestä.**

Pvm.	Turve (°C)	Hieta (°C)
27.9.	11,4	11,7
2.10.	3,1	4,7
5.10.	2,0	2,9
9.10.	1,6	2,8
16.10.	1,7	3,0
19.10.	0,9	1,3
24.10.	2,7	2,8
26.10.	2,6	3,1
30.10.	0,9	1,4
2.11.	0,6	1,0
6.11.	3,0	3,9
9.11.	3,6	4,2
13.11.	2,5	2,7
16.11.	0,5	0,6
23.11.	0,0	0,0
27.11.	-0,7	-1,1
4.12.	-0,1	0,0

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUKSEN TIEDOTTEET

(Tiedotteet vuosilta 1983–90 on lueteltu aiempien vuosikertojen numeroissa.)

1991

2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1983–1990. 146 p. + 2 liitettä.
3. VILKKI, J. Kulta-kevättrypsi. 20 p. + 1 liite.
4. KEMPPAINEN, E. & VUORINEN, M. Maanparannusaineiden vertailu kenttäkokeessa. (Sotkamon maanparannuskoe). 22 p.
5. YLÄRANTA, T. Maataloustuotannon vaikutus kasvihuoneilmistöön Suomessa. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. 18 p.
6. HANNUKKALA, A. E. Puikulan viljelytekniikka Lapissa. 23 p.
7. URVAS, L. & HÄMÄLÄINEN, I. Viljeltyjen moreenimaiden kemialliset ominaisuudet. Kirjallisuuskatsaus. 28 p.
8. JUHANOJA, S. Freesian sadon ajoittaminen. 57 p.
9. LAURILA, L., HIIVOLA, S-L. & KARVONEN, T. Rukiin sakoluku Etelä-Pohjanmaalla. 56 p.
10. HUUSELA-VEISTOLA, E., PAHKALA, K. & MELA, T. Peltokasvit sellun ja paperin raaka-aineena. Kirjallisuustutkimus. 36 p. + 1 liite.
11. TIIRI, J. Muokkauksen vaikutus maan toimintoihin. 82 p.
12. NIEMELÄINEN, O. & HUUSELA-VEISTOLA, E. Typpilannoituksen vaikutus niittyurmikka-, nurmirölli-, puisto- ja punanatanurmikon kasvuun ja kestävyYTEEN. 38 p.
13. HUUSELA-VEISTOLA, E., NIEMELÄINEN, O. & HUHTA, H. Lajikkeen, lannoituksen ja leikkuun vaikutus niittyurmikka-natanurmikon menestymiseen. 33 p.
14. HUUSELA-VEISTOLA, E., NIEMELÄINEN, O. & HUHTA, H. Siemenmäärä nurmikon perustamisessa. 30 p.
15. NIEMELÄINEN, O., HUUSELA-VEISTOLA, E., NISSINEN, O., AHVENNIEMI, P., LAURILA, A. & RAVANTTI, S. Lannoituksen ja leikkuukorkeuden vaikutus nata- ja niittyurmikkalajikkeiden peittävyYTEEN ja kestävyYTEEN nurmikossa. 35 p. + 1 liite.
16. NIEMELÄINEN, O., HUUSELA-VEISTOLA, E. NISSINEN, O. & TALVITIE, H. Nurmikkosiemen-seosten menestyminen eri tavoin kunnostetulla kasvualustalla. 51 p., 5 liitettä.
17. HÄRKÖNEN, E., NIEMELÄINEN, O. & HUUSELA-VEISTOLA, E. Englanninraiheinä nurmikon perustamisessa Suomessa. 26 p. + 1 liite.

18. JUNNILA, S. & ERVIÖ, L-R. Uusien herbisidien tehokkuus ja käyttökelpoisuus viljakasvustoissa. 48 p.
19. ALAVIUHKOLA, T., SUOMI, K. & FRIMAN, T. Uusimmat koetulokset sikatalouden tutkimus- asemalta. 77p.
20. KEMPPAINEN, E., ANISZEWSKI, T. & MIETTINEN, E. Nurmikasvilajien vertailu Pohjois-Kai- nuussa. 17 p.
21. **Salaatin viljely ja sadon laatu. *Cultivation of lettuce and quality of yield.***
Yhteistutkimuksen "Salaatin viljelymenetelmien kehittäminen ja viljelytoimien vaikutus salaatin laatuun" loppuraportti. 179 p.
Toimittaneet RAILI JOKINEN ja RISTO TAHVONEN.
22. AVIKAINEN, H., HARJU, P., KOPONEN, H., MANNINEN, M., MEINANDER, B. & TAHVONEN, R. Desinfointiaineiden soveltuvuus pelto- ja kasvihuonetuotannossa. 52 p. + 2 liitettä.
23. JOKI-TOKOLA, E. Rehun kuiva-ainepitoisuuden, paalien muovitustavan ja säilytyspaikan vai- kutus pyöröpaalisäilörehun säilyvyyteen. 27 p.
24. JUHANOJA, S. & HIIRSALMI, A. Tuloksia puiden ja koristepensaiden menestymisen seuran nasta vuosina 1970–90. 116 p.

1992

1. HAKKOLA, H. & KERÄNEN, T. Rehuviljakokeiden tuloksia 1977-91 Pohjois-Pohjamaan tutki- musasemalta. 22 p.
2. KOSSILA, V. & MÄNTYSAARI, P. Pikkuvasikoiden ruokintakoetuloksia Maatalouden tutkimus- keskuksessa v. 1973-89. 110 p. + 3 liitettä.
3. URVAS, L. Kalium-, mangaani- ja sinkkilannoituksen vaikutus timotein ravinnepitoisuuteen Pohjois-Suomen suonurmilla. 23 p.
4. NISSINEN, O. Yksivuotisten tuorerehukasvien soveltuminen laidun- ja niittoruokintaan Poh- jois-Suomessa. 45 p.
5. HANNUKKALA, A.E. Timoteinurmen perustaminen Pohjois-Lapissa. 15 p.
6. MÄKELÄ-KURTTO, R., SIPPOLA, J. & JOKINEN, R. Teollisuuden jätevesilietteet ja niiden hyö- tykäyttö maataloudessa. (Loppuraportti tutkimushankkeesta "Teollisuuden jätevesilietteet ja niiden mahdollinen hyväksikäyttö maataloudessa".) 51 p. + 40 liitettä.
7. VANHALA, P. Rikkakasvien fyysikaalinen ja mekaaninen torjunta kasvukauden aikana. 68 p.
8. SAASTAMOINEN, M. Sohvi-herne. 41 p. + 2 liitettä.
9. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MÄKE- LÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1984–1991. 109 p. + 2 liitettä.
10. GALAMBOSI, B. & RAHUNEN, I. Yrttien käyttö ja viljely. 39 p. + 1 liite.

11. SIMOJOKI, P., MEHTO-HÄMÄLÄINEN, U., LAITINEN, V. & RÄKKÖLÄINEN, M. Rikkakasvien torjunta ilman herbisidejä. 37 p.
12. **Hiehokasvatuskokeiden tuloksia.**
 SAIRANEN, S., KOSSILA, V., ARONEN, I. & MICORDIA, A. Risteytyshiehot. P. 4–23.
 KOSSILA, V., SAIRANEN, S., MICORDIA, A., VALMARI, A. & HAKKOLA, H. Hiehot ja hieholehmät. P. 24–40 + 9 liitettä.
 KOSSILA, V., HEIKKILÄ, T. & SAIRANEN, S. Kaksoset ja kolmoset. P. 41–48 + 2 liitettä.
 Toimittaneet VAPPU KOSSILA ja SILJA SAIRANEN.
13. URVAS, L. & HYVÄRINEN, S. Maaperäkarttaselitys. Lapinlahti. 13 p. + 2 liitettä.
14. **Pikkuvasikoiden ruokintakoetuloksia 1990–91.** 57 p. + 1 liite.
 KOSSILA, V., ARONEN, I., TOIVONEN, V. & SAIRANEN, S. Korsirehun korjuuasteen vaikutus pikkuvasikoiden kasvuun ja rehunkulutukseen. P. 4–20.
 KOSSILA, V., ARONEN, I., SAIRANEN, S. & MÄNTYSAARI, P. Piimäjauhe ja maitojauhe-10 verrattuna kurrinjauhejuottoon ja ohrajauhoihin lisätyn kauraproteiinin vaikutus vasikoilla. P. 21–40.
 KOSSILA, V., ARONEN, I., SAIRANEN, S. & NOUSIAINEN, J. Probioottien vaikutus pikkuvasikoiden kasvuun, rehunkulutukseen ja terveyteen. Eri suoliston osiin vaikuttavien probioottien yhdysvaikutus. P. 41–57.
 Toimittaneet VAPPU KOSSILA & SILJA SAIRANEN.
15. NISSILÄ, E. Arttu-ohra. 16 p. + 3 liitettä.
16. SALO, T. Typpi- ja kloridilannoituksen vaikutus punajuurikkaan nitraattipitoisuuteen ja satoon. *The effect of nitrogen and chloride fertilization on the nitrate content and yield of beetroot.* 37 p. + 6 liitettä.
17. GALAMBOSI, B. & PIEKKARI, S. Yrtit, mausteet ja rohdokset Suomessa. Luettelo julkaisuista. 48 p.
18. MÄKELÄ-KURTTO, R., LINDSTEDT, L. & SIPPOLA, J. Laboratorioiden ja analyysimenetelmien välinen vertailututkimus viljelymaan raskasmetalleista. 61 p. + 3 liitettä.

1993

1. SAASTAMOINEN, M. Sisko-kaura. 24 p. + 2 liitettä.
2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1985–1992. 108 p. + 2 liitettä.
3. KIVIJÄRVI, P., DALMAN, P. & VALO, R. Vihanneslajikkeet Etelä-Savon tutkimusasemalla vuosina 1983–91. (*Summary: Vegetable varieties tested at the South-Savo Research Station of the Agricultural Research Centre of Finland in 1983–91.*) 34 p.
4. RINNE, S-L., SIPPOLA, J. & SIMOJOKI, P. Omavaraisen viljelyn vaikutus maan ominaisuuksiin. (*Summary: Effect of self-sufficient cultivation on soil properties.*) 26 p. + 12 liitettä.

5. RINNE, K., SUVITIE, M. & RINNE, S-L. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan monivuotinen vertailu kotovaraisella säilörehu–vilja- ja heinä–vilja–urearuokinnalla. Lehmien rehunkulutus, ravinnonsaanti, tuotokset, maidon koostumus sekä hedelmällisyys ja kestävyys 4.–6. lypsykausina. *Comparison of Finnish Ayrshire, Friesian and Finncattle on grass silage-cereal and hay-urea-cereal diets. Feed intake and nutrient supply, production and composition of milk, fertility and culling of the cows during the 4th–6th production years.* 48 p. + 1 liite.
6. VILKKI, J. Helmi-öljypellava. 8 p. + 3 liitettä.
7. VIRKAJÄRVI, P. & HUHTA H. Nurmen viljely polttoturvesoiden jättöalueilla. Timotein fosforilannoitus Tohmajärven Valkeasuolla. *Grass production on cut-away peatlands. Phosphorus fertilization for timothy (Phleum pratense) leys at Valkeasuo, Tohmajärvi.* 27 p. + 2 liitettä.
8. SANKARI, H. Bioenergian tuotantoon soveltuvat peltokasvit. Kirjallisuuskatsaus. Kasvin tuotannon osaraportti esitutkimukseen "Energian tuottaminen elintarviketuotannosta vapautuvalla peltoalalla." *Suitability of cultivated plants for bioenergy production. Literary survey. The partial report of plant production to the preliminary study entitled "Energy production in the areas released from food production."* 38 p.
9. GALAMBOSI, B., KEMPPAINEN, R., SIKKILÄ, J. & TALVITIE, H. Maustekasvien merkitys mehiläisille. (*Summary: The significance of culinary herbs to bees.*) 62 p. + 9 liitettä.
10. URONEN, K.R., TAHVONEN, R., JOKINEN, R. & BARTOSIK, M-L. Kasvualustan johtokyvyn vaikutus vaikutus turpeessa viljellyn tomaatin satoon ja sadon laatuun. (*Summary; Sammanfattning.*) 34 p. + 3 liitettä.
11. ARONEN, I., LAMPILA, M. & HEPOLA, H. Säilörehu, heinä ja olki kasvavien ayrshiresonnien ruokinnassa. (*English summary.*) 24 p.
12. SUVELA, M. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Ympärivuotisen karitsoinnin merkitys lihan tuotantoon ja kannattavuuteen. *Effect of out-of-season lambing on meat production and profitability.* 52 p. + 3 liitettä.
SUVELA, M. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Ympärivuotinen karitsointi ja lihantuotanto. P. 7–43.
SUVELA, M. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Tiheän ja normaalin karitsoinnin vertailu. P. 44–52.
13. SIMOJOKI, P. Selluloosatehtaan jätelietteen lannoitusvaikutus. (*Summary: Fertilizer effect of sludge from a sulphate and paper mill.*) 17 p. + 2 liitettä.
14. **Omavaraisen viljelyn kannattavuuslaskelmia.** 33 p. + 4 liitettä.
MÄKINEN-HANKAMÄKI, S. Laskelmia omavaraisten viljelymenetelmien kannattavuudesta. (*Summary: Calculations on the profitability of self-sufficient cultivation methods.*) p. 7–23.
RIEPPONEN, L. Omavaraisen ja tavanomaisen viljelyn kannattavuuden vertailu. (*Summary: Comparison of the profitability of self-sufficient and conventional cultivation methods.*) p. 25–33.
15. KEMPPAINEN, E., JAAKKOLA, A. & ELONEN, P. Peltomaiden kalkitustarve ja kalkituksen vaikutus viljan ja nurmen satoon. (*Summary: Effect of liming on yield of cereals and grass.*) 44 p. + 29 liitettä ja 7 kuvaliitettä.
16. VUORINEN, M. & TAKALA, M. Sinimailasen viljelyyn vaikuttavia tekijöitä. (*Summary: Management of alfalfa.*) 17 p. + 1 liite ja 19 liitetaulukkoa.

17. VILKKI, J. Jyty-sareptansinappi. (*English summary.*) 12 p. + 8 liitettä.
18. PÄRSSINEN, P. Antti-nurminata. (*English summary.*) 10 p. + 2 liitettä.
19. LUOSTARINEN, M. & OLIN, A. Maatilojen ympäristöhoito ja -suunnittelu. Lounais-Hämeen maatilojen ympäristösuunnittelun tulokset ja maatilayhteistyön tutkimusohjelma vuosille 1993–96. (*Abstract: Environmental management and planning by farms. The results of environmental planning by farms in South-West Häme, Finland, and the research plan for farm co-operation during 1993 to 1996.*) 86 p. + 1 liite.
20. HUHTA, H. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvin ja lannoituksen vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen turvemaasta Tohmajärven huuhtoutumiskentällä v. 1983–87. 66 p. + 7 liitettä.

1994

1. LINNA, P. & JANSSON, H. Biotiitti nurmen kaliumlannoitteena. (*Summary: Biotite as a potassium fertilizer in grass production.*) 13 p. + 18 liitettä.
2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., SANKARI, H., KONTTURI, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1986–1993. 112 p. + 1 liite.
3. HAKKOLA, H. Turpeeseen sekoitetun naudanlietelannan lannoitusvaikutus ja varastoinnin aikaiset ravinnehävikit. (*Summary: The fertilization effect of peat manure and nutrient losses during storage.*) 20 p. + 1 liite.
4. EVERS, A-M. Lannoituksen vaikutus kasvien ravitsemukselliseen laatuun. Kirjallisuustutkimus. (*Summary: The effect of fertilization on the nutritional quality of vegetables. A literature review.*) 22 p.
5. KEMPPAINEN, R. Lannoitustavan vaikutus porkkana-, peruna- ja ohralajikkeiden satoon ja sadon laatuun. Komposti- ja väkilannoituksen vertailu. (*Summary: Effect of fertilization method on yield and yield quality of carrot, potato and barley. Comparison between compost and mineral fertilizer.*) 29 p. + 5 liitettä.
6. KANGAS, A., SIMOJOKI, P. & TALVITIE, H. Kevätviljojen kylvösiemenen taantuminen. (*Summary: Deterioration of the yielding capacity of cereal seed.*) 17 p.
7. VÄNNINEN, I. Kasvihuoneviljelmien tuhoeläimet ja torjunta-aineiden käyttö. Vuoden 1992 kyselytutkimuksen tulokset. (*Summary: Pests and pesticide usage on greenhouse cultivations. Results of a questionnaire survey from 1992.*) 30 p.
8. VIRKAJÄRVI, P. & KARVONEN, K. Mittalautasen soveltuvuus timoteivaltaisen laidunnurmen kuiva-ainemassan määrittämiseen. 21 p. + 1 liite.
9. RANTALA, M., UUSIVIRTA, R., ULMANEN, S. & HANNUKKALA, A. Sellutehtaan kuorijäte lietelannan, sakokaivolietteen ja jätevesien käsittelyssä. (*Summary: The barking waste from a pulp mill in the treatment of cow slurry, septic tank sludge and waste water.*) 54 p.
10. KALLIO, M. & SAIRANEN, S. Kotieläinten luonnonmukainen ruokinta. Kirjallisuuskatsaus. 20 p.

11. REGÅRDH, E. & NIEMELÄINEN, O. Luonnonvaraisten ruohovartisten kasvien siemenlisäyksen kehittäminen. Kirjallisuusselvitys. (*Summary: Developing the seed multiplication of herbaceous wild plants. A literature survey.*) 50 p. + 2 liitettä.
12. PAHKALA, K., MELA, T. & LAAMANEN, L. Agrokuidun tuotanto- ja käyttömahdollisuudet Suomessa. Alustavan tutkimuksen loppuraportti 1990–1992. (*Summary: Prospects for the production and use of agrofibre in Finland. Final report of the preliminary study in 1990–1992.*) 56 p. + 2 liitettä.
13. VIRKAJÄRVI, P. & HUHTA, H. Nurmen viljely polttoturvesoiden jättöalueilla. Timoteinurmen kaliumlannoitus Tohmajärven Valkeasuolla. (*Summary: Grass production on cut-away peatlands. Potassium fertilization of timothy (Phleum pratense) leys at Valkeasuo, Tohmajärvi.*) 23 p. + 10 liitettä.
14. LAITINEN, P. Allelopatia – kasvien ja muiden eliöiden biokemiallinen vuorovaikutus. Kirjallisuustutkimus. 44 p.
15. URVAS, L. Salaojavesien ravinnehuhtoutumat karjatiljoilla. (*Summary: Leached nutrients in drain water on livestock farms.*) 32 p.
16. KEMPPAINEN, E. Naudan lietelannan ja ketun lannan ravinteiden huuhtoutuminen lysimetrikokeessa. (*Summary: Leaching of nutrients from cow slurry and fox manure in a lysimeter trial.*) 46 p. + 2 liitettä.
17. ALAKUKKU, L. & ELONEN, P. Syksyn kuljetusajon aiheuttama savimaan tiivistyminen. (*Summary: Compaction of a heavy clay soil by transport traffic in autumn.*) 30 p. + 13 liitettä.

JAKELU: MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
Kirjasto
31600 JOKIOINEN
puh. (916) 1881, telekopio (916) 188 339

HINTA: 50 mk (+ alv.)